

لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté : SCIENCES ET TECHNOLOGIE  
Département : GENIE MECANIQUE



Projet de Fin d'Etudes  
Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275/008  
« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »  
Pour l'obtention du diplôme de Master  
Filière : GENIE MECANIQUE,  
Spécialité : ENERGETIQUE

## *Etude technico-économique d'un système de ventilation solaire photovoltaïque*

### Présenté Par :

KADRI Mohamed Aimen  
KADID Abderrahmane Farouk  
HADJ Abderrahmane Fayçal  
MIMOUNI chaimaa  
MEZIANE izzaibli Raouda yasmine

M2 ENERGETIQUE  
M2 FI NANCE D'ENTREPRISE

### Devant le jury composé de :

Dr. MOHAMED walid	MCA	U.Ain Témouchent	Président
Dr. CHERIET nour elhouda	MCB	U.Ain Témouchent	Examineur
Pr. BENSADAD bourassia	Pr	U.Ain Témouchent	Encadrant (e)
Dr. BENZAZZA Baghdadi	MCA	U.Ain Temouchent	Co-encadrant
Dr. HENDAOUI mahfoud		U.Ain Témouchent	Rep. de l'incubateur

# **REMERCIEMENT**

*On voudrait tout d'abord adresser toute notre gratitude à «Mme.Bensaad» la directrice de ce travail, Pour le temps qu'elle nous a consacré, pour ses conseils avisés ainsi que pour sa supervision éclairée tout au long de la rédaction de ce projet fin de cycle. On la remercie aussi pour sa disponibilité. En termes d'aide, de conseil et de direction c'est la personne qui a le plus contribué dans ce travail, elle la vue évaluer.*

*On a passé pas mal de temps dans les couloirs de cette université, et ce travail n'est que la finalité de toutes ces années de dur labeur. Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos remerciements les plus sincères au corps professoral et administratif de l'Université Belhadj Bouchaib Ain Temouchent pour leur collaboration et leur aide.*

*Nous exprimons nos reconnaissances à tous les membres de jury d'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'apporter les critiques nécessaires pour cette mémoire. Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce travail.*

*Merci à tous et à toute*

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours.*

*A mes chers frères et sœurs.*

*A mon encadrante Pr.BENSAAD BOURASSIA*

*A mes très chers amis et mes collègues de génie mécanique, spécialité énergétique.*

*A tous mes professeurs qui m'ont encadré tous ou long de mon cursus universitaire.*

*KADRI Mohamed Aimen*

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours.*

*A mes chers frères et sœurs.*

*A mon encadrante Pr.BENSAAD BOURASSIA*

*A mes très chers amis et mes collègues de génie mécanique, spécialité énergétique.*

*A tous mes professeurs qui m'ont encadré tous ou long de mon cursus universitaire.*

*KADID Abderrahmane Farouk*

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours.*

*A mes chers frères et sœurs.*

*A mon encadrante Pr.BENSAAD BOURASSIA*

*A mes très chers amis et mes collègues de génie mécanique, spécialité énergétique.*

*A tous mes professeurs qui m'ont encadré tous ou long de mon cursus universitaire.*

*HADJ Abderrahmane Fayçal*

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours.*

*A mes chers frères et sœurs.*

*A mon encadrante Pr.BENSAAD BOURASSIA*

*A mes très chers amis et mes collègues de finance d'entreprise*

*A tous mes professeurs qui m'ont encadré tous ou long de mon cursus universitaire.*

*MIMOUNI chaimaa*

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir je dédie ce travail à mes très chers parents votre courage, vos sacrifices ont été pour moi le meilleur soutien durant ce long parcours.*

*A mes chers frères et sœurs.*

*A mon encadrante Pr.BENSAAD BOURASSIA*

*A mes très chers amis et mes collègues de finance d'entreprise*

*A tous mes professeurs qui m'ont encadré tous ou long de mon cursus universitaire.*

*MEZIANE izzaibli Raouda yasmine*

## Résumé

La ventilation solaire représente une solution innovante et durable pour améliorer le confort thermique et la qualité de l'air intérieur tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments. Ce mémoire traite de la **ventilation solaire** comme solution innovante pour améliorer le **confort thermique** et la **qualité de l'air intérieur**, tout en contribuant à la **sobriété énergétique** dans les bâtiments. Il présente les principes de base de la ventilation, ses différents types (naturelle, mécanique et hybride), avant de se concentrer sur la ventilation solaire et ses composants : ventilateurs, panneaux photovoltaïques, batteries, régulateurs, etc.

Une **méthodologie de dimensionnement** est développée à travers une étude de cas concrète — une salle de classe en Algérie — permettant d'évaluer les besoins en débit d'air, la puissance du ventilateur, ainsi que la conception d'une installation photovoltaïque adaptée.

Enfin, une **étude de marché** et un **business model** sont proposés pour créer une startup spécialisée dans la vente et l'installation de systèmes de ventilation solaire. L'analyse montre que cette technologie est non seulement écologique et économique, mais aussi porteuse d'opportunités dans le cadre de la transition énergétique.

**Mots-clés** : ventilation solaire, confort thermique, qualité de l'air, sobriété énergétique, système photovoltaïque, bâtiment durable.

## Abstract

Solar ventilation represents an innovative and sustainable solution for improving thermal comfort and indoor air quality while reducing building energy consumption. This thesis explores **solar ventilation** as an innovative solution to improve **thermal comfort** and **indoor air quality**, while contributing to **energy efficiency** in buildings. It presents the basic principles of ventilation, its different types (natural, mechanical, and hybrid), before focusing on solar ventilation and its main components: fans, photovoltaic panels, batteries, charge controllers, etc.

A **dimensioning methodology** is developed through a concrete case study — a classroom in Algeria — allowing for the assessment of air flow requirements, fan power, and the design of an adapted photovoltaic installation.

Finally, a **market study** and a **business model** are proposed for the creation of a startup specializing in the sale and installation of solar ventilation systems. The analysis shows that this technology is not only environmentally friendly and cost-effective, but also offers significant opportunities within the framework of the energy transition.

**Keywords**: solar ventilation, thermal comfort, indoor air quality, energy efficiency, photovoltaic system, sustainable building.

## ملخص

تُعتبر التهوية الشمسية حلاً مبتكراً ومستداماً لتحسين الراحة الحرارية وجودة الهواء الداخلي، مع تقليل استهلاك الطاقة في المباني. يستعرض هذا البحث مبادئها وأبعادها العملية، يعرض هذا البحث موضوع **التهوية الشمسية** كحل مبتكر لتحسين **الراحة الحرارية** و **جودة الهواء الداخلي**، وفي نفس الوقت المساهمة في **التوفير في استهلاك الطاقة** في قطاع المباني. يقدم البحث المبادئ الأساسية للتهوية، والأنواع المختلفة لها) التهوية الطبيعية، الميكانيكية، والهجينة(، قبل أن يركز على التهوية الشمسية ومكوناتها الرئيسية: المراوح، الألواح الكهروضوئية، البطاريات، أجهزة التحكم في الشحن، وغيرها.

تم تطوير منهجية **لحساب أحجام النظام** من خلال دراسة حالة عملية – فصل دراسي في الجزائر – مما سمح بتقييم متطلبات تدفق الهواء، وقدرة المروحية، وتصميم تركيب نظام كهروضوئي ملائم.

وأخيراً، تم إعداد **دراسة سوقية و نموذج اقتصادي** لإنشاء شركة ناشئة متخصصة في بيع وتركيب أنظمة التهوية الشمسية. تُظهر التحليلات أن هذه التكنولوجيا ليست صديقة للبيئة فحسب، بل أيضاً مجدية اقتصادياً وتتيح فرصاً كبيرة في إطار الانتقال الطاقوي.

**الكلمات المفتاحية:** التهوية الشمسية، الراحة الحرارية، جودة الهواء الداخلي، الكفاءة الطاقوية، النظام الكهروضوئي، البناء المستدام

## Sommaire

Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I Principes de la ventilation solaire</b>	
1. Introduction .....	2
2. Le confort thermique .....	2
3. La sobriété énergétique dans le bâtiment .....	3
3.1. Définition et enjeux de la sobriété énergétique .....	3
3.1.1. Définition .....	3
3.1.2. Enjeux .....	3
3.2. Réglementations et politiques énergétiques applicables aux bâtiments en Algérie .....	5
3.3. Réglementations et politiques énergétiques applicables aux bâtiment mondiale .....	6
4. La ventilation .....	6
4.1. Le rôle de la ventilation dans les bâtiments .....	6
4.2. Conditions d'une ventilation performante .....	8
4.3. Les normes nationales et internationales de ventilation .....	8
5. Les systèmes de ventilation et leur impact énergétique .....	9
5.1. Ventilation naturelle .....	10
5.1.1. Principe de fonctionnement .....	10
5.1.2. Avantages .....	10
5.1.3. Inconvénients .....	10
5.2. Ventilation mécanique .....	11
5.2.1. Principe de fonctionnement .....	11
5.2.2. Ventilation mécanique simple flux .....	11
5.2.3. Ventilation mécanique double flux .....	12
5.3. Ventilation hybride .....	13
5.3.1. Principe de fonctionnement .....	13
5.3.2. Avantages .....	14

5.3.3. Inconvénients .....	14
6. La ventilation solaires .....	15
6.1. Le Principe de fonctionnement d'une ventilation solaire .....	15
6.2. Les principaux lieux d'utilisation des ventilateurs solaires : .....	16
6.3. Les principaux composants d'un système de ventilation solaire .....	16
6.3.1. Le ventilateur .....	16
6.3.2. Les Panneaux photovoltaïques .....	18
6.4. Accessoires d'un système de ventilation solaire .....	20
6.4.1. Câblage électrique .....	20
6.4.2. Contrôleur de charge .....	20
6.4.3. L'onduleur .....	21
6.4.4. Batterie .....	21
6.4.5. Les Filtres à air .....	22
6.4.6. Les conduits .....	23
6.4.7. Les coudes .....	23
6.4.8. Les jonctions .....	24
6.4.9. Les grilles et bouches d'aération .....	24
6.4.10. Les capteurs et systèmes de régulation .....	25
6.4.11. Télécommande ou interface intelligente ventilateur solaire .....	25
7. Types de ventilation solaire dans le monde .....	25
7.1. Ventilateurs solaires avec panneaux fixes .....	25
7.2. Ventilateurs solaires avec panneaux réglables .....	26
7.3. Ventilateurs avec panneaux indépendants .....	27
8. Conclusion .....	28
<b>Chapitre II Étude de cas</b>	
1. Introduction .....	29
2. Méthodologie .....	29
2.1. Dimensionnement d'un ventilateur .....	29
2.1.1. Débit de ventilateur .....	29
2.1.2. Pertes de charges .....	33
2.1.3. Puissance du ventilateur .....	35
2.2. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque .....	35
2.2.1. Consommation énergétique .....	36

2.2.2. Énergie solaire récupérable .....	36
2.2.3. Données météorologiques .....	37
2.2.4. Dimensionnement du générateur photovoltaïque .....	38
2.2.5. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser .....	39
2.2.6. Dimensionnement du parc de batteries .....	39
2.2.7. Dimensionnement du régulateur de charge .....	40
2.2.8. Dimensionnement de l'onduleur .....	40
2.2.9. Dimensionnement des câbles électriques solaires .....	41
2.3. Effet du type de ventilation sur le chauffage .....	41
2.3.1. Pour une ventilation simple flux .....	42
2.3.2. Pour une ventilation double flux .....	43
3. Étude de Cas .....	43
3.1. Présentation du bâtiment étudié .....	43
3.2. Caractéristiques d'une classe .....	45
3.3. Données météorologiques internes .....	45
3.4. Données de l'occupant .....	46
3.5. Dimensionnement du ventilateur .....	46
3.5.1. Débit de ventilateur .....	46
3.5.2. Puissance du ventilateur .....	47
3.6. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque .....	47
3.6.1. Consommation énergétique .....	48
3.6.2. Données météorologiques .....	48
3.6.3. Dimensionnement du générateur photovoltaïque .....	48
3.6.4. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser .....	48
3.6.5. Choix des batteries .....	50
3.6.6. Choix du régulateur de charge .....	50
3.6.8. Dimensionnement des câbles électriques solaires .....	51
3.7. Type des capteurs utilisés .....	52
3.7.1. Capteur température et humidité DHT11 à sortie numérique .....	53
3.7.2. Capteurs de CO <sub>2</sub> NDIR .....	53
3.7.3. Capteurs de CO électrochimique .....	54
3.8. Les résultats du dimensionnement .....	54
3.9. Coûts de base .....	55

3.10. Effet du type de ventilation sur le chauffage .....	56
3.10.1. Pour une ventilation simple flux : .....	56
3.10.2. Pour une ventilation double flux : .....	56
4. Conclusion .....	57
<b>Chapitre III Étude de marché et business model</b>	
1. Introduction .....	58
2. Étude du marché .....	58
2.1. Objectif de l'étude de marché .....	58
2.2. Méthodes et matériel de l'étude .....	58
2.2.1. La méthode de travail .....	58
2.2.2. Le Matériels de l'étude .....	59
2.3. Analyse des données du questionnaire .....	59
2.3.1. Le cadre de l'étude .....	59
2.3.2. Échantillon d'étude .....	60
2.3.3. La synthèse .....	75
2.4. Les catégories de clients .....	75
2.5. La stratégie de marketing .....	76
2.6. Réglementations et incitation financières .....	76
2.6.1. Réglementations .....	77
2.6.2. Incitation financières .....	77
2.7. Analyse SWOT .....	77
2.7.1. Forces ( Strengths ): .....	77
2.7.2. Faiblesses (Weaknesses): .....	77
2.7.3. Opportunités (Opportunities): .....	78
2.8. Analyse benchmark .....	78
2.8.1. Capt'air Solaire .....	78
2.8.2. Comparaison .....	78
2.8.3. Résumé du benchmark .....	80
3. Business model pour la startup .....	81
3.1. Fiche technique du projet .....	81
3.2. Nature de projet .....	82
3.3. Le problème à résoudre .....	82
3.4. Solution proposée .....	82

3.5. Valeur ajoutée .....	82
3.6. Segment de clients .....	82
3.7. Relations clients .....	83
3.8. Canaux .....	83
3.9. Partenariats .....	83
3.10. Activités principales .....	83
3.10.1. Diagnostic sur site (ou à distance) .....	83
3.10.2. Proposition de solution personnalisée .....	83
3.10.3. Production et Vente et installation du système .....	84
3.10.4. Formation à l'utilisation .....	84
3.11.1. Ressources matérielles .....	84
3.11.2. Ressources humaines .....	85
3.11.3. Ressources financiers par mois .....	85
3.12. Structure des Coûts .....	85
3.12.1. Coûts fixes .....	86
3.12.2. Coûts du Matériel .....	86
3.12.3. Coûts d'exploitation mensuels .....	87
3.13. Sources de revenus .....	87
3.14. Chiffre d'affaires total .....	88
3.14.1. Prix de vente et installation .....	88
4. Conclusion .....	88
Conclusion générale .....	89
Références Bibliographiques	
Annexe	

## Liste des figures

Figure 1 : les trois modes d'échange thermique entre le corps humain et l'environnement. ....	2
Figure 2 : Limite l'accumulation d'humidité (taux anormalement élevé) dans les combles. ....	7
Figure 3 : Extracteur d'air en été et l'hiver. ....	8
Figure 4 : Les systèmes de ventilation classiques. ....	9
Figure 5 : Système de ventilation naturelle. ....	10
Figure 6 : Système de ventilation mécanique simple flux . ....	11
Figure 7 : Système de ventilation mécanique double flux. ....	12
Figure 8 : Système de ventilation hybride. ....	14
Figure 9 : Ventilateur Alimenté par Panneau Solaire. ....	15
Figure 10 : Ventilateur de conduit et ventilateur de paroi. ....	17
Figure 11 : Roue de ventilateur centrifuge. ....	17
Figure 12 : Panneaux photovoltaïques. ....	18
Figure 13 : Câble d'extension pour ventilateur. ....	20
Figure 14 : Contrôleur de Charge solaire MPPT. ....	21
Figure 15 : onduleur . ....	21
Figure 16 : Batterie 12V 12Ah pour ventilateur G5 HAMILTON (369101). ....	22
Figure 17 : filtre. ....	22
Figure 18 : Conduits de ventilation. ....	23
Figure 19 : Coudes circulaires 90°. ....	23
Figure 20 : Raccords. ....	24
Figure 21 : Grille d'aération. ....	24
Figure 22 : Capteur température et humidité. ....	25
Figure 23 : Ventilateurs solaires avec panneaux fixes. ....	26
Figure 24 : Ventilateurs solaires avec panneaux réglables. ....	26
Figure 25 : Ventilateurs avec panneaux indépendants. ....	27
Figure 26 : coude cintré à 90°. ....	34
Figure 27 : Définition des angles pour un plan incliné : inclinaison $\beta$ , azimut $\chi$ et l'angle d'incidence $\theta$ . ....	37
Figure 28 : Façade de l'école. ....	44
Figure 29 : vue satellite du village en question ainsi que l'emplacement de l'école primaire REZIGUI Boucif. ....	44
Figure 30 : ventilateur 130 W, 800 m <sup>3</sup> /h. ....	47
Figure 31 : Batterie solaire GEL étanche ULTRACELL 12V / 150Ah. ....	50
Figure 32 : Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/35 . ....	51
Figure 33 : Module capteur température et humidité DHT11 à sortie numérique. [61] . ....	53
Figure 34 : Capteur de CO2 Modbus, en saillie, IP65. ....	53

Figure 35 : X-Sense Détecteur de Monoxyde de Carbone. ....	54
Figure 36 : Répartition des membres de l'échantillon selon le genre. ....	60
Figure 37 : Répartition des membres de l'échantillon selon l'âge. ....	61
Figure 38 : Répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon le niveau d'études. ....	62
Figure 39 : Répartition des membres de l'échantillon selon les années d'expérience	63
Figure 40 : Répartition des membres de l'échantillon selon métier. ....	64
Figure 41 : Le luxe et le confort thermique. ....	65
Figure 42 : L'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés. ....	65
Figure 43 : Des connaissances en matière de systèmes de ventilation. ....	66
Figure 44 : Des problèmes dus à une humidité et une température élevées dans les lieux que vous utilisez. ....	67
Figure 45 : Problèmes à cause d'un excès d'humidité. ....	68
Figure 46 : Les endroits où ils sont confrontés au problème de température et d'humidité élevées et basses. ....	68
Figure 47 : le système de ventilation utilisé. ....	69
Figure 48 : L'expérience du système de ventilation. ....	70
Figure 49 : Le coût initial du système de ventilation est élevé. ....	71
Figure 50 : Les défis auxquels vous pouvez être confronté lors de l'utilisation d'un système de ventilation. ....	72
Figure 51 : L'installation d'un système de ventilation. ....	72
Figure 52 : Les opinions sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation. ....	73
Figure 53 : Les Caractéristiques recherchées dans un système. ....	74
Figure 54 : L'installation du système. ....	75

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison synthétique des systèmes de ventilation.....	15
Tableau 2 : Débit extrait minimal.....	30
Tableau 3 : Débits extrait maximal.....	30
Tableau 4 : Débit minimal d'air neuf (pièces de service).....	31
Tableau 5 : Débit minimal d'air neuf (pièces autre que pièces de service).....	32
Tableau 6 : perte de charge totale ( $\Delta P$ ) pour les filtres.....	35
Tableau 7 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux pour une utilisation annuelle.....	37
Tableau 8 : Tension du champ en fonction de sa puissance crête.....	39
Tableau 9 : Dimensions des salles de classe.....	45
Tableau 10 : Données météorologiques internes.....	45
Tableau 11 : Données de l'occupant.....	46
Tableau 12 : tension de l'installation.....	48
Tableau 13 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque monocristallines 565W.....	49
Tableau 14 : la section du câble en fonction de l'intensité du courant.....	52
Tableau 15 : Les résultats du dimensionnement.....	55
Tableau 16 : Tableau regroupant les coûts de base d'une installation pour système de la ventilation solaire.....	56
Tableau 17 : comparaison entre les deux types de ventilation.....	57
Tableau 18 : Répartition des membres de l'échantillon selon le genre.....	60
Tableau 19 : Répartition des membres de l'échantillon selon l'âge.....	61
Tableau 20 : Répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon le niveau d'études.....	62
Tableau 21 : des membres de l'échantillon selon les années d'expérience.....	63
Tableau 22 : Répartition des membres de l'échantillon selon métier. <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Tableau 23 : Le luxe et le confort thermique.....	64
Tableau 24 : L'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés.....	65
Tableau 25 : des connaissances en matière de systèmes de ventilation.....	66
Tableau 26 : Des problèmes dus à une humidité et une température élevées dans les lieux que vous utilisez.....	66
Tableau 27 : Problèmes à cause d'un excès d'humidité.....	67
Tableau 28 : Les endroits où ils sont confrontés au problème des température et d'humidité élevées et bases.....	68
Tableau 29 : le système de ventilation utilisé.....	69
Tableau 30 : L'expérience du système de ventilation.....	70
Tableau 31 : Le coût initial du système de ventilation est élevé.....	70
Tableau 32 : Les défis auxquels vous pouvez être confronté lors de l'utilisation d'un système de ventilation.....	71

Tableau 33 : L'installation un système de ventilation .....	72
Tableau 34 : Les opinions sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation .....	73
Tableau 35 : Les Caractéristiques recherchez vous dans un système .....	74
Tableau 36 : L'installation du système. ....	74
Tableau 37 : les modèles représentatifs de Capt'air Solaire .....	78
Tableau 38 : Analyse Benchmark. ....	80
Tableau 39 : Résumé du benchmark .....	80
Tableau 40 : Fiche technique du projet. ....	81
Tableau 41 : Ressources matérielles .....	85
Tableau 42 : Ressources humaines .....	85
Tableau 43 :Ressources financiers par mois .....	85
Tableau 44 : Coûts fixe. ....	86
Tableau 45 : Coûts matériels. ....	87
Tableau 46 : Coûts d'exploitation mensuels. ....	87
Tableau 47 : Prix de vente et installation .....	88

# Introduction générale

---

## **Introduction générale**

Dans un contexte mondial marqué par une augmentation constante de la demande énergétique et des préoccupations croissantes liées aux changements climatiques, la transition vers des solutions énergétiques durables et efficaces devient impérative. Le secteur du bâtiment, responsable d'une part significative de la consommation énergétique globale, se trouve au cœur de cette mutation. En Algérie comme dans le reste du monde, il est primordial de repenser les modes de conception et d'exploitation des bâtiments afin de réduire leur empreinte carbone tout en assurant un confort thermique optimal pour les occupants.

L'un des leviers prometteurs dans cette démarche est l'utilisation de systèmes de ventilation innovants intégrant les énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire. La ventilation solaire, en particulier, offre une alternative écologique et économique aux systèmes classiques, en exploitant une source d'énergie propre et abondante : le soleil. Elle permet non seulement d'améliorer la qualité de l'air intérieur, mais aussi de contribuer à la sobriété énergétique des bâtiments, tout en s'adaptant aux spécificités climatiques locales.

Le premier chapitre présente les fondements théoriques de la ventilation, les réglementations énergétiques nationales et internationales, ainsi que les différents types de ventilation existants avant de se focaliser sur la ventilation solaire, ses composants (panneaux photovoltaïques, ventilateurs, batteries, etc.) et son principe de fonctionnement.

Le deuxième chapitre développe une méthodologie de dimensionnement d'un système de ventilation solaire appliquée à un cas concret : une salle de classe en Algérie. Cette partie inclut des calculs précis du débit d'air nécessaire, de la puissance du ventilateur, ainsi que du dimensionnement de l'installation photovoltaïque (panneaux, batteries, régulateur, onduleur, câblage), permettant d'évaluer la faisabilité technique et énergétique du projet.

Le troisième chapitre est consacré à une étude de marché et à la proposition d'un business model pour une startup spécialisée dans la conception, la vente et l'installation de systèmes de ventilation solaire. Une analyse SWOT, une étude benchmark et une stratégie marketing sont également présentées, mettant en lumière le potentiel commercial de cette technologie dans un contexte favorable à la transition énergétique.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale qui résume notre étude.

# **Chapitre I**

## **Principes de la ventilation solaire**

---

## 1. Introduction

La ventilation solaire photovoltaïque représente une innovation majeure dans le domaine des systèmes de climatisation et de gestion de l'énergie. En combinant les principes de la ventilation naturelle avec la technologie des panneaux solaires, cette approche offre une solution durable et écologique pour améliorer le confort thermique des bâtiments tout en réduisant leur empreinte carbone. Contrairement aux systèmes de ventilation traditionnels, qui dépendent souvent de sources d'énergie non renouvelables, la ventilation solaire exploite l'énergie solaire pour alimenter des dispositifs de ventilation efficaces. Ce chapitre explore la sobriété énergétique et les principes fondamentaux de cette technologie, en mettant en lumière ses avantages, ses défis et ses applications potentielles dans un contexte de transition énergétique.

## 2. Le confort thermique

Le confort thermique est avant tout un phénomène physique, influencé dans une faible mesure par des facteurs subjectifs liés à l'individu. Le corps humain fonctionne de manière optimale lorsque sa température interne se maintient autour de 37°C. Pour cela, il dispose de mécanismes d'autorégulation tels que la sudation, qui entre en jeu pour évacuer l'excès de chaleur, comme l'illustre la **figure 1** ci-dessous, trois principaux modes d'échange thermique entre le corps humain et son environnement peuvent être identifiés : la conduction, la convection et le rayonnement. Ces processus jouent un rôle essentiel dans la régulation de la température corporelle et influencent directement la perception du confort ou de l'inconfort thermique. [1]

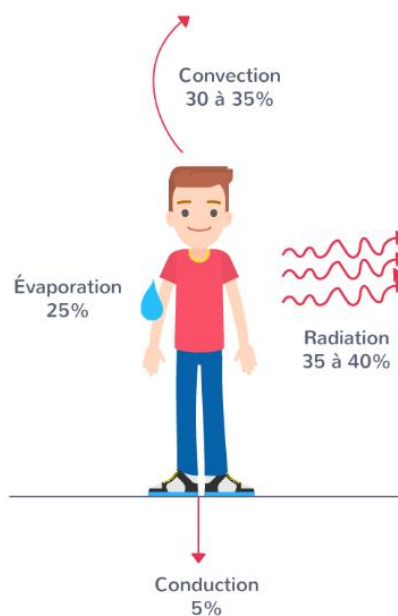


Figure 1 : les trois modes d'échange thermique entre le corps humain et l'environnement. [2]

La sensation de chaleur désagréable apparaît généralement lorsque la sudation devient plus intense. En revanche, dans les conditions de confort, cette sudation reste modérée. Dans ce contexte, l'humidité relative de l'air joue un rôle mineur et peut souvent être considérée comme négligeable. Ainsi, l'évaluation du confort thermique en été repose principalement sur deux paramètres : la température de l'air ambiant et la température moyenne des surfaces environnantes, aussi appelée température radiante moyenne, par conséquent, les choix architecturaux et la conception des espaces doivent donc viser à maintenir ces valeurs dans des plages compatibles avec une sensation de confort acceptable. Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, une solution complémentaire s'offre à l'occupant : l'introduction d'un mouvement d'air, soit par une ventilation traversante naturelle ou une ventilation mécanique contrôlée. Ce procédé favorise les échanges thermiques entre le corps et l'environnement, tout en accélérant l'évaporation de la sueur. [1]

### **3. La sobriété énergétique dans le bâtiment**

#### **3.1. Définition et enjeux de la sobriété énergétique**

##### **3.1.1. Définition**

La sobriété énergétique consiste à réduire les consommations d'énergie tout en maintenant un niveau de confort et de qualité de vie acceptable. Elle repose sur une utilisation raisonnée des ressources énergétiques, en privilégiant l'efficacité, la réduction des gaspillages et l'adoption de comportements responsables. Contrairement à l'efficacité énergétique, qui vise à optimiser les technologies pour consommer moins (par exemple, en utilisant des appareils plus performants), la sobriété implique également un changement de comportement et des choix structurants pour limiter les besoins. [3]

##### **3.1.2. Enjeux**

À l'échelle nationale, il est essentiel d'encourager l'intégration des énergies renouvelables (ER) auprès du grand public, afin de sensibiliser et de former les générations futures à une gestion responsable et durable de l'énergie. Cette démarche permettrait d'atteindre deux objectifs majeurs.

Dans la région nord du pays, le recours aux énergies renouvelables contribuerait à préserver les ressources fossiles, qui constituent aujourd'hui la principale richesse économique de l'Algérie. Ces dernières pourraient ainsi être davantage orientées vers des usages stratégiques : industrialisation, transport, production d'équipements essentiels, ou encore exportation, autant de domaines profitables au développement national.

Dans le sud du pays, l'utilisation des énergies renouvelables, en particulier solaires, offrirait une opportunité de développement pour les zones isolées, souvent dépourvues d'un accès fiable à l'électricité. Que ces régions soient agricoles ou habitées, leur isolement géographique rend parfois l'électrification classique trop coûteuse ou difficile à mettre en œuvre. Les énergies renouvelables constituent alors une solution efficace et durable pour répondre aux besoins en énergie de ces territoires. [4]

Le potentiel énergétique de l'Algérie est varié, mais l'énergie solaire y occupe une place dominante. Une approche diversifiée combinant énergies fossiles, solaire, éolienne, hydraulique et géothermique permettrait de répondre aux défis mondiaux actuels en matière de transition énergétique. À cela s'ajoutent les nouvelles opportunités liées au traitement des déchets, à l'hydrogène, à la biomasse et aux piles à combustible, secteurs en plein essor technologique.

En adoptant cette voie, l'Algérie participerait activement aux efforts mondiaux en faveur du développement durable. Elle mettrait en place les conditions nécessaires pour garantir aux générations futures un niveau de vie décent, menacé par l'épuisement progressif des énergies fossiles.

L'enjeu principal réside dans la capacité du pays à maintenir son rang sur la scène internationale en tant que producteur d'énergie, tout en anticipant sa transition vers les énergies renouvelables [4]. D'autres enjeux se dessinent également :

- Maîtriser la demande énergétique face à l'accroissement démographique, notamment dans les zones rurales du Grand Sud où l'électrification photovoltaïque a favorisé la sédentarisation de certaines populations ;
- Promouvoir la sauvegarde de l'environnement grâce à une éducation au développement durable et à une meilleure gestion de l'énergie ;
- Prolonger le plus longtemps possible l'exploitation des hydrocarbures ;
- Encourager la création de nouveaux emplois liés au secteur des énergies renouvelables.

Pour relever ces défis, des mesures politiques et financières ambitieuses sont indispensables. Elles doivent permettre d'assurer une sécurité énergétique pour l'ensemble du territoire, tout en positionnant l'Algérie comme un futur acteur majeur de la production d'énergie électrique issue de sources renouvelables.

Par ailleurs, la formation de nouvelles générations conscientes des enjeux liés à la disparition progressive des énergies fossiles doit commencer dès maintenant. C'est seulement ainsi que la société pourra, demain, adopter les comportements nécessaires à

sa pérennité, tout en préservant son environnement, son écosystème, et finalement, notre planète. [4]

### **3.2. Réglementations et politiques énergétiques applicables aux bâtiments en Algérie**

La mise en œuvre de la loi n° 99-09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation, le 24 avril 2000, du décret exécutif n° 2000-90 instituant une réglementation thermique applicable aux bâtiments neufs. Ce texte a pour objectif principal d'introduire des principes d'efficacité énergétique dans les constructions neuves, qu'elles soient destinées à l'habitation ou à d'autres usages, ainsi que dans les extensions réalisées sur des bâtiments existants. [5]

Les DTR.C (Documents Techniques Réglementaires) ont été initiés par le ministère de l'Habitat et mis en œuvre par le CNERIB (Centre National d'Études et Recherches Intégrées du Bâtiment), créé par le décret n° 85-235 du 25 août 1985. [5]

Ces documents sont spécifiquement destinées aux bâtiments résidentiels et rappellent notamment les exigences réglementaires auxquelles doivent répondre les enveloppes des bâtiments. On peut citer :

- DTR.C 3-2 : relatif aux règles de calcul des déperditions thermiques hivernales;
- DTR.C 3-4 : concernant les apports calorifiques estivaux;
- DTR.C 3.31 : relatif à la ventilation naturelle des bâtiments résidentiels.

Cette réglementation vise à améliorer la performance énergétique globale des bâtiments. Elle offre aux concepteurs et maîtres d'ouvrage une grande liberté quant au choix des solutions techniques, qu'il s'agisse des matériaux utilisés ou de la conception architecturale globale.

Selon les estimations, l'application effective de cette réglementation permettra de réduire d'environ 30 à 40 % les besoins énergétiques des nouveaux logements pour le chauffage et la climatisation. Toutefois, cela nécessite une large campagne de vulgarisation à destination des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs, notamment à travers des journées techniques dédiées. [6]

Il convient de noter que malgré cet arsenal juridique, l'application effective de la réglementation thermique reste encore limitée en Algérie. La réglementation de 1997 visait déjà une réduction de 25 % de la consommation énergétique liée au chauffage. Aujourd'hui, grâce à des simulations numériques effectuées sur des logements types, il apparaît possible d'atteindre un niveau d'économie supérieur à 40 % , notamment en optimisant la réduction des déperditions thermiques par transmission, tout en diminuant

significativement les charges de refroidissement estival. [5]

### **3.3. Réglementations et politiques énergétiques applicables aux bâtiment mondiale**

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015, dite loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, fixe des objectifs ambitieux au secteur du bâtiment. L'un des principaux défis à long terme est d'atteindre, d'ici 2050, une rénovation globale du parc immobilier français afin que tous les bâtiments soient conformes à une consommation énergétique très faible. [7]

En ce qui concerne les constructions neuves, la réglementation thermique RT 2012 impose un plafond maximal de consommation d'énergie primaire de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an en moyenne, selon une valeur ajustée géographiquement et en fonction de l'altitude. Ce seuil correspond à la performance définie par la norme BBC (Bâtiment Basse Consommation). [8]

## **4. La ventilation**

### **4.1. Le rôle de la ventilation dans les bâtiments**

La ventilation joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des bâtiments en contribuant à trois objectifs principaux : [9]

- Assurer l'hygiène.
- Garantir le confort des occupants.
- Préserver la structure du bâtiment.

En l'absence d'un système de ventilation adéquat, l'air intérieur devient confiné, ce qui peut détériorer la qualité de l'environnement intérieur ainsi que l'état même du bâtiment. En effet, une bonne aération influence directement :

- *La qualité de l'air intérieur et la santé des occupants*

Une ventilation efficace permet d'évacuer les polluants (comme le dioxyde de carbone), les fumées, les odeurs désagréables et d'éviter la raréfaction de l'oxygène. Elle réduit ainsi les risques pour la santé liés à une mauvaise qualité de l'air.

- *Les déperditions thermiques et la consommation énergétique*

Une ventilation mal maîtrisée peut entraîner des pertes d'énergie importantes, qu'elles soient dues aux débits d'air nécessaires à l'aération ou à la consommation électrique des équipements associés (ventilateurs, systèmes mécaniques). Les infiltrations d'air non contrôlées à travers les parois aggravent également ces déperditions.

- *La gestion de l'humidité*

C'est surtout dans les pièces à risque (cuisine, salle de bain, toilettes) ou à forte occupation (comme les salles de classe) que la ventilation se révèle cruciale. Elle permet de limiter l'excès d'humidité, évitant ainsi la condensation sur les parois et la prolifération de moisissures **figure 2**. Ces phénomènes affectent à la fois la durabilité du bâtiment et la santé de ses utilisateurs.



Figure 2 : Limite l'accumulation d'humidité (taux anormalement élevé) dans les combles. [10]

- *Le confort thermique*

La circulation de l'air améliore le confort en été en facilitant l'évaporation de la sueur ou en atténuant l'effet de chaleur lié aux apports solaires et aux activités humaines. Toutefois, une ventilation mal conçue peut causer des courants d'air désagréables ou altérer le confort en hiver, par conséquent, la ventilation assure le confort été comme hiver, comme le montre la **figure 3**.



Figure 3 : Extracteur d'air en été et l'hiver. [10]

#### 4.2. Conditions d'une ventilation performante

Pour être efficace, la ventilation ne doit pas devenir à elle seule une source de gêne ou de pollution. Elle doit :

- Éviter l'introduction de polluants extérieurs.
- Ne pas générer d'odeurs désagréables ou de nuisances sonores.
- Ne pas provoquer d'inconfort thermique, notamment via des courants d'air inadaptés.

Les exigences imposées par la réglementation thermique en matière de maîtrise de l'énergie ne doivent pas compromettre la qualité de l'air intérieur. Une approche équilibrée est donc nécessaire pour concilier performance énergétique et santé des occupants. [9]

#### 4.3. Les normes nationales et internationales de ventilation

En Algérie, le DTR C3.31 ce document technique réglementaire traite de la ventilation naturelle dans les locaux à usage d'habitation. Il définit les principes généraux de conception des installations de ventilation naturelle et fournit les méthodes de calcul pour les dimensionner. Le système de ventilation doit comporter des entrées d'air, des passages de transit et des sorties d'air par conduits verticaux à tirage thermique. [9]

La norme américaine ASHRAE 62.1 est largement adoptée à travers le monde. Elle fixe les valeurs minimales de ventilation pour les bâtiments tertiaires et institutionnels, avec l'objectif de préserver la santé des usagers et d'assurer une bonne qualité de l'air

intérieur. [12]

En Europe, c'est la norme EN 13779:2007 qui s'applique aux bâtiments non résidentiels. Elle vise à assurer un environnement intérieur sain et confortable. L'annexe A de cette norme propose notamment des niveaux de performance en matière de filtration de l'air, adaptés à la qualité de l'air extérieur ambiant. [13]

Dans le cadre belge, la norme NBN D50-001 définit les exigences relatives au renouvellement d'air dans les logements. Elle impose un débit minimum de ventilation de 3,6 m<sup>3</sup>/h par mètre carré de surface habitable, garantissant ainsi une bonne qualité de l'air intérieur. [14]

En France, la norme NF DTU 68.3 concerne plus spécifiquement les installations de ventilation mécanique contrôlée (VMC) dans les bâtiments résidentiels individuels. Elle établit les règles relatives au dimensionnement, à l'installation et au contrôle des systèmes de ventilation, afin de garantir leur efficacité sur le long terme. [15]

## 5. Les systèmes de ventilation et leur impact énergétique

Les systèmes de ventilation jouent un rôle essentiel dans le confort thermique et la qualité de l'air intérieur des bâtiments. Cependant, ils représentent également une part importante de la consommation énergétique globale. Comprendre leur fonctionnement, leur impact énergétique et les solutions pour les optimiser est crucial pour réduire cette empreinte tout en assurant des conditions intérieures saines, [16] la **figure 4** montre trois systèmes de ventilation différents le système A repose sur une ventilation naturelle, les systèmes C et D utilisent des ventilateurs et des échangeurs de chaleur pour une ventilation mécanique.

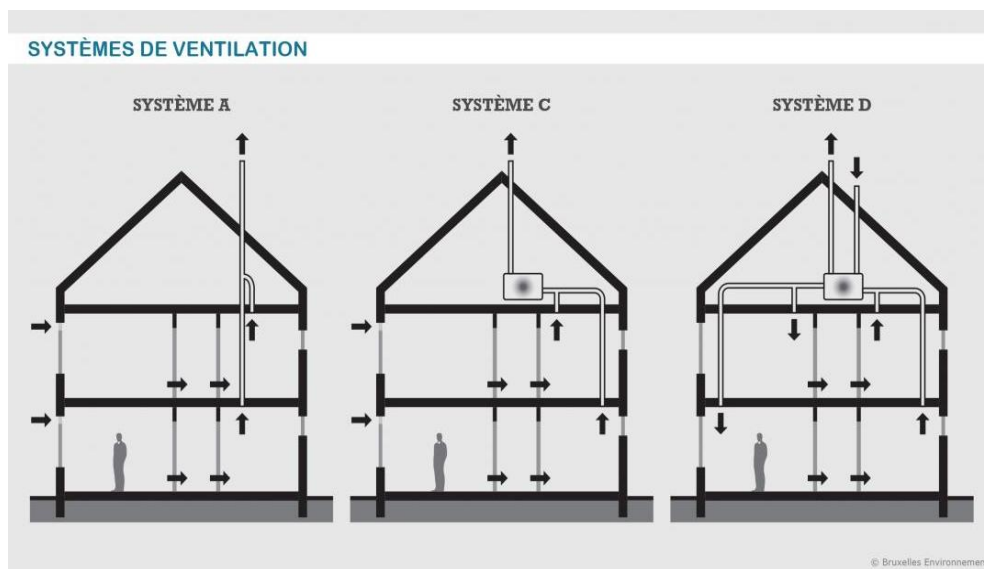


Figure 4: Les systèmes de ventilation classiques. [17]

## 5.1. Ventilation naturelle

La ventilation naturelle repose sur les forces naturelles (vent et différence de température) pour renouveler l'air intérieur sans recourir à des équipements mécaniques.

### 5.1.1. Principe de fonctionnement

L'air circule grâce à des ouvertures stratégiques (fenêtres, grilles, cheminées) comme c'est montré sur la **figure 5**, les variations de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment permettent le mouvement de l'air. [18]



Figure 5: Système de ventilation naturelle. [18]

### 5.1.2. Avantages

- Économie d'énergie : Pas besoin d'équipements électriques ou mécaniques, donc une consommation énergétique quasi nulle.
- Coût initial réduit : Moins onéreux à mettre en place par rapport aux systèmes mécaniques.
- Respect de l'environnement : Faible empreinte carbone grâce à l'absence de composants énergivores.

### 5.1.3. Inconvénients

- Dépendance aux conditions climatiques : Le fonctionnement est influencé par la météo (vent, température extérieure). Par exemple, il peut être inefficace en cas de temps calme ou de températures extrêmes.
- Qualité de l'air variable : L'air extérieur peut introduire des polluants (poussières,

allergènes) ou ne pas répondre aux besoins de renouvellement si les ouvertures ne sont pas bien conçues.

- Contrôle limité : Difficulté à réguler précisément le flux d'air et maintenir un confort constant. [18]

## 5.2. Ventilation mécanique

La ventilation mécanique utilise des équipements motorisés pour extraire l'air vicié et insuffler de l'air frais dans le bâtiment.

### 5.2.1. Principe de fonctionnement

Des ventilateurs ou extracteurs créent un flux d'air contrôlé, souvent combiné avec des systèmes de filtration et de récupération de chaleur. On utilise couramment deux types de ventilation mécanique :

- Ventilation mécanique simple flux.
- Ventilation mécanique double flux.

### 5.2.2. Ventilation mécanique simple flux

- **Principe de fonctionnement**

La ventilation mécanique simple flux consiste à extraire l'air vicié à l'aide d'un ventilateur, ce qui crée une dépression entraînant l'entrée d'air neuf par des ouvertures dans les pièces principales comme c'est montré sur la **figure 6**. Ce système assure une ventilation continue et maîtrisée, adaptée aux besoins des logements.

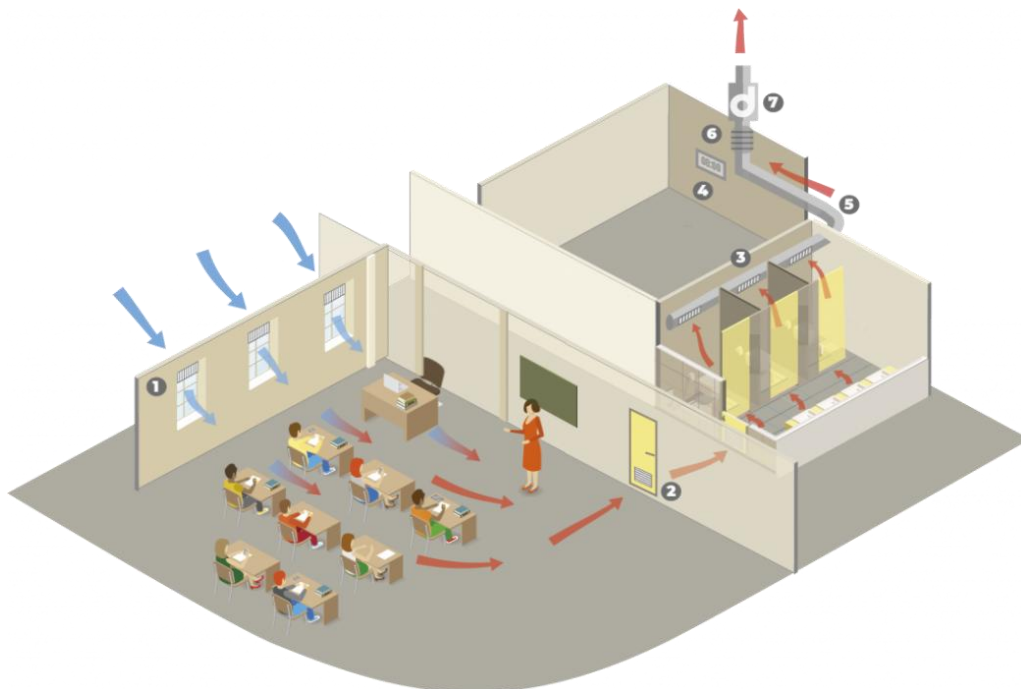


Figure 6: Système de ventilation mécanique simple flux . [18]

- **Avantages**

- Coût abordable : Elle représente un investissement plus faible, ce qui en fait une option idéale pour les projets contraints budgétairement.
- Installation simplifiée : Moins de composants et un système moins complexe permettent une mise en place rapide et peu intrusive.
- Encombrement réduit : Contrairement à la VMC double flux, elle ne nécessite pas de réseau étendu de gaines ni de pompe à chaleur, ce qui facilite son intégration dans les petits espaces.
- Entretien facile : Avec moins de pièces mécaniques et sans échangeur thermique, l'entretien est généralement plus simple et moins fréquent.

- **Inconvénients**

Malgré ces atouts, la VMC simple flux reste moins performante sur le plan énergétique. En effet : Elle laisse entrer l'air froid extérieur sans le préchauffer, tout en rejetant l'air chaud intérieur. Cela entraîne des déperditions thermiques, surtout en hiver.

Ces pertes d'énergie peuvent se traduire par une augmentation de la consommation de chauffage, ce qui compense partiellement les économies réalisées à l'achat. [19]

### 5.2.3. Ventilation mécanique double flux

- **Principe de fonctionnement**

La ventilation double flux est un système de ventilation avancé qui assure à la fois le renouvellement de l'air intérieur et la récupération d'énergie. Contrairement à la VMC simple flux, elle permet non seulement d'évacuer l'air vicié vers l'extérieur, mais aussi de préchauffer (ou de pré-refroidir) l'air neuf entrant grâce à un échangeur thermique comme c'est montré sur la **figure 7**.

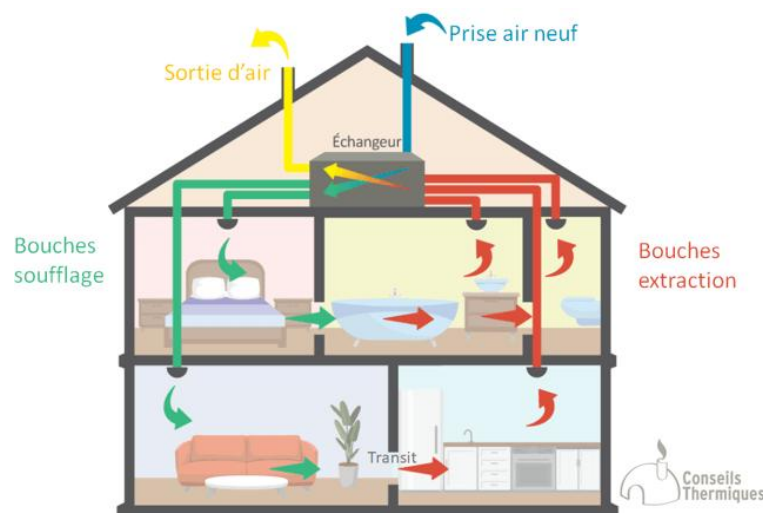


Figure 7 : Système de ventilation mécanique double flux. [20]

- **Avantages**

- Efficacité énergétique : L'air extrait restitue une partie de sa chaleur à l'air neuf entrant, ce qui réduit les besoins en chauffage ou en climatisation.
- Confort thermique amélioré : Grâce aux bouches d'insufflation situées dans les pièces principales (salon, chambres), l'air circule mieux et la température est plus homogène.
- Qualité de l'air optimale : L'air entrant est filtré, ce qui limite la présence de poussières, pollens et autres particules fines.
- Économies d'énergie : Bien que l'investissement initial soit plus élevé, les économies sur le chauffage permettent souvent d'amortir le coût sur le long terme.

- **Inconvénients**

Malgré ses nombreux atouts, la VMC double flux présente également quelques limites à prendre en compte :

- Coût plus élevé : Son prix d'achat et d'installation est supérieur à celui d'une VMC simple flux, ce qui peut freiner certains budgets.
- Diffusion potentielle d'odeurs : Puisque les bouches d'insufflation sont installées dans les pièces à vivre sans extraction associée, certaines odeurs (cuisine, cheminée, etc.) peuvent se propager plus facilement dans l'habitat.
- Entretien plus complexe : Le système nécessite un entretien régulier : nettoyage des filtres, vérification de l'échangeur thermique et des ventilateurs. Cet entretien demande plus de temps et parfois une intervention professionnelle.
- Encombrement et contraintes techniques : La pompe centrale, ainsi que le réseau de gaines pour les deux flux (extraction et insufflation), prennent plus de place qu'un système simple flux. De plus, l'installation peut être complexe si le logement n'a pas été prévu pour accueillir une VMC double flux. [19]

### **5.3. Ventilation hybride**

#### **5.3.1. Principe de fonctionnement**

La ventilation hybride combine les principes de la ventilation naturelle et mécanique. Elle adapte automatiquement son mode de fonctionnement en fonction des conditions extérieures et des besoins intérieurs la **figure 8** montre comment fonctionne la ventilation hybride.

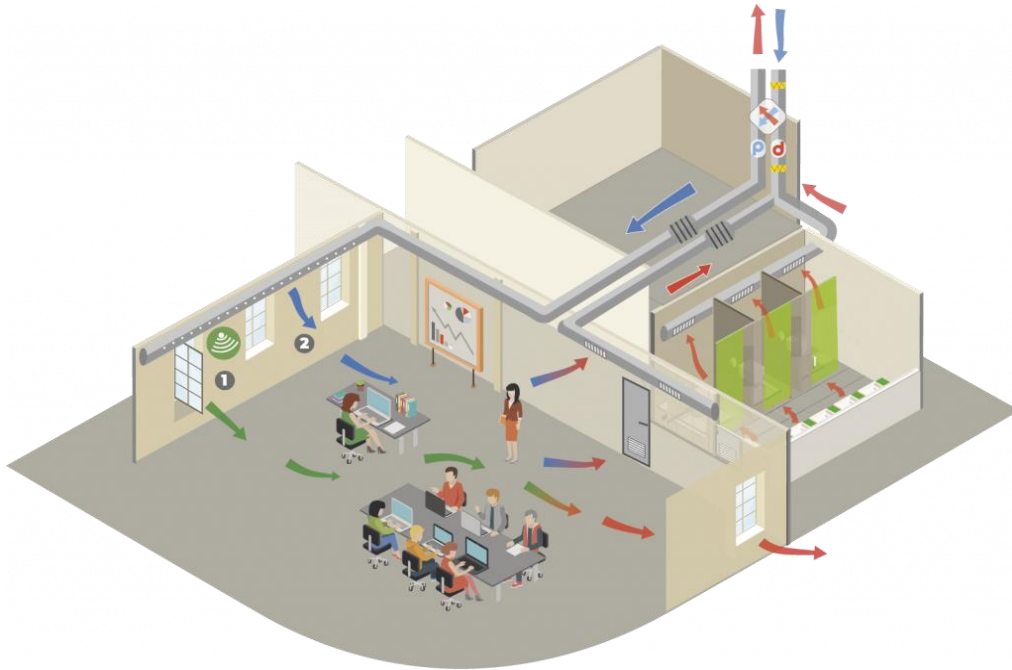


Figure 8: Système de ventilation hybride. [18]

Ainsi, le mode naturel est utilisé lorsque les conditions climatiques sont favorables (vent modéré, température agréable). Et le mode mécanique est activé lorsque les conditions naturelles ne suffisent pas (absence de vent, températures extrêmes).

### 5.3.2. Avantages

- Flexibilité : S'adapte aux variations climatiques et aux besoins spécifiques du bâtiment.
- Économies d'énergie : Profite des avantages de la ventilation naturelle lorsque possible, réduisant ainsi la consommation électrique.
- Meilleure qualité de l'air : Comme pour la ventilation mécanique, elle peut inclure des filtres pour purifier l'air.

### 5.3.3. Inconvénients

- Complexité : Nécessite des capteurs et des systèmes de régulation avancés.
- Coût initial intermédiaire : Plus cher que la ventilation naturelle mais moins coûteux que certains systèmes mécaniques complexes.

Le **tableau 1** contient une comparaison synthétique des systèmes de ventilation :

Critère	Ventilation naturelle	Ventilation mécanique	Ventilation hybride
Principe	Phénomènes physiques (vent, tirage thermique)	Ventilateurs et conduits	Combinaison des deux

<b>Coût initial</b>	Faible	Élevé	Intermédiaire
<b>Consommation énergétique</b>	Aucune	Élevée (simple flux), Modérée (double flux)	Variable selon le mode utilisé
<b>Contrôle du débit d'air</b>	Limité	Précis	Adaptatif
<b>Impact de conditions extérieures</b>	Forte dépendance	Indépendante	Adaptable
<b>Qualité de l'air</b>	Variable (pollution extérieure)	Excellente (avec filtres)	Très bonne

Tableau 1 : Comparaison synthétique des systèmes de ventilation. [21]

## 6. La ventilation solaires

### 6.1. Le Principe de fonctionnement d'une ventilation solaire

Le seul changement dans ce système par rapport au système classique est l'utilisation d'un ventilateur solaire **figure 9**, qui fonctionne sur le même principe qu'un ventilateur électrique classique : grâce à la rotation d'une hélice, l'air chaud est évacué et remplacé par une brise plus fraîche. En parallèle, ce dispositif permet également d'éliminer les odeurs stagnantes, l'humidité, les mauvaises senteurs ainsi que les risques liés aux moisissures. Sur ce plan, il ne se distingue pas particulièrement des modèles traditionnels disponibles sur le marché. [22]

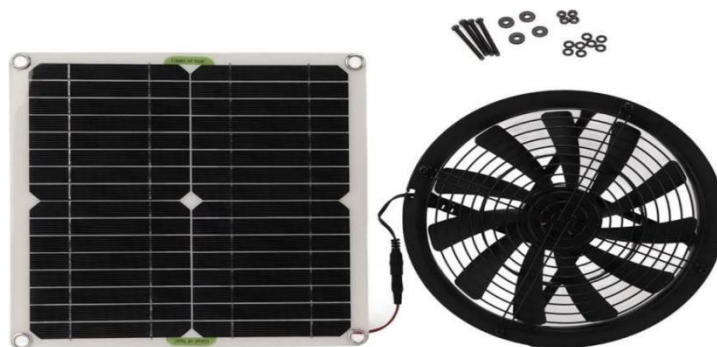


Figure 9 : Ventilateur Alimenté par Panneau Solaire. [23]

La différence essentielle réside en revanche dans son mode d'alimentation . Contrairement aux ventilateurs électriques, celui-ci est entièrement alimenté par un

panneau photovoltaïque installé sur le toit du bâtiment. Aucun branchement au réseau électrique n'est nécessaire. L'appareil puise toute son énergie dans les rayons du soleil, autrement dit, dans les photons produits par notre étoile.

Dès que le soleil est présent, le panneau capte l'énergie lumineuse et la convertit en électricité pour activer le ventilateur. En revanche, lorsque le ciel s'assombrit ou en cas d'ensoleillement insuffisant, le système s'arrête automatiquement. Pour pallier cet intermittent, il est possible d'ajouter des batteries au système. Celles-ci stockent l'énergie excédentaire produite en journée, permettant ainsi de faire fonctionner le ventilateur de manière continue ou sur demande, même en l'absence de soleil. [22]

Grâce à sa performance énergétique et son faible impact environnemental, cette technologie est aujourd'hui largement utilisée aussi bien pour ventiler et améliorer le confort thermique des habitations principales que des dépendances telles que les garages, abris de jardin, caravanes ou camping-cars.

## **6.2. Les principaux lieux d'utilisation des ventilateurs solaires :**

Ils sont particulièrement utiles dans les régions chaudes ou ensoleillées, où la température intérieure peut devenir inconfortable. Voici les principaux lieux d'utilisation des ventilateurs solaires :

- Maisons individuelles.
- Bâtiments agricoles (granges, étables, poulaillers, etc.).
- Serres agricoles ou jardineries.
- Hangars et entrepôts.
- Écoles, hôpitaux et bâtiments publics, salles de sport.
- Caravanes, camping-cars et bateaux.
- Toits plats ou terrasses.
- En milieu commercial ou industriel léger.

## **6.3. Les principaux composants d'un système de ventilation solaire**

### **6.3.1. Le ventilateur**

Il existe deux modèles principaux de ces ventilateurs, chacun ayant ses propres caractéristiques techniques et fonctionnelles :

- **Les ventilateurs axiaux ou hélicoïdes**

Les ventilateurs axiaux ou hélicoïdes permettent d'obtenir des débits d'air importants, mais ils ne sont généralement capables de générer de grandes différences de pression que si la vitesse périphérique des pales est élevée. Dans ce cas, ils ont tendance à être

assez bruyants. Toutefois, grâce à des avancées technologiques récentes, certains fabricants parviennent à améliorer leurs performances pour se rapprocher de celles des ventilateurs centrifuges, avec un niveau sonore légèrement supérieur seulement. En outre, ces ventilateurs présentent l'avantage d'une implantation simple et d'un coût relativement faible, les capacités en termes de débit de ce type de ventilateur sont quasiment illimitées, ce qui le rend adapté aux applications exigeant une ventilation intensive. [24] La **figure 10** montre deux types d'utilisation des ventilateurs axiaux,



**Figure 10 : Ventilateur de conduit et ventilateur de paroi.** [24]

- **Les ventilateurs centrifuges :**

Le ventilateur centrifuge repose sur un principe aérodynamique où le flux d'air pénètre axialement au niveau du moyeu et est évacué radialement par la périphérie du rotor. Cela lui confère une grande polyvalence : il peut être utilisé tantôt comme soufflante, tantôt comme extracteur. Si sa capacité à générer une forte surpression reste limitée en configuration unitaire, le couplage de plusieurs ventilateurs centrifuges en série permet d'atteindre des niveaux de pression significatifs, selon un modèle de progression quasi-géométrique, ce qui constitue le principe de base des ventilateurs-compresseurs. [25] La **figure 11** montre à quoi ressemble un ventilateur centrifuge.



**Figure 11 : Roue de ventilateur centrifuge.** [24]

➤ Chacun de ces ventilateurs a deux types de courants courant alternatif (AC) ou du courant continu (DC) :

- **Courant alternatif (AC) :**

Le courant alternatif est celui qui est généralement disponible dans les prises électriques domestiques. Il se caractérise par une tension qui varie périodiquement, changeant de polarité de manière régulière. Ce type de courant est utilisé pour alimenter les ventilateurs équipés de moteurs à AC, où la variation de la tension génère un champ magnétique permettant de mettre en rotation le rotor du moteur. [26]

- **Courant continu (DC) :**

Le courant continu, quant à lui, circule de manière constante dans une seule direction, comme c'est le cas dans les batteries ou les systèmes solaires. Les ventilateurs fonctionnant en courant continu sont alimentés par une tension stable, ce qui offre une meilleure précision dans la régulation de leur vitesse ainsi qu'une consommation énergétique optimisée. [26]

### 6.3.2. Les Panneaux photovoltaïques

Un système photovoltaïque est une installation qui regroupe plusieurs composants électriques travaillant ensemble pour convertir l'énergie solaire en électricité utilisable pour alimenter des appareils ou équipements électriques dans une maison, une entreprise ou même une industrie. Cet ensemble inclut tous les éléments nécessaires, du système de conversion à la distribution de l'énergie. La **figure 12** montre une installation photovoltaïque



**Figure 12 : Panneaux photovoltaïques.** [27]

Pour produire cette énergie renouvelable, les principaux composants d'un système photovoltaïque sont : le champ PV (fixe ou mobile), qui capte l'énergie solaire ; le câblage et la boîte de jonction, qui transportent et distribuent l'électricité ; l'onduleur,

chargé de convertir le courant continu produit par les panneaux en courant alternatif utilisable ; ainsi que divers dispositifs de protection pour assurer la sécurité et la fiabilité du système.

En fonction des besoins spécifiques, un système photovoltaïque peut varier en termes de type, capacité ou caractéristiques techniques. Il existe deux principaux types de systèmes photovoltaïques [28] :

- Les systèmes autonomes : qui fonctionnent de manière indépendante et sont connectés directement à des récepteurs alimentés en courant continu ou alternatif. Ces systèmes sont souvent utilisés dans des zones isolées sans accès au réseau électrique.
- Les systèmes connectés au réseau : qui injectent l'électricité produite dans le réseau public et permettent aux utilisateurs de bénéficier d'un complément d'énergie lorsque la production solaire est insuffisante.

Ainsi, les systèmes photovoltaïques s'adaptent aux besoins humains tout en contribuant à une production d'énergie propre et durable. [28]

### ● **Avantages du photovoltaïque**

Les systèmes photovoltaïques présentent de nombreux avantages qui en font une solution énergétique particulièrement attractive. L'un des atouts majeurs est leur modularité , ce qui permet d'adapter facilement leur taille et leur puissance aux besoins spécifiques de chaque utilisateur. Que ce soit pour des installations domestiques de petite taille, composées de quelques panneaux seulement, ou pour des centrales solaires industrielles de grande envergure, il est possible d'ajouter ou de retirer des modules au fil du temps selon l'évolution des besoins énergétiques. De plus, ces systèmes peuvent être installés sur différents supports tels que les toitures, les façades ou encore des terrains dégagés, offrant ainsi une grande flexibilité d'implantation. [29]

Un autre avantage important réside dans leur faible besoin de maintenance. Les panneaux photovoltaïques ne comportent aucune pièce mobile, ce qui limite considérablement les risques de pannes mécaniques. Leur entretien se résume généralement à une inspection annuelle, incluant le contrôle des connexions électriques et un nettoyage des surfaces des panneaux. Enfin, leur durée de vie est très longue, souvent supérieure à 25 ans, avec une garantie de production d'énergie conservée à plus de 80 % après cette période. [29]

Enfin, l'électricité produite par les panneaux solaires est très polyvalente. Elle peut alimenter aussi bien des appareils électriques domestiques que des équipements industriels. Elle est également utilisée pour la recharge de batteries dans des configurations autonomes, comme dans les habitations isolées ou pour les véhicules

électriques. Par ailleurs, elle peut s'intégrer facilement dans des systèmes intelligents de gestion énergétique ou de domotique, contribuant ainsi à une utilisation plus efficace et plus durable de l'énergie. [29]

- **Inconvénients du photovoltaïque**

Les panneaux photovoltaïques présentent certains inconvénients à prendre en compte. Leur coût d'installation peut être élevé, et leur production d'électricité dépend de l'ensoleillement, ce qui la rend intermittente. Ils nécessitent aussi un espace suffisant et peuvent être affectés par l'ombre, la météo ou la saleté. Et leur fabrication a un impact environnemental et leur recyclage reste un défi partiellement résolu.

## 6.4. Accessoires d'un système de ventilation solaire

### 6.4.1. Câblage électrique

Le câblage électrique comme le montre dans la **figure 13** constitue le lien essentiel entre les différents composants d'un système solaire ou de ventilation. Il doit être adapté à la tension et au type de courant utilisé (continu ou alternatif) pour garantir un transport sûr et efficace de l'énergie.



Figure 13 : Câble d'extension pour ventilateur. [30]

### 6.4.2. Contrôleur de charge

Le contrôleur de charge, aussi connu sous le nom de régulateur solaire, est un dispositif électronique indispensable dans les installations utilisant des panneaux photovoltaïques couplés à un système de stockage d'énergie. Il a pour fonction principale de gérer le flux électrique généré par les panneaux solaires vers les batteries, en contrôlant la tension et l'intensité pour assurer une charge optimale et sécurisée. Il existe actuellement deux principaux types de régulateurs, PWM et MPPT comme le montre dans la **figure 14** [31]



Figure 14 : Contrôleur de Charge solaire MPPT. [32]

Grâce à cette régulation, il permet d'éviter les risques de surexploitation ou de décharge excessive des batteries, garantissant ainsi leur bon fonctionnement sur le long terme. En protégeant les éléments de stockage, ce dispositif contribue à améliorer l'efficacité énergétique du système global et à prolonger la durée de vie des batteries.

### 6.4.3. L'onduleur

L'onduleur comme le montre dans la **figure 15** est un composant essentiel dans les systèmes électriques utilisant du courant continu, comme ceux issus de panneaux solaires. Il a pour rôle de convertir le courant continu (DC) en courant alternatif (AC), permettant ainsi l'utilisation de l'énergie produite par les panneaux pour alimenter des appareils fonctionnant en AC, comme les ventilateurs classiques ou les réseaux électriques domestiques. Cet équipement rend le système compatible avec les installations standard et contribue à une utilisation plus large et plus efficace de l'énergie solaire.



Figure 15 : onduleur. [33]

### 6.4.4. Batterie

La batterie joue un rôle essentiel dans un système solaire en permettant de stocker l'énergie excédentaire produite par le panneau photovoltaïque, pour une utilisation ultérieure, notamment pendant la nuit ou par temps nuageux. Plusieurs types de batteries

peuvent être utilisés selon les besoins et le budget. Les batteries au lithium **figure 16** sont appréciées pour leur légèreté, leur compacité et leur longue durée de vie, ce qui en fait une solution performante mais plus coûteuse. En revanche, les batteries au plomb-acide restent une alternative économique, bien qu'elles soient plus lourdes et moins durables. La capacité d'une batterie, exprimée en ampères-heures (Ah).



Figure 16 : Batterie 12V 12Ah pour ventilateur G5 HAMILTON (369101). [34]

#### 6.4.5. Les Filtres à air

Les filtres à air comme le montre dans la **figure 17** jouent un rôle essentiel dans les systèmes de ventilation, bien au-delà de la simple amélioration de la qualité de l'air intérieur. Ils permettent notamment de limiter l'accumulation de poussières dans les conduits, réduisant ainsi les risques d'encrassement et facilitant l'entretien du réseau aéraulique. Dans certains environnements spécifiques, ces filtres sont également efficaces pour atténuer les odeurs ou retenir les particules grasses, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment, contribuant ainsi à un cadre de vie plus sain et plus confortable.



Figure 17 : filtre. [35]

### 6.4.6. Les conduits

Les conduits de ventilation comme le montre dans la **figure 18** assurent la circulation de l'air entre les différents éléments du système (bouches d'entrée/sortie, ventilateur, échangeur thermique). Ils doivent être correctement dimensionnés et installés pour minimiser les pertes de charge et garantir un débit d'air optimal. Le choix du matériau (PVC, acier galvanisé, aluminium) ainsi que la forme des conduits (circulaire ou rectangulaire) influencent directement l'efficacité du système de ventilation.



Figure 18 : Conduits de ventilation. [36]

### 6.4.7. Les coudes

Les coudes comme le montre dans la **figure 19** sont des éléments de raccordement utilisés dans les réseaux de ventilation pour permettre un changement de direction du flux d'air. Ils peuvent avoir différents angles (généralement  $90^\circ$  ou  $45^\circ$ ) et doivent être soigneusement intégrés au système pour limiter les pertes de charge. Un mauvais dimensionnement ou un placement inadapté des coudes peut entraîner une résistance accrue au passage de l'air, réduisant ainsi l'efficacité du système de ventilation. [37]



Figure 19 : Coudes circulaires  $90^\circ$ . [37]

### 6.4.8. Les jonctions

Les jonctions sont des éléments clés dans un réseau de ventilation, permettant de relier différents tronçons de conduits ou de distribuer l'air vers plusieurs bouches. Elles doivent être choisies et installées avec soin pour éviter les turbulences et les pertes de charge importantes. Une bonne conception des jonctions assure une répartition homogène du débit d'air et contribue à l'efficacité globale du système de ventilation.

[38] La **figure 20** montre un raccord



**Figure 20 : Raccords.** [38]

### 6.4.9. Les grilles et bouches d'aération

Les grilles et bouches d'aération assurent l'entrée et la sortie de l'air dans un système de ventilation. Elles permettent de renouveler l'air intérieur, d'évacuer l'humidité et les polluants, et de distribuer l'air neuf de manière efficace. Généralement placées dans des zones stratégiques (insufflation dans les pièces sèches, extraction dans les pièces humides), elles contribuent au confort thermique et à une bonne qualité de l'air. Leur choix et leur positionnement influencent directement l'efficacité du système de ventilation. La **figure 21** montre une grille d'aération.



**Figure 21 : Grille d'aération.** [39]

#### 6.4.10. Les capteurs et systèmes de régulation

Les capteurs sont essentiels pour optimiser les performances des ventilateurs en fonction des besoins réels. La surveillance de la température, de l'humidité et des niveaux de dioxyde et de monoxyde de carbone est essentielle pour garantir un confort optimal et préserver la qualité de l'air intérieur. Ces environnements sont particulièrement adaptés aux immeubles résidentiels, aux écoles, aux hôpitaux, aux bureaux, aux entreprises, aux entrepôts et aux laboratoires. La **figure 22** montre le capteur de température et d'humidité



Figure 22: Capteur température et humidité. [40]

#### 6.4.11. Télécommande ou interface intelligente ventilateur solaire

L'intégration d'une télécommande ou d'une interface intelligente à un ventilateur solaire offre de nombreux avantages pratiques et technologiques. Cela permet non seulement de simplifier l'utilisation quotidienne de l'appareil, mais aussi d'optimiser sa performance en fonction des conditions environnantes. Voici les principaux avantages :

- Contrôle à distance.
- Programmation horaire.
- Réglage de la vitesse.
- Surveillance de la production d'énergie solaire.
- Automatisation selon la température ou l'intensité lumineuse.

### 7. Types de ventilation solaire dans le monde

#### 7.1. Ventilateurs solaires avec panneaux fixes

Les ventilateurs solaires tout-en-un, également appelés ventilateurs à panneaux intégrés, sont conçus avec des panneaux solaires fixes incorporés dans la partie supérieure de leur boîtier, alignés au ras des surfaces environnantes comme c'est montré sur la **figure 23**. Cette conception compacte et esthétique rend le produit visuellement attrayant, mais elle présente certaines limitations en termes d'application, la nature fixe du panneau solaire impose des contraintes importantes : ces ventilateurs doivent être installés sur un toit ou

une surface exposée à un rayonnement solaire optimal tout au long de la journée. En cas d'ombre ou d'un ensoleillement insuffisant, leur efficacité et leur puissance de sortie peuvent être compromises, entraînant des performances irrégulières du ventilateur. [41]



Figure 23 : Ventilateurs solaires avec panneaux fixes. [41]

## 7.2. Ventilateurs solaires avec panneaux réglables

Similaire au concept des lampadaires solaires tout-en-un, ces ventilateurs solaires intègrent le moteur, les pales et les dispositifs électroniques dans un boîtier compact comme c'est montré sur la **figure 24**. Cependant, à la différence des modèles stationnaires, leur panneau solaire est séparé et monté sur une base mobile, permettant des ajustements horizontaux et verticaux.

Cette conception offre une grande flexibilité, car les utilisateurs peuvent orienter le panneau pour maximiser l'absorption de la lumière solaire. Cette adaptabilité élargit les possibilités d'installation, que ce soit sur des toits variés ou même sur les murs extérieurs des bâtiments, là où l'ensoleillement est suffisant et où le panneau peut être positionné de manière optimale. [41]



Figure 24 : Ventilateurs solaires avec panneaux réglables. [41]

Cependant, cette configuration est moins esthétique que les modèles à panneaux fixes. De plus, avant d'acheter ce type de produit, il est essentiel de vérifier la qualité des matériaux utilisés, car le panneau, étant exposé aux éléments, doit résister aux fortes charges de vent et aux conditions environnementales difficiles.

Un avantage notable par rapport aux modèles stationnaires est la possibilité de remplacer ou de mettre à niveau le panneau solaire en cas de dommage ou si une capacité supérieure est nécessaire, offrant ainsi une flexibilité supplémentaire pour les utilisateurs. [41]

### 7.3. Ventilateurs avec panneaux indépendants

Ces ventilateurs adoptent une conception distribuée, où le panneau solaire est installé séparément et relié au ventilateur par un câble long comme c'est montré sur la **figure 25**. Cette configuration les rend particulièrement adaptés aux endroits avec des ressources d'ensoleillement limitées, comme les zones fréquemment ombragées. L'installation indépendante du panneau offre une grande flexibilité, permettant de le positionner là où il recevra un maximum de lumière solaire pour garantir une alimentation fiable du ventilateur. [41]



Figure 25 : Ventilateurs avec panneaux indépendants. [42]

Grâce à cette conception, ces ventilateurs peuvent être installés presque n'importe où sur la structure, sans contrainte stricte liée à l'exposition directe au soleil. De plus, leur capacité de ventilation est très variable, allant de plusieurs centaines à plusieurs milliers de pieds cubes par minute (CFM), offrant ainsi des performances robustes pour répondre aux besoins des projets résidentiels ou commerciaux et industriels (C&I).

L'apparence de ces ventilateurs peut également être personnalisée. Leur module compact (dans un boîtier cubique simple ou adapté) peut s'intégrer harmonieusement à la conception architecturale, notamment dans les projets intégrés au bâtiment.

Un autre avantage de ce type de ventilateur est la simplicité de remplacement du

panneau solaire en cas de besoin, contrairement à d'autres modèles où le remplacement peut être plus complexe. [41]

## **8. Conclusion**

La ventilation solaire représente une solution innovante et durable pour répondre aux défis de la sobriété énergétique dans les bâtiments. En combinant modularité, faible maintenance et compatibilité avec les systèmes intelligents, elle offre un moyen efficace de réduire la consommation d'énergie tout en améliorant le confort intérieur. Cependant, des défis subsistent, notamment en termes de coût initial et de gestion du stockage d'énergie. Les avancées technologiques et les projets pilotes dans différents pays démontrent son potentiel pour une large adoption dans le cadre de la transition énergétique.

# **Chapitre II**

## **Étude de cas**

---

## 1. Introduction

Dans un contexte de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique, l'intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments représente une solution incontournable pour réduire la consommation d'énergie primaire tout en améliorant le confort des usagers. Parmi les différents systèmes pouvant bénéficier de cette approche, la ventilation joue un rôle clé dans la qualité de l'air intérieur, le bien-être thermique et la performance énergétique globale du bâtiment. [43]

Ce chapitre s'inscrit dans cette démarche en présentant une méthodologie structurée pour le dimensionnement d'un système de ventilation solaire, appliquée à un cas concret : une classe d'école. L'objectif est de proposer une solution éco-énergétique répondant aux exigences de confort hygrothermique et de qualité de l'air, tout en optimisant la consommation électrique grâce à une alimentation solaire autonome.

## 2. Méthodologie

La première partie du chapitre expose les fondements théoriques et techniques nécessaires au dimensionnement du système. Elle inclut notamment les calculs du débit d'air requis selon plusieurs paramètres (volume, nombre de personnes, humidité, taux de CO<sub>2</sub>), l'analyse des pertes de charge dans le réseau aéraulique, et l'estimation de la puissance électrique nécessaire pour faire fonctionner le ventilateur, ainsi que le dimensionnement d'une installation photovoltaïque (nombre de panneaux, batteries, régulateur de charge, les câbles). Ensuite, une comparaison entre deux types de ventilation – simple flux et double flux – permet d'évaluer leur impact respectif sur la consommation énergétique liée au chauffage.

Enfin, une étude de cas concrète est développée pour illustrer l'application pratique de cette méthodologie. Elle inclut la simulation du système dans un environnement réel, le dimensionnement d'un ventilateur et le dimensionnement des panneaux photovoltaïque et des autres composants électriques, ainsi qu'une analyse coût/efficacité visant à identifier la configuration optimale.

### 2.1. Dimensionnement d'un ventilateur

Le dimensionnement d'un ventilateur est une étape essentielle dans la conception d'un système de ventilation, notamment pour garantir un renouvellement efficace de l'air intérieur et assurer le confort thermique ainsi qu'une bonne qualité de l'air.

#### 2.1.1. Débit de ventilateur

Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour déterminer le débit d'air nécessaire. Ce calcul considère deux types de locaux :

### - Cas des logements:

Dans le cas des locaux habitables le **tableau 2** présente les valeurs minimales du débit d'air (exprimés en m<sup>3</sup>/h) extrait en fonction du nombre de pièces principales.

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	> 5
qve <sub>min</sub> (en m <sup>3</sup> /h)	25	50	70	100	110	+10/m <sup>3</sup> par pièce supplémentaire

Tableau 2 : Débit extrait minimal. [44]

Le **tableau 3** présente les débits d'air maximal (exprimés en m<sup>3</sup>/h) nécessaires pour différentes pièces spécifiques d'un logement, en fonction du nombre de pièces principales.

Nombre de pièces principales par logement	qve <sub>max</sub> (en m <sup>3</sup> /h)			
	Cuisine	Salle de bains	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisance
1	75	15	15	15
2	90	15	15	15
3	105	30	15	15
4	120	30	15	30
5 et plus	135	30	15	30

Tableau 3 : Débits extrait maximal. [44]

### - Cas des locaux à usage autre que l'habitation :

Le **tableau 4** définit les débits minimaux d'air neuf (en m<sup>3</sup>/h) nécessaires pour différents types de locaux à usage autre que l'habitation.

Destination des locaux	Débits minimaux d'air neuf (en m <sup>3</sup> /h)
- Pièces à usage individuel	
Salle de bains ou de douche	15 par local
Cabinet d'aisance	15 par local

- Pièces à usage collectif Cabinet d'aisance isolé. Salle de bains ou de douches isolée. Salle de bains ou de douches commune avec un cabinet d'aisance. Bains, douches et cabinet d'aisances groupés. Lavabos groupés. Salle de lavage, séchage, et repassage du linge.	30 par local 45 par local 60 par local 30 + 15N <sup>(1)</sup> 10 + 5N <sup>(1)</sup> 5 par m <sup>2</sup> de surface du local <sup>(2)</sup>
- Cuisines collectives Office/relais. Moins de 150 repas servis simultanément. De 151 à 500 repas servis simultanément <sup>(3)</sup> . De 501 à 1500 repas servis simultanément <sup>(4)</sup> . Plus de 1500 repas servis simultanément <sup>(5)</sup> .	15 par repas 25 par repas 20 par repas 15 par repas 10 par repas

**Tableau 4 : Débit minimal d'air neuf (pièces de service). [44]**

Notes pour le Tableau 4 :

<sup>(1)</sup> : N = nombre d'équipements dans le local.

<sup>(2)</sup> : Arrondir au multiple de 15 supérieur.

<sup>(3)</sup> : Minimum absolu de 3 750 m<sup>3</sup>/h .

<sup>(4)</sup> : Minimum absolu de 10 000 m<sup>3</sup>/h .

<sup>(5)</sup> : Minimum absolu de 22 500 m<sup>3</sup>/h .

Le **tableau 5** définit les débits minimaux d'air neuf (en m<sup>3</sup>/h par occupant) nécessaires pour différents types de locaux à usage autre que l'habitation.

Destination des locaux	Débit minimal d'air neuf (en m <sup>3</sup> /h et par occupant)	
	Locaux avec interdiction de fumer	Locaux sans interdiction de fumer
➤ Locaux d'enseignement : Classes, salles d'études, laboratoires (à l'exclusion de ceux à pollution spécifique) :		
- Maternelles, primaires et secondaires du 1 <sup>er</sup> cycle.	15	-
- Secondaires du 2 <sup>ème</sup> cycle et universitaires.	18	25
- Ateliers.	18	25

➤ Locaux d'hébergement : - Chambres collectives (plus de trois personnes <sup>(6)</sup> ), dortoirs, cellules, salles de repos.	18	25
➤ Bureaux et assimilés : - Tels que locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques.	18	25
➤ Locaux de réunions : - Tels que salles de réunions, de spectacles, de culte, foyers.	18	30
➤ Locaux de vente : - Tels que boutiques, supermarchés.	22	30
➤ Locaux de restauration : - Cafés, restaurants, cantines.	22	30
➤ Locaux à usage sportif Par sportif : - Dans une piscine. - Dans les autres locaux. - Par spectateur.	22 25 18	- 30 30

Tableau 5 : Débit minimal d'air neuf (pièces autre que pièces de service). [44]

On note que, pour le tableau 5, le chiffre (6) indique que pour les chambres de moins de trois personnes, le débit minimal est de 30 m<sup>3</sup>/h par local.

### ➤ Débit en fonction du volume

Dans le **cas des logements** selon le DTR.3-4, il est nécessaire de calculer le débit d'air neuf minimal requis ( $qv_{an}$ ) pour assurer une qualité d'air intérieur optimale à l'intérieur du logement, en fonction de son volume habitable [44], par la formule suivante :

$$qv_{an} = \text{Max.} [n \times V_h ; qve_{réf}] \quad (2.1)$$

$V_h$  : Volume habitable (en m<sup>3</sup>).

$n$  : Nombre de renouvellements d'air par heure (selon l'usage).

$qve_{réf}$  : Débit d'extraction de référence (en m<sup>3</sup>/h), donné par :

$$qve_{réf} = \frac{5qve_{min} + qve_{max}}{6} \quad (2.2)$$

$qve_{min}$  : Débit d'extraction minimum de référence (en m<sup>3</sup>/h).

$qve_{max}$  : Débit d'extraction maximum de référence (en m<sup>3</sup>/h).

Dans le **cas des locaux à usage autre que l'habitation**, ce critère permet de déterminer

le débit d'air nécessaire pour renouveler l'air contenu dans une pièce à intervalles réguliers comme suit :

$$Q_v = V_h \times n \quad (2.3)$$

$Q_v$  : Débit d'air (en m<sup>3</sup>/h).

$V_h$  : Volume habitable (en m<sup>3</sup>).

$n$  : Nombre de renouvellements d'air par heure (selon l'usage).

➤ **Débit en fonction des occupants :**

Chaque personne respire et produit du CO<sub>2</sub>. Il faut donc prévoir un débit des occupants  $Q_{oc}$  en fonction du nombre d'occupant ; il est calculé comme suit :

$$Q_{oc} = N \times q \quad (2.4)$$

$N$  : Nombre de personnes

$q$  : Débit par occupant (en m<sup>3</sup>/h)

Normes mondiale ASHRAE Standard 62.1 recommande un minimum de 8 à 10 L/s/personne (soit 29 à 36 m<sup>3</sup>/h/personne) pour les salles de classe. [10]

➤ **Débit en fonction de l'humidité**

L'humidité relative influence la sensation de confort. Un excès d'humidité peut entraîner des problèmes de condensation ou de moisissures. Le débit d'air doit donc être ajusté pour évacuer l'humidité produite.

Dans ce cas, le calcul utilise les critères standards suivant : Si l'humidité dépasse 60 % , il faut augmenter le débit de 10 à 20 % , et utiliser un capteur d'humidité pour piloter dynamiquement le ventilateur. [45]

➤ **Débit en fonction de la concentration de CO<sub>2</sub>**

La concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un indicateur clé de la qualité de l'air intérieur. Une concentration supérieure à 1000ppm (parties par million) peut causer fatigue, maux de tête et baisse de concentration. Le chiffre qui apparaît révèle la qualité de l'air [46] :

- En dessous de 600 ppm, la qualité de l'air demeure optimale.
- Entre 600 et 1200 ppm, l'aération ou la ventilation est nécessaire.
- Au-delà de 1200 ppm, les occupants doivent évacuer les lieux.

### 2.1.2. Pertes de charges

La perte de charge (ou pression perdue) correspond à la résistance au passage de l'air dans un système de ventilation. Elle est causée par les frottements et les perturbations du

flux d'air, ce qui nécessite une puissance plus importante du ventilateur pour assurer le débit voulu. [47] Elle se divise en deux catégories principales :

### ➤ Pertes de charge linéaires

Ces phénomènes sont dus aux frottements entre l'écoulement de l'air et les surfaces intérieures des canalisations, ainsi que les perturbations créées par les changements de direction dans les conduites ou les variations de section. [47]

Formule :

$$\Delta P_{linéaire} = \lambda \cdot \frac{L \cdot \rho}{2 \cdot D} \cdot v^2 \quad (2.5)$$

$\Delta P_{linéaire}$  : La perte de charge linéaire (en Pa)

$\lambda$  : Le coefficient de Darcy qui dépend du type d'écoulement d'air (et donc de la vitesse d'air dans les conduits), de la rugosité de la paroi interne du conduit

L : La longueur du conduit (en m)

$\rho$  : La masse volumique de l'air en (kg/m<sup>3</sup>)

D : Le diamètre intérieur du conduit (en m)

v : La vitesse moyenne de l'air (en m/s)

### ➤ Pertes de charge singulières

Ces pertes se produisent lorsque l'écoulement de l'air rencontre une perturbation, telle qu'un changement de direction (coude comme le montre dans la **figure 26**, grille, jonctions), une variation de section ou un élément de raccordement. [47]

Formule :

$$\Delta P_{singulières} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \quad (2.6)$$

$\Delta P_{singulières}$  : La perte de charge singulière (en Pa)

$\zeta$  : Le coefficient de perte de pression singulière de l'élément considéré (coudes, tés, ...)

$\rho$  : La masse volumique de l'air en (kg/m<sup>3</sup>)

v : La vitesse moyenne de l'air (en m/s)

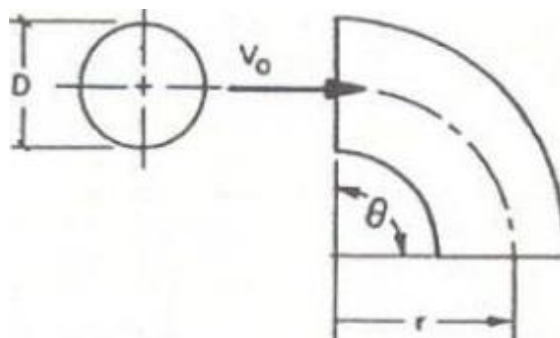


Figure 26 : coude cintré à 90°. [47]

### ➤ Pertes de charge des filtres

Le **tableau 6** présente la perte de charge totale ( $\Delta P$ ) pour les filtres de moyenne et haute efficacité selon la norme EN 779:2012. [48]

Groupe	Classe	Perte de charge finale (Pa)
<b>Grossier</b>	G1	250
	G2	250
	G3	250
	G4	250
<b>Moyen</b>	M5	450
	M6	450
<b>Fin</b>	F7	450
	F8	450
	F9	450

**Tableau 6 : perte de charge totale ( $\Delta P$ ) pour les filtres. [48]**

### 2.1.3. Puissance du ventilateur

La puissance du ventilateur est un paramètre essentiel dans la conception et le dimensionnement d'un système de ventilation. Elle permet de déterminer la quantité d'énergie nécessaire pour faire circuler l'air à travers les conduits en fonction de Débit d'air, et les pertes de charge (résistances au mouvement de l'air)

Formule :

$$P = \frac{Q_v \times \Delta P}{\eta} \quad (2.7)$$

P : Puissance électrique nécessaire (en watts)

$Q_v$  : Débit d'air (en m<sup>3</sup>/s)

$\Delta P$  : Pression totale à vaincre (en pascals)

$\eta$  : Rendement global du système (moteur + ventilateur), entre 0,5 et 0,8. [49]

## 2.2. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

La méthode de dimensionnement consiste à déterminer la puissance crête des panneaux photovoltaïques nécessaire pour fournir l'énergie électrique requise pendant la journée. Elle commence par l'identification des périodes de besoin en électricité ainsi que du

niveau de consommation souhaité. Bien que cette étape ne demande pas de calculs très complexes, elle nécessite toutefois une réflexion approfondie, car toute erreur à ce stade pourrait rendre l'installation photovoltaïque inadaptée ou inefficace. [50]

Cette démarche s'articule autour de huit étapes principales qui peuvent être résumées comme suit :

### 2.2.1. Consommation énergétique

La première étape dans le dimensionnement d'une installation photovoltaïque est l'analyse de la consommation énergétique quotidienne ou mensuelle. Cette étape permet de déterminer la quantité d'énergie (en wattheures / Wh ou kilowattheures kWh) nécessaire pour alimenter les appareils électriques connectés à l'installation. L'énergie nécessaire s'exprime par :

$$E_C = P \times t \quad (2.8)$$

$E_C$  : Énergie consommée

$P$  : Puissance de fonctionnement de l'appareil(en W)

$t$  : Temps d'utilisation (en heures)

### 2.2.2. Énergie solaire récupérable

#### ➤ Inclinaison et orientation optimales des capteurs photovoltaïques

Le rendement énergétique des capteurs photovoltaïques dépend étroitement de l'intensité de l'ensoleillement qu'ils reçoivent. Ainsi, pour garantir une production électrique maximale, il est essentiel d'optimiser leur positionnement en prenant en compte plusieurs paramètres tels que la localisation géographique, l'orientation et l'inclinaison des modules, un plan incliné, tel que celui d'un panneau solaire, est généralement défini par deux paramètres principaux [50] :

**L'inclinaison ( $\beta$ )** : c'est l'angle formé entre la surface du capteur et l'horizontale.

**L'azimut ( $\gamma$ )** : il correspond à l'angle d'orientation du capteur par rapport au sud géographique.

Dans l'hémisphère nord, l'orientation idéale consiste à diriger les panneaux vers le sud , tandis que dans l'hémisphère sud, ils doivent être orientés vers le nord . Cette disposition permet de capter un maximum de rayonnement solaire sur l'ensemble de la journée, comme c'est montré sur la **figure 27**.

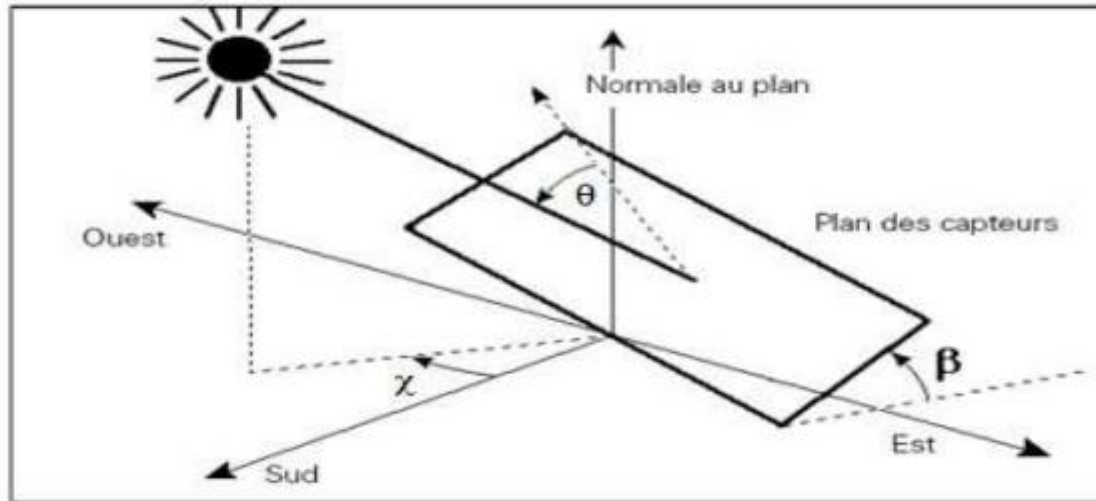


Figure 27 : Définition des angles pour un plan incliné : inclinaison  $\beta$ , azimut  $\chi$  et l'angle d'incidence  $\theta$ . [50]

En ce qui concerne l'inclinaison, elle doit être ajustée en fonction de la latitude du site et de la période de l'année durant laquelle la demande énergétique est la plus élevée. En général, une inclinaison proche de la latitude du lieu offre un bon compromis pour une production annuelle optimisée. [50]

Il est également crucial d'installer les panneaux dans des zones libres d'ombrages permanents ou temporaires, causés par des bâtiments, arbres ou autres obstacles, afin d'éviter toute perte significative de performance.

Le **tableau 7** ci-dessous présente les valeurs d'inclinaison idéales des capteurs photovoltaïques recommandées pour une utilisation annuelle optimale, en fonction de la latitude du lieu d'installation.

Latitude $\varphi$ (°)	Inclinaison $\beta$ (°)
$\varphi < 10^\circ$	$10^\circ$
$10^\circ < \varphi < 30^\circ$	$\varphi$
$30^\circ < \varphi < 40^\circ$	$\varphi + 10^\circ$
$\varphi > 40^\circ$	$\varphi + 15^\circ$

Tableau 7 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux pour une utilisation annuelle. [50]

### 2.2.3. Données météorologiques

Les conditions climatiques et l'exposition aux éléments naturels influencent fortement le rendement des installations solaires. Par exemple, les régions à fort ensoleillement offrent généralement de meilleures performances énergétiques grâce à une irradiation plus intense. Toutefois, il est important de prendre en compte l'impact négatif des températures élevées, qui peuvent entraîner une baisse de l'efficacité des panneaux

photovoltaïques en augmentant leur résistance interne, en plus de l'ensoleillement, d'autres phénomènes météorologiques affectent la production d'électricité. La présence de nuages réduit significativement la quantité de lumière atteignant les cellules solaires, ce qui diminue leur output énergétique. En revanche, la pluie peut avoir un effet positif indirect en nettoyant la surface des panneaux, améliorant ainsi leur performance après son passage. [51]

Compte tenu de ces paramètres, une analyse approfondie des conditions locales est essentielle pour optimiser le choix du site d'installation, mais aussi pour planifier efficacement l'entretien du système. Une bonne compréhension de ces facteurs permet donc de maximiser la rentabilité énergétique et de garantir une exploitation durable de l'installation solaire. [51]

#### 2.2.4. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Une fois les besoins énergétiques quotidiens déterminés ainsi que temps moyen d'ensoleillement journalier ( $I_r$ ), il est alors possible de dimensionner le générateur photovoltaïque, c'est-à-dire l'ensemble des panneaux solaires qui constitueront l'installation.

##### ➤ Puissance crête d'un générateur photovoltaïque

L'objectif ici est de calculer la puissance crête totale ( $W_c$ ) nécessaire des panneaux solaires pour produire l'énergie requise par les ventilateurs électriques connectés, la puissance crête des panneaux se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$P_{cr} = \frac{E_C \times P_i}{K \times I_r} \quad (2.9)$$

$P_{cr}$ : Puissance crête de champs photovoltaïque en Watt crête ( $W_c$ ).

$E_C$ : Énergie consommée par jour (Wh/jour).

$P_i$  : Est la puissance radiative dans la condition standard de test (conditions STC), exprimée en  $kW/m^2$ . Donc,  $P_i = 1 kW/m^2$ .

$I_r$  : Temps moyen d'ensoleillement journalier (h/jour). En Algérie :  $2 \geq I_r \leq 8$ . On prend la moyenne de 5 h/Jour.

$K$  : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte :

Est en générale compris entre 0,55 et 0,75. La valeur souvent utilisée dans les calculs du système est  $k=0,65$ . [52]

##### ➤ Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque

Le **tableau 8** ci-après présente les niveaux de tension généralement recommandés pour les systèmes photovoltaïques, en fonction de leur puissance installée. Ces valeurs

constituent des orientations courantes permettant d'assurer un fonctionnement optimal et une bonne efficacité énergétique du système. [53]

<b>Puissance du champ photovoltaïque</b>	0-500 Wc	500-1.5 kWc	1.5-10 kWc	> 10 kWc
<b>Tension recommandée</b>	12 V	24 V	48 V	> 48 V

Tableau 8 : Tension du champ en fonction de sa puissance crête. [53]

### 2.2.5. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser

➤ Pour obtenir le nombre de panneaux nécessaires, on utilise l'équation suivante :

$$N_m = \frac{P_{cr}}{P_{cu}} \quad (2.10)$$

$P_{cu}$  : Puissance crête unitaire de panneau.

➤ Le nombre de modules connectés en série sera égale à :

$$N_s = \frac{V_{ch}}{V_n} \quad (2.11)$$

$V_{ch}$  : Tension du champ.

$V_n$  : La tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque.

➤ Le nombre de modules connectés en parallèles s'exprime par :

$$N_p = \frac{N_m}{N_s} \quad (2.12)$$

$N_m$  : Nombre total de panneaux photovoltaïques.

$N_s$  : Nombre de panneaux connectés en série.

### 2.2.6. Dimensionnement du parc de batteries

Pour réaliser ce calcul, il faut connaître :

- La consommation quotidienne en watt-heures (Wh),
- La tension nominale du système (en volts : V),
- Le nombre de jours d'autonomie souhaités ,
- La profondeur de décharge maximale (DOD) admissible pour les batteries utilisées.

L'équation de calcul :

$$C_{ch} = \frac{E_C \times N}{D \times U} \quad (2.13)$$

$C_{ch}$  : Capacité du champ de batterie en ampère. Heure (Ah)

$E_C$  : Énergie consommée par jour (Wh/j)

$N$  : Nombre de jour d'autonomie

$D$  : Décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb)

$U$  : Tension recommandée (V)

➤ Nombre de batteries en séries :

$$N_S = \frac{V_{ch}}{V_{batterie}} \quad (2.14)$$

$V_{ch}$  : Tension du champ.

$V_{batterie}$  : La tension de la batterie.

➤ Nombre de batterie en parallèles :

$$N_p = \frac{C_{ch}}{C_{batterie}} \quad (2.15)$$

$C_{ch}$  : Capacité totale du champ de batteries associées à toute l'installation photovoltaïque.

$C_{batterie}$  : Capacité d'une batterie.

### 2.2.7. Dimensionnement du régulateur de charge

Le choix et le dimensionnement du régulateur de charge s'effectuent en fonction de trois paramètres électriques essentiels :

- La tension nominale du système,
- Le courant maximal d'entrée provenant des panneaux photovoltaïques,
- Le courant maximal de sortie destiné à la charge des batteries, elle peut être déterminée par la formule suivante : [50]

$$I_{max} = \frac{P_{cr}}{U} \quad (2.16)$$

$U$  : Tension de la batterie (V)

$P_{cr}$  : La puissance crête du champ de photovoltaïque qui es calculé comme suit :

$$P_{cr} = P_{cu} \times N_p \times N_s \quad (2.17)$$

### 2.2.8. Dimensionnement de l'onduleur

Pour dimensionner l'onduleur, il faut :

- Identifier les appareils alimentés en courant alternatif,
- Noter leurs puissances nominales (en watts),
- Prendre en compte les puissances de démarrage (souvent plus élevées que la puissance nominale),

- Déterminer la tension de sortie souhaitée (généralement 230 V monophasé ou 400 V triphasé selon la puissance).

### 2.2.9. Dimensionnement des câbles électriques solaires

La loi suivante permet de connaître la résistance des câbles

$$R = \rho \times L/S \quad (2.18)$$

R : La résistance en ( $\Omega$ ).

$\rho$  : La résistivité en ( $\Omega \cdot m$ ), Le cuivre est un bon conducteur avec une faible résistance ( $1,6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )

L : La longueur du câble en (m).

S : La section du câble s en ( $mm^2$ ).

### 2.3. Effet du type de ventilation sur le chauffage

En hiver, la ventilation peut entraîner des pertes importantes de chaleur, Dans un dimensionnement classique du chauffage, On calcule la puissance requise en fonction des déperditions thermiques selon la formule énoncée dans le document technique réglementaire adopté en Algérie, DTR.C 3-2. Par ailleurs, nous examinons la divergence de puissance entre la ventilation à simple flux et celle à double flux. [6]

➤ **La puissance de chauffage  $Q_{ch}$  (W) :**

$$Q_{ch} = [t_{bi} - t_{be}] \times [[1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})] D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \quad (2.19)$$

$t_{bi}$  : Représente la température intérieure de base, (en  $^{\circ}C$ )

$t_{be}$  : Représente la température extérieure de base, (en  $^{\circ}C$ )

$D_T$  : Représente les déperditions par transmission du logement, (en  $W/^{\circ}C$ )

$D_R$  : Représente les déperditions par renouvellement d'air du logement, (en  $W/^{\circ}C$ )

$c_r$  : (Sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel,

$c_{in}$  : (Sans dimension) représente un coefficient de surpuissance.

➤ **Le coefficient  $c_{in}$  prend les valeurs suivantes :**

- 0,10 en cas de chauffage continu,

- 0,15 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "faible" ou "moyenne",

- 0,20 en cas de chauffage discontinu, et dans le cas d'une construction dont la classe d'inertie est "fort".

➤ **Le coefficient  $c_r$  prend les valeurs suivantes :**

- 0 pour les installations de type “chauffage individuel”,
- 0,05 pour les installations de type “chauffage central” dans lesquelles toutes les tuyauteries sont calorifugées,
- 0,10 pour les installations de type “chauffage central” dans lesquelles les tuyauteries sont calorifugées seulement dans les zones non chauffées,
- 0,20 pour les installations de type “chauffage central” dont le réseau de tuyauteries n’est pas calorifugé.

➤ **Les déperditions par renouvellement d’air  $D_R$  (W/°C) :**

Formule :

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \quad (2.20)$$

0,34 : Est la chaleur volumique de l’air (en Wh/m<sup>3</sup>. °C).

$Q_v$  : Est le débit spécifique de ventilation (en m<sup>3</sup> /h).

$Q_s$  : Est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent (en m<sup>3</sup> /h).

0,34 x  $Q_v$  (en W/°C) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées  $D_{Rv}$  ; de même, 0,34 x  $Q_s$  (en W/°C) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées  $D_{Rs}$

- Le type de ventilation a un effet direct sur les déperditions thermiques, et donc sur la puissance de chauffage. Pour la ventilation naturelle , on ne peut pas contrôler les déperditions dues au vent et aux courants d’air, ce qui entraîne des pertes énergétiques supplémentaires.

### 2.3.1. Pour une ventilation simple flux

les déperditions dues à la ventilation sont calculées sans prise en compte de toute récupération énergétique. La puissance de chauffage nécessaire pour compenser ces déperditions.

➤ **Les déperditions par renouvellement d’air  $D_{ventilation}$  (W/°C) :**

On calcule les déperditions dues à la ventilation selon la formule suivante :

$$D_{ventilation} = 0.34 \times Q_v \quad (2.21)$$

$D_{ventilation}$  : Déperdition due à la ventilation (en W).

0,34 : Est la chaleur volumique de l’air (en Wh/m<sup>3</sup>. °C).

➤ **La puissance de chauffage  $Q_{ch/vms}$  (W) :**

$$Q_{ch/vms} = (1 + c_r) \times D_{ventilation} \times \Delta T \quad (2.22)$$

$Q_{ch/vms}$  : Puissance de chauffage due aux déperditions liées à la ventilation simple flux (en W).

$c_r$  : (Sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

$D_{ventilation}$  : Les déperditions dues à la ventilation (en W).

$\Delta T$  : Différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur (en °C).

### 2.3.2. Pour une ventilation double flux

La ventilation double flux a un effet significatif sur la puissance de chauffage, car elle permet de récupérer une partie de l'énergie thermique perdue. La puissance de chauffage nécessaire peut être calculée en tenant compte des déperditions dues à la ventilation

#### ➤ Les déperditions par renouvellement d'air $D_R$ (W/°C) :

Les déperditions sont les mêmes de simple flux, car ils ont le même débit d'air ventilé  $Q_v$ .

#### ➤ La puissance de chauffage $Q_{ch/vmd}$ (W) :

$$Q_{ch/vmd} = (1 + c_r) \times D_{ventilation} \times [\Delta T \times (1 - \eta)] \quad (2.23)$$

$Q_{ch/vmd}$ : Puissance de chauffage due aux déperditions liées à la ventilation double flux (W).

$c_r$  : (Sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.

$D_{ventilation}$  : Les déperditions dues à la ventilation (en W).

$\Delta T$  : Différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur (en °C).

$\eta$  : Rendement de récupération énergétique du système de ventilation double flux (0.85). [54]

## 3. Étude de Cas

### 3.1. Présentation du bâtiment étudié

Le bâtiment choisi pour notre étude est l'école primaire Rezigui Boucif, située à la ferme de Khoualed Abdelhakem, dans la commune de Sidi Ben Adda , au sein de la wilaya d'Aïn Temouchent. Il s'agit d'un établissement scolaire qui :

- accueille environ 140 élèves, répartis dans 6 classes,
- emploie un effectif de 20 personnes, incluant enseignants et personnel administratif.

En plus des salles de classe, l'école dispose de :

- trois bureaux administratifs,
- d'une cuisine,
- d'une salle de restauration,
- ainsi que des sanitaires nécessaires.

Une vue générale de l'école est présentée sur la **figure 28**. La **figure 29** montre une vue satellite du village, mettant en évidence l'emplacement précis de l'école primaire étudiée. [55]



Figure 28 : Façade de l'école. [55]

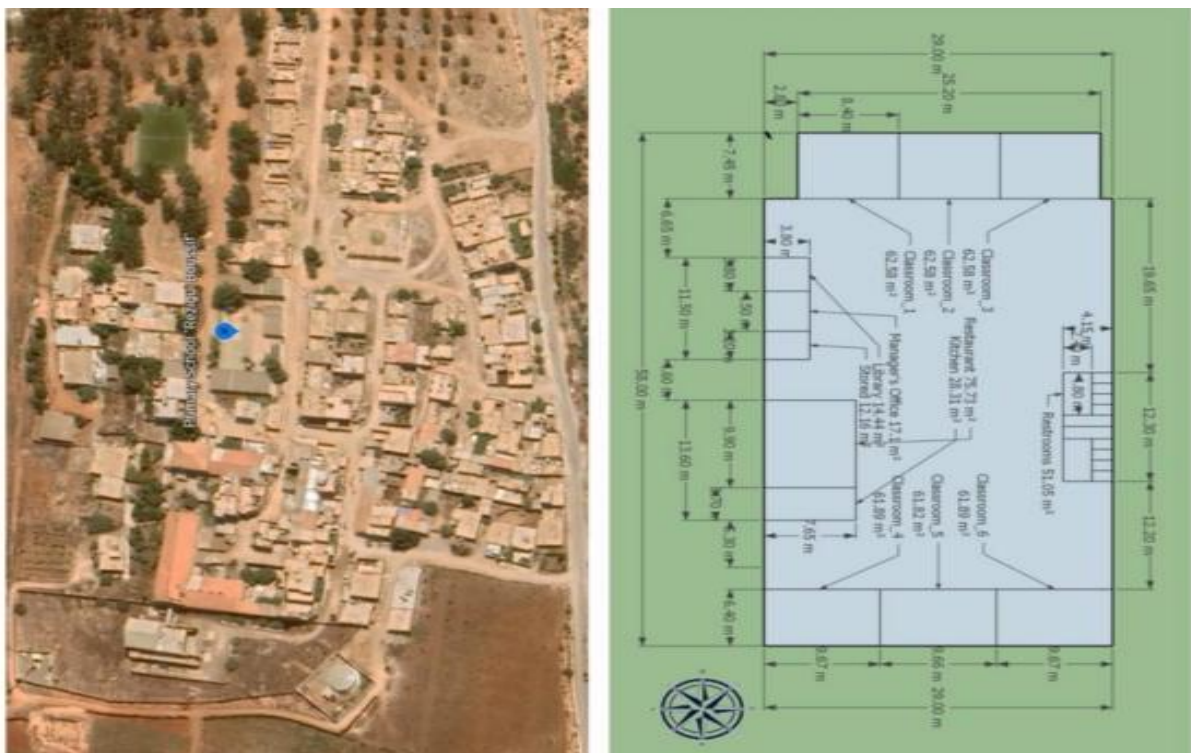


Figure 29 : vue satellite du village en question ainsi que l'emplacement de l'école primaire REZIGUI Boucif. [55]

- **Latitude** : 35°17'36.7'' Nord
- **Longitude** : 1°07'16.5'' ouest
- D'après le (**tableau 7**) on prend l'Inclinaison comme suit :  $\beta (^{\circ}) = \varphi + 10^{\circ}$  Ce qui donne :  $\beta (^{\circ}) = 35^{\circ} 17 + 10^{\circ} = 45^{\circ}, 17$

### 3.2. Caractéristiques d'une classe

Le **tableau 9** ci-dessous présente les dimensions d'une salle de classe, y compris la longueur, la largeur et la hauteur. Il fournit également le volume calculé en mètres cube. Ces données facilitent une visualisation rapide et précise des caractéristiques spatiales de la salle. [55]

Salles de classes	Longueur	Largeur	Hauteur	Dimensions	Volume[m <sup>3</sup> ]
Salle 01	7.86	6.75	3.6	7.86 × 6.75 × 3.6	191

**Tableau 9 : Dimensions des salles de classe.** [55]

### 3.3. Données internes

Le **tableau 10** ci-dessous présente un ensemble de données climatiques internes relatives au bâtiment scolaire. Il inclut notamment des informations sur l'infiltration de l'air à travers les parois, la plage de température recommandée pour le confort thermique, ainsi que les valeurs de consigne définies aussi bien pour le chauffage que pour le refroidissement. Ces paramètres sont essentiels pour évaluer et réguler les conditions thermiques au sein de l'école.

Données internes		
Paramètre	Valeur	Unité
Infiltration	0.6	[ACH]
Plage de réglage de la température	L'hiver 20.3-24.3	[°C]
	Été 24.3-26.7	[°C]
Point de consigne de chauffage	20.3	[°C]
Point de consigne de refroidissement	26.7	[°C]
Nombre de renouvellements d'air par heure	4	fois par heure

**Tableau 10 : Données internes.** [55]

### 3.4. Données de l'occupant

Le **tableau 11**, fournit des informations spécifiques sur les caractéristiques des occupants d'une classe.

Données de l'occupant dans une classe	
Nombre de personnes	25 personnes
Activité	Assis - Travail léger
chaleur par personne	120 W
Gain de Facteur vestimentaire	0.6 Clo
Taux métabolique	1.2

Tableau 11 : Données de l'occupant. [55]

### 3.5. Dimensionnement du ventilateur

#### 3.5.1. Débit de ventilateur

Le calcul du débit de ventilation est fait de méthodes différentes :

- La première méthode exprime le débit en fonction du volume de la salle de classe ; le débit est noté  $Q_v$
- La deuxième méthode exprime le débit en fonction du nombre des occupants de la salle de classe, le débit est noté  $Q_{oc}$ .

Après comparaison des deux valeurs  $Q_v$  et  $Q_{oc}$ , la valeur du débit de ventilation adoptée pour le dimensionnement du ventilateur est prise égale à la valeur la plus grande. Ce choix du débit le plus élevé permet de couvrir correctement le besoin en terme de renouvellement d'air.

Dans ce cas, les équations (2.3) et (2.4) sont utilisées pour déterminer le débit :

- Débit en fonction de volume :

$$Q_v = 191 \times 4 = 764 \text{ m}^3/h$$

Avec  $n = 4$  fois par heure et  $V_h = 191 \text{ m}^3$

- Débit en fonction du nombre des occupants :

$$Q_{oc} = 25 \times 15 = 375 \text{ m}^3/h$$

Sur la base du **tableau 5**,  $q$  : Débit par occupant (en  $\text{m}^3/h$ ) =  $15 \text{ m}^3/h$ .

$Q_v > Q_{oc}$ , donc le débit le plus élevé est  $Q_v$ . Sur cette base, on détermine le ventilateur approprié et en sélectionne un ventilateur avec un **débit de  $800 \text{ m}^3/h$** , en tenant compte des effets de l'humidité et du dioxyde de carbone.

### 3.5.2. Puissance du ventilateur

Sur la base du **tableau 6**, nous choisissons le filtre M5,  $\Delta P = 450$  Pa.

$$P = \frac{(800/3600) \times 450}{0.80} = 125 \text{ W}$$

Sur le marché on a un ventilateur ayant des caractéristiques correspondant au besoin calculés tel que :

- Le débit volumique recherché  $Q=800\text{m}^3/\text{h}$  égale au débit volumique délivré par le ventilateur choisi/
- La puissance recherchée est de  $P=125\text{W}$ , celle du ventilateur choisi est de  $P=130\text{W}$ .

Les dimensions du ventilateur sont  $600 \times 482 \times 336\text{mm}$  , la **figure 30** donne un aperçu sur le ventilateur choisi.



Figure 30: ventilateur 130 W, 800 m<sup>3</sup>/h. [56]

**Remarque :** l'utilisation de **grilles d'aération** pour éviter les problèmes de haute pression (ou surpression) dans un espace ventilé. C'est une notion très importante lors de l'installation d'un ventilateur solaire, surtout en toiture ou dans un grenier.

### 3.6. Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

Étant donné que le ventilateur fonctionne en courant continu (DC), l'ensemble des calculs associés à sa consommation et au dimensionnement du système sera mené en régime continu.

### 3.6.1. Consommation énergétique

Les données du calcul de la consommation énergétique sont :

- Un ventilateur de puissance 130 W par classe,
- On a 6 classes ; alors pour 6 classe =  $130 \times 6 = 780$  W,
- La durée de fonctionnement est considéré égale à 7 heures.

Alors la consommation du ventilateur est calculée selon la formule (2.8):

$$E_C = 780 \times 7 = 5460 \text{ Wh/jours}$$

### 3.6.2. Données météorologiques

En Algérie :

- La durée d'ensoleillement journalière minimale est de : 2 h/jour
- La durée d'ensoleillement journalière maximale est de : 8h/jour

Alors la durée d'ensoleillement journalière moyenne est de : 5 h/jour. [50]

### 3.6.3. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

La puissance crête d'un générateur photovoltaïque est obtenue en appliquant la formule (2.9) :

$$P_{cr} = \frac{5460 \times 1}{0.65 \times 5} = 1683.37 \text{ W}_C$$

Sur le **tableau 12** on donne la puissance crête calculée et la tension de l'installation donnée par le **tableau 8**

La puissance crête(WC )	1683.37 Wc
Tension de l'installation U	48 V

**Tableau 12 : tension de l'installation**

### 3.6.4. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser

Nous avons choisi panneau photovoltaïque monocristallines JA Solar 565W JAM72S-30 565/LR **tableau 13**, ce type de panneau solaire pour son haut rendement.

Caractéristique	Détail
Modèle	JAM72S30-565/LR – Deep Blue 3.0
Puissance nominale	565 W

Caractéristique	Détail
Type de cellule	Monocristallin PERC
Technologie des cellules	Multi-busbar
Efficacité du module	≈21.1%
Tension en circuit ouvert (Voc)	≈50.50 V
Courant de court-circuit (Isc)	≈14.31 A
Tension à la puissance max (Vmp)	≈41.68 V
Courant à la puissance max (Imp)	≈13.56 A
Dimensions	2333 x 1134 x 30 mm
Poids	28.6 kg

**Tableau 13 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque monocristallines 565W.** [57]

Puissance crête unitaire de panneau  $P_{cu} = 565 W_C$

La tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque  $V_n = 41.68 V$

➤ Nombre de panneaux total à utiliser, en appliquant la formule (2.10) :

$$N_m = \frac{1683.37}{565} = 2.98$$

Donc on utilise 3 panneaux de  $565 W_C$ .

➤ Le nombre de modules en série, en appliquant la formule (2.11) :

$$N_s = \frac{48}{41.68} = 1.15$$

Donc on utilise un seul panneau de  $565 W_C$  en série.

➤ Le nombre de modules connectés en parallèles, en appliquant la formule (2.12) :

$$N_p = \frac{3}{1} = 3$$

Donc on utilise 3 panneaux de 565  $W_c$  connectés en parallèles.

### 3.6.5. Choix des batteries

Les équations (2-13.14) permettent de déterminer le nombre total de batteries nécessaires, connectées en série ou en parallèle. En tenant compte de la durée de fonctionnement requise de 1 jours ( $N = 1$ ) et de la puissance continue nécessaire au bon fonctionnement du ventilateur, l'équation (2.13) permet d'estimer la capacité totale de stockage d'énergie requise, ce qui donne :

$$C_{ch} = \frac{5460 \times 1}{0.8 \times 48} = 142.19 \text{ Ah}$$

Pour stocker l'énergie nécessaire, le système utilise des batteries solaires. Leur tension nominale est de **12 volts** et leur capacité :  $C_{\text{batterie}} = 150 \text{ Ah}$  . Comme le montre dans la **figure 31**



Figure 31 : Batterie solaire GEL étanche ULTRACELL 12V / 150Ah. [58]

- Nombre de batteries en séries, en appliquant la formule (2.14) :

$$N_s = \frac{48}{12} = 4$$

Donc en utilise 4 batteries de 12 V et 150 Ah

### 3.6.6. Choix du régulateur de charge

- la puissance crête du champ de photovoltaïque, en appliquant la formule (2.17) :

$$P_{cr} = 565 \times 3 \times 1 = 1695 W_c$$

Nous appliquons l'équation (2.16) pour connaître le type du régulateur de charge

$$I_{max} = \frac{1695}{48} = 35 A$$

Type de régulateur approprié pour ce système et de **48 V** et **35 A**. Comme le montre dans la **figure 32**



Figure 32 : Régulateur VICTRON BlueSolar MPPT 150/35 . [59]

### 3.6.7. Choix de l'onduleur

Étant donné que l'installation fonctionne en courant continu (DC), il n'est pas nécessaire d'utiliser un onduleur pour convertir la tension en courant alternatif (AC).

### 3.6.8. Dimensionnement des câbles électriques solaires

Dans cette section, nous présentons une méthode de calcul préliminaire pour dimensionner les câbles électriques reliant les différents panneaux photovoltaïques. Les autres connexions, notamment celles associées au régulateur, aux appareils consommateurs et à l'onduleur, seront définies ultérieurement en fonction des conditions spécifiques du site d'installation.

Une chute de tension maximale de 2 % est généralement tolérée à travers chaque câble, par rapport à la tension nominale du système de stockage par batteries. En conséquence, la chute de potentiel admissible aux bornes d'un câble de connexion, [50] est exprimée comme suit :

$$\Delta U = Tension\ appliquée \times 0.02$$

#### ➤ Calcul de la section des câbles pour l'installation en courant continu

Afin de dimensionner correctement les câbles électriques nécessaires à la connexion des

panneaux solaires en courant continu, nous prenons en compte l'intensité maximale délivrée par un panneau individuel **tableau 11**, estimée à :

$$I = 13.56 A$$

Dans le cas présent, trois panneaux sont connectés en parallèle. L'intensité totale transportée par les câbles est donc donnée par :

$$I_{max} = 13.56 \times 3 = 40.68 A$$

La tension nominale du système étant fixée à 48 V, et une chute de tension admissible de 2 % ayant été retenue conformément aux bonnes pratiques de dimensionnement, la chute de tension autorisée s'écrit :

$$\Delta U = 48 \times 0,02 = 0,96 V$$

En appliquant la loi d'Ohm, la résistance maximale tolérée pour ces câbles est alors calculée comme suit :

$$R = \Delta U / I = 0.96/40.86 = 0.016 \Omega$$

De plus, la longueur totale du câble utilisé est estimée en fonction de la disposition physique des panneaux. En supposant une largeur unitaire de 1.134 mètre par panneau , la longueur totale nécessaire devient :

$$L = 1.134 \times 3 = 3.402 m$$

Enfin, en utilisant l'équation **(2.18)** reliant la résistance électrique à la résistivité, à la longueur et à la section du câble, on obtient l'expression suivante pour déterminer la section minimale requise :

$$S = \rho \times L / R$$

$$S = (1,6 \times 10^{-8} \times 10^3) \times \frac{3.402 \times 10^3}{0.016 \times 10^3} = 3.402 mm^2$$

À partir de ce **tableau 14**, nous pouvons connaître la section de câble normalisée qui est égal : 6 mm<sup>2</sup>

Section en mm <sup>2</sup>	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16
Intensité max en Ampères (A)	3	6	10	16	25	30	40	60	80

**Tableau 14 : la section du câble en fonction de l'intensité du courant.** [60]

### 3.7. Type des capteurs utilisés

Cette section présente les capteurs utilisés dans le système de mesure de la qualité de

l'air :

### 3.7.1. Capteur température et humidité DHT11 à sortie numérique

Le système intègre un capteur DHT11, conçu pour mesurer simultanément l'humidité relative et la température ambiante. Ce capteur numérique est monté sur une platine d'interface équipée d'un connecteur à trois broches, facilitant ainsi sa connexion électrique et sa communication avec le microcontrôleur ou le système de contrôle. [61]

Nous avons choisi ce type de capteur comme indiqué sur la (**figure 31**) car il est le plus courant et le plus disponible sur le marché.



Figure 33: Module capteur température et humidité DHT11 à sortie numérique. [61]

- **Caractéristiques:**

- Alimentation: 5 V
- Plage de mesure de température: 0°C à +50°C ( $\pm 0,2^\circ\text{C}$ )
- Ne fonctionne pas en dessous de 0°C
- Plage de mesure d'humidité: 20% à 90% ( $\pm 5\%$ )
- Raccordement sur connecteur mâle 3 broches (pas 2,54 mm)
- Dimensions: 39 x 23 x 10 mm

### 3.7.2. Capteurs de CO<sub>2</sub> NDIR

Le capteur NDIR, ou capteur infrarouge non dispersif, est la technologie la plus courante pour mesurer le CO<sub>2</sub>. Il fonctionne en mesurant l'absorption des rayons infrarouges par le CO<sub>2</sub>. Cette technologie est réputée pour sa fiabilité et sa précision.

Le capteur de CO<sub>2</sub> Modbus, en saillie, IP65, tel qu'illustré sur la (**figure 32**) est le plus courant et le plus largement disponible sur le marché. [62]



Figure 34 : Capteur de CO2 Modbus, en saillie, IP65. [62]

- **Caractéristiques techniques principales de la sonde ACO2-MODBUS :**

- Sortie / Communication : Modbus.
- Plage de mesure CO2 : 0...5000 ppm.
- Alimentation : 24V AC/DC (+/- 10%).
- Afficheur : Avec ou sans.
- Indice de protection : IP65.
- Marque : S+S Regeltechnik.

### 3.7.3. Capteurs de CO électrochimique

Ces capteurs sont largement utilisés en raison de leur sensibilité élevée aux faibles concentrations de CO et de leur longue durée de vie. Ils fonctionnent en mesurant le courant électrique généré par la réaction chimique du CO avec un électrolyte. [63] La (figure 33) représente un type de capteur de CO électrochimique



Figure 35 : X-Sense Détecteur de Monoxyde de Carbone. [63]

- **Caractéristiques**

- Marque : X-Sense
- Style : Interconnecté par RF
- Dimensions du produit : 3,7P x 111 x 11H centimètres
- Poids de l'article : 140 Grammes
- Alarme : Sonore
- Type de capteur : Électrochimique

### 3.8. Les résultats du dimensionnement

Ce **tableau 15**, présente les résultats d'un processus de dimensionnement pour un système électrique ou énergétique.

Dimensionnement	Les résultats
Débit de ventilateur (m <sup>3</sup> /h)	800

Puissance de ventilateur (w)		130
Puissance crête à installer (WC)		1683.37
Tension de l'installation (V)		48
Nombre de modules	Total	3
	En série	1
	En parallèle	3
Batteries	Capacité total (Ah)	142.19
	Nombre total	4
	Eléments en séries	4
	Courant de sortie(A)	40.68 A
Régulateur de charge		48V /35A
Type de câble : section (mm <sup>2</sup> )/ et longueur(m)		6 mm <sup>2</sup> /3.4 m
Puissance de l'onduleur (KVA )		Pas d'onduleur

Tableau 15 : Les résultats du dimensionnement.

### 3.9. Coûts de base

Ce **tableau 16**, présente les coûts associés à différents composants d'un système de ventilation solaire. Les prix sont exprimés en Dinars Algériens (DA).

Composant	Nombre de composant	Type	Coûts en Dinar Algérien
Ventilateur	6	130 W	72.000,00 DA
Panneau photovoltaïque	3	monocristallines 565W	69.000,00 DA
Batteries	4	Batterie solaire 12V/ 150Ah.	140.000,00 DA
Régulateur de charge	1	Régulateur MPPT 150/35	9000,00 DA
Les câble	-	-	30.000,00 DA
Filtres à air	6	G5	9000,00 DA

Grilles	6	-	15.000,00 DA
Capteur de température, l'humidité	6	DHT11	3000,00 DA
Capteur CO <sub>2</sub>	6	NDIR	6000,00 DA
Capteur CO	6	Électrochimique	12.000,00 DA
<b>Total</b>			<b>371.000,00 DA</b>

Tableau 16 : Tableau regroupant les coûts de base d'une installation pour système de la ventilation solaire.

### 3.10. Effet du type de ventilation sur le chauffage

On calcule la puissance requise en fonction des déperditions thermiques. Par ailleurs, nous examinons la divergence de puissance entre la ventilation à simple flux et celle à double flux

#### ➤ La puissance de chauffage $Q_{ch}$ (W) :

On se basant sur les résultats d'une étude ultérieure, on considère les paramètres suivants : [55]

- La différence entre les températures intérieures et extérieure :  $t_{bi} - t_{be} = 15 \text{ °C}$
- Le ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel,  $c_r = 0.05$
- Le coefficient de surpuissance.  $c_{in} = 0.2$
- La puissance de chauffage  $Q_{ch} = 8543,52 \text{ W}$

#### 3.10.1. Pour une ventilation simple flux :

Les déperditions par renouvellement d'air  $D_{ventilation}$  (W/°C) par ventilation mécanique en appliquant la formule (2.21) :

$$D_{ventilation} = 0.34 \times 800 = 272 \text{ W/°C}$$

La puissance de chauffage, nécessaire pour combler les déperditions résultant au renouvellement d'air par ventilation mécanique simple flux,  $Q_{ch/vms}$  (W) est obtenue en appliquant la formule (2.22) :

$$Q_{ch/vms} = (1 + 0.05) \times 272 \times 15 = 4284 \text{ W}$$

#### 3.10.2. Pour une ventilation double flux :

Les déperditions sont les mêmes de simple flux, car ils ont le même débit d'air ventilé  $Q_v$ .

$$D_{ventilation} = 272 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

La puissance de chauffage, nécessaire pour combler les déperditions résultant au renouvellement d'air par ventilation mécanique double flux,  $Q_{ch/vmd}$  (W) est obtenue en appliquant la formule (2.23) :

$$Q_{ch/vmd} = (1 + 0.05) \times 272 \times [15 \times (1 - 0.85)] = 642.6 \text{ W}$$

### ➤ Comparaison

$Q_{ch/vmd} < Q_{ch/vms}$ , donc les déperditions de chaleur pour une ventilation mécanique double flux très basse par rapport à la ventilation mécanique simple flux.

Ce **tableau 17**, compare deux systèmes de ventilation : la ventilation simple flux et la ventilation double flux.

Paramètre	ventilation simple flux	ventilation double flux
Puissance de chauffage $Q_{ch}$ (W)	4284 W	642,6 W
Économie d'énergie	Très limitée	Très élevée
Efficacité énergétique	Faible	Élevée
Confort thermique	Moins bon	Meilleur

**Tableau 17 : comparaison entre les deux types de ventilation.**

## 4. Conclusion

Dans un premier temps, ce chapitre présente une méthodologie détaillée de dimensionnement d'un système de ventilation solaire, appliquée à un cas concret : 6 salles de classe d'une école primaire en Algérie (w. Ain Temouchent).

Dans second temps, on présente le calcul du débit d'air nécessaire, les pertes de charge, la puissance du ventilateur, ainsi que le dimensionnement complet de l'installation photovoltaïque (panneaux, batteries, régulateur, onduleur et câblage électrique).

Le système de ventilation proposé intègre des capteurs de qualité de l'air (température, humidité, CO<sub>2</sub>, CO) pour assurer un confort optimal aux occupants.

Enfin, une analyse comparative entre les systèmes de ventilation simple flux et double flux sur l'effet du chauffage

Les résultats obtenus confirment la faisabilité technique et économique de ce système

# **Chapitre III**

## **Étude de marché et business model**

---

## **1. Introduction**

L'étude de marché et la définition du business model représentent des étapes fondamentales dans le processus de développement de tout projet innovant. Elles permettent d'évaluer la faisabilité commerciale de la solution proposée, de comprendre les attentes des utilisateurs potentiels, et d'identifier les opportunités et les risques liés à son implantation sur le marché.

Ce chapitre a ainsi pour objectif d'analyser l'environnement dans lequel s'inscrit le projet, Il présente dans un premier temps les résultats de l'étude de marché, puis propose un modèle économique structuré (business model) garantissant la viabilité et la durabilité du projet.

## **2. Étude du marché**

### **2.1. Objectif de l'étude de marché**

L'objectif principal de cette étude de marché est d'évaluer la faisabilité commerciale et le potentiel de déploiement de ce type de programme à l'échelle locale ou nationale.

Elle vise à comprendre les besoins du marché, les attentes des consommateurs, ainsi que les conditions économiques, techniques et réglementaires qui influencent l'adoption de cette solution.

Plus précisément, cette étude a pour objectifs de :

- Évaluer l'intérêt des clients potentiels pour une solution écologique et autonome en énergie.
- Comprendre si les particuliers, entreprises ou collectivités ont un besoin réel en ventilation utilisant l'énergie solaire.
- Déterminer les segments de clients cibles (maisons écologiques, bâtiments isolés, zones chaudes sans électricité stable, etc.).
- Analyser les attentes des clients : les critères prioritaires : prix, performance, écologie, facilité d'installation.
- Identifier les principales objections à l'achat (par exemple : coût élevé, méconnaissance de la technologie, manque de confiance, etc.).
- Définir une stratégie marketing et commerciale, et choisir les canaux de distribution appropriés : vente en ligne, réseaux sociaux, ... etc.

### **2.2. Méthodes et matériel de l'étude**

#### **2.2.1. La méthode de travail**

Dans le cadre de cette étude, la méthode de l'étude de marché consiste à analyser la faisabilité commerciale et l'intérêt du marché pour une solution de ventilation solaire, en

réponse à des problèmes concrets identifiés, tels que :

- Le manque de confort thermique et d'ergonomie, causé par une humidité excessive et une mauvaise qualité de l'air intérieur ;
- Le coût élevé et l'impact environnemental de la ventilation traditionnelle, qui utilise des sources d'énergie conventionnelles, générant des émissions de CO<sub>2</sub> et de CO.

La méthode adoptée comprend les étapes suivantes :

- L'analyse des données du questionnaire
- Segmentation du marché : repérer les catégories de clients susceptibles d'être intéressées par une solution de ventilation écologique (maisons écologiques, zones isolées, bâtiments publics, etc.).
- proposer un plan marketing ciblé, et des canaux de distribution adaptés (vente en ligne, revendeurs spécialisés, installateurs locaux, etc.).
- Réglementations et incitation financières
- Analyse SWOT

### **2.2.2. Le Matériels de l'étude**

Dans cette étude, nous avons utilisé le questionnaire (**Annexe 01**) comme un outil efficace pour recueillir des informations directes auprès des clients ou du public cible.

Ce questionnaire s'appuie sur des enquêtes menées auprès de particuliers, Institutions publiques et économiques, hôpitaux et écoles afin de cerner les attentes des futurs utilisateurs et leur niveau de sensibilisation aux solutions durables et leurs suggestions.

### **2.3. Analyse des données du questionnaire**

Nous avons un questionnaire composé de trois axes, que nous avons distribué à un échantillon de l'étude estimé à 100 individus.

- Pour l'élaboration de cette enquête on procède impérativement comme suit :
- la communauté d'étude,
- l'échantillon d'étude,
- les données du questionnaire
- Le traitement des informations récoltées en utilisant le programme statistique SPSS version 25

#### **2.3.1. Le cadre de l'étude**

La communauté de cette étude comprend des habitants, des employés, des étudiants, des agriculteurs, des commerçants,... de la wilaya Ain Temouchent. Les cadres spatial et temporel de l'étude sont définis comme suit :

- Limites spatiales : Ain Témouchent et sa banlieue.

- Délais : La période de l'enquête s'étend du 15 février 2025 au 15 mars

### 2.3.2. Échantillon d'étude

L'échantillon prévu a été choisi, où les questionnaires ont été distribués, et leur nombre a atteint 100, et le nombre de questionnaires retournés et valides qui ont été soumis à l'étude était de 100, ce qui signifie que l'échantillon d'étude était conforme à la distribution normale, ce qui signifie qu'il est adapté à l'étude.

#### a) Données personnelles

- **Dans le premier axe, nous avons posé des questions personnelles.**

La répartition des membres de l'échantillon de l'étude du genre est présentée dans le **tableau 18** et la **figure 36**. En partant du principe que les hommes représentent (38%) de la population de l'échantillon, tandis que les femmes représentent (62%). Oui, le contenu des femmes est supérieur à celui des hommes.

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Homme</b>	38	38
<b>Femme</b>	62	62
<b>Total</b>	100	100

Tableau 18 : Répartition des membres de l'échantillon selon le genre

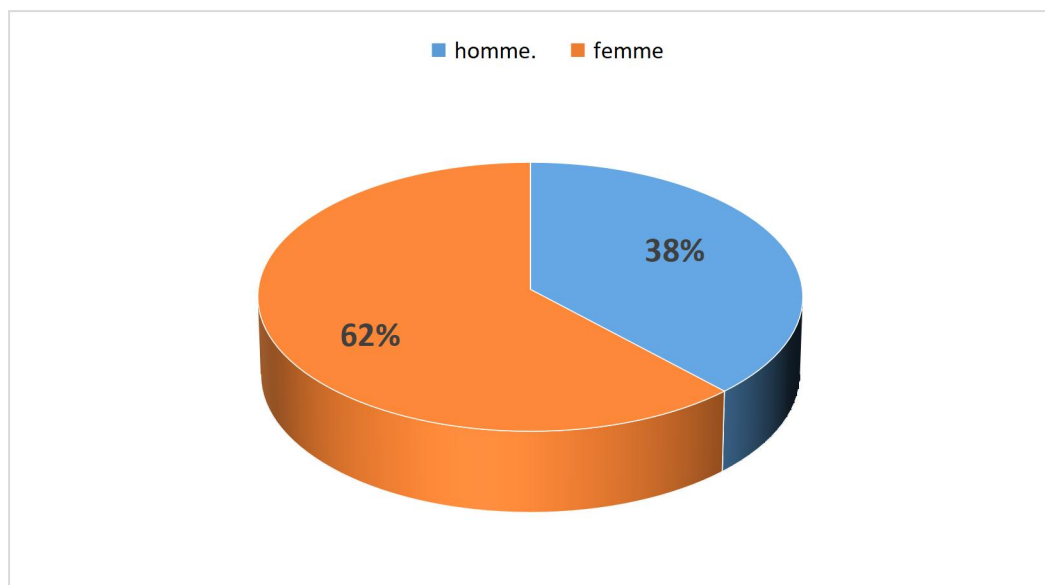
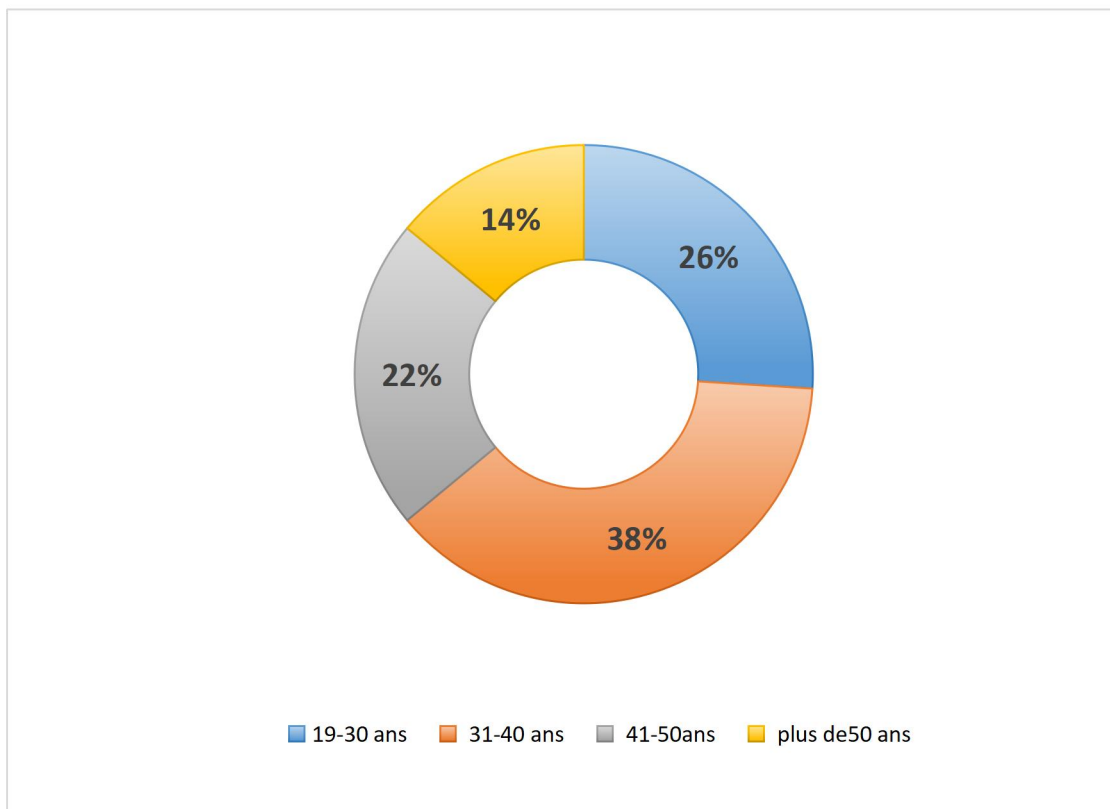


Figure 36 : Répartition des membres de l'échantillon selon le genre.

Le **tableau 19** et la **figure 36** présentent la répartition des membres de l'échantillon selon l'âge. On constate que la tranche d'âge de 31 à 40 ans représente le pourcentage le plus élevé, avec un taux de (38 %), suivie de celle de 19 à 30 ans (26 %), puis de la tranche de 41 à 50 ans (22 %), et enfin de celle de 50 ans et plus, qui représente 14 %

	Fréquence	Pourcentage %
<b>19-30ans</b>	26	26
<b>31-40ans</b>	38	38
<b>41-50ans</b>	22	22
<b>Plus de 50ans</b>	14	14
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 19 : Répartition des membres de l'échantillon selon l'âge.**



**Figure 37 : Répartition des membres de l'échantillon selon l'âge.**

La répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon le niveau d'études est présentée dans la **figure 38** et le **tableau 20**. On constate que :les personnes titulaires d'un diplôme de Master représentent la proportion la plus élevée, avec 28 %, suivies de celles ayant un diplôme de Licence (24 %), puis de celles ayant un Baccalauréat (14 %), un diplôme de technicien supérieur (13 %), d'autres diplômes (11 %), un doctorat (5 %), et enfin, l'enseignement moyen (3 %) et primaire (2 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Primaire</b>	2	2
<b>Moyen</b>	3	3
<b>Baccalauréat</b>	14	14
<b>Technicien supérieur</b>	13	13
<b>Licence</b>	24	24
<b>Master</b>	28	28
<b>Doctorat</b>	5	5
<b>Autres diplôme</b>	11	11
<b>Total</b>	100	100

Tableau 20 : Répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon le niveau d'études

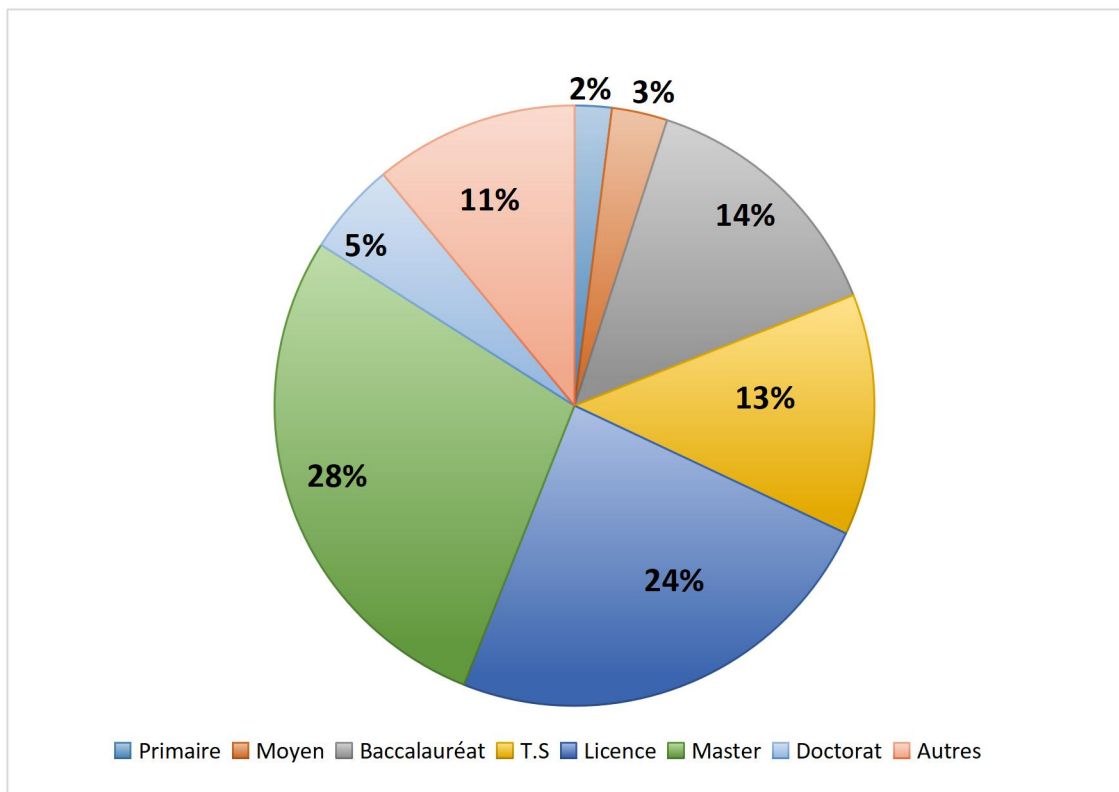


Figure 38 : Répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon le niveau d'études

La répartition des membres de l'échantillon de l'étude selon les années d'expérience est illustrée par la **figure 31** et le **tableau 21**. On constate que : les deux pourcentages d'expérience les plus élevés étaient occupés par ceux avec une expérience allant de 1 an à 5 ans et plus de 15 ans, ce qui représente (23 %,) suivis de la catégorie avec des années d'expérience de 6 à 15 ans, avec un pourcentage de (22 %), et la catégorie la plus basse est celle de ceux qui ne chôment avec un pourcentage de (10 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Chômage</b>	10	10
<b>De 1à5ans</b>	23	23
<b>De6 a10ans</b>	22	22
<b>De11 a15ans</b>	22	22
<b>A plus de 15ans</b>	23	23
<b>Total</b>	100	100

Tableau 21 : des membres de l'échantillon selon les années d'expérience.

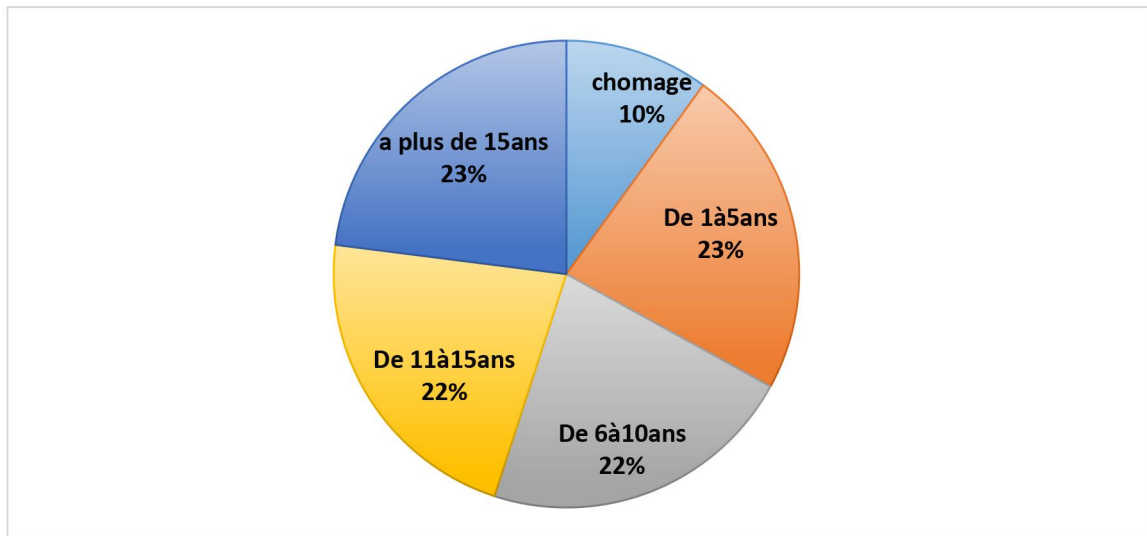


Figure 39 : Répartition des membres de l'échantillon selon les années d'expérience

La répartition des membres de l'échantillon selon la profession est présentée dans la **figure 40** et le **tableau 22**. On constate que :le pourcentage le plus élevé concerne les fonctionnaires, avec( 55 %),suivis par les employés du secteur privé (19 %), les étudiants (10 %),les commerçants (7 %), les autres professionnels (6 %),et enfin, les agriculteurs, qui représentent le pourcentage le plus faible avec (3 %.)

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Etudiant</b>	10	10
<b>Fonction public</b>	55	55
<b>Employé du secteur Prive</b>	19	19
<b>Commerçant</b>	7	7
<b>Agriculteur</b>	3	3
<b>Autres</b>	6	6
<b>Total</b>	100	100

Tableau 22 : Répartition des membres de l'échantillon selon métier.

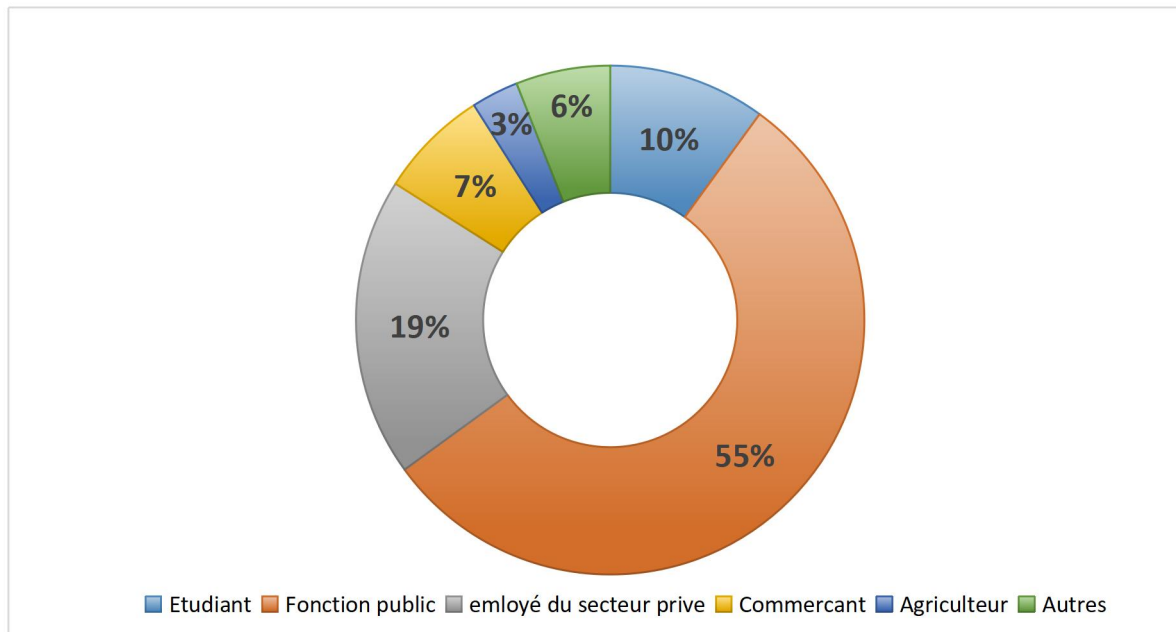


Figure 40 : Répartition des membres de l'échantillon selon métier.

### b) Connaissance du système et l'intérêt du client

➤ Le deuxième axe concerne la connaissance de ce système et l'intérêt des clients à son égard.

La perception du luxe et du confort thermique est présentée dans la **figure 41** et le **tableau 23**. On constate que : le pourcentage le plus élevé concerne le confort thermique, avec ( 37 %,) suivi de la vitesse de ventilation (34 %), tandis que l'humidité représente le pourcentage le plus faible, avec ( 29 %).

	Fréquence	Pourcentage %
Température	37	37
Humidité	29	29
Vitesse de Ventilation	34	34
Total	100	100

Tableau 23 : Le luxe et le confort thermique.

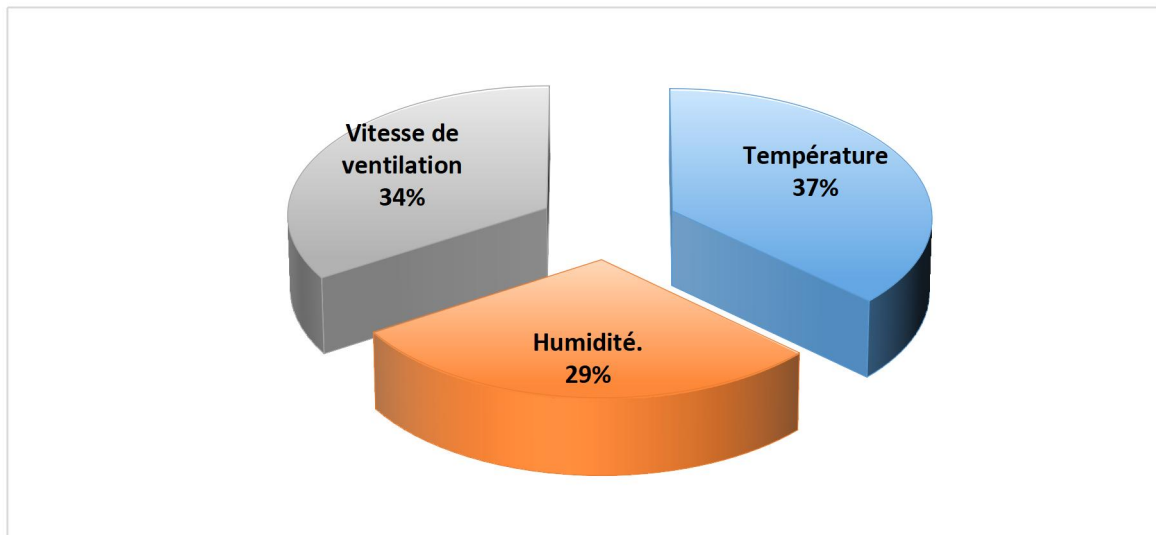


Figure 41 : Le luxe et le confort thermique

La **figure 42** et le **tableau 24** présentent l'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés. On constate que : le pourcentage le plus élevé correspond à l'option "très important", avec (83 %,.) suivi de "important", avec (13 %,.)et enfin, "pas important", avec seulement (4 %.) ces résultats constituent une preuve significative de la nécessité d'un système de régulation efficace.

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Très important</b>	83	83
<b>Assez important</b>	13	13
<b>Sans importance</b>	4	4
<b>Total</b>	100	100

Tableau 24 : L'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés

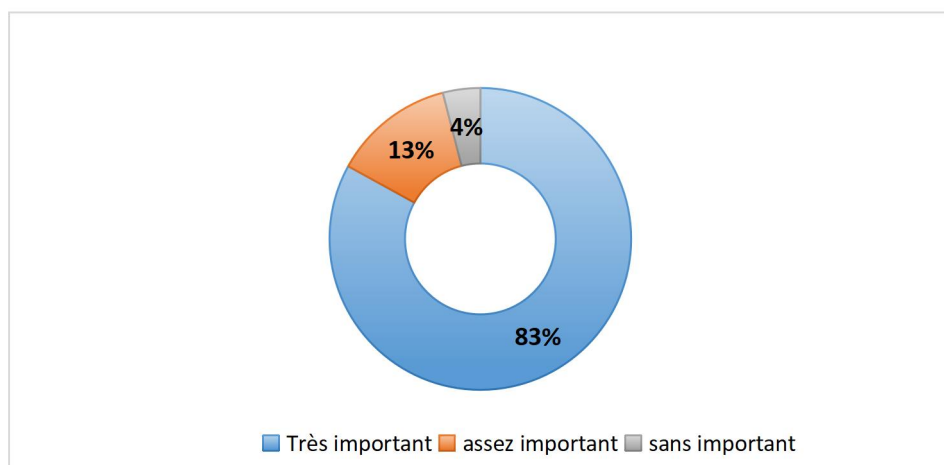
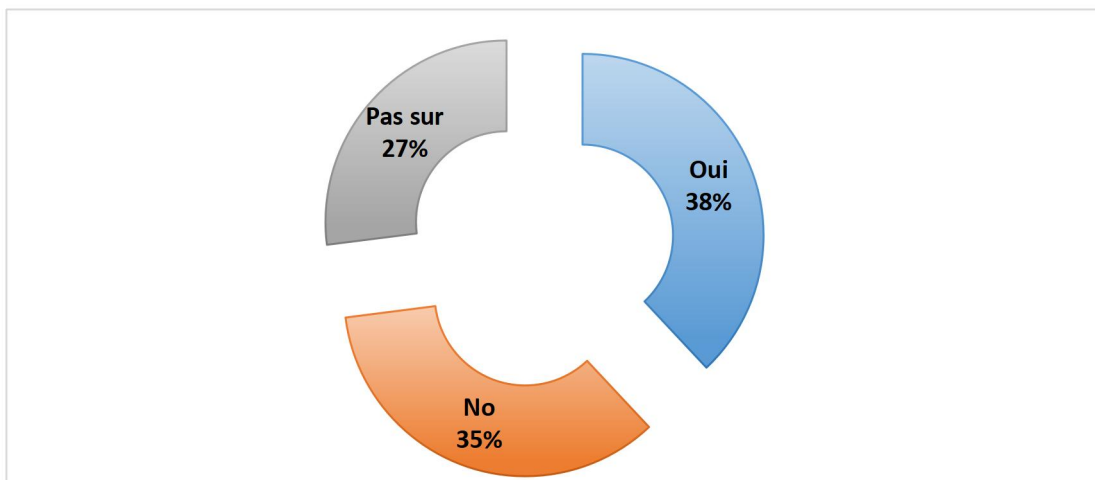


Figure 42 :L'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés.

La **figure 43** et le **tableau 25** présentent le niveau de connaissance en matière de systèmes de ventilation. On constate que :le pourcentage de personnes connaissant le système est de( 38 %),tandis que celui des personnes ne le connaissant pas est de (35 %.)

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Oui</b>	38	38
<b>Non</b>	35	35
<b>Pas sur</b>	27	27
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 25 : des connaissances en matière de systèmes de ventilation.**

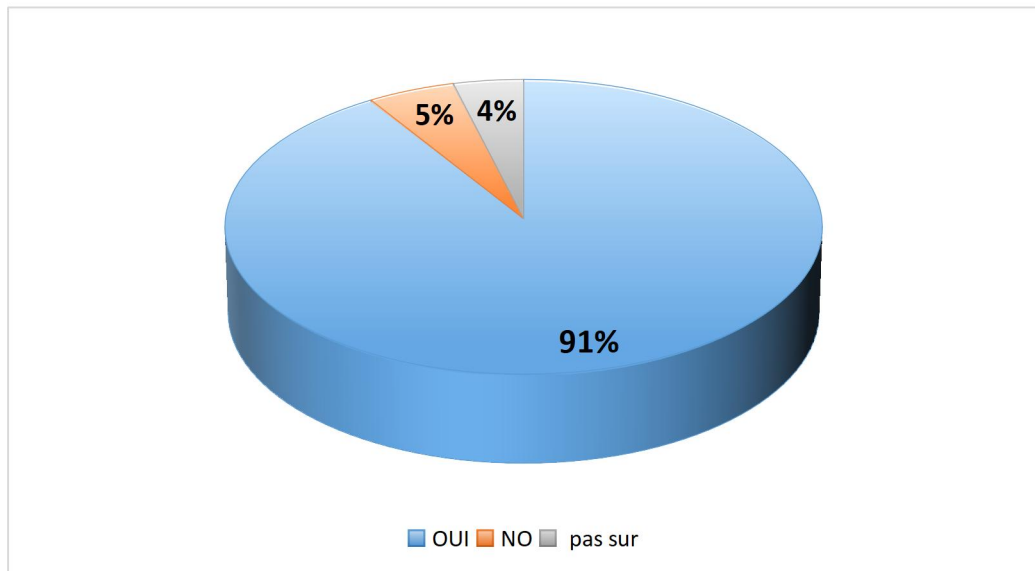


**Figure 43 : Des connaissances en matière de systèmes de ventilation**

la **figure 44** et le **tableau 26** représente. Les problèmes dus à une humidité une température élevées dans les lieux que vous utilisez ,On constate que le pourcentage le plus élevé est confronté à des problèmes dus à l'humidité et à la température à (91 %) et ne rencontre pas de problèmes dus à l'humidité et à la température à( 5 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Oui</b>	91	91
<b>Non</b>	5	5
<b>Pas sur</b>	4	4
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 26 : Des problèmes dus à une humidité et une température élevées dans les lieux que vous utilisez.**



**Figure 44 : Des problèmes dus à une humidité et une température élevées dans les lieux que vous utilisez.**

La **figure 45** et le **tableau 27** présentent les problèmes causés par un excès d'humidité. On constate que :le pourcentage le plus élevé concerne les mauvaises odeurs (32 %), suivi des problèmes de santé (24 %), de la détérioration des biens (19 %), de la moisissure (15 %),et enfin, des problèmes liés aux appareils électriques, qui représentent le pourcentage le plus faible avec (10 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Moule</b>	15	15
<b>Odeurs désagréables</b>	32	32
<b>Erosion de propriété</b>	19	19
<b>Problèmes de santé(tels que les allergies)</b>	24	24
<b>Problèmes avec les appareils électroniques</b>	10	10
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 27: Problèmes à cause d'un excès d'humidité**

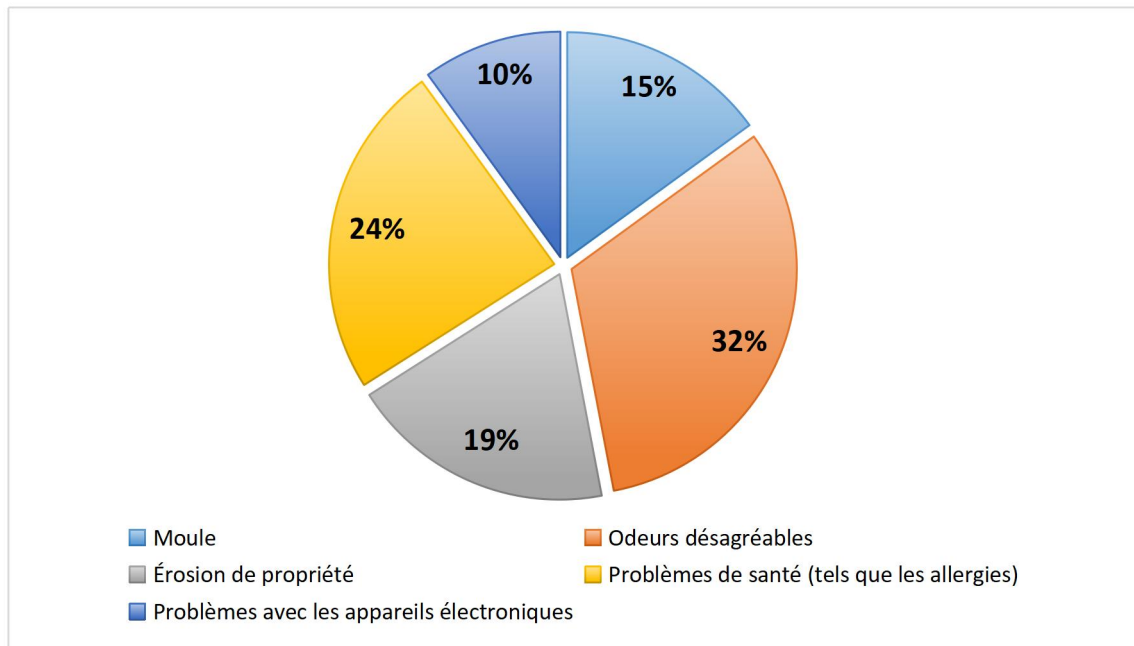


Figure 45 : Problèmes à cause d'un excès d'humidité

La **figure 46** et le **tableau 28** présentent les lieux où les personnes sont confrontées à des problèmes de températures et d'humidité élevées ou basses. On constate que : le pourcentage le plus élevé concerne les entrepôts (38 %), suivi des maisons (33 %), des bureaux (17 %), et enfin des usines, qui représentent le pourcentage le plus faible avec (12 %.)

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Maison</b>	33	33
<b>Entrepôts</b>	38	38
<b>Bureaux</b>	17	17
<b>Usines</b>	12	12
<b>Total</b>	100	100

Tableau 28: Les endroits où ils sont confrontés au problème des températures et d'humidité élevées et basses

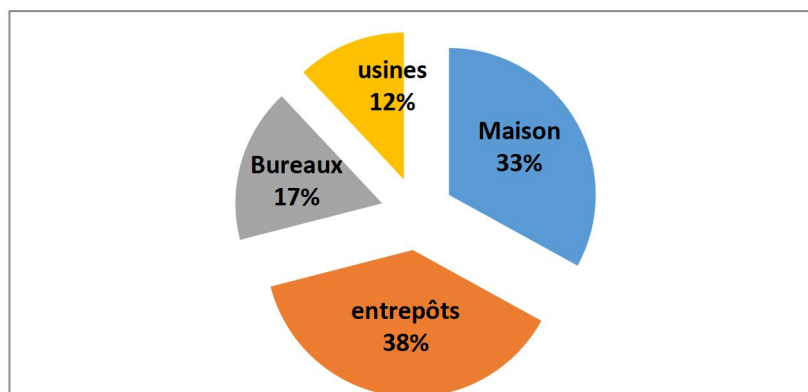


Figure 46 : Les endroits où ils sont confrontés au problème des températures et d'humidité élevées et basses.

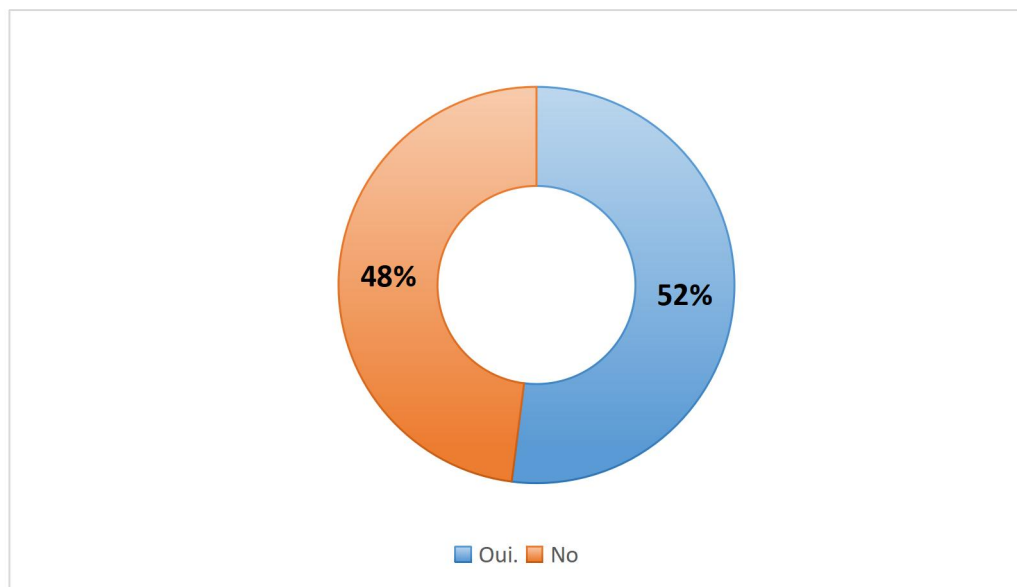
### c) Expérience, opinions et suggestions

➤ Le troisième axe porte sur l'expérience des clients, leurs avis et leurs suggestions.

La **figure 47** et le **tableau 29** présentent l'utilisation d'un système de ventilation. On constate que : le pourcentage le plus élevé correspond à ceux qui utilisent un système de ventilation (« Oui »), avec (52 %,) tandis que (48 %) déclarent ne pas en utiliser (« Non »).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Oui</b>	52	52
<b>Non</b>	48	48
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 29 : le système de ventilation utilisé**



**Figure 47: le système de ventilation utilisé**

La **figure 48** et le **tableau 30** présentent l'expérience des utilisateurs avec le système de ventilation. On constate que : la majorité des répondants jugent leur expérience "bonne", avec un taux de (21 %), suivie d'une expérience "moyenne" (18 %), d'une "mauvaise" expérience (8 %), et enfin, le pourcentage le plus faible concerne ceux ayant qualifié leur expérience d'"excellente", avec seulement (5 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Excellent</b>	5	5
<b>Bien</b>	21	21
<b>Moyen</b>	18	18
<b>Mauvais</b>	8	8
<b>Total</b>	52	52

<b>Manquant Système</b>	48	48
<b>Total</b>	100	100

Tableau 30 : L'expérience du système de ventilation

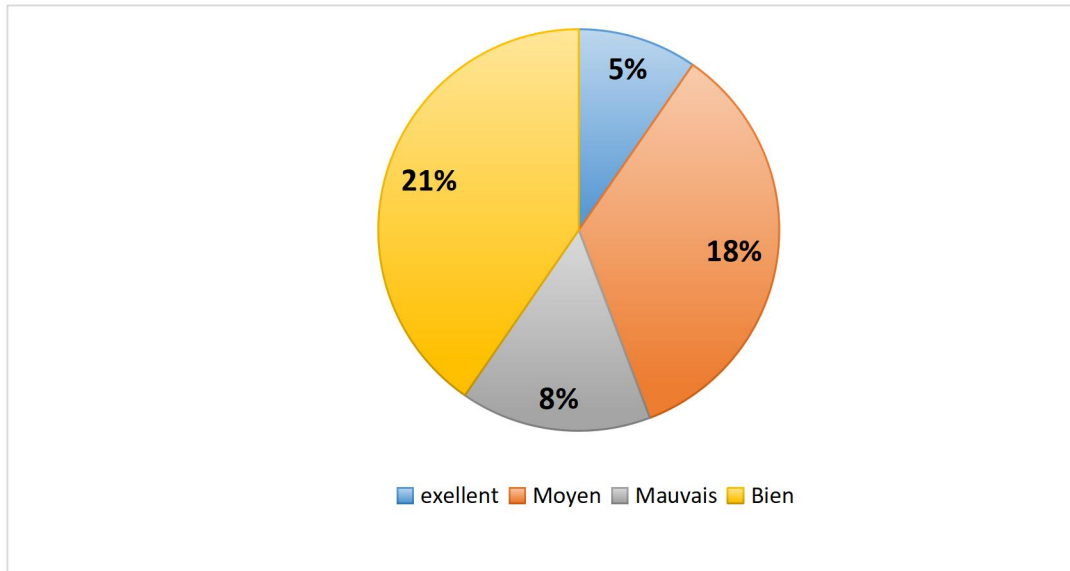


Figure 48 : L'expérience du système de ventilation

La figure 49 et le tableau 31 présentent les perceptions concernant le coût initial du système de ventilation. On constate que : (38 %) des répondants estiment que le coût initial du système est élevé, tandis que (25 %) le considèrent comme peu élevé..

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Oui</b>	38	38
<b>Non</b>	25	25
<b>Je ne sais pas</b>	33	33
<b>Total</b>	96	96
<b>Manquant Système</b>	4	4
<b>Total</b>	100	100

Tableau 31 : Le coût initial du système de ventilation est élevé

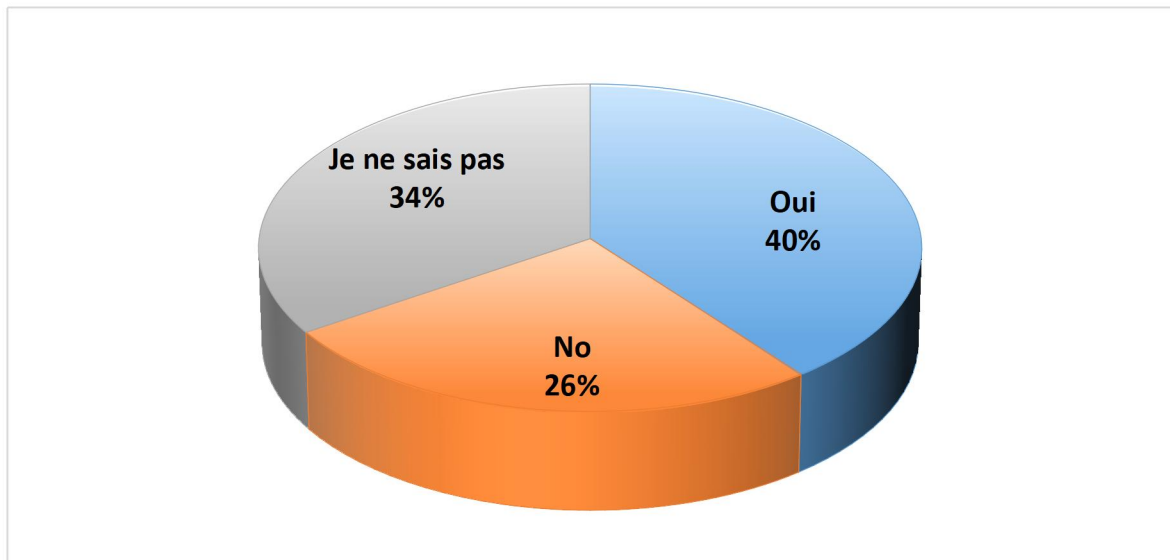
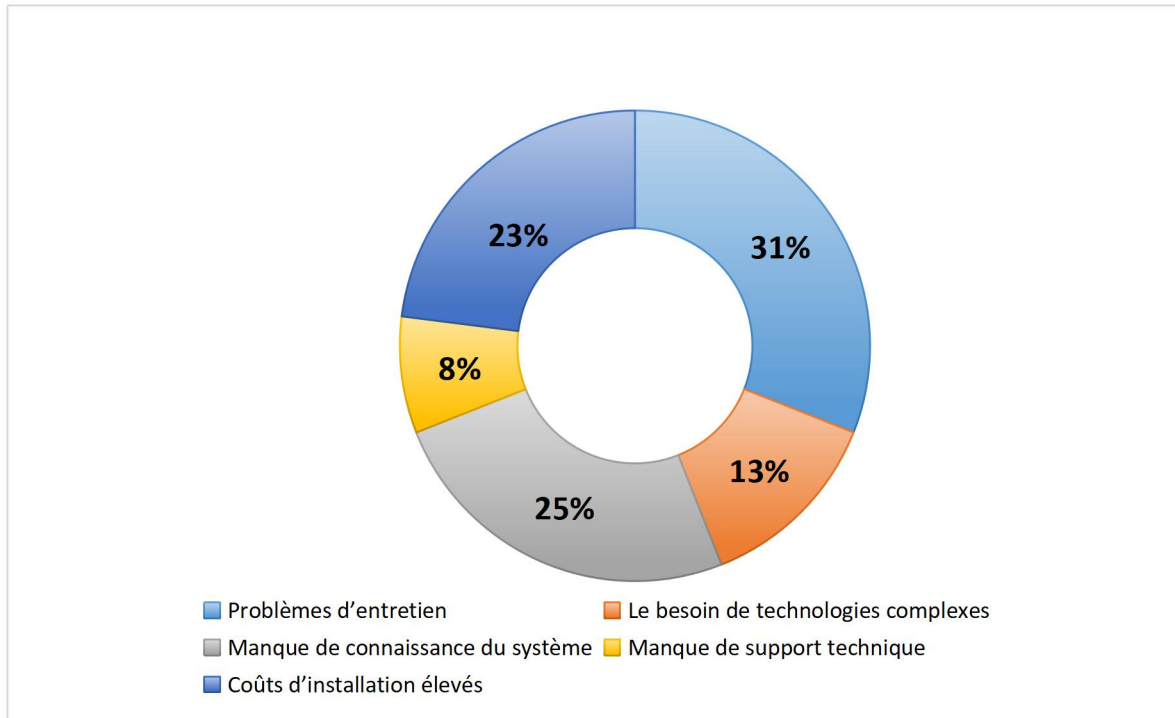


Figure 49 : Le coût initial du système de ventilation est élevé

La **figure 50** et le **tableau 32** présentent les défis auxquels les utilisateurs peuvent être confrontés lors de l'utilisation d'un système de ventilation. On constate que : le pourcentage le plus élevé concerne les problèmes de maintenance (31 %), suivi du manque de connaissance du système (25 %), des coûts d'installation élevés (23 %), du besoin de technologies complexes (13 %), et enfin, le pourcentage le plus faible est lié au manque de support technique (8 %).

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Problèmes d'entretien</b>	31	31
<b>Le besoin de technologies complexes</b>	13	13
<b>Manque de connaissance du système</b>	25	25
<b>Manque de support technique</b>	8	8
<b>Coûts d'installation élevés</b>	23	23
<b>Total</b>	100	100

Tableau 32 : Les défis aux quels vous pouvez être confronté lors de l'utilisation d'un système de ventilation

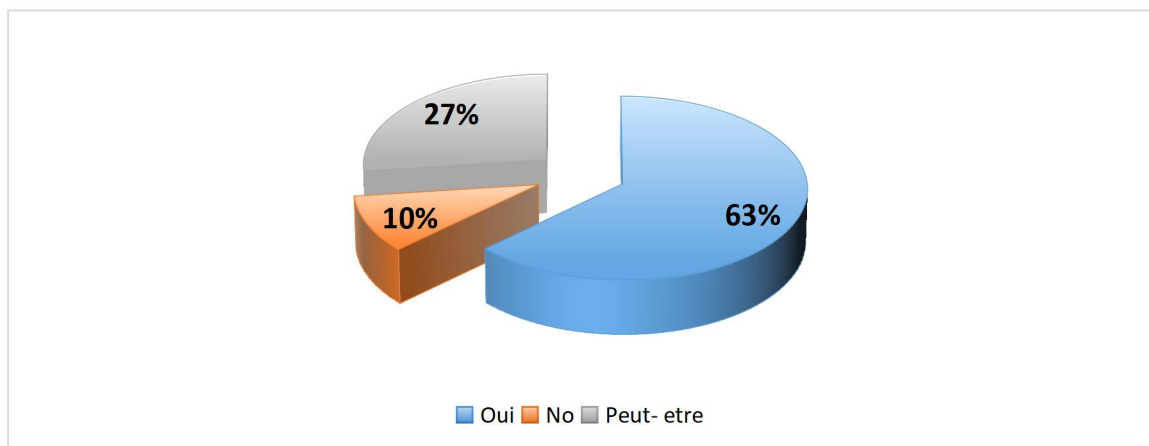


**Figure 50: Les défis auxquels vous pouvez être confronté lors de l'utilisation d'un système de ventilation**

La **figure 51** et le **tableau 33** présentent l'intention d'installer un système de ventilation. On constate que :le pourcentage le plus élevé correspond aux personnes souhaitant installer le système (36 %), tandis que (10 %) déclarent ne pas souhaiter l'installer.

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Oui</b>	63	63
<b>Non</b>	10	10
<b>Peut-être</b>	27	27
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 33 : L'installation un système de ventilation**

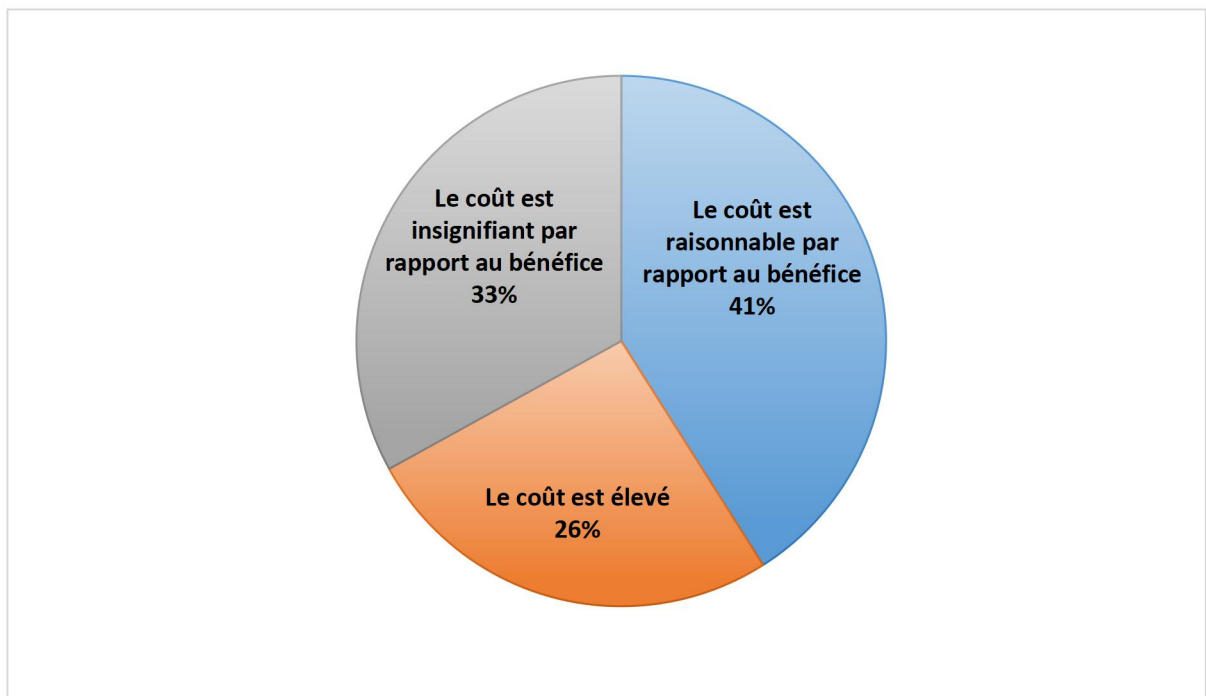


**Figure 51 : L'installation un système de ventilation**

La **figure 52** et le **tableau 34** présentent les opinions sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation. On constate que : le pourcentage le plus élevé (41 %) concerne les personnes estimant que le coût est raisonnable par rapport aux bénéfices, suivi de ceux qui considèrent que le coût est insignifiant face aux avantages (33 %), tandis que (26 %) jugent que le coût est élevé.

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Le coût est raisonnable par rapport au bénéfice</b>	41	41
<b>Le coût est élevé</b>	26	26
<b>Le coût est insignifiant par rapport au bénéfice</b>	33	33
<b>Total</b>	100	100

**Tableau 34 : Les opinions sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation**



**Figure 52 : Les opinions sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation.**

La **figure 5** et le **tableau 35** présentent les caractéristiques recherchées par les répondants dans un système de ventilation. On constate que : le pourcentage le plus élevé concerne la performance efficace (27 %), suivi du faible coût (22 %), de la facilité d'installation (19 %), de la facilité d'entretien (18 %), et enfin, de la durabilité

énergétique, qui représente le pourcentage le plus bas avec (14 %).ces résultats montrent clairement que la performance efficace constitue la priorité principale pour l'échantillon étudié..

	Fréquence	Pourcentage %
<b>Faible coût</b>	22	22
<b>Facilité d'installation</b>	19	19
<b>Entretien facile</b>	18	18
<b>Des performances efficaces</b>	27	27
<b>Durabilité énergétique</b>	14	14
<b>Total</b>	100	100

Tableau 35 : Les Caractéristiques recherchez vous dans un système

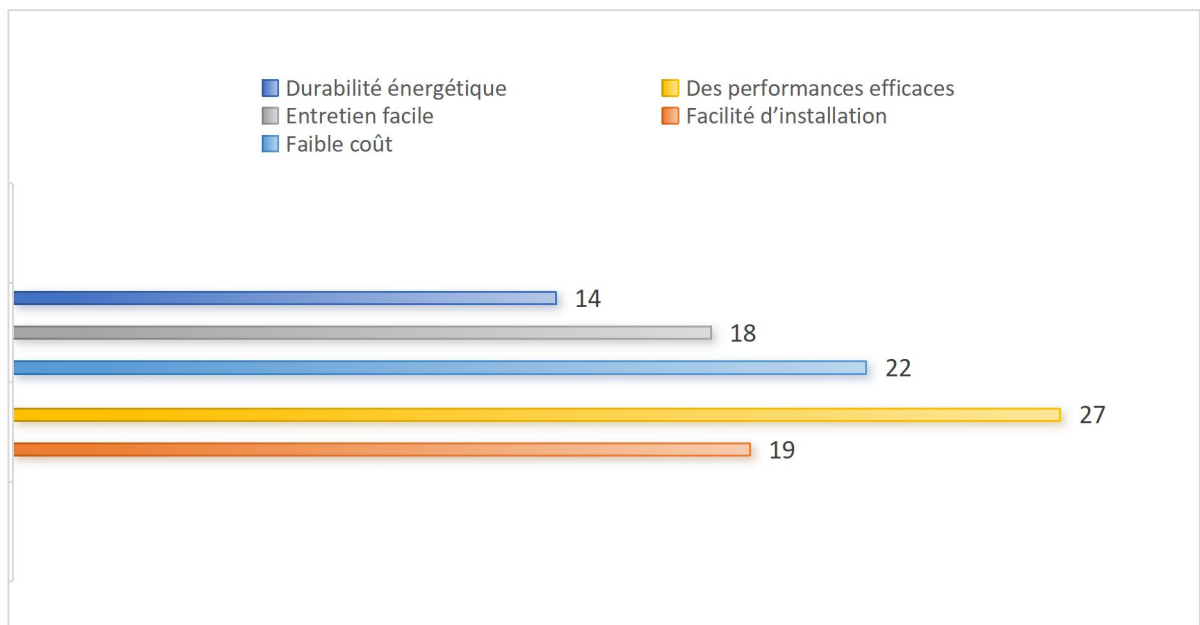


Figure 53:Les Caractéristiques recherchez vous dans un système

La **figure 54** et le **tableau 36** présentent les modalités d'installation du système de ventilation. On constate que : le pourcentage le plus élevé correspond aux appareils installés par l'entreprise (66 %), tandis que (34 %) indiquent que l'installation n'a pas été effectuée par l'entreprise.

	Fréquence	Pourcentage %
Oui	34	34
Non	66	66
Total	100	100

Tableau 36 : L'installation du système.

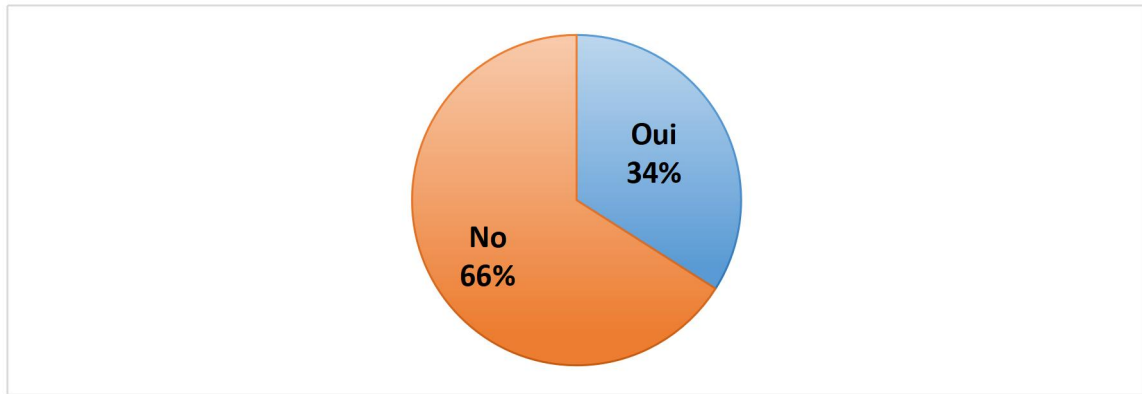


Figure 54 : L'installation du système

### 2.3.3. La synthèse

- Le système de ventilation joue un rôle important dans l'amélioration du confort thermique et du bien-être.
- Il existe un besoin urgent d'améliorer la ventilation dans les lieux qui souffrent de problèmes d'humidité et de température.
- Le coût doit être raisonnable, l'installation facile et la performance efficace pour répondre aux besoins des utilisateurs.
- Ces résultats fournissent une vision précieuse des besoins et des attentes des utilisateurs en matière de système de ventilation, et peuvent aider à améliorer et à développer le système pour répondre à ces besoins

### 2.4. Les catégories de clients

Le système de ventilation proposé s'adresse à une clientèle diversifiée, répartie en plusieurs segments clés.

Tout d'abord, les particuliers, notamment les propriétaires de maisons individuelles ou de villas, représentent une part importante de la demande potentielle.

Ensuite, le secteur de l'hôtellerie et du tourisme (hôtels, gîtes, campings) constitue un marché stratégique, particulièrement sensible aux enjeux de confort thermique et d'efficacité énergétique.

Les agriculteurs, notamment ceux disposant de serres ou de locaux de stockage, peuvent également bénéficier de ce système pour assurer des conditions de conservation optimales.

Les petites entreprises, ainsi que les entrepôts et usines, représentent un autre segment pertinent, notamment pour le contrôle des conditions de travail ou de production.

Les promoteurs immobiliers, en quête de solutions écologiques pour des constructions neuves ou des projets à faible consommation énergétique, sont également des clients potentiels.

Enfin, les collectivités locales (écoles, universités, mairies, hôpitaux, établissements publics et privés) sont concernées, dans le cadre de projets visant à améliorer le confort et les performances énergétiques des bâtiments publics.

### **2.5. La stratégie de marketing**

Afin d'assurer la visibilité du produit et de capter l'attention d'un large public, une stratégie de marketing multi canal sera mise en place. Tout d'abord, la création d'un site web professionnel permettra de centraliser toutes les informations essentielles sur le produit, ses fonctionnalités, les modalités de réservation, ainsi que les options d'installation. Ce site servira également de vitrine numérique pour renforcer la crédibilité du projet.

Ensuite, une présence active sur les réseaux sociaux tels que Facebook, Instagram, TikTok et LinkedIn jouera un rôle clé dans la communication avec le public. Des campagnes publicitaires ciblées seront diffusées sur ces plateformes, en fonction des zones géographiques et climatiques (notamment les régions à forte humidité), afin d'atteindre efficacement les clients potentiels.

Un accent particulier sera mis sur la création de contenus pédagogiques et visuels, tels que des vidéos explicatives, des démonstrations pratiques et des infographies éducatives, publiées sur YouTube et les réseaux sociaux. Ces contenus auront pour but de sensibiliser le public aux problématiques liées à l'humidité et à la mauvaise ventilation, tout en mettant en avant les avantages du système proposé, notamment les économies d'énergie.

D'autres actions de proximité sont également prévues, comme l'installation de bannières promotionnelles dans les bureaux des entrepreneurs, la diffusion de témoignages clients pour renforcer la confiance, ainsi que la participation à des foires et salons professionnels dans les domaines de l'environnement, de l'habitat et de l'énergie renouvelable. Ces événements permettront non seulement de promouvoir directement le produit auprès d'un public qualifié, mais aussi de développer des partenariats avec des professionnels du secteur.

### **2.6. Réglementations et incitation financières**

L'État algérien a mis en place un ensemble de réglementations et de mécanismes d'incitation financière destinés à soutenir ce type de projets. Ces mesures s'inscrivent dans les objectifs du Programme national de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Parmi les principales incitations et Réglementation nous mentionnons les suivantes :

### 2.6.1. Réglementations

La loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative aux énergies renouvelables vise à encourager leur développement dans une optique de développement durable. Elle met l'accent sur la protection de l'environnement et l'atténuation des effets du changement climatique par la promotion de sources d'énergie propres, telles que l'énergie solaire, éolienne et géothermique. Elle prévoit l'élaboration de programmes nationaux et de mécanismes d'incitation pour encourager l'adoption de ces technologies, ainsi que la création d'organismes spécialisés chargés de leur suivi et de leur promotion. [64]

### 2.6.2. Incitation financières

La loi n° 22-18 relative à l'investissement, publiée dans le journal « République Algérienne Démocratique », n° 50, du 28 novembre 2022. Cette décision stipule que ce type d'investissement est éligible aux offres de prix affichées sur le site web et est valable pour cette stratégie sectorielle. Elle détaille également les avances fiscales accordées aux investisseurs et les modalités d'obtention de réductions de droits de douane et de TVA sur les équipements et matériaux nécessaires. [64]

## 2.7. Analyse SWOT

Dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie efficace et durable, il est essentiel d'analyser l'environnement interne et externe de l'entreprise. L'outil SWOT permet d'identifier les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces liées au projet. Cette analyse offre une vision globale de la situation actuelle et constitue une base solide pour orienter les décisions stratégiques futures.

### 2.7.1. Forces ( Strengths ):

- Produit innovant, écologique et respectueux de l'environnement
- Réduction des coûts énergétiques pour les utilisateurs
- Adapté aux zones isolées ou rurales sans accès fiable au réseau électrique
- Double positionnement : activité de production (fabrication) et de service (étude ; installation, maintenance, conseil)
- Capacité d'adaptation du produit selon les besoins des clients (modularité)

### 2.7.2. Faiblesses (Weaknesses):

- Les panneaux solaires ne sont pas subventionnés par le gouvernement algérien.
- Faible notoriété du produit sur le marché actuel
- Besoin de main-d'œuvre qualifiée pour l'installation et le suivi technique
- Dépendance à certaines pièces importées (panneaux solaires, moteurs)
- Cycle de vente long, surtout en phase de lancement

### 2.7.3. Opportunités (Opportunities):

Forte demande pour les solutions écologiques et à énergie renouvelable

Possibilité d'obtenir des subventions ou appuis gouvernementaux pour les projets verts  
exportation vers les pays tropicaux ou humides

Intégration dans des projets de logements sociaux, agricoles ou industriels

Élargissement de la gamme : ventilateurs pour serres, entrepôts, maisons, etc.

### 2.7.4. Menaces (Threats):

Concurrence potentielle de produits importés à bas coût

Résistance au changement ou manque de sensibilisation du public cible

Instabilité des prix des matières premières ou composants électroniques

Dépendance aux conditions climatiques (ensoleillement irrégulier dans certaines régions)

-Risques liés aux politiques douanières ou fiscales pouvant affecter la chaîne d'approvisionnement

## 2.8. Analyse benchmark

### 2.8.1. Capt'air Solaire

Capt'air Solaire propose une gamme variée de ventilateurs solaires pour la ventilation et la déshumidification, avec des puissances allant de 250 W à 2400 W. Voici sur le **tableau 37** quelques modèles représentatifs :

Modèle	Longueur ×Largeur×Hauteur(cm)	Puissance(W)	Débit d'air(m <sup>3</sup> /h)	Poids
SV3	70×51.5×5.5	250	20-35	5.5
SV7	102×51.5×5.5	500	40-90	9.5
SV14	201×51.5×5.5	1000	50-100	14
SV20	201×102.5×5.5	1300	80-140	16
SV30	300×102×7.5	2400	150-200	29.1

**Tableau 37 : les modèles représentatifs de Capt'air Solaire**

Les ventilateurs sont fabriqués avec un cadre en aluminium, une vitre en polycarbonate résistante aux UV, et des filtres autonettoyants. [65]

### 2.8.2. Comparaison

Dans ce **tableau 38**, une comparaison a été réalisée entre les entreprises Siga VS et Capt'air Solaire à travers une analyse benchmark, dans le but d'évaluer les points forts et les points faibles de chacune selon un ensemble de critères techniques et de services

<b>Critère</b>	<b>Capt'air Solaire</b>	<b>Siga vs</b>	<b>Analyse Benchmark</b>
<b>Service études</b>	Indisponible	L'entreprise mène l'étude	<b>Avantage Siga VS</b> : offre une étude préalable du projet.
<b>Service installation</b>	Indisponible	L'entreprise installe le produit.	<b>Avantage Siga VS</b> : prise en charge complète.
<b>Ventilation simple flux</b>	Disponible	Disponible	Équivalence.
<b>Ventilation double flux</b>	Indisponible	Disponible	<b>Avantage Siga VS</b> : technologie plus avancée, meilleure récupération de chaleur.
<b>Extracteur</b>	Disponible	Disponible	Équivalence.
<b>Panneau solaire</b>	Intégré	Intégré ou indépendant	<b>Léger avantage Siga VS</b> : flexibilité d'installation.
<b>Capteur</b>	D'humidité	D'humidité ,CO,CO <sub>2</sub> ,thermique	<b>Avantage Siga VS</b> : capteurs plus complets, meilleure qualité d'air mesurée.
<b>Débit</b>	De 20 à 200m <sup>3</sup> /h	De 20 à 4500m <sup>3</sup> /h	<b>Avantage Siga VS</b> : couverture d'espaces plus larges.

<b>Puissance(W)</b>	250W à 2400w	60W à 600W	<b>Avantage Capt'air Solaire</b> : plus grande puissance → utile pour chauffage.
<b>Usage</b>	Ventilation et chauffage	Ventilation Renouvellement d'air Récupération de chaleur extraction (co, co <sub>2</sub> , humidité, chaleur ...) déshumidification	<b>Avantage Siga VS</b> : plus polyvalent, plus de fonctionnalités.
<b>Prix indicatif</b>	De 720 € à 2070 €	De 15.000 à 350.000	<b>Variable</b> : dépend du taux de change (~1€ = 150 DA). Capt'air peut être plus cher.

Tableau 38: Analyse Benchmark.

### 2.8.3. Résumé du benchmark

Ce tableau présente un résumé comparatif à travers une analyse benchmark, mettant en évidence les principales différences entre les entreprises étudiées selon un ensemble de critères définis.

<b>Raison principale</b>	<b>Vainqueur</b>	<b>Critère global</b>
Offre étude + installation.	Siga VS	Services offerts
Débit supérieur, plus de capteurs, ventilation double flux.	Siga VS	Performances techniques
Diversité d'utilisations (extraction CO <sub>2</sub> , déshumidification...).	Siga VS	Polyvalence d'usage
Puissance plus élevée, intégration du chauffage.	Capt'air Solaire	Puissance / Chauffage
Légèrement plus léger.	Capt'air Solaire	Mobilité / poids
Les prix varient selon modèle et taux de change.	Difficile à comparer	Prix

Tableau 39: Résumé du benchmark

Siga VS est plus complet et professionnel, particulièrement adapté aux besoins complexes de ventilation, purification de l'air, et renouvellement thermique. Il convient

aux projets qui nécessitent un accompagnement technique (étude et installation).

Capt'air Solaire se distingue par sa simplicité, légèreté et puissance plus élevée, mais il manque de fonctionnalités avancées et de services d'accompagnement.

#### 2.8.4. Recommandations

Pour un projet résidentiel simple ou si vous cherchez une solution autonome de chauffage solaire, Capt'air Solaire peut convenir.

Pour un projet professionnel ou institutionnel (écoles, hôpitaux, bureaux,...), Siga VS est recommandé

### 3. Business model pour la startup

#### 3.1. Fiche technique du projet

Dans ce tableau, nous avons présenté la fiche technique du projet, comprenant les informations

de base sur les fondateurs, telles que les noms, les adresses e-mail, les numéros de téléphone.

<b>Nom et prénom</b>	-Mimouni chaimaa -Meziane izzaibli Raouda yasmine -kadid Abderrahmane Farouk -Kadri Mohamed aimen -Hadj Abderrahmane Fayçal
<b>Projet</b>	Siga-vs
<b>Numéro de téléphone</b>	-0798311257 -0658652430 -0782890820 -0776229876 -0562010604
<b>Adresse e-mail</b>	<a href="mailto:chaimach0603@gmail.com">-chaimach0603@gmail.com</a> <a href="mailto:meziane.raouda@yahoo.com">-meziane.raouda@yahoo.com</a> <a href="mailto:abderrahmanefrk@gmail.com">-abderrahmanefrk@gmail.com</a> <a href="mailto:aymenkdr211@gmail.com">-aymenkdr211@gmail.com</a> -benisaff7@gmail.com
<b>Ville ou commune d'activité</b>	Wilayat –Ain Temouchent-

Tableau 40 : Fiche technique du projet.

### 3.2. Nature de projet

Projet orienté production et service

### 3.3. Le problème à résoudre

- Manque de confort thermique et d'ergonomie dans les locaux (humidité, mauvaise qualité d'air intérieur),
- Coût élevé du fonctionnement de la ventilation traditionnelle; usage de l'énergie conventionnelle (Émissions de CO<sub>2</sub> et CO)

### 3.4. Solution proposée

Etude et dimensionnement du système de ventilation solaire

Vente et installation du système de ventilation solaire.

Le Système de ventilation solaire photovoltaïque proposé combine deux technologies :

- la ventilation mécanique,
- l'énergie solaire photovoltaïque,

### 3.5. Valeur ajoutée

le système de ventilation mécanique solaire offre une technologie énergétique autonome et durable pour le bâtiment. Il réduit la dépendance aux énergies fossiles et offre des avantages tels que :

- Ventilation éco-responsable grâce à l'énergie solaire.
- Réduction des coûts énergétiques : Grâce à l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter le système de ventilation, les propriétaires peuvent réduire leurs factures d'électricité.
- Idéale pour les zones rurales ou isolées.
- Solution adaptée au climat algérien, surtout dans les zones humides (Nord, littoral) et zones enclavées sans réseau électrique stable.
- Installation facile et entretien minimal.

### 3.6. Segment de clients

- Particuliers : propriétaires de maisons individuelles ou villas.
- Hôtellerie et tourisme (hôtels, gîtes, campings).
- Agriculteurs (serres, stockage, )
- Petites entreprises & entrepôts et usines..
- Les Promoteurs immobiliers intéressés par des constructions écologiques ou à faible consommation énergétique.
- Collectivités locales (écoles, Universités, mairies, établissements publics et privé, Hôpitaux...)

### 3.7. Relations clients

- Vente directe
- Service après-vente personnalisé (maintenance, conseils d'utilisation).
- Assistance technique par téléphone, WhatsApp ou application mobile.
- Démonstrations gratuites dans les zones cibles (compagnes de sensibilisation)

### 3.8. Canaux

- Vente directe
- site web pour plus d'information (réservation et de présentation de produits et installation)
- Témoignages clients
- Publicités sur les réseaux sociaux (fb/Instagram/Tik Tok....)
- Création de contenus pédagogiques démonstrations vidéo au YouTube et Réseaux sociaux :Facebook. ; Instagram ;Tik Tok ;LinkedIn (vidéos ,infographies sur le problème et solution & économies d'énergie , etc.....)
- Campagnes sponsorisées ciblées par région /climat (zones à forte humidité)
- Banner d'orientation dans les bureaux des entrepreneurs
- Foires de l'environnement ; habitat ; énergie renouvelable
- Participation à des salons professionnels du bâtiment et de l'énergie

### 3.9. Partenariats

- Installateurs de systèmes solaires
- Partenariats avec les universités & centres Recherche et développement (R&D)
- Fabricants de panneaux photovoltaïques.
- Fournisseurs de composants (ventilateurs, contrôleurs, etc.).
- Promoteurs immobiliers (neuf ou rénovation)
- Agriculteurs, entrepôts, coopératives sociétés de transport et de distribution
- Direction industriel
- Sonatrach et Sonelgaz

### 3.10. Activités principales

#### 3.10.1. Diagnostic sur site (ou à distance)

- Analyse du niveau d'humidité, de la ventilation existante et de l'exposition solaire.
- Évaluation des besoins spécifiques selon l'espace (maison, entrepôt, serre, etc.).

#### 3.10.2. Proposition de solution personnalisée

- Conception d'un système de ventilation solaire adapté à la surface, à l'usage, et au

climat local

- .Présentation d'un devis détaillé avec le matériel, la main-d'œuvre et les délais.

### 3.10.3. Production et Vente et installation du système

- Fourniture de l'équipement complet (panneaux solaires, ventilateurs, capteurs, etc.).
- Installation professionnelle sur site, avec test de fonctionnement

### 3.10.4. Formation à l'utilisation

- Sensibilisation à l'entretien du système et à son bon usage.
- Guide utilisateur (papier ou digital) et démonstration en direct
- Recherche et développement (efficacité, innovation)
- Amélioration du confort intérieur : Le système permet de maintenir une température et une humidité optimales à l'intérieur du bâtiment.
- Réduction de l'humidité dans les maisons, entrepôts, serres, etc.,.

## 3.11. Principales ressources

Dans cette section, trois tableaux ont été présentés pour illustrer les ressources nécessaires à la mise en œuvre du projet. Le premier tableau concerne les matériaux requis, le deuxième présente les ressources humaines, tandis que le troisième se concentre sur les ressources financières. Ces éléments constituent ensemble les piliers fondamentaux pour assurer l'atteinte efficace des objectifs du projet.

### 3.11.1. Ressources matérielles

Le **tableau 41** présente les ressources matérielles de l'entreprise.

Ressources	Source locale ou étrangère	Fournisseur
panneaux solaires	Locale	Fournisseurs de panneaux solaires(LAGUA)
Ventilateur	Locale	Fournisseurs de ventilateurs (MA Bricole)
Câblage électrique	Locale	Quincaillerie
Batterie	Locale	Fournisseurs de panneaux solaires(LAGUA)
Contrôleur de charge	Locale	Fournisseurs de panneaux solaires(LAGUA)
Filtres a air	Locale	Fournisseurs de ventilateurs (MA Bricole)
les jonctions	Locale	Quincaillerie

Capteurs et systèmes de régulation	Locale	Quincaillerie
Grilles et bouches d'aération	Locale	Quincaillerie
Les conduits	Locale	Quincaillerie
meublier de bureau	Locale	Fournisseurs de mobilier de bureau
Enseignes intérieures et publicitaires	Locale	Ressource d'impression et de conception

Tableau 41 : Ressources matérielles

### 3.11.2. Ressources humaines

Le tableau 42 présente les ressources humaines de l'entreprise.

Catégorie de ressources humaines	Nombre
Comptable	01
Spécialiste en marketing	01
Ingénieur produit	03

Tableau 42 : Ressources humaines

### 3.11.3. Ressources financiers par mois

Le tableau suivant présente les ressources financières mensuelles de l'entreprise.

Ressources financières	Besoin
Dépenses du système	Selon la quantité et l'emplacement
Louer	En fonction du lieu de location et du locataire/par mois
Électricité, gaz et eau et Internet	64.000 DA /par mois
Dépenses de marketing et de publicité	36.000 DA /par mois
Salaires des employés	Selon le calendrier mensuel

Tableau 43:Ressources financiers par mois

### 3.12. Structure des Coûts

Dans la section des coûts, trois tableaux principaux ont été présentés afin de détailler les différents types de dépenses liées au projet. Le premier tableau illustre les coûts fixes relatifs aux équipements ou à l'aménagement, généralement payés une seule fois. Le deuxième tableau concerne les coûts des matériaux nécessaires au fonctionnement du projet. Quant au troisième tableau, il présente les coûts mensuels récurrents tels que les salaires, les factures des services et autres frais d'exploitation.

### 3.12.1. Coûts fixes

Le tableau **tableau 44** répertorie les différents postes de dépenses fixes associés de projet , exprimés en Dinars Algériens (DA).

<b>Déclaration</b>	<b>Coûts en Dinar Algérien</b>
Matériel de préparation Décor Peinture	200.000,00 DA
Assurance	100.000,00 DA
Matériel de bureau 02Ordinateur, 01imprimante, 02mobilier de bureau	250.000,00 DA
Frais d'ouverture de compteurs (eaux-électricité....)	10.000,00 DA
formations sur les panneaux solaires	70.000,00
formations sur ventilateur	70.000,00
formations sur programmation	70.000,00
Outils de travail	43.000,00
<b>Total</b>	<b>813.000,00DA</b>

**Tableau 44 : Coûts fixe.**

### 3.12.2. Coûts du Matériel

Le **tableau 45** présente le coût des différents matériaux nécessaires pour un projet par saisons, exprimé en Dinars Algériens (DA).

<b>Déclaration</b>	<b>Nombre (par saisons)</b>	<b>Coûts en Dinar Algérien</b>	<b>Total (DA)</b>
Ventilateur	40	10.000,00 DA	400.000,00 DA
Panneau solaire	40	15.000,00 DA	600.000,00 DA
Câblage électrique	40	1000,00 DA	40.000,00 DA
Batterie	40	25.000,00 DA	1000.000,00 DA
Contrôleur de charge	40	5000,00 DA	200.000,00 DA
Filtres à air	40	1500,00 DA	60.000,00 DA
les jonctions	40	200,00 DA	8.000,00 DA

Capteurs et systèmes de régulation	40	1500,00 DA	60.000,00 DA
Grilles et bouches d'aération	40	1000,00 DA	40.000,00 DA
Les captures	40	4500,00 DA	15.000,00 DA
Les conduits	40	1000,00 DA	40.000,00 DA
		<b>Total des matériaux</b>	<b>2.448.000,00 DA</b>

Tableau 45 : Coûts matériels.

### 3.12.3. Coûts d'exploitation mensuels

Le **tableau 46** présente les coûts d'exploitation mensuels de l'entreprise.

Déclaration	Total (DA)
Droit au bail	50.000,00 DA
01 comptable	30.000,00 DA
01 Spécialiste en marketing	30.000,00 DA
03 Ingénieur produit	90.000,00 DA
produits de nettoyage	5.000,00 DA
Transports	5.000,00 DA
Publicité et marketing	20.000,00 DA
Internet et Téléphone	3.000,00 DA
eaux-électricité	7.000,00 DA
<b>Total mensuel</b>	<b>240.000,00 DA</b>

Tableau 46 : Coûts d'exploitation mensuels.

### 3.13. Sources de revenus

- installation de système
- Vente de système
- Analyse du niveau d'humidité, de la ventilation existante et de l'exposition solaire et évaluation des besoins spécifiques selon l'espace (maison, entrepôt, serre, etc.).
- Maintenance & Service après-vente "SAV"
- Contrats de maintenance annuelle (nettoyage panneaux, vérification composants)
- Ventes de pièces détachées ou mises à jour de composants

### 3.14. Chiffre d'affaires total

Dans la section des revenus, un tableaux ont été présentés afin d'illustrer les sources de revenus prévues du projet. montre les revenus générés par la vente et l'installation du système de ventilation, offrant une vue globale sur les recettes totales.

#### 3.14.1. Prix de vente et installation

Le **tableau 47** présente les revenus de vente et d'installation de l'entreprise.

Déclaration	Valeur
Nombre d'unités produites	160
prix de vente et d'installation	84.000,00 DA
Chiffre d'affaires total = nombre d'unités produites × prix de vente	13.440.000,00 DA

**Tableau 47 : Prix de vente et installation**

#### Observation:

$$70.000,00 + 14.000,00 = 84.000,00 \text{ DA}$$

$$84.000,00 \times 160 = 13.440.000,00 \text{ DA}$$

### 4. Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance de l'analyse de marché dans la compréhension des besoins réels des utilisateurs, ainsi que dans l'identification des opportunités et des contraintes liées à l'environnement du projet. L'exploitation des données recueillies a permis d'élaborer une stratégie marketing ciblée et adaptée. Par ailleurs, la construction du business model a contribué à structurer la proposition de valeur, les sources de revenus, les segments de clientèle et les ressources clés nécessaires à la réussite du projet. Ces éléments constituent une base solide pour orienter les prochaines étapes de développement, tant sur le plan technique que stratégique

# **Conclusion générale**

---

## **Conclusion générale**

Au terme de cette étude, il est clair que la ventilation solaire représente une solution innovante et durable pour répondre aux enjeux contemporains de confort thermique, de qualité de l'air intérieur et de sobriété énergétique dans le secteur du bâtiment. Dans un contexte marqué par des pressions environnementales croissantes et une demande énergétique toujours plus importante, il devient impératif d'explorer et de promouvoir des technologies respectueuses de l'environnement et économiquement viables.

À travers les différents chapitres de ce mémoire, nous avons exploré les fondements théoriques de la ventilation solaire, ses principes de fonctionnement, ses composants essentiels ainsi que les méthodes de dimensionnement permettant d'assurer son efficacité. L'étude de cas présentée a permis de valider la faisabilité technique d'un tel système dans un cadre spécifique, tout en soulignant son potentiel en matière d'économie d'énergie et d'amélioration du bien-être des occupants.

L'analyse du marché, quant à elle, a révélé une demande croissante pour des solutions éco-énergétiques, en particulier dans les pays disposant d'un fort potentiel solaire comme l'Algérie. La mise en place d'un business model autour de la ventilation solaire s'avère donc non seulement pertinente, mais également porteuse d'opportunités économiques et sociales importantes.

En somme, la ventilation solaire incarne une approche intégrée de la transition énergétique dans le bâtiment : écologique, économique et techniquement réalisable. Elle constitue un levier important pour repenser nos espaces clos et construire un avenir plus durable. Ce travail ouvre ainsi la voie à de futures recherches et applications pratiques visant à démocratiser cette technologie et à l'intégrer pleinement dans les normes constructives et les politiques énergétiques nationales

# Références Bibliographiques

---

- [1] Présenté par : Melle BENSEBA Chafia Sur le thème : La ventilation naturelle pour le confort d'été dans le contexte climatique Algérien Septembre 2017.
- [2] <https://www.kartable.fr/ressources/enseignement-scientifique/cours/le-bilan-thermique-du-corps-humain/51280>.
- [3] <https://www.greenpeace.fr/quest-ce-que-la-sobriete-energetique/>.
- [4] Revue des Energies Renouvelables ICRESO-07 Tlemcen (2007) 41 – 46 Pluralité énergétique : enjeux et stratégie pour l'Algérie Z. Khiat1\*, S. Flazil et A. Boudghene Stambouli2.
- [5] KHENFER Abderaouf et CHACHA Abdelbari, Modélisation des consommations d'énergie du secteur résidentiel en Algérie à long terme, 2017 /2018
- [6] DTR C3.2. 'Réglementation Thermique des Bâtiments d'Habitation, Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques'. CNERIB 1997.
- [7] <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/energie-batiments>.
- [8] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>.
- [9] Etude de stratégies de ventilation pour améliorer la qualité environnementale intérieure et le confort des occupants en milieu scolaire, Adrien Dhalluin, 19 May 2013.
- [10] <https://www.technichem-france.fr/distributeur-officiel-france/extracteur-air-toiture-energie-solaire.html#infos-complementaires>.
- [11] DTR.C 3.31, relatif à la ventilation naturelle des bâtiments résidentiels, 2006.
- [12] ASHRAE. (2022). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (Standard 62.1-2022) . Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers..
- [13] CEN. (2007). Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (EN 13779:2007). Brussels: European Committee for Standardization..
- [14] IBRAM. (2004). NBN D 50-001 : Ventilation des habitations . Brussels: Belgian Standards Institute (IBRAM / IBNIM).
- [15] UNM. (2016). NF DTU 68.3 – Travaux de bâtiment – Ventilation mécanique contrôlée

dans les bâtiments individuels d'habitation (Cahier des Clauses Techniques Générales applicable aux marchés publics de travaux). Paris: Union des Métiers du Bâtiment et des T.

- [16] <https://www.solerpalau.com/blog/fr-fr/qualite-air-interieur-2/>.
- [17] <https://guidebatimentdurable.brussels/concevoir-systeme-ventilation-energetiquement-efficace/notions-indicateurs>.
- [18] <https://energieplus-lesite.be/techniques/ventilation8/ventilation-hygienique/systemes-de-ventilation/>.
- [19] Adeline M, Ventilation : choisir une VMC simple ou double flux, Chauffage et climatisation - 26-11-18.
- [20] [https://conseils-thermiques.org/contenu/vmc\\_double\\_flux.php](https://conseils-thermiques.org/contenu/vmc_double_flux.php).
- [21] <https://fr.linkedin.com/pulse/comparatif-des-syst%C3%A8mes-de-ventilation-pourquoi-la-vmbp-vernhes-uo0ce>.
- [22] <https://www.technitoit.com/actualites/ventilation-solaire>.
- [23] <https://www.amazon.fr/Ventilateur-Aliment%C3%A9-Puissant-Dextraction-Refroidissement/dp/B0B42PB2XX>.
- [24] <https://energieplus-lesite.be/techniques/ventilation8/ventilation->
- [25] BENFIFI SELOUA, CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU VENTILATEUR INDUSTRIEL, 2019/2020.
- [26] <https://faro.es/fr/blog/ventilateurs-faro-barcelona-avec-moteur-dc/>.
- [27] <https://infos.wurth.fr/decouvrez-notre-systeme-de-supportage-et-de-fixation-pour-panneaux-photovoltaïques/>.
- [28] - Mokhbat abdelkrim - Radji Ammar ouramdane, Etude et simulation de l'optimisation du rendement des panneaux photovoltaïques et l'effet du nettoyage, 2020-2021.
- [29] Présenté par Salim ARAB Dalila TOUDERT Thème Etude d'un Système Photovoltaïque.
- [30] <https://www.amazon.fr/GELRHONR-PWM-convertisseur-ventilateur-dordinateur/dp/B099RQ17YG>.
- [31] <https://www.calculeo.fr/eco-travaux/panneaux-solaires-photovoltaïques/le-regulateur-solaire>.

- [32] <https://fr.aliexpress.com/item/1005001876462820.html>.
- [33] <https://www.photovoltaique.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/les-onduleurs-photovoltaique/principe-de-fonctionnement-des-onduleurs/>.
- [34] <https://www.vlad.fr/fr/respirateurs-et-ventilateurs/7310-batterie-12v-12ah-pour-ventilateur-g5-hamilton-2836910129.html>.
- [35] <https://energieplus-lesite.be/techniques/ventilation8/ventilation-hygienique/composants-de-la-ventilation/filtres/>.
- [36] <https://guidebatimentdurable.brussels/conduits-ventilation>.
- [37] <https://www.ventilation-alnor.fr/index/produits-fr/canaux-et-raccords-ronds/coudes/bpl-90.html>.
- [38] <https://www.cultureindoor.com/fr/106-raccord-de-gaine-et-accessoires>.
- [39] <https://www.bricozor.com/grilles-aeration-applique-auvent-visser-ga-bl-anjos.html>.
- [40] <https://www.lextronic.fr/capteur-temperature-et-humidite-dht11-40456.html>.
- [41] <https://solarbuy.com/fr/solar-101/types-of-solar-ventilation-fans/>.
- [42] <https://fr.aliexpress.com/item/1005007457323110.html>.
- [43] Rénovation énergétique et mode de vie durable, Publié le 25/07/2024.
- [44] DTR document technique réglementaire C 3.4 Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments CLIMATISATION Fascicule 2.
- [45] <https://www.solerpalau.com/blog/fr-fr/humidite-et-sante-dangers-humidite-maison-salle-bains/>.
- [46] <https://www.securimed.fr/role-fonctionnement-capteur-co2.html>.
- [47] <https://guidebatimentdurable.brussels/conduits-ventilation/pertes-charges>.
- [48] <http://www.ventilation-industrie.fr/la-classification-des-filtres>.
- [49] Pratique des ventilateurs à l'usage des techniciens et installateurs, J.Lexis, Ed.Parisiennes, 1991.
- [50] Mémoire de master : Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque  
Proposé par : M. R. NEBBALI, Promotion 2016-2017.
- [51] « <https://www.france-renouvelables.fr/guide-energie-solaire/>, »
- [52] A. Ricaud, « Modules et systèmes photovoltaïques », Septembre 2008..

- [53] <https://sites.uclouvain.be/elee/FR/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire>.
- [54] <https://www.fiabitat.com/la-pertinence-economique-des-vmc-double-flux/>.
- [55] Projet de fin d'études, Etude technico-économique comparative de, Présenté Par: EL HABIB DAHO Abdessamad, BENZINA Mohamed El Amine, BERRAHAIL Kamel, 2023/2024.
- [56] <https://www.ouedkniss.com/industrie-fabrication-extracteur-dair>.
- [57] <https://cleanergymaroc.com/panneaux-ja-solar/ja-solar-565w-jam72s30-565-gr-deep-blue-3-0/>.
- [58] <https://www.solaris-store.com/8152-batterie-solaire-gel-etanche-ultracell-12v-150ah-1800wh.html>.
- [59] <https://www.solaris-store.com/1081-regulateur-victron-bluesolar-mppt-150-35.html>.
- [60] <https://stex24.com/fr/guide/section-cable?srsId=AfmBOopU2yA5RMfIs-Fk31uknJAN4PtvrJa6kSlksjsWAAngQTFK3dd6>.
- [61] <https://www.lextronic.fr/capteur-temperature-et-humidite-dht11-40456.html>.
- [62] [En ligne]. Available: <https://ses-automation.fr/aco2-modbus-capteur-de-co2-modbus-en-saillie-ip65.php>.
- [63] [En ligne]. Available: <https://www.bfmtv.com/comparateur/meilleurs-detecteurs-de-monoxyde-de-carbone-test-comparatif/>.
- [64] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.
- [65] <https://captairsolaire.com/16/06/2025-22:43>.

# **Annexe**

---

## Questionnaire

Nous avons le plaisir de vous inviter à répondre à cette enquête, qui vise à comprendre les besoins des utilisateurs et leurs exigences spécifiques. En répondant à ces questions, vous contribuerez à proposer des solutions efficaces aux problèmes d'inconfort liés à la chaleur et à l'humidité dans les logements.

### Première partie : Données personnelles

#### (1) Genre:

Homme

Femme

#### (2) Âge:

30 - 19ans

31 - 40 ans

50-41ans

plus de 50 ans

#### (3) niveau

Primaire

Moyen

Baccalauréat

Master

technicien supérieur

Autres diplôme

licence

doctorat

#### (4) Nombre d'années de travail :

chomage

De 1 à 5 ans

De 6 à 10 ans

De 11 à 15 ans

à plus de 15 ans

#### (5) Métier:

Étudiant

fonction public

employé du secteur privé,

agriculteur

commerçant

autres

## Deuxième partie : Connaissance du système et votre intérêt pour celui-ci

1-Le luxe et le confort thermique sont-ils liés à :

Température  Humidité  Vitesse de ventilation

2-Quelle est votre opinion sur l'importance de contrôler la température et de réduire l'humidité dans les espaces fermés (comme les entrepôts ou les maisons) ?

Très important  Assez important  sans importance

3-Avez-vous des connaissances en matière de systèmes de ventilation ?

Oui  Non  Pas sur

4- Avez-vous remarqué des problèmes dus à une humidité et une température élevées dans les lieux que vous utilisez ?

Oui  Non  Pas sur

5- Pensez-vous qu'avoir une bonne ventilation aide à réduire l'humidité ?

Oui  No  Pas sur

6-Quels problèmes rencontrez-vous à cause d'un excès d'humidité ?

Moule

Odeurs désagréables

Érosion de propriété

Problèmes de santé (tels que les allergies)

Problèmes avec les appareils électroniques

7-Quels sont Les endroits ou ils sont confrontés au problème des température et d'humidité élevées et basses ?

Maison  entrepôts  bureaux  usines

Si vous êtes dans la maison, déterminez quelle pièce est la plus humide .....

### Troisième partie : Expérience, opinions et suggestions

8-Avez-vous déjà essayé ou utilisé un système de ventilation?

Oui  Non

9-Si oui, comment s'est passée votre expérience ?

Excellent  Bien  Moyen  Mauvais

10-Pensez-vous que le coût initial d'installation du système puisse être un obstacle ?

Oui  Non  Je ne sais pas

11-Quels sont les défis que vous pourriez rencontrer lors de l'utilisation du système de ventilation ?

Problèmes d'entretien

Le besoin de technologies complexes

Manque de connaissance du système

Manque de support technique

Coûts d'installation élevés

12-Voulez-vous installer un système de ventilation ?

Oui  Non  Peut-être

13-Quelle est votre opinion sur le coût par rapport aux avantages de l'installation d'un système de ventilation?

Le coût est raisonnable par rapport au bénéfice

Le coût est élevé

Le coût est insignifiant par rapport au bénéfice

14-Quelles caractéristiques recherchez-vous dans un système ?

Faible coût

Facilité d'installation

Entretien facile

Des performances efficaces

Durabilité énergétique

15-Souhaitez-vous le système vous-même ou via une entreprise?

Oui  Non

16-Avez-vous des idées ou des suggestions supplémentaires.

**Merci pour votre temps et votre contribution à cette enquête!**