

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر -  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH -ALGER

## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Génie rural

Spécialité : Sciences et techniques des agroéquipements

### THEME

Etude et réalisation d'un séchoir solaire à contrôle automatique pour  
fruits et légumes

Présenté par : HACHEMI Meriama Widad

Soutenu le : 27/09/2016

Jury :

Président : Md. A. FEDDAL

Promoteur : L. BOUDHAR

Examineurs : S. ETSOURI

Z. MOHAMMEDI

H. RAHMANI

Promotion : 2011/2016



## SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Soleil et rayonnement solaire</b>	<b>3</b>
I.1. Introduction.....	3
I.2. Soleil.....	3
I.3. Rayonnement solaire.....	3
I.4. Composantes du rayonnement solaire.....	4
I.4.1. Rayonnement direct.....	4
I.4.2. Rayonnement diffus.....	4
I.4.3. Rayonnement global.....	4
I.5. Albédo.....	5
I.6. Durée d'ensoleillement .....	5
I.7. Taux d'ensoleillement .....	6
I.8. Conclusion.....	7
<b>Chapitre II : Notions générales sur le séchage</b>	<b>8</b>
II.1. Introduction .....	8
II.2. Définition du séchage.....	8
II.3. Intérêts du séchage.....	8
II.4. Formes d'eau dans les aliments.....	9
II.4.1. Eau d'hydratation.....	9
II.4.2. Eau de constitution.....	9
II.4.3. Vapeur d'eau.....	9
II.5. Activité de l'eau dans les aliments.....	10
II.6. Isothermes de sorption.....	10
II.7. Courbe de séchage.....	11
II.7.1. Période de mise en température du produit.....	12
II.7.2. Période de vitesse de séchage constante.....	12
II.7.3. Période de ralentissement de séchage.....	12
II.8. Modes de transfert de chaleur et de masse au court du séchage.....	13

---

II.8.1. Modes de transfert de chaleur.....	13
II.8.1.1. Par conduction.....	13
II.8.1.2. Par convection.....	13
II.8.1.3. Par rayonnement.....	14
II.8.2. Modes de transfert de masse.....	14
II.9. Equations caractéristiques de l'humidité dans le produit et l'air asséchant.....	15
II.9.1. Humidité absolue d'un solide .....	15
II.9.2. Humidité relative d'un solide.....	15
II.9.3. Humidité absolue d'un air.....	15
II.9.4. Humidité relative d'un air.....	15
II.10. Conclusion.....	16
<b>Chapitre III : Séchoirs solaires</b>	<b>17</b>
III.1. Introduction.....	17
III.2. Qu'est-ce qu'un séchoir solaire ? .....	17
III.3. Différents types de séchoirs solaires.....	18
III.3.1. Séchoirs solaires passifs directs.....	18
III.3.2. Séchoirs solaires passifs indirects.....	18
III.3.2.1. Séchoirs solaires passifs indirects à convection naturelle.....	20
III.3.2.2. Séchoirs solaires passifs Indirects à convection forcée.....	20
III.3.3. Séchoirs solaires passifs mixtes.....	21
III.3.4. Séchoirs solaires actifs « les séchoirs hybrides ».....	21
III.4. Capteurs solaire.....	22
III.4.1. Bilan thermique du capteur solaire.....	23
III.4.2. Rendement du capteur solaire.....	25
III.4.3. Positionnement du capteur solaire.....	25
III.5. Conclusion.....	25
<b>Chapitre IV : choix du produit à sécher</b>	<b>27</b>
IV.1. Introduction.....	27
IV.2. Abricot « Prunus armeniaca ».....	27
IV.2.1. Classification (systématique).....	27
IV.2.2. Origine et étymologie.....	28

## Sommaire

---

IV.2.3. Description botanique.....	28
IV.2.4. Culture et variétés cultivées.....	28
IV.2.5. Economie et production.....	29
IV.2.6. Utilisation d'abricot.....	30
IV.2.6.1. Alimentation.....	30
IV.2.6.1.1. Valeur nutritionnelle.....	30
IV.2.6.1.2. Consommation.....	32
IV.3. Tomate « Solanum lycopersicum ».....	32
IV.3.1. Classification (systématique).....	32
IV.3.2. Origine et étymologie.....	33
IV.3.3. Description botanique.....	33
IV.3.4. Culture et variétés cultivées.....	33
IV.3.5. Economie et production.....	34
IV.3.6. Utilisation de la tomate.....	34
IV.3.6.1. Alimentation.....	34
IV.3.6.1.1. Valeur nutritionnelle.....	34
IV.3.6.1.2. Consommation.....	35
IV.3.6. 2. Santé.....	36
IV.4. Conclusion.....	36
<b>Chapitre V : Contrôle automatique de l'opération de séchage</b>	<b>37</b>
V.1. Introduction.....	37
V.2. Microcontrôleur.....	37
V.2.1. Généralités.....	37
V.2.2. Contenu d'un microcontrôleur.....	38
V.2.3. Fonctionnement d'un microcontrôleur.....	39
V.3. Afficheurs LCD (Light Control Display).....	40
V.4. Les capteurs.....	41
V.4.1. Généralités.....	41
V.4.1.1. Différents types de capteur.....	42
V.4.1.2. Caractéristiques d'un capteur.....	42
V.4.2. Capteurs de température.....	43

---

V.4.3. Capteurs d'humidité.....	44
V.5. Conclusion.....	44
<b>Chapitre VI : Présentation et réalisation du séchoir solaire</b>	<b>45</b>
VI.1. Introduction.....	45
VI.2. Présentation et réalisation du système.....	45
VI.2.1. Chambre de séchage.....	45
VI.2.2. Capteur solaire.....	49
VI.2.3. Carte de commande et de contrôle .....	52
VI.2.3.1. Présentation des différentes composantes de la carte de commande et de contrôle.....	53
VI.2.3.1.1. Microcontrôleur (18F4550).....	53
VI.2.3.1.2. Caractéristique du pic 18F4550.....	53
VI.2.3.1.3. Présentation de la mémoire externe .....	54
VI.2.3.1.4. Afficheur LCD .....	55
VI.2.3.1.5. Clavier.....	57
VI.2.3.1.6. Horloge temps réel.....	58
VI.2.3.1.7. Utilisation du circuit intégré L293D.....	59
VI.2.3.1.8. Mesure de l'humidité de l'air dans la chambre de séchage.....	60
VI.2.3.1.9. Mesure de la température de l'air dans la chambre de séchage.....	61
VI.2.3.1.10. Ventilateur.....	62
VI.2.3.1.11. Circuit d'alimentation en électricité.....	63
VI.3. Principe de fonctionnement du système.....	64
VI.4. Conclusion.....	64
<b>Chapitre VII : Essais réels du séchoir</b>	<b>65</b>
VII.1. Introduction.....	65
VII.2. Séchage de la tomate.....	68
VII.2.1. Préparation du produit.....	68
VII.2.2. Protocole expérimental.....	69
VII.2.3. Résultats et interprétations.....	70
VII.2.3.1. Partie 1.....	70
VII.2.3.2. Partie 2.....	82
VII.3. Séchage de l'abricot.....	87

## Sommaire

---

VII.3.1. Préparation du produit.....	87
VII.3.2. Protocole expérimental.....	87
VII.3.3. Résultats et interprétations.....	88
VII.4. Conclusion tirées des essais.....	99
VII.5. Performances du séchoir.....	100
VII.6. Conclusion.....	101
<b>Conclusion générale</b>	<b>102</b>
<b>Références bibliographique</b>	<b>104</b>
<b>Annexes</b>	<b>109</b>

## Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'étude est la réalisation d'un séchoir solaire adapté au contexte algérien avec de la matière première locale. Le séchoir solaire sera équipé d'un système de contrôle et de régulation électronique, de la température, de l'humidité et de débit d'air asséchant ainsi que la fin de séchage. La seule source d'énergie de ce séchoir est le soleil.

**Mots clés :** Séchoir solaire, contrôle, régulation, microcontrôleur, énergie solaire.

## Abstract

The objective of this final project study is the realization of a solar dryer adapted to the Algerian context with the local raw material. The solar dryer is equipped with a control system and electronic control of temperature, humidity and airflow drying and the end of drying. The only source of energy for this dryer is the sun.

**Key words:** Solar dryer, control, regulation, microcontroller, solar energy.

## ملخص

الهدف من هذا المشروع لنهاية الدراسة هو انجاز مجفف شمسي متكيف مع السياق الجزائري وبالمواد الخام المحلية. وقد تم تجهيز المجفف الشمسي بنظام التحكم والسيطرة الالكترونية في درجة الحرارة والرطوبة وتدفق الهواء للتجفيف ونهاية التجفيف. المصدر الوحيد للطاقة لهذا المجفف الشمسي هو الطاقة الشمس.

**كلمات البحث:** المجفف الشمسي، السيطرة والتحكم الالكتروني، المتحكم الالي، الطاقة الشمسية.