



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

– جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département Sciences de la Nature et de la Vie

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Agroalimentaire et Contrôle de qualité

Start up PME/PMI

Thème

Etude de séchage des produits agricole par séchoir solaire indirect

Présenté par :

- ❖ DJEROUDI RAFIQ
- ❖ BOUDOUAIA MEHDI

Soutenu le 14/06/2023, devant le jury composé de :

<u>Qualité</u>	<u>Nom</u>	<u>Grade</u>
Président :	Ms. MEROUFEL B	M.C.A
Encadrant :	Mr. ZENASNI M.A	M.C. A
Examineur:	Mr. BENYOUB N	M.C.A

Année universitaire 2022/2023



Remercîment



Nous exprimons notre gratitude à Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé la santé et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail. De plus, nous souhaitons adresser nos sincères remerciements à notre encadreur, **M. Zenasni Mohamed Amine**, pour sa patience, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de ce projet.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance envers les membres du jury, **Ms Meroufel Bahia** et **Mr Benyoub Moureddine**, qui ont accepté d'évaluer notre travail et de participer à cette soutenance.

Enfin, nous souhaitons remercier l'ensemble du corps professoral de notre établissement, l'université Abou Baker Belkaid, ainsi que les employés de l'administration et les responsables de la formation en agroalimentaire. Leur travail acharné et leur soutien ont créé un environnement propice à nos études. À tous, nous exprimons notre profonde gratitude



Dédicace



Je ne trouve aucun mot ou expression, qui vont exprimer mes
vifs sentiments de gratitude et remerciement : A mes chers
parents qui n'ont jamais cessés de m'apporter tout ce dont j'ai
besoin pour réaliser ce travail et tout au long de mon parcours
éducatif, ainsi que leur tendresse et leur compréhension. A mes
chères frères et sœurs : Djamel, Ikram, Soumia qui m'ont
beaucoup aidé. A tous mes amis: Mehdi, Brahim, Youcef,
Kind, Souhila, et à toute la promotion de Sciences
Alimentaires et Je n'oublierais jamais votre bonté et votre
aide, j'espère être là pour vous comme vous l'êtes pour moi.

Je vous aime tous.

RAFIQ



Dédicace



À toi mon père

Mon exemple éternel, mon soutien moral, source de joie et de
bonheur, celui qui

S'est toujours sacrifié pour me voir réussir, qu'Allah te garde
en bonne santé et longue vie.

À toi maman que j'adore

Lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de
mon cœur, ma vie, et mon bonheur. Aux personnes qui m'ont
toujours aimé, aidés et encouragés, qui étaient toujours à mes
cotés

Mes sœurs et mon frère Et spécialement mon frère Anouar.

À celle que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu tout au long
de ce projet : Ma grand-mère Saadia et ma tante Souaad et
sa petite famille sans oublier Nasr Eddine

Mes meilleurs amis : Sara, Ghyes et Aymen

À mon binôme Rafik, et à tous ceux qui ont contribué de
près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis

merci

Mehdi

Résumé :

Notre objectif principal est de mener une étude approfondie et de concevoir un séchoir solaire de type indirect adapté aux conditions météorologiques du nord de l'Afrique. Dans le cadre de cette étude, nous nous concentrons spécifiquement sur le séchage des fruits et légumes en utilisant cette technique, dans le but d'améliorer leur durée de conservation.

Le séchoir que nous développons est conçu pour fonctionner en mode convectif, en utilisant l'énergie solaire pour sécher les produits agro-alimentaires locaux. Cette approche vise à accroître leur durée de vie et à faciliter leur transport. De plus, en optant pour la technique du séchage solaire, nous combinons les avantages de la protection de l'environnement, de la maîtrise de l'énergie et de l'utilisation d'une source d'énergie naturelle renouvelable, à savoir le soleil

Mots clés : Séchage, la déshydratation, l'énergie solaire, l'agriculture, température, rayonnement solaire, séchoirs solaires

هدفنا الرئيسي هو إجراء دراسة متعمقة وتصميم مجفف شمسي غير مباشر يتكيف مع ظروف المناخ في شمال أفريقيا. في إطار هذه الدراسة ، نركز بشكل خاص على تجفيف الفواكه والخضروات باستخدام هذه التقنية ، بهدف تحسين مدة الحفظ الخاصة بها.

يتم تصميم المجفف الذي نعمل على تطويره للعمل بنمط الحمل الهوائي ، باستخدام الطاقة الشمسية لتجفيف المنتجات الزراعية المحلية. تهدف هذه الطريقة إلى زيادة عمر المنتجات وتسهيل نقلها. بالإضافة إلى ذلك ، من خلال اختيار تقنية التجفيف الشمسي ، نجمع بين فوائد حماية البيئة وإدارة الطاقة واستخدام مصدر طاقة متجدد طبيعي وهو الشمس.

الكلمات المفتاحية: التجفيف ، طاقة شمسية ، زراعة ، حرارة ، إشعاع شمسي ، مجففات شمسية

Abstract:

Our main objective is to conduct an in-depth study and design an indirect solar dryer adapted to the weather conditions of northern Africa. In the scope of this study, we specifically focus

on the drying of fruits and vegetables using this technique, with the aim of improving their shelf life. The dryer we are developing is designed to operate in convective mode, utilizing solar energy to dry local agricultural products. This approach aims to increase their durability and facilitate their transportation. Furthermore, by opting for solar drying technique, we combine the advantages of environmental protection, energy management, and the use of a renewable natural energy source, namely the sun.

Keywords: Drying, dehydration, solar energy, agriculture, temperature, solar radiation, solar dryers .

Liste des figures

Figure 1: Séchage par centrifugation	5
Figure 2: Séchage thermique.....	6
Figure 3: Séchage au soleil.....	9
Figure 4: Séchage a l'air libre	9
Figure 5: Séchage par entrainement	10
Figure 6: Séchage par ébullition.....	11
Figure 7: Séchage par micro-onde	11
Figure 8: Lyophilisation	12
Figure 9 : Courbe de séchage (Yahiaoui Khaldi, 2018).....	14
Figure 10: Conversion Photovoltaïque.....	23
Figure 11: Séchoir solaire	23
Figure 12: Séchoir solaire direct	25
Figure 13: Séchoir solaire indirect	25
Figure 14: Séchoir solaire hybride	26
Figure 15: Séchoir solaire mixte (Khedimou, 2016).....	27
Figure 16: Histogramme des réponses de questionnaire	36
Figure 17: Organigramme représente les services de notre entreprise.....	37
Figure 18: Logo de notre produit	38
Figure 19: Diagramme de transformation de matière première au Produit fini sec	39
Figure 20: : Localisation de terrain de notre entreprise	41
Figure 21: Schéma de construction de notre entreprise	42
Figure 22 : table de triage automatique grande vitesse pour l'industrie automobile	46
Figure 23: Résultat d'analyse sensorielle.....	61
Figure 24: l'échantillon de notre raisin	64
Figure 25: Echantillon après le chauffage dans bains-marie.....	65
Figure 26: Taux d'humidité et de matière sèche de raisins secs.....	65
Figure 27: Valeurs de pH de raisins secs	67

Liste des Tableau

Tableau 1: Coût des différents articles de notre appareil	50
Tableau 2: Coût des équipements de processus de fabrication.	51
Tableau 3: Salaire mensuel des employés.....	52
Tableau 4: Coût mensuelle de matière première.....	53
Tableau 5: Coût d'un kg de raisin.	54
Tableau 6: Coût d'un kg de pruneau	54
Tableau 7: Prévisions des ventes de notre produit (pruneaux sec).	54
Tableau 8: Prévisions des ventes de notre produit (raisin sec).	55
Tableau 9: Coût des charges annuelles variables prévisionnelles de projet.....	55
Tableau 10: Dépenses de démarrage de projet (avant la production).	55
Tableau 11: le bénéfice de notre entreprise.....	56

Liste des abréviations

Ha : Humidité absolue

Ma : Quantité d'air sec

Me : Quantité d'eau

Hr : Humidité relative

P V : Pression partielle de la vapeur dans le mélange

P S : Pression de saturation

m v : Flux massique de vapeur

M s : Masse de solide sec

dH/dT: Variation de l'humidité du solide avec le temps

A : Surface à travers laquelle se produit l'évaporation

A w : L'activité de l'eau

P PV : Pression de vapeur à la surface du produit

P VS : Pression de vapeur d'eau dans l'air saturé

(EJ) : ex joules

m : mètre

mm : millimètre

(CNRC) : Centre National du Registre du Commerce

(J.O) : journal officiel

(SARL) : société à responsabilité limitée

(EURL) : entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée

(BOAL) : bulletin officiel des annonces légales

(BNA) : banque nationale d'Algérie

(NIS) : Numéro d'Identification Statistique

(CASNOS) : la caisse nationale de sécurité sociale des non-salariés

(DA): dinar Algerian

(Kg): kilogram

(TVA): la taxe sur la valeur ajoutée

(ANSEJ): l'agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes

(BMC): Business model canvas

Table des matières

Introduction General	1
Chapitre I :.....	3
Généralité sur le séchage.....	3
Introduction	4
2. Différents méthodes du séchage	4
2.1. Séchage mécanique.....	4
2.2. Séchage chimique	5
2.3. Séchage thermique	5
3. Caractéristiques de l'air de séchage.....	6
3.1. Humidité	6
3.2. Température	7
3.3. Vitesse.....	7
4. Principes de séchage.....	8
5. Modes de séchage.....	8
5.2. Séchage non thermique	12
6. Transfert de chaleur et de matière	12
6.1. Transfert de matière	12
6.2. Transfert de chaleur	13
7. Cinétique du séchage	13
7.1. Période de mise en température [AB].....	13
7.2. Période à vitesse constant [BC]	13
7.3. Période de ralentissement	14
8. Différents modèles des cinétiques de séchage.....	14
8.1. Modèles empiriques	14
8.2. Modèles diffusifs (Modèle de Lewis (1921)).....	15
8.3. Modèles bases sur les transferts couples de chaleur et de masse.....	15

9. Séchage et qualité	16
9.1. Types de modification de la qualité	16
9.2. Problème du stockage	17
10. Domaines d'utilisations	17
10.1. Industrie agroalimentaire	17
10.2. Industrie du bois.....	17
10.3. Industries alimentaires et pharmaceutiques	18
Conclusion	18
Chapitre II : Séchage solaire	19
Introduction	20
2. Energie solaire	20
2.1 Définition :	20
2.2 Utilisation d'énergie solaire :	21
2.3. Conversion d'énergie solaire :	22
3. Description de séchoir solaire :	23
3.1. Capteur solaire expérimental :	23
3.2. Chambre de séchage :	24
4. Classification des types de séchoirs solaires	24
4.1. Séchoirs solaires directs :	24
4.2. Séchoirs solaires indirects :	25
4.3. Séchoirs solaires hybrides :	26
4.4. Séchoirs solaires mixtes :	26
5. Avantages et inconvénients du séchage :	27
5.1 Avantages :	27
5.2 Inconvénients :	27
6. Aptitude climatique de l'Algérie au séchage solaire :	28
6.2 Zone de tell :	28

6.3 Zone steppique :.....	29
6.4. Zone saharienne :	29
Conclusion :	29
Chapitre III :	31
Technologie de séchage des agricole par séchoir solaire indirect.....	31
Introduction :	32
2. Faisabilité technique	32
2.1.1 Créé une entreprise de séchage des fruits et légumes :.....	32
2.1.2 Etapes de création d'une entreprise :	32
2.1.2.10 L'idée :.....	34
2.2. Etude :.....	35
2.2.1. Étude de marché :.....	35
2.2.2 Concurrences :	36
2.2.3 Etude organisationnelle :.....	37
2.3 Information sur Notre entreprise :	37
2.3.1 Nom de notre entreprise :.....	37
2.4 Profil sommaire du personnel.....	38
2.4.1. Besoins en personnel :	38
2.5Mode organisationnel et fonctions de personnel :.....	38
2.5.1 Etude juridique :.....	38
2.6 Localisation et choix de site :.....	40
2.7 Description des infrastructures et équipements :	41
3. Faisabilité environnementale :.....	46
3.1 Profil de site :.....	46
3.2 Sources de contamination potentielles du projet :	46
3.3 Descriptions des travaux de mise en conformité et de protection de l'environnement :	47

3.4 Portrait environnemental du projet	48
4. Faisabilité financière.....	49
4.1. L'appareil de séchage :	49
4.4 États financiers prévisionnels :	54
4.5 Financement de projet.....	55
4.6 Calculer les bénéfices :	56
Conclusion :	56
Chapitre IV :	58
Etude expérimentale des propriétés de séchage	58
Introduction	59
1-Evaluation sensorielle :	59
1.2. Discussion des Analyses sensorielles :.....	60
1.3. Interprétions	61
2. Analyses physico-chimiques des raisins secs	62
2.1. Méthodes d'analyse	62
2.2. Appareillage.....	62
2.3. Détermination des paramètres morphologiques des raisins secs	63
2.4. Détermination de la teneur en eau (NF V 05-108, 1970)	63
2.5. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970).....	64
3. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques :	65
3.1. Teneur en eau :	65
3.2. Potentiel d'Hydrogène (pH) :	66
3.3. Discussion d'analyses physico chimie :	67
4. Evaluation de la qualité microbiologique :	67
4.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales :.....	67
4.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile :.....	68
4.3. Recherche des salmonelles :	68

4.4. Résultat :.....	68
Conclusion :.....	68
Conclusion Générale	69
Référence.....	71
Annexe : BMC	74

Introduction Général

Le séchage des fruits et légumes est une technique de conservation alimentaire ancienne largement utilisée, car elle a un impact significatif sur la qualité des produits secs. L'objectif principal de la déshydratation des produits agricoles est de réduire leur teneur en eau à un niveau permettant un stockage sûr sur une période prolongée. Cela entraîne également une diminution du poids et du volume, ce qui réduit les besoins en emballage, en stockage et en frais de transport. *(Saf et Reddam,2018)*

La décision de sécher les aliments c'est la disponibilité irrégulière de ces aliments. Cependant, en les préservant par le processus de séchage, il devient possible d'assurer une disponibilité continue tout au long de l'année. Cela permet de profiter de ces aliments, même en dehors de leur saison de récolte habituelle. *(Saf et Reddam,2018)*

Le séchage solaire est largement reconnu comme l'un des systèmes les plus utilisés pour la conservation des aliments en utilisant l'énergie solaire. Il s'agit d'un processus essentiel dans l'industrie alimentaire, notamment pour le séchage des fruits, des légumes et de la viande. Non seulement il permet de réduire les coûts et les pertes après la récolte, mais il constitue également une méthode efficace pour préserver les aliments. *(Saf et Reddam,2018)*

Une grande partie de la production mondiale de fruits et légumes secs est encore réalisée de manière traditionnelle. Cependant, la production à grande échelle limite l'utilisation du séchage en plein air. La méthode traditionnelle de séchage présente plusieurs problèmes, notamment le manque de contrôle précis du processus de séchage, une durée de séchage imprécise, des coûts de main-d'œuvre élevés, la nécessité de vastes zones de séchage, ainsi que des risques d'infestation par des insectes et d'autres contaminants

Les solutions basées sur l'énergie solaire ont proposé des dispositifs de collecte ou des séchoirs solaires qui permettent de surmonter ces inconvénients. Ces technologies offrent la possibilité de contrôler efficacement le processus de séchage, de réduire les coûts de main-d'œuvre et d'améliorer la qualité des produits. Les dispositifs de collecte d'énergie solaire et les séchoirs solaires permettent d'exploiter de manière optimale l'énergie solaire pour sécher les fruits et légumes, offrant ainsi une alternative plus efficace et plus fiable à la méthode traditionnelle. *(Saf et Reddam,2018)*

De nombreux scientifiques ont étudié des modèles de séchage solaire de produits agricoles, et il existe également des études de simulation du comportement de séchoirs solaires et de divers légumes et fruits, caractérisés par une cinétique de séchage.

En effet, il n'existe pas de méthode précise pour dimensionner la conception et la réalisation de tels dispositifs.



Chapitre I

Généralité sur le séchage

Introduction

Le séchage consiste à éliminer l'eau d'un corps humide par évaporation. Cette opération implique un transfert de chaleur (fourniture de chaleur pour changer la phase du liquide) et un transfert de masse (liquide imprégnant le solide qui se transforme en vapeur dans l'air asséchant). Dans l'industrie chimique, le séchage est souvent utilisé en complément d'autres opérations telles que la sédimentation, la filtration ou l'essorage. Les raisons du séchage peuvent être regroupées comme suit : (*Yahiaoui Khaldi,2018*)

- Réduire l'activité de l'eau pour faciliter la conservation des produits et amortir le caractère saisonnier de certaines activités agricoles ou industrielles
- Réduire la masse et le volume des produits pour faciliter leur transport
- Donner une présentation, une structure ou une fonctionnalité particulière au produit (flocons de purée de pomme de terre, café lyophilisé...etc.). Mais en revanche les inconvénients du séchage qui sont :
- Modification du produit dans sa texture, sa forme, ses qualités organoleptiques nutritionnelles.
- L'opération est énergivore : Le séchage est une opération énergisante qui absorbe une part importante de la consommation énergétique de l'industrie, représentée par exemple par 14% de ce pays en France. Dans le cas du séchage, les industries agro-alimentaires représentent 40% de la consommation d'énergie. (Boughali,2010)

Dans les pays en voie de développement, où les ressources solaires sont abondantes, les problèmes de séchage solaire pour la conservation des produits agricoles sont fréquents. Cependant, la production de chaleur à basse température est une des multiples méthodes pour valoriser ces ressources et permettre le séchage. (*Yahiaoui Khaldi,2018*)

2. Différents méthodes du séchage

2.1. Séchage mécanique

Le procédé consiste à éliminer le liquide uniquement par des forces mécaniques, telles que le pressage ou la centrifugation. Dans certains cas, les processus de pré-concentration et de pré-séchage peuvent être réalisés sans transfert thermique, mais plutôt par transfert de quantité de mouvement. (*Yahiaoui Khaldi,2018*)

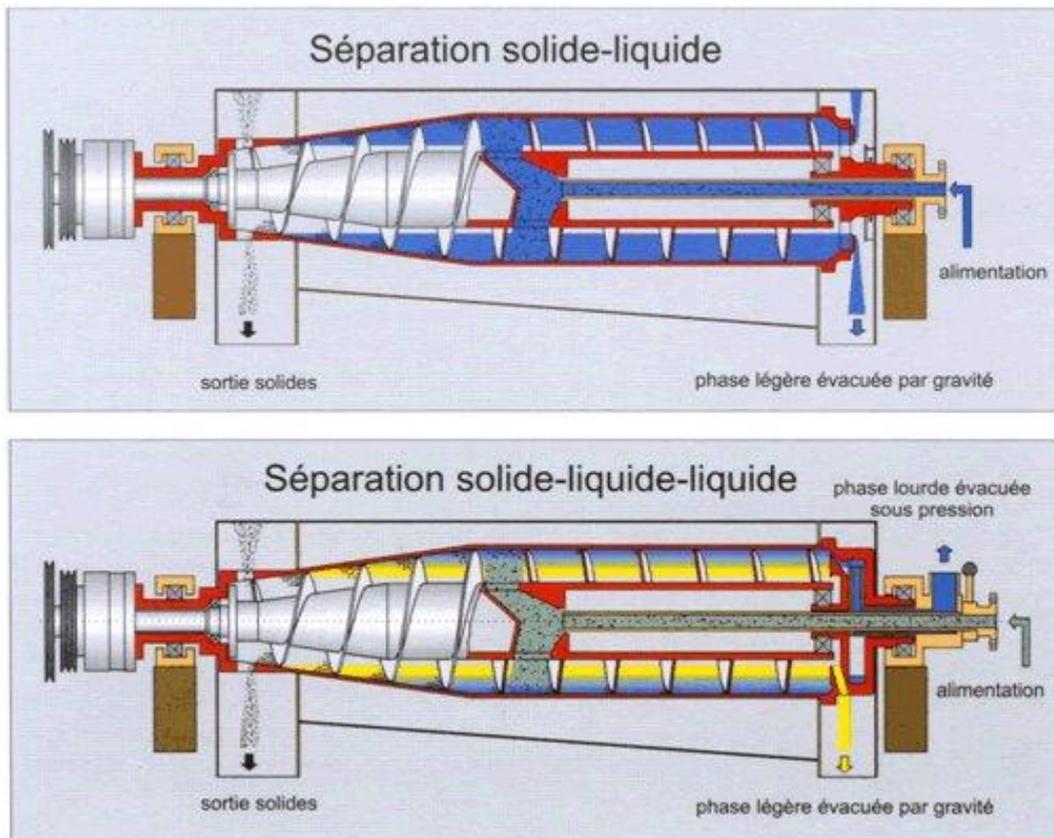


Figure 1: Séchage par centrifugation

Source : <https://vireakluon.wordpress.com/2013/01/21/separation-par-centrifugation/>

2.2. Séchage chimique

Il s'agit d'un procédé basé sur l'extraction de l'eau à l'aide d'un produit de déshydratation (osmose) (chlorure de calcium...) (*Yahiaoui Khaldi, 2018*)

2.3. Séchage thermique

Cette opération implique essentiellement un transfert de masse qui requiert une activation préalable de l'eau via l'apport d'une quantité d'énergie thermique.

Les transferts de masse se divisent en deux phases distinctes, à savoir la phase externe et la phase interne :

- Le premier transfert implique une chaleur interne qui se déplace de la source de chaleur vers la surface du produit.
- Le deuxième transfert consiste en une chaleur interne qui se déplace de la surface du produit vers le cœur.
- Le troisième transfert est un transfert de masse interne, où le mouvement se produit du cœur vers la surface du produit.

- Le quatrième transfert est un transfert de masse externe, où le mouvement se produit de la surface du produit vers le milieu extérieur. (Drihem,2018)

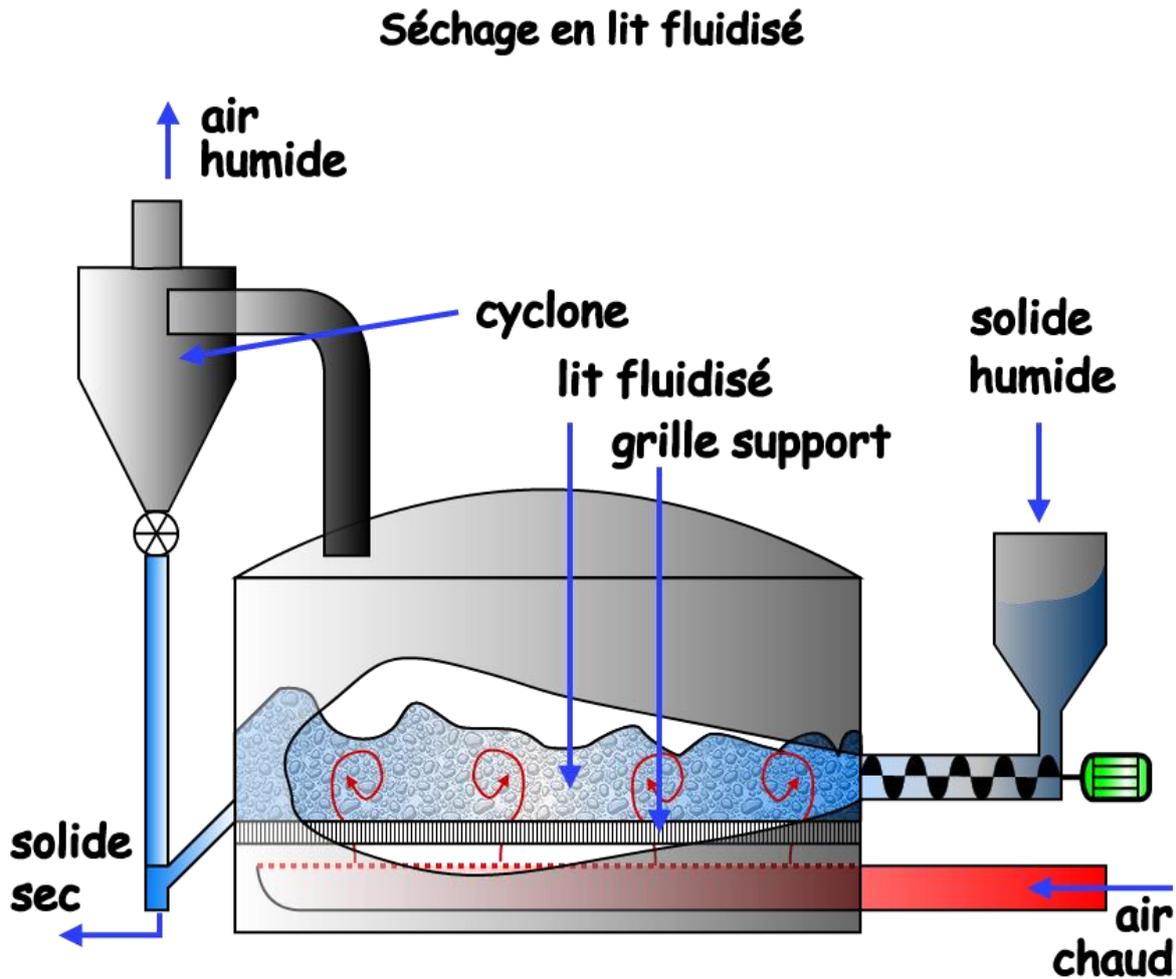


Figure 2: Séchage thermique

Source : https://www.azprocede.fr/Schema_GC/picture.php?/779/category/6

3. Caractéristiques de l'air de séchage

3.1. Humidité

Le terme désignant le liquide inclus dans un solide, qu'il soit liquide ou pâteux, et qui doit être enlevé au cours du processus de séchage est appelé l'humidité. (Yahiaoui Khaldi,2018).

3.1.1. Humidité absolue

Nous appelons humidité absolue ou teneur en humidité, c'est-à-dire la masse d'humidité mélangée à un kilogramme de gaz sec, et nous exprimerons l'humidité en termes de H_a comme donné par la relation suivante (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

$$H_a = \frac{M_a}{M_e} [Kg_v \cdot Kg_{as}^{-1}] \quad \text{Equation 01}$$

Avec

- H_a : humidité absolue
- M_a : quantité d'air sec.
- M_e : quantité d'eau

3.1.2. Humidité relative

L'humidité relative ou humidité est le rapport des pressions partielles de vapeur d'eau dans un mélange ; à la pression de saturation dans le même mélange ; prises à la même température (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

$$H_r = \frac{P_v}{P_s(T)} 100 \quad 0\% \leq H_r \leq 100\% \quad \text{Equation 02}$$

- H_r : humidité relative
- P_v : pression partielle de la vapeur dans le mélange
- P_s : pression de saturation

3.2. Température

3.2.1. Température sèche

La température de séchage du gaz est la température indiquée par une sonde de température placée dans le courant gazeux qui est la température de bon sens du gaz (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

3.2.2. Température humide du gaz

Nous nous référons à la température humide (ou température de bulbe humide) comme la température donnée par une sonde à mèche placée dans un courant d'air et humidifiée en permanence avec de l'eau pure. Il convient de rappeler que la température de bulbe humide est la température adoptée par les solides humides pendant la phase à vitesse constante du séchage entraîné (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

3.3. Vitesse

Le taux de séchage est la masse de liquide évaporée à travers une unité de surface d'évaporation par unité de temps. Cette vitesse est donnée par : (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

$$\frac{m_v}{A} = - \frac{m_s}{A} \frac{dH}{dt} \quad \text{Equation 03}$$

- m_v = flux massique de vapeur
- m_s = masse du solide sec.
- $\frac{dH}{dt}$ = variation de l'humidité du solide avec le temps.
- A = surface à travers laquelle se produit l'évaporation.

Le symbole "-" indique une diminution de l'humidité avec le temps. La vitesse de séchage dépend de nombreux paramètres, parmi lesquels les plus importants sont :

- La nature, la porosité, la forme et l'humidité du produit.
 - La température, l'humidité et la vitesse du gaz de séchage.
 - Les conditions de contact entre les deux phases ainsi que le mode de transfert de chaleur.
- (Yahiaoui Khaldi,2018)

4. Principes de séchage

Le processus de séchage implique deux types de transferts : le transfert d'énergie thermique de l'environnement vers le liquide à évaporer, et le transfert de masse depuis l'intérieur du solide vers sa surface, puis sa transformation en phase gazeuse. La vitesse de séchage est directement liée à ces deux modes de transfert (*Essalhi, 2019*).

5. Modes de séchage

5.1 . Séchage Thermique

5.1.1. Séchage au soleil

Le séchage au soleil est une pratique courante dans les régions arides ou semi-arides qui bénéficient de conditions climatiques favorables : une saison sèche avec un ensoleillement important, une faible quantité de précipitations et une faible humidité. Cette méthode de séchage peut être effectuée directement sur le sol, sur des nattes, sur des rochers plats ou encore sur les toits des maisons. (*Manaa,2017*)



Figure 3: Séchage au soleil

Source : <https://www.webmanagercenter.com/2017/11/03/411960/les-tomates-sechees-une-niche-dexportation-et-de-devises-pour-la-tunisie/>

5.1.2. Séchage à l'air libre

Le séchage à l'air libre se fait à l'ombre avec une circulation naturelle de l'air. La température ambiante de la pièce est maintenue à une moyenne de 22 ± 2 °C. Le processus de séchage est contrôlé par convection naturelle. (*Manaa,2017*)



Figure 4: Séchage à l'air libre

Source :

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/monteregie/articles/production/Pages/Ailcommentsecherconserver.aspx>

5.1.3. Séchage par entraînement

Le processus de séchage par entraînement consiste à placer un matériau humide dans un flux d'air (ou autre gaz) suffisamment chaud et sec. Dans ces conditions, il se crée spontanément un écart de température et de pression partielle d'eau entre le matériau et le gaz, permettant ainsi :

- Un transfert de chaleur de l'air vers le matériau, grâce à la différence de température ;
- Un transfert d'eau en sens inverse, du fait de la pression partielle d'eau entre l'air et la surface du matériau.

Le séchage par entraînement est la méthode de séchage la plus polyvalente, applicable à tous les types de produits alimentaires (lait, œufs, charcuterie, céréales et produits végétaux, fruits, etc.). (Manaa,2017)

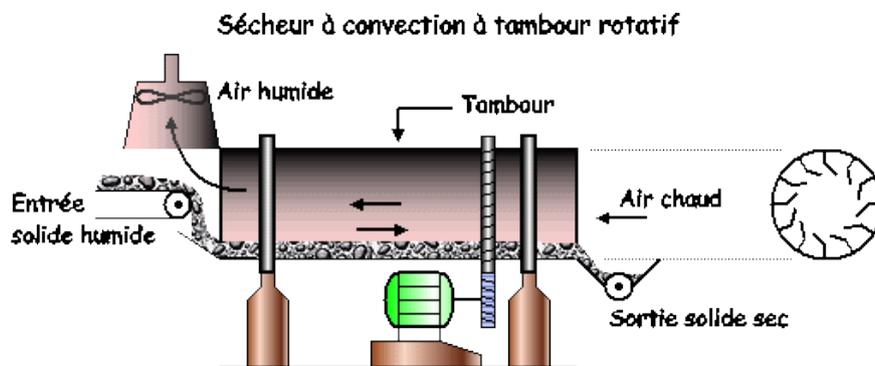


Figure 5: Séchage par entraînement

Source : https://www.azprocede.fr/Cours_GC/sechage_entrainement.html

5.1.4. Séchage par ébullition

Le procédé de séchage par ébullition consiste à transmettre un flux thermique au produit en le portant à sa température d'ébullition, au travers d'une surface d'échange de chaleur latente. L'évaporation de l'eau est directement proportionnelle à l'apport d'énergie (chaleur latente de vaporisation). En pratique, cette énergie est apportée par conduction à travers la surface d'échange en contact avec le produit, grâce à de la vapeur dont la température est comprise entre 130 et 150°C.

Selon la loi de Fourier, le transfert de chaleur s'effectue de manière proportionnelle à la différence de température entre le fluide caloporteur et le liquide en ébullition à la pression considérée (*Manaa,2017*).

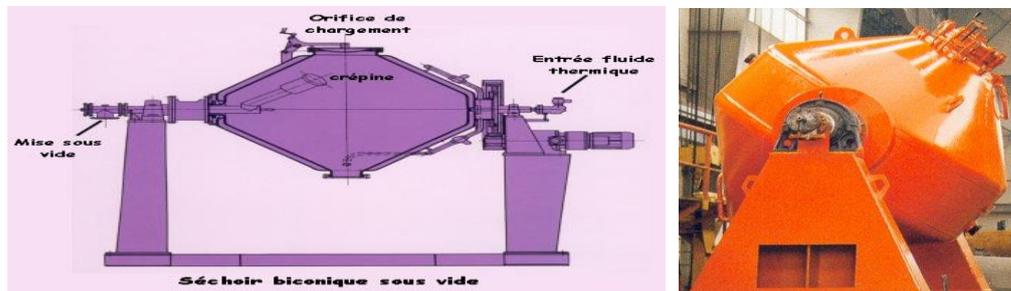


Figure 6: Séchage par ébullition

Source : www.dixabav.com

5.1.5. Séchage à l'étuve

Dans ce type de séchage, l'air chauffé est mis en contact avec le matériau humide pour faciliter le transfert de chaleur et de masse, principalement par convection. Il est important de spécifier la température de consigne de l'étuve, le temps de séjour et la taille de l'échantillon à tester (*Ngoné FALL Beye. 2019*)

5.1.6. Séchage par micro-onde

Les ondes pénètrent dans les matériaux et subissent une atténuation de puissance liée au transfert. Avec des micro-ondes, il est possible de sécher à des épaisseurs plus importantes qu'avec l'infrarouge. (*Ngoné FALL Beye. 2019*)



Figure 7: Séchage par micro-onde

Source : <https://www.medicaexpo.fr/prod/zenith-lab-inc/product-106674-1070196.html>

5.2. Séchage non thermique

5.2.1. Lyophilisation

La lyophilisation est un processus qui combine l'action du froid et du vide pour réaliser la sublimation de cristaux de glace, c'est-à-dire un passage direct de l'état solide (glace) à l'état vapeur. La vapeur d'eau est ensuite enlevée de la chambre de séchage par des pompes à vide mécaniques ou des éjecteurs à jet de vapeur. (*Yahiaoui Khaldi,2018*)



Figure 8: Lyophilisation

source :

<https://www.europeanpharmaceuticalreview.com/article/1263/lyophilization-cycle-robustness-and-process-tolerances-transfer-and-scale-up/>

5.2.2. Séchage osmotique

La déshydratation osmotique est un procédé utilisé dans le domaine de la transformation des fruits et légumes pour réduire leur teneur en eau. Ce procédé consiste à immerger les fruits et légumes, entiers ou en morceaux, dans une solution hypertonique de sucres et/ou de sel. La solution hypertonique crée une différence de concentration entre l'intérieur et l'extérieur du fruit ou légume, ce qui provoque la sortie d'eau de celui-ci par osmose, réduisant ainsi sa teneur en eau. Cette technique est souvent utilisée pour préparer des fruits et légumes séchés, des fruits confits ou des légumes marinés. (*Yahiaoui Khaldi,2018*)

6. Transfert de chaleur et de matière

6.1. Transfert de matière

Le transfert de masse est le déplacement de masse d'un point à un autre, et il est l'un des principaux domaines des phénomènes de transport. Ce processus peut se produire dans une seule phase ou dans des systèmes multi-phases, impliquant souvent au moins une phase fluide.

Il peut également être décrit dans des matériaux en phase solide. Dans de nombreux cas, le transfert de masse d'espèces est associé à des réactions chimiques, ce qui implique que le flux d'une espèce chimique ne doit pas nécessairement être conservé dans un élément de volume, car des espèces chimiques peuvent être produites ou consommées dans cet élément. (*KLPrepa,2022*).

6.2. Transfert de chaleur

En absence de rayonnement infrarouge ou micro-onde, la chaleur se propage dans un produit grâce à un gradient de température, qui est dû au mouvement aléatoire des molécules transportant de l'énergie thermique d'une région à une autre. Cela est connu sous le nom de conduction thermique, un mode de transfert de chaleur à travers un matériau solide ou immobile. (*KLPrepa,2022*).

7. Cinétique du séchage

La cinétique de séchage des différents produits est étudiée à travers des courbes qui représentent l'évolution de la vitesse de séchage en fonction du temps, ou bien de la vitesse de séchage ($-dx/dt$) en fonction de x . Ces courbes sont généralement obtenues sous différentes conditions expérimentales (températures, vitesse de l'air asséchant, hygrométrie, etc.). Elles permettent de caractériser le comportement global du produit à sécher au cours du temps. (*Yahiaoui Khaldi,2018*).

Sur la courbe schématique présentée à la Figure 1.11, on peut distinguer trois phases :

7.1. Période de mise en température [AB]

La phase initiale de la cinétique de séchage est souvent très courte et se caractérise par une vitesse de séchage croissante. Cette phase correspond à la montée en température du produit jusqu'à atteindre une température d'équilibre. Lorsque le produit reçoit autant de chaleur de l'air qu'il doit en fournir à l'eau, il est alors en phase de vaporisation. Cette température d'équilibre n'est pas atteinte immédiatement car le produit avait initialement une température plus basse et une inertie thermique relativement importante. La vitesse de séchage augmente car l'échange d'eau entre le produit et l'air est d'autant plus efficace que le produit est réchauffé. (*Yahiaoui Khaldi,2018*).

7.2. Période à vitesse constant [BC]

La phase suivante correspond à l'évaporation de l'eau libre en surface du produit, qui est sans cesse renouvelée par de l'eau venant de l'intérieur du produit (ce phénomène est en partie

similaire au processus de transpiration). La température du produit reste constante pendant cette phase. (*Yahiaoui Khaldi,2018*).

7.3. Période de ralentissement

La troisième phase correspond à l'évaporation de l'eau liée. L'eau libre, qui migrait de l'intérieur vers l'extérieur du produit pour être transformée en vapeur d'eau, a complètement disparu à la fin de la phase II. Il ne reste alors dans le produit que de l'eau liée, qui est plus fortement attachée au produit. L'eau ne s'évapore plus à la surface du produit mais à l'intérieur, où un front d'évaporation s'enfonce vers le cœur du produit. La vapeur d'eau est ensuite évacuée en surface par l'air. Plus le front d'évaporation s'éloigne de la surface extérieure du produit, plus le transfert d'eau est difficile. À ce stade, la température du produit augmente et tend vers celle de l'air à l'entrée si la température et le débit restent les mêmes qu'avant. (*Yahiaoui Khaldi,2018*).

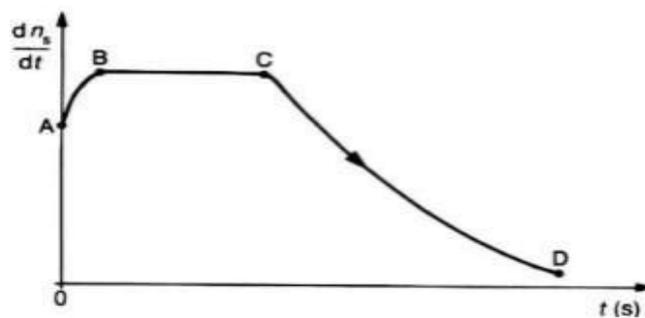


Figure 9 : Courbe de séchage (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

8. Différents modèles des cinétiques de séchage

8.1. Modèles empiriques

Ces modèles sont basés sur des expérimentations pour déterminer les paramètres de séchage. Cependant, l'utilisation de ces modèles est limitée car chacun est spécifique au type de produit et aux conditions expérimentales de son séchage. (*Yahiaoui Khaldi,2018*).

8.1.1. Modèle empirique de Wang Singh (1978)

Wang Singh a proposé un modèle empirique, pour décrire les caractéristiques de séchage du produit utilisé, selon l'équation. (*Yahiaoui Khaldi, 2018*)

$$\frac{X-X_e}{X-X_e} = 1 + at + bt^2 \quad \text{Equation 04}$$

- a et b sont des constantes de séchage.

8.2. Modèles diffusifs (Modèle de Lewis (1921))

Le modèle de Lewis est la solution générale de la loi de Fick qui ne considère que la diffusion basée sur la migration d'humidité. Le modèle simple de Lewis est donné par la suite d'équations suivante :

$$\frac{dX}{dt} = -K(X - X_e) \quad \text{Equation 05}$$

La forme générale du modèle de Lewis prend la forme exponentielle suivante

$$\frac{X-X_e}{X_0-X_e} = \exp(-Kt) \quad \text{Equation 06}$$

- K: est une constante de séchage, qui dépend de la température, l'humidité absolue et la vitesse de l'air ainsi du diamètre du produit utilisé.

8.3. Modèles bases sur les transferts couplés de chaleur et de masse

Les modèles basés sur les transferts couplés de chaleur et de masse sont les modèles qui détaillent le plus finement les différents phénomènes mis en jeu au cours du séchage.

8.3.1. Modèle de Henderson et Pabis (1961)

C'est la solution de la deuxième équation de Fick

$$\frac{X-X_e}{X_0-X_e} = A. \exp(-Kt) \quad \text{Equation 07}$$

A et k sont des constantes de séchage. Ce modèle a été utilisé par Sebaii et autres, pour estimer le temps de séchage.

8.3.2. Modèle de Page (1949)

Page a proposé une équation de séchage de la forme suivante :

$$\frac{X-X_e}{X_0-X_e} = \exp(-Kt^n) \quad \text{Equation 08}$$

K et n sont des constantes de séchage qui dépendent de la température de l'air et de la nature du produit.

8.3.3. Modèle Logarithmique

$$\frac{X-X_e}{X_0-X_e} = a \exp(-Kt) + c \quad \text{Equation 09}$$

K, a et c sont des constantes de séchage qui dépendent de la température de l'air et sa vitesse. Ce modèle a été utilisé par « Inci Türk et Peulvan », pour décrire les courbes de séchage (*Yahiaoui Khaldi, 2018*).

9. Séchage et qualité

9.1. Types de modification de la qualité

9.1.1. Modification biochimique dues à la température

- Réaction de Maillard, le brunissement non enzymatique des protéines et des glucides. En plus du brunissement, ces réactions entraînent une perte de nutriments.
- Oxydation des graisses (rancissement)
- Destruction des vitamines
- Dénaturation des protéines, réduisant leur capacité à se réhydrater lors de l'utilisation du produit et altérant leur pouvoir liant ou moussant.
- Réactions enzymatiques : Si les enzymes ne sont pas inactivées par le prétraitement ou la température lors du séchage, elles auront pour effet de brunir les polyphénols, d'hydrolyser les lipides (*Manaa, 2017*)

9.1.2. Pertes d'arômes

Effectivement, le séchage est un procédé de séparation basé sur la volatilité, qui permet d'éliminer l'eau contenue dans un produit. Cependant, ce procédé peut également éliminer d'autres composés volatils présents dans le produit, tels que les arômes. C'est pourquoi il est important de contrôler les conditions de séchage pour minimiser la perte d'arômes et préserver la qualité sensorielle du produit final. Des méthodes de séchage spécifiques peuvent également être utilisées pour préserver les arômes, telles que le séchage sous vide ou le séchage à basse température (*Manaa, 2017*).

9.1.3. Modifications physiques et mécaniques

Le séchage provoque des changements physiques et mécaniques dans la plupart des plantes.

Les caractéristiques sont :

- Migration des solutés vers la surface : En plus d'affecter l'apparence du produit, cette accumulation de sucre ou d'autres solutés à la surface est également préjudiciable à la valeur du produit lorsqu'il est réhydraté pour être consommé.
- Fonte et migration des graisses.

- Changements de forme : D'une manière générale, la perte d'humidité du produit entraînera l'affaissement du produit de lui-même. Dans certains cas cependant, la perte rapide d'eau et la présence d'une matrice solide permettent d'obtenir des produits Même volume mais avec une structure poreuse. (*Manaa,2017*).

9.2. Problème du stockage

De nombreuses idées précédentes sont valables pour la durée de conservation : changements biochimiques et perte d'arôme. Un autre facteur est le risque d'absorption d'humidité dont les effets sont désastreux : collage, moisissure

Outre la température de conservation qui est importante mais que nous maîtrisons peu (l'avantage d'être au sec est de ne pas nécessiter de stockage réfrigéré), la clé de la préservation de la qualité lors de la conservation réside donc dans le conditionnement :

- Étanche pour éviter la récupération d'humidité.
- Imperméable à l'oxygène pour réduire l'oxydation si nécessaire et peut même être stocké sous atmosphère inerte (azote, gaz carbonique ou vide).
- Les arômes sont imperméables, les empêchant de partir.
- Opaque, il réduit l'apparition d'éventuelles réactions photo catalytiques (oxydation, décoloration).
- Sa résistance mécanique évite au produit de se fissurer ou de se casser lorsqu'il est fragile (*Web1*).

10. Domaines d'utilisations

10.1. Industrie agroalimentaire

La plupart des aliments que nous mangeons sont séchés. Le séchage peut être une étape essentielle dans la conservation des aliments. Il existe moins de 200 types de séchoirs industriels pour l'industrie alimentaire. Nous pouvons donner un exemple :

- Pâtes.
- Le sucre cristallisé est obtenu par évaporation.
- Le jus est fabriqué à partir du concentré obtenu par évaporation.
- Le sel (minéral) est broyé, dissous, purifié et enfin séché pour devenir du sel raffiné avant d'être essoré. (*Manaa,2017*).

□ Certains produits en poudre : cacao, lait.

10.2. Industrie du bois

Le séchage accéléré du bois est une méthode plus moderne et plus contrôlable, qui permet d'obtenir un taux final d'humidité plus bas en un temps plus court. Cette méthode utilise généralement des chambres de séchage équipées de systèmes de ventilation et de chauffage,

ainsi que des capteurs pour mesurer et contrôler le taux d'humidité du bois. Cependant, cette méthode peut être coûteuse en termes d'énergie et d'équipement nécessaires.

10.3. Industries alimentaires et pharmaceutiques

- Séchage des plantes médicinales à la ferme.
- Feuilles de menthe verte séchées.

(Dans ce cas, une opération de lyophilisation est utilisée, dans laquelle l'eau se sublime (passe directement de l'état de glace à l'état gazeux). Généralement effectuée sous vide sur un produit préalablement congelé) (*Manaa,2017*).

Conclusion

A travers le premier chapitre nous avons pu caractériser l'air humide et les solides humides dans le but de connaître leur humidité relative, leur température et la cinétique de séchage du produit à sécher. Ainsi que les effets du post-séchage sur les aliments dus aux changements biochimiques dus à la température et aux changements physiques et mécaniques.



Chapitre II
Séchage solaire

Introduction

Il est fréquent que de nombreux produits agricoles ne soient pas disponibles toute l'année, même s'ils sont consommés en grande quantité. Pour y remédier, plusieurs solutions sont proposées, comme la culture sous serre, la congélation ou la conservation par séchage. Le séchage est une solution simple, sûre et appropriée pour de nombreux produits. Les régions du sud algérien connaissent un développement agricole croissant, et une grande partie de leur production (tomates, pommes de terre, arachides, dattes, etc.) peut être durablement conservée par séchage, ce qui permet de garantir leur disponibilité et de réduire les coûts de transport (*Essalih, 2018*).

Dans le domaine agro-alimentaire et industriel, le séchage est une méthode primordiale qui permet d'éliminer l'eau contenue dans un produit humide, que ce soit partiellement ou complètement. L'opération la plus couramment utilisée pour préserver les produits agro-alimentaires dans plusieurs pays en développement est le séchage direct au soleil, une méthode qui utilise l'énergie solaire pour chauffer et ainsi permettre la conservation et la valorisation des aliments. Cette technique de séchage solaire est économique et efficace pour déshydrater les produits agro-alimentaires à des températures basses. (*Essalih, 2018*)

Dans le domaine de l'agro-alimentaire, pour optimiser l'opération de séchage, deux impératifs majeurs doivent être pris en compte : limiter la consommation d'énergie nécessaire et préserver la qualité aromatique du produit à sécher. (*Essalih, 2018*)

2. Energie solaire

2.1 Définition :

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable importante qui exploite la chaleur et la lumière rayonnante du soleil grâce à une gamme de technologies en constante évolution. Ces technologies incluent le chauffage solaire, l'énergie photovoltaïque, l'énergie thermique solaire, l'architecture solaire, les centrales de sel fondu et la photosynthèse artificielle (Mohammed Essalih, 2018). De manière générale, les technologies solaires sont catégorisées comme étant soit solaire actif, soit solaire passif, en fonction de la manière dont elles capturent et distribuent l'énergie solaire ou la convertissent en énergie utilisable (*Essalih, 2018*).

L'énergie solaire est une source d'électricité très attractive en raison de la grande quantité d'énergie solaire disponible. Selon une évaluation énergétique mondiale menée par le Programme des Nations Unies en 2000, le potentiel annuel de l'énergie solaire est estimé entre 1 575 et 49 837 ex joules (EJ) (*Essalih, 2018*).

Ce chiffre dépasse largement la consommation énergétique mondiale totale, qui était de 559,8 EJ en 2012 (*Essalih, 2018*).

En 2011, l'Agence internationale de l'énergie a souligné que le développement de technologies d'énergie solaire abordable, inépuisable et propre offrirait d'énormes avantages à long terme. Ces avantages incluent l'augmentation de la sécurité énergétique grâce à l'utilisation d'une ressource locale et inépuisable, la réduction de la pollution, la diminution des coûts d'atténuation du réchauffement climatique, ainsi que la stabilité des prix des combustibles fossiles. Étant donné que ces avantages sont globaux, les coûts supplémentaires liés aux incitations pour le déploiement rapide des technologies solaires devraient être considérés comme des investissements d'apprentissage, dépensés de manière judicieuse et partagés largement (*Essalih, 2018*).

Pour mieux comprendre le potentiel de l'énergie solaire, il est important de savoir que l'énergie émise par le soleil et reçue par la Terre en une heure serait suffisante pour répondre aux besoins énergétiques de l'humanité pendant une année entière, si elle était entièrement récupérée (*Essalih, 2018*).

2.2 Utilisation d'énergie solaire :

Depuis l'Antiquité, les humains ont tiré profit de l'énergie solaire dans de multiples applications, notamment pour le séchage des cultures et le chauffage des maisons. Les livres d'histoire de la science font également mention de son utilisation dans d'autres domaines. Par exemple, Archimède a détruit la flotte de guerre romaine en l'an 212 avant J.-C. en concentrant la lumière solaire sur les navires ennemis à l'aide de centaines de boucliers métalliques. (*Essalih, 2018*)

Pendant l'époque babylonienne, les femmes des prêtres utilisaient des récipients en or lustré à la manière de miroirs pour concentrer la lumière du soleil et allumer du feu. Dans des temps plus modernes, des scientifiques tels que Churchill, Suez, Lavoisier, Mochot, Eriksson, Harding et autres ont exploité l'énergie solaire pour diverses activités telles que la fusion de matériaux, la cuisson des aliments, la production de vapeur d'eau, la distillation de l'eau et le chauffage de l'air. (*Essalih, 2018*)

Au début de ce siècle, la toute première usine d'irrigation solaire, située près du Caire à Maadi, avait une durée de fonctionnement de cinq heures par jour. L'humanité a depuis longtemps cherché à exploiter l'énergie solaire, mais de manière limitée et peu fréquente. Toutefois, avec l'avènement de progrès scientifiques et technologiques, l'exploitation de l'énergie solaire s'est ouverte à de nouveaux horizons scientifiques. (*Essalih, 2018*).

2.3. Conversion d'énergie solaire :

Il est possible de transformer l'énergie solaire en énergie électrique ou thermique par le biais de deux mécanismes différents : la conversion photovoltaïque et la conversion thermique. La conversion photovoltaïque implique la transformation directe des rayons optiques du soleil en énergie électrique au moyen de cellules solaires. De nombreux types de cellules solaires ont été créés pour produire de l'électricité de manière efficace et sans aucune pièce mobile. Ces cellules ne requièrent pas de carburant et n'émettent aucune pollution atmosphérique. De plus, elles ont une longue durée de vie et nécessitent peu d'entretien. (*Essalih,2018*)

La méthode la plus efficace pour utiliser l'énergie solaire est à travers l'installation de modules solaires, qui peuvent être placés sur les toits des bâtiments pour produire de l'électricité sans avoir besoin de concentrateurs ou de lentilles optiques. L'efficacité de ces modules est généralement estimée à 20%, tandis que le reste de l'énergie solaire peut être utilisé pour chauffer des bâtiments et de l'eau. Les cellules solaires sont également utilisées pour faire fonctionner les systèmes de communication, éclairer les routes, pomper de l'eau, et d'autres applications.

La conversion solaire thermique, quant à elle, dépend de l'utilisation de capteurs solaires et de matériaux thermiques pour convertir l'énergie solaire en chaleur. Lorsqu'un objet sombre et isolé est exposé au rayonnement solaire, il absorbe la chaleur et augmente sa température. Cette chaleur peut être utilisée pour chauffer des bâtiments, refroidir des espaces, chauffer de l'eau, produire de l'électricité et pour d'autres applications. Les panneaux solaires sont les applications les plus courantes de la conversion thermique de l'énergie solaire, suivis par les séchoirs solaires utilisés pour le séchage de certaines cultures agricoles comme les dattes. Des recherches sont également en cours pour produire du matériel de cuisson à l'intérieur des maisons en utilisant l'énergie thermique, plutôt que de devoir rester exposé au soleil pendant la cuisson. (*Essalih, 2018*).



Figure 10: Conversion Photovoltaïque

Source : <https://www.mtaterre.fr/dossiers/comment-ca-marche-lenergie-solaire/lenergie-solaire-photovoltaique-pour-produire-de> consulté le 16/05/2021

3. Description de séchoir solaire :

Le dispositif de séchage à énergie solaire est composé de deux éléments distincts : un collecteur solaire plan à air et une enceinte de séchage. Ces deux éléments sont assemblés de manière à permettre une sortie directe de l'air chaud provenant du collecteur solaire vers l'entrée de la chambre de séchage (Hatem, 2012).



Figure 11: Séchoir solaire

Source : <https://www.google.com/search?q=s%C3%A9choir+solaire+utilis%C3%A9&sxsrf=ALeKk01e-d27p8ym56GBKYANzd7vYbkBA:1620167999151&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjHg8OH>

[w](#)

3.1. Capteur solaire expérimental :

L'expérience en question a utilisé un capteur solaire plan à air mesurant 1,95 m de long et 0,89 m de large. Le capteur a été recouvert d'une plaque de verre d'une épaisseur de 5 mm et la

couverture transparente en verre se trouvait à une distance de 0,02 m de la plaque absorbante. Pour obtenir les propriétés optiques souhaitées, la plaque absorbante a été fabriquée en acier galvanisé d'une épaisseur de 0,4 mm, peinte en noir mat. La partie inférieure du capteur a été isolée thermiquement à l'aide d'une plaque de bois et de polystyrène. L'orientation du capteur a été fixée à un angle de $34,8^\circ$ par rapport au plan horizontal et vers le sud (Hatem, 2012).

3.2. Chambre de séchage :

Il s'agit d'une boîte en acier galvanisé de forme parallélépipédique qui sert à sécher les produits. Elle mesure 1,05 m de hauteur, 0,51 m de largeur et 0,53 m de longueur. Pour l'isolation thermique, de la laine de verre a été utilisée pour les parois latérales, les parties inférieures et supérieures, tandis que la porte est isolée avec une plaque de polystyrène. La boîte repose sur un support métallique et à l'intérieur, les produits sont placés sur une claie mobile de forme circulaire. Pour permettre l'évacuation de l'air humide, deux petits aspirateurs sont positionnés à la sortie de la boîte. (Hatem,2012)

4. Classification des types de séchoirs solaires

4.1. Séchoirs solaires directs :

Le séchage des aliments en utilisant les rayons directs du soleil est une méthode simple qui peut être mise en place en utilisant une boîte en bois ou en carton. Cette boîte est équipée de claies pour les aliments à sécher et est perforée en haut et en bas pour permettre la circulation d'air. Une vitre est également placée sur la boîte pour augmenter l'effet de serre. Cette technique présente plusieurs avantages, notamment une meilleure protection contre les insectes et une diminution significative du temps de séchage grâce à l'effet de serre. (Missoum,2016)

Toutefois, cette méthode a évolué avec le temps. Il est maintenant possible de sécher les aliments dans une enceinte de séchage en verre, en métal ou en bois tout en assurant une circulation d'air adéquate grâce à des ouvertures bien positionnées. Cette technique permet de sécher les aliments de manière plus efficace et de les protéger contre les insectes tout en réduisant les temps de séchage (*Missoum,2016*).



Figure 12: Séchoir solaire direct

Source :

https://www.google.com/search?q=s%C3%A9choir+solaire+direct&sxsrf=ALeKk02Q_c2wQ_rIJqPc_jX640a5zskQ:1620260159317&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiqgvW547PwAhXc

4.2. Séchoirs solaires indirects :

Le processus de séchage des aliments ne les expose pas directement aux rayons du soleil. Au lieu de cela, les aliments sont placés sur des plateaux à l'intérieur d'une enceinte ou d'un local adapté à la quantité à sécher (*Missoum,2016*). L'air frais est introduit dans cette enceinte de séchage après avoir été préchauffé par des capteurs d'air ou un préchauffeur, en fonction du débit utilisé (*Missoum,2016*). Cette méthode de séchage indirect au soleil préserve la couleur, le goût et les propriétés nutritionnelles des fruits et des plantes, telles que les vitamines et les nutriments. Le séchoir est composé de deux parties distinctes : un capteur solaire qui préchauffe l'air de séchage et une chambre de séchage où les aliments sont disposés (*Missoum,2016*).

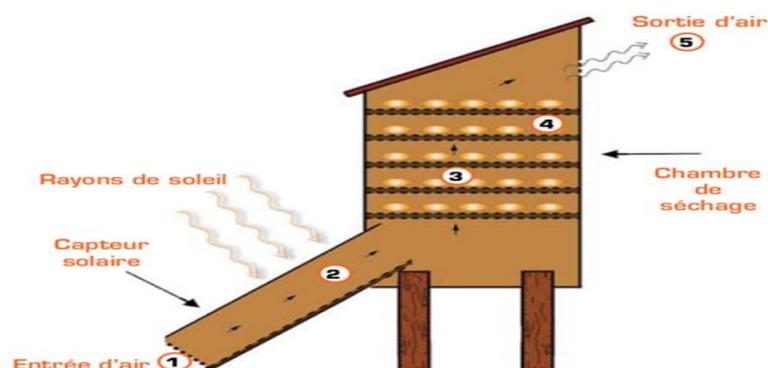


Figure 13: Séchoir solaire indirect

Source :

https://www.google.com/search?q=s%C3%A9choir+solaire+indirect&tbm=isch&ved=2ahUKEwjtzfHG47PwAhUF1IUKHUa2DA4Q2cCegQIABAA&oq=s%C3%A9choir+solaire+indirect&gs_lcp=CgNpbWc

4.3. Séchoirs solaires hybrides :

En complément de l'énergie solaire, ces séchoirs utilisent une autre source d'énergie (fuel, électricité, bois, etc.) pour garantir un niveau de chauffage de l'air suffisant ou pour assurer la ventilation. Le préchauffage de l'air est souvent assuré par l'énergie solaire. Ces systèmes sont généralement plus coûteux et sont destinés à des applications à grande échelle ou à des utilisations commerciales où la qualité et la quantité du produit fini ne peuvent dépendre des conditions climatiques (*Essalih,2018*).

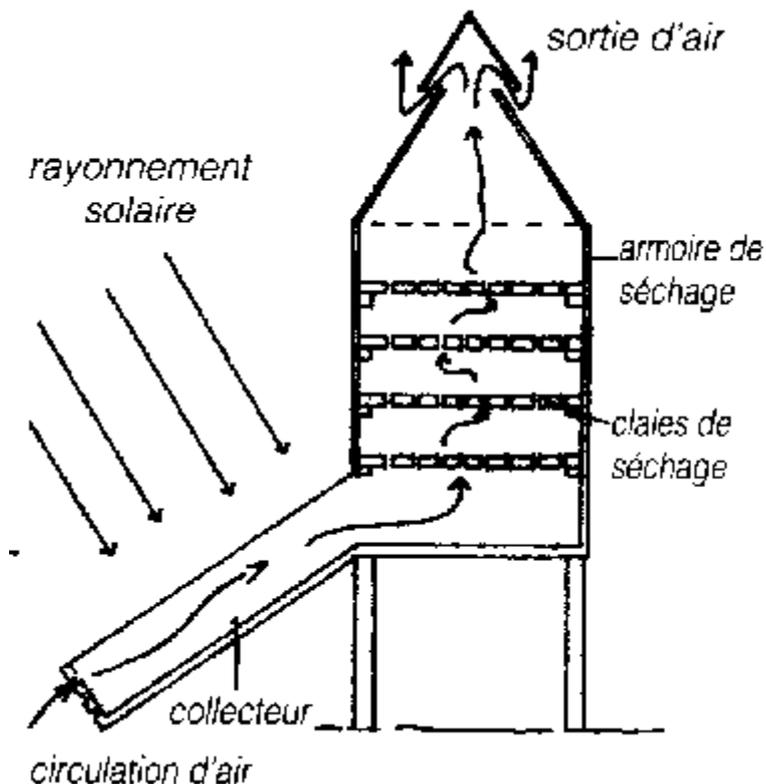


Figure 14: Séchoir solaire hybride

Source :

https://www.google.com/search?q=s%C3%A9choir+solaire+hybride&sxsrf=APwXEdcTKmKzmV2kNmsh_x-dQqhv5IWww:1680449936128&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiEyYXsw4v-AhXVNOwKHeMGD48Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=695&dpr=1#imgrc=dY5cNrpMx-1VGM

4.4. Séchoirs solaires mixtes :

Ces séchoirs hybrides combinent les avantages des séchoirs directs et indirects. Ils tirent parti de l'action combinée du rayonnement solaire direct sur le produit à sécher et du capteur solaire pour fournir la chaleur nécessaire au processus de séchage. Un séchoir mixte à circulation naturelle possède des dispositifs similaires à ceux d'un séchoir indirect (capteur solaire, chambre de séchage et cheminée), mais ses parois sont équipées de plaques de verre qui

permettent au rayonnement solaire d'atteindre directement le produit, tout comme dans un séchoir intégral (*Norton,1999*) (*Missoum,2016*).

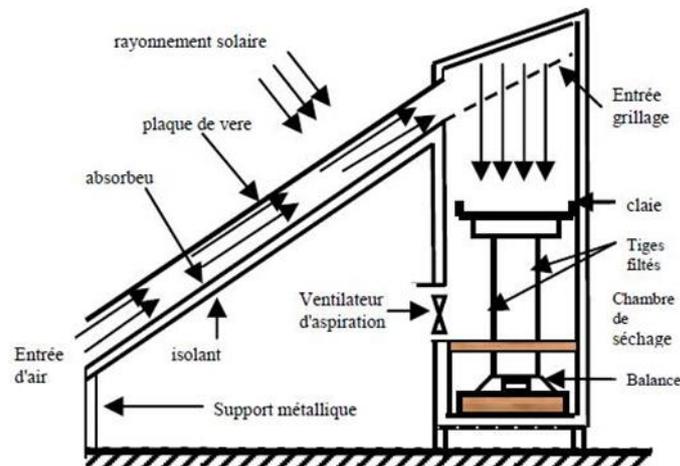


Figure 15: Séchoir solaire mixte (Khedimou, 2016)

5. Avantages et inconvénients du séchage :

L'utilisation du séchage pour la conservation thermique des produits comporte des avantages et des inconvénients, comme c'est le cas pour toutes les méthodes de préservation thermique, (*Saf et Reddam,2018*).

5.1 Avantages :

Le procédé de séchage présente plusieurs avantages importants, notamment sa simplicité et son bon rendement. Les aliments déshydratés ont également une durée de conservation prolongée de plusieurs mois, car le procédé désactive les enzymes responsables de la dégradation des aliments et inhibe la croissance des micro-organismes en réduisant l'activité de l'eau. De plus, cette méthode peut être utilisée à des fins commerciales, ce qui permet de limiter les pertes de récoltes, tout en réduisant les coûts financiers et environnementaux liés au transport des marchandises en raison de la réduction de leur masse (*Saf et Reddam,2018*).

5.2 Inconvénients :

Le séchage, comme tout traitement thermique, peut provoquer divers effets indésirables tels que la perte d'arômes, de vitamines et de pigments, des réactions de brunissement, des durcissements superficiels, des modifications irréversibles de la texture et de la capacité de

réhydratation, ainsi que des pertes de constituants volatils et des changements dans la répartition de l'humidité dans le produit. De plus, le séchage est une opération coûteuse en énergie, d'où la nécessité de comprendre tous les facteurs qui peuvent influencer sa vitesse pour en réduire le coût. Toutefois, malgré ces inconvénients, le séchage reste une méthode de conservation largement utilisée pour les fruits, les légumes et les épices en raison de ses avantages comparatifs par rapport à d'autres méthodes telles que l'appertisation, la congélation ou le traitement aseptique. (*Saf et Reddam, 2018*).

6. Aptitude climatique de l'Algérie au séchage solaire :

En utilisant les informations sur les niveaux de contraintes hydriques relevés, il est possible de décrire les différentes zones pour les mois de juin à septembre, en se basant sur les données collectées.

6.1. Zone du littoral :

Les limitations liées à l'eau sont peu contraignantes et se manifestent sous forme de légères variations diurnes et mensuelles au sein d'une même station et entre différentes stations. Les observations ont révélé que la température se situe entre 30°C et 70°C pour l'ensemble du groupe et pour tous les mois combinés. La moyenne de la variation diurne par station est de 10. En raison de ces conditions, cette zone n'est pas adaptée au séchage des fruits par des méthodes solaires et il est déconseillé d'utiliser des procédés artificiels.

6.2 Zone de tell :

La différence de température entre le jour et la nuit s'accroît considérablement et atteint un maximum de 60 degrés entre 7h et 13h. Les stations situées en altitude sont soumises à une contrainte relativement élevée, en particulier le matin pendant les mois de juillet et d'août. L'humidité nocturne et matinale est un problème majeur pour le séchage des fruits, qui nécessite des précautions spéciales pour éviter la réhydratation. En juin, la contrainte matinale reste faible, autour de 70, mais elle augmente considérablement en milieu de journée, atteignant entre 100 et 140 pour toutes les stations, puis retombe à 70-120 à 18h, permettant ainsi le séchage dans des conditions optimales. En juillet, le climat devient plus favorable avec des contraintes de 140 à 170 à midi, bien que certaines stations situées en basse altitude présentent encore une faible contrainte matinale, comme Relizane (51), Tizi-Ouzou (55), Sidi-Bel-Abbès (53) et Orleanville (60), tandis que les stations de montagne sont plus sèches à la même heure, comme Fort-National et Téniet-el-Haad (97). En août, les conditions sont similaires à celles de juillet, avec des différences similaires également observées à 7h. À midi, les contraintes varient entre

43 à Relizane, 47 à Sidi-Bel-Abbès et 104 à Reibell en altitude. En septembre, l'humidité matinale augmente et les difficultés rencontrées en juin réapparaissent.

Certaines stations sont particulièrement défavorisées à 7 heures, telles que Relizane (36), Sidi-Bel-Abbès (37), Orléanville et Oujda (39). Les stations d'altitude sont les mieux placées, avec Fort-National se distinguant particulièrement avec 75, expliquant ainsi la réussite relative du séchage des figues malgré une pluviométrie apparemment excessive. À midi, les écarts varient entre 145 à Saida et 98 à Téniet et Miliana, tandis qu'à 18h, Orléanville (97) et Reibell (92) sont en tête, mais certaines localités commencent à ressentir l'humidité nocturne, comme Téniet (59), Oujda (67), Médéa, Miliana et Mascara (69).

6.3 Zone steppique :

Une région présentant des conditions hydriques élevées semble être propice au séchage des fruits au soleil, avec des écarts journaliers accentués. Les moyennes matinales sont légèrement supérieures dans cette zone par rapport à la zone précédente, à l'exception de Septembre. En comparaison aux régions de Sétif, les possibilités du Tell sont assez similaires pour juin et septembre, mais elles diffèrent nettement en juillet et août.

- En juin, Djelfa et Sétif ont une contrainte matinale relativement basse, variant de 50 à 60, tandis que les autres stations oscillent entre 86 et 95. En général, la moyenne est élevée à 13h et atteint 160 à 18h.
- En juillet, les conditions sont très favorables, avec une contrainte d'environ 100 à 7h, 190 à 13h et 160 à 18h.
- Les caractéristiques sont similaires en août.
- En septembre, l'humidité nocturne est aussi élevée que dans la zone précédente à la même période, mais ce mois est moins favorable que juin. Il est donc nécessaire de prendre des précautions pour éviter une réhydratation des fruits pendant la nuit.

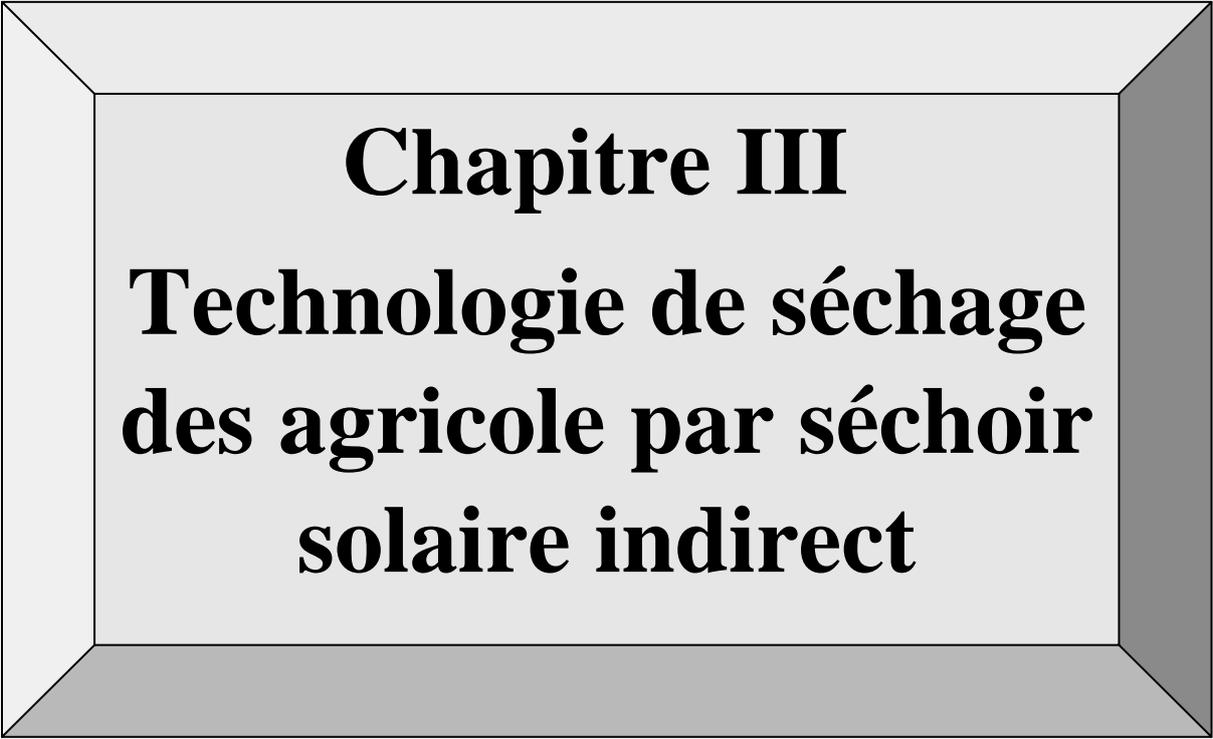
6.4. Zone saharienne :

Les quatre mois considérés offrent des conditions optimales pour le séchage, avec une contrainte matinale moyenne minimale qui ne descend pas en dessous de 70 en septembre, 90 en juin et 100 en juillet-août. En outre, la dessiccation se poursuit également pendant la nuit.

Conclusion :

Dans ce chapitre, on acquiert une compréhension du fonctionnement des dispositifs de séchage. Il est consacré à la présentation des différents types de séchoirs existants, de leurs avantages et inconvénients, ainsi que de leur classification selon leur principe de fonctionnement. Il est également question de l'aptitude climatique de l'Algérie pour le séchage solaire, ainsi que de la

description des différentes parties d'un séchoir solaire, telles que la chambre de séchage et le capteur solaire.



Chapitre III
Technologie de séchage
des agricole par séchoir
solaire indirect

Introduction :

L'étude complète et détaillée sur le choix du positionnement du site de production, ainsi que la description rigoureuse du processus de transformation, peuvent être intégrées dans l'étude de faisabilité technique et dans le cadre de l'étude de faisabilité environnementale, il est essentiel d'évaluer les impacts potentiels sur l'environnement tout au long du processus de transformation. Les méthodes de séchage et de transformation respectueuses de l'environnement.

Parallèlement, l'étude financière joue un rôle crucial dans la protection de l'entreprise contre le risque de faillite.

2. Faisabilité technique**2.1 Définition d'une entreprise :**

Nous utilisons des séchoirs solaires, qui sont des dispositifs conçus pour capter l'énergie solaire et la convertir en chaleur afin de sécher les fruits et les légumes. Ces séchoirs solaires utilisent des panneaux solaires, des collecteurs de chaleur et des systèmes de ventilation pour créer des conditions optimales de séchage.

2.1.1 Créé une entreprise de séchage des fruits et légumes :

L'entreprise de séchage des fruits et légumes marque le commencement d'une aventure entrepreneuriale passionnante dans le domaine de la transformation alimentaire. Dans un contexte où de plus en plus de consommateurs cherchent des alternatives saines et pratiques, le séchage des fruits et légumes offre une solution attrayante.

En créant une entreprise de séchage des fruits et légumes, nous positionnons au cœur d'une industrie en pleine croissance, où la demande pour des produits naturels et durables est en constante augmentation. Votre entreprise jouera un rôle clé en offrant des produits nutritifs, riches en saveurs et prêts à être consommés, tout en contribuant à réduire le gaspillage alimentaire.

2.1.2 Etapes de création d'une entreprise :

Nous suivrons 9 étapes pour créer une entreprise en Algérie :

2.1.2.1. Dénomination :

Le processus de dénomination de l'entreprise implique de choisir un nom unique pour l'entreprise. Cette étape requiert une visite au Centre National du Registre du Commerce (CNRC), où un formulaire doit être rempli en proposant quatre noms d'entreprise par ordre de

préférence. Une fois ce processus terminé, un certificat de qualification sera délivré (*J.O n°01 ,2015*)

2.1.2.2.Domiciliation :

Après avoir choisi un nom pour l'entreprise, la prochaine étape consistera à déterminer son emplacement. Il est crucial de solliciter les services d'un notaire pour obtenir un bail ou un titre de propriété au nom de l'entreprise. Le notaire s'occupera également de la formalisation de la preuve de dépôt du capital social de la société, afin d'éviter tout problème juridique futur (*J.O n°01 ,2015*).

2.1.2.3 Création du statut de l'entreprise :

Il est nécessaire de définir la structure juridique de l'entreprise. Cette démarche n'affecte pas la condition d'une personne physique ordinaire, mais elle est obligatoire pour les sociétés sous forme juridique (SARL, EURL, etc.) qui acquièrent une personnalité morale distincte. La constitution de la société doit être réalisée devant un notaire et elle implique également l'obligation de nommer un commissaire aux comptes, dont le coût annuel s'élève à 46 800 dinars algériens. Ce montant doit être réparti en deux paiements, avec un premier versement de 23 400 dinars algériens lors de la création de la société et le solde en fin d'année. (*Web 2*)

2.1.2.4.Publication au bulletin officiel des annonces légales :

Il est impératif que la création ou la modification des statuts d'une société soit annoncée sur le bulletin officiel des annonces légales. Cette annonce est notifiée au dépositaire qui pourra la récupérer auprès du service BOAL du CNRC. Cette étape peut être effectuée simultanément avec la création des statuts chez le notaire. Ainsi, il est important de s'assurer que cette procédure légale soit suivie pour garantir la légalité de la création ou de la modification de la société (*J.O n°01 ,2015*).

2.1.2.5.Paiement des droits d'inscription au registre de commerce :

Le paiement du timbre fiscal à la BNA est une étape importante dans la création d'une entreprise, et son coût dépend du capital social de l'entreprise ainsi que du nombre d'activités exercées (*J.O n°02 ,2004*).

2.1.2.6 Immatriculation au CNRC :

Il est essentiel pour notre entreprise de procéder à son enregistrement auprès du CNRC (Centre National du Registre du Commerce). Une fois que nous aurons accompli les étapes 3 et 4, notamment le paiement des frais de timbre fiscal et des frais d'inscription au registre du commerce, nous serons en mesure d'obtenir notre registre du commerce (*J.O n°03 ,2004*).

Il convient de noter que le coût de cette procédure peut varier en fonction du capital de l'entreprise ainsi que du nombre d'activités envisagées.

2.1.2.7. Déclaration d'existence aux impôts :

Une fois que le registre du commerce est obtenu, il est nécessaire d'effectuer une déclaration auprès des autorités fiscales pour officialiser l'existence de la société. Cette démarche permet d'obtenir une carte d'identification fiscale auprès de l'inspection des impôts, qui permettra ensuite de s'acquitter des frais fiscaux liés à l'activité de l'entreprise (*J.O n°04,2014*)

2.1.2.8. Extraction de numéro d'identification statistique :

Pendant cette étape, il est important d'obtenir un Numéro d'Identification Statistique (NIS) afin d'identifier l'entreprise dans différents organismes et départements en Algérie, tels que les Caisses de Sécurité Sociale et les services fiscaux. Pour obtenir ce numéro, il est nécessaire de se rendre à l'Office National des Statistiques (ou à ses annexes régionales) en fournissant certains documents, tels qu'une copie de la carte fiscale, une copie du RC, une copie de la carte d'identité du gérant et une copie du statut de création de l'entreprise, avec le cachet de l'entreprise (*J.O n°05,2016*)

2.1.2.9 Déclaration d'activité à la CASNOS :

Il est impératif de soumettre le profil d'affiliation au Centre d'Administration du Système National de Sécurité Sociale (CASNOS) responsable de la zone d'activité dans les 10 jours suivant la création de l'entreprise. Une fois cette étape accomplie, les démarches pour l'affiliation des employés au régime de sécurité sociale peuvent commencer (*J.O n°06 ,2015*) et (*J.O n°07 ,1983*).

2.1.2.10 L'idée :

Comme nous savons que l'Algérie importe souvent des fruits secs tels que les raisins et les prunes, c'est pourquoi nous avons décidé de fabriquer un séchoir solaire indirect pour sécher les fruits et légumes saisonnières pour le but de minimiser la consommation des énergies non renouvelables d'un part et de réduire l'importation d'une autre part

2.2. Etude :

2.2.1. Étude de marché :

Dans ce travail nous avons commencé par établir une enquête dans la région de TLEMCEM, sur les personnes des deux sexes, leurs âgées entre 20 et 50 ans, donc nous avons réalisé un questionnaire qu'il est composé d'une série de questions :

- **Q 01** : avez-vous achetez des fruits et légumes secs auparavant ?
- **Q 02** : quel est votre fruit et légumes sec préféré ?
- **Q 03** : préférez-vous les fruits sec entiers ou coupés en morceaux ?
- **Q 04** : avez-vous des allergies aux fruits et légumes sec ?
- **Q 05** : préférez-vous les légumes et fruits secs importés ou locaux ?
- **Q 06** : aimez-vous les fruits secs mélangés ou préférez-vous un seul type de fruit sec ?
- **Q 07** : achetez-vous de fruits et légumes secs en vrac ou en emballage individuel ?
- **Q 08** : pensez-vous que le séchage des fruits et légumes est une bonne méthode de conservation ?
- **Q 09** : quel type d'emballage préférez-vous pour les fruits et légumes secs ?

Tlemcen. Sauf une industrie au niveau de « **Maghnia** » qui est spécialisé dans la fabrication des conserves en particulier et le séchage des prunes en général.

2.2.3 Etude organisationnelle :

Grâce à cette analyse organisationnelle, il est possible de mettre en place une structure administrative claire pour les différents services et départements de notre entreprise, telle que présentée dans l'organigramme ci-dessous :

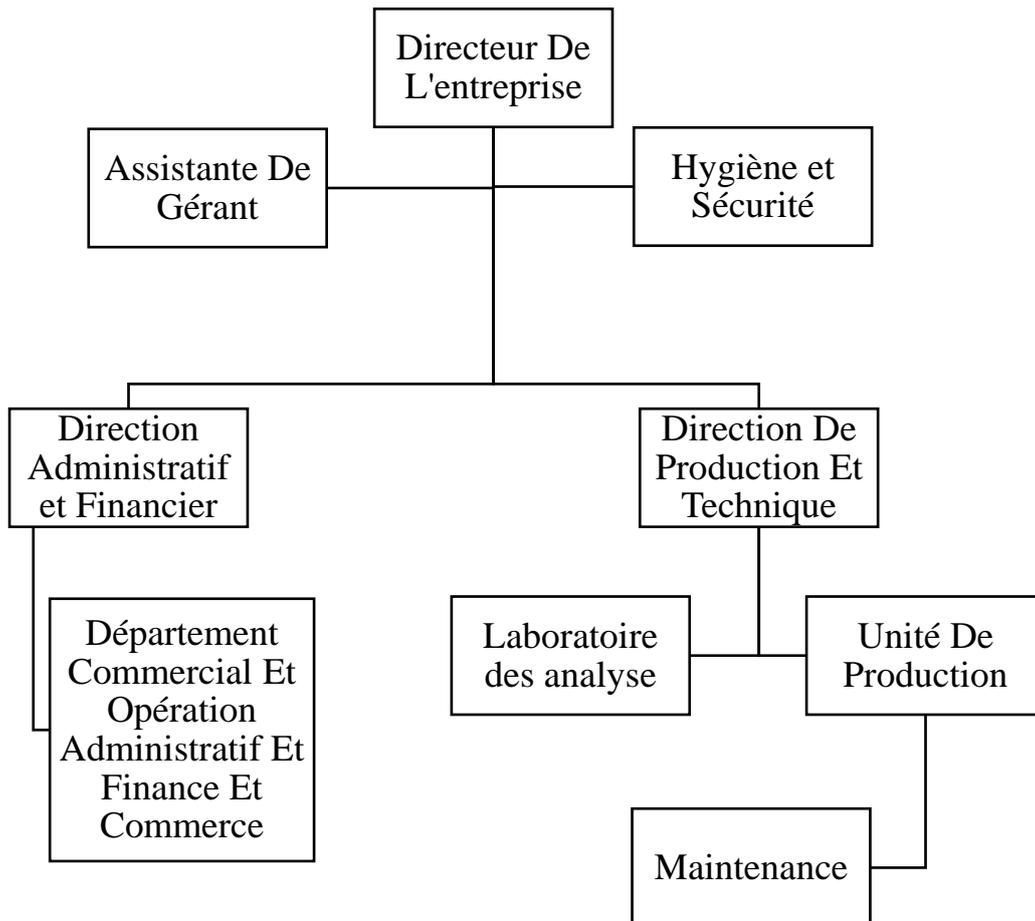


Figure 17: Organigramme représente les services de notre entreprise.

2.3 Information sur Notre entreprise :

2.3.1 Nom de notre entreprise :

Le nom de notre entreprise sera (FS_AGRO) pour la transformation des fruits frais en produits finis secs, et la marque sera un logo montré au-dessous :



Figure 18: Logo de notre produit

Source (originale)

2.4 Profil sommaire du personnel

2.4.1. Besoins en personnel :

Les postes nécessaires dans une entreprise de séchage de fruits et légumes sont :

Les employés	Nombre des employés
Mécanicien (service entretien)	1
Les ouvrières pour le stockage	03
Ouvrier pour la machine de lavage	1
Ouvrier pour le blanchiment	02
Ouvrier pour la charge et le décharge	02
Laborantine	01
Nettoyeur	01
Gardien	01

2.5 Mode organisationnel et fonctions de personnel :

2.5.1 Etude juridique :

Il est crucial de prendre une décision éclairée concernant le choix du statut juridique, car cela garantit des procédures administratives fiables et facilite la gestion financière. Pour notre entreprise, nous avons opté pour la forme juridique de la société à responsabilité limitée

(SARL). Cette forme juridique est considérée comme une société de nature mixte, combinant les caractéristiques des sociétés de personnes et des sociétés de capitaux. La SARL, conçue pour un nombre restreint d'associés, accorde une importance significative à l'identité de ses associés, ce qui la rapproche des sociétés de personnes (*Khoumeri,2010*).

Cependant, la structure juridique de cette personne morale la rapproche davantage des sociétés de capitaux. En effet, la responsabilité des associés est limitée à leurs apports. Cette forme de société est spécifiquement conçue pour les petites et moyennes entreprises ayant un nombre restreint d'associés. Les propriétaires bénéficient des avantages liés à une société anonyme, tels que la limitation de leur responsabilité, sans les contraintes et les inconvénients liés à la négociabilité des titres. De plus, le capital social minimum requis est faible et il est possible de former une société avec seulement deux associés, tout en maintenant une limitation de responsabilité qui n'excède pas les apports.

2.6 Choix technologique

2.6.1 Procédé de fabrication : le schéma suivant explique les différentes étapes de processus de transformation les agricoles frais en produits finis secs :

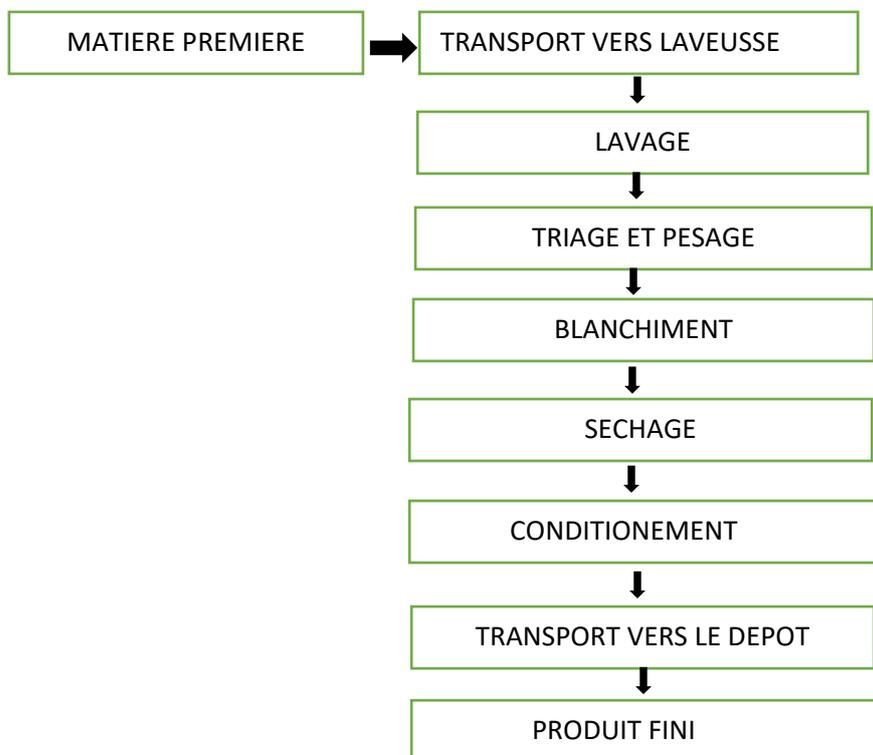


Figure 19: Diagramme de transformation de matière première au Produit fini sec

Stockage : le stockage des fruits et légumes frais aura lieu dans un endroit couvert, a une température ambiante

Transport vers la laveuse : afin de permettre l'acheminement de la matière première vers le premier poste de processus

Lavage : pour le but d'éliminer les impuretés, les résidus de produit chimique et aussi pour faciliter le triage

Triage : a pour le but de l'obtention de fruits et légumes de maturité homogène et de l'élimination des agricoles altérés et des débris foliacés

Pesage : une bascule automatique sera posée à la sortie de la table de triage pour donner le tonnage horaire des agricoles débarrassés de tous déchets, passé en transformation

Blanchiment : nous effectuerons un blanchiment a l'eau, c'est à dire les agricoles seront plongées pendant un temps déterminé dans l'eau bouillante éventuellement acidifié

Séchage : les agricoles frais seront placés dans un séchoir solaires indirect a un temps bien déterminé jusqu'à ce qui il se déshydrate

Emballage : les produit finit secs sont conditionnés en portions « famille » (1 kg) en film transparent souple

Transport vers l'entrepôt.

Stockage des produits fini :

Les produits finis doivent être :

- Étiquetés de manière claire et précise pour faciliter leur identification. Il est également important de mettre en place un système de rotation des stocks pour éviter la survenance de produits périmés.
- Stockés dans un endroit sec, bien ventilé et protégé des intempéries. Les bâtiments de stockage doivent être conçus pour permettre une bonne circulation de l'air et pour éviter l'humidité.
- Stockés à une température inférieure à 25°C pour éviter leur dégradation.

2.6 Localisation et choix de site :

Nous construirons le projet sur un terrain, qui est une propriété personnel propice à la construction, d'une superficie de plus de 550 mètres carrés, dans notre ville **MAGHNIA**,

exactement à **OULADE ZIANE**. Nous avons choisi cet endroit ce qui facilite le processus de fabrication et réduit le coût du transport, ainsi qu'il se trouve dans une zone rustique équipée d'électricité et d'égouts, et un peu loin des quartiers résidentiels, Le terrain est également entouré de terre propice appartenant à l'état, donc nous aurons la possibilité de développer notre projet à l'avenir par l'état en plantant un nombre important de Abricotiers, vignes et pruniers, afin d'augmenter la production et réduire les coûts d'achat de matière première.

500 mètres carrés pour la construction de bâtiment.

50 mètres carrés afin de mettre les appareils de séchage.



Figure 20: : Localisation de terrain de notre entreprise

Source : Google satellites

2.7 Description des infrastructures et équipements :

2.7.1 Superficie de l'entreprise :

Nous diviserons la structure du projet en cinq parties, qui sont :

- Parking de véhicules.
- Le centre de stockage des matières premières (chambre froide).

- Centre administratif.
- Le bâtiment se compose de deux étages, le premier étage est divisé en deux parties, la

Première partie est pour le vestiaire et la deuxième partie est pour le laboratoire.

Quant au deuxième étage, il est pour les bureaux administratifs de l'usine.

La zone de fabrication et le centre de stockage du produit fini sont comme indiqué sur le schéma de construction de notre entreprise :

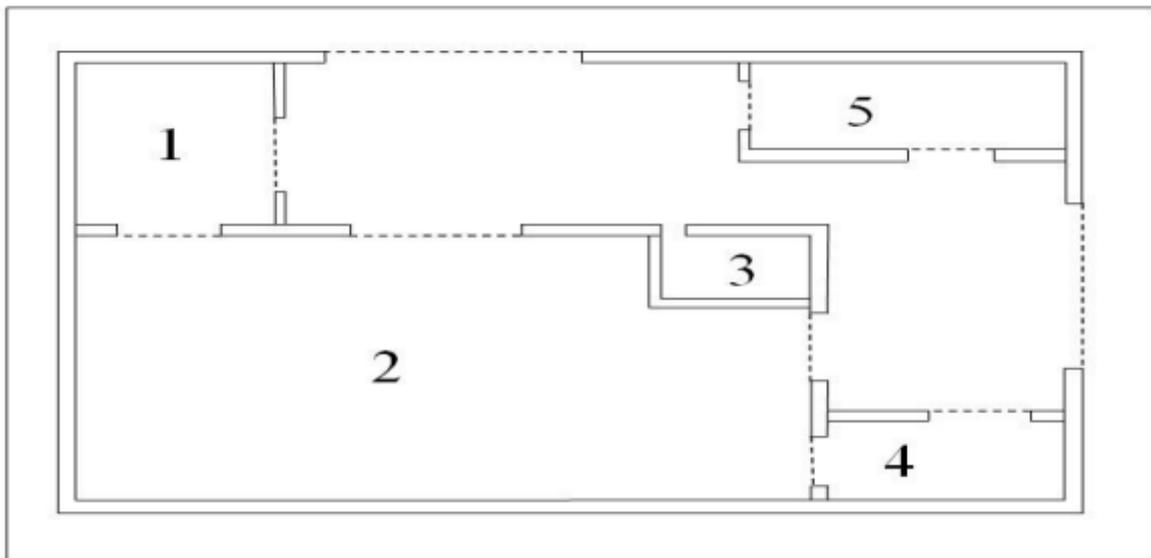


Figure 21: Schéma de construction de notre entreprise

1-Stockage matière première (chambre froide).

2-Département de la production.

3-Zone administratif.

4-Dépôt produits fini (chambre froide)

5- Parking

2.7.2 Equipement :

Chargeurs :

En ce qui concerne le matériel, nous achetons un petit chargeur d'occasion en bon état. Il a une charge utile maximale de 500 kg et est utilisé pour transporter les matières premières.



Figure 22: Mini chargeur (1450000 da)

Source : www.ouedKniss.com

Laveuse :

1. Bulle d'air machine à laver a été largement utilisés dans l'industrie de transformation des aliments, qui aide à résoudre le problème de lavage de légumes, fruits.
2. Cette machine est faite d'acier inoxydable 304 et se compose essentiellement de la boîte de vitesses du moteur de pompe à eau, réservoir d'eau et les tuyaux de pulvérisation avec des buses.
3. La sortie est 300-5000kg/h.

Il est conçu pour différents fruits et légumes de différentes formes. La bulle d'air et de pulvérisations de pression d'eau peut rincer les matières à éviter des collisions avec les uns les autres. Les matériaux sont trempés dans l'eau et soumis à une agitation énergique par un puissant ventilateur pour retirer la poussière et particule étrangère.

Les matériaux sont lavés par l'eau haute pression haute efficacement de manière intensive, et en continu. Il est indispensable pour la machine à laver les fruits et légumes de la transformation



Figure 23 : Le nettoyeur industriel de l'équipement de ligne de lavage des fruits et légumes

Source : www.Alibaba.com

Machine d'emballage de fruits secs et légumes :

Une machine d'emballage entièrement automatique D-520 que nous importons de Chine d'une entreprise EASTERNPACK., sa capacité est de 5 à 60 unités par minute, caractérisée par sa rapidité et sa précision, ainsi qu'économique



Figure 24 : Machine d'emballage

Source : www.Alibaba.com

Les appareils de séchages :

Des appareils fabriquer par nous même pour le but de minimiser la consommation des énergies non renouvelables, la capacité de séchage est 250 kg



Figure 25 : Appareille de séchage

Balance :

Avec capacité de 1000 kg pour le pesage des matières premières.



Figure 26 : balance 1000kg de plancher industriel

Source : www.Alibaba.com

Table de triage :

Cette machine convient au tri zone avec la grande différence de température, comme il peut fonctionner normalement sous la température de 30-40 degrés.



Figure 22 : table de triage automatique grande vitesse pour l'industrie automobile

Source : www.Alibaba.com

3. Faisabilité environnementale :**3.1 Profil de site :**

Le choix du site doit prendre en compte plusieurs facteurs tels qu'harmonie avec environnement et le budget alloué au projet. Nous avons donc choisi un emplacement en fonction de la propriété foncière, car cela permet de réduire les coûts de construction.

La qualité de la route est satisfaisante, ce qui simplifie la logistique de transport et facilite les déplacements aller-retour entre usine et autres destinations.

3.2 Sources de contamination potentielles du projet :**3.2.1 Contamination des eaux de ruissellement sur la plateforme de l'entreprise :**

Lors de la construction d'usine, nous veillerons à installer des canaux d'égout sur le site pour éviter toute fuite d'eau lors du nettoyage, ce qui pourrait causer des problèmes environnementaux.

Étant donné que le produit est 100% naturel et non traité avec des produits chimiques, l'eau de nettoyage sera inoffensive et ne présentera aucun risque pour l'environnement.

3.2.2 Générations de bruit à pâtir de l'ensemble des opérations de l'entreprise :

Nous choisirons des machines qui utilisent des procédés d'atténuation du bruit conformément aux exigences d'émissions spécifiées dans les contrats de vente des fournisseurs de machines, afin de minimiser les niveaux de bruit émis.

Nous prévoyons également d'installer des amortisseurs de vibrations dans chaque machine afin de réduire les niveaux de bruit. De plus, nous allons construire un mur pour la zone de production qui sera composé de deux parois pour aider à isoler le bruit et limiter sa propagation à l'extérieur de l'entreprise.

3.2.3 Transport supplémentaire relié à l'entreprise :

Compte tenu du faible nombre de travailleurs dans notre entreprise, qui ne dépasse pas 30 personnes, nous avons proposé d'embaucher un travailleur Disposant d'un bus privé pour transporter l'ensemble du personnel jusqu' à l'entreprise. Cette démarche présente plusieurs avantages positifs pour l'environnement et le bien-être des travailleurs, notamment :

- Amélioration des conditions de déplacement : cette initiative améliore la qualité de vie au travail des employés en réduisant le stress, la fatigue et les risques d'accidents liés aux déplacements.
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre et d polluants : cette initiative contribue également à réduire les émissions de gaz à effet de serre, d'autres polluants qui détériorent la qualité de l'air et nuisances sonores.

3.3 Descriptions des travaux de mise en conformité et de protection de l'environnement :

3.3.1 Application de bonnes pratiques environnementales :

Nous avons élaboré ces mesures visant à améliorer le respect de l'environnement dans notre usine :

- Sensibiliser et former du personnel à l'environnement.
- Maximiser l'utilisation de la lumière naturelle en ajustant la puissance des lampes et en plaçant les postes de travail près des fenêtres.

3.3.2 Gestion des déchets provenant des opérations de fabrication :

La gestion des déchets provenant du séchage de fruits et légumes peut être abordée de plusieurs façons, tels que la réutilisation de différentes manières, par exemple comme compost pour les jardins, comme aliments pour animaux domestiques ou encore comme matière première pour la production de biocarburants.

3.3.3 Contrôles des odeurs :

Pour contrôler les odeurs dans notre entreprise il est important de maintenir une bonne ventilation (l'utilisation des ventilateurs d'extraction d'air), d'utiliser des filtres à charbon actif (pour absorber les odeurs), d'éviter les déchets en décomposition et d'éloigner les zones sensibles.

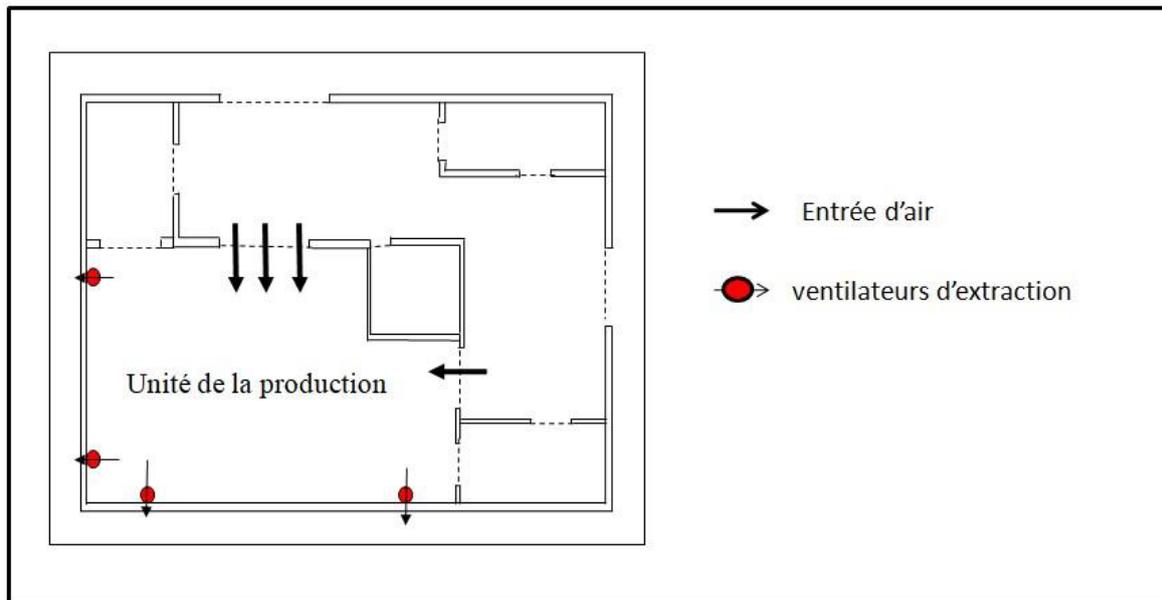


Figure 28 : Système de ventilation de notre entreprise.

3.3.4 Contrôle de bruit provenant de l'entreprise :

Pour contrôler le bruit dans notre entreprise, il est important d'installer des isolants phoniques, d'organiser la disposition des équipements, de porter des équipements de protection auditive et de planifier les travaux bruyants de manière à minimiser les nuisances sonores.

3.4 Portrait environnemental du projet

3.4.1 Plan de gestion environnementale et sociale :

Notre entreprise peut avoir à la fois des avantages et des inconvénients sur l'environnement.

Avantage :

- Réduction des déchets alimentaires : permet de réduire les déchets alimentaires, car elle permet de transformer des produits périssables en aliments qui ont une durée de conservation plus longue.
- Économie d'eau : Le séchage des fruits et légumes peut permettre d'économiser de l'eau, car il nécessite beaucoup moins d'eau que la production d'aliments frais. Cela peut avoir un impact positif sur les ressources en eau locales.

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre : L'entreprise peut réduire les émissions de gaz à effet de serre en réduisant la nécessité de transporter des produits frais sur de longues distances.

Inconvénients :

- Utilisation d'énergie : Le séchage des fruits et légumes nécessite souvent l'utilisation d'énergie pour faire fonctionner les équipements nécessaires. Si cette énergie provient de sources non renouvelables, cela peut avoir un impact négatif sur l'environnement.
- Déchets : Les processus de production peuvent produire des déchets, tels que des coquilles ou des peaux de fruits et légumes, qui doivent être éliminés de manière responsable pour éviter les impacts environnementaux négatifs.

3.4.2 Description de l'image environnementale :

Sur le plan social : une entreprise de séchage des fruits et légumes est une organisation qui se spécialise dans la transformation de produits frais en produits secs.

Dans le secteur agricole : est une entreprise spécialisée dans le traitement et la transformation de produits frais en produits séchés. Cette entreprise utilise Généralement des techniques de séchage telles que le séchage au soleil, le séchage à Lair chaud, le séchage par déshydratation, ou une combinaison de ces méthodes, pour éliminer l'excès d'humidité des fruits et légumes. Le résultat final est un produit qui est plus facile à stocker, à transporter et à conserver, et qui a une durée de vie plus longue que les fruits et légumes frais.

4. Faisabilité financière**4.1. L'appareil de séchage :**



Figure 25 : Appareille de séchage (original)

Tableau 1: Coût des différents articles de notre appareil

Article (unité)	Coût de l'unité (DA)
Bois multiplié	8000
Cadres de bois (4)	500
Grillage galvanisé 5m	500
Feuille de verre	600
Papier d'aluminium épais (4)	130
Peinture (4)	350
Colle de bois (2)	200
Vis et clous	200
Contrôleur Arduino	7500
Ventilos (2)	1000
Silicone	300
câble	70
Paumelle (2)	50

Total	23 540
--------------	---------------

4.2. Dépenses générées par le projet :

Le projet engendre des dépenses qui sont catégorisées en "coûts directs" et "coûts indirects". Les coûts directs sont directement liés au processus de production, tels que les matériaux et les frais de main-d'œuvre. Les coûts indirects incluent les salaires du personnel administratif et des livreurs, les dépenses liées aux véhicules, etc.

Les coûts directs d'exploitation sont eux-mêmes divisés en deux catégories : les "coûts fixes" et les "coûts variables".

Les coûts fixes, également appelés "frais généraux", sont des dépenses qui restent constants, indépendamment du volume de production. Voici quelques exemples de coûts fixes :

- Les salaires
- Les frais de services tels que les abonnements téléphoniques, etc.

Les coûts variables sont des dépenses qui varient en fonction du volume de production. Ils comprennent, par exemple :

- Les matières premières et les ingrédients nécessaires.
- Les matériaux d'emballage utilisés.
- Les salaires du personnel opérationnel.

4.2.1 Coût des équipements de processus de fabrication :

Tableau 2 : Coût des équipements de processus de fabrication.

Les équipements de processus de fabrication	Coûts estimés (DA)
Mini chargeur	1450000
Laveuse	3000000
Machine d'emballage	900000
Les appareils de séchage (4 unités)	320000
Balance	50000
Table de triage	300000
Les ventilations d'extraction d'air	200000
Somme	6220000

Les coûts des équipements utilisés ont été évalués à partir des sites web :

www.alibaba.com et www.ouedKniss.com .

4.2.2 Coût de la main-d'œuvre :

La gestion de la paie permet de garantir le suivi des impôts et des charges salariales et patronales liées aux salaires que l'entreprise verse. L'objectif est de pouvoir suivre de manière adéquate les cotisations versées, le climat social de l'entreprise, ainsi que le respect des dispositions légales et réglementaires en vigueur.

Tableau 3 : Salaire mensuel des employés.

Le poste occupé	Nombre d'employé	SG unitaire (DA)	SG globale (DA)
Le gérant	1	42 000	42 000
Chef de la ligne de production	1	40 000	40 000
Laborantines	2	35 000	70 000
Les ouvriers	8	27 000	216000
Le nettoyeur	1	22 000	22 000
Le gardien	1	25 000	25 000
Somme	14	191 000	415 000

4.2.3 Coûts d'investissements du projet :

Le capital s'élève à 40 000 000 de dinars algériens, provenant à la fois d'emprunts ANSEJ et d'apports personnels.

4.2.3.1 Coûts en immobilisations :

- **Terrain :** La valeur du terrain est exclue de cette étude car il s'agit d'une propriété personnelle et il existe des ambiguïtés dans les textes juridiques concernant l'investissement dans les terrains industriels.
- **Matériels de transport :** 4000 000 da
- **Matériel des bureaux :** 100 000 da

4.2.3.2 Coûts de la construction du bâtiment :

Après une évaluation basée sur l'approche du marché, en tenant compte des prix au mètre carré des transactions récentes pour des biens similaires, et en utilisant l'approche des coûts en évaluant la valeur de remplacement par composant et les coûts de mise aux normes, nous avons conclu que la valeur de construction de notre entreprise est estimé à 5000000 DA.

Et après études sur la construction d'une chambre froide pour notre entreprise, le prix d'implantation de cette dernière avec tous ses équipements est estimé à un prix de 2000000 DA

4.2.4 Coûts de production et frais généraux :

D'après la consultation des sources locales (les marchés) et a chambre agriculture de Tlemcen on a trouvé que les prix peuvent varier en fonction de la saison la disponibilité

Donc les prix de bonne qualité en été :

- Le raisin : 150 DA
- Les pruneaux : 170 DA

Tableau 4 : Coût mensuelle de matière première.

Matière première	Cout mensuelle (DA)	Matière d'emballage	Somme
Raisin (3 tonnes)	450 000	6000	456 000
Prune (7tonnes)	1190 000	14 000	1 204 000

4.3. Calcule chiffre d'affaires

Prix de vente :

Il est essentiel d'établir un prix pour un produit qui garantisse la couverture de tous les coûts associés et permette de réaliser des bénéfices adéquats. Une approche courante pour déterminer un prix approprié consiste à calculer la somme des coûts de production, puis à ajouter une marge de profit proportionnelle à ces coûts.

- Pour le raisin :

1kg de matière première → 250 g de produit fini sec (25%).

$0.25 \text{ Kg} \times 3000\text{kg} = 750 \text{ kg} / \text{mois}$

- Pour les prunes :

La quantité mensuelle est 7 tonnes (7000kg) / mois

1kg de matière première → 800 g de produit fini sec (80%).

$0.8 \text{ Kg} \times 7000 \text{ kg} / \text{mois} = 5600 \text{ kg} / \text{mois}$ de produit fini.

Coût d'un kg de produit :

- Pour le raisin :

Tableau 5 : Coût d'un kg de raisin.

Charge par produit	Cout(DA)
Electricité	20
Gaz	5
Eau	5
Raisin	150
Emballage	40
Somme	220 DA

- Pour les pruneaux :

Tableau 6 : Coût d'un kg de prune

Charge de produit	Cout (DA)
Electricité	20
Gaz	5
Eau	5
Pruneaux	170
Emballage	40
Somme	240 DA

Donc les prix de vente d'un kilogramme de produits finis secs est calculé en ajoutant le total des coûts de production, la marge bénéficiaire et la TVA, ce qui équivaut à un prix de vente de :

- 1000 DA pour le raisin sec
- 1000DA pour les prunes

4.4 États financiers prévisionnels :

Compte de résultat prévisionnel :

- Pour les prunes :
5600kg de produit finis par mois

Tableau 7 : Prévisions des ventes de notre produit (pruneaux sec).

	Mois Janvier jusqu'à juin	Mois juillet jusqu'à septembre	Mois octobre jusqu'à décembre	Totale /AN

Quantité (sac de 1 kg)	5600/mois	5600/mois	5600/mois	67 200
Prix unitaire (DA)	1000			
Chiffre d'affaire (DA)/1 MOIS)	5600 000	5600 000	5600 000	67 200 000 da Par an

➤ Pour le raisin :

750 kg de produit finis par mois :

Tableau 8 : Prévisions des ventes de notre produit (raisin sec).

	Mois Janvier jusqu'à juin	Mois juillet jusqu'à septembre	Mois octobre jusqu'à décembre	Totale
Quantité (sac de 1 kg)	750/mois	750 /mois	750 /mois	9000
Prix unitaire (DA)	1000			
Chiffre d'affaire (DA/MOIS)	3 000 000	3 000 000	3 000 000	9 000 000 da par an

4.5 Financement de projet

4.5.1 Calculer les charges :

Tableau 9 : Coût des charges annuelles variables prévisionnelles de projet

charges prévisionnelles	Coût (da /an)
Matière d'emballage	400 000
Raisin (kg)	5 400 000
Pruneaux (kg)	14 280 000
Somme	20 080 000

Tableau 10 : Dépenses de démarrage de projet (avant la production).

Dépenses	Coût (DA)
Construction de bâtiments	7 000 000
Equipements	6 220 000
Salaire des employés	4 980 000
Matériel de transport	4 000 000
Matériel de bureaux	100 000

Somme	22 300 000
--------------	-------------------

4.5.2 Comment financer mon projet :

Nous comptons sur l'autofinancement, qui représente une contribution personnelle et familiale, comme un avantage incontestable pour la création de notre entreprise. Cette contribution est estimée à 10 000 000 DA. Par ailleurs, nous envisageons également de solliciter une aide financière de l'ANSEJ pour compléter le financement nécessaire.

4.6 Calculer les bénéfices :

Tableau 11 : le bénéfice de notre entreprise

Dépenses (DA /an)	20 080 000
Revenus (chiffre d'affaire)	76 200 000
La portion de « CASNOS »	5 073 000
Autres charges	22 300 000
Bénéfice brute (DA)	28 747 000

- Les revenus - les dépenses :

$$76\,200\,000\text{ DA} - 20\,080\,000\text{ DA} = 56\,120\,000\text{ DA}$$

- La portion de « CASNOS » :

$$(33\,820\,000 * 15) / 100 = \mathbf{5\,073\,000\text{ DA}}$$

- Le bénéfice brut :

$$56\,120\,000 - (22\,300\,000 + 5\,073\,000) = 28\,747\,000\text{ DA}$$

Selon les conclusions tirées des résultats, il est possible de déduire que notre entreprise de transformation de fruits frais en fruits secs a réalisé un bénéfice d'environ 28 747 000 DA au cours de sa première année.

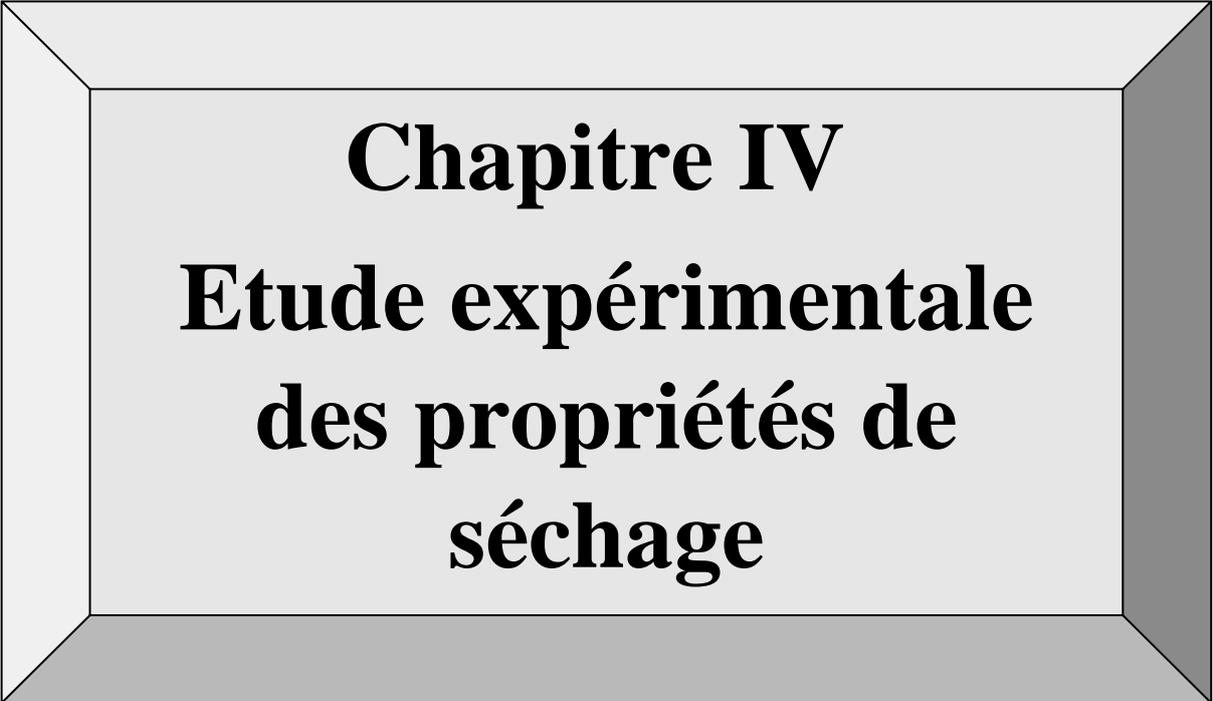
Et quand nous prendrons notre salaire (300 millions DA) nous pouvons retourner l'argent des couts en 3 ans avec une somme de 10 000 000 Da /An

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons évoqué les étapes de création d'une entreprise en Algérie, y compris l'étude du marché pour déterminer les facteurs clés contribuant à la réussite du projet.

Ensuite, nous avons pris en compte la sécurité environnementale et la protection des habitants de la ville lors de l'implantation de l'usine.

Dans la phase future du projet, nous avons également déterminé la méthode de financement et calculé le bénéfice attendu.



Chapitre IV
Etude expérimentale
des propriétés de
séchage

Introduction

L'étude expérimentale des fruits secs, en particulier des raisins secs, permet d'approfondir nos connaissances sur leur composition, leurs propriétés physico-chimiques et leurs bienfaits pour la santé. Ces recherches sont essentielles pour développer de nouvelles techniques de déshydratation, améliorer la qualité des produits et promouvoir une alimentation saine et équilibrée (*Lamrani et Guh,2016*).

1-Evaluation sensorielle :

La qualité sensorielle ou organoleptique joue un rôle fondamental dans l'appréciation des aliments, reflétant leur attrait gustatif. Cependant, il convient de noter que cette qualité est hautement subjective, car elle est le résultat de la comparaison entre la perception des cinq sens (vue, ouïe, odorat, toucher, goût) et les préférences individuelles, qui varient considérablement dans le temps, l'espace et selon les situations de consommation propres à chaque personne (*Lamrani et Guh,2016*)

Deux tests distincts ont été réalisés pour l'évaluation sensorielle. Le premier test visait à établir le profil sensoriel descriptif, tandis que le deuxième test avait pour objectif de déterminer l'ordre de préférence entre les deux échantillons.

Lors du premier test, les caractéristiques sensorielles des raisins ont été évaluées au moyen d'une analyse descriptive. Un panel composé de soixante-trois juges, des consommateurs non formés, âgés de 21 à 58 ans, a participé à cette évaluation. Parmi les membres du panel, 46 % étaient des hommes et 54 % étaient des femmes. Les attributs sensoriels évalués comprenaient la couleur, l'uniformité de la couleur, la douceur, l'acidité, la dureté, l'élasticité et l'évaluation globale. Cette évaluation a été réalisée sur des raisins obtenus à partir de nos produit sec (le raisin), et le raisin sec commerciale.

Pour une caractérisation plus précise du profil sensoriel de raisin sec étudiés, les termes descriptifs ont été convertis en échelles numériques. Par exemple, l'échelle pour l'attribut "douceur" a été définie comme suit : 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyen, 4 = élevé, 5 = très élevé. La même échelle numérique a été utilisée pour les autres attributs, à l'exception de l'évaluation globale, pour laquelle l'échelle suivante a été utilisée : 1 = très mauvaise, 2 = mauvaise, 3 = suffisante, 4 = bonne, 5 = très bonne.

Dans la deuxième phase de l'évaluation, les mêmes membres du panel ont participé à un test d'ordre de préférence. Les échantillons comprenaient dès notre raisin séché, et le raisin commercial,

Les membres du panel ont évalué les deux échantillons en fonction de paramètres tels que la couleur, la texture, la douceur et l'évaluation globale.

Les échantillons ont été présentés aux membres du panel dans un ordre aléatoire, et ils les ont classés en fonction de leur préférence pour chaque attribut évalué.

En résumé, l'évaluation sensorielle a impliqué deux tests : une analyse descriptive du profil sensoriel et un test d'ordre de préférence. L'analyse descriptive a utilisé des échelles numériques pour évaluer différents attributs sensoriels des raisins, tandis que le test de préférence a consisté à classer les échantillons en fonction de la couleur, de la texture, de la douceur et de l'évaluation globale.

1.2. Discussion des Analyses sensorielles :

Les résultats du profil sensoriel d'échantillons de raisins sec, sont présentés dans la Figure 9, sous forme de valeurs moyennes pour chaque attribut sensoriel et pour chaque produit testé. En termes d'évaluation globale, les résultats obtenus indiquent que l'échantillon a été généralement évalué positivement par le panel sensoriel.

L'échantillon séché dans l'appareille de séchage a été caractérisé comme étant bon (score 4) en ce qui concerne les attributs de couleur et de douceur, et légèrement bon (score 2) en ce qui concerne les attributs d'acidité, d'élasticité et de dureté. Cet échantillon a été considéré comme le moins acide, le moins dur et le moins élastique. Pour nos échantillons séchés à 40 °C, les dégustateurs ont estimé que la tonalité de couleur et l'évaluation globale étaient bonnes, tandis que les autres paramètres étaient considérés comme raisonnables. En termes de saveur et de douceur, les dégustateurs ont trouvé une grande similarité entre les deux les échantillons. Cependant, en ce qui concerne l'acidité, le panel a identifié des différences, dans l'ordre suivant du moins acide au plus acide : nos raisins secs, et les marques commerciales. En ce qui concerne le paramètre de couleur, l'échantillon des marques commerciales a obtenu la note la plus basse en termes de tonalité, tandis que nos échantillons étaient considérés comme bons. De plus, nos échantillons séché dans l'appareille a été considéré comme plus foncé que l'autres échantillon séchés.

Dans l'analyse discriminante pour le test d'ordre de préférence, on cherchait à déterminer s'il y aurait des différences de préférence de la part du panel de dégustateurs en ce qui concerne les attributs suivants : douceur, couleur, texture et appréciation globale.

Figure 23: Résultat d'analyse sensorielle

Attributs	Échantillon séché dans l'appareil de séchage	Marques commerciales
Couleur	Bon (4)	moins
Douceur	Bon (4)	Similaire aux autres
Acidité	Légèrement bon (2)	moins
Élasticité	Légèrement bon (2)	Similaire aux autres
Dureté	Légèrement bon	Similaire aux autres
Saveur	Similaire aux autres	Similaire aux autres
Évaluation globale	Similaire aux autres	Similaire aux autres

1.3. Interprétions

L'enquête menée auprès de 100 personnes a révélé des résultats intéressants qui permettent d'approfondir notre compréhension des habitudes de consommation et des préférences des consommateurs en matière de fruits et légumes secs.

Tout d'abord, il est notable que près de 97 % des répondants ont déjà acheté des fruits et légumes secs par le passé. Cette forte proportion suggère une demande établie et une familiarité avec ces produits, ce qui représente un marché potentiellement solide.

En ce qui concerne les préférences spécifiques, les pruneaux, les raisins secs et les abricots ont été les fruits secs les plus appréciés par la majorité des participants. Cette tendance met en évidence une préférence pour les fruits secs traditionnels et populaires, qui sont également souvent utilisés comme ingrédients dans diverses recettes culinaires.

Une préférence marquée pour les fruits secs entiers a été exprimée par 59,4 % des personnes interrogées. Cette préférence peut être attribuée à l'idée que les fruits secs entiers sont perçus comme moins transformés et plus proches de leur état naturel, ce qui peut être perçu comme bénéfique sur le plan nutritionnel.

Il est également intéressant de constater que près de 91 % des répondants ne sont pas allergiques aux fruits et légumes secs. Cette constatation indique que ces produits sont généralement bien tolérés par la majorité de la population, ce qui contribue à leur attrait et à leur accessibilité.

En ce qui concerne l'origine des produits, plus de la moitié des répondants (58,1 %) ont affirmé préférer les fruits et légumes secs importés. Cela peut être dû à la perception d'une meilleure qualité, d'une plus grande variété de choix ou d'un certain exotisme associé aux produits importés.

Les mélanges de fruits secs ont été appréciés par une majorité significative de 77,4 % des participants. Cette préférence pour les mélanges suggère une recherche de diversité de saveurs et de textures, ainsi qu'une volonté d'expérimenter différentes combinaisons gustatives.

En ce qui concerne l'emballage, près de 68 % des répondants ont indiqué acheter des fruits et légumes secs conditionnés en emballage individuel. Cette préférence peut être attribuée à la praticité et à la facilité d'utilisation, permettant une consommation nomade et une meilleure conservation des produits.

Il est intéressant de noter que 90 % des participants considèrent le séchage comme une méthode de conservation efficace pour les fruits et légumes. Cette perception positive du séchage renforce la confiance des consommateurs dans la qualité et la durée de conservation des produits secs.

2. Analyses physico-chimiques des raisins secs

2.1. Méthodes d'analyse

Dans notre étude, nous avons utilisé des raisins secs que nous avons fabriqués nous-mêmes. Ces raisins secs ont été sélectionnés en raison de leur représentativité des variétés les plus consommées par la population algérienne.

2.2. Appareillage

On s'est servi au cours de notre étude des appareils suivants :

- Bain-Marie (*Gerhardt Bonn, Memmert*).
- Etuve électrique de séchage maintenue à $103 \pm 2^\circ\text{C}$
- Etuve électrique de séchage maintenue à $38 \pm 2^\circ\text{C}$
- Evaporateur rotatif type HEIDOLPH.
- Micropipettes (*Microlit*) (*Accumax*).

- PH-mètre (*HANNA*).
- Pied à Coulisse (*STANLEY 1/10*).
- Réfractomètre (*ATAGO : HSR-500*).
- Balance.

2.3. Détermination des paramètres morphologiques des raisins secs

Poids :

Nous avons utilisé une balance de précision (avec une marge d'erreur de ± 0.01 g) pour déterminer le poids en gramme de raisin (5g). (*Lamrani et Guh 2016*).

Dimensions (longueur et largeur) :

Nous avons mesuré les dimensions des fruits entiers en utilisant un pied à coulisse. Les mesures ont été prises en centimètres pour obtenir la longueur et la largeur de fruit.

En réalisant ces mesures précises, nous avons pu obtenir des données fiables sur les caractéristiques morphologiques des échantillons de raisins secs que nous avons étudiés (*Lamrani et Guh, 2016*).

2.4. Détermination de la teneur en eau (NF V 05-108, 1970)

Pour déterminer la teneur en eau des fruits séchés, nous avons pesé 5 g de fruits séchés broyés dans des capsules propres et placé ces capsules dans une étuve à $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ pendant 3 heures. Après avoir retiré les capsules de l'étuve, nous les avons laissées refroidir dans un dessiccateur avant de les peser à nouveau. Nous avons répété cette opération jusqu'à ce que nous obtenions un poids constant.

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivant :

$$H \% = ((M1 - M2) / p) \cdot 100 \text{ H \%}$$

H % : Humidité.

M1 : masse de la capsule + échantillon avant étuvage

M1 : masse de la capsule+ échantillon après étuvage

P : masse de la prise d'essai

• Matière sèche

La teneur en matière sèche est déterminée selon la formule suivant :

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

2.5. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

La mesure du pH permet de déterminer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'un échantillon alimentaire. Elle fournit des informations précieuses sur la qualité et la stabilité du produit. Par exemple, un pH bas peut indiquer une acidité plus élevée, tandis qu'un pH élevé peut suggérer une alcalinité accrue. Ces informations aident à évaluer la qualité des aliments et à prendre des mesures pour assurer leur conservation adéquate.

Dans cette procédure, nous prélevons environ 5g d'échantillon broyé ou découpé en petits morceaux et le plaçons dans un bécher contenant 50 ml d'eau distillée. Le mélange est chauffé au bain-marie pendant 1 heure à 70°C, tout en remuant de temps en temps à l'aide d'une spatule. Ensuite, le mélange obtenu est broyé dans un mortier.



Figure 24: l'échantillon de notre raisin

Source :(Original)



Figure 25: Echantillon après le chauffage dans bains-marie

Source : (Original)

3. Résultats et discussions des analyses physico-chimiques :

3.1. Teneur en eau :

La figure suivante, représente les résultats obtenus pour l'humidité et pour la matière sèche des fruits séchés ; raisins.

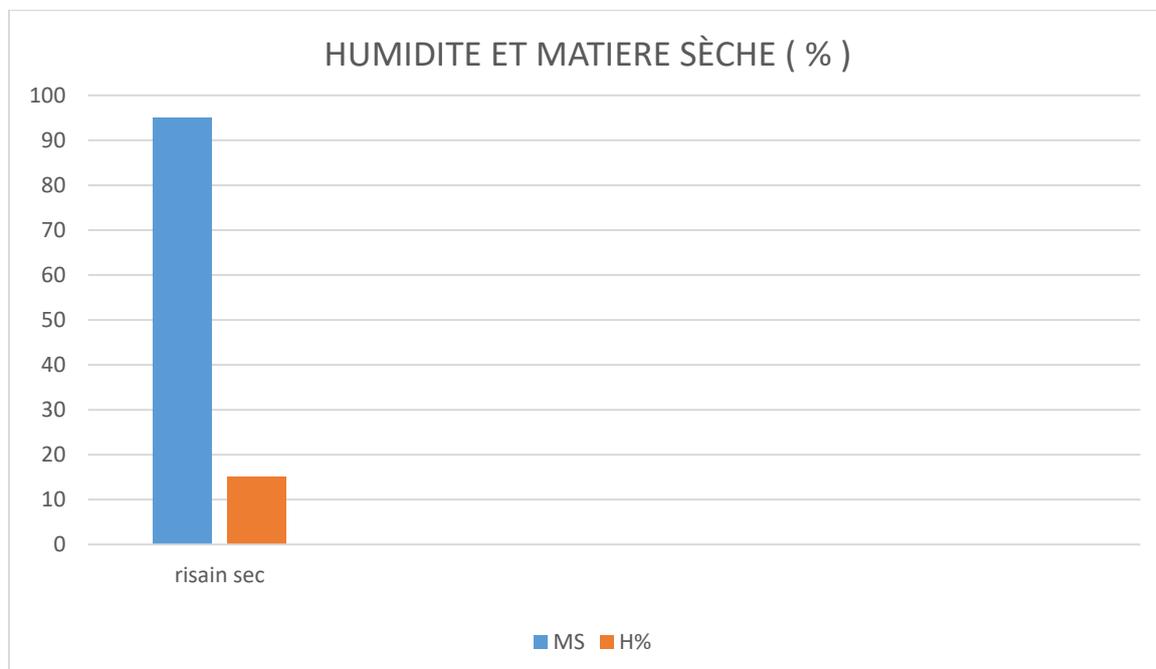


Figure 26: Taux d'humidité et de matière sèche de raisins secs.

Selon la figure ci-dessus, la teneur en eau des raisins secs est de $14,66 \pm 1,15$ %, ce qui correspond à un taux de matière sèche de 85,34 %. Comparativement, les raisins frais contiennent environ 80 % d'eau.

Il est important de noter que la norme *CEE-ONU DDP-11 (2014)*, qui concerne la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des raisins secs, établit des limites pour la teneur en eau des différentes variétés de raisins secs. Selon cette norme, la teneur en eau ne doit pas dépasser 18,0 % pour les variétés sans pépins, se situer entre 18,0 % et 20,0 % pour les raisins de Corinthe, entre 18,0 % et 19,0 % pour les variétés avec pépins, et atteindre 31,0 % dans le cas de la variété Malaga Muscat traitée avec des agents conservateurs.

3.2. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH joue un rôle crucial dans l'évaluation de la qualité sensorielle des raisins secs, étant étroitement lié à leur teneur en sucre et à leur acidité. Il est également déterminant pour la conservation de ces aliments, constituant l'un des principaux facteurs limitants pour la croissance microbienne. Les levures et les moisissures prospèrent dans un milieu ayant un pH compris entre 3 et 6, ce qui est très favorable à leur développement. En revanche, les bactéries préfèrent un environnement neutre, avec un pH entre 7 et 7,5, tolérant des valeurs allant de 6 à 9. (*Lamrani et Guh,2016*).

L'étude des échantillons de raisins secs révèle un pH acide. La figure ci-dessous synthétise les résultats obtenus, avec une valeur moyenne de pH de $3,7 \pm 0,010$ pour le raisin séché dans l'appareil de séchage et $4 \pm 0,010$ pour le raisin de marques commerciales. (*Freeto,2009*) et (*Al Askar,2012*), qui ont respectivement rapporté des valeurs comprises entre 3,5 et 4,0 et entre 3,80 et 4,43

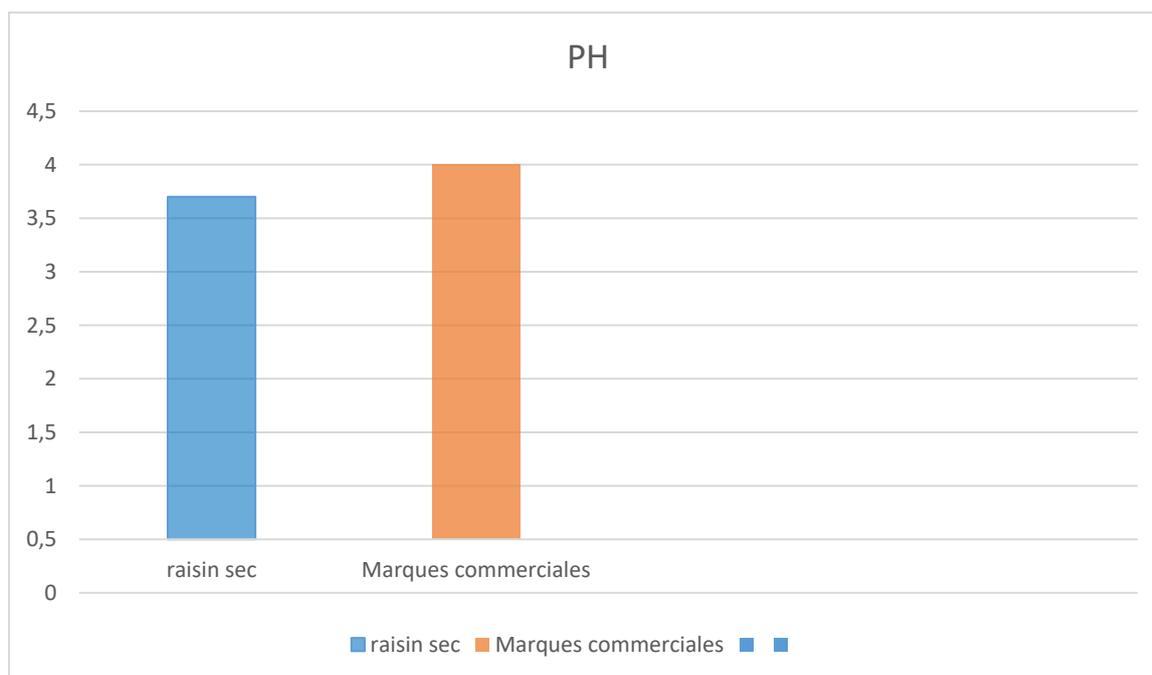


Figure 27: Valeurs de pH de raisins secs

3.3. Discussion d'analyses physico chimie :

Nous avons réalisé une étude visant à caractériser la qualité des raisins secs. Les échantillons ont été soumis à des analyses morphologiques et physico-chimiques.

Les résultats de la caractérisation morphologique indiquent que nos échantillons présentent une qualité acceptable, avec un poids moyen de 0,55 g pour les raisins secs.

Concernant les analyses physico-chimiques, on peut conclure que nos échantillons répondent globalement aux normes de qualité applicables aux fruits. Les résultats obtenus sont les suivants : un taux d'humidité de 14,66 % pour les raisins secs et, une teneur en matière sèche de 85,34 %. La valeur moyenne de l'acidité est de 2,8 % pour les raisins secs. Le pH mesuré est légèrement acide, avec une moyenne de 3,7 pour notre raisin sec.

4. Evaluation de la qualité microbiologique :

4.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales :

Pour préparer la solution mère, 25 g de fruits séchés et broyés sont mélangés à 225 ml d'eau physiologique stérile. Après avoir bien homogénéisé le mélange, 1 ml de la solution mère est transféré dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, constituant ainsi la dilution

10-1. Ce processus est répété de la même manière jusqu'à obtenir la dilution 10-6. (*Lamrani et Guh,2016*).

4.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile :

Pour effectuer le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile, O, 1 ml de la dilution 10-3 est étalé en surface de la gélose PCA préalablement coulée et solidifiée. Les boîtes de gélose sont ensuite incubées à 37 °C pendant 72 heures. Après cette période d'incubation, les colonies lenticulaires sont dénombrées conformément à la méthode décrite par *Bourgeois et al. (1996)*. Cette flore permet d'évaluer le niveau de contamination microbienne d'un produit alimentaire.

4.3. Recherche des salmonelles :

Le pré-enrichissement des échantillons est réalisé en ensemençant 1 g de la solution mère dans 9 ml de milieu eau peptones alcaline, suivi d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures. Après l'incubation, la présence éventuelle de salmonelles est indiquée par un trouble dans le milieu. En cas de trouble, un isolement doit être effectué sur gélose Hecktoen. (*GUEHAME,2016*)

4.4. Résultat :

Les résultats des analyses microbiologiques ne sont malheureusement pas disponibles dans le cadre de cette étude en raison de contraintes matérielles. Toutefois, nous avons décrit en détail la méthodologie et les procédures nécessaires pour réaliser ces analyses microbiologiques.

Conclusion :

En conclusion, cette étude sur les raisins secs a permis d'approfondir nos connaissances sur leur composition, leurs propriétés physico-chimiques et leurs caractéristiques sensorielles.

Les évaluations sensorielles ont joué un rôle fondamental dans la compréhension de l'attrait gustatif des raisins secs, en prenant en compte des attributs tels que la couleur, la douceur, l'acidité, la texture et l'évaluation globale. Les résultats ont montré que les raisins secs obtenus à partir d'un appareil de séchage présentaient une bonne couleur et une bonne douceur, mais une légère acidité, une légère élasticité et une légère dureté. Les échantillons commerciaux ont montré des caractéristiques similaires, mais avec une tonalité de couleur moins satisfaisante.

Les analyses physico-chimiques ont révélé que les raisins secs avaient une teneur en eau de $14,66 \pm 1,15$ % et une teneur en matière sèche de 85,34 %. Le pH acide des raisins secs a été observé, ce qui est important pour la qualité sensorielle et la conservation du produit. Dans l'ensemble, cette étude fournit des informations essentielles pour améliorer la qualité des raisins secs, développer de nouvelles techniques de déshydratation et promouvoir une alimentation saine et équilibrée.

Conclusion Générale

Le séchage des produits offre de nombreux avantages dans divers secteurs, tels que l'agriculture, l'industrie alimentaire et le transport. Il permet de prolonger la durée de conservation des produits en réduisant leur teneur en eau, ce qui contribue à atténuer le caractère saisonnier de certaines activités et à minimiser le gaspillage alimentaire. De plus, l'utilisation de séchoirs solaires indirects présente des avantages écologiques, tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la diminution de la dépendance aux combustibles fossiles.

La réalisation d'études approfondies sur les produits séchés, comme l'exemple des raisins secs mentionné, permet d'explorer leur composition, leurs propriétés physico-chimiques et leurs caractéristiques sensorielles. Les évaluations sensorielles jouent un rôle crucial pour évaluer l'attrait gustatif des produits séchés, tandis que les analyses physico-chimiques fournissent des informations sur leur composition et leur qualité.

Il est également important de prendre en compte les aspects environnementaux et la sécurité des habitants lors de l'implantation d'usines de séchage, tout en réalisant une étude approfondie du marché et en planifiant la méthode de financement pour assurer le succès du projet.

En somme, le séchage des produits constitue une méthode efficace pour conserver, transporter et donner une valeur ajoutée aux produits, tout en contribuant à une utilisation durable des ressources, à la réduction des coûts et à la promotion d'une alimentation saine et équilibrée.

Référence

Souheyla Yahiaoui Khaldi 24 Sep 2018. HAL Id: tel-01879901 <https://theses.hal.science/tel-01879901>. Etude numérique du comportement thermique d'un séchoir solaire utilisant un lit thermique pour le stockage d'énergie

Hajar Essalhi le 29/06/2019 Etude, conception et réalisation d'un séchoir solaire à séchage indirect. Thèse doctorat. Université Mohamed V- Maroc

MANAA SAADEDDINE. 15 / 03 / 2017. Analyse structurelle et conceptuelle des facteurs d'optimisation des performances des isolateurs plans munis d'ailettes pour des applications diverses en fonction des contextes géographiques et climatiques. Doctorat en sciences : Génie Mécanique. Université Mohamed Khider – Biskra Ngoné FALL Beye.

Ngoné FALL Beye. 2019 Cheikh Anta Diop University, Dakar | UCAD bibnum.ucad.sn/viewer.php?c=ths&d=ths_2019_0129

KL PREPA 2022 Cours Transfert de matière PDF. [Le travail du bois et les méthodes de séchage en menuiserie - LILM](#)

(Web 1): Comment-stocker.fr 2022. <https://comment-stocker.fr/comment-conserver-les-fruits-secs-a-la-maison/>

Abdellah Mohammed Essalih (2018), Modélisation des isothermes de désorption du produit agroalimentaire. Mémoire de master. Université Ahmed Daria-Adrar

Djamel Eddine Missoum (2016), optimisation d'un système de séchage solaire des produits agroalimentaire. Mémoire de master. Université Abou BakrBelkaid -Tlemcen

Houhou Hatem (2012), Etude théorique et expérimentale du séchage solaire de certains produits agroalimentaires. Mémoire de magister. Université Mohammed Khider-Biskra

https://www.google.com/search?q=s%C3%A9chage+osmotique&tbm=isch&hl=fr&chips=q:s%C3%A9chage+osmotique,online_chips:cellule:icLdd8GHuQ%3D&sa=X&ved=2ahUKEwi4w-2u

Khedimou Chaib, Khemgani Moustapha (2016), Etude de différentes méthodes de séchage de la pomme de terre. Master académique, Génie Energétique, Université Ourgla

Saf Anis, Reddam Souaad (2018). Séchage de deux matrices végétales par étuve. Mémoire de master. Université A. Mira-Bejaia

Journal Officiel 01 Décret exécutif n° 15-111. 3 mai 2015. Journal officiel de la république algérienne N°24,13 mai 2015

Journal Officiel 02 Arrête du 30 mars 1998, Journal officiel de la république algérienne N°34, 30 mai 2004 article 2.

Journal Officiel 03 Loi n° 04-08. 14 août 2004, Journal officiel de la république algérienne N°52, 18 août 2004.

Journal Officiel 04 Décret exécutif n° 05-16. 31 décembre 2005, Journal officiel de la république algérienne N°78 ,31 décembre 2014.

Journal Officiel 05Décret exécutif 97-396. 28 octobre 1997Journal officiel de la république algérienne N° 73,15 décembre 2016.

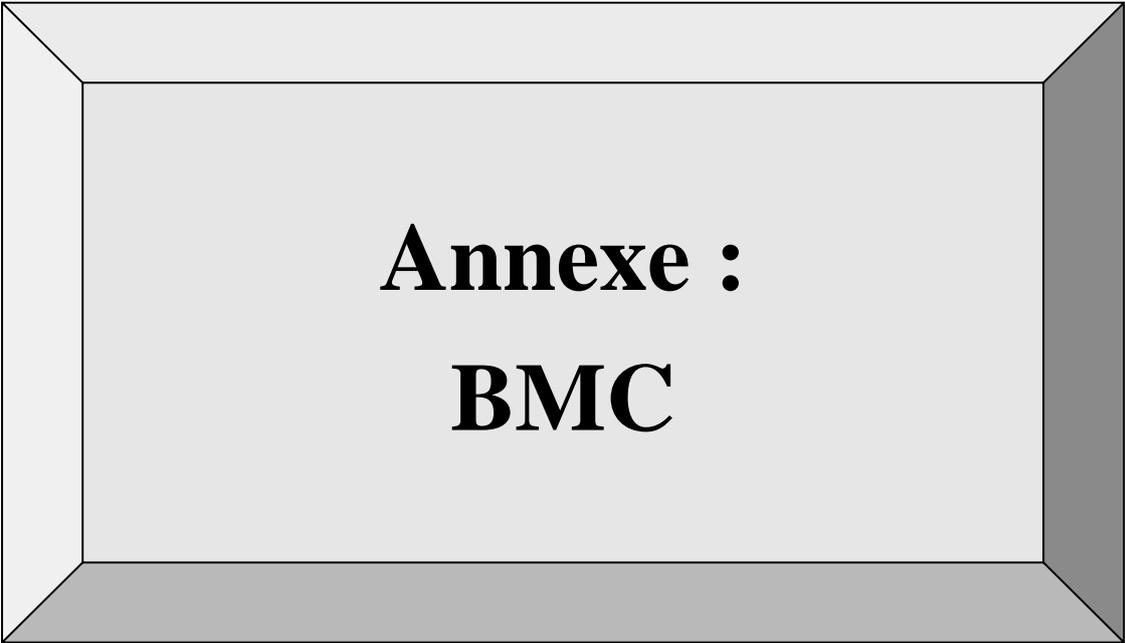
Journal Officiel 06 Décret exécutif n° 15-289. 14 novembre 2015 Journal officiel de la république algérienne N°61,18 novembre 2015.

Journal Officiel 07Loi n° 83-14. 2 juillet 1983, Journal officiel de la république algérienne N°28,5 juillet 1983.

(Web 2). www.lentrepreneuralgerien.com, Site Centre du registre

(Khoumeri.A,2010). Rapport de stage N° 07 : LA SARL République Algérienne Démocratique et Populaire Conseil de l'ordre National des experts comptables, Des Commissaires Aux comptes Comptables Agrées CONSEIL RÉGIONAL DE CENTRE.

Lamrani et Guh 2016 . Etude théorique et expérimentale du séchage solaire.



Annexe :
BMC



République Algérienne Démocratique et
Populaire



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

– جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان

Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département Sciences de la Nature et de la Vie

BMC

Etudiants :

- ❖ DJEROUDI RAFIQ
- ❖ BOUDOUAIA MEHD

Encadrent : Zenasni.M. A

Anne universitaire 2022/ 2023

1-Value proposition :**1- القيم المقترحة :**

On sait que l'Algérie importe souvent les fruits secs et son climat est semi-aride donc c'est pourquoi nous décidés de Lancer une entreprise de transformation des « pruneaux et raisin frais » aux fruits secs, **séchés localement par un séchoir solaire indirect fabriquer par nous-même, de manière naturelle.**

Notre projet vise à concevoir un séchoir solaire de type indirect spécifiquement adapté aux conditions météorologiques de l'Algérie.

L'objectif principal de ce séchoir est de permettre le séchage solaire des produits agro-alimentaires locaux en utilisant le mode convectif. Cette méthode de séchage solaire contribue à prolonger la durée de conservation des produits et facilite leur transport. De plus, en utilisant l'énergie solaire, une source d'énergie naturelle renouvelable, notre séchoir solaire offre des avantages environnementaux et permet de maîtriser la consommation énergétique.

Ce sont des produits sains, nutritifs et sans aucun additif (bio).

2- segment clientèle :**2-شرايح العملاء**

Les segments de clients intéressés par l'achat de fruits secs comprennent :

- Les amateurs de collations saines : Les raisins et les pruneaux secs sont des alternatives nutritives aux collations sucrées et salées. Les personnes soucieuses de leur santé et cherchant des options de collations plus saines peuvent être intéressées par ces produits.
- Les athlètes et les personnes actives : Les raisins et les pruneaux secs sont riches en glucides naturels, en fibres et en antioxydants, ce qui en fait une source d'énergie idéale pour les athlètes et les personnes qui mènent une vie active.
- Les personnes à la recherche d'aliments pratiques : Les raisins et les pruneaux secs sont faciles à emporter et à consommer en déplacement. Ils sont souvent utilisés comme ingrédients dans les recettes de collations, de céréales ou de barres énergétiques.
- Les consommateurs soucieux de la digestion : Les pruneaux secs sont connus pour leur teneur élevée en fibres, ce qui peut favoriser la santé digestive. Les personnes qui recherchent des aliments favorisant une digestion saine peuvent être intéressées par les pruneaux secs.

3-relation avec les clients :**3 العلاقات مع العملاء :**

- Communication sur nos produits et ses processus de fabrication
- Ecoute a les commentaires et les suggestions des clients
- Offres promotionnelles
- Échantillons gratuits : l'Offre des échantillons gratuits de nouveaux fruits secs à nos clients fidèles. Cela leur permettra de découvrir de nouvelles saveurs et de renforcer leur attachement à notre marque.

4- les canaux :**4-القنوات :**

Voici quelques canaux couramment utilisés pour la vente de nos produits :

- Vente au détail en magasin : nous pouvons vendre Les fruits secs dans des épiceries, des supermarchés, des magasins spécialisés ou des marchés locaux. Les clients peuvent les acheter directement sur place.
- Vente en ligne : nous pouvons vendre les fruits secs sur des plateformes. Les clients peuvent passer leurs commandes en ligne et se faire livrer à domicile.
- Vente sur les marchés locaux : on peut vendre nos produits directement sur les marchés locaux, offrant ainsi aux consommateurs une option d'achat directe.

5- partenaires clés :**5الشراكات الرئيسية - :**

- Les fournisseurs locaux des matières premières (raisin et pruneau).
- Les transporteurs pour la livraison de nos produits.

6- activités clés :**الأنشطة :****6- الرئيسية**

Les activités clés dans notre entreprise de transformation de raisin et de pruneaux frais en produits secs peuvent inclure :

- Approvisionnement en matières premières : les sources des raisins et des pruneaux frais auprès des producteurs locaux ou de fournisseurs
- Tri et nettoyage : Sélection des raisins et des pruneaux de qualité, élimination des impuretés et des fruits endommagés.
- Séchage : Utilisation de techniques de séchoir solaire indirecte.
- Conditionnement : Emballage des raisins et des pruneaux secs dans des sacs de portion familiale (1kg).
- Stockage : Entreposage adéquat des produits secs dans des conditions contrôlées pour assurer leur qualité et leur durée de conservation.

- Contrôle qualité : Réalisation de tests et d'analyses pour s'assurer de la conformité des produits aux normes de qualité et de sécurité alimentaire.
- Commercialisation et distribution : Développement de stratégies de marketing et de vente, distribution des produits secs aux détaillants, grossistes et clients finaux.

7- ressources clés :

7-الموارد الرئيسية :

Les ressources clés dans notre entreprise de transformation de raisins et de pruneaux frais en produits secs peuvent inclure :

- Matières premières : Les raisins et les pruneaux frais sont les principales matières premières nécessaires pour la transformation en produits secs.
- Le terrain
- Les équipements.
- Personnel qualifié : Des employés qualifiés sont nécessaires pour gérer les différentes étapes de transformation, notamment le triage, le séchage, le conditionnement et l'emballage. Cela peut inclure des ouvriers agricoles, des techniciens de transformation des aliments, de chef de la ligne de production, des laborantines, etc.

8- structure des couts

8- هيكل التكاليف :

8

8.1 Le cout des équipements de processus de fabrication :

- Mini chargeur : 1450000 Da
- Laveuse : 3000000 Da
- Machine d'emballage : 900000 Da
- Les appareils de séchage (4 unités) : 320000 Da
- Balance : 50000 Da
- Table de triage : 300000 Da
- Les ventilations d'extraction d'air : 200 000 Da

La Somme est : **6220000 Da**

8.2 Coût de la main-d'œuvre :

Le Salaire mensuel des employés est pour :

- Gérant : 42 000 Da
- Chef de la ligne de production : 40 000 Da
- 02 Laborantines : 70 000 Da
- 08 ouvriers : 216000 Da
- 01 nettoyeur : 22 000 Da
- 01 gardien : 25 000 Da

La somme est : 415 000 DA /mois

Donc le salaire annuel des employés est : **4 980 000 DA /AN**

8.3 Coûts d'investissements du projet :

40 000 000 Da, provenant à la fois d'emprunts ANSEJ et d'apports personnels.

8.4 Coûts en immobilisations :

- **Terrain : 0 DA** car il s'agit d'une propriété personnelle et il existe des ambiguïtés dans les textes juridiques concernant l'investissement dans les terrains industriels.
- **Matériels de transport : 4000 000 da**
- **Matériel des bureaux : 100 000 da**

8.5 Coûts des matières premières :

- **Le raisin : 5400 000 DA /an**
- **Le pruneau : 14280 DA/an**
- **Matières d'emballage : 400 000 DA/an**

8.6 Coûts de construction des bâtiments :

Après une évaluation basée sur l'approche du marché, en tenant compte des prix au mètre carré des transactions récentes pour des biens similaires, et en utilisant l'approche des coûts en évaluant la valeur de remplacement par composant et les coûts de mise aux normes, nous avons conclu que la valeur de construction de notre entreprise est estimée à 5000000 DA.

Et après études sur la construction d'une chambre froide pour notre entreprise, le prix d'implantation de cette dernière avec tous ses équipements est estimé à un prix de 2000000 DA

Donc le total est : **70 000 00 DA**

Le tableau suivant représente les coûts des charges annuelles variables prévisionnelles de projet :

charges prévisionnelles	Coût (da /an)
Matière d'emballage	400 000
Raisin (kg)	5 400 000
Pruneaux (kg)	14 280 000
Somme	20 080 000

Et ce tableau représente les dépenses de démarrage de projet (avant la production) :

Dépenses	Coût (DA)
Construction de bâtiments	7 000 000
Equipements	6 220 000
Salaire des employés	4 980 000
Matériel de transport	4 000 000
Matériel de bureaux	100 000
Somme	22 300 000

Donc on conclut que la structure des coûts est : **42 380 000 da**

9-Source de revenus

9-مصادر الإيرادات :

Notre entreprise produit :

- Pour le raisin :

750 kg de produit finis par mois avec un prix de 1000 DA / unité

Donc 9000 kg de produit finis par an avec un chiffre d'affaires de **9 000 000 DA**

- Pour le pruneau :

5600 kg de produit finis par mois avec un prix de 1000 DA / unité

Donc 67 200 kg de produit finis par an avec un chiffre d'affaires de **67 200 000 DA**

On conclut que le chiffre d'affaires est :

$$9\,000\,000 + 67\,200\,000 = \mathbf{76\,200\,000\ da}$$

Dépenses (DA /an)	20 080 000
Revenus (chiffre d'affaires)	76 200 000
Autres charges	22 300 000
Bénéfice	33 820 000
Portion (CASNOS)	5 073 000
Bénéfice brute (DA)	28 747 000

L'explication des donnés :

- Les revenus - les dépenses :

$$76\,200\,000\ DA - 20\,080\,000\ DA = 56\,120\,000\ DA$$

- La portion de « CASNOS » :

$$(33\,820\,000 * 15) / 100 = \mathbf{5\,073\,000\ DA}$$

- Le bénéfice brut :

$$56\,120\,000 - (22\,300\,000 + 5\,073\,000) = \mathbf{28\,747\,000\ DA}$$

Conclusion :

Selon les conclusions tirées des résultats, il est possible de déduire que notre entreprise de transformation de fruits frais en fruits secs a réalisé un bénéfice d'environ **28 747 000 DA au cours de sa première année.**

Business model canva

