

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA
-ADRAR -



جامعة أدرار-أدرار

Année/2021

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Chimie

Option : Chimie de l'Environnement

Thème

*Etude De Séchage Et Caractérisation
Physicochimique Et Hygiénique D'un Produit
Alimentaire Du Site D'Adrar*

Présenté Par :

M^{elle} : Briki Alia

M^{elle} : ZIDANI Zaouia

Devant le jury composé de:

Mr.LAKSACI Hamza

Président

Université Ahmed Draia-Adrar

Mr. Loumani Akil

Rapporteur

UERMS-Adrar

Mr. Gaffour Hafida

Examineur

Université Ahmed Draia-Adrar

Année Universitaire 2020/2021

Dédicace

Au nom de l'amour et de la tendresse, je dédie les fruits de mon travail à ma « Mère bien-aimée », qui ne peut être décrite avec des mots, à celle qui m'a veillé la nuit et a supervisé mon éducation, et dont les prières étaient le secret de mon Succès.

Je le dédie également à celui dont je porte fièrement le nom, mon cher père, qui « a connu l'adversité et la misère pour le bien de mon éducation ».

Et pour ceux qui attendaient avec impatience ma réussite avec des regards remplis d'espoir, mes frères, « Moubarak, Abd al-Salam, Saleh.

A ceux qui m'ont aidé avec gentillesse et tendresse et m'ont appris l'amour de la vie et comment y faire face, mes sœurs, "Mabrouka, Khadija, Souad, Ikram et Khaira" "l'épouse de mon frère aîné".

Avec innocence et un sourire pour les petits bourgeons et la joie de la famille "Ibrahim. Amin et Fatima Al-Zahra".

A mon compagnon de vie et à ceux qui partagent mes difficultés de près ou de loin, mon cher fiancé « Fateh » et « sa mère ».

A mes amies bien-aimées « Maryama, Aisha, Mabrouka » et « Alia » qui m'ont aidé tout au long de la réalisation de ce travail, notamment « Batoul ».

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à mes oncles et tantes et à tous leurs enfants, chacun en son nom, et je n'oublie pas mon aimable famille "Zidani", petits et grands, en plus de la famille "Bahrou".

zaouia

Dédicace

A ceux qui n'ont ménagé aucun effort dans mon éducation, ma tendre mère.

A celui qui n'a pas lésiné sur moi et n'a ménagé aucun effort pour répondre à mes demandes et m'accompagner, mon cher père.

A ma grand-mère et à l'âme pure de mon grand-père, que Dieu lui fasse miséricorde.

A mes très chers frères, Belkacem, et Djilali, Abdel-Wahhab, El-seddiki, Abdul Hai et mes belles sœurs, "Fatima", "Safiia", "Khadija", et la petite fille à la maison "Saida".

A tous les membrants de ma familles et toute personne qui porte les noms "Briki" et "Bakbi".

A mon cher M. Abd el hak qui m'a aide et supporté dans les moments difficiles.

Aux tous les collègues et compagnons qui a partagé avec moi tous les moments, Asma, Khadija, Aziza, Salima, en particulier mon amie Zaouia avant d'être binôme, Batoul ma sœur, qui m'est née de la vie.

A tous les professeurs et professeurs qui m'ont enseigné du primaire à l'université.

A tous personne qui occupe une place dans mon cœur.

A tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail

A tous ceux qui ont impact sur ma vie, et à ceux que mon cœur a aimés et dont ma plume a oublié.

A tous je dédie ce travail.

Alia

Remerciement

Parfois, nous restons confus et incapables d'exprimer nos remerciements aux personnes qui nous ont tant donné. Surtout pour les âmes qui se caractérisent par un don illimité.

Il est de mon devoir de présenter avec fierté, amour et grâce à notre honorable Dr" Loumani Akil", qui nous a aidés tout au long de la période d'achèvement de ce travail.

Nous remercions également le Dr" Mediani Ahmed", les distingués et les assistants de l'équipe de séchage, "Tigani charif" et "Djaber Abdel Karim", pour tous les précieux conseils et informations qui ont contribué à enrichir le sujet de notre étude. En plus de l'équipe de l'unité de séchage.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidés et soutenus et nous ont donné des conseils ou nous ont aidés de près ou de loin . Nous remercions tout particulièrement le directeur de la Direction de l'Agriculture de l'Adrar, qui a épargné en nous donnant des informations qui contribuent à compléter nos recherches scientifiques.

Et enfin, merci à nos professeurs, de qui nous avons reçu des connaissances tout au long de nos études.



Les tableaux

Introduction général

Tableau I.1 : La production d'aubergine dans le wilaya d 'Adrar.....2

Chapitre III : généralités sur l'aubergine

Tableau III.1 : Compositions nutritionnelles d'aubergine.....27

Tableau III.2 : Cinq stades de croissance d'aubergine.....31

Chapitre IV : Partie expérimentale

Tableau IV.1 : Les caractéristiques de l'aubergine choisie.....38

Tableau IV.2 : Préparation de la courbe d'étalonnage de glucose.....45

Tableau IV.3 : Résumé informations relatives les a bactéries recherchées.....58

Tableau IV.4 : Résultats du taux humidité.....63

Tableau IV.5 : Résultats du taux matière sèche.....64

Tableau IV.6 : Résultats du la teneur en matière organique.....64

Tableau IV.7 : Résultats du la teneur en cendre.....65

Tableau IV.8 : résultats de PH.....66

Tableau IV.9 : Résultats de la teneur en fibre brutes de l'aubergine.....66

Tableau IV.10 : Résultats du le teneur des sucres réducteur.....67

Tableau IV.11 : Résultats du taux des lipides.....68

Tableau IV.12 : Résultats d'activité d'eau.....69

Tableau IV.13 : Les résultats d'analyses microbiologies de l'aubergine de trois échantillons70

Liste des figures

Liste des figures

Chapitre : généralités sur les énergies renouvelables

Figure I.1 : Les énergies renouvelables.....	5
Figure I.2 : Les éoliennes horizontales	6
Figure I.3 : Les différentes formes d'énergie hydraulique	7
Figure I.4 : Principe de fonctionnement de central hydroélectrique	8
Figure I.5 : L'énergie géothermique	8
Figure I.6 : L'énergie de la biomasse.....	10
Figure I.7 : Les deux types d'énergie solaire.....	10
Figure I.8 : Schéma modélisant le solarise thermique.....	11
Figure I.9 : Fonctionnement d'un panneau Solaire.....	12
Figure I.10 :L'unité de Recherche dans les énergies renouvelables en milieu saharien.....	14

Chapitre II : Généralités sur le séchage solaire

Figure. II.1 : Représente les différentes formes de la cinétique du séchage.....	20
Figure II.2 : Le séchage soleil indirect.....	23
Figure. II.3 Le séchage au soleil.....	24

Chapitre III : généralités sur l'aubergine

Figure III.1 : Diversité d'aubergine	28
Figure III.2 La morphologie d'aubergine.....	28
Figure III.3 : Classification botanique d'aubergine.....	29
Figure III.4 : Description botanique des fruits à feuilles d'aubergine.....	30
Figure III.5 : Différents stades de développement de l'aubergine.....	32
Figure III.6 : Maladies et parasites de l'aubergin.....	35

Chapitre IV : Partie expérimentale

Figure IV.1 : Découpage l'aubergine en tranches 1cm.....	39
Figure IV.2 : Pesée la masse de claie vide	40
Figure IV.3 : Pesée la masse initiale dans les claies	40
Figure IV.4 : Les claies placées dans le séchoir.....	40
Figure IV.5 :La claie exposée au soleil	40
Figure IV.6 : Pesé la mase de la creuset.....	41
Figure IV.7 : Pesé la masse initiale d'aubergine.....	41
Figure IV.8 : Les creusets placés dans un étuve.....	41
Figure IV.9 : les échantillons d'aubergine placés dans le four moufle.....	42
Figure IV.10 : Détermination l'acidité par titrage	43
Figure IV.11 : Détermination du pH avec un PH mètre.....	43
Figure. IV.12 : La courbe de L'étalonnage.....	45
Figure IV.13 : Préparation des échantillons	46

Liste des figures

Figure IV.14 : Filtration du mélange avec pompe à vide.....	46
Figure IV.15 : Lecture la D.O par spectrophotométrie UV- VIS.....	46
Figure IV.16 : L'extraction par l'appareil de souxhlet.....	48
Figure IV.17 : Ballon dans le rota vapeur	48
Figure IV.18 : Pesée (ballon +matière sèche)	48
Figure IV.19 : La Peser de cendres d'aubergine	49
Figure IV.20 :L'appareil de minéralisation	50
Figure IV.21: Le distillateur.....	51
Figure IV.22 : Mesure l'activité de l'eau	51
Figure. IV.23: procédés de préparation des milieux de culture.....	52
Figure. IV.24 : préparation de la dilution mère et dilution décimales.....	53
Figure. IV.25 : L'incubation.....	53
Figure. IV.26 : Lecteur et dénombrement.....	54
Figure. IV.27 : méthode de coulée le milieu de la culture dans la boîte pétrie.....	56
Figure. IV.28 : Schéma d'ensemencement des levures et moisissures.....	56
Figure IV.29 : Schéma de dénombrement des levures et moisissures	56
Figure IV.30 : Schéma de dénombrement des <i>staphylococcus</i> areus.....	58
Figure IV.31 : cinétique du séchage d'aubergine en fonction du temps.....	61
Figure IV 32 : Aubergine sèche.....	61
Figure IV.33 : L'aubergine séchée et emballées en sous vide.....	62
Figure IV.34 : Le taux de la teneur en eau de l'aubergine.....	63
Figure IV.35 : La teneur en matière sèche de l'aubergine de trois échantillons.....	64
Figure IV.36 : la teneur en matière organique de l'aubergine de trois échantillons.....	65
Figure IV.37 : la teneur en cendre de l'aubergine de trois échantillons.....	65
Figure IV.38 : Résultats de détermination du PH de l'aubergine de trois échantillons.....	66
Figure IV.39 : Résultat de fibre brutes d'aubergine de trois échantillons.....	67
Figure IV.40: Résultat de la teneur en sucre réducteur de l'aubergine de trois échantillons...67	
Figure IV.41 : Résultat des lipides de l'aubergine de trois échantillons.....	68
Figure IV.42 : Résultat de l'activité d'eau de l'aubergine de trois échantillons.....	69
Figure IV.43 : Résultats montent l'absence de coliformes totaux de l'aubergine.....	70

Les abréviations

Abs: absorption

aw: l'activité de l'eau

C°: Degrée silsum

c-à-d: c'est à dire

Cd: cendre

cm: centimètre

D.O: densité optique

DSA: Direction des services

E.Coli

E1 : aubergine fraiche

E2: aubergine direct

E3: aubergine indirect

F : fibre brute

Fig: figure

g : gramme

G.T : germes totaux

G.watt: Giga watt

g/l: gramme par litre

GES: gaz à effet de serre

h: heur

H:humidité

H2SO4: acide sulfurique

ha: hectare

HAWm: horizontal

Hr: humidité relative

I.R: indice de réfraction

Kcal: kilocalorie

L.M: levure et moisissure

L: litre

M : matière

m : mètre

MG: matière gras

mg: milligramme

Les abréviations

min: minute

ml: millilitre

mm: millimètre

Mo: matière organique

Ms: matière sèche

N: normalité

nm: nanomètre

qx: quinaux

S: solution

s: second

ST.Cocu : staphylococcus

T: température

Te: teneur d'eau

UI: unité international

URER.MS: l'Unité de Recherche en Energies Renouvelable En milieu sahariennes

V: volume

VAW m: vertical axis wind turbine

Sommaire

Dédicace	I
Remerciement	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Les abréviations	VII
Introduction générale	1
Chapitre I : généralités sur les énergies renouvelables	3
I.1. Introduction.....	4
I.2. Définitions.....	4
I.2.1. Energie	4
I.2.2. Energies renouvelables.....	5
I.3. Les types des énergies renouvelables.....	5
I.3.1. Energie éolienne.....	5
I.3.1 .1. Définition.....	5
I.3.1.2. Principe de fonctionnement.....	6
I.3.2. L'énergie hydraulique.....	6
I.3.2.1. Définition.....	6
I.3.2.2. Principe de fonctionnement.....	7
I.3.3. L'énergie Géothermique.....	8
I.3.3.1. Définition.....	8
I.3. 3.2. Principe de fonctionnement.....	9
I.3.4. La Biomasse.....	9
I.3.4.1. Définition.....	9
I.3.4.2. Principe de fonctionnement.....	9
I.3.5. Energie solaire.....	10
I.3.5 .1. Définition.....	10
I.3.5.2. L'énergie solaire thermique.....	11
I.3.5.2.1. Définition.....	11

Sommaire

I.3.5.2.2. Principe de fonctionnement.....	11
I.3.5.3. L'énergie solaire photovoltaïque.....	11
I.3.5.3.1. Définition.....	11
I.3.5.3.2. Principe de fonctionnement.....	12
I.3.5.4. Les applications et les utilisations d'énergie solaire.....	12
I.4. conclusion.....	12
I.5. La zone de travail.....	14
Chapitre II : Le procédé du séchage solaire	16
II.1. Introduction	17
II.2. Historique sur le séchage	17
II.3. Définition du séchage solaire.....	17
II.4. Objectif de séchage.....	18
II.5. Domaines d'utilisation le séchage	18
II.6. Avantages et inconvénients du séchage.....	18
I.6.1. Avantages.....	19
II.6.2 Inconvénient.....	19
II.7. les conditions climatiques.....	19
II.8. La cinétique du séchage et interprétation	20
II.9. Influence des paramètres de l'air sur la cinétique de séchage	21
II.9.1. Influence de la température de l'air.....	21
II.9.2. Influence de la vitesse de l'air.....	21
II.9.3. Influence de l'humidité de l'air.....	21
II.10. Classification des séchoirs.....	21
II.10.1 Les séchoirs solaires directs.....	22
II.10.1.1 Définition.....	22
II.10.1.2 Principe de fonctionnement.....	22
II.10.2. Les séchoirs solaires indirects.....	22
II.10.2.1. définitio.....	22
II.10.2.2. Principe de fonctionnement.....	22
II.10.3. Les séchoirs solaires hybrides.....	23
II.10.4. Les séchoirs solaires mixtes.....	23
II.11. Le séchoir naturel	24

Sommaire

II.11.1. Définition.....	24
II.11.2. Avantages.....	24
II.11.3. Inconvénients.....	25
II.13. Définition et représentation des isothermes de sorption.....	25
III.14. Conclusion.....	25
Chapitre III : généralités sur l'aubergine	26
III.1. Introduction	27
III.2. Origine et diversité génétique d'aubergine	27
III.2.1. Centre d'origine.....	27
III.2.2. Diversité génétique d'aubergine.....	28
III.3. Classification et description botanique d'aubergine	29
III.3.1. Classification botanique d'aubergine.....	29
III.3.2 Description botanique.....	29
III.4. Croissance et développement.....	30
III.4.1. Germination des graines.....	31
III.4.2. Stade de la plantule.....	31
III.4.3. Stade végétatif.....	31
III.4.4. Stade de floraison.....	32
III.4.5 Fructification et maturité.....	32
III.5. Maladies et parasites de l'aubergine	32
III.5.1. Verticilliose.....	32
III.5.2. Oïdium.....	33
III.5.3. Maladies qui aiment l'humidité.....	33
III.5.3.1. Botrytis.....	33
III.5.3.2. Sclérotiniose.....	33
III.5.4. Mildiou.....	33
III.5.5. Araignée rouge.....	33
III.5.6. Trichonemes ou déformation en araignée.....	34
III.5.7. Rêve d'écho de tomate.....	34
III.5.8. Fleurs de thrips.....	34

Sommaire

III.5.9. Aleurode.....	34
III.5.10. Mouche du tunnel.....	35
III.5.11. Prodi nia.....	35
III.6. Conclusion.....	36
Chapitre IV : Partie expérimentale.....	37
IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Matériels.....	38
IV.2.1. Réactifs chimiques.....	38
IV.2.2 Appareillages.....	38
IV.2.3 Matériel végétal.....	38
IV.3. Méthodes et les analyses.....	39
IV.3.1. Suivi la cinétique du séchage d'aubergine.....	39
IV.3.1.1. Préparation de produit.....	39
IV.3.1.2. Protocole expérimentale.....	39
IV.3.2. Les Analyses physico-chimiques.....	40
IV.3.2.1. Détermination du taux Humidité et la matière sèche.....	40
IV.3.2.2. Détermination de la teneur en cendres et Matière Organique.....	42
IV.3.2.3. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101.1974).....	42
IV.3.2.4. Détermination de pH (AFNOR ,1970).....	43
IV.3.2.5. Détermination le teneur des sucres (méthode de Dubois ; 1956).....	44
IV.3.2.5.1. Détermination le teneur des sucres réducteurs (glucose).....	44
IV.3.2.5.2 Détermination de la teneur en sucres totaux.....	46
IV.3.2.6 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode Soxhlet (Bipca, 1970).....	47
IV.3.2.7. Détermination de la teneur en fibres brutes.....	48
IV.3.2.8Détermination du taux de protéines brutes par la méthode de Kjeldhal (Bipea, 1970).....	49
IV.3.2.9 Détermination de l'activité de l'eau.....	51
IV.3.3 Les analyses microbiologiques.....	51
IV.3.3.1 Préparation des milieux de cultures.....	52
IV.3.3.2 Préparation de la dilution mère et des les dilutions décimale.....	52

Sommaire

IV.3.3.3 L'ensemencement.....	53
IV.3.3.4 L'incubation.....	53
IV.3.3.5. Lecture et dénombrement.....	54
IV.3. Détermination des bactéries pathogènes	54
IV.3.1. Recherche et dénombrement des germes totaux.....	54
IV.3.2. Détection et dénombrement des levures et moisissures	55
IV.3.4.Recherche et dénombrement des Coliformes totaux à 37°C.....	57
IV.3.4. Détection et dénombrement des Staphylococcus.....	57
IV.4.Résultat et discussion	59
IV.4 Cinétique du séchage d'aubergine en fonction de temps.....	61
IV.5 Résultats des analyses physico-chimiques	62
IV.5.1. Détermination les résultats du taux Humidité.....	63
IV.5.2. Détermination les résultats du taux Matière sèche.....	64
IV.5.3. Détermination les résultats la teneur en matière organique	64
IV.5.4 :Détermination les résultats la teneur en cendre.....	65
IV.4.3.4. Détermination les résultats du PH.....	66
IV.4.3.5. Détermination la teneur en fibres brutes.....	66
IV.4.3.6. Détermination les résultats le teneur des sucres réducteurs.....	67
IV.4.3.7. Détermination les résultats du taux de lipide (matière gras).....	68
IV.4.3.8. Détermination les résultats de l'activité d'eau.....	69
IV.5. Les résultats d'analyse microbiologie d'aubergine	70
IV.6. Conclusion:	71
IV.7. Conclusion générale :.....	73
Références.....	74
Résumé	

Introduction générale

Introduction générale

L'aubergine est un légume d'été qui a besoin de températures supérieures à 14 °C au la nuit pour le développement et la maturation de ses fruits. L'aubergine se trouve sur des types de formes et de tailles différentes, et il contient une haute valeur du nutritionnelle.

L'aubergine est cultivé à wilaya d'Adrar et ses communes sur la superficie 98.07ha selon les données relevées sur place, la wilaya a enregistré pour l'année 2019 /2020 une récolte de 12571.2 qx de ce produit agro-alimentaire [DSA de Adrar. 2019/2020] (**Tableau. I .1**)

En raison de la disponibilité d'une quantité énorme de cette substance en été, compte tenu de l'aubergine comme légume d'été, et de l'impossibilité d'avoir cette grande quantité, les producteurs sont obligés de vendre leurs marchandises à des prix dérisoires pour se débarrasser de cette production car l'aubergine est périssable, en particulier dans les conditions de chaleur estivale dans la région d'Adrar Pour éviter les problèmes de détérioration rapide de ce produit, il provoque sa forte teneur en eau en plus d'une perte de qualité due à une infection bactérienne associée à une humidité excessive, et ce du côté préventif. Ce dernier a été le plus utilisé au monde depuis des milliers d'années comme les meilleures solutions par rapport à d'autres processus en termes de conservation des produits le plus longtemps possible et de la vitesse qui les caractérise et en raison de la simplicité .

Ce mémoire s'organise en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous tentons de présenter en général les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire .

Le deuxième chapitre, fournit un aperçu sur des notions de bases y compris les principaux concepts sur le séchage (définition, historique, rôle, avantages.....) ainsi que les différents types des séchoirs solaire et leur fonctionnement, le concept des isothermes de sorption.

Le troisième chapitre de renseignements sur l'aubergine en tant que matériel végétal en examinant son histoire, ses caractéristiques, sa composition nutritive et les variétés.

Dans le dernier chapitre se compose de deux parties dont le première est consacré aux réalisation des manipulations pratiques au niveau de laboratoire, utilisation de matériels techniques et végétal

Le deuxième partie de ce chapitre est réservé à l'interprétation des résultats expérimentaux ainsi la cinétique de séchage.

Introduction générale

Tableau. I .1 : Production d'Aubergine- adrar

	Commune	compagne 2019/2020	
		Superficie (ha)	Production (qx)
101	ADRAR	0	0
102	TAMEST	10,5	1160
103	GHAROUINE	0	0
104	REGGANE	10	1250
105	INZEGMIR	0	0
106	TIT	0	0
107	KSAR KADDOUR	5	750
108	TSABIT	0	0
109	TIMIMOUN	6	870
110	OULED SAID	1,5	230
111	ZAOUJET KOUNTA	0	0
112	AOULEF	0,25	5
113	TIMOKTEN	7,5	230
114	TAMENTIT	6	195
115	FENOUGHIL	0	0
116	TINERKOUK	7	1110
117	DELDOUL	3,02	304
118	SALI	5	450
119	AKABILI	0	0
120	METARFA	0	0
121	OULED AHMED TIMI	5,1	730
122	BOUDA	2	300
123	AOUGROUT	6,3	2821,5
124	TALMINE	18	1710
125	BORDJ BADJI MOKHTAR	0	0
126	SEBAA	1,9	195,7
127	OULED AISSA	3	260
128	TIMIAOUINE	0	
Total Wilaya		98,07	12571,2

Chapitre I

généralités sur les énergies renouvelables

Chapitre I : généralités sur les énergies renouvelables

I.1. Introduction

Depuis la préhistoire, l'utilisation de nombreuses sources d'énergies par l'être humain très inévitable pour couvrir ses besoins énergétiques, notamment de maîtrise du feu à celle de l'électricité. Avec la civilisation moderne et les avancées Technologiques dans tous les domine, le besoin en énergie est devenu plus que nécessaire au développement de l'humanité. Avec la forte demande énergétique, l'homme a fait apparaitre des moyens de production d'énergie pour satisfaire ses besoins.

Actuellement, à l'échelle mondiale la seule énergie que l'homme utilise quotidiennement est l'énergie fossile, d'origine organique (le pétrole, le charbon et le gaz naturel)[1]. Ce type de consommation n'est pas neutre sur l'impact environnemental, et leur utilisation provoque des problèmes majeurs. Tout d'abord avec la forte demande d'énergie, l'homme se retrouvera face à un grand manque d'énergie puisque ces dernières sont épuisables à l'échelle du temps humain. Puis l'être humain sera confronté au réchauffement planétaire qui est dû au rejet massif du gaz à effet de serre .Donc, il faut chercher sur une solution écologique pour lutter contre tout ça, il est impératif de faire remplacer ces énergies fossiles Par d'autres énergies appelées « énergies propres et renouvelables», soit pour l'homme c-à-d d'une énergie durable, soit pour l'environnement c-à-d. non polluante. Elle est produite à l'aide des ressources renouvelables fréquentes et variées, on compte d'eux, le marémotrice, la géothermie, le soleil. Ce dernier est une source très puissante.

I.2. Définitions

I.2.1. Energie

On peut définir l'énergie comme la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, un rayonnement électromagnétique ou de la chaleur[2]. Le mot « énergie » d'origine grecque ancien « énergia » qui signifie « force d'action ».

Dans le système international d'unités, l'énergie s'exprime en « joule »; A noter qu'elle peut également être qualifiée de « renouvelable » si les sources ne s'épuisent pas de façon

significative durant son exploitation tandis que les énergies « non renouvelable » disparaissent une fois utilisées[3].

I.2.2. Energies renouvelables

Sont des énergies naturelles inépuisables à l'échelle humaine et représentent des ressources en énergie de la planète, propres, respectueuses de l'environnement[1]. à plupart issues de l'activité solaire.



Fig. I.1 : les énergies renouvelables

I.3. Les types des énergies renouvelables

Il existe plusieurs familles des énergies renouvelables dont :

- L'énergie éolienne
- L'énergie hydraulique
- L'énergie Géothermique
- La biomasse
- L'énergie solaire

I.3.1. Energie éolienne

I.3.1.1. Définition

Est l'énergie qui elle est produite par des aérogénérateurs qui captent à travers leur pales, l'énergie cinétique du vent et entraînent un générateur produisant ainsi de l'électricité d'origine renouvelable. (Avec une puissance mondiale installée de 200GWatt en 2011), l'énergie éolienne est devenue une production majeure d'énergie renouvelable électrique, il est à signaler que la gamme de puissance des aérogénérateurs est très large[2]. Cette puissance obtenue peut servir à:

- Pomper de l'eau, pour le ménage et irrigation
- Faire tourner une machine
- Produire de l'électricité



Fig. I .2 : Les éoliennes horizontales

(Source : <http://www.norme-bbc.fr/eolienne/>).

I.3.1.4. Principe de fonctionnement

Le Principe de fonctionnement de l'énergie éolienne repose sur la conversion de l'énergie cinétique en énergie électrique cette conversion se fait en certaines étapes :

- La force vent fait tourner les pales de l'éolienne qui elles-mêmes font tourner la générateur.
- L'énergie mécanique produit va transformée par ce générateur en énergie électrique par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse pour augmenter la puissance des éoliennes.
- L'électricité est dirigée vers les réseaux électriques ou stockée dans les batteries sous forme d'énergie électrochimique[4].

I.3.2. L'énergie hydraulique

I.3.2.1. Définition

L'utilisation de hydraulique par l'homme comme source d'énergie remonte à 200ans avant notre ère, ce qui fait de l'énergie hydraulique la forme d'énergie renouvelable la plus ancienne, Elle est fournie par la force et le mouvement de l'eau, sous toutes formes : Chut d'eau, cours d'eau, courant marin, marée, vaguesetc[5]2].

L'électricité produite par l'énergie hydraulique d'un cours d'eau ou d'un réservoir est appelée Hydroélectricité.

Aujourd'hui, Hydroélectrités contribuent à plus de 16% de la production mondiale d'électricité.[6]



Hydrolienne

Barrage

Marémotrice

Fig. I.3 : les différentes formes d'énergie hydraulique

(Source : <https://fr.scribd.com/presentation/365553702/Energie-Hydraulique>).

I.3.2.2. Principe de fonctionnement

Les centrales hydrauliques ou hydroélectriques transforment l'énergie mécanique de l'eau en énergie électrique : en s'écoulant ou en tombant d'une grande hauteur, l'eau entraîne une machine tournant la turbine qui transmet cette énergie capable de produire de l'électricité. Cela fonctionne comme des moulins à eau. Les centrales hydroélectriques sont naturellement réapprovisionnées en eau, sans compter l'eau rejetée d'une centrale est renvoyée à la rivière car elle est propre sans qu'aucune modification ne soit apportée[7].

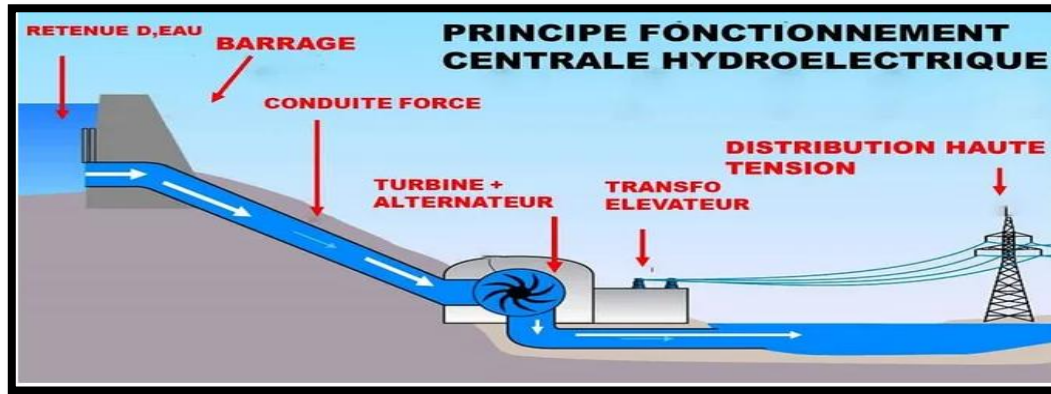


Fig. I .4 : principe de fonctionnement central hydroélectrique

(Source : <https://bricoleurs.info/comment-fonctionne-une-centrale-hydraulique>).

I.3.3. L'énergie Géothermique

I.3.3.1. Définition

Le terme géothermique se partage en deux mots chez les grecs, le premier est « Géo » signifie la terre, le deuxième est « thermos » signifie la chaleur[4]. L'énergie Géothermique désigne l'énergie créée et emmagasinée dans la terre sous forme thermique, Elle est parfois libérée à la surface par des volcans ou des geysers, mais elle peut aussi être accessible à tout moment, comme dans les sources d'eau chaude, La géothermie peut servir à produire de l'électricité ou à chauffer et des réservoirs souterrains enfouis très profondément, elle qui accessibles grâce au forage. Ou de réservoirs plus proches de la surface[5].



Fig. I .5 : l'énergie géothermique

(Source : <https://lenergie-solaire.net/energies-renouvelables/energie-geothermique/production-d-electricite>).

I.3. 3.2. Principe de fonctionnement

Le principe est d'extraire l'énergie contenue dans le sol pour être utilisé pour le chauffage ou pour le convertir en électricité. Partout la température monte de la surface au centre de la Terre[8].

Selon la zone géographique, l'augmentation de température avec la profondeur est très forte et varie de 3°C aux 100 mètres en moyenne jusqu'à 15°C voire 30°C avec la radioactivité naturelle des roches de la croûte terrestre. Elle provient aussi, pour une petite partie, de l'échange de chaleur avec l'intérieur de la Terre dont les températures varient de 1000 ° C à 4300 ° C, et en fonction de cela, cette chaleur ne peut être extraite que lorsque les formations géologiques qui composent le sous-sol sont poreuses, ou perméable et contenir des aquifères.

I.3.4. La Biomasse

I.3.4.1. Définition

Ensemble des matières organique d'origine végétale (algue, incluses), animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie[2].

La biomasse est répartie en quatre catégories : la biomasse sèche (bois, déchets agricoles...), le biogaz, les déchets domestiques renouvelables solides et la biomasse humide (bioéthanol, biodiesel, huile végétal ...) En 2010, La biomasse représentait 7,5% des énergies produites. On devrait atteindre une part de 10% en 2020[4].

I.3.4.2. Principe de fonctionnement

La biomasse peut être utilisée principalement de deux manières :

- En fermentant les déchets, il est possible de capter le gaz méthane ou dit biogaz (méthanisation) et de l'utiliser comme source d'énergie.
- La biomasse elle-même peut être incinérée (combustion).

Dans les deux cas, l'énergie thermique peut être utilisée pour produire de l'électricité en Centrales thermiques. L'intérêt est que le dioxyde de carbone est libéré dans l'atmosphère

pendant la combustion La biomasse ou le méthane est absorbé par les plantes et repousse, remplaçant la biomasse. De cette façon, l'empreinte carbone peut être proche à Zéro[8].

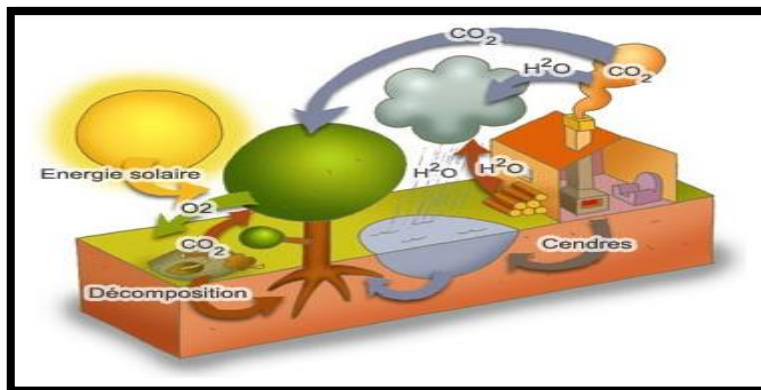


Fig. I .6 : L'énergie de la biomasse

(Source : <http://www.riaed.net/spip.php ?article544>)

I.3.5. Energie solaire

I.3.5 .1. Définition

Le soleil est gratuit et inépuisable à l'échelle des temps humains, l'énergie solaire est l'énergie qui transmise par le rayonnement du soleil directement à travers l'atmosphère, sur la terre elle est donc à l'origine de toutes les énergies à l'exception de l'énergie nucléaire, de la géothermie et la marémotrice. Nous distinguons deux types d'énergie solaire : le solaire photovoltaïque et le solaire thermique[2]

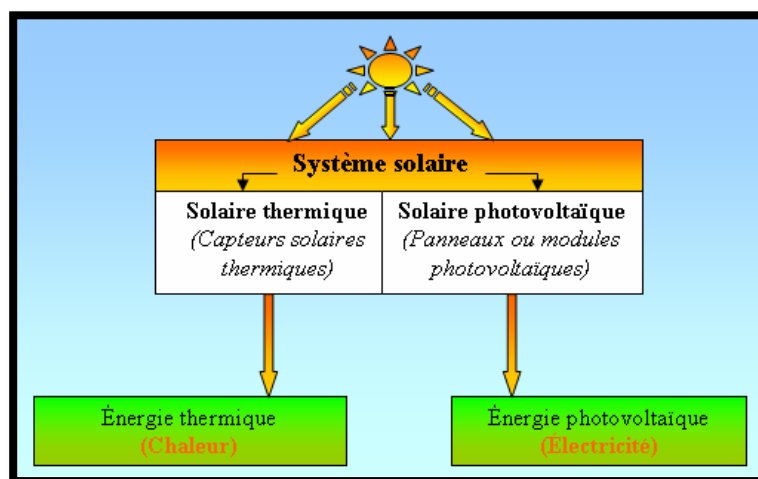


Fig. I .7 : les deux types d'énergie solaire

I.3.5.2. L'énergie solaire thermique

I.3.5.2.1. Définition

Energie qui consiste à utiliser la chaleur du rayonnement solaire, ce rayonnement se décline des différentes façons : centrales solaires thermodynamique, chauffe-eau et chauffage solaire, rafraîchissement solaire, sécheurs solaires[5].

I.3.5.2.2. Principe de fonctionnement

Les panneaux thermiques captent l'énergie solaire et transforment en chaleur qui est utilisée pour chauffage des eaux....

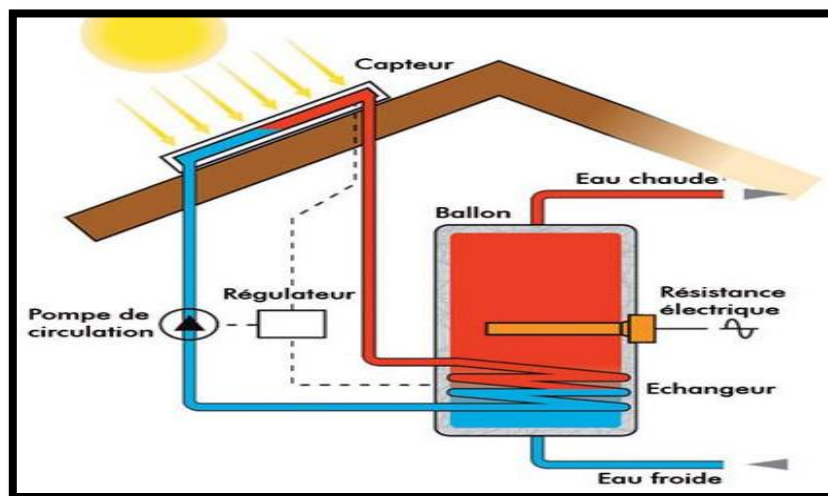


Fig. I .8 : Schéma modélisant le solaire thermique

I.3.5.3. L'énergie solaire photovoltaïque

I.3.5.3.1. Définition

L'énergie photovoltaïque se base sur le fonctionnement des cellules photovoltaïque qui convertissent directement une partie du rayonnement solaire en énergie électrique en donnant un courant continu. Ce courant peut être utilisé soit, sous forme direct pour alimenter un besoin sur place (en association avec un moyen ou stockage en batteries), ou en électricité injectée dans un réseau de distribution électrique[4].

I.3.5.3.2. Principe de fonctionnement

Les photovoltaïques convertissent directement le rayonnement solaire en électricité .les « particules de lumière » appelées photons, frappant certains matériaux libèrent des électrons qui deviennent « libre » et « baladeurs » .En canalisant et en orientant ces mouvements, nous obtenons de l'électricité : celle-ci n'est qu'un mouvement d'électrons[5].

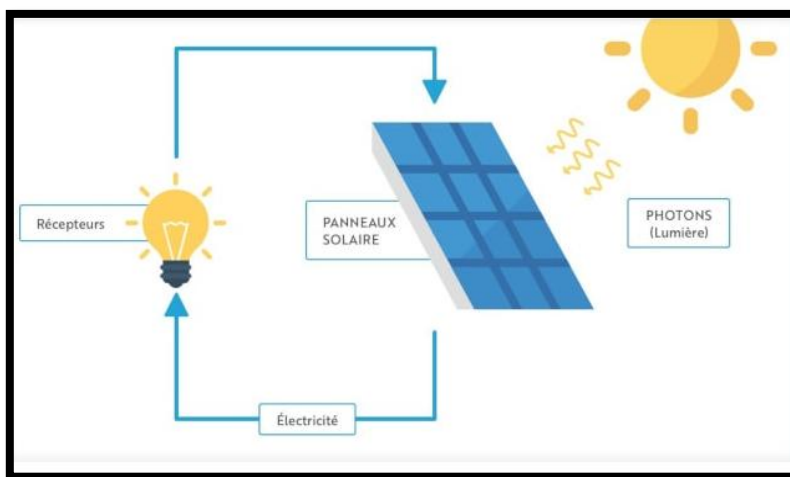


Fig. I .9 : Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque.

I.3.5.4. Les applications et les utilisations d'énergie solaire

Il existe actuellement plusieurs modes d'utilisation de l'énergie solaire et le plus utilisés sont[2] :

- L'électricité solaire photovoltaïque, pour le pompage de l'eau, l'éclairage. Réfrigérateuretc.
- Le chauffage Le séchage des produits agroalimentaires
- solaire sous forme de chauffe-eau, de chauffage d'habitation, etc.
- La cuisson solaire
- La distillation solaire

I.4.conclusion

Dans ce chapitre, nous avons définis les différentes sortes d'énergies renouvelables d'une manière générale, puis nous avons développés de manière particulière l'énergie solaire car cette dernière présente une vraie alternative par rapport aux énergies fossiles. En plus de l'inépuisable de l'énergie solaire, c'est une énergie qui n'émet pas de gaz à effet de serre,

Chapitre I : généralités sur les énergies renouvelables

donc qui respecte et protège notre environnement. Cette énergie a plusieurs applications dont la plus connue et la plus ancienne est le séchage des denrées alimentaires à l'énergie thermique en raison de ses avantages en termes de conservation des denrées alimentaires et de leur disponibilité en toutes saisons, en plus d'assurer la sécurité alimentaire d'un point de vue économique et hygiénique.

I.5. La zone de travail

L'Unité de Recherche en Energie Renouvelable en Milieu Saharien (URER.MS) est une structure de recherche, créée par Arrêté ministériel n°76 du 22 mai 2004 au sein de l'EPST centre de développement des énergies renouvelables de Bouzaréah.



Fig. I.10 : L'Unité de Recherche en Energie Renouvelable en Milieu Saharien à Adrar
(Source : <https://www.cder.dz/spip.php?article1393>)

Les activités de recherche scientifique et de développement, Technologie menée l'URER.MS s'inscrivent dans le cadre du programme national de recherche en énergies renouvelables, considéré par les pouvoirs public comme prioritaire et mobilisateur.

La vocation essentielle de l'unité est la recherche scientifique appliquée et le développement technologique. Elle est chargée d'entreprendre des activités de recherche et expérimentation pour la promotion et le développement des énergies renouvelables dans les régions sahariennes il s'agit de :

- Collecter, exploiter traiter et analyser l'ensemble des données nécessaires à une évaluation précise des gisements solaire, éolien, et de biomasse dans les régions sahariennes,
- Effectuer des travaux scientifiques et technologiques sur la conception et le développement des dispositifs et équipement de conditionnement d'énergie solaire et de biomasse.

Chapitre I : généralités sur les énergies renouvelables

Procéder à des études relatives à la qualification des sites d'installation des systèmes d'énergie solaire et éolienne, Entreprendre des travaux d'essai, d'observation, d'expérimentation, d'exploration ,de mesure, de fiabilité et d'endurance des équipements d'énergie solaire et éolienne, Entreprendre des travaux de production et de valorisation de la biomasse à des fins énergétiques, environnement et agronomiques.

Les programmes de recherche et de développement qui sont entrepris ont pour objectifs, d'une part, de consolider les activités sur le solaire déjà entreprises et de développer d'autre activités sur la biomasse et éolienne, tout aussi importantes dans la région d'Adrar.

Chapitre II

le procédé du séchage solaire

Chapitre II : Le procédé du séchage solaire

II.1. Introduction

Le séchage est l'une des méthodes les plus anciennes utilisées dans la conservation des aliments, car il permet d'éliminer l'eau des aliments pour empêcher l'activité des micro-organismes. Il aide également à réduire le poids et la taille du produit pour faciliter le transport et le stockage.

Cependant, le séchage des aliments les rend directement sensibles à de nombreux polluants, y compris le vent et la poussière du sol. Cela a conduit les chercheurs et les penseurs à recourir aux meilleures méthodes de séchage pour obtenir des aliments séchés avec un minimum de mal[9].

II.2. Historique sur le séchage

Le séchage est une technique très anciennement utilisée pour la conservation des produits agricoles et alimentaires (céréales, graines, fourrages, viandes et poissons séchés, jambons, figes, noix, tabac, etc.), ou pour l'élaboration des matériaux (briques de terre sèche, céramiques, poterie avant cuisson, bois,...), ou pour les textiles (lavage, teinture,...) et les peaux. Pour ces applications traditionnelles, on fait encore beaucoup appel au séchage par l'air ambiant dit « naturel », le séchage dit « artificiel » avec apport d'énergie, n'étant qu'une technique complémentaire apportant une plus grande régularité face aux aléas climatiques, ou bien apportant de nouveaux services (lait sec ou café dits « instantanés », pâtes alimentaires sèches à longue conservation, etc.) [10]

II.3. Définition du séchage solaire

Le séchage est le processus consistant à réduire l'activité du produit liquide au point d'inhiber les réactions enzymatiques et l'oxydation, ainsi que le développement de micro-organismes. L'obtention du produit final dit « sec » sous la forme d'un solide de composition éventuellement variable. Volume « solide fendu » ou poudre. Ainsi le produit passe de l'état

Chapitre II: le procédé du séchage solaire

initial dit « humide » selon l'état solide ou liquide à l'état final dit « solide sec », même s'il contient encore la teneur en eau résiduelle[11].

II.4. Objectif du séchage

L'objectif est atteint en réduisant l'humidité disponible ou l'activité de l'eau à un niveau qui empêche la croissance et le développement de micro-organismes responsables de la détérioration et des maladies, réduisant ainsi l'activité des enzymes et le taux d'apparition de changements chimiques indésirables. Un emballage approprié est nécessaire pour maintenir un faible niveau d'eau pendant le stockage et la distribution. Les principaux objectifs technologiques du séchage des produits alimentaires sont :

- Conservation des aliments en raison de l'activité réduite de l'eau
- la réduction du poids et du volume des aliments
- Transformation des aliments sous une forme plus appropriée pour le stockage, l'emballage, le transport et l'utilisation.
- Produit alimentaire souhaitable tel que différentes saveurs, textures, etc., c'est-à-dire la création d'un nouvel aliment (par exemple, transformation des raisins en raisins secs)[12].

II.5. Domaines d'utilisation le séchage

Si le séchage consomme beaucoup d'énergie, c'est parce qu'il est présent dans de nombreuses industries. Les produits concernés nous touchent souvent de près dans la vie quotidienne. Le processus de séchage peut être choisi pour diverses raisons :

- Le produit humide ne se conserve pas bien
- Le fluide doit être retiré pour continuer le processus.
- L'élimination de l'eau donne la texture et la texture finales au produit et fait partie intégrante du processus.
- Le coût du transport est plus élevé en présence de liquide[13].

II.6. Avantages et inconvénients du séchage

I.6.1. Avantages

Chapitre II: le procédé du séchage solaire

Les principaux avantages du processus de séchage sont :

- La simplicité de la méthode avec un bon rendement en général
- Le procédé est universel, accessible à tous y compris aux particuliers.
- La durée de conservation des aliments séchés peut être de plusieurs mois
- Inactivation des enzymes responsables de la détérioration des aliments
- Empêcher la croissance des micro-organismes en réduisant l'activité de l'eau
- Sa capacité à être utilisée à des fins commerciales pour réduire les pertes de récolte
- Réduire les coûts financiers et environnementaux associés au transport des marchandises grâce à la réduction globale [14]

II.6.2 Inconvénients

Les auteurs citent résumé des inconvénients du séchage comme suit :

- Perte de vitamine A (3% des légumes) après 6 mois de stockage.
- Modification de la vitamine B1 (10 à 20 %).
- Perte de vitamine C (35) lors de la dissolution des protéines, entraînant un goût cuit.
- Migration des composants solubles.
- Une couche gommeuse imperméable est formée après séchage
- Concentration colorante après haute température.
- Coût élevé de l'énergie[15].

II.7. les conditions climatiques

La mise en œuvre du système de séchage est étroitement liée aux conditions climatiques de la zone sélectionnée. Trois cas typiques peuvent être distingués :

1. Dans les pays arides à haute température et à l'air sec, toujours séchage traditionnel meilleur rapport qualité / coût de production
2. Dans les zones très ensoleillées mais très humides, les séchoirs solaires directs et indirects sont une alternative intéressante
3. Dans des conditions climatiques limitées de séchage solaire (période de récolte pluvieuse), les systèmes hybrides utilisés sont la meilleure solution. L'énergie solaire ne fait que la compléter.

Cette classification est précise en fonction des caractéristiques climatiques locales et des périodes de maturation des fruits et légumes[13]

II.8. La cinétique du séchage et interprétation

La courbe de séchage par entraînement d'un produit granulaire peut être obtenue en disposant celui-ci en couche mince (1 à 3 cm) sur une claie perforée. On fait traverser celle-ci par un courant d'air chaud dont le taux d'humidité et la température sont contrôlés et maintenus constants. Le taux d'humidité du produit est mesuré à intervalles de temps réguliers ou éventuellement en continu. En portant le taux d'humidité du produit n_s (rapporté à la matière anhydre) en fonction du temps t , on obtient une courbe de séchage dont la forme la plus complète (c'est-à-dire lorsque toutes les phases de séchage existent) est donnée sur la figure (1). On constate que la courbe de séchage ainsi définie présente différentes parties qu'il est possible de mieux mettre en évidence en utilisant un autre mode de représentation.

En portant les différentes valeurs de la pente de la courbe $n_s = f(t)$ donc la vitesse de séchage ($\frac{dn_s}{dt}$) en fonction du temps, on peut obtenir une nouvelle courbe dont l'allure est donnée sur la figure (1)[11].

Krischer a proposé un autre mode de représentation : la vitesse de séchage n_s / dt en fonction du taux d'humidité n_s conduit à la courbe représentée sur la figure (1).

Ces 3 types de représentation mettent en évidence l'existence de plusieurs phases pendant le déroulement du séchage. Toutes ne sont pas systématiquement observables[11].

- Dans le cas où elles sont identifiables, on distingue :
- — la phase transitoire de mise en température du produit à sécher (AB) ;
- — la phase à vitesse de séchage constante (BC) ;
- — la phase à vitesse de séchage décroissante (CD).
- "C" est le point critique du séchage.

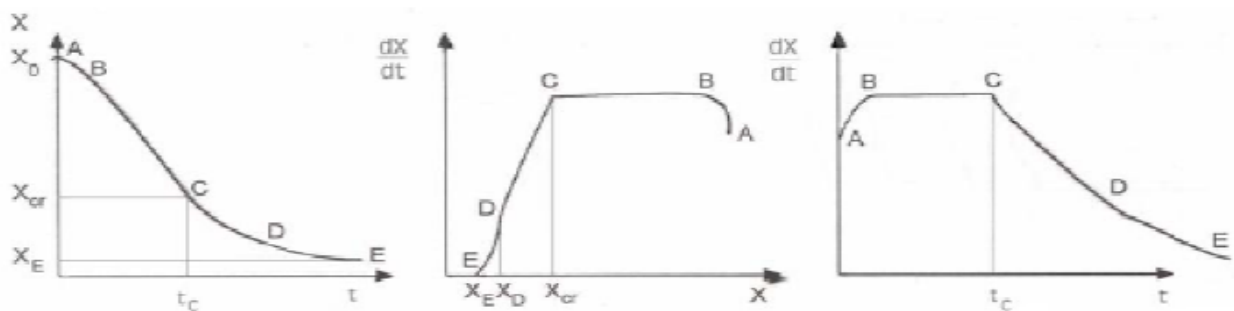


Fig. II.1 : représente les différentes formes de la cinétique du séchage

II.9. Influence des paramètres de l'air sur la cinétique de séchage

II.9.1. Influence de la température de l'air

Cela est dû à la température du produit, qui augmente en importance en raison de la température élevée de l'air, par conséquent, les taux de diffusion de l'eau dans le produit augmentent avec l'augmentation de la température [16].

II.9.2. Influence de la vitesse de l'air

La vitesse de l'air a un effet positif sur la cinétique de séchage, en particulier au début du processus, pour les produits dont la cinétique de séchage est contrôlée par la migration interne de l'eau, l'effet de la vitesse de séchage à l'air devient très faible[16].

II.9.3. Influence de l'humidité de l'air

La teneur en eau dans l'air joue un rôle important dans le comportement de la cinétique de séchage de certains produits. Comme pour la vitesse de l'air, cet effet est plus important au début du séchage et diminue à mesure que la température de l'air augmente[16]

II.10. Classification des séchoirs

Les séchoirs solaires sont généralement classés selon le mode de chauffage ou leur mode de fonctionnement en plusieurs catégories :

1. Les séchoirs solaires directs
2. Les séchoirs solaires indirects
3. Les séchoirs solaires hybrides
4. Les séchoirs solaires mixtes

II.10.1 Les séchoirs solaires directs

II.10.1.1 Définition

Les séchoirs solaires directs sont des appareils faciles à utiliser et à construire. Il offre un large éventail de possibilités de conception : du séchoir en carton adapté aux petites productions, au séchoir en cabine qui permet le traitement de grandes quantités[17]

II.10.1.2 Principe de fonctionnement

Les rayons du soleil frappent directement les produits. Le séchoir solaire direct se compose d'une seule pièce qui sert de chambre de séchage et de capteur solaire. Le fond de la chambre de séchage est peint en noir pour augmenter la capacité d'absorption de chaleur, et Une feuille de plastique transparent ou de polyéthylène est utilisée comme toit, mais d'autres matériaux coûteux comme le verre ou le plastique spécial (polyéthylène agricole) peuvent également être utilisés.

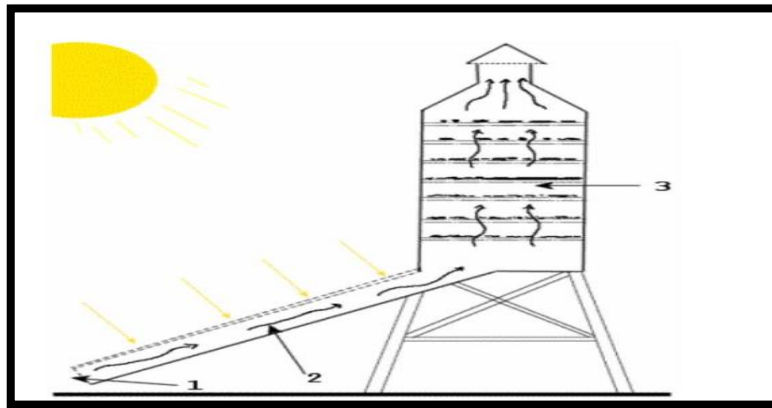
II.10.2. Les séchoirs solaires indirects

II.10.2.1. définition

Ces systèmes sont plus efficaces que les séchoirs directs, ils présentent l'avantage d'une meilleure conservation des propriétés des aliments : couleur, aspect et valeur nutritionnelle. Il est donc particulièrement adapté au séchage de produits alimentaire [9]

II.10.2.2. Principe de fonctionnement

Le séchoir solaire indirect se compose de pièces : un capteur qui convertit le rayonnement solaire en chaleur, une salle de séchage qui contient le produit et une cheminée (figure II.2) qui fait entrer l'air dans le capteur. Il chauffe, sa température monte. L'air chaud monte naturellement dans la chambre de séchage. Le temps de séchage varie selon les conditions climatiques[18]



1. Entrée d'air
2. Partie exposée aux rayons du soleil, sous une vitre.
3. claie.
4. Cheminée

Fig. II .2 : Séchoir solaire indirect

II.10.3. Les séchoirs solaires hybrides

Les recherches ont porté sur les séchoirs hybrides qui utilisent de l'énergie supplémentaire (carburant, électricité, bois, gaz,....etc.) l'apport d'énergie supplémentaire peut être placé à deux endroits différents dans le séchoir :

- Maintenir une température dans la sécheuse à l'aide d'un poêle Gaz, résistance électrique, et feu de bois Dans ce cas, l'énergie solaire devient secondaire, elle permet simplement de préchauffer l'air et la circulation d'air
- augmente grâce aux ventilateurs électriques, ici l'énergie solaire reste la source de chaleur mais le séchoir a une plus grande capacité d'évaporation grâce à une meilleure ventilation [19]

II.10.4. Les séchoirs solaires mixtes

Ces séchoirs combinent sécheurs directs et indirects. Dans ce type de séchoir, l'action combinée du rayonnement solaire direct sur le produit à sécher et du capteur solaire est de fournir la chaleur nécessaire au processus de séchage. Un séchoir mixte à cycle naturel aurait les mêmes dispositifs structurels que le séchoir indirect (collecteur solaire, salle de séchage et

Chapitre II: le procédé du séchage solaire

cheminée) mais les parois sont équipées de panneaux de verre afin que le rayonnement solaire infecte directement le produit comme le séchoir intégré[20].

II.11. Le séchoir naturel

II.11.1. Définition

Le séchage solaire est une technique simple et peu coûteuse qui est considérée comme la technique de conservation des aliments la plus ancienne et la plus utilisée. Là est encore utilisé à ce jour dans certaines régions et consiste à épandre des produits à sécher à l'air libre (figure II.3)

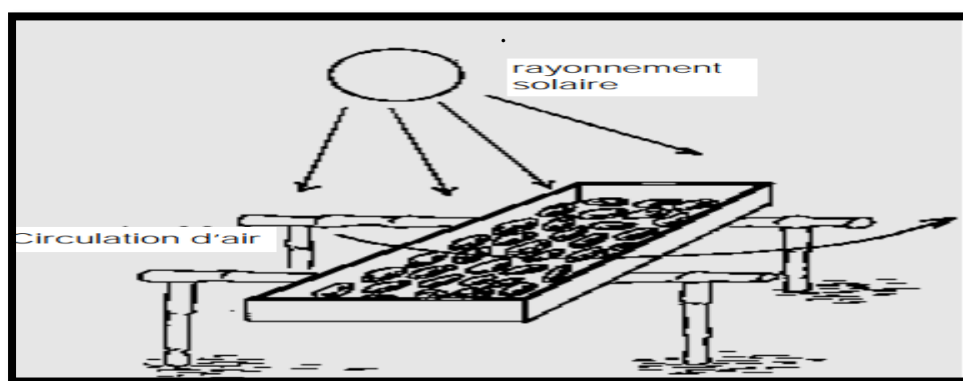


Fig. II .3 : Le séchage au soleil

(Source : **Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes** Expériences et procédés)

II.11.2. Avantages

- Séchage plus rapide
- Très faible coût des matériaux
- Meilleure protection contre la poussière, les insectes et les animaux mais gardez les produits d'extérieur exposés aux mouches[13]

II.11.3. Inconvénients

- Pas de contrôle de processus
- La vitesse de séchage dépend des conditions climatiques
- Il sèche rarement moins d'une journée. La nuit, le produit peut absorber l'humidité de l'air et être exposé à la croissance de moisissures
- Détérioration de la qualité par exposition directe au soleil : Destruction de la vitamine A et C, flétrissement, coloration[13].

II.12. Définition Représentation des isothermes de sorption

L'activité d'eau dans un produit dépend principalement de sa teneur en eau X et sa température T . Selon la courbe représentant pour une température T donnée, la teneur en eau X en fonction de la valeur de l'activité d'eau a_w ou de l'humidité relative de l'air Hr en équilibre est appelée :

Isotherme d'adsorption : Si elle est déterminée empiriquement sur la base d'un produit sec.

Isotherme de désorption : si déterminé empiriquement à partir d'un produit saturé d'eau. La teneur en eau et l'activité de l'eau sont deux concepts importants qui doivent être contrôlés les processus de transformation des aliments des matières premières aux produits finis nécessitent différentes tailles de broyage avec une bonne détermination des conditions opératoires conventionnelles selon le type de produit. Leur fiabilité est motivée par le besoin d'un échantillon représentatif qui rend ces mesures difficiles[21].

III.13. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons évoqué montre que le séchage est une technique ancienne de dépendance et se caractérise par ses avantages et ses inconvénients. Il se compose de plusieurs méthodes naturelles et artificielles. Cette dernière se divise en quatre types principaux, directs et indirects. Mixte et hydrogène Il dispose d'un système approuvé pour réguler la fonction de chaque type spécifique. Il a une large portée.

Pour savoir que le produit s'est déshydraté, il faut suivre le mouvement de son séchage.

Chapitre III

généralités sur l'aubergine

Chapitre III : généralités sur l'aubergine

III.1. Introduction

L'aubergine est représentée originaire de l'Asie du sud, son nom indien *Brinjal* a été progressivement altéré d'une langue latine à l'autre : **beringela** (portugais), **berengena** (espagnol), **merinjano** (provençal), **melanzana** (italien), **alberginya** (catalan), **aubergine** (français) et **baadanjaan** (arabe). C'est le septième légume le plus consommé au monde[22].

Tableau. III .1 : Composition nutritionnelle d'aubergine
(Toutes les valeurs sont pour 100 g de partie comestible)

Nutriments	Valeur	Nutriments	Valeur
Humidité	92,7 %	Calcium	18,0 mg
Fibres	1,3 g	Magnésium	16,0 mg
Protéines	1,4 g	Phosphore	47,0 mg
Lipides	0,3 g	Sodium	3,0 mg
énergétiques	24 Kcal	Cuivre Potassium	0,17 mg
Glucides	4,0 %	B-carotène Acide	2,0 mg
Vitamine A	6, 4 mg (124 UI.)	oxalique	0,74 Hg
Vitamine B	0,15 mg	Chlore	18,0 mg
Vitamine C	12,0 mg	Fer	52,0 mg
Soufre	44,0 mg		0,9 mg

III.2. Origine et diversité génétique d'aubergine

III.2.1. Centre d'origine

Le genre *Solanum* auquel appartiennent les principales cultures maraîchères telles que l'aubergine est prédominant en Amérique centrale et du Sud, mais le centre d'origine d'aubergine est Inde. Qui publie en 1886 puis est certain qu'il s'est propagé de ces pays à d'autres pays d'Asie du Sud-Est, d'Afrique, d'Europe et d'Amérique[23].

III.2.2. Diversité génétique d'aubergine

La diversité génétique d'aubergine se manifeste dans :

- sa morphologie (mode de croissance, vigueur de la plante, pilosité, piquant, couleur, taille et forme des fruits)
- physiologie (période de floraison, besoin en eau et absorption)

caractéristiques biochimiques (amertume des fruits) [23]

espèces Les principales cultivées et sauvages d'aubergine sont illustrées à la figure (1) et(2).

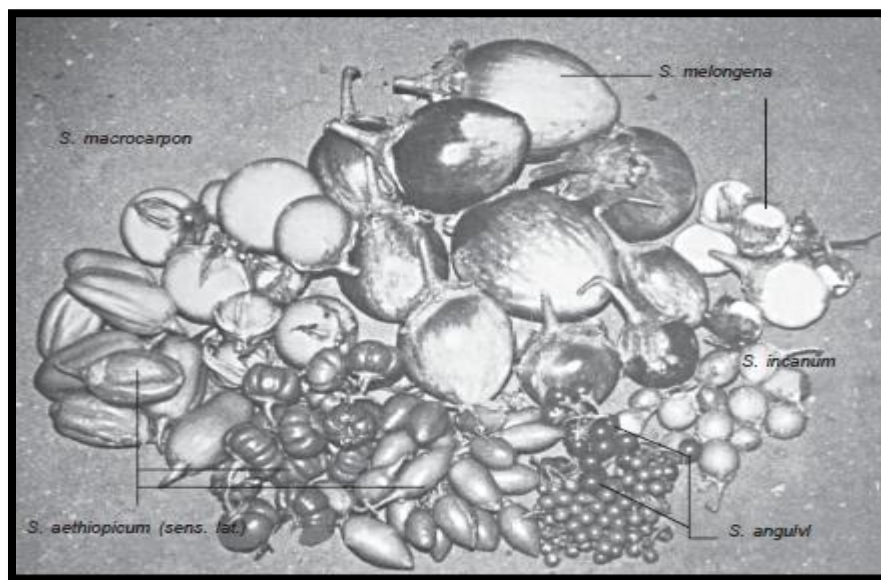


Fig. III .1 : Diversité d'aubergine

(Source : Reproduit avec la permission de Bioversity International (anciennement IBPGR))

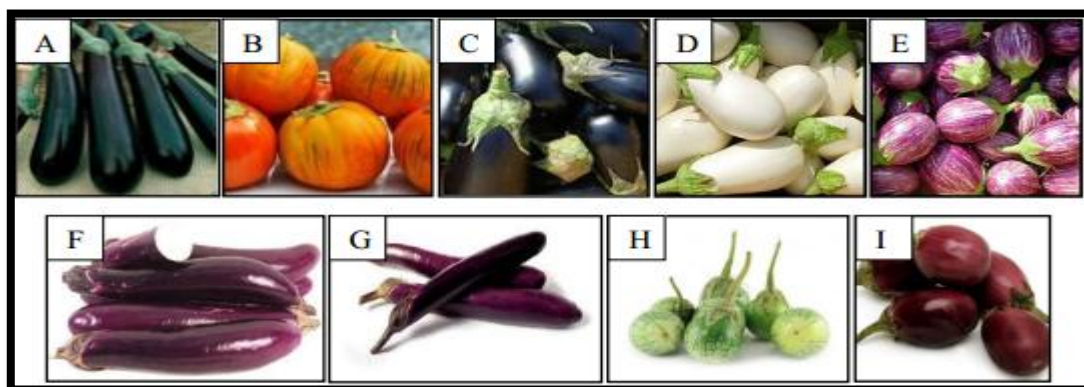


Fig. III .3 : La morphologie d'aubergine

III.3. Classification et description botanique d'aubergine

III.3.1. Classification botanique d'aubergine

L'aubergine appartient à la famille des solanacées et au genre *Solanum*, qui comprend d'autres légumes populaires statut taxonomique est illustré à la figure 1. Les types cultivés sont propres à la consommation humaine et sont divisés en trois variétés principales en fonction de la forme des fruits :

1. *S. melongena* var. *esculentum*. Les cultivars ronds ou ovoïdes
2. *S. melongena* var. *serpentinum* Les types longs et élancés
3. *S. melongena* var. *depressumplan* Les naines d'aubergine [23]

Royaume : Plantae - Plantes
Sous-royaume : Tracheobionta - Plantes vasculaires
Super-division : Spermatophyta - Plantes à graines
Division : Magnoliophyta - Plantes à fleurs
Classe : Magnoliopsida - Dicotylédones
Sous-classe : Astéridés
Commande : Solanales
Famille : Solanacées - Famille de la pomme de terre
Genre : <i>Solanum</i> L. - Morelle
Espèce : <i>S. melongena</i> L. - Brinjal
Nomenclature binomiale : <i>Solanum melongena</i> Linnaeus

Fig. III. 3 : Classification botanique du l'aubergine

III.3.2 Description botanique

L'aubergine présente une racine annuelle d'où s'élève une tige herbacée, rameuse, haute d'un pied et plus, cylindrique, un peu pulvérulente, offrant les aiguillons simples, courts, assez éloignés les uns des autres.

Chapitre III : généralités sur l'aubergine

Les feuilles : sont alternes, pétiolées, ovales, aiguës, sinueuses sur les bords, pubescentes ; pétiole cylindrique, pulvérulent, épineux inférieurement.

Les fleurs : sont très grandes, violacées, solitaires, pédonculées, opposées aux feuilles, ayant souvent un certain nombre de parties surajoutées ; pédoncule d'environ un pouce, pulvérulent et épineux. Calice campaniforme pulvérulent et épineux offrant six ou huit divisions linéaires, aiguës, Corolle rotacée, un peu plissée, divisions presque triangulaires, aiguës, en nombre égale à celui des divisions calicinales. Etamines au nombre de six à huit dans les individus cultivés.

Les fruits : sont de forme variable, subglobuleuse à ovoïde ou allongée, ou piriforme, lustrée, généralement pourpre noir, parfois blanche, pourpre ou jaunâtre, atteignant 30 cm de longueur. Graines nombreuses, petites, brun pâle, comprimées, sub-réniformes, longues de ± 3 mm, finement rugueuses[21].

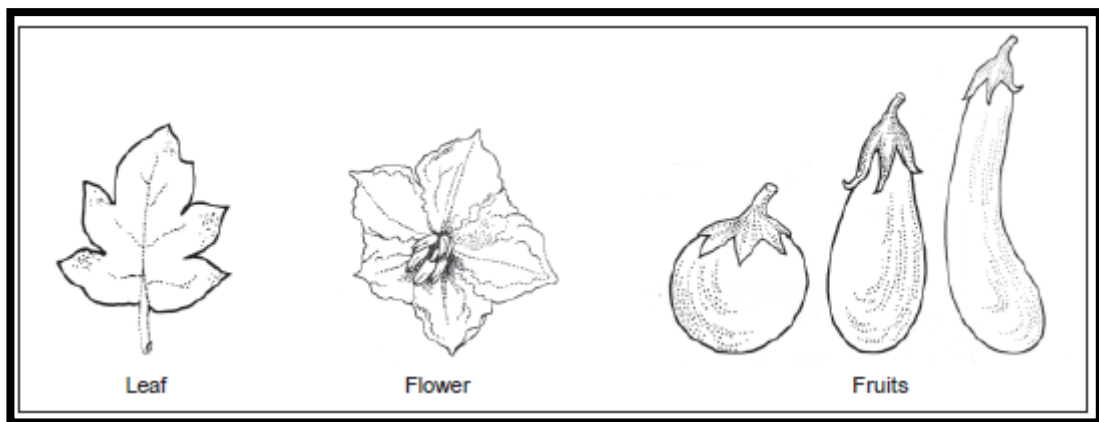


Fig. III .4 : Description botanique des fruits à feuilles d'aubergine

III.4. Croissance et développement

La croissance et le développement d'aubergine impliquent une cinq d'étapes allant de la germination à la maturité :

1. Germination des graines (6-8 jours)
2. Stade des plantules (30-40 jours)
3. Stade végétatif (30-60 jours)
4. Stade de floraison (7-10 jours)
5. Fructification et maturité (20-35 jours)[24]

Chapitre III : généralités sur l'aubergine

Tableau. III .2 : Cinq stades de croissance d'aubergine

N°	Stades de croissance	Durée (en jours) 1
1	Germination des graines (6-8 jours)	6-8
2	Stade des plantules (30-40 jours)	35-50
3	Stade végétatif (30-60 jours)	65- 110
4	Stade de floraison (7-10 jours)	70-120
5	Fructification et maturité (20-35 jours)	90-155

(Source : Agarwal et Munshi, 2008)

III.4.1. Germination des graines

La germination prend généralement 6 à 8 jours selon les différentes variétés/hybrides. Il est affecté par des facteurs environnementaux, notamment l'humidité du sol, la température et divers autres facteurs. Idéalement, une teneur en humidité d'environ 60 % et une température de 30 à 35 °C sont nécessaires pour une bonne germination.

III.4.2. Stade de la plantule

Dans des conditions favorables, les plantules lèvent 30 à 40 jours après le semis. Avant le repiquage, les semis sont durcis en retenant légèrement l'eau et en les exposant au soleil pour réduire le choc de repiquage. Ils sont ensuite abondamment arrosés pendant 12 à 14 heures avant le repiquage. Généralement, les plantules sont prêtes à planter au champ, 5 à 6 semaines après le semis.

III.4.3. Stade végétatif

La croissance végétative commence 30 jours après le semis et se termine avec la floraison, c'est-à-dire de 30 à 60 jours après le repiquage. La croissance végétative soutient la capacité photosynthétique de la plante qui à son tour soutient la floraison et la fructification.

III.4.4. Stade de floraison

Une tige principale d'une dizaine de feuilles se développe avant l'apparition de la première fleur. Selon la période de semis et les conditions agro-climatiques favorables, la floraison a lieu de 45 à 90 jours après le semis.

III.4.5 Fructification et maturité

Le développement des fruits a lieu environ deux semaines après la floraison. Une seule plante d'aubergine peut porter 15 à 40 fruits par saison, mais le nombre peut varier considérablement selon la variété/l'hybride[24].

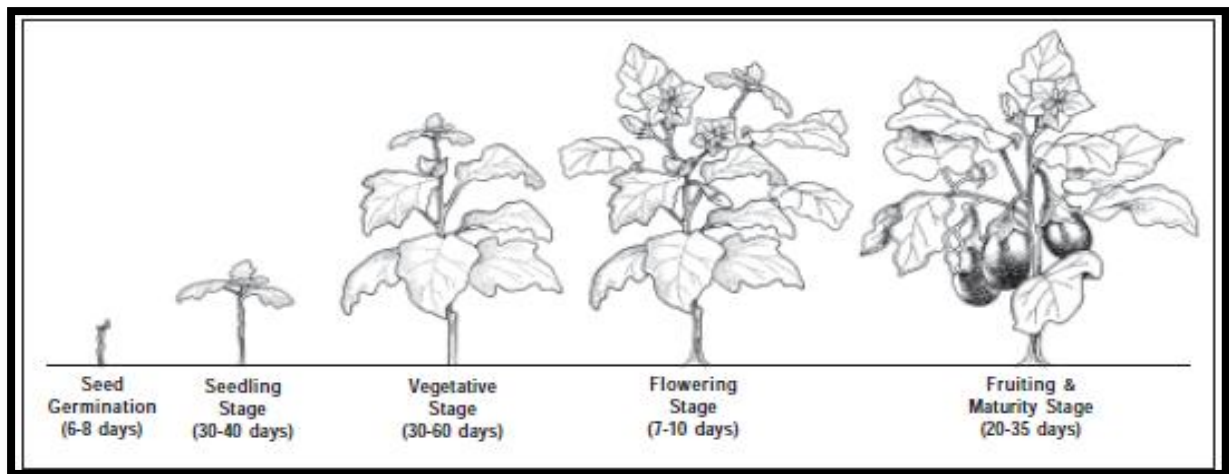


Fig. III .5 : Différents stades de développement d'aubergine

III.5. Maladies et parasites de l'aubergine

III.5.1. Verticilliose

Cela conduit au flétrissement et au jaunissement des feuilles et à la brûlure de leurs bords et à la propagation du bas vers le haut. Lors de la réalisation d'un secteur longitudinal de la tige, une décoloration et une présence dense de petits corps de pierre apparaissent, et elle a besoin d'humidité et de basse température.

III.5.2. Oïdium

Taches pâles avec de minuscules excroissances sur la face inférieure des feuilles inférieures compensées par des taches jaune clair illimitées sur la face supérieure et les taches brunissent puis sèchent

III.5.3. Maladies qui aiment l'humidité

Tels que les Botrytis butterpters, le Sclérotiniose et le mildiou, qui se propagent avec l'arrivée de la pluie ou l'augmentation de l'humidité et des basses températures, à l'exception du mildiou qui n'a pas besoin de chaleur faible

III.5.3.1. Botrytis

Il infecte les fruits et les branches, en particulier les blessés, et entraîne l'apparition de taches de pourriture couvertes de spores grises faciles à voler.

III.5.3.2. Sclérotiniose

Elle affecte les branches et la tige et se présente sous la forme de taches de pourriture recouvertes de feutre blanc entrecoupées de corps de pierre noire, qui se situent à l'intérieur de la tige

III.5.4. Mildiou

Des taches brun foncé avec des anneaux concentriques apparaissent sur les feuilles des deux côtés comme elles apparaissent sur les feuilles du calice.

III.5.5. Araignée rouge

Ce sont de petites araignées d'environ .40 mm de couleur, rouge vif, rouge foncé, orange, jaune ou verdâtre. Elles ont quatre paires de pattes et sont de forme ovale. Elles se

propagent toute l'année et sont très présentes pendant les périodes de sécheresse et chaleur. La présence de poussière et d'irrigation goutte à goutte contribue également à faciliter l'infection. Il se nourrit de La surface inférieure de la feuille absorbe le jus, ce qui conduit à son dessèchement et à son changement de couleur en terne, cassant, facile à casser. Elle accompagne également l'araignée toiles.

III.5.6. Trichonomes ou déformation en araignée

Petites araignées transparentes difficiles à voir car actives et petites, environ 1,3 mm, qui déforment les fruits et les pousses supérieures

III.5.7. Rêve d'écho de tomate

C'est un petit rêve d'environ 0,15 mm de long qui n'est pas visible à l'œil nu. Il absorbe le jus de la plante et donne à la tige une couleur rouille poussiéreuse. Les feuilles des surfaces Supérieure et inférieure deviennent poussiéreuses, déformées et petits, et les fruits deviennent bronzés et secs et ne mûrissent pas facilement.

III.5.8. Fleurs de thrips

C'est un petit insecte semblable aux thrips ordinaires, mais il est de plus petite taille, environ 1,2 mm de long. Il est plus rapide en mouvement, et sa couleur est jaune clair ou brun, selon la saison. Sa présence est concentrée dans les fleurs et dans des endroits cachés, il est donc difficile de le voir. Il provoque des taches dans les fleurs et le noircissement des bords des pétales. Les dommages aux fruits sont légèrement portés par le vent.

III.5.9. Aleurode

Un petit papillon de 1 à 1,4 mm. Il est de couleur blanc jaunâtre et semble émerger d'un monticule de farine. Il est généralement situé sur la face inférieure des feuilles. Il suce la sève des plantes et produit du miellat qui recouvre avec des calmars et attire les fourmis.

III.5.10. Mouche du tunnel

La mouche est noire avec un ventre jaune vif et mesure environ 1,8 mm de long. La larve, qui se trouve généralement au bout du tunnel, est de couleur jaunâtre et mesure environ 2,4 mm de long. Érosion entre la peau de la feuille et cela se traduit par des tunnels qui conduisent au dessèchement de la feuille

III.5.11. Prodi nia

La larve est grande, environ 5 cm de couleur, vert olive ou gris foncé ou noir. Elle dévore les feuilles, provoquant des trous de différentes tailles, et parfois elle se tourne vers les fruits et les endommage, et l'infection est sévère à l'automne.

L'aubergine est également infectée par de nombreux autres parasites tels que le ver piqueur, le flegme, l'hélio, la balusie, la teigne de la pomme de terre, le foreur de tige de l'aubergine et les pucerons[25].

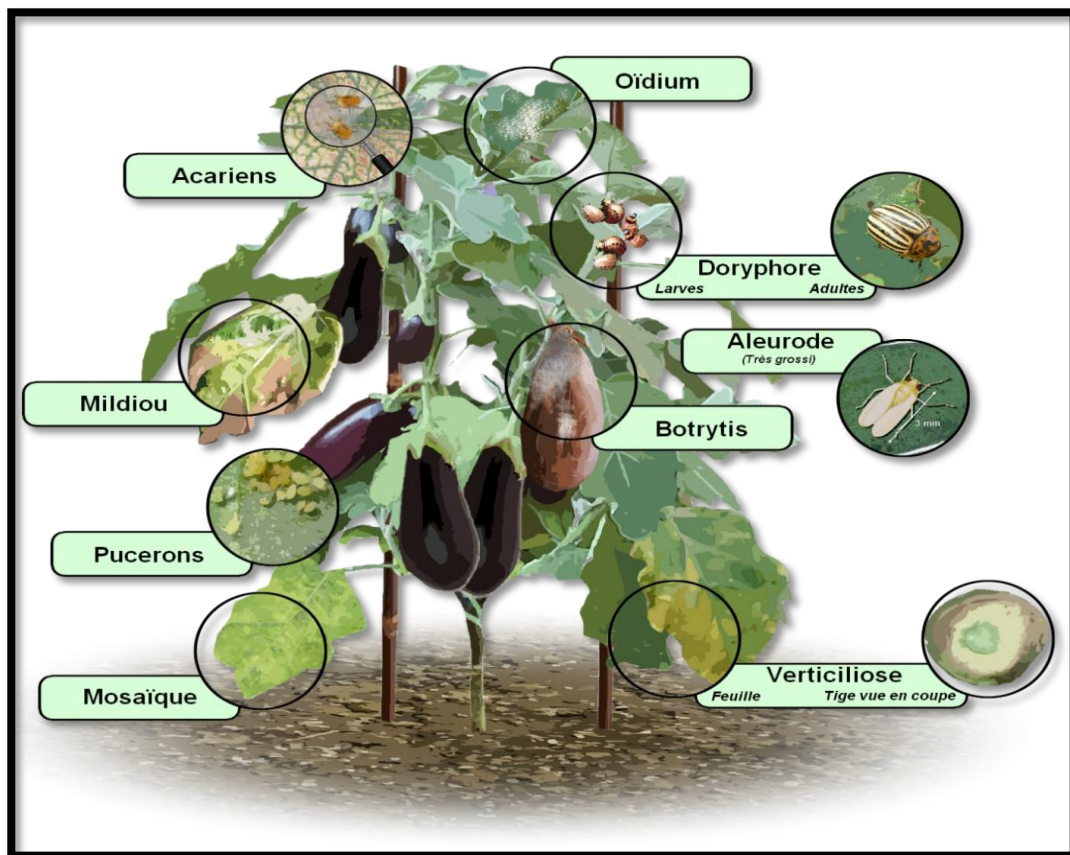


Fig. III .6 : Maladies et parasites de l'aubergine

III.6. Conclusion

A la fin de l'étude, nous concluons que l'aubergine est un fruit d'été avec une valeur nutritionnelle qui profite à la santé du consommateur, car elle est divisée en plusieurs types que nous distinguons entre eux par certaines normes. Ils sont d'origine indienne et ont stades de croissance et de développement, et ils ont certaines maladies qui se partagent des endroits différents .

Chapitre IV

partie expérimentales

IV.1. Introduction

Ce travail a été réalisé dans l'unité de recherche en énergie renouvelables Milieu Saharien à Adrar, au sein de l'équipe de séchage solaire

On étudie dans ce travail cinétique de le séchage solaire d'aubergine et se fait les analyses physicochimiques et microbiologiques d'aubergine avant et après séchage et le séchage solaire direct et indirect.

IV.2. Matériels

IV.2.1. Réactifs chimiques

L'eau distillé -L'acide sulfurique H_2SO_4 -Acide chlorhydrique (HCl) (liquide)- Hydroxyde de sodium (NaOH) (liquide)- Indicateur Phénophtaléine-Phénol (5%) (Liquide)- Bicarbonate de calcium ($CaCO_3$) (solide)-Acétate de plomb ($C_4H_6O_4Pb_3H_2O$) (solide)- Hexane – Acétone-Oxalate de potassium ($K_2C_2O_4 \cdot H_2O$) (solide)-Acide Borique (H_2BO_3)- Sulfate du Cuivre (solide)-Sulfate de Potassium (solide).

IV.2.2. Appareillages

Balance de précision électronique(OHAUS)- PH mètre- Etuve (memmert) ; plaque chauffante munie d'un système d'agitation (VELP scient pica AM4)- Agitateur magnétique- Dessiccateur- Spectrophotomètre UV- (Réfractomètre(ATAGO)- Bain marie-pompe à vide- Four à moufle (Nobertherm)- Rota vapeur- Aw mètre- Les Claies- Bec bunsen-Les verreries.

IV.2.3. Matériel végétal

Tableau. IV .1 : les caractéristiques de l'aubergine choisie

Le produit	Couleur	Lieu du retrouver
Aubergine	Noir	Marché du bouda site D'Adrar

IV.3. Méthodes d'analyse

IV.3.1. Suivi la cinétique du séchage d'aubergine

IV.3.1.1.Préparation de produit

Les étapes nécessaires pour la préparation du produit sont :

1. Acheter bonne qualité de L'aubergine du marché local (souk bouda – Adrar ville).
2. Lavage de produit par l'eau robinet, pour éliminer les impuretés, la boue, les résidus d'insecticides, et autres contaminations.
3. Découper l'aubergine en de tranches 1 cm d'épaisseur.



Fig. IV .1 : Découpage l'aubergine en destranches1 cm

IV.3.1.2.Protocole expérimentale

Après la préparation d'aubergine, nous étalons les masses des claies vides "5 claies " (Figure IV. 2), après le numérotage, puis dépôt des tranches sur les claies, la masse initiale du produit (aubergine) est 400 g par claie (figure IV.3) ,les claies des numéros 1 à 4 mise en place les claies dans le séchoir solaire (figure IV.4) ,et qui porte le numéros 5 mise en place directement dans lieu exposé à la soleil (figure IV.5); et pour suivre la perte de masse des produits au cours de séchage, nous avons effectué les mesures de poids à l'aide d'une balance, l'intervalle du temps de pesée est 1h.

L'ensemble de l'appareillage doit fonctionner au moins une demi-heure avant l'introduction des claies .

L'expérience de séchage est arrêtée lorsque la masse du produit devient constante.



Fig. IV .2 : Pesée la masse de claie vide



Fig. IV .3 : pesée la masse initiale dans les claies



Fig. IV .4 : les claies placées dans le séchoir



Fig. IV .5 : la claie exposée au soleil

IV.3.2. Les Analyses physico-chimiques

IV.3.2.1. Détermination du taux Humidité et la matière sèche

La teneur en matière sèche est déterminée par la méthode A.O.A.C (1980)

- Sécher des creusets vides à l'étuve durant 15 minutes à 105°C.
- Tarer les creusets après refroidissement dans un dessiccateur.
- Poser dans chaque creusets 3g d'aubergine dans l'étuve réglée 105°C pendant 24h.
- Retirer les creusets de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement, l'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 minutes).

Expression des résultats :

Le taux humidité est déterminé selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} * 100$$

H% : Humidité.

M_1 : Masse de la creusets +matière avant étuvage.

M_2 : Masse de l'ensemble après étuvage.

Le teneur de matière sèche est calculé comme suit :

$$\text{Matière sèche}\% = 100 - H\%$$



Fig. IV .6 : Pesé la masse du creuse



Fig. IV .7 : Pesé la masse initiale d'aubergine



Fig. IV .8 : les creusets placés dans une étuve

IV .3.2.2. Détermination de la teneur en cendres et Matière Organique

La quantité d'aubergine (3g) est introduite dans une étuve pendant 24h à 105°C puis dans un four moufle (Nobertherm) pendant 4h à 550°C.

Le pourcentage de la matière organique est donné par la formule suivante :

$$\text{MO}\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} * 100$$

MO% : Matière organique.

M_1 : Masse de la creuset+prise d'essai.

M_2 : Masse de la creuset+cendres

La teneur en cendre (Cd) est calculée comme suit :

$$\text{Cd}(\%) = 100 - \text{MO}(\%)$$



Fig. IV .9 : les échantillons d'aubergine placés dans le four à moufle

IV .3.2.3. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101.1974)

On pèse 25g de l'aubergine dans une fiole conique puis on y ajoute 50ml d'eau distillé récemment bouillie et refroidie, puis on mélange jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène, on chauffe le contenu au bain -marie pendant 30mn.

Chapitre IV: partie expérimentale

Après refroidissement, on verse le mélange dans une fiole jaugée de 250ml en complétant jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Après filtration d'hydroxyde de sodium (NaOH) de 1 ml jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante 30s.

L'acidité triturable est exprimée en grammes d'acide acétique pour 100g de produit

$$A\% = \left(\frac{250 * V_1 * 100}{V_0 * M * 10} \right) * 0.06 = 150 * \frac{V_1}{V_0 * M}$$

V_1 : Le volume en millimètre de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée (0.1N) en ml.

V_0 : Le volume en millimètre de la prise d'essai (ml)

M : La masse, en grammes de produit prélevé(g).

0.06 : Facteur de conversion de l'acidité triturable en équivalent d'acide critique.



Avant titrage



Après titrage

Fig. IV .10 : Détermination de l'acidité par titrage

IV .3.2.4. Détermination de pH (AFNOR ,1970)

• Mode opératoire

- Couper en petits morceaux une partie de l'échantillon ;
- Placer le produit dans un bécher et y ajouter au moins deux ou trois fois son volume d'eau distillée ;
- Chauffer au bain marie pendant 30 min ;

- Détermination la valeur de PH par le PH-mètre

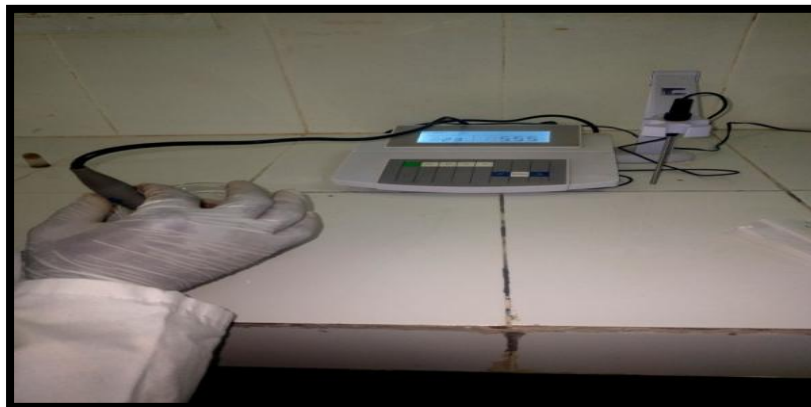


Fig. IV .11 : Détermination du pH par le pH mètre

IV .3.2.5.Détermination le teneur des sucres (méthode de Dubois ; 1956)

IV.3.2 .5.1.Détermination le teneur des sucres réducteurs (glucose)

Le dosage des sucres réducteurs est effectué par la méthode de phénol /acide sulfurique introduite par Dubois et Cool, permet de déterminer la concentration du produit en sucres.

- **Mode opération**

a) Préparation de l'échantillon

On a mélange 1g de produit avec 300ml d'eau distillé et 3g de CaCO_3 , puis le mélange subit un chauffage pendant 30min jusqu'à ébullition avec le maintien d'agitation ; Après le refroidissement de mélange, on complète avec l'eau distillé jusqu'à 1L (1000ml) de solution après avoir mis une petite quantité d'acétate de plomb.

- **1ère filtration**

La 1ère filtration a pour but d'éliminer les protéines par l'acétate du plomb après cette opération, on a ajouté une petite d'oxalate de potassium ;

- **2ème filtration**

Le but de la 2ème filtration a pour but d'éliminer le plomb précipité par l'oxalate de potassium ;

b) Le dosage

Après la 2ème filtration, on a eu un extrait filtré du quel on a pris 1ml qu'on le mélange avec 1ml de phénol (5%) et 5ml de H₂SO₄ concentré avec le maintien d'agitation, les tubes sont maintenus pendant 5min à 100°C après un séjour pendant 30min à l'obscurité. puis on a lu la D.O est respectivement lues à longueur d'onde 490nm par spectrophotomètre UV-VIS.

Les concentrations en sucre sont déterminées en g/L à partir d'une courbe d'étalonnage (tableau).

Tableau. IV .2 : préparation de la courbe d'étalonnage de glucose

Numéro de fiole	Témoin	1	2	3	4
Concentration en glucose g/L	0	0.1	0.2	0.3	0.4
Abs (D.O) à 490nm	0	0.5	1.2	2	2.7

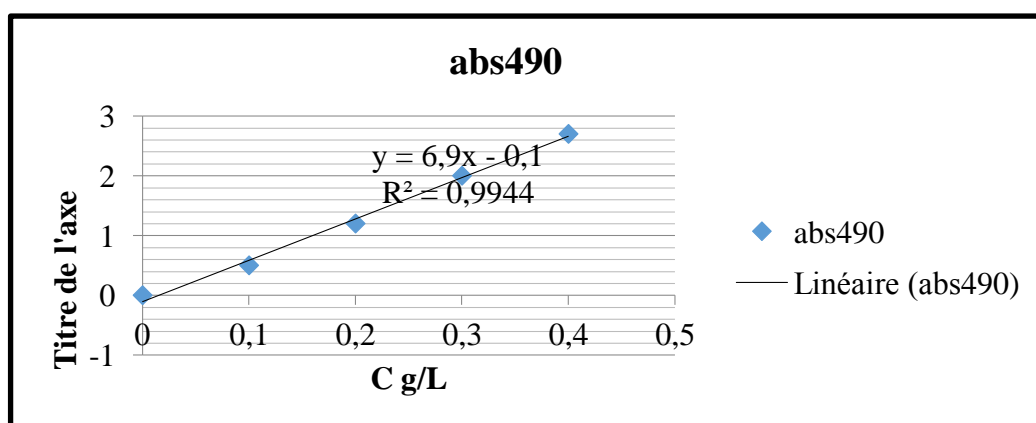


Fig. IV .12 : La courbe de l'étalonnage



Fig. IV .13: Préparation des échantillons



Fig. IV .14 : filtration avec pompe à vide



Fig. IV .15 : Lecture la D.O par spectrophotomètre UV-VIS

IV.3.2 .5.2 Détermination de la teneur en sucres totaux

*Principe

Un milieu acide permet l'hydrolyse du saccharose en sucre réducteur, dont l'analyse est plus facile, cette hydrolyse est activée par l'utilisation du chauffage.

- **Mode opératoire**

Nous sommes pris 5 ml de notre produit, auquel on a ajouté 5 ml de HCl (2N); On chauffe à 100°C au bain marie pendant 30min et après refroidissement nous avons pris 1ml de

cet extrait et procédé au dosage des sucres contenus, comme pour les sucres réducteur déjà présents ainsi que les sucres réducteurs obtenus par hydrolyse du saccharose, donc ce sont les sucres totaux.

Saccharose

$$\text{Saccharose} = (\text{sucrestotaux} - \text{sucrestreducteur}) * 0.95$$

IV.3.2.6 Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode Soxhlet (Bipca, 1970)

Lipides totaux sont extraits par chauffage à reflux, puis pesés après évaporation. La détermination de la teneur en matière grasse consiste à extraire les lipides contenus dans l'échantillon par un solvant organique (hexane).

Mode opératoire

Consiste à introduire 10 g de broyat dans la cartouche de Whatman déjà taré, du coton est placé à l'ouverture de la cartouche pour éviter que l'échantillon ne soit entraîné par le solvant lors de l'extraction. Dans un ballon d'extraction, 100 ml de solvant sont introduits. Le ballon est placé sur un bloc de chauffage et les connections des différents éléments de l'appareil sont faites. Le robinet du réfrigérant est ouvert et le bloc de chauffage est mis en marche pendant 6 heures. Après ce temps d'extraction, le ballon est retiré de l'appareil de SOXHLET (NS45/400), et nous avons placé à l'évaporateur rotatif BUCHER-114 (Switzerland) pour séparer l'huile et le solvant. L'ensemble (ballon + matière sèche) est ensuite séché à l'étuve et refroidi au dessiccateur pendant 15 minutes puis pesé (P1)

Avec :

MG : Matière gras

ρ : Masse du ballon vide

ρ_1 : Masse du ballon vide+ matière sèche

ρ_2 : Masse du ballon vide+ Prise d'essai

$$MG\% = \left[\frac{(\rho_1 - \rho)}{(\rho_2 - \rho)} \right] * 100$$

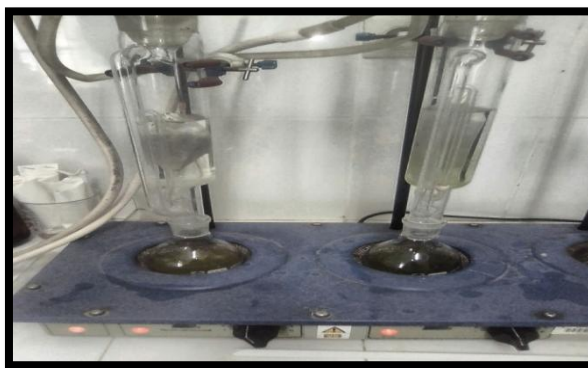


Fig. IV .16 :L'extraction par l'appareil de SOXHLET



Fig. IV .18 : Ballon dans l'évaporateur rotatif Fig. IV .17 : pesée (ballon +matière sèche)

IV.3.2 .7 Détermination de la teneur en fibres brutes

Les fibres brutes ou fibres insolubles regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses, la lignine. La teneur en fibres brutes des échantillons a été déterminée par la méthode de Weende (Wolff, 1968). Cette méthode consiste à traiter l'échantillon à ébullition par l'acide sulfurique et ensuite par la soude. Le résidu obtenu est séché puis calciné et pesé. Le mode opératoire consiste à introduire une quantité de 50 g d'échantillon dans un bécher contenant de l'acide sulfurique 0,255 N. Le mélange sera ensuite porté à ébullition pendant 30 min puis filtré. Au résidu sera ajouté de la soude 0,313 N puis le mélange sera à nouveau porté à ébullition pendant 30 min. Après filtration. Le résidu sera lavé 3 fois à l'eau distillée chaude et 2 fois à l'acétone, l'insoluble obtenu sera séché à 105 °C pendant 8 heures et pesé (M_1). Ce résidu sec sera soumis à une incinération à 550 °C au four à moufle de la marque

CERADEL Industries pendant 3 heures et les cendres seront pesées (M_2). La teneur en fibres brutes (g/100 g MS) sera donnée par la relation suivante :

$$F = \frac{(M - M_2) * 100 * 100}{M * (100 - Te)}$$



Fig. IV .19 : la peser des cendres de l'aubergines

IV.3.2.8 Détermination du taux de protéines brutes par la méthode de Kjeldhal (Bipea, 1970)

Le teneur en protéines brutes est déterminé à partir de la teneur en azote. L'échantillon est minéralisé et après une distillation, l'ammoniac obtenu est dosé par l'acide borique en présence d'indicateur coloré. il s'agit de placer 1 g de broyat dans un tube à minéraliser. Une pincée du catalyseur (sélénium) et 20 ml d'acide sulfurique à 95-97 % y sont successivement ajoutés. Le contenu du tube est porté à l'ébullition à 400 °C pendant 2 heures. La solution obtenue est refroidie à la température ambiante et transvasée dans les fioles de 100 ml. Les tubes à minéraliser sont rincés avec de l'eau distillée et l'eau de rinçage est rajoutée au minéralisât dans les fioles. Ces fioles sont ensuite remplies jusqu'au trait de la jauge avec de l'eau distillée. Après avoir mis le distillateur en marche, 10 ml du minéralisât sont prélevés auxquels sont ajoutés 10 ml de NaOH (40 %). Le mélange est mis dans le réservoir du distillateur. L'allonge du réfrigérateur est plongée dans un béccher contenant 20 ml d'acide borique additionnée d'indicateur mixte: la solution devient violette. La distillation est

Chapitre IV: partie expérimentale

effectuée pendant 10 minutes. A la fin de la distillation, la solution devient verte. L'allonge du réfrigérateur est plongée dans le bécber contenant du distillât.

Le titrage se fait avec de l'acide chlorhydrique 0,225 N. Le volume d'acide chlorhydrique versé est noté.

$$d'azote\% = \frac{(0.225V_{HCl} * 10^{-3} * 14 * 100)}{\rho}$$

$$deprotéines\% = \% d'azote * 6.25$$

Avec:

V HCl= Volume d'acide chlorhydrique versé

ρ = Poids de l'échantillonnage

0,225 = Normalité de l'acide chlorhydrique

14 = Masse molaire de l'azote

6,25 = coefficient de conservation de l'azote



Fig. IV .20 : appareil de minéralisation



Fig. IV .21 : le distillateur

IV.3.2.9 Détermination de l'activité de l'eau

La mesure de l'activité de l'eau est réalisée en enfermant environ 2 à 5 g d'échantillon dans une cellule composante d'un appareillage électronique à écran AWX 3001 EBRO. Après un minimum de 1h30, la lecture est faite sur l'écran d'affichage.



Fig. IV .22 : Mesure de l'activité' d'eau

IV.3.3. Les analyses microbiologiques

La réalisation de manipulation de manipulation dans haut asepsie (bec Bunsen allumé et paillasse lavée à l'eau de javel)

IV.3.3.1 Préparation des milieux de cultures

- Lire les contenus, les informations qui existent sur les boîtes de milieu x de culture; pour d'extraire la masse appropriée afin de préparer le milieu des cultures
- Déterminer la masse appropriée
- Peser la masse appropriée pour le volume requis par balance de précision ;
- Placer dans un érlenmeyer et Ajouter l'eau distillé jusqu'à le volume puis homogénéiser par l'agitation magnétique ;
- Séparer tout milieu dans des flacons
- Stériliser les milieux à l'autoclave a 121°C pendant 20 min.



A) pesée de masse de milieu



B) chauffage de milieu

Fig. IV .23 : Procédés de préparation des milieux de culture

IV.3.3.2 Préparation de la dilution mère et des les dilutions décimale

- Placer la masse qui dans un flacon et ajoute 90 ml d'eau physiologique ; La solution obtenue (dilution mère) correspond à la dilution $d=10^{-1}$ et de concentration 1 /10
- On introduit aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée stérile 1ml de la SM dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique ;
- Homogénéise la solution avec le vortex pendant 5à10 seconde, Cette deuxième dilution correspond à 10^{-1}

On procéde ainsi de suite le processus de dilution jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-3}



Fig. IV .24 : préparation de la dilution mère et des dilutions décimales

IV.3.3.3 L'ensemencement

Si L'ensemencement en profondeur se fait par l'introduction de 1ml d'inoculum dans une boîte de pétri stérile sur laquelle on vers 15 ml du milieu adéquat, fondu et refroidie à 44°C.

Si L'ensemencement en surface se fait par étalement de 1 ml de l'inoculum sur la surface du milieu solide à l'aide d'un râteau.

IV.3.3.4 L'incubation

La température et la durée d'incubation varient selon les bactéries (Le tableau)
Les durées d'incubation varient de 24 à 48heures, voire plusieurs jours les levures et les moisissures (pendant 5 jours au maximum).



Fig. IV .25 :L'incubation

IV.2.3.5. Lecture et dénombrement

Après avoir repérer les colonies typiques à rechercher, On dénombre les deux boites correspondantes à la même dilution, on fait ensuite la moyenne de ces boites, le nombre obtenu est multiplié par l'inverse de la dilution.

Le nombre N est déduit à partir de la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

Nous dénombrons les colonies bactériennes apparentes en tenant compte des colonies dont le nombre varie de 50 à 150.



Fig. IV .26 : Lecture et dénombrement

IV.3. Détermination des bactéries pathogènes

IV.3.1.Recherche et dénombrement des germes totaux

Milieu utilisé: PCA

Références : NF V 08-011: Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies à 30 °C.

A- Mode d'opération

* Prélevez 1 ml de dilution décimale stérile et placez-le dans la boîte pétrie vide.

* compléter avec 20 ml de PCA pré-dissous au bain-marie

Puis refroidir à 45°C.

* On déplace la boîte pétrie sous forme de 8 pour rendre à l'homogénéité

Laissez ensuite durcir.

B- incubation

Nous apportons les boîte pétrie préparée et la retournons sans l'ouvrir; Puis on le met au four à une température de 30°C pendant 72 heures avec :

* Première lecture dans 24 heures.

* Deuxième lecture en 48 heures.

* Troisième lecture à 72 heures

IV.3.2. Détection et dénombrement des levures et moisissures

Milieu est utilisé : OGA

Références : NF V 08-022 : Microbiologie. Instructions générales de comptage

Levures et moisissures.

A-Ensemencement :

Dans une boîte de Pétri contenant de la gélose OGA, le prélèvement est effectué à l'aide d'une pipette stérile ; La quantité est justede solutions diluées à partir de (1/10), puis continuer de la même manière Avec les dilutions suivantes, en utilisant une nouvelle pipette stérile à chaque solution diluées.

* Étaler le liquide sur la surface de la plaque de gélose à l'aide d'une pipette à râteau stérile.

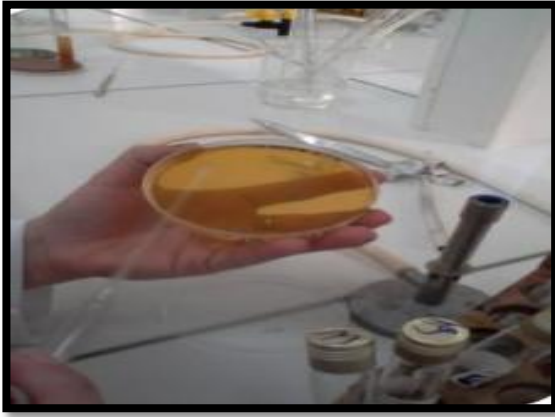


Fig. IV .28: Schéma d'ensemencement des levures et moisissures



Fig. IV .27: méthode de coulée le Milieu de la culture dans la boîte pétrie

B-Incubation

Incuber les boîtes pétries préparés à température ambiante pendant trois à cinq jours, avec sa position à l'inverse

C- lecture

Le dénombrement est effectué pour séparer les colonies de levures et les colonies de moisissures Loin, à l'écart.

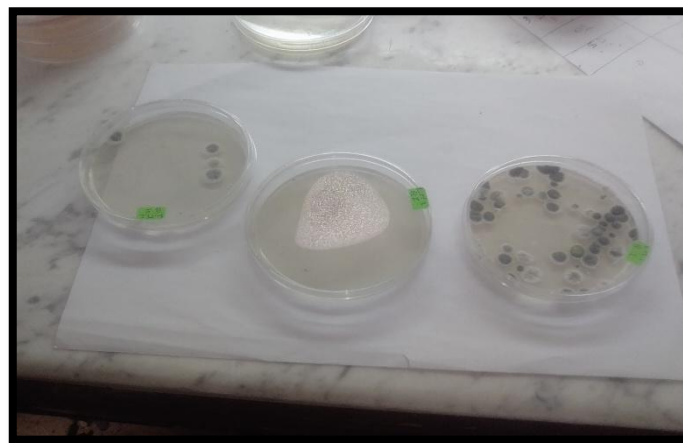


Fig. IV .29: schéma de dénombrement des levures et moisissures

IV.3.3. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux à 37°C

Milieu utilisé : Gélose VRBL

Référence : (NF V 08-020 : Reprenant la norme ISO 7251)

a-Ensemencement :

A partir des solutions diluées, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans une boîte de pétri vide et stérile.

*. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose VRBL fondue puis refroidie à 45°C.

* Faire ensuite du forme 8 pour bien mélanger la gélose à l'inoculum. Laisser solidifier les boîtes puis couler à nouveau environ 5 ml de la même gélose ; pour éviter toutes sortes de contaminations.

b-Incubation :

Les boîtes Pétries seront incubées à (24 -48 h) à 37°C.

c-Lecture :

Toutes les colonies rouges foncé d'un diamètre minimal de 0.5 mm sont considérées comme étant des coliformes.

IV.3.4. Détection et dénombrement des *Staphylococcus aureus*

Milieu est utilisé : Chapman

a-Ensemencement : est effectué par étalement en surface

L'incubation: Les boîtes pétries sont incubé à 37°.

c-Lecture :

Elle est après 24 à 48heures; Les colonies jaunes et petites indiquent laprésence dans l'échantillon.

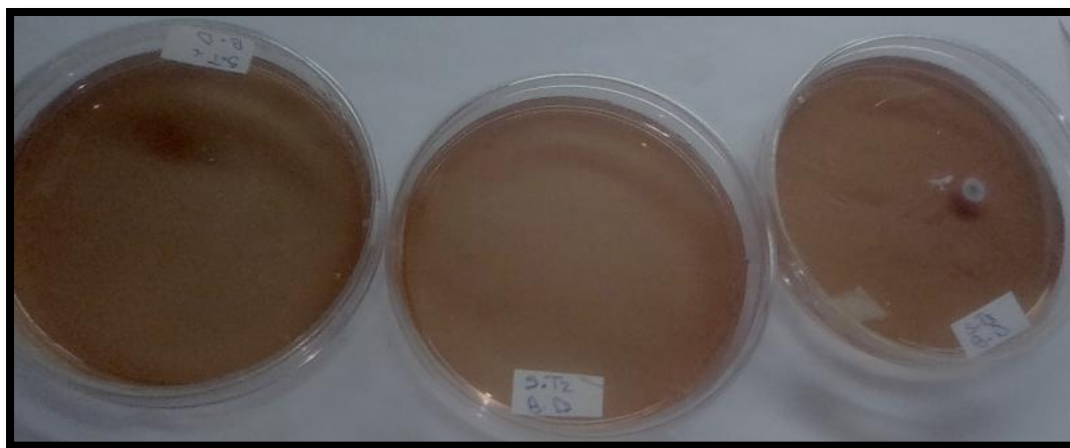


Fig. IV .30 : Schéma de dénombrement des *Staphylococcus aureus*

Tableau. IV .3: Résume les informations relatives à bactéries recherchées

Type de Bactéries	Milieu de culture et temps de stérilisation	Type d'ensemencement	Condition de culture et temps d'incubation
levures et moisissures	OGA (121°C)	1 ml à la Surface	T ambient (25°C) 5jour
<i>Staphylococcus Aureus</i>	CHAPMAN (121°C)	1 ml à la surface	37°C (3jour)
Coliformes totaux	VRBL (121°C)	1 ml en profondeur	37°C (3jours)
Germes totaux (mésophile totale)	PCA (121°C)	1 ml en profondeur	30°C (3 jours)
<i>E. COLI</i>	TBA (121°C)	1 ml en profondeur	37°C (3jours).

Résultats et discussion

IV.4. cinétique du séchage d'aubergines en fonction du temps

La cinétique du séchage d'aubergine en fonction du temps a été mentionnée dans la figure suivante.

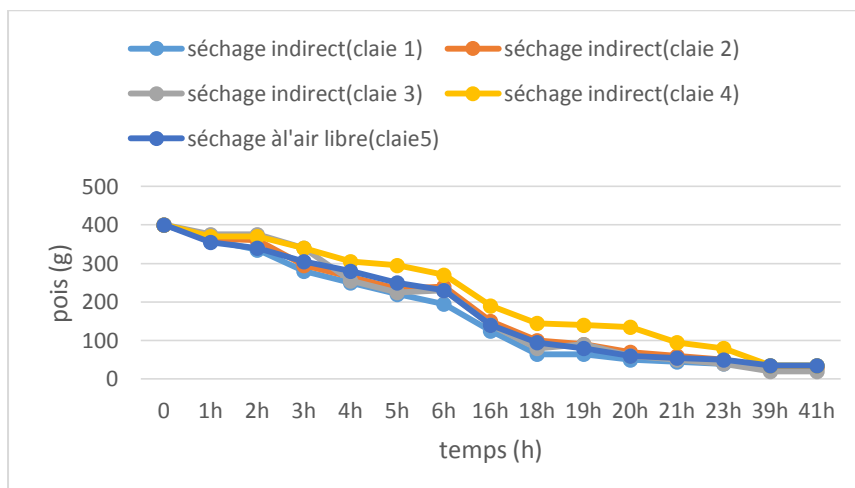


Fig. IV .31 : cinétique du séchage d'aubergine en fonction du temps.



Fig. IV .32 : aubergine sèche

Après refroidissement des tranches à température ambiante normale, elles sont sauvegardées dans des sacs en plastique.



Fig. IV .33 :l'aubergine séchée et emballées en sous vide

En figure, on représente l'évolution du poids d'aubergine durant le processus de séchage dans des claies différentes. nous observons que la variation de poids de l'aubergine diminue au cours du temps dans trois phase cette diminution est due à l'évaporation de l'eau par l'aubergine , dans la première phase la masse initiale d'aubergine dans tous les claies est abaissée de façons lentement dans les six premières heures et les masse presque atteint jusqu' la moitié de matière initiale . Dans la deuxième phase il existe un excès diminution de masse initial d'aubergine. A la phase stationnaire ces masses elles ont diminué jusqu'à arriver à un poids constant pendant 41h, la valeur constante indiquant que le produit est bien séché.

D'après les remarques notées précédemment on peut confirmer que le produit est séché le plus vite dans la première claie (n° :1) dans le séchoir solaire, Puisque l'air avance dans le séchoir de bas à haut .ainsi que la masse initiale d'aubergine dans la claie n° :5 se perd plus vite pendant le séchage direct (à l'aire libre), car il reçoit plus d'énergie et plus de chaleur, donc le processus est plus rapide à l'extérieur de séchoir solaire.

IV.5. Résultats des analyses physico-chimiques

Dans un premier temps on a débuté notre mémoire de fin d'étude par un suivi complet de procédés de séchage d'aubergines dans deux modes de séchoirs à savoirs séchage moderne au séchoir solaire indirect et séchoir traditionnel au séchage l'air libre, après avoir obtenu un produit final séchée et emballé au sous vide. On a effectué les différentes analyses physicochimiques, au niveau du laboratoire séchage solaire de l'unité de trois échantillons avec trois essais de chaque type.

Les résultats des analyses physicochimiques qui sont effectuées sur l'aubergine sont présentés dans les tableaux suivants.

IV.5.1. Détermination les résultats du taux Humidité

Le tableau IV .4 et figure IV .37 présente les résultats des tests physico-chimiques effectués sur le produits agroalimentaire d'aubergines. Elles ont une forte teneur en eau de 91,64% dans le cas de l'aubergines fraiche (E1), ensuit après le séchage solaire, la teneur en eau basse de façon intensive de valeur 5,48% pour E2 (séchage indirect) et de 4,03% pour E3.

Tableau. IV .4 : Résultats du taux humidité.

	E1	E2	E3
Humidité%	91,64	5,48	4,03

E1: aubergines fraiche **E2:** aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre

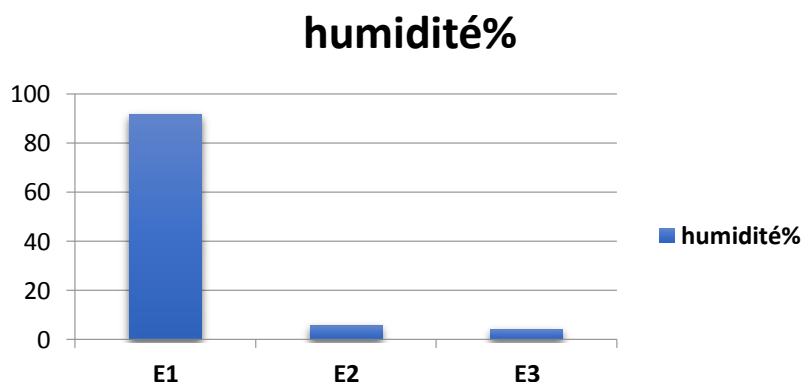


Fig. IV .34 : le taux de la teneur en eau de l'aubergine

Les résultats de la teneur en eau montrent que l'aubergine fraiche contient une forte quantité d'eau, c'est résultats sont similaire à celle de Chincdu et al. (2011) qui ont trouvé une teneur de 92,50 %, Cette forte teneur en eau présente l'inconvénient de rendre l'aubergine frais hautement périssable et limite leur aptitude à l'entreposage à la température ambient, d'autre part, la teneur en eau d'aubergines séchés des deux modes de séchage est faible quantité d'eau à cause de la évaporation d'eau pendant le séchage solaire, cette teneur pose un milieu défavorablement des microorganisme d'altération

IV.5.2. Détermination les résultats du taux la matière sèche

Tableau. IV .5 : Résultats du taux matière sèche

	E1	E2	E3
Ms%	8,36	94,52	95,97

E1: aubergines fraiche E2:aubergine séchée dans un séchoir direct, E3: aubergine séchée à l'air libre

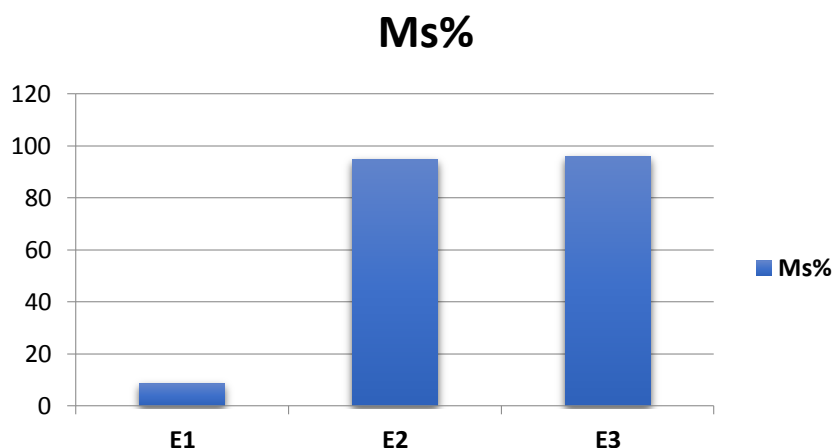


Fig. IV .35 : la teneur en matière sèche de l'aubergine de trois échantillons

Sur figure, on note que le résultat en matière sèche de l'aubergine directement séchée (94,52 %) est proche de celui du séchage indirect de l'aubergine (95,97 %), mais il est très élevé par rapport l'aubergine fraîche (8,36 %). Cette différence est signifiée que la teneur en matière sèche est plus faible dans le cas de l'aubergine fraîche car elle a une teneur en eau élevée. Enfin du processus de séchage, on constate que la seule différence entre les deux modes de séchage est décomposition de la substance lors du séchage.

IV.5.3. Détermination les résultats la teneur en matière organique

Tableau. IV .6 : Résultats du la teneur en matière organique

	E1	E2	E3
Mo%	91,43	92,65	89,3

E1: aubergines fraiche **E2:**aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre

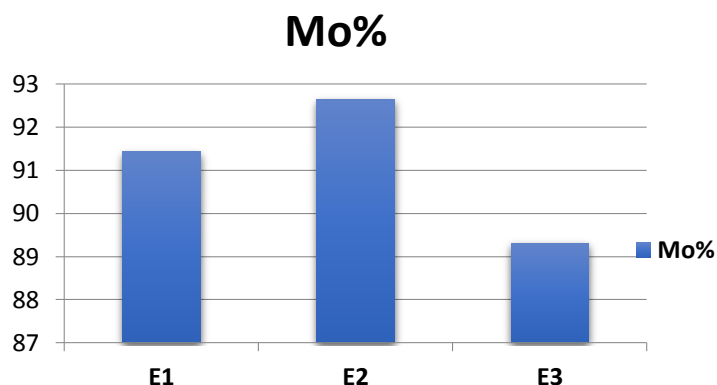


Fig. IV .36 : La teneur en matière organique de l'aubergine de trois échantillons

D'après le tableau on remarque que le taux de la matière organique dans les trois échantillons est élevée des valeurs avec varient entre 92,65%, et 89,30%, une supériorité légèrement de l'échantillon E1. Ces résultats sont compatibles avec celle de Grubbcn et Dcnton, (2004) qui sont indiqué que toutes variétés de l'aubergine sont riches en matière organique.

IV.5.4 Détermination les résultats du teneur en cendre

Tableau. IV .7 : Résultats du la teneur en cendre

	E1	E2	E3
Cd%	8,57	7,35	10,7

E1: aubergines fraiche **E2:**aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre

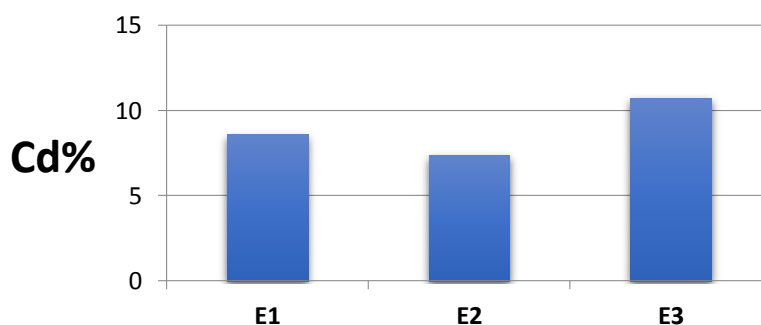


Fig. IV .37 : de la teneur en cendre de l'aubergine de trois échantillons

On note que la teneur en cendres de l'aubergine est proche aux trois échantillons de valeur entre 10,70 % et 7,35 %,Dossou et al. (2007) a trouvé que les résultats de la teneur en cendre

sont forts quand ont comparé avec la tomate *Lycopersium esculentum* Mill de valeur de 0.4 à 0.5%

IV.5.4. Détermination les résultats du PH

Tableau. IV .8 : Résultats de PH

	E1	E2	E3
PH	5,6	5,38	5,68

E1: aubergines fraiche E2:aubergine séchée dans un séchoir direct E3: aubergine séchée à l'air libre

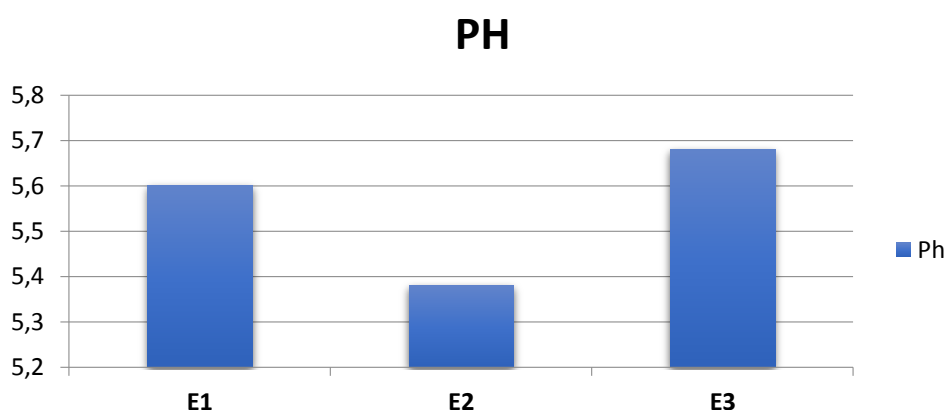


Fig. IV .38 : Résultats de détermination du PH de l'aubergine de trois échantillons

D'après le tableau de résultats on remarque, le Ph de de l'aubergines de trois échantillons est acide de valeur varient entre 5,68 et 5,68, ce qui confirme que le milieu des défavorable pour la croissance bactéries pathogènes.

IV.5.5. Détermination la teneur en fibres brutes

Tableau. IV .9 : Résultats de la teneur en fibre brutes de l'aubergine

	E1	E2	E3
fibre brute	6,48	54,1	51,13

E1: aubergines fraiche E2:aubergine séchée dans un séchoir direct, E3: aubergine séchée à l'air libre

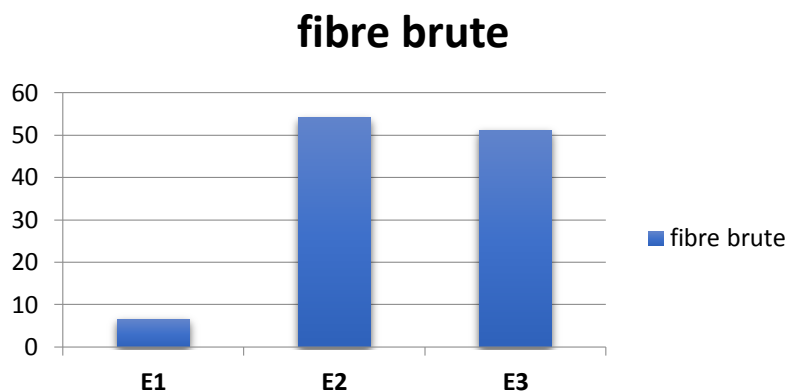


Fig. IV .39 : Résultats de fibres brutes d'aubergines de trois échantillons.

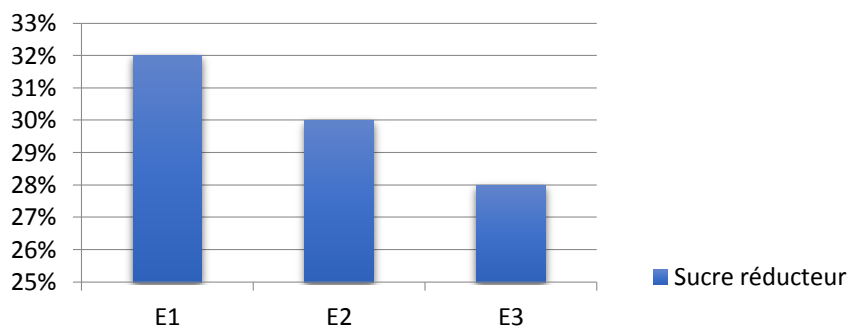
L'aubergine séchée dans les deux modes, direct ou à l'aire libre a une teneur en fibre énorme en comparant avec l'aubergines fraiche, ces résultats sont concordés avec les travaux de Grubbcn et Dcnton, (2004), qui ont indiqué que toutes les variétés de l'aubergine fraiche sont faible en fibre en comparant avec le séché

IV.5.6. Détermination les résultats le teneur des sucres réducteurs

Tableau. IV .10 : Résultats du le teneur des sucres réducteurs

	E1	E2	E3
Sucre réducteur	32%	30%	28%

E1: aubergines fraiche **E2:**aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre



Sucre réducteur

Fig. IV .40 : Résultats de la teneur en sucre réducteur de l'aubergine de trois échantillons.

Les teneurs en sucres réducteurs de l'aubergine est varié entre généralement proche dans les trois échantillons de valeur varient entre 30% et 28%, c'est résultats sont comparable à celle de Norman, (1992) qui a trouvé de même valeur de les sources réducteurs. À cette effet la teneur de sources est invariable entre les variétés, et ensuite entres le différents mode de séchage

IV.5.7. Détermination les résultats lipides

Tableau. IV .11 : Résultats du taux des lipides

	E1	E2	E3
Lipide%	2,68	1,07	1,93

E1: aubergines fraiche **E2:**aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre

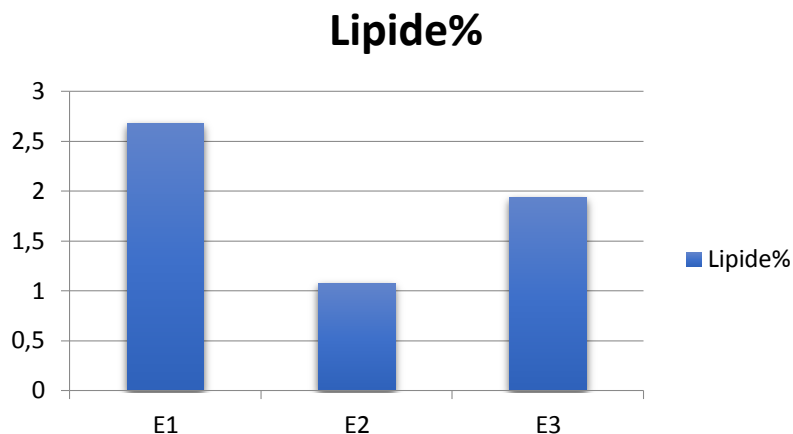


Fig. IV .41 : Résultats de détermination des lipides de l'aubergine de trois échantillons

La matière grasse de l'aubergine soit relativement faible chez les échantillons E2 et E3 par rapport de l'échantillon E1 (aubergine fraîche) des valeurs de 1.07, 1.93 ,2.68 respectivement, ce faible taux de lipide est due à la dégradation de matière grasse de l'aubergine pendant le séchage, ce qui prouve que le séchage solaire avec les deux modes ne peuvent pas garder les caractéristiques physicochimique de le produit à sécher.

IV.5.8. Détermination les résultats de l'activité d'eau

Tableau. IV .12 : Résultats d'activité d'eau

	E1	E2	E3
Aw%	0,94	0,58	0,38

E1: aubergines fraîche **E2:** aubergine séchée dans un séchoir direct, **E3:** aubergine séchée à l'air libre

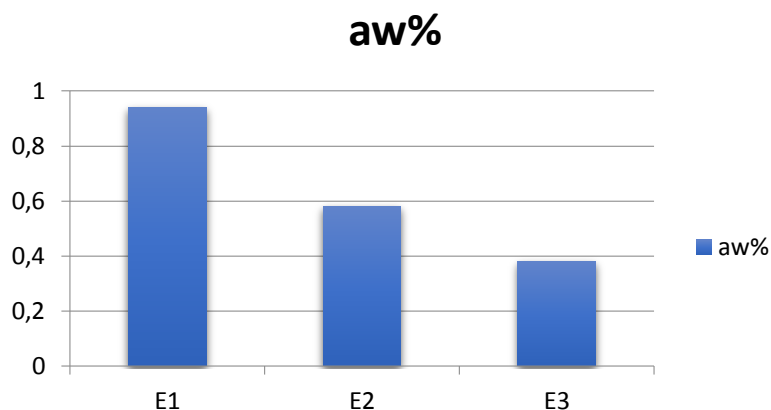


Fig. IV .42 : Résultats de l'activité d'eau de l'aubergine des trois échantillons

On remarque d'après le figure 31, que l'activité d'eau d'aubergine fraîche est plus élevée de valeur de (0.94%) que l'aubergine séchée dans les deux modes de séchage direct et à l'air libre de valeur de (0,58 et 0,38) respectivement, cette teneur faible se traduit par l'évaporation d'eau libre qui a dégagé pendant le processus de séchage, la faible teneur de l'activité d'eau fait un effet bénéfique pour l'inhibition de la croissance des bactéries d'altération car, ces bactéries sont incapables de croître dans un milieu déshydraté sauf quelques levures et moisissures.

IV.6. Les résultats d'analyse microbiologique d'aubergine

Les produits agroalimentaires contiennent des bactéries indésirables ou bénéfiques, dont certains possèdent un redoutable pouvoir pathogène pour l'homme. De ce point il faut donc que ces produits ne contiennent pas ces germes pathogènes ou bien qu'ils soient en un nombre limité qui ne soit pas dangereux à la consommation.

Les résultats détaillés concernant les caractéristiques de la qualité microbiologique de l'aubergine sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau. IV .13 : les résultats d'analyses microbiologiques de l'aubergine de trois échantillons

	E1	E2	E3
Germes totaux	10⁴	2.1x10²	3.4x10²
Coliformes totaux	00	00	00
Coliformes fécaux	00	00	00
<i>S. aureus</i>	Absences	Absences	Absences
L.M	10³	10²	3.2x 10²

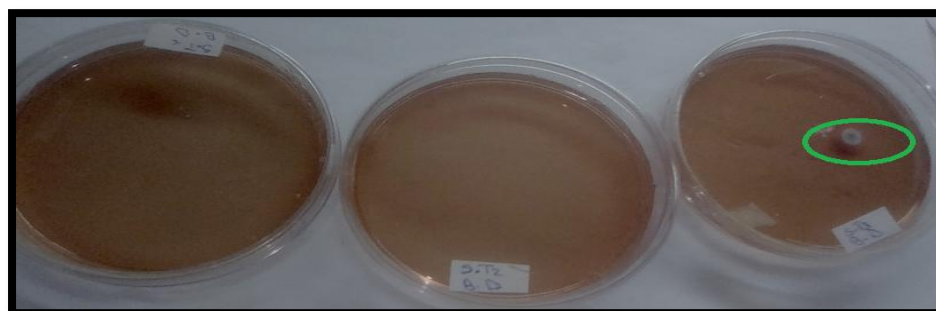


Fig. IV .43: Résultats montrant l'absence de coliformes totaux de l'aubergine.

D'après les résultats microbiologiques, on remarque la présence des germes mésophiles totaux et quelque colonie de levures et moisissures dans les trois échantillons avec un taux élevé chez l'échantillon E1 par rapport E2 et E3 ce qui confirme que le séchage solaire est fait la décontamination des bactéries pathogènes, ensuite, on remarque que le taux de ces germes n'influent pas sur la qualité microbiologique, en comparant sur les normes nationale du commerce cité dans le journal officielle. Dont la qualité' d'aubergines est satisfaisante, et n'ayant aucun fait sur le consommateur algérien.

D'autre part, L'apparition des germes mésophiles totaux de quelque colonies de levures et moisissures champignons dans l'aubergine après séchage indirect au séchoir solaire est très probablement causée par les la poussière dans le séchoir solaire ou par peut être provoqué par une pénétration de ces bactéries lors de prélèvement d'échantillon ou durant le transport au laboratoire d'analyse ou bien de stockage dans des conditions inadaptées.

IV.7. Conclusion

Le but essentiel dans cette étude expérimentale est de suivre l'évolution de la perte de masse d'aubergine séché, Les résultats illustrent montrent le produit dans la première claie sèche plus rapidement que celle répartie au niveau de la claie suivante. Car l'air chaud pénètre au bas du haut.

En terme de cette étude, les résultats des différentes analyses ont montré que l'aubergine étaient riches en eau et constituaient un apport nutritif en fibres alimentaires, en sucres totaux, en minéraux et en protéines pour l'organisme. Ensuite, en comparons avec l'aubergine séchés, on trouve que les valeurs nutritives sont diminuées légèrement.

Conclusion générale

Conclusion générale :

La technique du séchage solaire reste une opération plus vieille, très avantageuse que toutes les autres méthodes de préservation, des produits agro-alimentaire en raison de la conservation longue, de la facilité de stockage à température ambiante et évite la dégradation des produits frais due à la chaleur lors des transports.

En effet, notre travail a consisté à l'étude théorique et expérimentale du séchage solaire d'aubergine, nous avons essayé de contribuer à la résolution d'un problème majeur qui est la surproduction d'aubergine au moment de la récolte dans la région d'Adrar.

Dans la suite de notre travail, on a focalisé sur l'influence de certains paramètres sur la cinétique du séchage, ce qui nous a permis de conclure que la température de l'air asséchant, la teneur de l'eau et teneur de matière sèche représentent les paramètres les plus importants agissant sur la cinétique du séchage ainsi que la variation de masse de produits agroalimentaires à sécher. Sachant que, notre objectif principal a été de déshydrater au maximum l'aubergine fraîche car l'eau est la partie responsable sur la dégradation microbienne.

L'augmentation de la teneur de matière sèche après séchage et la réduction du taux d'humidité permettent donc de conserver l'aubergine plus longtemps possible afin de répondre aux problèmes de conservation (économique, hygiénique) d'aubergine et leur disponibilité à tous les moments.

Finalement, on a réalisé des comparaisons entre les caractéristiques physico-chimiques, et microbiologiques d'aubergine fraîche et d'aubergine séchée, à partir de résultats de cette réalisation on conclut que le séchage moderne est une très bonne technique par rapport au séchage traditionnel, car il est conservé et optimisé la qualité et la valeur nutritionnelle des produits agro-alimentaires et de qualité microbienne satisfaisante et apte à la consommation humaine.

Références

- [1] B. Wiesenfeld, *Promesses et réalités des énergies renouvelables*. EDP Sciences, 2013.
- [2] C. Kapseu, N. Djongyang, G. E. Nkeng, M. Petsoko, and D. A. M. Egbe, *Energies renouvelables en Afrique subsaharienne*. Harmattan Paris, 2012.
- [3] M. LAHBARI, “ETUDE ET SIMULATION DU SECHAGE DE L’ABRICOT: APPLICATION A QUELQUES VARIETES DE LA REGION DES AURES,” Université de Batna 2, 2015.
- [4] A. AZIZI, “Modélisation et optimisation d’un système de production d’énergie photovoltaïque avec un système de stockage hybride,” Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- [5] C. Acket and J. Vaillant, *Les énergies renouvelables: état des lieux et perspectives*. Editions Technip, 2011.
- [6] D. Le Gourières, *Les éoliennes: théorie, conception et calcul pratique*. Éd. du Moulin Cadiou, 2008.
- [7] F. ZAOUÏ, “UTILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LES PERFORMANCES DU MODULE PV,” Université Mohamed Khider-Biskra, 2016.
- [8] D. H. Tran, “Conception Optimale Intégrée d’une chaîne éolienne" passive": analyse de robustesse, validation expérimentale,” Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT, 2010.
- [9] A. Charreau and R. Cavaillé, “Séchage: I. Théorie et calculs,” *Tech. l’ingénieur. Génie des procédés*, vol. 2, pp. J24080--1, 1991.
- [10] “Vasseur, J. (2008). Séchage : principes et calcul d’appareils Séchage convectif par air chaud (partie1), [J2 451] (INSA de Lyon).,” p. 2008, 2008.
- [11] “Techniques de l’ingénieur – génie des procédés SéchageThéorie et calculs. Par André charreau et Roland cavaillé, j 2480-2 ; 2480-22.,” p. 2480.
- [12] M. D. E. F. I. N. D. Etudes, “Memoire de fin,” pp. 2007–2008, 2018.
- [13] P. Dudez, A. Thémelin, and M. Reynes, *Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes: expériences et procédés*. Édition du Gret, 1996.
- [14] “Fournier, V. 2003. Conservation des aliments. Université Laval, Canada; 16 p.pdf.” .
- [15] C. Kpangbin and E. Labintan, “Séchage de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) : une autre alternative pour sa valorisation au Bénin Drying of the tomato (*Lycopersicon esculentum*): another alternative for its valorization in Bénin Abstract,” no. 00229, pp. 58–66, 2014.
- [16] B. Touati, “Modélisation numérique des transferts couplés de chaleur et de masse lors

du séchage des feuilles de menthe,” *Mémoire Magistère, Cent. Univ. Bechar, Algérie*, 2001.

- [17] D. Michel, “Séchoirs Solaires: Théorie et Pratique,” *Les Séchoirs Solaires Théorie Prat*, 1985.
- [18] B. Touati, “Etude théorique et expérimentale du séchage solaire des feuilles de la menthe verte (*Mentha viridis*),” Lyon, INSA, 2008.
- [19] M. Kouhila, “Etude expérimentale et théorique des cinétiques de séchage convectif partiellement solaire des plantes médicinales et aromatiques de la région de Marrakech,” 2001.
- [20] M. Kouhila, A. Belghit, and B. C. Boutaleb, “Etude Expérimentale du Séchage Convectif de la SAUGE dans un Séchoir Solaire muni d’un Appoint Electrique,” pp. 33–38, 2000.
- [21] C. Mouawad, “Transfert de matière dans un système solide/liquide « ions/eau/pectine » : Interactions, partage ionique et simulation par dynamique moléculaire,” 2007.
- [22] C.-M. Messiaen and F. Messiaen-Pagotto, *Le potager familial méditerranéen*. Editions Quae, 2009.
- [23] M. G. Shehata, S. A. El Sohaimy, M. A. El-Sahn, and M. M. Youssef, “Screening of isolated potential probiotic lactic acid bacteria for cholesterol lowering property and bile salt hydrolase activity,” *Ann. Agric. Sci.*, vol. 61, no. 1, 2016, doi: 10.1016/j.aosas.2016.03.001.
- [24] B. Choudhary and K. Gaur, *The development and regulation of Bt brinjal in India (Eggplant/Aubergine)*. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2009.
- [25] L. Vanhuffel and J. Huat, “Guide des productions maraⁱchères à Mayotte,” 2019.

Résumé:

L'objectif de ce travail est d'étudier le séchage solaire de l'aubergine dans la région de l'Adrar, de suivre et de déterminer la cinétique de ce séchage.

Nous avons effectué des analyses physiques, chimiques, et microbiologiques d'aubergines, avant et après séchage, une comparaison a été réalisée entre deux modes de séchage moderne dans un séchoir solaire et traditionnel afin de connaître l'effet du séchage sur ce produit .

A travers de cette étude, on assure que le séchage solaire est efficace et indispensable dans la transformation et la conservation alimentaire au niveau individuel ou industriel et joue un rôle positif dans le domaine d'économie.

Les mots clés:

Séchage solaire, cinétique de séchage, analyses physico-chimiques, hygiénique.

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة التجفيف الشمسي للباذنجان في منطقة أدرار لمتابعة وتحديد حركية هذا التجفيف.

أجرينا التحليلات الفيزيائية والميكروبيولوجية للباذنجان ، قبل وبعد التجفيف ، تم إجراء مقارنة بين طريقتين حديثتين للتجفيف في المجفف الشمسي والتقليدي من أجل معرفة تأثير التجفيف على هذا المنتج.

من خلال هذه الدراسة ، تم التأكد من أن التجفيف الشمسي فعال وأساسي في تحويل وحفظ الغذاء على المستوى الفردي أو الصناعي ويلعب دوراً إيجابياً في مجال الاقتصاد.

الكلمات الدالة :

التجفيف الشمسي ، حركية التجفيف ، التحاليل الفيزيائية والكيميائية ، الصحية.