

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Energies renouvelables

Spécialité : Energies renouvelables en mécanique

Thème

Utilisation de l'énergie solaire dans l'extraction des sucres

à partir des dattes

Devant le jury composé de :

Présenté par :

LAOUINI ABDELJALIL

Président

- ABADI TAREK

KAROUA HOUSSEYN

Examineur

- DOUYEM SAID

ZINE ALI

Encadreur

2017-2018

Remerciement

Remerciements à Dieu - le tout puissant - qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous remercions particulièrement notre promoteur Mr. ZINE ALI , pour son dévouement exceptionnel, sa précieuse directive et son suivi constant.

Nos remerciements vont aussi au président du jury et aux membres du jury examinateurs qui nous fait l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous remercions l'ensemble, enseignants et collègues de notre promotion, qui nous ont aidé à réaliser ce modeste

A.TAREK

D.SAID

Dédicace

Nous consacrons ce modeste travail à:

Nos chers parents

Nos sœurs et nos frères

*À toute la famille : **ABADI***

*À toute la famille : **DOUYEM***

Tous nos amis

À tous mes camarades de la promotion 2017/2018 pour les

bons moments passés ensemble.

Tous les enseignants qui m'ont aidé

de proche ou de loin.

Résumé

Compte tenu de l'épuisement des énergies usuelles conventionnelles et leur impact négatif sur l'homme et la nature il devient impératif d'utiliser des énergies propres non polluantes et gratuites comme l'énergie solaire. L'objectif de ce projet est d'utiliser cette énergie pour obtenir de sucre à partir de jus de date .Dans le cadre de ce travail, nous allons nous intéresser à l'exploitation de l'énergie solaire par voie thermique en utilisant un cuiseur solaire pour la production de sucre a partir de jus de date. La novation dans ce système à d'utilise l'énergie solaire pour vaporiser l'eau dans le jus de date dans certaine température pour obtenir le sucre.

Afin d'Évaluer l'efficacité de ce système Nous allons comparer la quantité et qualité de ce sucre par apport à celle extrait par l'énergies conventionnelles (électrique ou gaz) .

Abstract

Given the exhaustion of conventional conventional energies and their negative impact on humans and nature, it becomes imperative to use clean and non-polluting clean energies such as solar energy. The objective of this project is to use this energy to obtain sugar from date juice. In the context of this work, we will be interested in the exploitation of solar energy by heat using a cooker solar for the production of sugar from date juice. The novation in this system uses solar energy to vaporize the water in the date juice in certain temperature to get the sugar. In order to evaluate the efficiency of this system we will compare the quantity and quality of this sugar by contribution to that extracted by conventional energies (electric or gas).

ملخص

نظرا لاستنفاد الطاقات التقليدية وتأثيرها السلبي على البشر والطبيعة ، يصبح من الضروري استخدام الطاقات النظيفة وغير الملوثة مثل الطاقة الشمسية .الهدف من هذا المشروع هو استخدام هذه الطاقة للحصول على السكر من عصير التمر وفي سياق هذا العمل ، سنكون مهتمين باستغلال الطاقة الشمسية بالحرارة باستخدام طبخ الطاقة الشمسية لإنتاج السكر من عصير التمر .يستخدم التكرار في هذا النظام الطاقة الشمسية لتبخير الماء في عصير التمر في درجة حرارة معينة للحصول على السكر .من أجل تقييم كفاءة هذا النظام سنقوم بمقارنة كمية ونوعية هذا السكر من خلال المساهمة في تلك المستخرجة من الطاقات التقليدية (الكهرباء أو الغاز) .

Table des matières

Remerciement.....	i
Dédicace.....	ii
Résumé.....	iii
Table des matières.....	iv
Nomenclatures.....	vii
Liste des figures.....	vii
Liste des Tableau.....	x

Introduction générale..	1
-------------------------	---

Chapitre I Généralité d'énergie solaire

I.1. L'histoire de l'énergie solaire.....	2
I.2. L'avenir de l'énergie solaire	2
I.3. Définition de l'énergie solaire	3
I.4. Energie Solaire.....	4
I.5. Utilisations de l'énergie solaire	5
I.5.1. Le chauffe-eau solaire	5
I.5.2. Le four solaire	6
I.5.3. Le solaire photovoltaïque.....	7

Chapitre II Cuiseur et séchoir solaire

II.1. Cuiseur solaire	8
II.2. L'état de l'art et les modèles de base des cuiseurs solaires	8
II.2.1. il existe trois principaux modèles de base	8
II.2.1.1. Le cuiseur à panneaux	8
II.2.1.2. Le cuiseur de type boîte.....	9
II.2.1.2.3. Le cuiseur parabolique.....	9
II.3. Les températures et temps de cuisson.....	10
II.4. Cuisson directe	11
II.5. Généralités sur le séchage.....	12
II.6. Définition Séchage :	12
II.7. Séchage en mode direct	12
II.8. Séchage en mode indirect	14
II.9. La cinétique du séchage.....	15
II.10. Humidité absolue :	16

II.11.Humidité relative :	16
II.12.Teneur en eau à base humide :	16

ChapitreIII les dattes

III.1.Histoire et origine de palmier.....	17
III.2.Généralités sur le palmier dattier	17
III.3.Définition de la datte.....	18
III.4.L'importance des palmiers dans l'environnement	18
III.5. La datte.....	19
III.5.1.Description de la datte	19
III.6. Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier	20
III.6.1 . Dans le monde	20
III.6.2. Production de la datte en Algérie	21
III.7.Classification des dattes	22
III.7.1. Les dattes Molle :	22
III.7.2. Les dattes Demi-molle :	22
III.7.3. Les dattes Sèche :	22
III.8.Caractères morphologique des dattes.....	23
III.9. Transformation des dattes	23
III.9.1 Transformation directe	23
1) - La pate de datte :	23
2) - La farine de datte :.....	24
3) - Le jus :.....	24
III.9.2.Transformations indirecte.....	24
1) -La biomasse et les protéines unicellulaires :	24
2) -Les alcools :.....	24
3) -Le vinaigre :	25
4) -Aliments de bétail :	25
5) -L'utilisation dans l'environnement :	25
III.10.Composition chimique des datte	25
III.10.1. La chaire :.....	25
III.10.2. Eau :	25
III.10.3. Le sucre :.....	26

III.10.4. Sucre inverti :	26
III.10.5. L'amidon :	27
III.10.6. Cellulose :	27
III.10.7. Les éléments minéraux :	27
III.10.8. Substances vitaminiques :	28
III.10.9. Protéines et lipides :	29
III.10.10. Les acides aminés :	29
III.10.11. Les enzymes :	29

Chapitre IV Etude Experimentale

IV.1. Matériel et matériaux nécessaires	30
IV.2. Matériaux nécessaires pour la cuiseur	30
IV.3. Fabrication du cuiseur boîte	32
IV.3.1. Construction des deux boîtes	32
IV.3.2. Assemblage des deux boîtes	34
IV.3.3. Fabrication des réflecteurs à l'intérieur de la boîte	35
IV.3.4. Génération de l'effet de serre	36
IV.4. Équipement utilisé	37
IV.4.1. La flacon	37
IV.4.2. Robot de jus	37
IV.4.3. L'instrument de mesures utilisé	38
IV.4.4. Aspirateur 2400W 6Lt	39
IV.5. Etude Experimentale	39
IV.5.1. Tests de stagnation	39
IV.5.2. Tests avec charge	40
IV.6. Résultats et Discussion	40
IV.6.1. Tests de stagnation	40
IV.6.2. Tests avec charge	41
IV.7. Préparation de jus de datte	41
IV.8. Calcul de rendement :	44
IV.9. Conclusion	45
Conclusion générale	46
Référence	47

Nomenclatures

Me	Masse de l'eau	[kg]
Ma	Masse du gaz	[kg]
Mh	Masse humide du produit	[kg]
MS	Masse sèche du produit	[kg]
Xr	Teneur en eau du produit à base humid	[kg eau / kg]
Ha	Humidité absolu	[Kg eau / kg as]
Hr	Humidité relati	[%]
Pv	Tension de vapeur	[Pascal]
Ps	Pression de saturation	[Pascal]

Liste des figures

CHAPITRE I. Généralités de l'énergie solaire

Figure I.1 : Potentiel d'énergie solaire en Algérie	4
Figure I.2 : schéma le chauffe-eau	5
Figure I.3 : schéma four solaire	6
Figure I.4 : schéma panneau photovoltaïque	7

CHAPITRE II. Cuiseur et séchoir solaire

Figure II.1 : Schéma de principe d'un cuisEUR à panneaux	8
Figure II.2 :Schéma de principe d'un cuisEUR de type boîte	9
Figure II.3 :Schéma de principe d'un cuisEUR parabolique	9
Figure II.4 :Températures de cuisson pour les différents types de cuisEURs	10
Figure II.5 :CuisEURs solaires boîtes	11
Figure II.6 : Séchage solaire direct	13
Figure II.7 : Séchage indirect	14

CHAPITRE III. les dattes

Figure III.1 :Coupe d'une date	19
Figure III.2 : Répartition géographique dupalmier dattier dans le monde(El Hadrami et El Hadrami,2007)	20
Figure III.3 : Évaluation de la production dattier par wilaya et par groupe de variétés (QX) ITDAS.2014	21

CHAPITRE IV. Etude Experimentale

Figure IV.1 : Matériaux nécessaires Pour installer la boîte.....	31
Figure IV.2 : Les mesures de la boîte en centimètres.....	32
Figure IV.3 : schémas pour obtenir les 2 boîtes en bois.....	33
Figure IV.4 : Installation de la boîte de coupe.....	34
Figure IV.5 : Installation des parties internes de la boîte.....	35
Figure IV.6 : Le plafond de la boîte en verre.....	36
Figure IV.7 : bandelettes de mousse sur les 4 côtés en haut du four.	37
Figure IV.8 : Thermomètre avec plaque signalétique.....	38
Figure IV.9 :Variation des températures du cuiseur (test de stagnation du 03/05/2018).....	40
Figure IV.10 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 04/05/2018).....	42
Figure IV.11 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 05/05/2018).....	43
Figure IV.12 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 06/05/2018).....	43
Figure IV.13 : Sucre produit à partir de cuiseurs solaires.....	44

Liste des Tableau

Tableau III.1 ; Teneur en eau de quelques variété de datte au stade Tamar	26
Tableau III.2 : Teneur en éléments minéraux.....	27
Tableau III.3 : Teneur en vitamines des dattes	28

Introduction générale

Il est clair que l'enseignement et la recherche scientifique, est appelée à affirmer sa présence au sein des structures intervenant dans la vie économique. Elle doit constituer un repère, mais un outil et un levier pour l'avenir

Tout le monde reconnaît, sans trop y réfléchir, le rôle que l'université peut jouer dans le progrès technique, le développement économique et la diffusion des idées nouvelles et originales. Il est impératif, aujourd'hui, de faire l'inventaire des atouts pour relever les défis auxquels nous sommes confrontés. Ces atouts ne manquent pas. L'université, par ses actions ciblées et la formation d'un capital de compétences, en matière d'enseignement et de recherche-développement notamment sera capable de produire de véritables arpenteurs d'horizon nécessaire à la réussite de ces atouts par le développement économique des régions dans lesquelles elle est implantée.

Et dans le domaine d'énergie par exemple, l'université peut faire une grande contribution dans l'ombre de l'augmentation des coûts des énergies fossiles, où les énergies renouvelables dont l'énergie solaire sont devenues un choix inévitable, et tant que la région de Oued-souf est une région saharienne très soleillée, donc l'idée d'investir l'énergie solaire devient très possible. Et à partir de cette idée vient notre travail, intitulé de : la production de sucre à base de dattes par l'utilisation de l'énergie solaire. Sachant que la production de sucre à base de dattes peut contribuer à diminuer l'importation de cette matière et va coûter moins chère. surtout que la région de Souf est connue de sa production abondante de dattes, et la question posée ici est : est ce que cette manière de production peut diminuer le coût de cette matière ? Pour répondre de cette question nous avons suivi le plan suivant :

Introduction : dans laquelle nous exposons le problématique de la recherche.

Chapitre I : généralité des énergies

Chapitre II : les Cuiseur et séchoir solaire

Chapitre III : les caractéristiques alimentaires et minéraux de dattes

Chapitre IV : la partie expérimentale du travail où, nous pouvons voir à quel point cette manière est efficace

Conclusion : qui comporte les résultats obtenus, la réponse définitive de la problématique exposée.

Chapitre I

Généralités de l'énergie solaire

I.1. L'histoire de l'énergie solaire

solaire La source utilisée très récemment est l'énergie solaire. En réalité cette énergie telle que l'utilisation de la lumière ou du soleil est beaucoup plus ancienne. Il y a des milliers d'années des civilisations différentes ont honoré le soleil comme un vrai dieu. En 212 avant JC, Archimède a utilisé le soleil pour arrêter la flotte romaine en se servant des miroirs en bronze poli. Avec ces miroirs il a réussi à mettre le feu à la flotte à distance. L'humanité connaît la force du soleil depuis toujours et il est intéressant d'observer comment l'utilisation d'énergie provenant du soleil a évolué.

La transformation de la lumière du soleil en courant électrique date de 1839. Elle a été découverte par Antoine-César Becquerel [1]. Au XIXe siècle, quelques moteurs à miroirs ont été construits. Mais même malgré la découverte de l'effet du sélénium photovoltaïque en 1877 il faudra attendre jusqu'en 1955 que les chercheurs de Bell Telephone Laboratories (aux Etats-Unis) soient capables de produire la cellule qui avait le rendement de conversion énergétique au moins 6% (ratio entre l'énergie utilisée pendant la fabrication et l'énergie que le système est capable de produire). Enfin pour pouvoir annoncer la naissance de la photopile solaire. Cet effet a surtout été utilisé pendant les exploitations dans l'univers qui elles aussi commençaient à se développer. Mais en exploitant toujours de plus en plus le charbon, le pétrole et développant l'énergie nucléaire les industriels ne se sont pas sérieusement intéressés aux possibilités de l'énergie solaire avant la crise pétrolière de 1973. Les années 70 peuvent être considérées comme le berceau de l'énergie solaire (photovoltaïque).

I.2. L'avenir de l'énergie solaire

En terme de diminution d'émissions de CO₂, l'Union Européenne subventionne toutes sources d'énergie, qui ne produisent pas d'émissions de gaz indésirables. D'un autre côté certains gouvernements ont choisi une politique trop favorable, ce qui a permis aux exploitants d'installer des centrales (éoliennes ou solaires) dans des endroits peu avantageux pour le fonctionnement. Car les aides financières élevées couvrent un bas rendement des centrales ou même une perte.

Les économistes et les experts (Saxo Bank) [2], voient l'énergie solaire comme un bon investissement. D'après leurs prévisions, le solaire augmentera jusqu'en 2030 de 9,6% par an.

Contrairement aux entreprises qui fabriquent les composants pour les centrales éoliennes car dans ce domaine ils peuvent s'attendre à une baisse de la demande dès l'année prochaine.

Le développement positif du solaire est prévu même si beaucoup d'états (l'Allemagne, la France, l'Espagne, la République tchèque, par exemple) réduisent les subventions pour les installations photovoltaïques. En revanche, les Etats-Unis vont continuer, au moins jusqu'en 2012, à encourager le développement de cette source sur leur territoire, longuement ensoleillé pendant la journée. Cependant ces centrales solaires n'arriveront pas à la « grid parity » avant 2015 (cela veut dire que le prix d'électricité provenant des centrales solaires sera égal à celui des autres sources, notamment celle des centrales à charbon, dû surtout à la baisse durable des coûts de productions des panneaux photovoltaïques).

Mais ce n'est pas seulement le développement technique qui aidera aux améliorations dans l'utilisation des sources renouvelables. Pour réussir un bon développement, il faut autant assurer une politique de subvention à long terme que prendre en compte l'évolution du marché et donc des prix [4].

I.3.Définition de l'énergie solaire

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du soleil et traversant l'atmosphère, qui absorbe une partie de l'énergie, et parvenant à la surface de la Terre. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. Le Soleil est à l'origine de la plupart des énergies sur Terre à l'exception de l'énergie nucléaire et de la géothermie profonde.

Les sources d'énergie issues indirectement de l'énergie solaire sont notamment : l'énergie hydraulique, dérivée de l'énergie cinétique de l'eau dont le cycle dépend du Soleil, l'énergie marémotrice issue principalement de l'effet des forces de gravitation de la Lune et plus faiblement de celle du Soleil et dépendant d'autres paramètres tels que la géographie des côtes. Il y a également l'énergie éolienne provenant de l'énergie cinétique du vent lié à l'échauffement, et à l'évaporation de l'eau, générés par le Soleil, la rotation de la Terre et l'effet Coriolis, l'énergie hydrolienne et l'énergie des vagues liées aux mouvements des océans et des cours d'eau, le bois énergie et l'énergie de la biomasse ainsi que la géothermie de très basse température, provenant des couches superficielles du sol réchauffées par le Soleil. On

peut ajouter les énergies fossiles provenant de matières organiques créées par photosynthèse (charbon, pétrole, gaz naturel...) auxquelles s'ajoute l'énergie biochimique de la matière organique vivante. Cet article traite de l'énergie produite par l'homme en captant le rayonnement émis par le Soleil, principalement sous forme électrique ou thermique. C'est l'une des principales formes d'énergies renouvelables [5].

I.4.Énergie Solaire

Par sa situation géographique, l'Algérie dispose l'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5KW/h sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 (KW/h/m²)/an au Nord et 2263 (KWh/m²)/an au Sud, voire carte solaire [4]

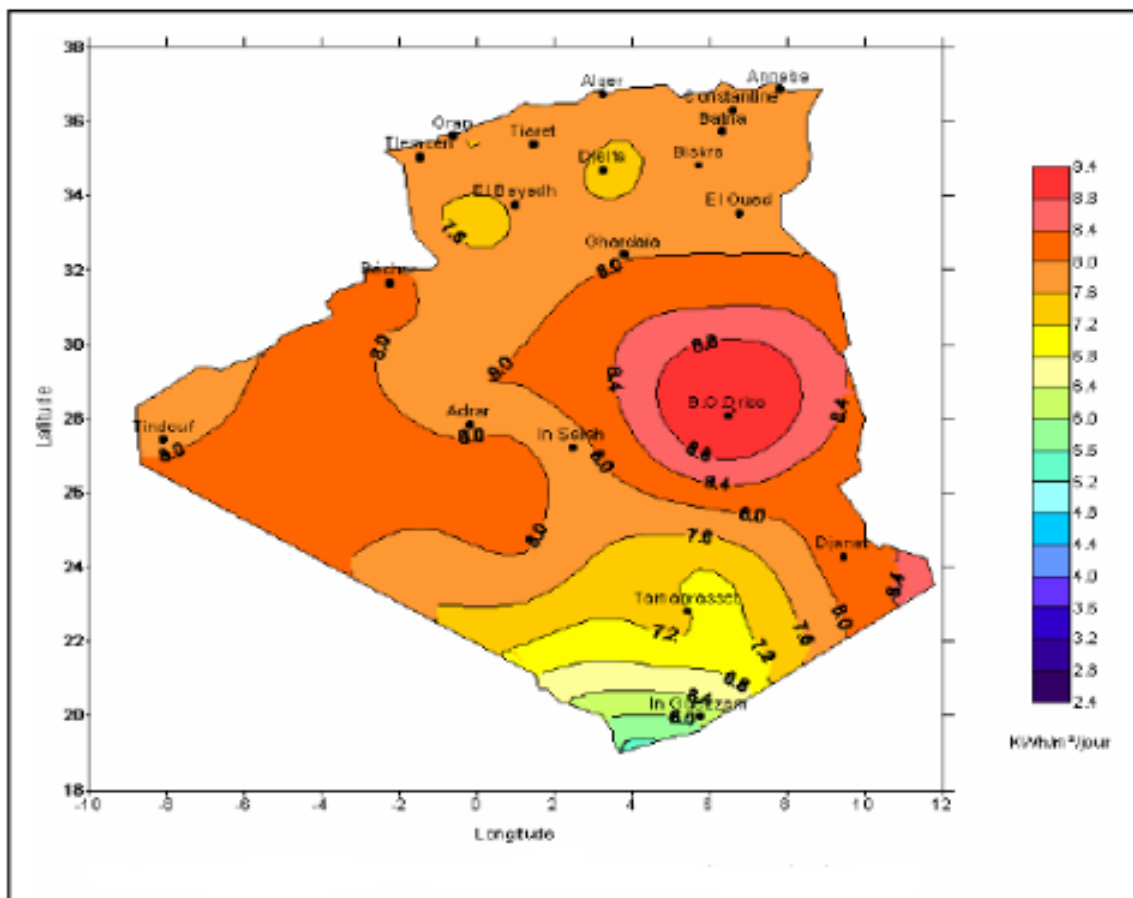


Figure I.1 : Potentiel d'énergie solaire en Algérie [4]

I.5.Utilisations de l'énergie solaire

I.5.1.Le chauffe-eau solaire

C'est certainement la production d'eau chaude domestique qui est l'application la plus connue dans le domaine du solaire thermique actif. Les panneaux solaires utilisent le même principe que les tuyaux enroulés sur les caissons pour chauffer l'eau d'une piscine, mais de façon plus performante et cela à longueur d'année [3].

Encore une fois, le rendement de ce phénomène ne dépend pas de la température extérieure mais bien de la puissance et du temps de l'ensoleillement. «Un système solaire thermique est en mesure de convertir en chaleur jusqu'à 70% de l'énergie captée » (AEE, s. d.a).

Il est généralement composé des éléments suivants: les capteurs solaires, la tuyauterie isolée, le réservoir de stockage d'eau chaude avec échangeur de chaleur, la pompe et le régulateur

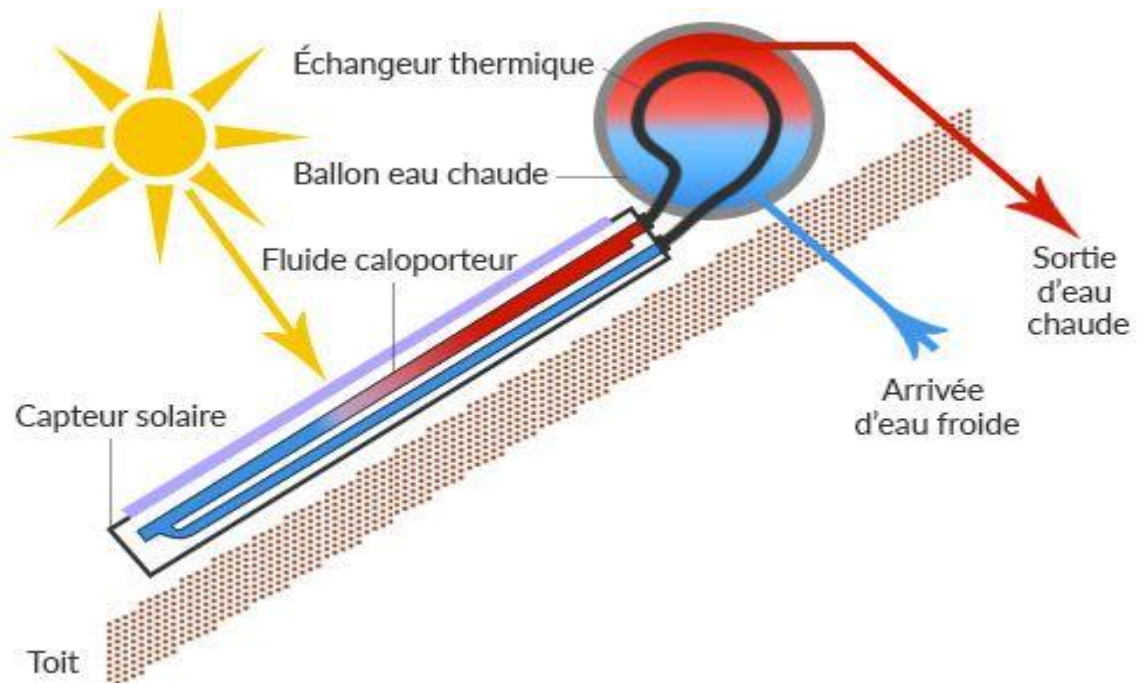


Figure I.2 : schéma le chauffe-eau[3].

I.5.2. Le four solaire

Le four solaire fonctionne, comme son nom l'indique, à l'aide de l'énergie qui provient du Soleil. Il capture les rayons solaires, à la manière d'un panneau solaire, et convertit l'énergie recueillie en énergie thermique (en chaleur) [5]. Différents modèles, et formes de fours solaires existent (carrées, hexagonales, cylindriques...). L'efficacité d'une telle construction dépend principalement de la région où elle est installée, de l'exposition au Soleil au cours de l'année.

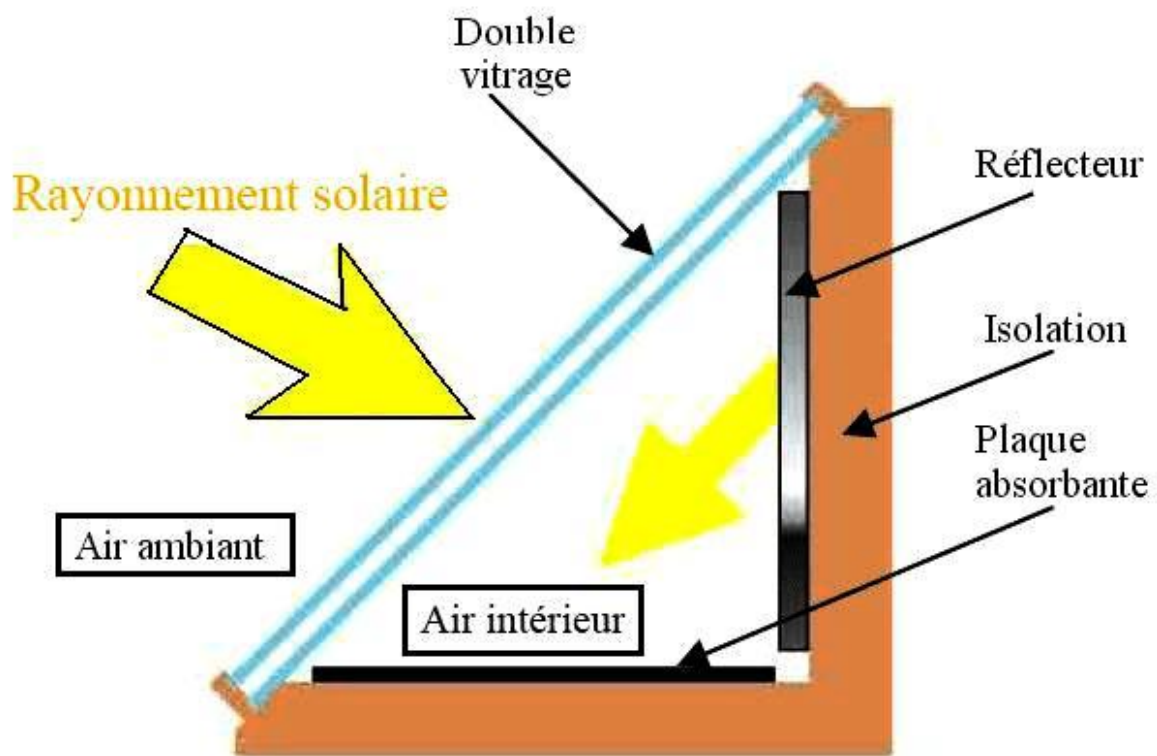


Figure I.3 : schéma four solaire [5].

I.5.3. Le solaire photovoltaïque

Le processus photovoltaïque, transforme l'énergie de rayonnement du soleil en courant électrique continu. Le physicien Edmond Becquerel a décrit l'effet en 1839, mais ce n'est que vers le milieu et la fin des années 1950 que des cellules photovoltaïques pratiques ont été commercialisées. Les systèmes photovoltaïques présentent certains problèmes :

- Les capteurs sont très chers et les rendements obtenus (de 6 à 14 % suivant les modèles dans les meilleures conditions possibles) sont faibles[5].
- Le prix du kilowattheure est environ 6 fois supérieur à ceux des centrales traditionnelles. La densité énergétique est très faible, ce qui nécessite la pose de grandes surfaces de panneaux solaires photovoltaïques.

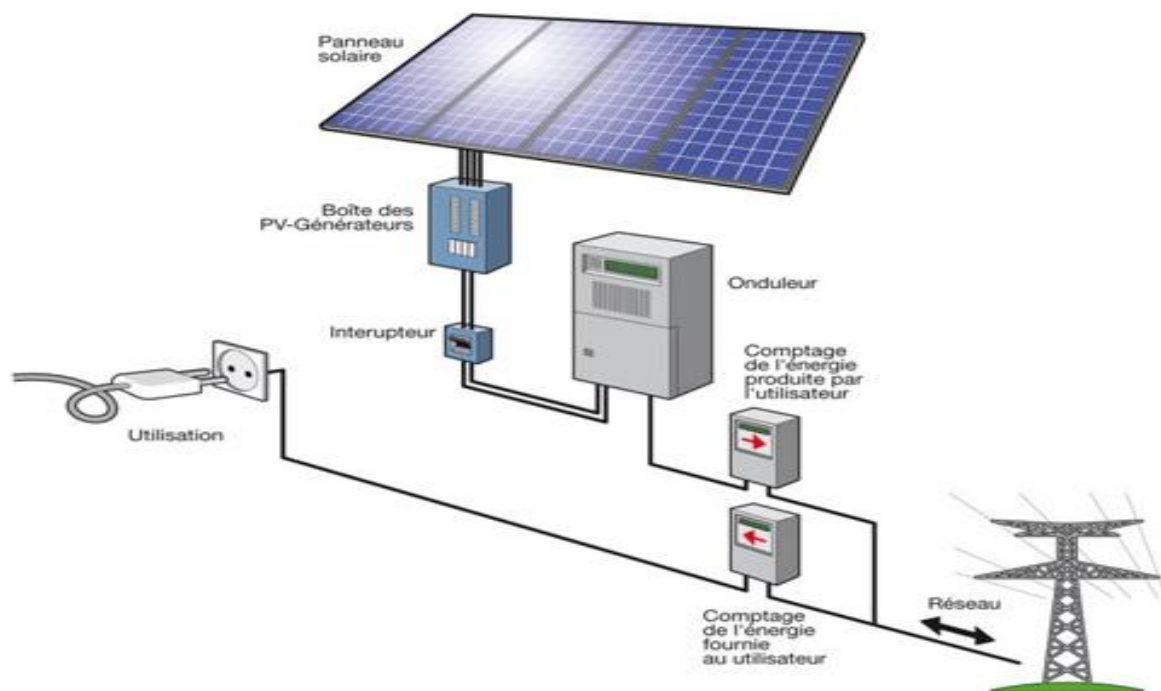


Figure I.4 : schéma panneau photovoltaïque [5].

Chapitre II

Cuiseur et

Séchoir

solaire

II.1.Cuiseur solaire

Depuis des siècles, les gens ont séché au soleil, fruits, légumes, poissons et viandes pour les préserver. En 1767 le Français et Suisse Horace-Bénédict de Saussure a cuit des fruits dans un boîtier recouvert de trois carreaux en verre, et fait à partir de deux boîtes en bois d'épinette et de la laine comme matériel isolant. L'astronome britannique John Herschel a utilisé un cuiseur de type boîte en Afrique du Sud en 1830. La première utilisation de cuiseurs solaire aux États-Unis date de 1881 au cours de l'ascension de Samuel P. Langley au Mont Whitney, en Californie. Pendant les années 1860, Mouchot en Algérie a cuit avec un concentrateur concave. Charles Abbot a fabriqué une boîte avec des armatures réfléchissantes en forme de parabole qu'il a dirigée sur un récipient d'huile de moteur. Ce dernier fut chauffé à 177°C et la chaleur résiduelle a permis la cuisson plus tard en soirée. Dans les années 1900, Maria Telkes des États-Unis, a fait de la recherche sur plusieurs prototypes de cuiseurs solaires à panneaux. En général, ces premiers modèles de cuiseurs solaires étaient chers et incommodes.

II.2.L'état de l'art et les modèles de base des cuiseurs solaires

II.2.1.il existe trois principaux modèles de base

II.2.1.1.Le cuiseur à panneaux

Ce type est constitué de différents panneaux plans réfléchissants et d'un récipient noir englobé dans un sac en plastique, placé sous une cloche en verre. Le cuiseur à panneaux combine les deux principes de concentration des rayons et d'effet de serre. Les rayons sont reflétés en direction du récipient et c'est le sac qui crée l'effet de serre [6].



Figure II.1 : Schéma de principe d'un cuiseur à panneaux [6].

II.2.1.2. Le cuisier de type boîte

Ce modèle est constitué d'un ou plusieurs panneaux plans réfléchissants qui concentrent les rayons du soleil sur le récipient. Le cuisier boîte utilise le principe de l'effet de serre. Les rayons pénètrent par la vitre dans une boîte isolée, la température monte progressivement, et le récipient noir placé à l'intérieur se retrouve immergé dans la chaleur. Le système se rapproche de la cuisson au four à gaz et électrique, ainsi que de la cuisson à l'étouffée [6].

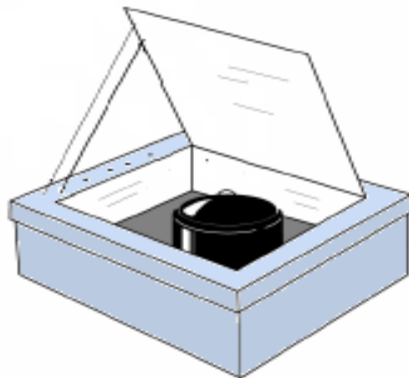


Figure II.2 : Schéma de principe d'un cuisier de type boîte [6].

II.2.1.2.3. Le cuisier parabolique

Le cuisier parabolique utilise le principe de la concentration des rayons solaires. Ces cuisiers sont constitués de disques concaves sous forme de parabole qui focalise la lumière solaire sur le fond du récipient. La puissance d'un cuisier parabolique solaire est équivalente à celle d'une plaque électrique ou à gaz [6]. On trouve généralement deux types: les cuisiers paraboliques à réglage manuel et les cuisiers paraboliques à réglage automatique.

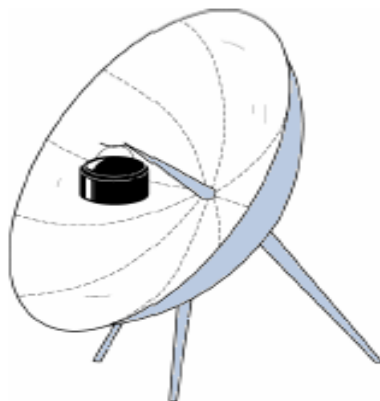


Figure II.3 : Schéma de principe d'un cuisier parabolique [6].

II.3. Les températures et temps de cuisson

La cuisine solaire est un moyen écologique et économique de préparer les aliments. Le fonctionnement des cuiseurs solaires dépend uniquement de l'ensoleillement et non de la température extérieure. Par conséquent, ils s'utilisent aussi bien en été qu'en hiver et ce dans toutes les régions ensoleillées du globe. Un minimum de 40 minutes d'ensoleillement suffit pour un bon fonctionnement. La température atteinte par les cuiseurs solaires simples (de type boîte et les cuiseurs à panneaux réfléchissants) est généralement comprise entre 100 et 200 °C et dépend tout d'abord du nombre et de la taille des panneaux utilisés. La température atteinte par d'autres types de cuiseurs (les cuiseurs paraboliques) varie entre 150 et 250 °C en fonction du diamètre du réflecteur. Cependant, des températures comprises entre 80 et 90°C suffisent pour cuire les nourritures et gardent leur goût, humidité et éléments nutritifs).

Les temps de cuisson sont très variables, ils varient considérablement en fonction de divers facteurs [7]. notamment la période de l'année, le moment de la journée, le degré d'ensoleillement, la force du vent, le type de récipient utilisé et la quantité de nourriture préparée. Les surfaces foncées absorbent mieux la lumière du soleil que les surfaces claires. C'est pourquoi les aliments cuisent mieux dans des récipients en métal foncé, peu profonds fermés par des couvercles adaptés afin de maintenir la chaleur et l'humidité [8].

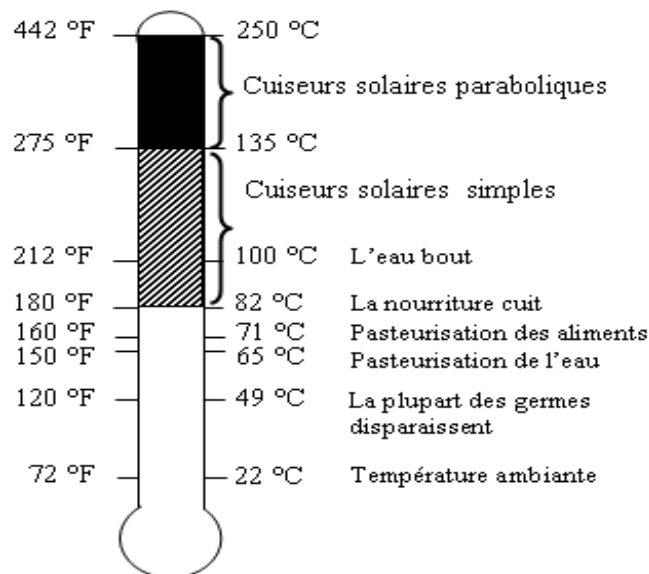


Figure II.4 : Températures de cuisson pour les différents types de cuiseurs [8].

II.4.Cuisson directe

Les cuisneurs solaires fonctionnant en mode directe commercialement réussis sont de type boîte et de type concentrateur.

Le cuisneur solaire de type boîte est comme son nom l'indique une boîte isolée avec simple ou double vitrage. Ce genre de cuisneur dépend uniquement de l'effet de serre dans lequel le verre transparent permet le passage du rayonnement solaire de longueur d'onde courte et il est opaque à la partie du rayonnement de longue longueur d'onde. Une double isolation des parois peut également servir à retenir plus de chaleur à l'intérieur du cuisneur [9]. Des miroirs peuvent être ajoutés pour refléter plus de rayonnement solaire vers le récipient de cuisson

Les avantages de ce type de cuisneur incluent la simplicité de construction et de l'exploitation avec un minimum d'assistance humaine pendant le procédé de cuisson. Ces cuisneurs sont également plus stables, ils peuvent conserver la nourriture chaude pour un bon moment. Les cuisneurs boîtes ne produisent pas de lueur et aucun risque du feu et de brûlures. Les inconvénients des cuisneurs solaires boîtes sont essentiellement due aux de basses températures utilisées et par conséquent une cuisson lente et parfois non achevée suite aux passages nuageux. Les cuisneurs de type boîte; même avec des réflecteurs additionnels, possèdent un facteur de concentration très petit.



Figure II.5 :Cuisneurs solaires boîtes [9].

II.5.Généralités sur le séchage

Sécher un produit, quelle que soit sa nature, consiste à extraire de l'eau par vaporisation. Ce procédé est utilisé dans un large domaine d'application. Outre le séchage de produits alimentaires on peut citer des études sur le séchage d'autres produits, tels que le séchage de laine les sècheurs à rouleaux qui traitent le papier et le pilotage de séchoirs à bois à haute température. Une application au séchage d'un empilement de planchettes de bois, a permis l'introduction du concept d'unités de transfert thermique et massique (outils rapides de simulation de séchoirs) et aussi les réseaux de modules d'unité Le but du séchage consiste à diminuer la teneur en eau des produits agroalimentaires jusqu'à des valeurs résiduelles inhibant le développement de tout micro-organisme permettant ainsi leur stockage dans des conditions ambiantes. ransferts (séchoir multi-tapis) .

Le développement scientifique et technologique a permis de diversifier et de mettre en œuvre plusieurs méthodes de séchage et plusieurs séchoirs. Outre le séchage des produits alimentaires, on peut citer des études sur le séchage d'autre produit, tels que le séchage des avivés de résineux de fortes épaisseurs [10].

II.6.Définition Séchage :

C'est l'opération unitaire ayant pour but d'éliminer par évaporation un liquide imprégnant un solide ou un liquide. Le terme déshydratation a un sens plus restrictif : il ne concerne que l'élimination de l'eau dans un solide ou dans un liquide [10]. Le séchage est une opération consistant à abaisser l'activité du liquide d'un produit, jusqu'au seuil en deçà duquel les réactions enzymatiques et d'oxydation sont inhibées, de même que le développement des microorganismes.

II.7.Séchage en mode direct

Dans les régions rurales, le séchage solaire le plus pratique consiste à transférer les produits à sécher sur la terre ou sur les toits des maisons, comme par exemple, des grains, des fruits ou des légumes. Dans certains cas, Si le sol est compact et propre sous un arbre, le produit tombe par terre et il sèche à cet endroit.

Il est évident que cette technique n'est pas hygiénique et a pour conséquence la perte significative de produit, due particulièrement à la contamination par la saleté, la poussière, le vent, l'infestation par des insectes, la pluie et l'interférence animale. Le soleil intermittent et la mouillure par la pluie réduisent le taux de séchage ; notons qu'une surchauffe peut aussi détériorer le produit.

Une solution consiste alors à couvrir d'un plastique ou d'un verre les claies du séchoir, tout en assurant une circulation d'air naturelle. Les propriétés radiatives de la couverture choisie pour protéger le produit doivent satisfaire aux contraintes classiques favorisant l'effet de serre à savoir favoriser la récupération d'énergie solaire tout en limitant l'énergie radiative perdue par le produit [11]. Quelle que soit la conception envisagée, la mise en œuvre du séchage solaire en mode direct par convection naturelle reste limitée car il n'y a pas ou peu de contrôle du taux de séchage, celui-ci n'est pas uniforme, la capacité de séchage est faible et le rendement reste médiocre

[Daguenet, 1985]. De plus, les surchauffes superficielles qui peuvent se produire facilement dans des régions arides dues à l'exposition excessive au soleil, tendent à entraîner une perte de qualité du produit. Ces surchauffes peuvent être limitées si l'on met en place un écoulement d'air par convection forcée



Figure II.6 : Séchage solaire direct [11]

II.8.Séchage en mode indirect

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la qualité de séchage d'un produit (taux de séchage et aspect final du produit) est difficilement contrôlable lorsque l'on a recours au séchage par mode direct que ce soit en convection naturelle ou forcée. Pour pouvoir obtenir un produit séché selon certaines caractéristiques de température et d'humidité et donc à un taux d'humidité déterminé, on a alors recours à des dispositifs conçus pour que le séchage s'opère sous forme indirecte[11].



Figure II.7: Séchage indirect [11].

II.9. La cinétique du séchage

Le transfert d'humidité des abricots à l'air a été étudié, un modèle empirique a été établi, où le taux de la teneur en eau dans le produit à sécher est exprimé (avec une validité de 99.9%) [11], comme suit :

$$\frac{dX}{dt} = a e^{-kt} + C \quad \text{Ou encore} \quad \frac{X-X_e}{X_0-X_e} = a e^{-kt} + C \quad (\text{II.1})$$

$$a = 1,13481 e^{(0,018352U)} \quad \text{tel que } r = 0,912$$

$$K = 0,001269 + 0,000018T + 0,00105U \quad \text{tel que } r = 0,951$$

$$C = -1,16416 + e^{\left(\frac{1,6982}{T}\right)} - 0,0138 U \quad \text{tel que } r = 0,804$$

Où "r : coefficient de corrélation".

Et : a, k, c : constantes empiriques du modèle de séchage.

X : teneur en eau (g d'eau / g produit sec), [%] base humide.

T : température sèche de l'air, [°C]

t : temps, heure.

X0 : teneur en eau initiale, [%] base humide.

Xe : teneur en eau d'équilibre, [%] base humide.

U : vitesse de l'air asséchant, [m / s].

Ces expressions peuvent estimer la valeur de la teneur en eau du produit à n'importe quel moment durant le processus de séchage avec une validité très acceptable (99.9%).

La validité du modèle est établie en comparant les résultats mesurés expérimentalement avec ceux mesurés par simulation (14 études expérimentales).

Le séchage des abricots commence avec une teneur en eau initiale de 74-78 % (base humide); et se termine avec une teneur en eau de 16 à 18 % (base humide).

II.10. Humidité absolue :

On appelle humidité absolue ou teneur en humidité, la masse d'humidité mélangée à un [12]. kilogramme de gaz sec, cette humidité que nous désignerons par H_a est donnée par la relation suivante :

$$H_a = \frac{M_a}{M_e} [\text{kg}_v \cdot \text{kg}_{as}^{-1}] \quad (\text{II.2})$$

II.11. Humidité relative :

L'humidité relative ou degré hygrométrique est le rapport de la pression partielle de la vapeur dans le mélange, à sa pression de saturation dans le même mélange, pris à la même température [12].

$$H_r = \frac{P_v}{P_{s(T)}} * 100 \quad 0\% \leq H_r \leq 100\% \quad (\text{II.3})$$

II.12. Teneur en eau à base humide :

L'humidité relative où titre en eau (%), ou teneur en eau à base humide s'exprime par la [12]. masse du liquide contenue dans le produit par rapport à sa masse humide.

$$X_r = \frac{M_e}{M_e + M_s} = \frac{M_h - M_s}{M_h} \quad (\text{II.4})$$

Chapitre III

les dattes

III.1.Histoire et origine de palmier

C'est Linné, en 1734, qui a donné le nom de *Phoenix dactylifera* et a fait la description morphologique complète de cette espèce. Par ailleurs, plusieurs auteurs [13], ont décrit la signification de *Phoenix dactylifera* ; dans la l'étymologie, du mot " *Phoenix* " dérive de nom de Dattier chez les Grecs, qui considéraient comme l'arbre des phéniciens et " *dactylifera* " vient de latin "*dactylus*" dérivant du grec dactylis, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit.

Les études menées par [15] , ont montré que "*dactylis*" ou "Datte" dérivé du mot "Daguel" ou "Dachel" origine hébraïque, signifiants doigts. Il est cultivé depuis l'antiquité, mais jusqu'à présent, aucun vestige de *Phoenix* n'a été trouvé dans les zones actuelles du Palmier Dattier.

Cependant, l'origine géographique précise du Palmier Dattier paraît très controversée, Selon [13] , est le résultat de l'hybridation de plusieurs types de *Phoenix*. Bien que, plusieurs hypothèses ont été abordées sur son origine, mais toujours ont révélé que son origine fréquemment dans la Bible (se trouve à Babylone et datent de 4 000 ans avant Jésus. Christ). Alors que selon [14] , dans la région du Golfe Persique.

Depuis ce lieu d'origine, la culture du Palmier Dattier s'est étendue vers l'est et vers L'Afrique orientale et du nord. il est introduit en Amérique par les conquêtes espagnoles et en Australie .

III.2.Généralités sur le palmier dattier

Le nom scientifique du palmier dattier est *Phoenix dactylifera*L. qui provient du mot *Phoenix* qui signifie dattier chez les phéniciens, et *dactylifera*, du terme grec *dactulos* signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit [16]. *Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des *Palmaceae*, et à la sous-famille des *Coryphineae*. La famille des *Palmaceae* compte environ 235 genres et 4000 espèces[16].

Le palmier est une composante essentielle de l'écosystème oasien [18] grâce à sa remarquable adaptation aux conditions climatiques, la haute valeur nutritive de ses fruits, les multiples utilisations des ses produits (et sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes [17].

III.3.Définition de la datte

La datte est une baie ayant une seule graine communément appelée noyau. Elle comporte une enveloppe fine cellulosique, l'épicarpe ou mésocarpe plus ou moins charnu et de consistance variable, présentant une zone périphérique de couleur plus soutenue et de texture compète, et une zone interne de teinte plus claire et de texture fibreuse, l'endocarpe. Le péricarpe, le mésocarpe et l'endocarpe sont confondus par les conditionneurs sous l'appellation de chair ou pulpe [16].

Les dattes sont en général de forme allongée, oblongue ou ovoïde, mais il en existe cependant quelques-unes pratiquement sphériques, la Tinteboucht d'Algérie notamment. Leurs dimensions sont très variables, d'un centimètre et demi à sept ou huit grammes. Leur couleur va du blanc-jaunâtre au sombre très foncé presque noir, en passant par les ambres, rouges et bruns plus ou moins foncés. Leur consistance peut être dure, molle ou très molle, d'où leur répartition [16].

Les dimensions de la datte sont très variables, de 1.5 à 7 ou 8cm de longueur et d'un poids varie de 2 à 7 ou 8g. [17].

III.4.L'importance des palmiers dans l'environnement

Le rôle du palmier dattier dans l'environnement :

- ✓ tend que le palmier est long il Réduit la puissance du vent, participe à l'abaissement d la température et augmente l'humidité relative.
- ✓ les résidus des Palmiers améliorent les propriétés du sol, chimiques et physiques.
- ✓ Les palmeraies lutte contre la désertification et stabilisent le sol.
- ✓ les palmiers réduit et fait prévenir le phénomène de réflexion des rayons émis par les verres des bâtiments [19]

III.5. La datte

III.5.1. Description de la datte

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair.

La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de:

- un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
- un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue;
- un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau [13].

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Leur couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambres, rouges, brunes plus ou moins foncées [16]. La figure 5 montre une coupe de la datte et de son noyau.

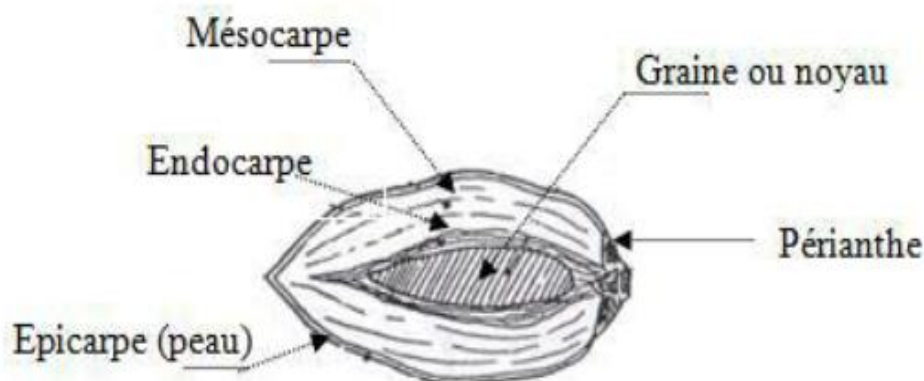


Figure III.1 : Coupe d'une date [16].

III.6. Production de dattes et répartition géographique du palmier dattier

III.6.1 . Dans le monde

Le dattier est une espèce xérophile, il ne peut fleurir et fructifier normalement que dans les déserts chauds .Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation intensive en Afrique méditerranéenne et au Moyen-Orient (Fig.2).L'Espagne est l'unique pays européen producteur de dattes, principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche .Aux Etats-Unis d'Amérique, le palmier dattier fût introduit au XVIII èmesiècle. Sa culture n'a débuté réellement que vers les années 1900 avec l'importation de variétés irakiennes

Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie [21] .La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5ème rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi- arides. D'après la F.A.O, la production mondiale de dattes est estimée à 7.62 millions de tonnes en 2010(FAO, 2010). Le tableau ci-dessous montre la production mondiale de dattes au cours de la période allant de 2007 à 2010 [20]



Figure III.2 : Répartition géographique du palmier dattier dans le monde [20].

III.6.2. Production de la datte en Algérie

L'Algérie est l'un des plus importants pays producteurs de dattes avec une production annuelle d'environ 400.103 tonnes de dattes dont la variété Deglet Nour représente 50%, elle est très appréciée par les consommateurs.

Plusieurs variétés de dattiers estimées à environ 200 existent en Algérie. Les cultivars sont le fruit de la sélection paysanne, ils sont qualifiés de "variétés locales". Plusieurs cultivars, font la fierté de nos palmeraies, Deglet Nour pour sa haute qualité et son appréciation à travers le monde, Bent Qbala donnant des dattes de qualité exceptionnelle dans le Mzab.

La Deglet-Nour est une Variété commerciale par excellence alors que Les variétés communes sont de moindre importance économique et dont les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beïda et Mech-Degla [22].

Comme la **figure I.3** ci-dessous, que la Wilaya

de Biskra, est la Première Wilaya d'Algérie en nombre de palmiers et en production dattier avec (4,3 Millions de palmiers et 377 000 quintaux de dattes).

Elle est surtout renommée pour L'excellente variété Deglet-Nour de Tolga (2,3 millions de quintaux, soit 62%), comme elle produit quelques 905 000 Qx de dattes sèches de type Mech-Degla (24%) et des dattes molles de type Ghars à hauteur de 510 000 Qx (14%).

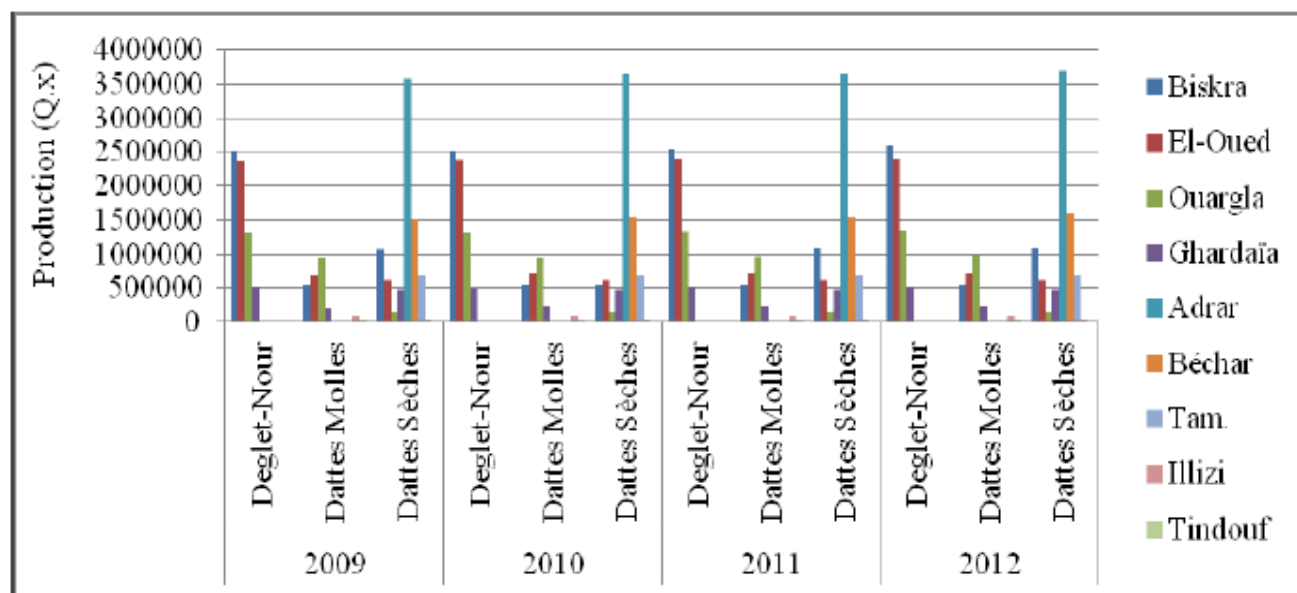


Figure III.3 : Évaluation de la production dattier par wilaya et par groupe de variétés [22].

III.7. Classification des dattes

Les dattes sont les fruits du Phoenix dactylifera L. Les différentes classes de dattes qui existent, reposent sur leur qualité commerciale et leur consistance. Les importateurs (européens) de dattes repartissent celles-ci en deux catégories selon des critères très arbitraires :

- les dattes fines ou exportables dont le type Deglet Nour.
- Les dattes communes, qui sont en général de faible valeur marchande et très difficiles à conserver.

Du point de vue biochimique pour [13]. Les dattes sont classées en trois catégories ; après leur consistance :

III.7.1. Les dattes Molle :

Les dattes molles, passent par le stade routab et demeurent molles au stade tmar (DOWSON et ATEN, 1963). elles sont caractérisées par une grande teneur en eau de la pulpe (plus 30 %) et une richesse en sucres réducteurs . elles sont conservées à basse température.

III.7.2. Les dattes Demi-molle :

Les dattes demi-molles passent bien par le stade routab, mais sont un peu sèches stade tmar [13]. Après le stade routab, cette classe de datte perd une partie d'eau pour devenir dans une phase intermédiaire entre sèche et molle la teneur en eau de la pulpe est moins élevée (20-30 %). Les sucres sont le plus souvent réducteurs.

III.7.3. Les dattes Sèche :

Les dattes sèches ne passent pas par le stade routab .elles évoluent directement du stade khalal au tmar, avec moins de 20 % d'eau. Elles sont pour la plupart à saccharose [23].

III.8. Caractères morphologique des dattes

Les caractéristiques morphologiques des dattes c'est la détermination :

- de la couleur de la datte au stade tmar
- de sa forme, son poids, sa taille, et son diamètre
- le rapport noyau/datte et le rapport pulpe/datte
- de la consistance, de la plasticité, de la texture, et le goût
- le poids de la graine.

III.9. Transformation des dattes

La valorisation des dattes communes spécialement apparait comme une solution privilégiée puisque cette matière première est disponible en grande quantité et à un prix relativement bas. 30 à 50 % de la production nationale est représentée par les dattes communes qui prouvent être récupérées et transformées.

Il existe deux méthodes de transformations technologiques la transformations directe et la transformations indirecte

III.9.1 Transformation directe

1) - La pate de datte :

Les dattes molles ou ramollies par humidification. Sont destinées à la production de la pâte de dattes. La fabrication est obtenue mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide. Il est possible de lui ajouter la pulpe de noix de coco au la farine d'amande douce pour obtenir une pâte utilisée en biscuiterie et en pâtisserie.

2) - La farine de datte :

Le séchage de dattes a pour objectif principal de diminuer l'activité de l'eau et d'augmenter la concentration en sucres afin d'augmenter la durée conservation. La farine de datte est préparée à partir de dattes sèches. cette farine est très riche en sucres et elle est utilisée en biscuiterie pâtisserie, aliments pour les enfants.

3) - Le jus :

Le jus de dattes est connu depuis longtemps dans la majorité des pays producteurs et il est connu sous le nom « Robb » en Algérie et « Debs » en Irak. Cependant, seul l'Irak s'est orienté vers une production industrielle.

Son extrait est obtenu après épuisement de dattes dans l'eau chaude à 90 C° pendant une heure du temps. Le jus obtenu peut être acidifié avec quelques grammes d'acide citrique

III.9.2. Transformations indirecte

Ce type de Transformation s'intéresse généralement aux dattes abimées et aux dattes de faible valeur marchande. Ce type de dattes, pourvues d'une forte teneur en sucre, peut servir pour la production de nombreux produits.

1) -La biomasse et les protéines unicellulaires :

La production de protéines demeure un objectif essentiel pour subvenir aux besoins mondiaux. Pour ce faire, des essais de production ont été réalisés par [25]. dans un milieu à base de dattes en réalisant la culture de la levure *Saccharomyces cerevisiae* sur un milieu à base de dattes ont été réalisés .

2) -Les alcools :

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique qui rentrent dans la fabrication de la bière. Dans leur laboratoire, [21]. sont parvenus à partir des déchets de certaines variétés de dattes communes, à produire le bio- alcool (l'alcool éthylique à 92°) par la culture de la levure *Saccharomyces uvarum* et / ou *Saccharomyces cerevisiae*.

3) -Le vinaigre :

Les dattes peuvent être utilisées pour la fabrication du vinaigre. on a prouvé la possibilité de produire du vinaigre biologique à base de dattes (variété sèche Mech-Degla et Degla –Beida).

4) -Aliments de bétail :

Les sous-produits de palmier dattier (rebutés de dattes, pédocelles de dattes et palmes sèches) peuvent être utilisés comme aliment de bétail. En effet, une étude a été faite par sur la valeur

alimentaire de ces sous-produits chez le dromadaire et le mouton. Cette étude a révélé une grande efficacité dans l'alimentation de ces animaux, dans le sens où les palmas sèches et les pédicelles de dattes sont utilisés comme aliment grossier et les rebuts comme aliment concentré [14].

La farine de noyaux de dattes peut être incorporée avec un taux de 10% dans l'alimentation des poissons et des poulets sans influencer négativement leurs performances.

5) -L'utilisation dans l'environnement :

Actuellement la poudre des noyaux de datte est utilisée en environnement comme agent de détoxification et de dépollution des eaux polluées par des substances toxiques. Le charbon actif des noyaux de dattes possède une capacité d'absorption élevée du chrome (Cr) [24].

III.10.Composition chimique des dattes

III.10.1. La chair :

La chair de la datte mûre est composée de sucre, d'eau et de lipides de protéines et d'éléments minéraux. Elle est essentiellement riche en eau et en sucre qui confère à la datte sa texture et la consistance de sa chair [15].

III.10.2. Eau :

La teneur en eau détermine la consistance de la datte [(molle (30 % d'eau), demi-molle (20-30 % d'eau) et sèche (inférieur à 20 % d'eau)] , elle varie au cours des stades de développement de la datte et en fonction des variétés [15].

Variété	Teneur en eau
Deglet Nour	25-28
Allig	19,6
Kenta	17
Degla Bidha	11

Tableau III.1 : Teneur en eau de quelques variété de datte au stade Tamar [15].

III.10.3. Le sucre :

La pulpe de datte contient du saccharose et des sucres en C6 (glucose, fructose,...). Certaines dattes sont totalement dépourvues de saccharose ; par contre ; d'autres en contiennent une proportion élevée [13].

La forte teneur en sucres de la pulpe de datte confère à ces fruits une grande valeur énergétique. Pour 100 g de pulpe :

*306 calories pour Deglet Nour.

*260 calories pour les dattes communes.

III.10.4.Sucre inverti :

C'est un mélange en proportions égales de glucose et de fructose. On peut l'obtenir par hydrolyse acide du saccharose, la réaction s'exprime comme suit :



Le glucose est un hexose à fonction réductrice aldéhydique. Son pouvoir sucrant est égal à 70% par rapport au saccharose. Il est très fermentescible par levures.

Le fructose est un hexose à fonction réductrice cétonique, il est plus hygroscopique que le glucose et le saccharose. Il est sensible à l'action de la chaleur et à l'action des bases [13].

III.10.5. L'amidon :

L'amidon disparaît au cours du dernier stade de maturation en se transformant en sucre sous l'action de l'invertase [16]. La teneur en amidon varie aussi selon les variétés: elle est de 0,99 % pour les variétés Arechti et Bou hattam et de 0,28 % pour la variété Choddackh. [14].

III.10.6. Cellulose :

Les membranes cellulaires de la chair de datte sont essentiellement constituées de cellulose. Au cours de la maturation, l'accumulation des sucres dans le fruit s'accompagne d'une diminution du taux de cellulose, ainsi une datte molle en pleine maturité renferme environ 2 % de cellulose [21].

III.10.7. Les éléments minéraux :

La pulpe de la datte est riche en éléments minéraux. Les cendres représentent 2% du poids à l'état frais des dattes mûres [18].

Eléments minéraux	Teneur en mg / 100gr de datte
Potassium	754 – 649
Chlore	290 – 268
Phosphore	63,8 – 54,8
Calcium	58,8 -58,3
Magnésium	58,5 – 50,3
Soufre	51,8 – 43,8
Sodium	4,8 – 4,1
Cuivre	0,21 – 0,18

Tableau III.2 : Teneur en éléments minéraux[18].

III.10.8. Substances vitaminiques :

En général, la datte contient des vitamines du groupe B en quantités appréciables, mais peu de vitamines C. [13].

Types de vitamine	Teneur en mg /100 g de datte
Vitamine A	100 – 80
Vitamine C	2,7 – 0,77
Vitamine B7	2,2 – 0,33
Vitamine B1	0,07
Vitamine B2	0,03

Tableau III.3 : Teneur en vitamines des dattes[13].

III.10.9. Protéines et lipides :

Ces deux substances se trouvent en faibles quantités dans les dattes. Les lipides sont concentrés dans l'épicarpe et varient entre 2,5 à 7,5 %. La teneur en protéines varie entre 1 et 3 %. Elles jouent un rôle dans le brunissement non enzymatique des dattes (réaction de Maillard). Les teneurs en acides aminés varient selon les variétés et sont de 256 et de 204 mg respectivement pour Deglet Nour et Allig [21].

III.10.10. Les acides aminés :

La teneur des dattes en acides aminés varie selon les variétés [14]. Les cultivars ayant les teneurs les plus élevées en composés aminés sont vulnérables au brunissement rapide lors du stockage

III.10.11. Les enzymes :

Les enzymes jouent un rôle important dans le processus de conversion qui a eu lieu pendant la formation et la maturation du fruit, quatre de ces enzymes sont particulièrement intéressantes pour la qualité du produit final :

- ✓ *l'invertase* : responsable de l'inversion du saccharose et par conséquent la formation d'une texture sirupeuse ou une cristallisation intense des sucres en surface [25].
- ✓ *La poly phénol oxydase* : responsable de la transformation biochimique des poly phénol, insolubles en forme soluble contribuant ainsi à l'attendrissement de la datte [25].
- ✓ *La cellulase* : responsable de l'hydrolyse des longues chaînes de cellulose insolubles, en courtes chaînes solubles.

Chapitre IV

Etude

Expérimentale

IV.1. Matériel et matériaux nécessaires

Boîtes en bois de taille différente, dont l'une plus petite devant rentrer dans l'autre. La boîte extérieure peut être fabriquée avec du bois ou du contreplaqué, celle intérieure à partir de bois, ou de métal (aluminium de préférence.)

Au choix et selon la disponibilité : du polystyrène, des blocs de mousse, du papier journal froissé en boules, de la laine de mouton, de menuiserie ; des fibres de plantes séchées (riz, feuilles de bananier, fibres de noix de coco, etc.), des plumes ou des cendres pour isoler l'espace entre les deux boîtes (pas de polyvinyle, pas de laine de verre ou d'autres plastiques qui dégagent de la fumée à haute température). La laine de mouton ou la cendre devront être disponibles en grande quantité. Toutefois, la cendre augmente le poids du four.

IV.2. Matériaux nécessaires pour la cuiseur

- ✓ Plaques de bois multiples d'épaisseur 1.5mm
- ✓ Menuiserie de bois comme un isolons
- ✓ Du papier aluminium
- ✓ Une vitre transparente un peu plus grande que la plus petite boîte (ou une plaque de plastique de cette taille
- ✓ De la colle non toxique
- ✓ Du papier collant
- ✓ Divers morceaux de bois
- ✓ Des ciseaux
- ✓ Une règle
- ✓ Un marqueur à tableau blanc

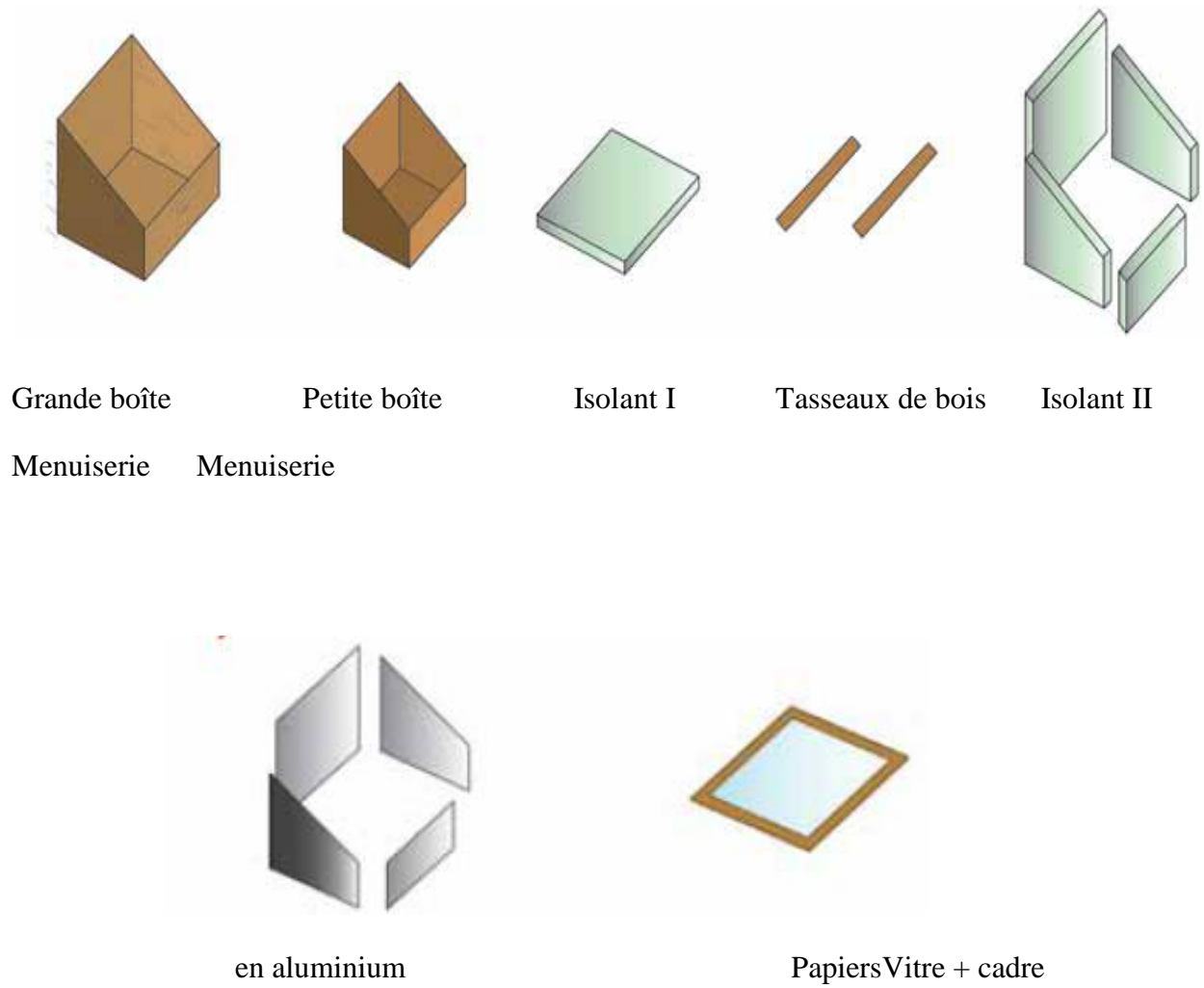


Figure IV.1 : Matériaux nécessaires Pour installer la boîte

IV.3. Fabrication du cuiseur boîte

Le cuiseur boîte est constitué de deux boîtes en bois, l'une plus grande que l'autre de quatre centimètres dans toutes les directions.

IV.3.1. Construction des deux boîtes

Photos de la boîte

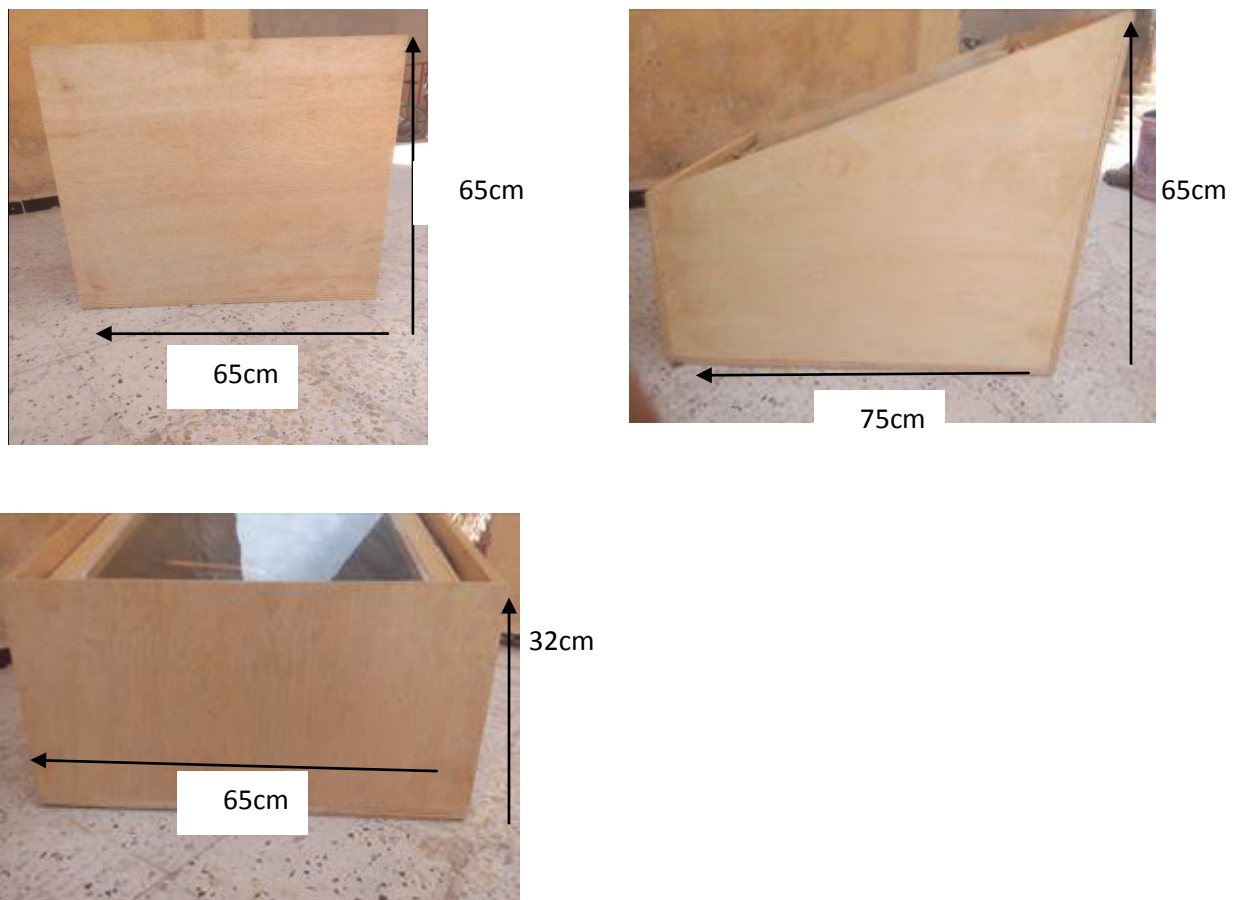
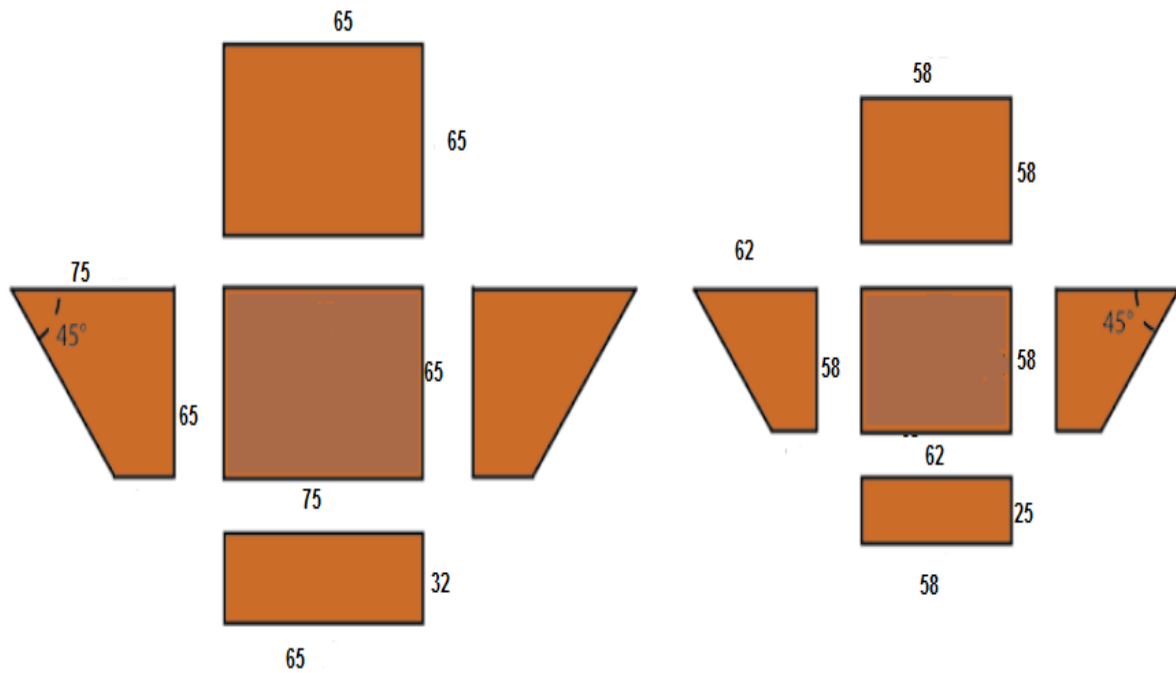


Figure IV.2 : Les mesures de la boîte en centimètres

Utiliser les schémas ci-dessous pour obtenir les 2 boîtes en bois.



Toutes les mesures sont en centimètres

L'angle est de 45 degrés

Figure IV.3 : schémas pour obtenir les 2 boîtes en bois.

IV.3.2. Assemblage des deux boîtes

- ✓ Remplir le fond de la grande boîte avec l'isolant sur une épaisseur de 4 cm.
- ✓ Placer la seconde boîte à l'intérieur de la première. Rembourrer les espaces vides entre les boîtes avec le même matériau utilisé pour le fond sans déformer les boîtes, tout en s'assurant qu'elles ne bougent pas.

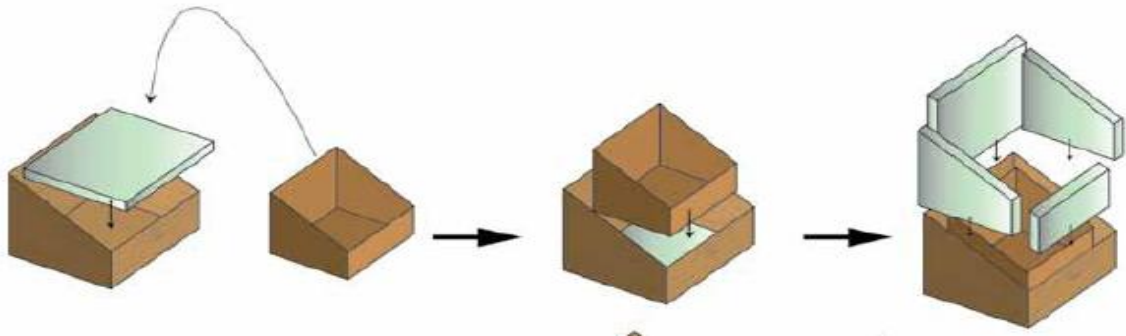


Figure IV.4 : Installation de la boîte de coupe

- ✓ Placer des morceaux de mousse au-dessus de l'isolant afin de remplir totalement l'espace entre les deux boîtes.
- ✓ Fermer l'espace entre les deux boîtes avec quatre tasseaux en bois de sorte que tous les bords se joignent harmonieusement.

IV.3.3. Fabrication des réflecteurs à l'intérieur de la boîte

Découper des morceaux de carton de la taille des parois intérieures de la petite boîte. Recouvrir de papier aluminium. Coller le papier aluminium sur le carton en veillant à ce qu'il soit bien lisse, sans plis ni bulles d'air ou de colle.

Agrafer le carton recouvert de papier aluminium sur les parois intérieures du four. Tapisser le fond de la boîte intérieure avec du carton noir qui absorbe la chaleur.

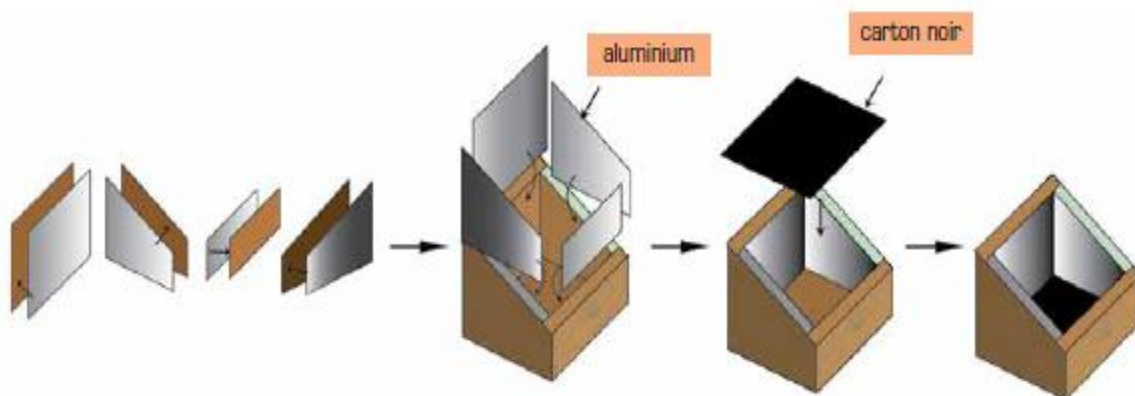


Figure IV.5 : Installation des parties internes de la boîte

IV.3.4. Génération de l'effet de serre

Pour améliorer la cuisson, mettre le plat dans un « attrape-chaaleur », c'est-à-dire sous une vitre en verre ou en plastique.

Fabriquer deux cadres en bois aux dimensions du cuiseur. Choisir une vitre de même dimension et la poser sur le premier cadre. La fixer avec des joints en silicone. Poser le deuxième cadre et le fixer de la même façon.



Figure IV.6 : Le plafond de la boîte en verre

Fixer la vitre sur le haut du four avec deux petites charnières. Pour assurer l'étanchéité du four lors de sa fermeture, placer quatre bandelettes de mousse sur les 4 côtés en haut du four. La vitre vient se poser sur le joint et évite la sortie de l'air chaud.



Bandelettes de mousse

Figure IV.7 : bandelettes de mousse sur les 4 côtés en haut du four.

IV.4.Équipement utilisé

IV.4.1.La flacon

il sont à ballon à col colrode , il sont en verre transparent ce dernier utilisée comme un récipient de jus de dattes .

IV.4.2.Robot de jus

pour préparer le jus de dattes

IV.4.3.L'instrument de mesures utilisé

Le est un thermomètre robuste pour les thermocouples de type K et J. Le grand écran lumineux et les touches de fonction se trouvant sur le côté permettent une utilisation ergonomique.

Étant donné que l'appareil est équipé d'un chronomètre, il est possible de lire les valeurs MIN/MAX/MOY avec un horodatage relatif. Il est possible de connecter toutes les sondes de température de type J et K avec connecteur thermocouple miniature.



Type de thermocouple	EXTECH TM300
Etalonnage selon	ISO / DA kks
Modèle	2 canaux
Affichage	Double écran LCD
Référence	TM300
Poids	g 200
Larg	63 mm
Hauteur	28 mm
Longueur	220 mm
Résolution (température)	0.1 °C
Modèle de capteur	fixe
Type de sonde	K, J
.Température max	+1372 °C
.Température min	-200 °C
Alimentation	3x 1.5 V/DC (piles LR03)
Précision de base (plus/moins)	1 °C
Précision de base+-	0.15%

Figure IV.8 : Thermomètre avec plaque signalétique

IV.4.4. Aspirateur 2400W 6Lt

aussi appelé balayeuse au Canada, est un ustensile électroménager muni d'une pompe à air créant une dépression qui provoque l'aspiration de vapeur d'eau dans la bouteille.

Caractéristique	Définition
Couleur	Grognât
Capacité du SAC	6L
Sac de tissu lavable	Oui
Système de filtration HEPA / Cordon d'alimentation	Oui / 7 M
Type de brosse / facilité d'utilisation	3/Oui
Puissance d'aspiration	20 Kpa
Puissance	2400 Watt

IV.5. Etude Expérimentale

Cette étude expérimentale a un objectif principal est question Peut-on extraire le sucre à partir de dattes (Deglat-Noor) par l'énergie solaire ? .

Pour reprendre la question précédente une étude expérimentale a été réalisée au sein de l' LABO Mécanique en université Hama Lakhdar d'el-oud .Un site situé au sud Algérien à une latitude 33° , une longitude de $3,81^{\circ}$ et une altitude de 450m. Il est caractérisé par un ensoleillement très important ,avec Une irradiation moyenne journalière estimée à 6000Wh/m^2 , une durée d'insolation d'environ 3000 heures par An et un indice de clarté KT moyen estimé à 0,75.

Les essais expérimentaux sont effectués en absence de vent et sous un ciel dégagé.

Pour les besoins de notre étude, un prototype a été réalisé comme décrit précédemment. Il est montré sur la vue de la figure IV.4. Durant les différents tests expérimentaux, le prototype du cuiseur solaire boîte est installé sur la plate forme des essais expérimentaux est exposé à l'ensoleillement naturel.

IV.5.1. Tests de stagnation

Afin d'étudier le comportement du cuiseur solaire sous un ciel partiellement couvert, un test expérimental a été effectué au cours de la journée du 03/05/2018. Ce test s'est déroulé sans aucune charge à partir de 9 heures 30 minutes (TSV) du matin. Le ciel était partiellement couvert et le vent calme durant tout le test. Les deux sondes de mesure sont posées l'une dans l'ambiante et la deuxième à l'intérieure du cuiseur .

IV.5.2. Tests avec charge

Ce teste a effectué pour évaporer l'eau dans le jus de datte. Ce test a été effectué en respectant les recommandations du standard ASAE S580 JAN03 qui porte sur le test et l'évaluation des performances de cuiseurs solaires.

IV.6. Résultats et Discussion

IV.6.1. Tests de stagnation

Le prototype de cuiseur solaire boîte étudié est exposé au rayonnement solaire sans aucune charge (plaque chauffant vide). Ces tests sont effectués en période printemps mois de mai Durant la durée de test, on mesure la température ambiante, la température de la plaque chauffante au centre et sur le bord .Le figure IV.8 illustrent les variations de la température de la plaque chauffante en fonction du temps du cuiseur solaire boîte pour une journée du 03/05/2018. La température ambiante mesurée durant les tests est également montrée sur ce figure. Durant cette journée, le ciel est dégagé.

L'analyse des résultats obtenus durant cette journée nous permet de faire les constatations suivantes :

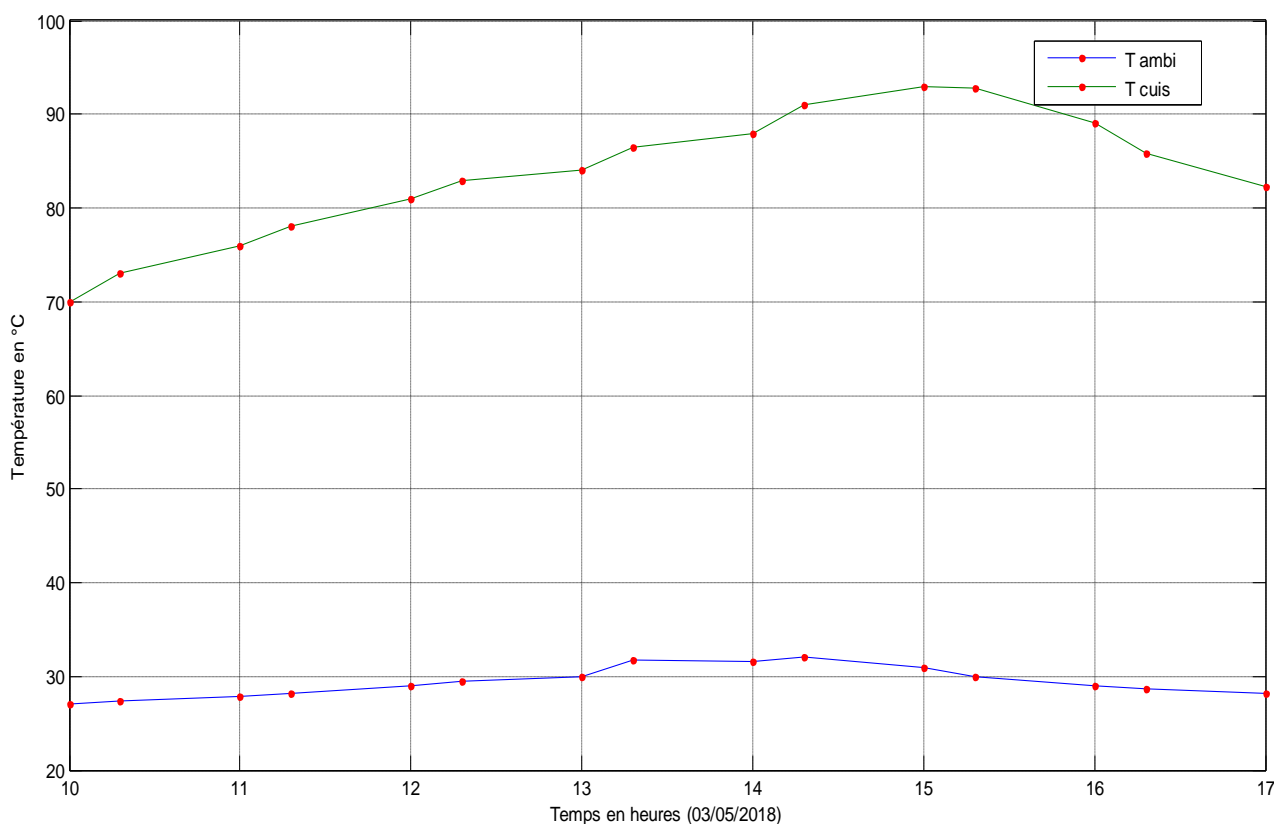


Figure IV.9 : Variation des températures du cuiseur (test de stagnation du 03/05/2018)

La température maximale atteinte dans les conditions printemps (température ambiante maximale inférieure à 35 °C) est importante (plus de 95 °C). Ce niveau de température est pas rapidement atteint à cause de type de plaque chauffante (papier d'aluminium) . En effet, à partir d'une température qui avoisine l'ambiance, la plaque chauffante atteint la température de 95 °C en l'espace de quelques heures (environs 30minutes).

IV.6.2. Tests avec charge

Les tests préliminaire de cuisson ont porté sur la préparation et la cuisson du jus de datte. Ces tests ont été effectués pour jauger les limites du prototype en matière de températures maximales atteintes et de sa capacité à cuire certains produits alimentaires avec évaluation de la durée de cuisson. Les différents tests effectués sont résumés dans les figures suivants :

IV.7. Préparation de jus de datte

On préparer une quantité des dattes sans noyaux et un quantité d'eau destilé. On verser l'eau dans le mixeure puis on découper les dattes en deux , on déposer les dattes coupé dans le mixeure , on laisser le mélange ré-hydrater une demi heure , on mixer pendant plusieurs minutes on doit pas rester de morceaux. On filtre le jus puis on déposer le déchet dans mixeure avec un quantité d'eau , on mixer le mélange d'autre fois on répéter cette étape plusieurs fois . on mettre le produit filtré dans un bouteille et placer dans le cuiseur avec l'instalation d'évacuation de vapeur d'eau.





Les résultats des mesures de température avec les cuiseurs en charge sont illustrées dans les figures suivantes :

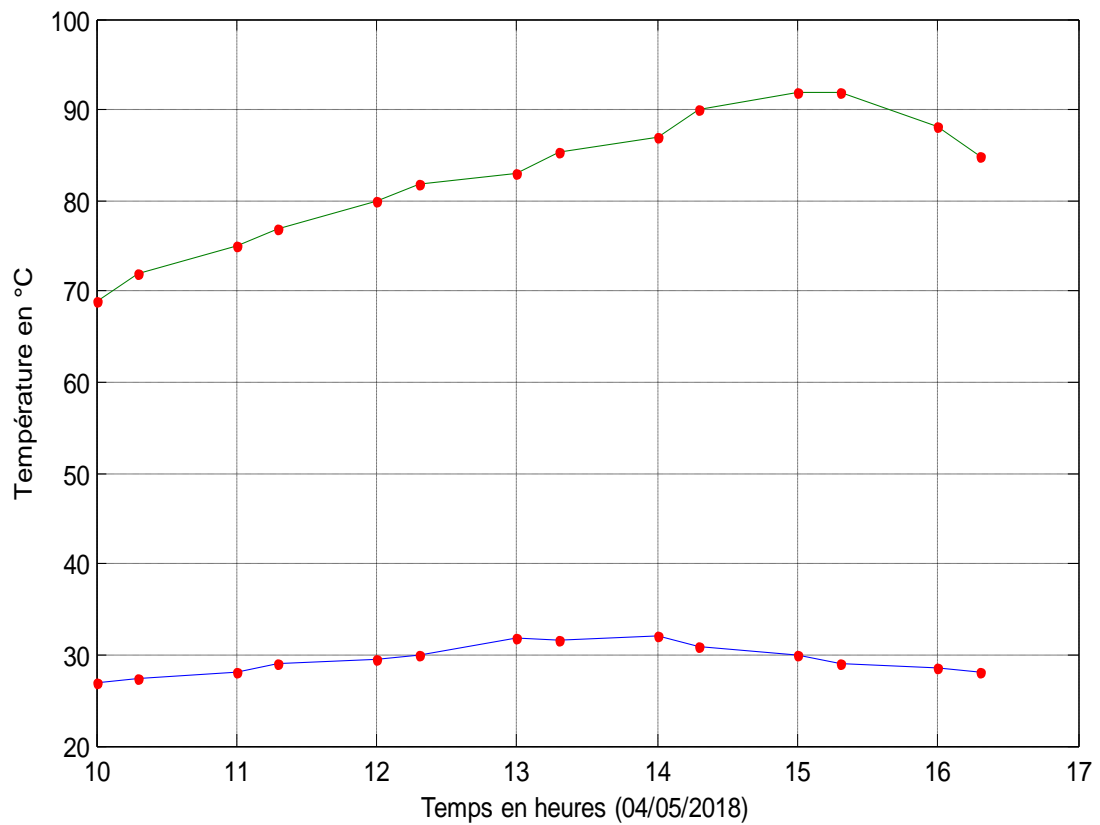


Figure IV.10 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 04/05/2018)

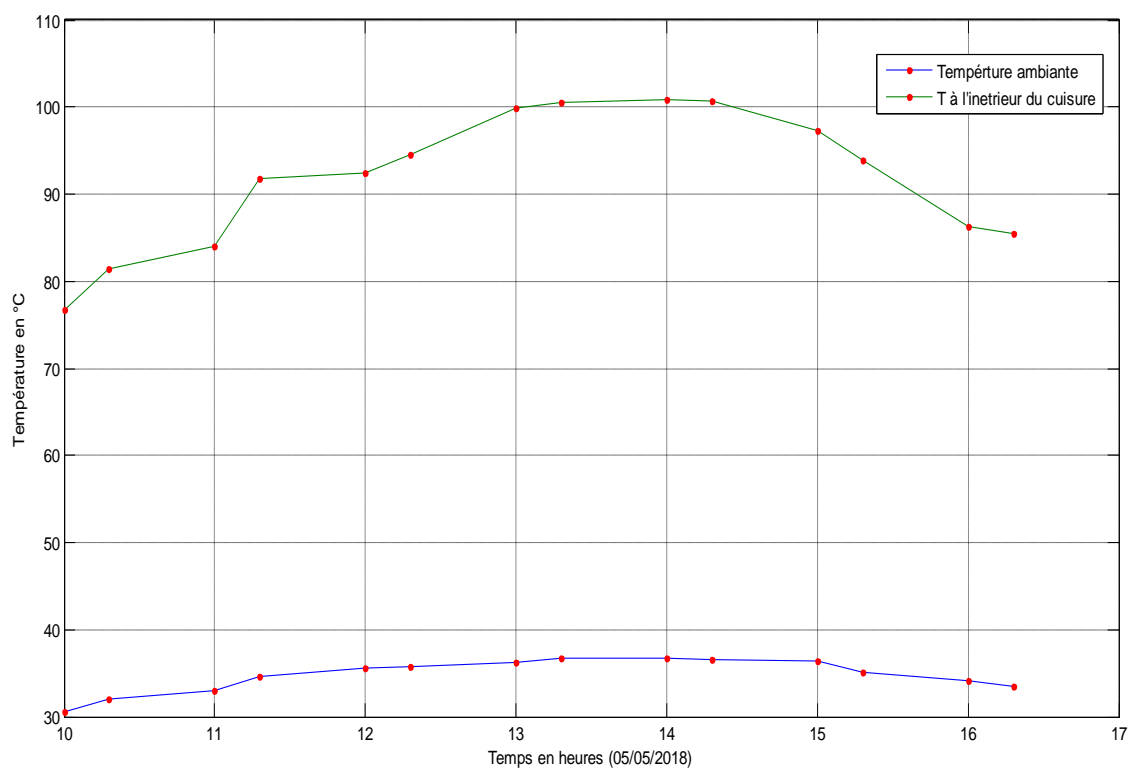


Figure IV.11 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 05/05/2018)

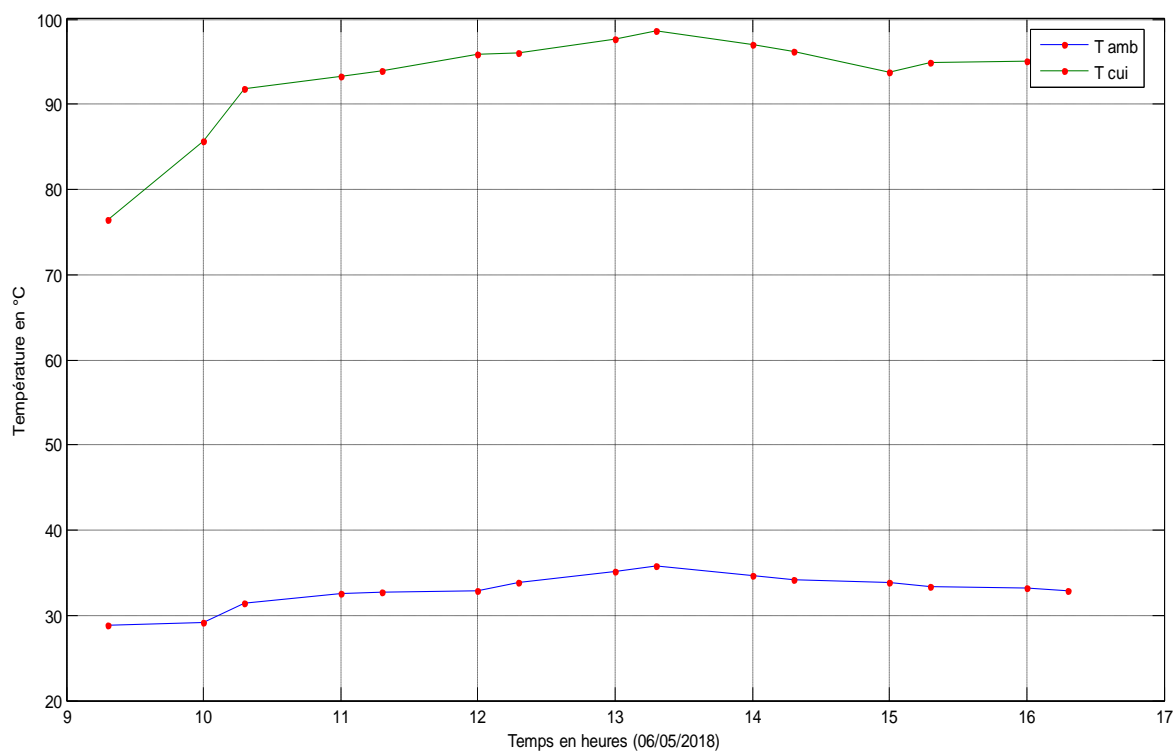


Figure IV.12 : Variation des températures du cuiseur (test de charge du 06/05/2018)

Calcul de rendement :

poids de dattes net utilisée est 742g ,le poids de un litre de jus est 1300 g après trois jours de vaporisation d'eau par le cuiseur solaire (21 heures) le poids de jus devient 523 g et après deux jours en plus ce poids devient 377.96 g ce ci la quantité de sucre produire .Donc :

$$\left\{ \begin{array}{l} 742g \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow 100\% \\ 377.96g \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow X \end{array} \right. \Rightarrow X = 50.9\%.$$



Figure IV.13 : Sucre produit à partir de cuiseurs solaires

Conclusion

Dans ce chapitre on a réalisé expérimentalement le cuiseur solaire à boîte pour l'utiliser comme un four. Après la préparation de jus de dattes pour but à extrait de leur sucre par l'énergie solaire. Un test de stagnation et de teste de charge à réaliser pour évaluer la température du cuiseur. Les résultats et le rendement de quantité de sucre extrait nous donne une espérance qui les dattes peuvent d'être comme une source de sucre et l'énergie solaire jouent un rôle important pour diminuer le frais d'extraction de ce sucre.

Références Bibliographiques

- [1] À ne pas confondre avec son petit-fils Antoine-Henri Becquerel qui a découvert la radioactivité en 1896.
- [2] Banque d'investissement, www.saxobank.com
- [3] 3e habitat. (s. d.). Le chauffe-eau solaire. In 3e habitat. Site de *3e habitat.fr*, [En ligne]. <http://www.3ehabitat.fr/chauffe-eau-solaire/chauffe-eau-solaire> (Page consultée le 28 novembre 2009).
- [4] Baril, H. (2008). L'énergie de l'avenir – de l'eau, du vent et beaucoup de soleil. *La Presse*, 12 janvier, p. La Presse affaires 3.
- [5] Gaillard, M. (2008). L'énergie du Soleil : Construire aujourd'hui l'environnement de demain. Paris, le cherche midi, 118 p.
- [6] Document, «Cuiseurs solaires: comment construire, employer et apprécier,» Solar Cooker International (SCI), California, USA, 2004.
- [7] «Solarcooker at Cantinawest,» 2008-2014. [En ligne]. Available: <http://www.solarcooker-at-cantinawest.com/solarcooking-history>. [Accès le 13 mars 2018].
- [8] «C fait maison,» 2014. [En ligne]. Available: <http://www.cfaitmaison.com>. [Accès le 13 Décembre 2014].
- [9] Thirugnanasambandam M, Iniyar S, Goic R, «A review of solar thermal technologies,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 312-322, 2010.
- [10] N.Chalal, *Etude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect*. Mémoire de magister. Université Mentouri-Constantine(2007).
- [11] W. Belachi, Application du séchage solaire pour la conservation des produits agroalimentaires. Mémoire de magister. Université Kasdi Merbah- Ouargla(2009).
- [12] S.Chouicha, *Etude expérimentale du séchage solaire Des dattes humides et impact Sur la qualité*. Mémoire de magister. Université Kasdi Merbah- Ouargla(2010).

- [13] Munier, P. (1973). Le palmier dattier Techniques agricole et productions tropicales. Paris Maison Neuve et Larose, 143-174.
- [14] Bouabidi, H. , Reynes, M. , Rouissi, M. B. (1996). Critères de caractérisation de quelque cultivars de palmier dattier de sud tunisienne. INRAT, 69 :73-87.
- [15] Dowson, V. H. W. (1982). Date production and protection, FAO, Rome, 35.
- [16] Djerbi, M. (1999). Growth and développement stages of date palm fruit. In : Zaid, A.(ed.), Arias-jiménez, E. J. (cord.), Date palm cultivation,FAO, Rome, 4-20.
- [17] Acourene S., Tama M., 1997. Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région de Ziban. *Revue recherche Agronomique*, Ed. INRAA, N° 1, pp 59-66 .
- [18] Cleveland, M. M. (1932). Mineral composition of dates. *Journal of Food Engineering*, 4: 267-268.
- [19] محاضرة . دور خلة التمر في تحسين البيئة دس ن د . الأستاذ الدكتور كاظم محمد
- [20] Abdul-Jabbar Al-Beker., 2002. « THE DATE PALM : A review of its and present status and the recent advances in its culture, industry and trade ». Al- Ani Press- Bagdad
- [21] Barreveled, H. (1996). Etude de la composition chimique des dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier. *Fruits*, 47(6) 667-678.
- [22] Saliha DAAS A, *etude quantitative des composes phenoliques des extraits de trois varietes de dattes (Phoenix dactylifera l.) et evaluation in vitro de leur activite biologique*, mémoire MAGISTER , Université EL-HADJ LAKHDAR Batna ,22/10/2009,P18
- [23] BIDARI K et D, *contribution à des caractéristiques chimiques et biochimiques des dattes (Ghars,deglel-nour et Degla-Baida) de la cuvette de Ouargla* ,mémoire de MASTER , Université KASDI MERBAH Ouargla,07/09/2015,P10
- [24] BEN AHMED DJILALI A, *Analyse des aptitudes technologiques de poudres de dattes (Phoenix_ dactylifera.l) améliorées par la spiruline. Étude des propriétés rhéologique, nutritionnelles et antibactériennes*. Mémoire de doctorat, universite M'HAMED BOUGARA –BOUMERDES 2012
- [25] Akidi, M.K . et Ahmed, M.A. (1985) . Transformation des dattes et des produits celluloses des dattes. Union Arabe des Industries Alimentaires. Irak ,300-303