

EPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE
N° : Ph/ENR/04/2023



FILIERE : PHYSIQUE
OPTION : ENERGIE ET
ENERGIESRENOUVELABLES

Mémoire présenté pour
l'obtention du diplôme de
Master Académique

Par: BESSA Mohamed Menaouar & BAKHETI Djouadi

Intitulé

Etude d'un séchoir solaire intégré au bâtiment

Soutenu le 02/07/2023 devant le jury composé de:

SALMI Mohamed	Université Mohamed BOUDIAF	President
HADDAD Zakaria	Université Mohamed BOUDIAF	Rapporteur
NAHOUI Azzedine	Université Mohamed BOUDIAF	Co-encadrant
BOURAS Abdelkarim	Université Mohamed BOUDIAF	Examineur
DJEGHAM Ali	Université Mohamed BOUDIAF	Invité
TALOUB Djedid	Université Mohamed BOUDIAF	Membre-CATI

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : **HADDAD Zakaria**, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury composé de : **SALMI Mohamed- HADDAD Zakaria- NAHOUI Azzedine- BOURAS Abdelkarim**.*

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Les mots restent insuffisants pour exprimer nos profonds remerciements envers nos chers parents qui ont cru en nous et qui nous ont donnés les moyens d'aller aussi loin.

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles et notre ami **Saifi Kheir Eddine**, qui nous a aidés, soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce travail.*

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Avec tout respect et amour, je dédie ce modeste travail :

*A la mémoire de mon père **Bessa Melik** aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime que j'ai toujours eu pour toi.*

Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation que le bon dieu vous accueille dans son vaste paradis « vous vivrez dans mon cœur et dans mes pensées à tout jamais ».

A moi-même, qui ai veillé à mener à bien ce travail.

A mes unique sœurs : pour leurs grand soutiens moral et sa participation

*A mon cher frère : **Kheir Eddine**, qui m'a soutenu tout au long de ce laborieux parcours.*

A mon ami et frère: kheir eddine saifi, et mes amis de travail au lycée, pour les souvenirs et les plus beaux instants qu'on a passé ensemble.

*A toute la famille **Bessa***

***Je le dédie particulièrement à ma mère**, ma source de tendresse et d'amour celle qui s'est toujours sacrifiée pour me voir heureuse, qui m'a toujours soutenue et m'a aidée tout au long de mes études universitaires, qui m'a appris à ne pas céder devant les difficultés, ses prières et ses encouragements méritoires ont fait que j'ai pu accéder à réaliser mon rêve, Que Dieu te protège maman et te prête bonne santé et longue vie qu'il te garde pour moi, et le moment venu t'ouvre toutes grandes les portes de paradis.*

A tous les gens qui mon aidés à achever mon travail de recherche. A tous ceux qui m'aiment et me souhaitent la réussite pour toute ma vie. Merci d'être toujours là pour moi.

Bessa Mohamed Menaouar

Dédicace

Je dédie ce travail à :

À mon très cher père qui m'a tout appris, pour toutes les peines et les Sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.

À ceux qui m'ont enseigné la patience afin de réaliser le désir, à qui les invitations ont ouvert mes horizons et ont facilité mes chemins à ma mère l'amour de mon cœur.

À ma famille, et ma femme et mes chers enfants

À mon grand frère, sa femme

À mon frère.

À mes sœurs.

À mes deux arrière grand-mères.

À Mes chers amis que j'aime beaucoup et qui m'ont soutenu tout au long de ce mémoire.

Bakheti Djouadi

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Nomenclature	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre I Généralités sur les séchoirs solaires	
1. Statistiques sur la consommation des produits séchés	2
1.1. Dans le monde.....	2
1.2. En Algérie	2
2. Définition d'un séchoir solaire.....	3
3. Conditions de bon fonctionnement d'un séchoir solaire.....	3
3.1. Orientation et inclinaison	3
3.2. Matériaux	3
3.3. Isolation.....	3
3.4. Circulation de l'air.....	3
3.5. Régulation de la température	4
3.6. Contrôle de l'humidité.....	4
4. Avantages et inconvénients de séchage solaire	4
4.1. Avantages.....	4
4.2. Inconvénients	4
5 . Différents types des séchoirs solaires	5
5.1. Séchoirs directs	5
5.1.1. Séchoirs naturels	5
5.1.2. Séchoir solaire Lit TARA	5
5.1.3. Séchoir solaire Tente.....	6
5.1.4. Séchoir solaire pyramide.....	6
5.1.5. Séchoir solaire Cabinet	6
5.1.6. Séchoir solaire cheminée	6
5.1.7. Séchoir solaire tiroir.....	6
5.1.8. Séchoir à ébullition	7
5.1.9. Séchoir coffre.....	7
5.1.10. Séchoir intégral à convection naturelle.....	7
5.1.11. Séchoir solaire coquillage	7

5.1.12. Séchoir cabane	7
5.1.13. Avantages et inconvénients des séchoirs directs	8
5.2. Séchoirs solaires indirects.....	8
5.2.1. Séchoir armoire.....	8
5.2.2. Séchoir tunnel	8
5.2.3. Séchoir à entraînement.....	9
5.2.4. Avantages et inconvénients des séchoirs indirects	9
5.3. Séchoirs mixtes	9
5.4. Séchoirs hybrides	10
5.4.1. Séchoir hybride à convection forcée.....	10
5.4.2. Séchoir hybride solaire-gaz.....	10
5.4.3. Avantages et inconvénients.....	11
Chapitre II Séchoir intégré aux bâtiments	
Introduction.....	12
1.Types de séchoirs intégrés aux bâtiments	12
1.1. Séchoirs électriques	12
1.2. Séchoirs à gaz	12
1.3. Séchoirs à pompe à chaleur.....	13
2. Avantages des séchoirs intégrés aux bâtiments	13
3.États de l'art sur les séchoirs intégrés aux bâtiments	14
3.1. Utilisation de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) pour sécher les vêtements.....	14
3.2. Séchoirs intégrés aux salles de bains	14
3.3. Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation	14
4. Systèmes de séchage solaire	15
4.1. Le séchoir Wall Vent	15
4.2. Le séchoir intégré LG DLEC888W	15
4.3. Le séchoir intégré Tumble weed ECO.....	16
4.4. Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation	16
4.5. Séchoirs avec des capteurs solaires à eau	17
4.6. Séchoirs intégrés aux pompes à chaleur	17
4.7. Séchoirs intégrés aux chaudières biomasses.....	17
Chapitre III18 Etude expérimentale & Résultats et discussion	
Introduction.....	18
1. Site d'expérimentation (wilaya de M'sila)	18
Localisation de la wilaya	18

1.1. Coordonnées Géographiques	18
1.2. Climat de la wilaya de M'sila	18
2. Appareils de mesure météorologie.....	19
3. Construction et composants du séchoir solaire.....	19
3.2. Vitre	19
3.3. Isolant thermique	20
3.4 Coffre Extérieur	20
3.5. Chambre de séchage	21
3.6. Claies.....	21
4. Accessoires	22
4.1. Thermomètres	22
4.2. Thermo-hygromètre	22
4.3. Balance.....	23
4.4. Tomates.....	23
5. Tests expérimentaux	24
6. Paramètres météorologiques	24
6.1. Irradiation solaire globale	24
6.2 Vitesse du vent.....	25
6.3 Température	26
6.4 Humidité relative	26
6.5 Températures des composants de séchoir solaire	27
6.6. Humidités à différents points de séchoir solaire	29
6.7. Masse de produit séché avant et après le séchage.....	31
7. Etude économique du système.....	32
Conclusion générale.....	34
Références.....	35
Résumé.....	37

Nomenclature

Symbole	Designation	Unite
G	Irradiation solaire globale	W/m ²
Tg I	Température de la vitre intérieur	°C
T	Température	°C
Vv	Vitesse du vent	Km/h
H	Humidité relative	%
Te	Température d'entrée	°C
T ab	Température de l'absorbeur	°C
Ts	Température sortie	°C
Tc	Température chambre	°C
He	Humidité d'entrée	%
Hs	Humidité sortie	%
Hc	Humidité chambre	%
X	Masse finale	g
Y	Masse initial	g
Fig	Figure	-

Liste des tableaux

Tableau III.1: Fiche technique de la wilaya.....	18
Tableau III.2 : Les paramètres du site d'expérimentation	18
Tableau III.3 : Rendement de séchoir solaire	31
Tableau III.4 : Coût des produits de fabrication de séchoir solaire.	32

Liste des Figures

Fig I.1: type des Séchoir solaire.....	11
Fig.II.1 : Séchoirs électriques	12
Fig.II.2 : Séchoirs à Gaz	12
Fig.II.3 : Séchoirs à pompe à chaleur	13
Fig II. 4 :Séchoirs intégrés aux salles de bains	14
Fig II.5 : Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation.....	15
Fig II.6: séchoir intégré LG DLEC888W	16
Fig II.7 : séchoir intégré Tumble weed ECO	16
Fig III.1 : Localisation de la wilaya	18
Fig.III.2 : Station météo Model Vantage Pro2.....	19
Fig.III.3 : Absorbeur (plaque métal noire).....	19
Fig.III.4 : Couverture de l'absorbeur	20
Fig.III.5: Isolant thermique en polystyrene.....	20
Fig.III.6 : Dimensions de séchoir solaire.....	21
Fig.III.7 : Claies de séchoir.....	21
Fig.III.8 :Thermomètre digital de type TP2.....	22
Fig.III.9 :Thermo-hygromètre.....	22
Fig.III. 10 : Balance électrique de type SF-400.....	23
Fig III. 11 : avant et après le séchage.....	23
Fig.III.12 : Variation temporelle de l'irradiation solaire globale	24
Fig.III.13 : Variation temporelle de la vitesse du vent	25
Fig.III.14 : Variation temporelle de la température	26
Fig.III.15 :Variation temporelle de l'humidité relative	26
Fig.III.16 :Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.....	27
Fig.III.17 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.....	27
Fig.III.18 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.....	28
Fig.III.19 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.....	28
Fig.III.20 : Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.....	29
Fig.III.21: Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.....	29
Fig.III.22 :Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.....	30
Fig.III.23 :Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.....	30
Fig III.24 : Comparaison de la masse de produit séché avant et après le séchage.....	31

Introduction générale

Contrairement aux énergies fossiles, le soleil est une source d'énergie inépuisable, renouvelable, écologique et gratuite qui permet d'effectuer plusieurs opérations, dont le procédé de séchage.

Le séchage solaire est considéré comme une méthode durable et respectueuse de l'environnement car il n'utilise pas d'énergie fossile et ne produit pas de gaz à effet de serre. Un séchoir solaire est un dispositif utilisé pour sécher une grande variété de produits, tels que les fruits, les légumes, les herbes, les viandes et les poissons en utilisant la chaleur et l'énergie du soleil.

Des travaux de recherche ont été réalisés sur les systèmes de séchage solaire pour remplacer les systèmes traditionnels et améliorer leur rendement. Dans le cadre de ce travail on a proposé une nouvelle technique pour faciliter et élargir l'utilisation de ce type de dispositif. L'idée principale réside sur l'intégration des séchoirs dans les bâtiments. C'est une solution pratique pour sécher plusieurs choses tels que les: vêtements, fruits, légumes, plantes médicinales...etc. sans utiliser d'espace supplémentaire. Cette technique permise l'utilisation de séchage dans les villes urbaines. Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre travail en trois chapitres avec une introduction et une conclusion générales.

Dans le premier chapitre, on a présenté des généralités sur le séchage, et les différents types des séchoirs solaires. Puis, on a cité quelques travaux sur les séchoirs intégré dans les bâtiments pour de nombreuses fins, dans le chapitre deux, et en termine par la présentation de l'étude expérimentale, les principaux résultats obtenus et leurs interprétations dans le chapitre trois.

Chapitre I

*Généralités sur les séchoirs
solaires*

En Algérie, l'énergie solaire reçue annuellement est colossale. Contrairement aux énergies fossiles, le soleil est une source d'énergie inépuisable, renouvelable, écologique et gratuite qui permet d'effectuer plusieurs opérations, dont le procédé de séchage.

Le séchage solaire est considéré comme une méthode durable et respectueuse de l'environnement car il n'utilise pas d'énergie fossile et ne produit pas de gaz à effet de serre. Des travaux de recherche ont été réalisés sur les systèmes de séchage solaire pour remplacer les systèmes traditionnels et améliorer leur rendement. Dans ce chapitre, on présente des généralités sur le séchage, et les différents types des séchoirs solaires.

1. Statistiques sur la consommation des produits séchés

1.1. Dans le monde

Selon un rapport de Research et Marquets, le marché mondial des fruits et des légumes séchés devrait atteindre 38,6 milliards de dollars d'ici 2027, avec un taux de croissance annuel composé de 7,8% de 2020 à 2027. La consommation de fruits secs est également en augmentation, avec une prévision de 31,82 millions de tonnes consommées en 2026, contre 27,42 millions de tonnes en 2019, selon un rapport de Mordor Intelligence[1] .

1.2. En Algérie

Le séchage des plantes aromatiques et médicinales (PAM) est une étape essentielle dans l'industrie agro-alimentaire et pharmaceutique, car tout en facilitant les prochaines étapes de transformation, elle permet aux plantes de garder toutes leurs qualités et permet de les conserver plus longtemps. L'Algérie, de par sa position géographique, jouit de conditions climatiques et de ressources hydriques très favorables au développement de cultures intensives des PAM. Cependant cette filière reste encore très peu développée dans notre pays. Selon une étude menée par l'université de Batna, la consommation de plantes médicinales est en augmentation en Algérie. Les auteurs ont constaté que les plantes les plus utilisées étaient la menthe (*Mentha spicata*), le thym (*Thymus vulgaris*), la camomille (*Matricaria chamomilla*) et la sauge (*Salvia officinalis*)[2].

Depuis plusieurs années, l'équipe système solaire basses températures du CDER (centre de développement des énergies renouvelable), à travers le projet séchage solaire, s'intéresse au rôle que peut apporter l'énergie solaire au développement de l'industrie agro-alimentaire et pharmaceutique [3].

À cet effet, un premier séchoir solaire indirect destiné au séchage des plantes aromatiques et médicinales a été réalisé et testé pour le séchage de quelques plantes aromatiques [4].

En ce qui concerne les aliments séchés, il n'existe pas de données précises sur la consommation en Algérie.

2. Définition d'un séchoir solaire

Un séchoir solaire est un dispositif utilisé pour sécher une grande variété de produits, tels que les fruits, les légumes, les herbes, les viandes et les poissons en utilisant la chaleur et l'énergie du soleil. Le principe de fonctionnement d'un séchoir solaire est simple. Il capte la chaleur et les rayons du soleil à l'aide d'un capteur solaire. La chambre de séchage est souvent équipée de grilles, de plateaux ou de filets sur lesquels les produits à sécher sont placés.

3. Conditions de bon fonctionnement d'un séchoir solaire

Il existe plusieurs conditions pour améliorer l'efficacité et la performance d'un séchoir solaire telles que :

3.1. Orientation et inclinaison

Le séchoir solaire doit être orienté vers le sud pour capter le maximum de rayonnement solaire. Il doit également être incliné à un angle optimal pour assurer une exposition maximale au soleil.

3.2. Matériaux

Les matériaux utilisés pour la construction d'un séchoir solaire doivent être de qualité et résistants aux intempéries pour assurer une durabilité à long terme. La surface noire doit avoir une bonne capacité d'absorption de la chaleur.

3.3. Isolation

Il est important d'isoler les composants de séchoir solaire pour réduire les pertes de chaleur. L'isolation peut être faite avec des matériaux tels que le polystyrène ou la laine de verre.

3.4. Circulation de l'air

Une circulation d'air adéquate est essentielle pour évacuer l'humidité des aliments et accélérer le processus de séchage. Des ouvertures d'aération doivent être prévues dans le séchoir pour permettre une circulation de l'air suffisante.

3.5. Régulation de la température

Les températures excessives peuvent endommager les aliments et réduire la qualité des produits séchés. Il est donc important de réguler la température à l'intérieur de séchoir solaire en ajustant la position de la vitre ou en utilisant des ventilateurs solaires.

3.6. Contrôle de l'humidité

Le contrôle de l'humidité à l'intérieur d'un séchoir solaire est également important pour assurer une qualité optimale des aliments séchés. L'utilisation de desséchants naturels tels que le sel, le riz ou le charbon actif peut aider à réduire l'humidité.

4. Avantages et inconvénients de séchage solaire

4.1. Avantages

- Écologiques et économiques car ils n'utilisent pas d'énergie fossile. De plus, ils peuvent être utilisés dans les zones rurales où l'électricité est limitée ou inexistante
- Ils peuvent également prolonger la durée de conservation des aliments en les préservant de l'humidité et des moisissures.
- Le taux de séchage augmente avec la température plus élevée et le mouvement de l'air dans la chambre.
- La nourriture est enfermée dans le séchoir et donc protégée de la poussière, des insectes, des oiseaux et des animaux.
- Une température plus élevée empêche l'infestation d'insectes et la vitesse de séchage plus rapide réduit le risque d'altération par les micro-organismes.
- Les séchoirs sont étanches, par conséquent, la nourriture n'a pas besoin d'être déplacée pendant la saison des pluies.
- Un séchoir peut être construit à partir de matériaux disponibles localement à un coût relativement faible.
- Ils permettent de créer des emplois locaux en favorisant la transformation et la commercialisation des produits alimentaires.

4.2. Inconvénients

Cependant, les séchoirs solaires présentent également quelques inconvénients.

- Ils dépendent de la disponibilité du soleil et ne peuvent donc être utilisés que par temps ensoleillé.
- De plus, ils ne sont pas adaptés à tous les types de produits alimentaires, notamment ceux qui nécessitent une température constante et élevée pour être séchés.

5. Différents types des séchoirs solaires

Il existe une grande variété de séchoirs solaires et différentes façons de les classer. Plusieurs gammes de séchoirs solaires existent tels que les : séchoirs directs, indirects et mixtes, et selon la forme d'énergie consommée, il y a les séchoirs hybrides.

5.1. Séchoirs directs

Les séchoirs solaires directs sont des appareils faciles à utiliser et à construire. Il offre de larges possibilités de conception allant d'un séchoir adapté à une petite production à un séchoir pouvant traiter de grandes quantités.

Dans un séchoir direct les rayons solaires frappent directement les produits. Il se compose d'une seule pièce qui fait office à la fois de chambre de séchage et de collecteur solaire. Le fond de la chambre de séchage est peint en noir pour augmenter la capacité d'absorption de chaleur, une feuille en plastique ou en polyéthylène transparent, sert généralement de toit mais on peut également utiliser d'autres matériaux plus chers comme le verre ou les plastiques spéciaux (polyéthylènes agricoles)] 5].

5.1.1. Séchoirs naturels

Ils utilisent directement le soleil et l'air, où les produits sont répartis sur des claies ou des nattes, dans des cribs, ou disposé même au sol. Le principe de séchage à l'air libre est simple, le rayonnement solaire tombe sur la surface de la culture et une partie de l'énergie est réfléchi vers l'environnement. Ces séchoirs sont très bon marché, mais nécessite une intervention humaine régulière, protection ou ramassage du produit en cas de pluie, malaxage fréquent, pour éviter la surchauffe de la couche supérieure et homogénéiser le produit pour permettre à la couche inférieure de sécher. Ce type de séchoir est souvent traditionnel dans les communautés paysannes, pour répondre aux problèmes de la conservation temporaire du produit, en attendant la vente ou la consommation. Il présente cependant, des inconvénients, qui sont : pertes du produit mal séché ou gâchés lors de remuage, destruction de vitamines A et C, par l'exposition directe au soleil, dégradation par les intempéries et les nuisibles (insectes, rats, poussières).

5.1.2. Séchoir solaire Lit TARA

Ce séchoir de conception très simple ayant un cout très faible, d'une capacité de séchage importante, a été conçu et réalisé par les habitants du village Tegùye (arrondissement de Téra). Il a pour base de construction un lit traditionnel de type TARA muni à ses 2 extrémités sur la largeur d'un cadre en bois d'environ 2 m de haut comportant 3 à 4 barres transversales espacées entre elle de 40 à 50 cm de manière à supporter les claies ou plateaux.

5.1.3. Séchoir solaire Tente

Ce séchoir solaire prend la forme d'une tente avec une conception très simple, il ne coûte pas cher et il est facile à utiliser. L'utilisateur s'il en a les moyens, peut couvrir :

Les côtés : Avec des morceaux de moustiquaires (circulation de l'air).

Les faces : Avec du plastique transparent (pour ramasser la chaleur solaire), ou une face en plastique transparent et en plastique noir.

Les dimensions du séchoir dépendent de ses utilisations envisagées.

5.1.4. Séchoir solaire pyramide

Ce séchoir à un seul plateau et à une capacité de 5 à 14 kg. Il correspond aux conditions atmosphériques du pays (température élevée, grande vitesse du vent), de plus il permet des manipulations simples ainsi qu'une bonne protection contre la poussière et les insectes. Comme le séchoir tente, il peut être en fonction des moyens de l'utilisateur, recouvert d'une moustiquaire.

5.1.5. Séchoir solaire Cabinet

De conception simple, il peut avoir tout son cadre construit avec des perches de bois trouvé en brousse. Il peut être entièrement recouvert avec de la tissu moustiquaire ou comme on le voit sur la avec l'association film plastiqué et morceau moustiquaire, ce qui certes accélère la vitesse de séchage mais plus coûteux.

5.1.6. Séchoir solaire cheminée

Ce type est composé d'un petit collecteur en bois recouvert au-dessous par un plastique transparent et à son entrée une moustiquaire est fixée. Pour accélérer la vitesse de séchage sur les cadres de la tour un plastique transparent est disposé de manière à ramasser la lumière solaire

5.1.7. Séchoir solaire tiroir

Ce séchoir à collecteur intégré à une fenêtre d'entrée d'air sur l'avant en bas (protégée par une moustiquaire) et une autre de sortie d'air derrière en haut (protégée par un morceau de moustiquaire). Les plateaux aérés permettent une circulation d'air aussi par le dessous. Le tout est un cadre (recouvert d'un film plastique transparent) monté sur charnières de manière à accéder facilement aux plateaux.

5.1.8. Séchoir à ébullition

C'est un séchoir solaire qui nécessiterait des températures supérieures à 100°C, ce qui impliquerait une concentration du rayonnement, généralement coûteuse et délicate.

5.1.9. Séchoir coffre

Le séchoir à coffre est un simple séchoir facile à construire par les artisans, en utilisant des matériaux disponibles localement, il est destiné généralement pour la préservation des fruits, légumes, poissons et de la viande. Un séchoir a généralement la forme d'une boîte rectangulaire, contenant des claies de séchage.

L'air pénètre par les orifices percés dans le fond du caisson et s'échappe par des trous situés dans la partie haute de chaque côté. Le fond de la boîte ainsi que les parois sont peints en noir pour mieux capter le rayonnement solaire. Une feuille de plastique ou une plaque de verre sert de toit. Une porte dans le panneau arrière permet de réguler la température.

5.1.10. Séchoir intégral à convection naturelle

Dans ce type le produit est placé dans une chambre de séchage avec des parois transparentes. L'exposition directe au rayonnement solaire augmente la maturation appropriée de couleur des fruits verdâtres, et permettant la décomposition de la chlorophylle dans le tissu. Pour certaines variétés de raisins et de dattes, l'exposition au rayonnement est considérée essentielle pour le développement de couleur requise dans le produit. Le séchoir est équipé par une cheminée solaire qui peut être utilisée pour augmenter la force de flottabilité imposée au courant d'air et donc fournir un flux important d'air et une vitesse de séchage plus grand [6].

5.1.11. Séchoir solaire coquillage

C'est un séchoir à convection naturelle, destinée à l'auto consommation et à la vente locale. Il est essentiellement utilisé par les familles et les groupes de femmes. Ce type de séchoir est composé de deux cônes métalliques reliés par une charnière, la tôle peinte en noir assure une bonne captation du rayonnement solaire, des trous perforés dans la tôle inférieure et supérieure permettant la circulation de l'air. L'efficacité du séchoir dépend des conditions climatiques [7].

5.1.12. Séchoir cabane

Il est caractérisé par une capacité de 35 kg de produit frais pour une surface de 7 m², [8]. Les produits sont placés dans le séchoir tente sur des claies surélevées du sol. La toile en plastique permet de capter l'énergie solaire.

5.1.13. Avantages et inconvénients des séchoirs directs

➤ **Avantage**

- Meilleure protection contre les poussières, les insectes, les animaux et la pluie par rapport au séchage traditionnel.

- Pas besoin de main-d'œuvre qualifiée.
- Grandes possibilités de conception.

➤ **Inconvénients**

- Dégradation de la qualité par exposition direct au soleil, destruction de la vitamine A et C, flétrissement, décoloration.

- Fragilité des matières en polyéthylène qu'il faut changer régulièrement.
- Température relativement élevée dans le séchoir qui contribue avec l'exposition au soleil à la destruction des nutriments.

5.2. Séchoirs solaires indirects

Ces systèmes sont plus performants que les séchoirs directs, ils présentent l'avantage de mieux préserver les caractéristiques de l'aliment (sa couleur, son aspect, sa valeur nutritive). Ils sont donc particulièrement adaptés au séchage des produits alimentaires. Le séchoir solaire indirect se compose de deux parties : un collecteur qui convertit le rayonnement solaire en chaleur, une chambre de séchage qui contient le produit et une cheminée. L'air pénètre dans le collecteur est chauffé et sa température augmente. L'air chaud monte par convection naturelle jusqu'à la chambre de séchage. La durée de séchage est très variable selon les conditions climatiques [9].

5.2.1. Séchoir armoire

Dans ce type de séchoir, le collecteur capte l'énergie solaire. L'air chaud s'élève jusqu'à la chambre de séchage où les produits sont disposés sur des claies superposées.

5.2.2. Séchoir tunnel

Ce sont des séchoirs industriels destinés au séchage des grandes récoltes et dans les processus de conservation de certains aliments. Ils se composent d'un champ de capteurs solaires et d'un circuit aéraulique, le tout constituant le générateur d'air chaud. Le produit à sécher est disposé dans des chariots montés sur des rails, qui traversent un tunnel de quelques mètres de façon continue [10].

5.2.3. Séchoir à entrainement

On place le produit dans un courant d'air dont la pression de vapeur est inférieure à celle régnant juste à son niveau. Les séchoirs à entrainement peuvent être divisés en deux catégories

Séchoirs actifs

Qui comportent des capteurs placés en amont d'une chambre de séchage et destinés à chauffer l'air avant son envoi dans cette dernière. Ils sont nombreux (1/3 fonctionne en convection naturelle, 2/3 fonctionnent en convection forcée). Ils peuvent être dotés d'un chauffage d'appoint ou d'un recyclage afin d'améliorer ses performances, comme c'est le cas dans les pays industrialisés.

➤ **Séchoirs passifs (ou séchoirs serres)**

Qui sont constitués d'une enceinte dont le toit et les côtés en matériau transparent laissent pénétrer le soleil. Le rayonnement frappe donc directement les produits à sécher qui jouent alors le rôle d'absorbeur. Ces séchoirs sont dits séchoirs serres directs.

Si le rayonnement détériore le produit, on interpose alors entre la couverture transparente et le produit une surface opaque servant d'absorbeur. Ce genre de séchoir est dit séchoir serre indirect. Quant aux séchoirs mixtes qui sont peu présentés, ceux sont des séchoirs dont une seule partie du produit reçoit et absorbe le rayonnement. Les séchoirs sont tous discontinus (caractéristique dénotant la simplicité dans la construction). Les séchoirs continus demanderaient une sophistication et sont très coûteux.

5.2.4. Avantages et inconvénients des séchoirs indirects

➤ **Avantages**

- Le produit n'est pas exposé directement au soleil. Il conserve mieux sa couleur et sa valeur nutritionnelle (notamment les vitamines A et C).
- Possibilité de construire ce type des séchoirs localement, avec un coût réduit [11].
- Leur fonctionnement n'exige pas une énergie électrique ou des combustibles fossiles

➤ **Inconvénient**

- Rapidité du séchage très variable suivant les conditions climatiques et la conception de séchoir.
- Fragilité des matières en polyéthylène qu'il faut changer régulièrement.

5.3. Séchoirs mixtes

Ces séchoirs combinent les dispositifs des séchoirs directs et indirects. Dans ce type de séchoirs, l'action combinée du rayonnement solaire direct sur le produit à sécher et le capteur

solaire est de fournir la chaleur nécessaire pour le processus de séchage. Un séchoir mixte à circulation naturelle a les mêmes dispositifs structurant qu'un séchoir indirect (capteur solaire, chambre de séchage et une cheminé), mais les parois sont équipées par des plaques de verre de sorte que le rayonnement solaire empiète directement sur le produit comme le séchoir intégral.

5.4. Séchoirs hybrides

Les recherches sont orientées vers les séchoirs hybrides utilisant une énergie d'appoint (fuel, électricité, bois, gaz, ...etc.), l'apport d'énergie supplémentaire peut se situer à deux endroits différents du séchoir Maintenir la température constante dans le séchoir par un bruleur à gaz, une résistance électrique, un feu du bois. Dans ce cas l'énergie solaire devient secondaire, elle permet simplement de préchauffer l'air.

L'augmentation de la circulation de l'air par des ventilateurs électriques, ici l'énergie solaire reste la source de chaleur mais le séchoir à une capacité d'évaporation plus importante grâce à une meilleure ventilation.

5.4.1. Séchoir hybride à convection forcée

Ce type de séchoir est constitué d'un toit qui joue le rôle de capteur, un ventilateur assure une circulation importante de l'air permettant de sécher très rapidement les produits. L'air est aspiré de l'intérieur du bâtiment par un ventilateur et passe dans un capteur solaire dans le toit du bâtiment. L'air réchauffé arriva dans la chambre de séchage où le produit à sécher se trouve sur les rangées de claies superposées.

5.4.2. Séchoir hybride solaire-gaz

Il est constitué d'un collecteur solaire pour réchauffer l'air, la circulation de l'air se fait par convection naturelle de collecteur solaire à l'armoire. Si la température est insuffisante, un brûleur à gaz se déclenche pour obtenir la température désirée. Les produits peuvent donc être sécher quelles que soient les conditions climatiques [12].

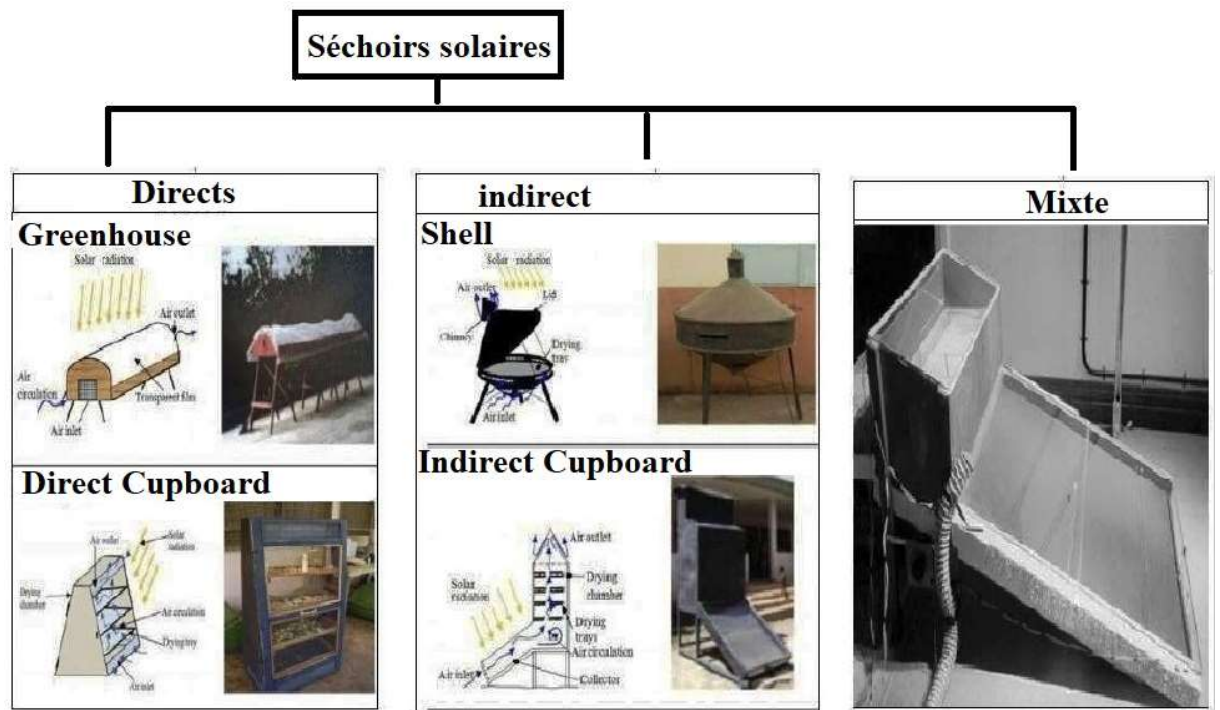


Fig. I.1: type des Séchoir solaire.

5.4.3. Avantages et inconvénients

➤ Avantages

- Meilleur contrôle de séchage.
- Forte augmentation de la production par rapport aux autres types des séchoirs solaires, car le dispositif peut fonctionner la nuit ou en saison des pluies si besoin.

➤ Inconvénients

- Coût de production et d'investissement élevé.
- Nécessité d'approvisionnement local en carburant, électricité, pièce de rechange.
- Personnel qualifié pour la maintenance [13].

Chapitre II

Séchoir intégré aux bâtiments

Introduction

L'intégration des séchoirs dans les bâtiments est une solution pratique pour sécher plusieurs choses tels que les: vêtements, fruits, légumes, plantes médicinales...et. Sans utiliser d'espace supplémentaire. Dans ce cadre, on a cité quelques travaux sur les séchoirs intégré dans les bâtiments pour de nombreuses fins.

1. Types de séchoirs intégrés aux bâtiments

Il existe plusieurs types de séchoirs intégrés aux bâtiments, tels que :

1.1. Séchoirs électriques

- Ils sont alimentés par l'électricité et utilisent des résistances pour chauffer l'air qui est soufflé dans le tambour pour sécher les vêtements [14].



Fig.II.1 : Séchoirs électriques.

1.2. Séchoirs à gaz

- Ils sont alimentés par du gaz naturel ou du propane et utilisent une flamme pour chauffer l'air qui est soufflé dans le tambour pour sécher les vêtements [15].



Fig.II.2 : Séchoirs à Gaz.

1.3. Séchoirs à pompe à chaleur

- Ils utilisent une technologie de pompe à chaleur pour chauffer l'air qui est soufflé dans le tambour pour sécher les vêtements, ce qui les rend plus économes en énergie que les séchoirs électriques ou à gaz [16].

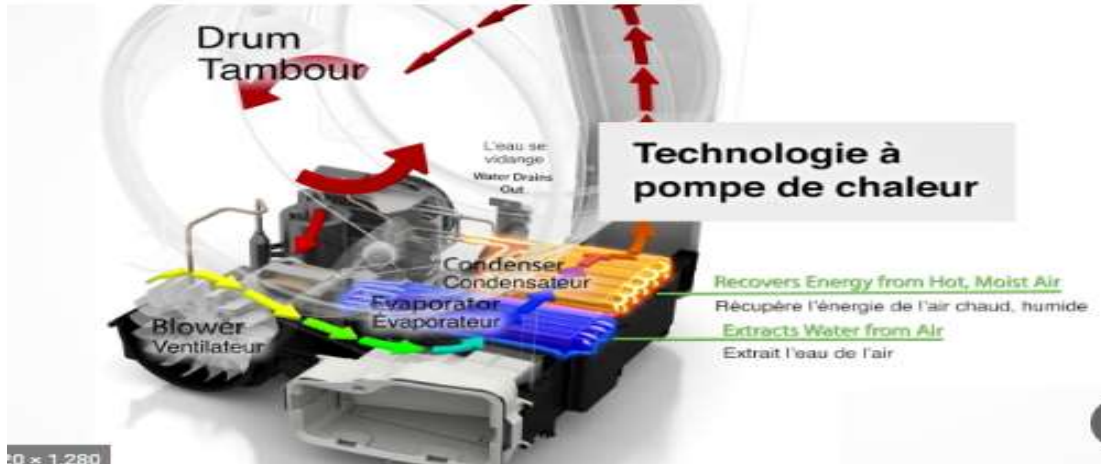


Fig.II.3 : Séchoirs à pompe à chaleur.

2. Avantages des séchoirs intégrés aux bâtiments

Les avantages des séchoirs intégrés aux bâtiments incluent :

➤ Économie d'espace

Les séchoirs intégrés ne nécessitent pas d'espace supplémentaire, car ils sont intégrés dans la structure du bâtiment.

➤ Économie d'énergie

Les séchoirs à pompe à chaleur consomment moins d'énergie que les autres types de séchoirs, ce qui réduit les coûts d'exploitation.

➤ Commodité

Les séchoirs intégrés permettent de sécher les vêtements à l'intérieur, sans avoir à sortir pour accéder à un séchoir à l'extérieur.

➤ Réduction des émissions

- Les séchoirs à pompe à chaleur émettent moins de gaz à effet de serre que les séchoirs à gaz ou électriques [17].

3. États de l'art sur les séchoirs intégrés aux bâtiments

3.1. Utilisation de la ventilation mécanique contrôlée (VMC) pour sécher les vêtements

- Une étude menée par l'Institut de Recherche et de Développement en Énergie Photovoltaïque (IRDEP) en France a montré que la VMC peut être utilisée pour sécher les vêtements de manière efficace tout en réduisant la consommation d'énergie. Les résultats ont montré que la consommation d'énergie pour sécher les vêtements peut être réduite jusqu'à 60% en utilisant la VMC [18].

3.2. Séchoirs intégrés aux salles de bains

Des séchoirs intégrés aux salles de bains ont été développés pour sécher les serviettes et les vêtements mouillés. Ces séchoirs sont souvent alimentés par l'électricité et sont conçus pour être utilisés dans des espaces confinés. Ils peuvent également être équipés de fonctions telles que des thermostats pour réguler la température et des minuteries pour contrôler le temps de séchage.



Fig. II. 4 : Séchoirs intégrés aux salles de bains.

3.3. Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation

Des séchoirs peuvent être intégrés aux systèmes de ventilation existants pour sécher les vêtements en utilisant l'air chaud évacué du bâtiment. Cette approche est souvent utilisée dans les bâtiments commerciaux et industriels où il y a une grande quantité d'air chaud évacué [19].

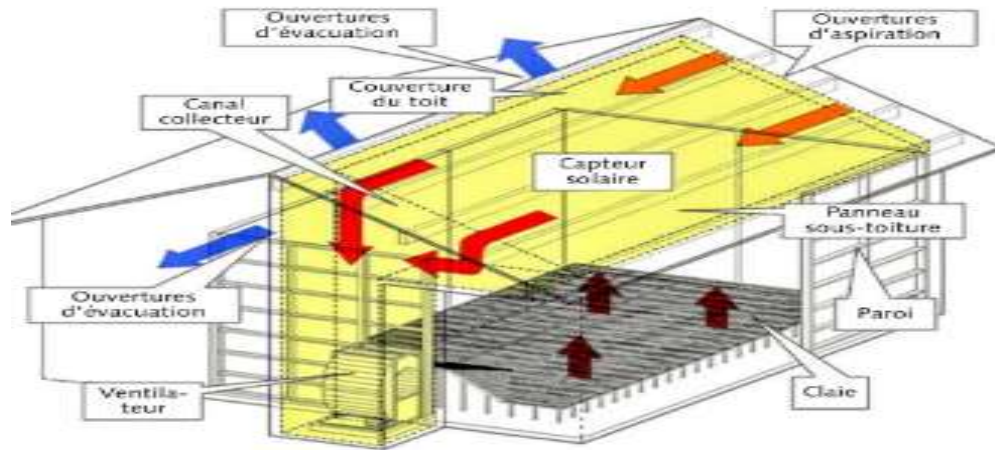


Fig. II.5 : Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation.

4. Systèmes de séchage solaire

Des systèmes de séchage solaire ont été développés pour les bâtiments résidentiels et commerciaux. Ces systèmes utilisent des panneaux solaires pour chauffer l'air qui est ensuite utilisé pour sécher les vêtements. Une étude menée en Chine a montré que ces systèmes peuvent réduire la consommation d'énergie de 50% par rapport aux séchoirs électriques traditionnels. [19].

4.1. Le séchoir Wall Vent

Est un séchoir intégré qui se fixe directement au mur et qui utilise l'air chaud provenant de la maison pour sécher les vêtements.

4.2. Le séchoir intégré LG DLEC888W

Est un exemple de séchoir à pompe à chaleur intégré à la machine. Il est conçu pour être installé dans une buanderie ou une salle de bain et utilise une technologie de pompe à chaleur pour économiser de l'énergie.



Fig. II.6 : Le séchoir intégré LG DLEC888W.

4.3. Le séchoir intégré Tumble weed ECO

C'est un séchoir à pompe à chaleur qui est conçu pour être installé dans une armoire ou un placard, ce qui permet de gagner de l'espace dans les petites maisons ou appartements.



Fig. II.7 : Le séchoir intégré Tumble weed ECO.

4.4. Séchoirs intégrés aux systèmes de ventilation

Dans cette configuration, le séchoir est intégré au système de ventilation du bâtiment. L'air chaud produit par le système de chauffage est dirigé vers le séchoir, où il sèche les vêtements. Cette approche permet d'utiliser la chaleur résiduelle produite par le système de chauffage et de ventilation, ce qui réduit la consommation d'énergie.

4.5. Séchoirs avec des capteurs solaires à eau

Dans cette configuration, le séchoir est alimenté en chaleur par des capteurs solaires à eau installés sur le toit du bâtiment. Les capteurs solaires absorbent la chaleur du soleil et la transmettent à l'eau qui circule dans les tuyaux, qui à leur tour, alimentent le séchoir.

4.6. Séchoirs intégrés aux pompes à chaleur

Dans cette configuration, le séchoir est alimenté en chaleur par une pompe à chaleur qui extrait la chaleur de l'air ambiant ou de l'eau du sol. La chaleur extraite est ensuite utilisée pour sécher les vêtements [20].

4.7. Séchoirs intégrés aux chaudières biomasses

Dans cette configuration, le séchoir est alimenté en chaleur par une chaudière à biomasse qui brûle des déchets végétaux pour produire de la chaleur. Cette approche utilise une source d'énergie renouvelable et réduit la quantité de déchets qui seraient autrement éliminés [21].

Chapitre III

Etude expérimentale & Résultats et discussion

Introduction

Dans cette partie d'étude, nous allons vous présenter les différents éléments qui constituent le séchoir solaire que nous avons réalisé au laboratoire de physique et chimie des matériaux de l'université Mohamed Boudiaf.

En second lieu nous allons vous présenter une série des tests expérimentaux qui ont été mené sous les conditions externes et météorologiques de la ville de M'SILA, Algérie.

1. Site d'expérimentation (wilaya de M'SILA)

Tableau III.1: Fiche technique de la wilaya

Wilaya de M'SILA (28)	
Démographie	
Population	1 029 447 hab. (2010)
Densité	55 hab. /km2
Rang	9 ^e
Géographie	
Superficie	1 871 800 ha = 18 718 km2
Rang	15 ^e
Liens	
Site web	http://www.msila-dz.org

Fig. III.1 : Localisation de la wilaya



[22].

1.1. Coordonnées Géographiques

La wilaya de M'SILA a une superficie de 18 175 km². Elle est limitée par les wilayas de Bouira et Bordj-Bou-Arredj au nord, Batna et Sétif à l'est, Médéa et Djelfa à l'ouest et Biskra au sud. Sa population est de 1 029 447 habitants. Sa morphologie et sa position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifié représenté par la prédominance de la steppe qui couvre 1 200 000 ha (soit 63 % de la superficie totale) de la wilaya.

La superficie affectée à l'agriculture représente 20% de la surface totale, consacrées essentiellement à la céréaliculture, à l'arboriculture et au maraîchage [23].

Tableau III.2 : Les paramètres du site d'expérimentation

Surface de région	L'Altitude	Latitude	Longitude	Albédo
18 718 km ²	475 m	35° 43' 32 N	4° 31' 40 E	0.2

1.2. Climat de la wilaya de M'SILA

M'SILA possède un climat tempéré méditerranéen en été chaud et sec (CSA) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à M'SILA est de 20.5°C et

les précipitations sont en moyenne de 148.1mm.

À titre de comparaison à Alger, la température moyenne annuelle est de 19.7°C et les précipitations sont en moyenne de 672.3 mm.

2. Appareils de mesure météorologie

Les mesures météorologiques sont obtenues à l'aide d'une station météo Model Vantage Pro2 (Fig. III.2).



Fig.III.2 : Station météo Model Vantage Pro2.

3. Construction et composants du séchoir solaire

Les composants du séchoir solaire sont :

3.1. Absorbeur (plaque métal noire)

L'Absorbeur (plaque métal noire) sert à capter le rayonnement solaire global et transmettre la chaleur produite par cette absorption derrière la vitre pour faire monter la température du séchoir (son épaisseur est de « 0.9 mm ») (Fig. III.4).



Fig.III.3 : Absorbeur (plaque métal noire).

3.2. Vitre

La couverture du séchoir solaire est composée du verre de 3 mm d'épaisseur, aux dimensions intérieur (48 x 71) cm, choisi pour ses caractéristiques optiques et son faible coût. Fabriquer un cadre en bois de 2 cm aux dimensions extérieur (50 x 75) cm, puis on effectue l'insertion du verre dans un cadre en assurant la fixation à l'aide de la colle silicone.

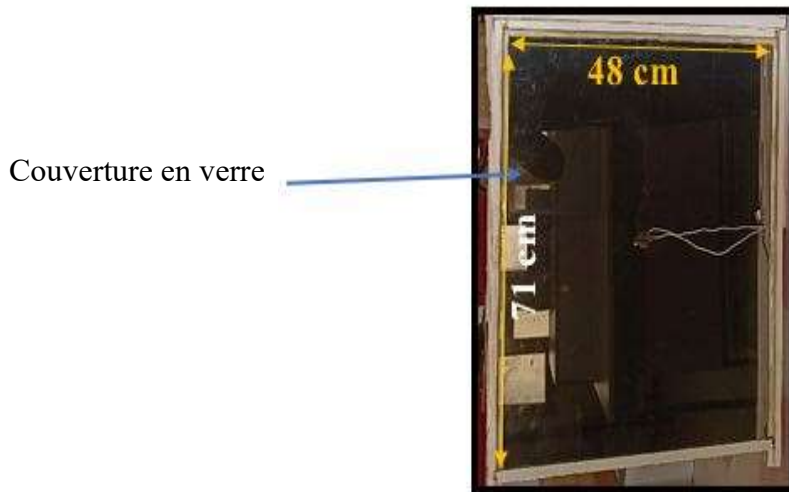


Fig.III.4 : Couverture de l'absorbeur.

3.3. Isolant thermique

L'isolant thermique du séchoir solaire est en polystyrène mit à l'intérieur de la chambre de séchage solaire et derrière l'absorbeur aux dimensions (72 x 47.5) cm, et d'épaisseur 4 mm pour minimiser les pertes de chaleurs transmit par l'absorbeur (FigIII.5)

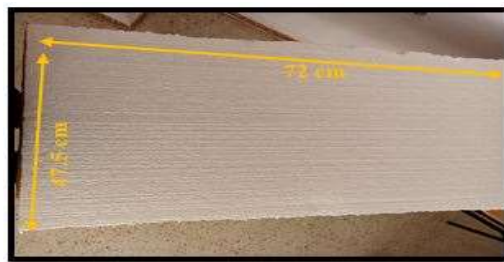


Fig.III.5 : Isolant thermique en polystyrène.

3.4 Coffre Extérieur

Le coffre du séchoir solaire renferme les différents contenus. Il devra donc assure une protection efficace aux éléments du séchoir solaire. Le coffre du séchoir solaire est construit en boit et mélamine. Les dimensions et les caractéristiques du coffre extérieur du séchoir solaire sont présentées dans le cadre (FigIII.6) suivant :

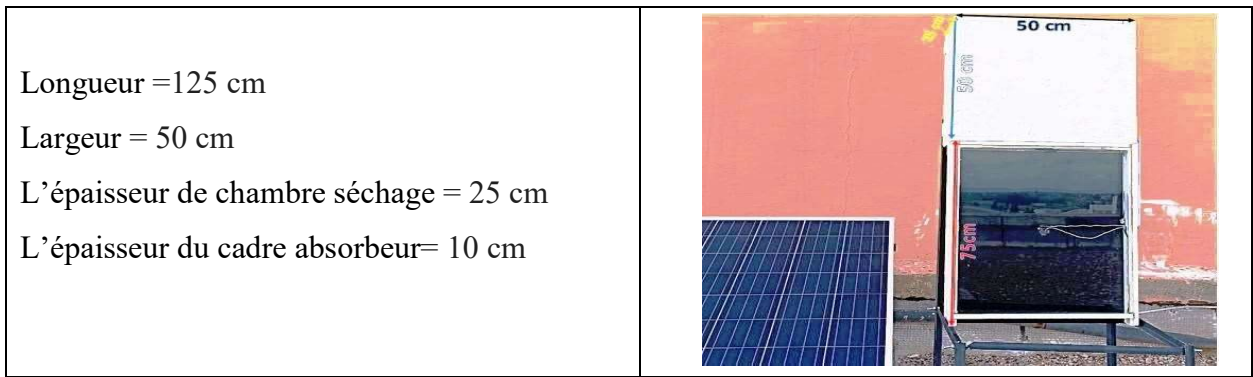


Fig.III.6 : Dimensions de séchoir solaire.

3.5. Chambre de séchage

Pour la chambre de séchage, on a choisi de construire une chambre en mélamine, dont elle garde toujours ses qualités thermiques intactes. La chambre en mélamine constitué d'une seule grande chambre. On a préféré de nous servir d'une seule chambre et de laisser une ouverture est en haut et trois trous en dessous de cette chambre permettant à l'air chauffé, avec les dimensions suivants: hauteur de 45 cm, largeur de 38 cm et une profondeur de 30 cm.

3.6. Claies

Les produits à sécher sont disposés à l'intérieure de la chambre de séchage sur deux (2) claies (plateaux) de forme rectangulaire et ayant chacune une aux dimensions (21 x 43) cm, Composée chacune d'un cadre en bois sur lequel est fixé un tulle grillage gris, pour permettre le passage de l'air.

Les claies sont distantes les unes des autres de 9 cm ; un espace pour la bonne circulation de l'air (FigIII.7)



Fig.III.7 : Claies de séchoir.

4. Accessoires

- Thermomètres,
- Thermo-hygromètre.
- Contrôleur numérique de température et d'humidité
- Ventilateurs
- Résistance.
- Balance

4.1. Thermomètres

On a attaché deux thermomètres digitaux pour mesurer la température de:

- L'absorbeur.
- La vitre.

Et trois thermo-hygromètres pour mesurer à la fois la température et l'humidité de l'entrée, la sortie de l'absorbeur avec un autre thermo-hygromètre type STC-3028 pour la chambre de séchage.

Aussi Les températures des panneaux solaires sont mesurées à l'aide des thermomètres de type TP2 (Figure III.8) et thermo-hygromètre type digitaux



Fig.III.8 : Thermomètre digital de type TP2.

4.2. Thermo-hygromètre

Le thermo-hygromètre est installé au niveau de la chambre de séchage juste à la paroi supérieure de cette dernière. Et aussi à l'entrée et la sortie de l'absorbeur.



Fig.III.9 : Thermo-hygromètre.

4.3. Balance

On a choisit de travailler avec la balance MIR SAT Model SF-400 dont elle sert à mesurer le poids de tranchantes de la tomate avant et après le séchage.



Fig. III. 10 : Balance électrique de type SF-400.

4.4. Tomates

On a sécher les petites tranchantes rondelles de la tomate ; ceci dans un but d'accélérer son séchage, comme le montre (Figure III. 11 : avant et après le séchage)



Fig. III. 11 : Avant séchage

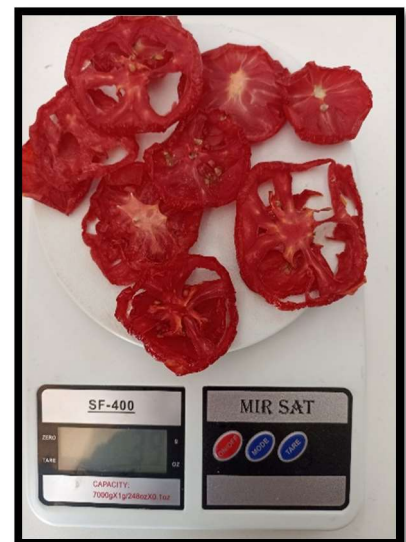


Fig. III. 11 : Après séchage

5. Tests expérimentaux

Le séchoir solaire a été conçu et testé au sein de laboratoire de physique et chimie des matériaux, université de Msila, Algérie. Le séchoir a été installé vers le sud, et étudié pendant les journées de 23, 29, 30 mai et 1 juin 2023. L'irradiation solaire, la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité relative sont mesurées par la station météorologique. Les températures à l'entrée et à la sortie du capteur, les températures de l'absorbeur, de la vitre et celle de la chambre de séchage et leurs humidités relatives sont mesurées par des thermo-hygromètres digitaux. Tous les paramètres mesurés sont enregistrés toutes les demi-heures de 9h 00 à 17h 00. Les valeurs mesurées sont enregistrés et représentées dans les Figure si-dissous.

6. Paramètres météorologiques

Les paramètres météorologiques tels que l'irradiation solaire globale, la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité relative ont un impact sur le fonctionnement de séchoir solaire. Ces paramètres sont importants pour évaluer correctement les performances du système proposé.

6.1. Irradiation solaire globale

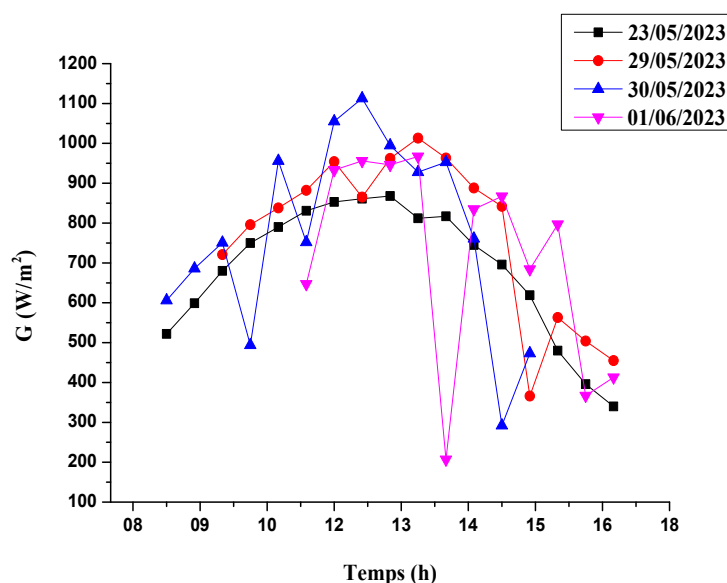


Fig.III.12 : Variation temporelle de l'irradiation solaire globale.

La Figure III.10 illustre les variations de l'irradiation solaire globale pour les quatre jours des tests. Au début de la journée l'irradiation solaire globale est faible, au fur et à mesure elle augmente progressivement, atteignant un pic de plus de 1000 W/m² au milieu de la journée. Ensuite, elle diminue lentement. Pour les deux derniers jours (29 mai et 1 juin), la courbe montre de fluctuations

rapides et irrégulières de rayonnement solaire global tout au long de la journée en raison de passage des nuages.

6.2 Vitesse du vent

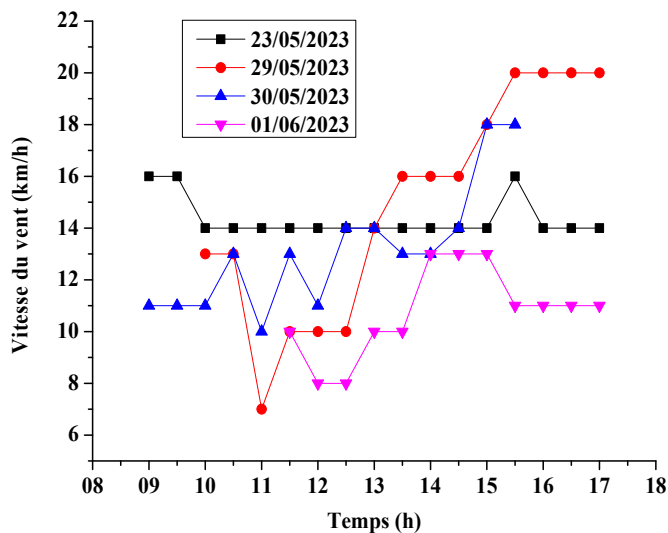


Fig.III.13 : Variation temporelle de la vitesse du vent.

La Figure.III.11 représente l'évolution de la vitesse du vent en fonction du temps et exprimé en heure de 09 :00 jusqu'au 17 :00 pendant quatre (4) jours.

La vitesse du vent varie d'une façon aléatoire, elle subit à des augmentations jusqu'au 20 km/h et des diminutions allons jusqu'au 06 km/h, et dans certains cas elle se stabilise à une valeur constante pendant quelque heures dans la journée.

6.3 Température

On remarque que pendant les 4 jours que la température augmente progressivement pendant la journée et varie entre 19 °C jusqu'à 34 °C.

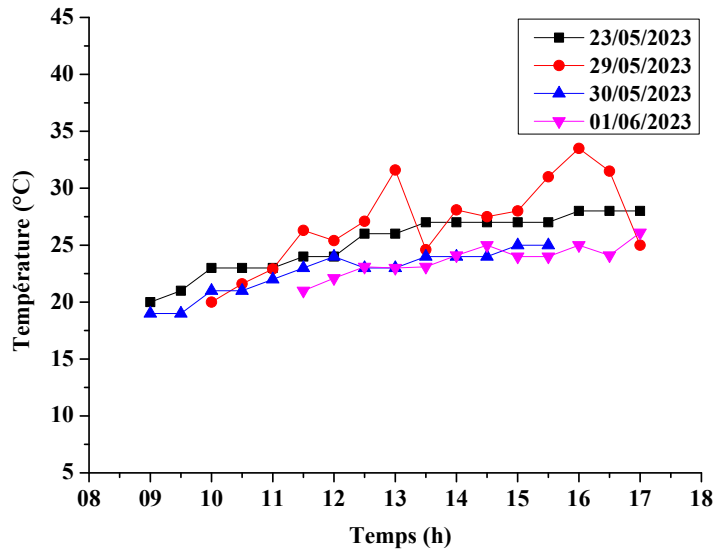


Fig.III.14 : Variation temporelle de la température.

6.4 Humidité relative

La Figure suivante représente l'évolution de l'humidité relative en fonction du temps pendant quatre jours. On observe que l'humidité relative décroît pendant la journée pour atteindre des valeurs presque constantes l'après-midi.

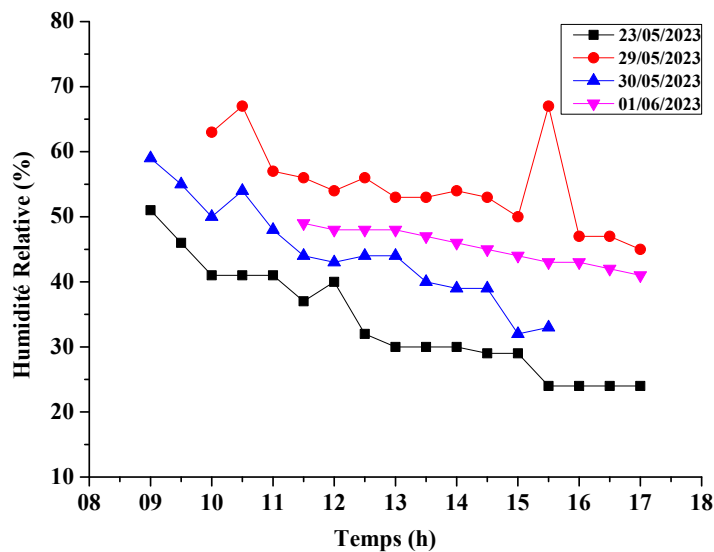


Fig.III.15 : Variation temporelle de l'humidité relative.

6.5 Températures des composants de séchoir solaire

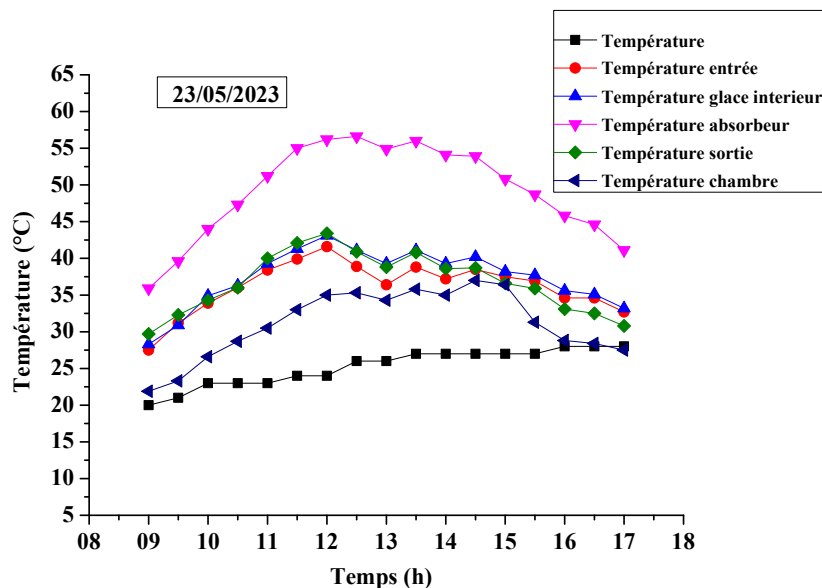


Fig.III.16 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.

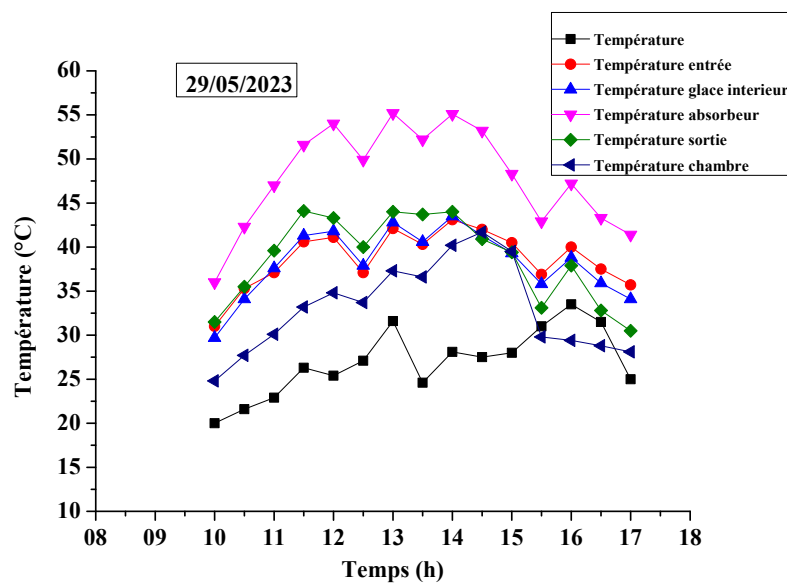


Fig.III.17 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.

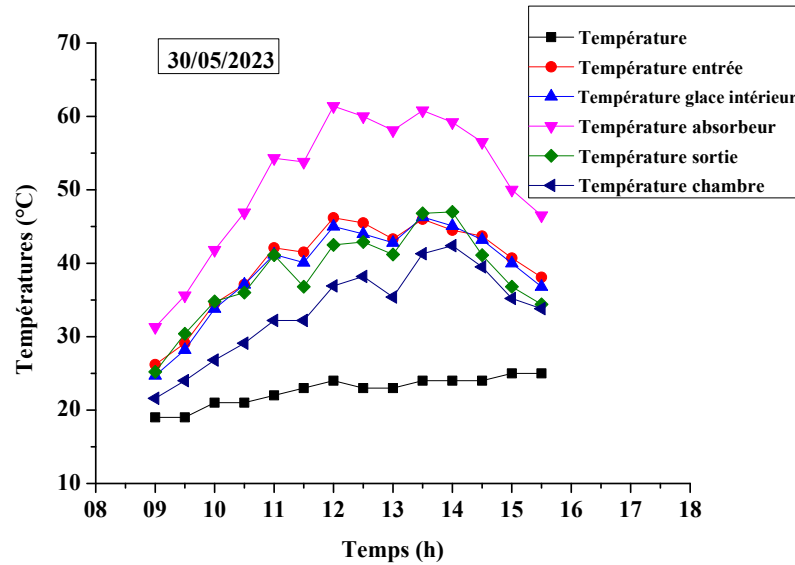


Fig.III.18 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.

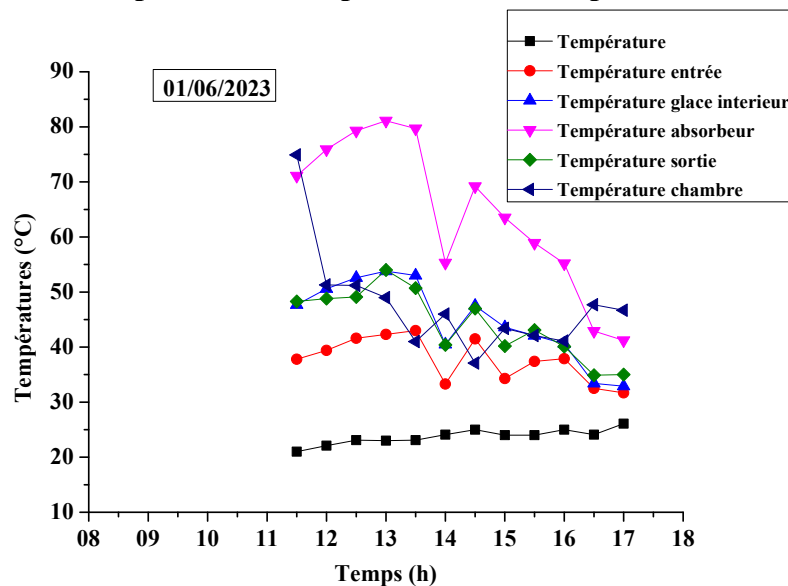


Fig.III.19 : Variation temporelle des températures des composants de séchoir solaire.

Les Figures de III.16 à III.19 représentent les variations des valeurs des températures des composants de séchoir solaire en fonction du temps pendant les quatre (4) jours des tests.

L'effet des conditions météorologiques (irradiation solaire, humidité, vitesse du vent et température) sur le comportement thermique de séchoir solaire, est remarquable sur la variation des températures des composants de séchoir solaire pendant les jours d'essais. Il montre que l'augmentation de la température à partir du 9.00h jusqu'à 11.30h à un rythme plus rapide, puis elle atteint son maximum entre 12 :00 et 13 :00. L'élévation de ces températures est due à l'intensité des rayonnements solaires globales et la chaleur cédée par l'absorbeur (plaque noir). Également on observe que les courbes ont la même allure, où l'absorbeur a les grandes valeurs des

températures, puis les températures de la vitre, à la sortie et à l'entrée du capteur. Enfin, on trouve la température de la chambre du séchage.

À la fin de jour, on observe la diminution de toutes les températures qui due à l'effet de l'irradiation et l'effet de l'ombre

6.6. Humidités à différents points de séchoir solaire

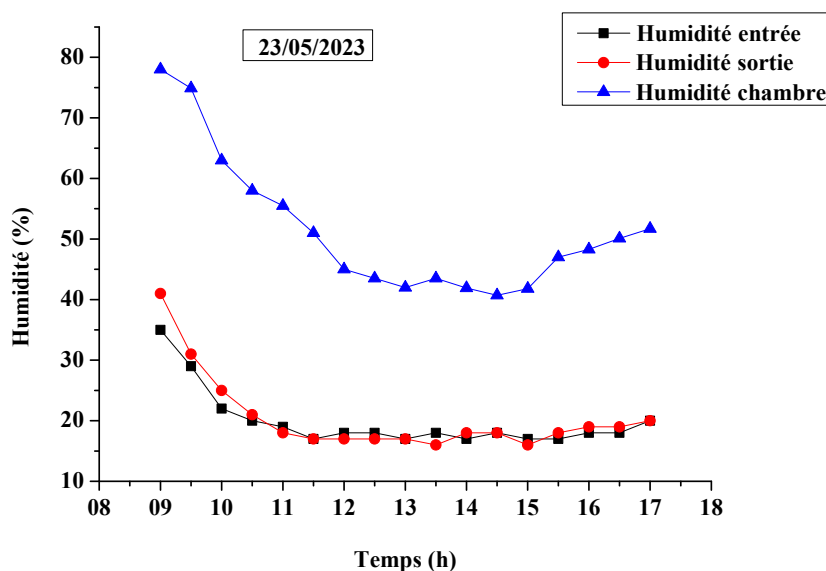


Fig.III.20 : Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.

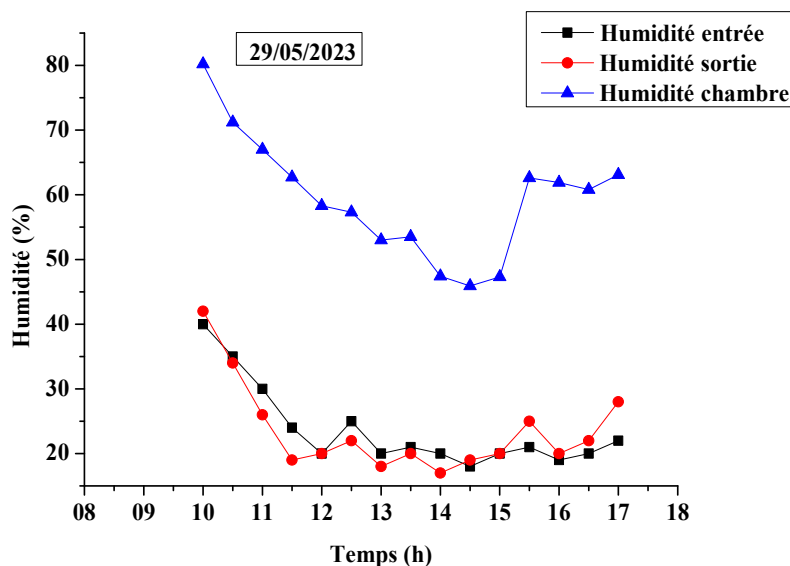


Fig.III.21 : Variation temporelle de l'humidité à différents points de séchoir solaire.

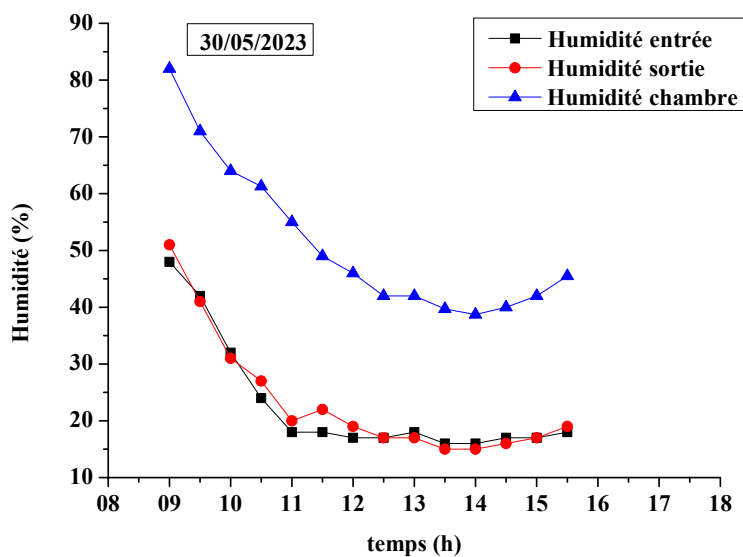


Fig.III.22 : Variation temporelle de l’humidité à différents points de séchoir solaire.

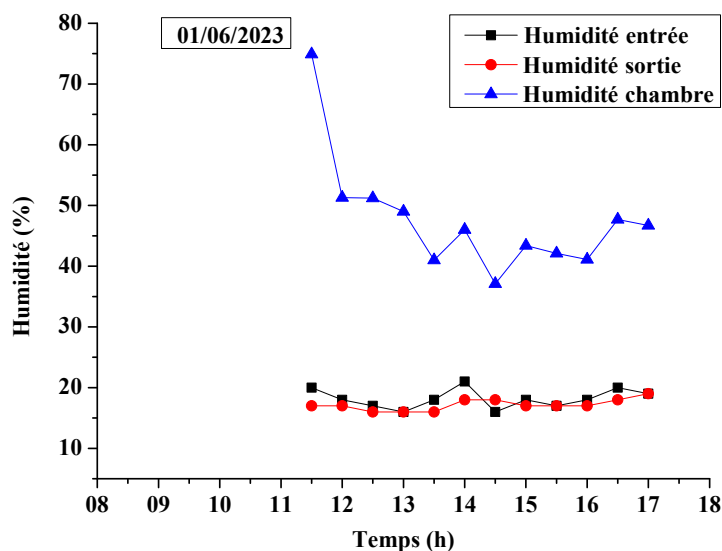


Fig.III.23 : Variation temporelle de l’humidité à différents points de séchoir solaire.

Les Figures de III.20 à III.23 représentent les variations des valeurs de l’humidité à différents points de séchoir solaire en fonction du temps pendant les quatre (4) jours des tests. Les valeurs à l’entrée et à la sortie sont presque les mêmes, alors que leur valeurs dans la chambre de séchage sont élevés où l’écart est important, surtout au départ des tests.

6.7. Masse de produit séché avant et après le séchage

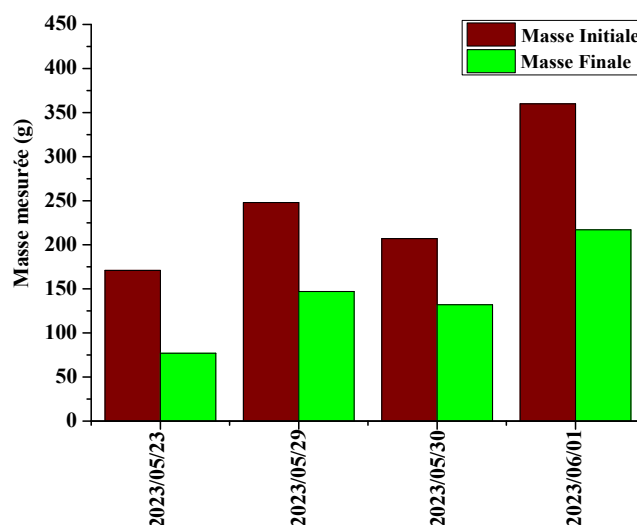


Fig. III.24 : Comparaison de la masse de produit séché avant et après le séchage

Le rendement est une mesure de l'efficacité de séchage, il représente la masse de produit après le séchage par rapport à leur masse initiale. Il est généralement exprimé en pourcentage.

Pour Le calcul de rendement dans ce travail on utilise la formule suivante:

$$\text{Rendement (\%)} = (X / Y) * 100$$

Y : la masse initiale (en gramme).

X : la masse après séchage (en gramme).

Les valeurs trouvées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Rendement de séchoir solaire

Jour d'étude	Jour 1		Jour 2		Jour 3		Jour 4	
	Initiale	Finale	Initiale	Finale	Initiale	Finale	Initiale	Finale
Masse (g)	171	77	248	147	207	132	360	217
Rendement (%)	45,03		59,27		63,77		60,28	

7. Etude économique du système

Tableau III.4 : Coût des produits de fabrication de séchoir solaire.

Désignation	Montant
Chambre de séchage en Melamine & le coffre en Bois	1,500.00
Vitre	700.00
Absorbeur (plaque métale)	400.00
isolation	500.00
Cole-silicon	350.00
Digital Thermomètre- TPM-10 2 pcs	900.00
Thermo-Hygromètre 2 pcs	1,700.00
pate de colle	150.00
File électrique 3m	100.00
Claie de séchage 2 pcs	200.00
les vices (6.8.10.12)	100.00
Rouleau Alliminuim 2 pcs	300.00
1 boite peinture lac - Blanc	700.00
Total HT	7,600.00 DZD

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude d'un séchoir solaire intégré au bâtiment (BISD) sous les conditions météorologiques constitue un sujet d'intérêt croissant dans le domaine de l'énergie renouvelable et de l'efficacité énergétique des bâtiments. Un séchoir solaire intégré au bâtiment est un système qui utilise l'énergie solaire pour sécher des produits agricoles, des aliments ou d'autres substances.

L'étude expérimentale qui a été menée au laboratoire de physique et chimie des matériaux de l'université Mohamed Boudiaf à M'SILA, Algérie, pendant les mois de mai et juin sous les conditions météorologiques de M'SILA permet de conclure que :

- Les conditions météorologiques jouent un rôle crucial sur l'efficacité et les performances d'un séchoir solaire intégré au bâtiment. Les facteurs tels que l'ensoleillement, la température, l'humidité de l'air et la vitesse du vent peuvent avoir un impact direct sur le processus de séchage et sur la productivité du système.
- L'étude de ces conditions météorologiques permet de comprendre comment le séchoir solaire intégré au bâtiment fonctionne dans différentes régions ou saisons. Elle permet également de déterminer les modifications ou les ajustements nécessaires pour optimiser les performances du séchoir solaire en fonction des conditions climatiques locales.
- Cette étude contribue à promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables et à développer des solutions durables pour le séchage de différents produits.

Références

- [1] MARCHÉ DES ALIMENTS DÉSHYDRATÉS – TENDANCES DE CROISSANCE ET PRÉVISIONS (2023-2028), site web : <https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/dehydrated-food-market>
- [2] H. ELGUERRI et A. BERROUBI, « Etude numérique et expérimentale de l'effet de certains paramètres sur l'absorbeur d'un capteur solaire plan », Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf, M'SILA, 2019.
- [3] H. ELGUERRI et A. BERROUBI, « Etude numérique et expérimentale de l'effet de certains paramètres sur l'absorbeur d'un capteur solaire plan », Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf, M'SILA, 2019.
- [4] BENAMMAR Roumaïssa et GOURI Kaouther 2018.
- [5] Souheyla Khaldi 2018.
- [6] J. BERNARD, « Energie solaire calculs et optimisation », Ellipse Edition Marketing.2004.
- [7] Robin Alexandre 2004.
- [8] Robin Alexandre 2004.
- [9] Souheyla Khaldi 2018.
- [10] André Charreau et Roland Cavallé 2484-16.
- [11] Bonazzi et Dumoulin 2011.
- [12] A. MEFTI, M. Y. BOUROUBI & H. MIMOUNI, « Evaluation du potentiel énergétique solaire bulletin des énergies renouvelable », N° 2, p 12, décembre, 2002.
- [13] M. MOGHARBI et D. HALASSA, « Conception et réalisation d'un capteur solaire plan à air », Mémoire de Master, Université de Ouargla, 2006.
- [14] "Energy performance of a clothes dryer integrated into a passive house" - Cette étude menée par des chercheurs suédois examine l'efficacité énergétique d'un séchoir intégré à une maison passive. Elle montre que le séchoir intégré est une solution efficace pour réduire la consommation d'énergie.
- [15] "A review of clothes drying in mechanically ventilated residential buildings" - Cet article examine les différents types de séchoirs intégrés aux bâtiments et leur efficacité énergétique. Il met en évidence les avantages et les inconvénients de chaque type de séchoir.

- [16]"Performance evaluation of a hybrid clothes dryer with latent heat recovery integrated in a building" - Cette étude présente un nouveau type de séchoir intégré qui utilise la récupération de chaleur latente pour réduire la consommation d'énergie. Les résultats montrent que ce type de séchoir est plus efficace que les séchoirs traditionnels.
- [17]"Development of a solar-assisted clothes dryer integrated into a building" - Cette étude présente un séchoir intégré qui utilise l'énergie solaire pour sécher les vêtements. Les résultats montrent que ce type de séchoir peut réduire considérablement la consommation d'énergie.
- [18]"Design and development of a heat pump clothes dryer integrated into a passive house" - Cette étude présente un séchoir intégré qui utilise une pompe à chaleur pour sécher les vêtements. Les résultats montrent que ce type de séchoir est plus efficace que les séchoirs traditionnels.
- [19]"Integrated Heat Recovery Clothes Dryer" par M. S. Reznik, P. F. Krebs et K. E. Kromer, publié dans le Journal of Solar Energy Engineering en 2018. Cette étude décrit un séchoir intégré qui utilise la chaleur de l'eau de refroidissement des climatiseurs pour sécher les vêtements.
- [20]"Building-integrated dryer system: A review" par S. Kim, K. Kim et Y. Kang, publié dans Renewable and Sustainable Energy Reviews en 2019. Cette étude passe en revue les différents types de séchoirs intégrés aux bâtiments, leurs avantages et leurs inconvénients, ainsi que les défis techniques et économiques liés à leur installation et à leur utilisation.
- [21]"Design of a clothes dryer using the exhaust heat from a residential heat recovery ventilation system" par M. F. Ahmad, M. O. Hamzah et A. R. M. Warikh, publié dans le International Journal of Applied Engineering Research en 2018. Cette étude décrit la conception et la mise en œuvre d'un séchoir intégré aux bâtiments qui utilise la chaleur de l'air évacué par un système de ventilation à récupération de chaleur.
- [22]<https://www.google.com/maps/place/Wilaya+de+M'Sila/@35.1291216,4.3516789,8z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x128a54ace2579961:0x6e68b034b1fa7eac!8m2!3d35.316633!4d4.2333355!16s%2Fm%2F026kjww?entry=ttu>
- [23]Saifi kheir Eddine, l'Algérie mon très beau pays-Tome II, Edition Edilivre.2014, Paris, P.324

Résumé

Afin de mettre en évidence le processus de séchage, trois facteurs de base doivent être pris en compte, température, humidité, et la vitesse de l'air asséchant. Une étude expérimentale d'un séchoir solaire indirect à effet de serre est menée. L'irradiation solaire, la température ambiante, la vitesse du vent, les températures de l'entrée et la sortie du capteur, la température de l'absorbeur et celle de la chambre de séchage et son humidité relative sont enregistrés et représentés. Ces résultats obtenus sont en bon accord avec les résultats théoriques.

Mots clés : *Séchoir, solaire, expérimental, température, humidité.*

Abstract

In order to highlight the drying process, three basic factors must be taken into account, temperature, humidity, and the speed of the drying air. An experimental study of an indirect greenhouse solar dryer is being carried out. Solar irradiation, ambient temperature, wind speed, collector inlet and outlet temperatures, absorber and drying chamber temperature and its relative humidity are recorded and displayed. These results obtained are in good agreement with the theoretical results.

Keywords: *Dryer, solar, experimental, temperature, humidity.*

ملخص

من أجل تسليط الضوء على عملية التجفيف، يجب مراعاة ثلاثة عوامل أساسية، درجة الحرارة والرطوبة وسرعة هواء التجفيف، تم إجراء دراسة تجريبية لمجفف الدفيئة الشمسية غير المباشر، يتم تسجيل وتمثيل الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة وسرعة الرياح ودرجات حرارة مدخل ومخرج المستشعر ودرجة حرارة غرفة الامتصاص والتجفيف والرطوبة النسبية. هذه النتائج التي تم الحصول عليها تتفق بشكل جيد مع النتائج النظرية.

الكلمات المفتاحية: *مجفف ، شمسي ، تجريبي ، درجة حرارة ، رطوبة.*