

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté de sciences de la nature et de la vie**

**Département des sciences biologiques**



**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER ACADEMIQUE**

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire.

Présenté par : CHAOUUCHE Rima

**Thème**

**Maîtrise et contrôle de qualité des tomates et des  
poivrons séchés par ensoleillement**

Soutenue publiquement le :

Devant le jury :

M. HENNI A.	(MCA)	Président	UKM Ouargla
M. CHOUANA T.	(MCB)	Encadreur	UKM Ouargla
M. AZIB S.	(MAA)	Examineur	UKM Ouargla

**Année universitaire : 2019 / 2020**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes chers parents, qui ont été toujours là pour moi, qui m'ont soutenu jusqu'au bout, pour tous leurs sacrifices, amour tendresse, soutien et leurs prières au long de mes études ;*

*Maman, Papa que dieu les garde ;*

*A mon cher frère Fodil qui était à mes côtés à chaque fois que j'en ai besoin,*

*A mes sœurs cousines Nouha, Merve et Raya, pour leurs existences dans ma vie, elles seront toujours là pour moi ;*

*A toutes mes amies Manoulti, Mano, Lynda, Sourour, Lyna ;*

*A toute la promotion 2019/2020.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

## **Remerciements**

*En premier lieu, je dis merci mon dieu de m'avoir donné la patience, le courage, le savoir, Elhamdulillah.*

*J'adresse mes remerciements les plus sincères aux personnes qui ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce travail ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.*

*Je tiens à remercier sincèrement M. CHOUANA T., en tant qu'encadreur, merci pour votre aide et votre encouragement, sans votre aide ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Mes vifs remerciements s'adressent également à tous les membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail :*

- *Monsieur HENNI A. qui me fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de soutenance.*
- *Monsieur AZIB S. pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la Faculté de Sciences de la nature et de la vie pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous qui m'ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*

## Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction ..... 1

### **CHAPITRE 1 : La technologie de séchage des produits agroalimentaires**

1.1.	Définition de séchage .....	3
1.2.	Objectifs.....	3
1.3.	Le séchage au soleil.....	4
1.3.1.	Les séchoirs solaires.....	4
1.3.1.1.	Les séchoirs directs .....	4
1.3.1.2.	Les séchoirs indirects .....	5
1.3.1.3.	Les séchoirs de type mixte.....	6
1.3.1.4.	Les séchoirs hybrides .....	7
1.4.	La cinétique de séchage .....	7
1.4.1.	L'influence de certains paramètres sur la cinétique de séchage.....	8
1.4.1.1.	L'influence des paramètres de l'air asséchant .....	8
1.4.1.1.1.	La température de l'air .....	8
1.4.1.1.2.	L'humidité de l'air .....	9
1.4.1.1.3.	La vitesse de l'air .....	9
1.4.1.2.	Influence des propriétés du produit.....	9
1.4.1.2.1.	La composition du produit .....	9
1.4.1.2.2.	La teneur en eau initiale du produit.....	10
1.4.1.2.3.	La surface du produit.....	10
1.4.1.2.4.	Epaisseur du produit.....	10
1.5.	Les périodes de séchage .....	10
1.6.	Choix de séchoir convenable .....	11
1.7.	Qualités des produits séchés .....	12
1.7.1.	Altération physique et mécanique .....	13
1.7.2.	Altération biochimique.....	13
1.7.3.	Pertes d'arômes et de couleur.....	13
1.8.	Le conditionnement des produits séchés .....	14
1.9.	Quelques précautions pour une bonne transformation .....	14
1.9.1.	Détermination des contraintes du produit .....	14

1.9.2.	Détermination des conditions climatiques .....	15
1.9.3.	Des pré-traitements .....	15
1.9.4.	La surveillance .....	15
1.9.5.	Pas de bons produits finis sans une bonne matière première .....	15
1.9.6.	Respecter les bonnes pratiques d'hygiène.....	16
1.10.	Avantages et inconvénients du séchage.....	16

## **CHAPITRE 2 : Généralités sur la tomate et le poivron**

2.1.	La tomate .....	18
2.1.1.	Caractéristiques botaniques .....	18
2.1.2.	Composition de la tomate.....	19
2.1.2.1.	Les macroconstituants.....	19
2.1.2.1.1.	L'eau.....	19
2.1.2.1.2.	Les sucres .....	19
2.1.2.1.3.	Les protéines .....	19
2.1.2.1.4.	Les lipides .....	20
2.1.2.1.5.	Les acides organiques.....	20
2.1.2.2.	Les microconstituants .....	20
2.1.2.2.1.	Les minéraux .....	20
2.1.2.2.2.	Les vitamines.....	20
2.1.2.2.3.	Les composés phénoliques .....	21
2.1.2.2.4.	Les caroténoïdes .....	21
2.1.3.	Importance de la tomate .....	22
2.1.3.1.	Importance alimentaire et phytothérapeutique.....	22
2.1.3.2.	Importance économique.....	23
2.1.4.	Séchage de la tomate .....	25
2.1.4.1.	Les formes disponibles de tomates séchées .....	25
2.1.4.2.	Normes requises pour la tomate séchée .....	25
2.2.	Le poivron.....	27
2.2.1.	Caractéristique botanique .....	27
2.2.2.	Composition de poivron .....	28
2.2.2.1.	Les composés phénoliques.....	28
2.2.2.2.	Les caroténoïdes.....	28
2.2.2.3.	Les Capsaïcinoïdes.....	29
2.2.2.4.	Les Capsinoïdes .....	29
2.2.2.5.	Les vitamines .....	30

2.2.2.6.	Les minéraux.....	30
2.2.3.	Importance de poivron .....	30
2.2.3.1.	Importance alimentaire et phytothérapeutique.....	30
2.2.3.2.	Importance économique.....	31
2.2.4.	Le séchage du poivron.....	31
2.2.4.1.	Les méthodes de séchage utilisés.....	32

### **CHAPITRE 3 : Méthodologies expérimentales**

3.1.	Préparation de matériel technique et végétale .....	34
3.1.1.	Matériel technique .....	34
3.1.2.	Matériel végétale .....	34
3.2.	Détermination de la masse du produit avant et pendant le séchage .....	34
3.3.	Les analyses physico-chimiques.....	35
3.3.1.	Mesure de pH (NF V 05-108, 1970) .....	35
3.3.2.	Test de capacité de réhydratation .....	35
3.3.3.	L'indice de brunissement non enzymatique.....	36
3.3.4.	Détermination des pigments rouges .....	36
3.3.5.	Teneur en cendres totaux (AFNOR NF V 05-113).....	36
3.4.	Les analyses biochimiques .....	37
3.4.1.	Dosage de la vitamine C .....	37
3.4.2.	Dosage des composés phénoliques totaux (la méthode de FolinCiocalteu).....	37
3.4.3.	Dosage des caroténoïdes .....	38
3.4.4.	Dosage des sucres totaux (Méthode de Dubois) .....	38
3.5.	Les analyses microbiologiques .....	38
3.5.1.	Préparation des dilutions .....	38
3.5.2.	Dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT).....	38
3.5.3.	Dénombrement des coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux.....	39
3.5.4.	Dénombrement des staphylocoques .....	39
3.5.5.	La recherche des salmonelles .....	39
3.5.6.	Dénombrement des levures et moisissures.....	39
3.5.7.	Calcul du nombre des germes .....	40
	Conclusion.....	41
	Références bibliographiques.....	42
	Annexes	

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : séchoir solaire direct.....	5
<b>Figure 2</b> : séchoir solaire indirect.....	6
<b>Figure 3</b> : séchoir de type mixte.....	7
<b>Figure 4</b> : les périodes de séchage.....	10
<b>Figure 5</b> : structure du fruit de tomate.....	18
<b>Figure 6</b> : schéma résume les mécanismes d'action des produits à base de tomate..	23
<b>Figure 7</b> : production mondiale de la tomate 1962-2010 .....	24
<b>Figure 8</b> : evolution de la production de la tomate en algérie 1962-2010.....	24
<b>Figure 9</b> : anatomie du fruit de Capsicum.....	27
<b>Figure 10</b> : les différentes poudres du poivron séché.....	32

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : classification botanique de la tomate. ....	19
<b>Tableau 2</b> : Teneurs des principaux caroténoïdes identifiés dans les tomates fraîches. ....	22
<b>Tableau 3</b> : norme internationale relative aux teneurs en eau des tomates séchées.....	26
<b>Tableau 4</b> : les normes microbiologiques internationale de la tomate séchée .....	26
<b>Tableau 5</b> : classification botanique du poivron .....	28
<b>Tableau 6</b> : capsaicinoides totaux du péricarpe, placenta, et les graines du poivron.....	29



## Liste des abréviations

**a<sub>w</sub>** : activité de l'eau

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**CF** : Coliformes Fécaux

**CT** : Coliformes Totaux

**DCL** : Désoxycholate Lactose Agar

**DCPIP** : dichloro-phéno-indo-phénol

**FMAT** : flore mésophile aérobie totale

**ISO** : organisation internationale de standardisation

**JORADP** : Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire

**LDL** : Lipoprotéines de basse densité

**MO** : matière organique

**PAI** : Produits Alimentaires Intermédiaires

**PCA** : Plate Count Agar

**PSA** : Antigène spécifique de la prostate

**UV** : ultra-violet

# *Introduction*

---

---

## Introduction

Les fruits et légumes sont dans la plupart des cas consommés frais et leur valeur nutritive est très élevée. Ils sont une source importante et indispensable de vitamines et des minéraux et d'autres constituants antioxydantes en amenant la variété au régime alimentaire (Dudez et *al.*, 1996).

La teneur en eau élevée des fruits et légumes tels que les tomates et les poivrons les rend hautement périssables dont 30 à 40% de leur production est perdus (Nguyen, 2015).

Les pertes de ces produits agroalimentaires sont énormes surtout dans les pays en voie de développement à cause de la surproduction pendant la période de récolte et de manque des procédés de stockage.

Le séchage à l'air libre et aux rayonnements solaires est le procédé traditionnel sauveur de ces productions dont il est simple et moins coûteux, de plus, il augmente la durée de vie des récoltes en abaissant leur activité d'eau ( $a_w$ ), réduit le coût de transport... (Nguyen, 2015).

Une grande partie de l'offre du monde en fruits et légumes secs continue à être sécher d'une manière traditionnelle (séchage au soleil) (Houhou, 2012), malgré ses effets indésirables sur la qualité nutritionnelle et hygiénique des produits agroalimentaires.

Donc plusieurs études et recherches récentes contribuent pour arriver de développer les meilleurs instruments de conservation par le séchage « les séchoirs solaires »

Un séchoir solaire bien conçu peut réduire les inconvénients liés au séchage ouvert du soleil, et les qualités du produit sec peuvent être améliorées (Houhou, 2012) mais il y a autre sorte des pertes même après l'utilisation de ces séchoirs.

La majorité des pertes enregistrées sont, généralement, dues au mal utilisation de ces séchoirs solaires. Par exemple, un séchoir non adapté au produit séché, au profil des utilisateurs et/ou l'environnement local (Boroze, 2011), alors une maîtrise de ces conceptions est nécessaire pour avoir un produit sec de bonne qualité.

L'objectif principal que se propose le présent travail est d'étudier l'effet de certains modes de séchage (séchage au soleil, séchage par des séchoirs direct, et par des séchoirs indirects) sur la qualité nutritionnelle de deux modèles des produits agroalimentaires, la tomate

et le poivron, afin de comparer entre ces modes pour préciser le meilleur entre eux qui a moins d'effets indésirables sur la qualité du produit.

Des analyses physicochimiques, biochimiques et microbiologiques sont nécessaires pour déterminer les modifications des propriétés et de concentrations des différents composés des tomates et des poivrons après leur soumission aux deux modes de séchage.

# *Chapitre 1*

---

*La technologie de séchage des produits  
agro-alimentaires*

Depuis l'antiquité, en particulier dans les pays non industrialisés, les gens ont eu l'idée d'exposer leurs récoltes aux rayonnements solaires, pour qu'elles deviennent séchées et puis conserver longtemps (Bennamoun, 2003).

Ce procédé permet de stocker ainsi de valoriser les produits maraichers pour être consommés en période de pénurie ou en dehors de la saison de récolte.

Les fruits et légumes contiennent plus de 80% d'eau, ce qui rend très périssables. Donc ils doivent être conservés par des méthodes convenables dont la mise en conserves, la congélation et le séchage (Dudez et *al.*, 1996).

### **1.1. Définition de séchage**

Le séchage est un procédé très ancien. D'une part un moyen de conservation et d'autre part une étape de transformation des produits agro-alimentaires (Benkhelfellah et *al.*, 2005).

Il permet de convertir des denrées périssables en produits stabilisés, par abaissement de l'activité d'eau ( $a_w$ ) jusqu'à une valeur inférieure à 0,5 (Nguyen, 2015) en éliminant par évaporation ou sublimation, l'eau d'un corps humide (solide ou liquide) dont le produit fini est un solide (Brennan, 2006).

### **1.2. Objectifs**

Les micro-organismes et les procédés chimiques sont les causes de détérioration des aliments, donc, l'objectif principale des procédés de séchage s'est de ralentir et finalement d'arrêter ces deux processus (Ouali, 2008).

Parmi les objectifs de séchage est de stabiliser et conserver les denrées périssables, en préservant leur valeur nutritive et leur qualités organoleptiques et amortir le caractère saisonnier de certaines activités agricoles ou industrielles (Mounir et *al.*, 2013 ; Boughali, 2010 ; Sasson In Touzi et Merzaia-Blama, 2008).

Le séchage peut ajouter une valeur aux produits séchés, les rendant réutilisables (Martylenko et Bück, 2019) et produire des ingrédients ou des additifs appelés Produits Alimentaires Intermédiaires (PAI) pour une seconde transformation, par exemple, des légumes pour les potages, des oignons pour la charcuterie, des fruits pour la pâtisserie, des épaississants, arômes, colorants, ... (Bonazzi et Bimbenet In Nguyen, 2015).

### **1.3. Le séchage au soleil**

Le soleil est la source d'énergie naturelle la plus abondante où la ressource est gratuite, renouvelable et non polluante.

Le séchage solaire constitue une solution efficace pour les pays pauvres en ressources énergétiques (pétrole et ses dérivés) et disposant des conditions climatiques optimales (forte ensoleillement, faible pluviométrie, ...) dont le séchage s'effectue sur des nattes ou des roches plats, ou bien sur les toits des maisons où les produits à sécher sont exposés directement au soleil mais ce système présente pas mal d'inconvénients : produits chargés de sable et les poussières. Ils subissent les attaques des animaux, des insectes, des micro-organismes. Les pertes sont importantes. De plus, les produits s'abiment, ce qui dégrade fortement la qualité (Dudez et *al.*, 1996).

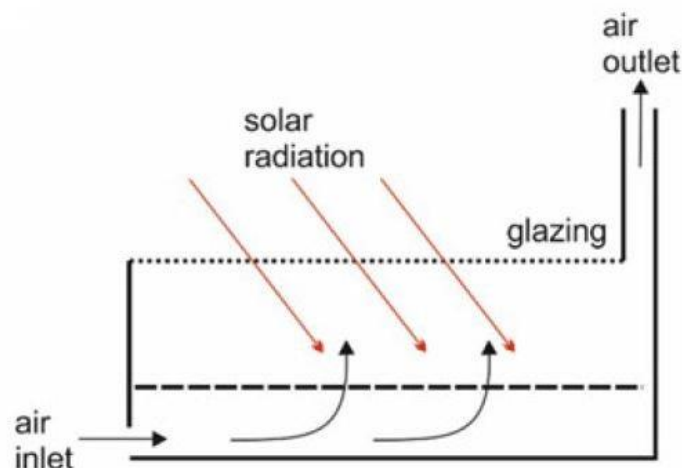
#### **1.3.1. Les séchoirs solaires**

Généralement, les séchoirs solaires sont classés selon deux critères ; le mode de chauffage ou le mode de leur fonctionnement, en séchoirs directs, séchoirs indirects, séchoirs mixtes et séchoirs hybrides (Sodani, 2008).

##### **1.3.1.1. Les séchoirs directs**

Les séchoirs solaires directs sont des dispositifs simples, également, appelés séchoirs solaires de type intégral, où les produits à sécher sont disposés dans une chambre de séchage transparente qui permet au rayonnement solaire d'être transmis, dont, le rayonnement solaire est en contact directe avec le produit (Mujumdar, 2006).

La chaleur fournie par convection abaisse l'humidité relative de l'air de séchage ce qui entraîne l'évaporation d'eau du produit. De plus, il détend l'air dans la chambre de séchage assurant sa circulation et l'élimination de l'humidité avec l'air chaud (Ekechukwu et Norton, 1999).



**Figure 1** : séchoir solaire direct (Banout, 2017).

➤ **Avantages :**

- Les aliments sont protégés derrière une vitre, ce qui permet d'obtenir des températures plus élevées
- Protection des denrées contre des éventuelles contaminations (poussières, sable, ...etc.)

➤ **Inconvénients**

- Les rayons détruisent les vitamines et les éléments nutritifs (photosensibles).
- L'exposition directe au rayonnements solaires engendre les changements de saveur, goût et de couleur (Banout, 2017).
- Une ventilation insuffisante peut engendrer des problèmes de moisissures en cas d'humidité ambiante (Souriau et Amelin, 2014).

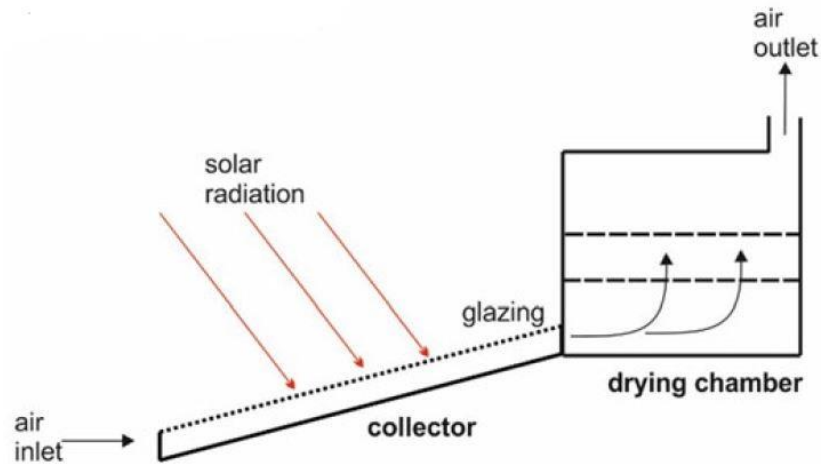
### 1.3.1.2. Les séchoirs indirects

Les séchoirs solaires indirects, également appelés séchoirs solaires de type distribué, ce sont des séchoirs industriels destinés au séchage des grandes récoltes. Les produits à sécher sont disposés dans des plateaux ou des claies à l'intérieur d'une chambre de séchage fermée non transparente et chauffée par un air chaud en circulation, chauffée pendant son écoulement à travers un capteur solaire (Banout, 2017).

Généralement, des capteurs solaires à plaque plate sont utilisés pour chauffer l'air pour une utilisation à basse et à moyenne température. L'efficacité de ces capteurs dépend de la conception et des conditions de fonctionnement. Les principaux facteurs qui affectent l'efficacité du collecteur sont la configuration du réchauffeur, le débit d'air, les propriétés spectrales de l'absorbeur, les pare-air, le coefficient de transfert de chaleur entre l'absorbeur et l'air, l'isolation et l'insolation (Mujumdar, 2006).



En optimisant ces facteurs, un rendement élevé peut être obtenu. Des conceptions plus sophistiquées de collecteurs à plaques plates sont désormais disponibles (Mujumdar, 2006).



**Figure 2:** séchoir solaire indirect (Banout, 2017).

➤ **Avantages**

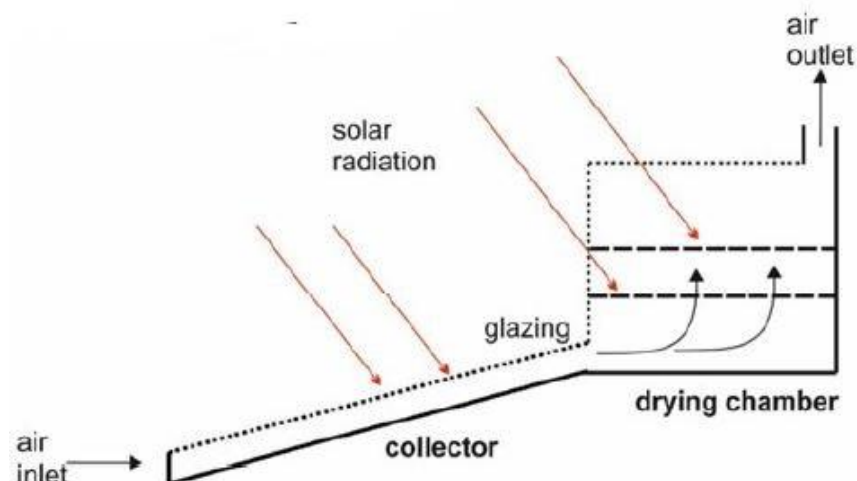
- Meilleure préservation des vitamines et des éléments nutritifs aussi que la conservation de la couleur des aliments (Souriau et Amelin, 2014).

➤ **Inconvénients**

- Structure relativement complexe entraîne des coûts de maintenance (Banout, 2017).
- La durée de séchage est très variable selon les conditions climatiques (Dudez, et *al.*, 1996).

### 1.3.1.3. Les séchoirs de type mixte

Les séchoirs de type mixte combinent les caractéristiques des séchoirs directs et celle de type indirect. Ces séchoirs auraient les mêmes caractéristiques structurelles des séchoirs indirects (c'est-à-dire un aérotherme solaire, une chambre de séchage séparée et une cheminée), mais en plus, les murs de la chambre de séchage sont vitrés de façon à ce que les rayonnements solaires incident directement sur le produit à sécher (Ekechukwu et Norton, 1999).



**Figure 3** : séchoir de type mixte (Banout, 2017).

#### 1.3.1.4. Les séchoirs hybrides

Les systèmes hybrides sont des séchoirs dans lesquels une autre forme d'énergie, comme le carburant ou l'électricité, est utilisée pour compléter l'énergie solaire pour le chauffage et la ventilation (Mujumdar, 2006).

#### 1.4. La cinétique de séchage

La cinétique de séchage représente les changements de la teneur en humidité et la température du produit séché en fonction du temps.

Un modèle mathématique de cinétique de séchage est nécessaire pour évaluer l'efficacité du procédé de séchage (Kowalski et al., 2017).

Les connaissances en cinétique de séchage d'un produit peuvent être appliquées au calcul de la quantité d'humidité évaporée, du temps de séchage, de la consommation d'énergie et d'autres paramètres connexes qui sont considérés comme un paramètre très important car il est utilisé pour la conception et la simulation du séchoir (Vijayan et al., 2017).

De plus, la cinétique de séchage explique complètement les propriétés de transport impliquées dans le séchage telles que le coefficient de transfert de masse, la diffusion d'humidité, le transfert de chaleur, etc.

La cinétique de séchage peut être définie comme la dépendance des facteurs affectant le séchage et la vitesse de séchage (Vijayan et al., 2017).

Le transfert d'humidité pendant le séchage peut être décrit en utilisant un modèle cinétique de premier ordre comme mentionné ci-dessous (Vijayan et *al.*, 2017) :

$$-\frac{dM}{dt} = k (M - M_e)$$

M : la teneur en humidité base sèche

$M_e$  : la teneur en eau d'équilibre de la matière à sécher (kg d'eau/ kg de matière sèche)

k : vitesse de séchage ( $\text{min}^{-1}$ )

t : temps de séchage (min)

La vitesse de séchage de tout matériau est déterminée par la pente de courbe de séchage à vitesse descendante.

A  $t = 0$ , la teneur en humidité du matériau sera égale à la teneur en humidité initiale (c'est-à-dire  $M = M_i$ ).

L'équation ci-dessus est intégrée pour obtenir l'expression suivante pour la teneur en humidité au temps (t) et  $M_t$  :

$$M_t = M_e - (M_e - M_i) e^{-kt}$$

Cette équation est réécrite comme suit (Idlimam et *al.*, 2007) :

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} = e^{-kt}$$

MR : la teneur en eau réduite

## 1.4.1. L'influence de certains paramètres sur la cinétique de séchage

### 1.4.1.1. L'influence des paramètres de l'air asséchant

#### 1.4.1.1.1. La température de l'air

La température de l'air d'entrée d'un séchoir a un effet significatif sur la vitesse de séchage.

La température affecte la capacité de séchage de l'air à retenir l'humidité, et donc l'humidité du produit à sécher est éliminée par l'advection thermique du fluide en mouvement (air).

La température de l'air affecte la température du produit, affectant ainsi le taux de diffusion de l'humidité à travers le produit (Driscoll et Srzednicki, 2017).

L'élévation de la température de séchage entraîne une augmentation de l'intensité du transfert de chaleur ce qui induit l'augmentation du potentiel de séchage et la réduction du temps de séchage. Dans ce cas l'énergie des molécules d'eau s'augmente, accélérant ainsi la migration d'eau à l'intérieur du produit dont elle peut s'échapper plus facilement et plus rapidement. En effet, la cinétique dépend fortement de la température (Ben Mariem et Ben Mabrouk, 2017).

#### **1.4.1.1.2. L'humidité de l'air**

L'humidité relative affecte directement l'état final du produit quittant le séchoir, car un produit ne peut pas être séché à une teneur en humidité inférieure à celle correspondant à l'équilibre avec la teneur en humidité de l'air. L'humidité relative a également un faible effet sur les taux de séchage, en augmentant la différence de force motrice due à la concentration d'humidité (Driscoll et Srzednicki, 2017).

Cette influence est plus importante au début de séchage et diminue lorsque la température de l'air augmente (Touati, 2008).

#### **1.4.1.1.3. La vitesse de l'air**

Selon Touati la vitesse de l'air agit positivement sur la cinétique de séchage surtout au début de l'opération. Cependant, pour des produits dont la cinétique de séchage est contrôlée par la migration interne de l'eau, l'influence de la vitesse de séchage de l'air devient plus faible (Touati, 2001).

### **1.4.1.2. Influence des propriétés du produit**

#### **1.4.1.2.1. La composition du produit**

La structure et la composition internes des produits ont de forts effets sur la vitesse de séchage, par exemple ; le taux de diffusion d'humidité est plus rapide dans une structure poreuse ouverte, et les produits à haute teneur en huile tels que les graines oléagineuses ont tendance à avoir des taux de diffusion plus faibles (Driscoll et Srzednicki, 2017).

La diffusivité peut varier au sein du produit ; par exemple, un produit dont la couche externe est riche en huile agit comme une barrière retenant l'humidité interne et l'empêchant de se diffuser facilement à la surface (Driscoll et Srzednicki, 2017).

#### 1.4.1.2.2. La teneur en eau initiale du produit

Plus la teneur en eau initiale du produit est élevée plus le temps de séchage est long dont la cinétique de séchage augmente (Kouhila et *al.*, 2000).

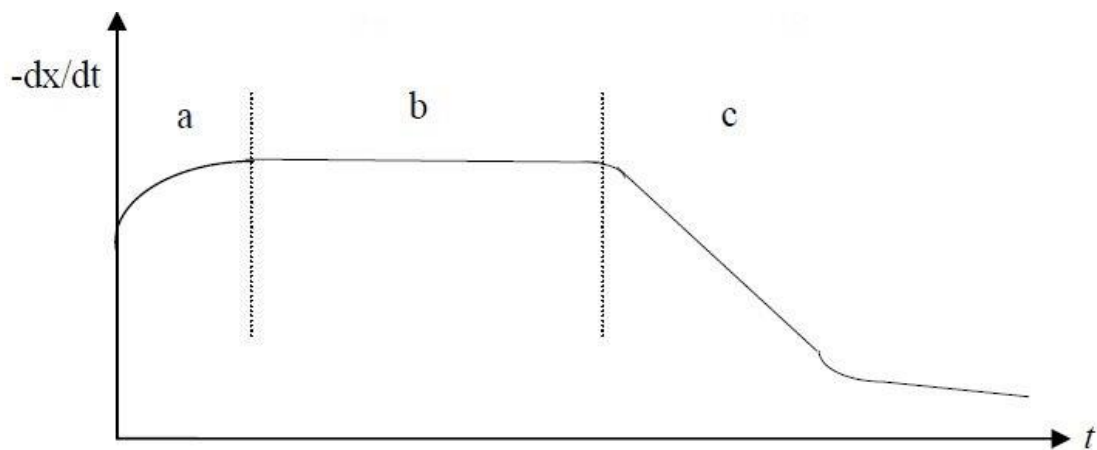
#### 1.4.1.2.3. La surface du produit

Peu des produits ont les formes géométriquement idéales par contre de nombreux produits ont des surfaces compliquées. L'augmentation de la surface a généralement un effet positif sur les taux de séchage, en permettant à une plus grande surface de recevoir l'air chaud, bien que les surfaces plus compliquées aient des couches limites d'air plus grande piégées à la surface du produit (Driscoll et Srzednicki, 2017).

#### 1.4.1.2.4. Epaisseur du produit

L'épaisseur du produit a un effet non linéaire sur la vitesse de séchage. Cet effet est dû à la distance que doivent parcourir les molécules d'eau pour atteindre la surface du produit et à l'effet de la couche limite autour du produit. Pour cette raison, un produit plus mince sèche plus rapidement (Driscoll et Srzednicki, 2017).

### 1.5. Les périodes de séchage



**Figure 4 :** les périodes de séchage (Boughali, 2010).

Dans la courbe ci-dessus est schématisée la variation de la vitesse de séchage ( $dx$ ) en fonction du temps ( $t$ ). On distingue trois périodes :

- **Phase 0** : période de mise en température du produit (région a)

Lorsqu'un produit à une température de surface  $T_s$  est introduit dans le séchoir, il est froid et sa pression de vapeur d'eau en surface est faible, des échanges de chaleur et de matière ont lieu entre le produit et l'air asséchant (Boughali, 2010 ; Lahbari, 2015).

L'excès de chaleur fournit par l'air sert à échauffer le produit jusqu'à ce que la différence de température diminue.

Cette période est généralement très courte par rapport au temps de séchage global (Boughali, 2010 ; Lahbari, 2015).

- **Phase 1** : période à allure ou vitesse de séchage constante (région b)

Cette phase correspond à l'évaporation superficielle de l'eau libre où l'activité de l'eau ( $a_w$ ) du produit reste proche de 1. Pendant cette période, la température du produit est sensiblement égale à la température humide de l'air asséchant (Boroze, 2011) c'est la température à laquelle le flux de chaleur apporté par l'air est égale au flux thermique nécessaire à l'évaporation d'eau.

Il s'agit d'une période qui n'est pas toujours identifiable pour les produits qui sont très riche en eau comme les produits végétaux, les parois cellulaires perturbent la migration d'eau vers la surface extérieure (Touati, 2008).

- **Phase 2** : période de ralentissement ou de vitesse de séchage décroissante (région c)

Cette période représente la quasi-totalité du séchage où la vitesse de séchage diminue et l'activité de l'eau du produit s'abaisse et les transferts internes deviennent limitant, la température croit dès la surface du produit au centre, par contre, l'eau migre de l'intérieur du produit vers sa surface. La teneur en eau diminue jusqu'à atteindre la teneur en eau limite (Boroze, 2011 ; Touati, 2008 ; Boughali, 2010).

## 1.6. Choix de séchoir convenable

D'après Nohebel (1971), la sélection d'un séchoir représente un compromis entre le coût du séchoir, la qualité du produit (qui est le facteur le plus important dans le choix de séchoir adapté), mesure de sécurité et commodité d'installation (Dadda et al., 2008).

Le choix d'un séchoir est la résultante de données scientifiques, techniques et socio-économiques. On peut choisir un séchoir adapté selon 5 grandes familles de critères (Desmorieux et Lecomte, 2011) :

- Des critères de fabrications : matériaux, dimensions, charge, puissance énergétique installée, commande et mode opératoire, disponibilité des composants, niveau technologique.
- Des critères de performance en termes de bilans de matière et d'énergie, de temps (flux d'eau évaporée, rendement de capteurs solaires ou de combustion), d'impact environnemental (conditions de milieu de séchage : température, humidité, ...).
- Des critères liés au produit : la taille du produit, teneur en eau initiale et finale, qualité sensorielle et nutritionnelle, capacité de réhydratation, homogénéité.
- Des critères économiques : cout de l'investissement, cout de fonctionnement, valeur ajoutée par le séchage, temps de retour de l'investissement.
- Des critères ergonomiques et fonctionnels : niveau de technicité et disponibilité des opérateurs, disponibilité de pièces détachées, sécurité, ergonomie des tâches (usage normal, nettoyage, maintenance), adaptation au contexte social et culturel.

### **1.7. Qualités des produits séchés**

La qualité d'un produit est son aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs. La qualité se distingue par des aspects, à savoir ; santé (qualité alimentaire), sécurité (qualité hygiénique), service (usage, aptitude à la conservation, aspect économique), saveur (qualité organoleptique et sensorielle) et la qualité technologique (aptitude à la transformation) (Zidani, 2019).

La destination alimentaire d'un produit rend nécessaire une particulière attention à sa qualité pendant les processus d'élaboration comme le séchage (Bimbenet in Zidani, 2019).

Le séchage influe négativement sur les qualités organoleptiques, sensorielles et nutritionnelles des denrées agro-alimentaires (Touzi et Blama-Merzaia, 2008). Donc le séchage doit être menée d'une façon dans laquelle la qualité du produit après séchage ne sera pas fortement altérée (Boughali, 2010).

### 1.7.1. Altération physique et mécanique

Le départ de l'eau d'un produit provoque la migration des solutés vers la surface induisant à une accumulation des sucres et des matières grasses et d'autres solutés au niveau de la surface du produit ce qui affecte sa qualité après la réhydratation (Touati, 2008).

Selon Touati (2008), la modification de la forme : en règle générale, le départ de l'eau du produit entraîne un effondrement du produit sur lui-même. Toutefois, dans certaines situations, un départ d'eau très rapide et l'existence d'une matrice solide permet d'obtenir un produit de même volume mais d'une structure poreuse.

### 1.7.2. Altération biochimique

Le traitement prolongé à haute température dans de nombreux processus de séchage est une cause importante de modification biochimique qui sont considérés généralement nuisible à la qualité des produits agroalimentaires (Mounir et *al.*, 2013). Les principales modifications sont (Touati, 2008) :

- Réaction de Maillard : brunissement non enzymatique qui résulte de combinaison entre les protéines et les glucides.
- Destruction des vitamines.
- Oxydation des matières grasses ce qui donne le goût de rance aux produits séchés.
- Réactions enzymatiques dans le cas où les enzymes n'ont pas été inactivées par des traitements préalables.
- Dénaturation des protéines : diminuant leur aptitude à se réhydrater lors de l'utilisation du produit et altérant leur pouvoir liant ou moussant.

### 1.7.3. Pertes d'arômes et de couleur

Le séchage est un procédé qui sert à l'élimination non seulement d'eau mais aussi des composés volatils existant dans le produit, dans la plupart des cas il s'agit des arômes contenus dans les produits agroalimentaires.

Les séchoirs traditionnels améliorés et les séchoirs solaires surtout les séchoirs directs ne permettent pas de conserver la couleur originelle parce qu'ils ne les protègent pas des rayons solaires aussi, ils ne permettent pas de réguler la température, ce qui induit la dégradation du produit, la modification de la couleur et la texture devient dure ou caoutchouteuse (Dudez et *al.*, 1996).



## 1.8. Le conditionnement des produits séchés

L'emballage des produits alimentaires est une étape importante pour :

- Protéger le produit
- Permettre sa manipulation
- Informer le consommateur

Les produits secs doivent être emballés à la sortie du séchoir et l'emballage doit prioritairement éviter la réhumidification. En effet c'est la faible teneur en eau du produit et les milieux dans lesquels ils sont stockés qui garantissent sa bonne conservation et son niveau de protection (Dudez *et al.*, 1996).

La sélection d'un matériau d'emballage approprié joue un rôle important dans la stabilité du produit pendant le stockage, là encore, le type de produit, sa composition et ses propriétés physiques doivent être prises en compte lors du choix d'un composant d'emballage (Gustavo et Humberto, 1996).

Les pigments, les lipides, et les vitamines (vitamine C) sont très vulnérables à l'oxydation. Par conséquent, il est important d'emballer les produits séchés dans des emballages hermétiques. Dans certains cas, par exemple, des produits contenant des acides gras hautement insaturés ou des huiles éthériques, il est optimal de les conditionner dans une atmosphère d'azote ou d'un gaz inerte pour éviter l'oxydation (Sturm et Hensel, 2017).

De nombreux composants chimiques (les lipides, les vitamines, les acides aminés) sont en outre sensibles à la lumière et subissent une photo-oxydation lorsqu'ils sont exposés à la lumière, pour cela ces produits doivent être emballés dans un emballage non translucide et/ ou stockés dans l'obscurité (Sturm et Hensel, 2017).

## 1.9. Quelques précautions pour une bonne transformation

### 1.9.1. Détermination des contraintes du produit

Il faut bien déterminer le genre du produit à sécher, ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques, afin de bien dimensionner le séchoir et déterminer les conditions opératoires optimales de l'opération de séchage (Boughali, 2010).

### 1.9.2. Détermination des conditions climatiques

Selon Dudez et *al.* (1996), La mise en place d'un système de séchage est étroitement liée aux conditions climatiques de la région.

On peut distinguer, en simplifiant, trois cas types :

- Dans les pays arides où les températures sont élevées et l'air sec, le séchage traditionnel reste le meilleur compromis qualité/coût de production ;
- Dans les zones où l'ensoleillement est important mais l'humidité est élevée, les séchoirs solaires directs et indirects s'avèrent une alternative intéressante ;
- Dans les conditions climatiques limites pour le séchage solaire (période de récolte pluvieuse), l'utilisation de systèmes hybrides semble être la meilleure solution. L'énergie solaire n'intervient alors qu'en appoint.

### 1.9.3. Des pré-traitements

Avant le séchage, les produits doivent être préparés par des traitements simples (lavage, triage, découpage, sucrage, salage, ...) qui améliorent à la fois le séchage et la qualité du produit fini.

Par exemple, un trempage dans un jus de citron pour préserver la couleur et la saveur des produits contenant des composés phénoliques (Dudez et *al.*, 1996).

### 1.9.4. La surveillance

Il faut un contrôle efficace du processus de séchage ; les taux de transfert de chaleur et d'évaporation d'eau doivent être étroitement contrôlés pour garantir des taux de séchage optimaux (Ekechukwu et Norton, 1999).

### 1.9.5. Pas de bons produits finis sans une bonne matière première

La qualité de la matière première conditionne fortement la qualité des produits finis. Donc il est important de sélectionner des produits à une bonne état et à une maturité optimale pour les fruits et légumes (Dudez et *al.*, 1996).

Ainsi, il faut choisir les variétés qui se prêtent mieux au séchage que d'autre (Dudez et *al.*, 1996).

### 1.9.6. Respecter les bonnes pratiques d'hygiène

La qualité des produits séchés dépend avant tout du respect des règles d'hygiène élémentaires pendant tous les traitements avant, pendant et après le processus de séchage.

Dernièrement, il faut stocker les produits secs dans des conditions adapté et par des emballages appropriés pour empêcher la réhydratation (Dudez et *al.*, 1996).

### 1.10. Avantages et inconvénients du séchage

Le procédé de séchage a plusieurs avantages sont résumés comme suit :

- Le séchage permet de réduire la teneur en eau des produits ce qui augmente leur durée de conservation (Boroze, 2011).
- Il permet d'éviter les pertes de produits de récoltes (Boroze, 2011).
- La réduction du volume des produits influe sur le cout de transport et sur le stockage (Amadou, 2007).
- L'abaissement de l'activité de l'eau a pour effet d'inactiver les enzymes responsables de la dégradation des aliments et d'inhiber la croissance de la flore microbienne (Brennan in Lahbari, 2015).
- La simplicité de sa pratique avec généralement un bon rendement (Fournier, 2003).
- Le procédé de séchage est universel ; accessible à tous (Fournier, 2003).

Bien que le séchage ait plusieurs avantages, l'exposition prolongé a la température peut entrainer :

- Durcissements superficiels : si la vitesse de séchage est très rapide, certains produits ont tendance à former des couches superficielles sèches qui sont imperméables au transfert d'humidité ultérieur (Ekechukwu et Norton, 1999).
- Pertes des vitamines, des arômes et modification de la couleur et la texture (Fournier, 2003).
- Insolubilisation des protéines entrainant le gout de cuit.
- Réaction de Maillard suite à une surchauffe (Lahbari, 2015).

Par rapport aux autres procédés de conservation (appertisation, congélation, traitements aseptiques), le séchage présente moins d'inconvénients (Nguyen, 2015).

# *Chapitre 2*

---

*Généralités sur la tomate et le poivron*

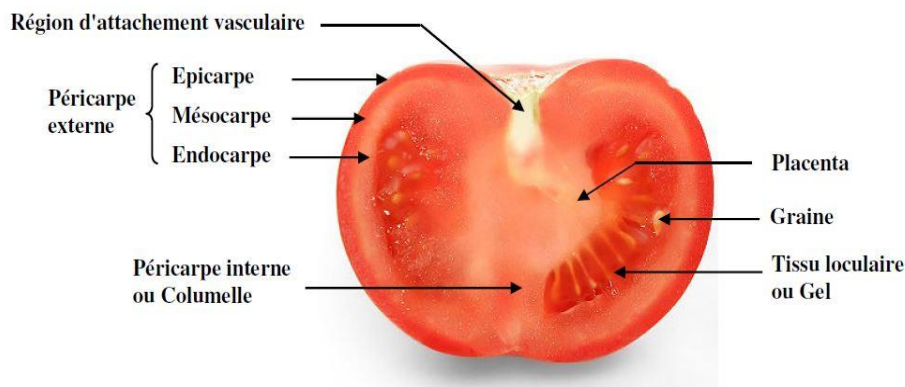
## 2.1. La tomate

La tomate est l'un des aliments les plus consommés dans le monde. Au sens botanique, la tomate est un fruit, mais elle est communément considérée comme un légume. C'est un aliment de choix pour la santé. Pauvre en calories, elle renferme beaucoup de composés qui jouent un rôle important dans le régime alimentaire (Turcotte, 2015)

### 2.1.1. Caractéristiques botaniques

La tomate est un fruit climactérique, buissonnante, diploïde à  $2n=24$  chromosomes, qui appartient à la famille des Solanacées. C'est une plante herbacée poilue, vivace à l'état naturel, et annuelle en culture qui peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres (Bénard, 2009 ; Naika et *al.*, 2005), produisant des grappes de fruit baie charnue de forme variable (sphérique, oblongue, allongée) et de couleur variées (rouge, jaune, ...) selon les variétés (Bénard, 2009 ; Toussaint et Baudoin, 2010).

Les graines sont réparties dans des loges remplies de gel. Et la partie centrale du fruit est à l'origine des tissus parenchymateux (Bénard, 2009).



**Figure 5** : structure du fruit de tomate (Chanforan, 2010).

**Tableau 1** : classification botanique de la tomate.

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Sous-règne</b>	Trachenobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	Asteridae
<b>Ordre</b>	Solanales
<b>Famille</b>	Solanaceae
<b>Genre</b>	<i>Lycopersicum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Lycopersicum esculentum</i>

(FAO, 2007 In Toussaint et Baudoin, 2010)

### 2.1.2. Composition de la tomate

La composition de la tomate fraîche se diffère selon les variétés, en particulier en fonction des cultivars, du lieu de culture, de conditions de culture (techniques agricoles et facteurs environnementaux), et de la conservation post-récolte par exemple, l'exposition du fruit aux radiations lumineuses peut accroître la teneur en caroténoïdes et en vitamine C (Génard et *al.*, 2010).

#### 2.1.2.1. Les macroconstituants

##### 2.1.2.1.1. L'eau

Les fruits de tomate sont majoritairement composés de jus dont l'eau représente environ 95% (Bénard, 2009).

##### 2.1.2.1.2. Les sucres

Les sucres représentent environ 50% de la matière sèche de la tomate, ils sont essentiellement des sucres réducteurs dont le glucose représente 0,88 à 1,25% et le fructose de 1,08 à 1,48% (Degrou, 2013) qui sont le résultat de l'hydrolyse de saccharose importé des feuilles (Bénard, 2009).

##### 2.1.2.1.3. Les protéines

Les fruits de tomate contiennent des faibles concentrations de protéines. Ils sont toutefois des protéines fonctionnelles présentes dans le fruit en tant qu'enzymes impliquées

dans le métabolisme au cours de la croissance et de la maturation du fruit (Boumendjel et *al.*, 2012).

Malgré la faible teneur en protéines (1,1%), la tomate contient pratiquement tous les acides aminés (Degrou, 2013).

#### **2.1.2.1.4. Les lipides**

La teneur en lipides dans la tomate est aussi faible, environ 0,3g par 100g de poids frais. Plus de 33 acides gras ont été répertoriés dans le péricarpe (Degrou, 2013) et autres acides gras présents dans les graines, se résument en acides palmitique et stéarique (17,9%), en acide oléique (23,8%) et linoléique (56,5%) et en acide linoléique (1,8%) (Cotte, 2000).

#### **2.1.2.1.5. Les acides organiques**

Les acides organiques représentent environ 13% de la matière sèche de la tomate (Bénard, 2009). L'acide le prédominant de la tomate est l'acide citrique, suivie de l'acide malique qui sont responsable de gout acide du fruit (Grasselly et *al.*, 2000).

#### **2.1.2.2. Les microconstituants**

##### **2.1.2.2.1. Les minéraux**

Les fruits de la tomate sont riches en minéraux comme le potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), fer (Fe), phosphore (P), sodium (Na) (Cotte, 2000).

##### **2.1.2.2.2. Les vitamines**

La tomate en tant qu'un fruit possède de nombreuses vitamines, elle contient des vitamines A, B, K, E et C.

Parmi les vitamines B, sont principalement retrouvées la thiamine (B1), la riboflavine (B2), la niacine (B3), l'acide panthoténique (B5), la vitamine B6 et les folates (B9).

Ce sont essentiellement les vitamines C et E qui ont beaucoup étudié dans les fruits de tomate. Par ailleurs, la tomate est reconnue pour sa richesse en vitamine C (forme réduite et oxydée), cette vitamine procure au produit un gout acidulé (Chanforan, 2010 ; Boumendjel et *al.*, 2012).

Le tocophérol ou la vitamine E est un antioxydant lipophile important présente exclusivement dans les graines de la tomate (Marsic et *al.*, 2010).

### 2.1.2.2.3. Les composés phénoliques

Le fruit de tomate renferme de nombreux composés phénoliques qui sont des métabolites secondaires évoluent avec la maturation du fruit (Moco et *al.* In Bénard, 2009).

Parmi ces composés phénoliques, les flavonoïdes qui sont les principaux composants du contenu phénolique total des tomates dont les tomates ont été considérées comme une source relativement riche de flavonoïdes (Lenucci et *al.*, 2006).

Les flavonoïdes tel que les dérivés de la quercétine, la naringénine et la keampférol sont majoritairement trouvés sur la partie externe du fruit (peau et péricarpe) (Dumas, 2003 ; Bénard, 2009).

Les acides hydroxycinnamiques sont plus présents au niveau de la chair du fruit et dans les graines et le gel qui les entoure (Bénard, 2009).

Le fruit de tomate contient également des alcaloïdes (dont le plus connu est la tomatine) et également les composés volatils comme le gäïacol qui participent à la qualité organoleptique du fruit précisément à l'odeur et l'arôme du fruit (Chanforan, 2010 ; Crouzet, 2006).

### 2.1.2.2.4. Les caroténoïdes

Le lycopène est le principal caroténoïde présent dans les tomates, représentant > 80% du total des caroténoïdes de la tomate dans les fruits entièrement murs, principalement, trouvés en plus dans la chair et le péricarpe externe du fruit, où il est responsable de leur couleur caractéristique (Shi et Le Maguer, 2000 ; Lenucci et *al.*, 2006).

D'autres caroténoïdes tels que l' $\alpha$ -carotène, le phytoène, et le phytofluène, qui se sont accumulés au cours de la maturation du fruit et présentent, tous ensemble, presque 6,8% des caroténoïdes totaux (Lenucci et *al.*, 2006).



**Tableau 2 :** Teneurs des principaux caroténoïdes identifiés dans les tomates fraîches.

Caroténoïde	Teneurs (mg/ 100g de produit frais)
<b>Lycopène(E+Z)</b>	0,11 - 17,5
<b>β-Carotène (E+Z)</b>	0,08 - 1,06
<b>γ-Carotène</b>	0,01 - 0,07
<b>ζ-Carotène</b>	0,01 - 0,90
<b>Phytoène</b>	0,01 - 1,92
<b>Phytofluène</b>	0,04 - 1,05
<b>Lutéine</b>	0,01 - 0,20
<b>Neurosporène</b>	0,01 - 0,05
<b>1,2-Epoxy-lycopène</b>	0,03 - 0,17

(Chanforan, 2010)

### 2.1.3. Importance de la tomate

#### 2.1.3.1. Importance alimentaire et phytothérapeutique

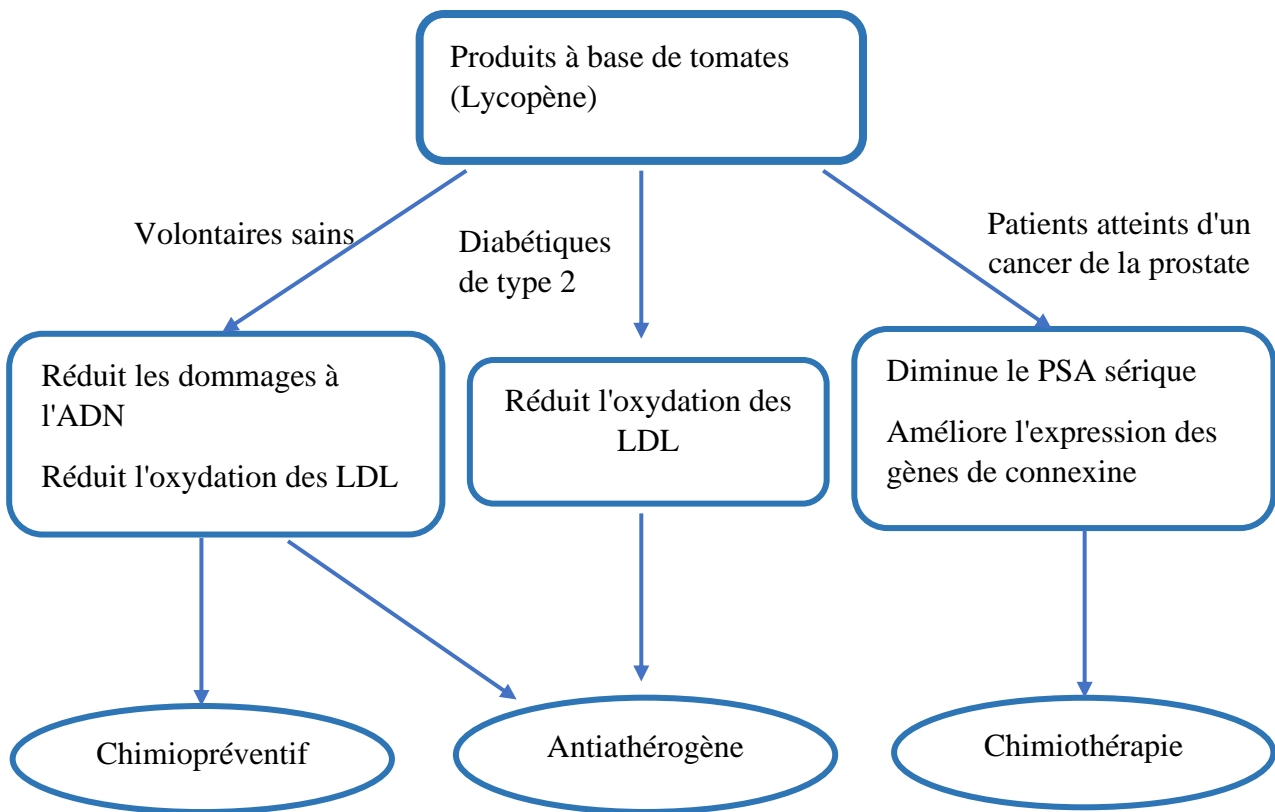
La tomate est connue comme une excellente source de différents antioxydants et métabolites secondaires tels que les caroténoïdes et les composés phénoliques (Marsic et *al.*, 2009).

De nombreux composés phénoliques présentent des activités antioxydantes, anticarcinogènes, antimicrobiennes, antiallergiques, antimutagéniques, et anti-inflammatoires.

Parmi les composés phénoliques, les flavonoïdes réduisent l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) et neutralisent les radicaux libres, diminuant ainsi le risque des maladies cardiovasculaires et de cancer (Lenucci et *al.*, 2006).

Le lycopène et le β-Carotène sont des antioxydants très puissants participant dans les phénomènes de détoxification cellulaire et aidant dans la prévention de différentes formes de cancers (Boumendjel et *al.*, 2012) dont le lycopène protège les biomolécules critiques telles que l'ADN, les protéines, les lipides...etc. (Basu et Imrhan, 2006)

Giovanucci a cité 10 études épidémiologiques qui ont examinés les relations entre la consommation de tomates (le lycopène) et le risque de cancer de la prostate, 8 études ont trouvé que le risque de cancer de la prostate chez les hommes est réduit avec une plus grande consommation de produits à base de tomates (Miller et *al.*, 2002).



**Figure 6 :** schéma résume les mécanismes d'action des produits à base de tomate. (Basu et Imrhan, 2007).

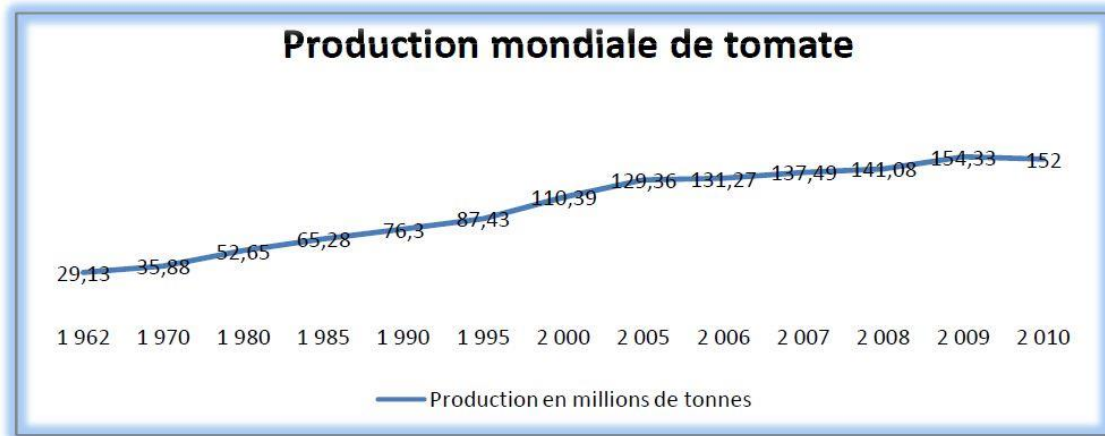
En plus, la consommation de tomate joue d'autres rôles (Rekibi, 2015) :

- La tomate est contenue des traces d'éléments antitoxiques, chlorite et sulfure, qui jouent un rôle excellent pour la santé du foie.
- La saveur acidulée de la tomate stimule les sécrétions digestives.
- Le taux élevé de potassium dans la tomate diminue l'hypertension.

Aussi la tomate a des utilisations cosmétiques dans la préparation de certains produits nettoyants pour le visage les plus coûteux disponible dans le marché (Debjit *et al.*, 2012).

### 2.1.3.2. Importance économique

La tomate se classe au troisième rang mondial en termes de volume de production (Chanforan, 2010) dont sa production mondiale annuelle connaît une progression régulière, elle est de 152 Millions de tonnes (presque un tiers en Asie, un tiers en Europe, et un tiers en Amérique du Nord), 30 Millions sont destinés à la transformation, elle est cultivée sur une superficie d'environ 5.3 Millions d'hectares, un tiers des surfaces mondiales consacrées à la culture des légumes (Rekibi, 2015).

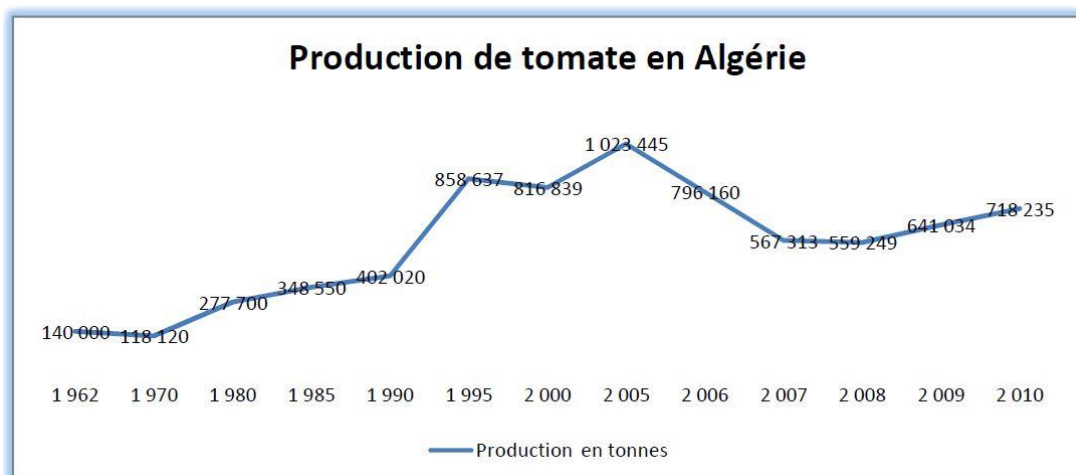


**Figure 7 :** production mondiale de la tomate 1962-2010 (FAOSTAT, 2012 in Rekibi, 2015)

La grande productivité est concentrée dans quelques pays à cause de leurs perfectionnements techniques employés ainsi que des quantités importantes de plants en culture.

En Algérie, la culture de la tomate occupe une place prédominante dans l'économie agricole, dont près de 33000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate donnant une production moyenne d'environ 7 millions de quintaux. Pour développer sa production, plusieurs nouvelles techniques sont introduites ces dernières années telle que la production en hydroponie, les multichappelles...etc (Rekibi, 2015).

En 2010, on a eu une production de 0.004 % de la production mondiale (Rekibi, 2015).



**Figure 8 :** evolution de la production de la tomate en algérie 1962-2010 (FAOSTAT, 2012 in Rekibi, 2015)

#### **2.1.4. Séchage de la tomate**

Pendant la phase post-récolte, du fait que la tomate est très périssable à cause de sa grande teneur en eau et aux activités physiologiques, d'énormes pertes sont enregistrées, donc les tomates doivent être conservés et transformés pour réduire ces pertes et assurer sa disponibilité en période de pénurie (Vodouhe et *al.*, 2014).

Le séchage de la tomate est parmi les méthodes de transformations traditionnelles qui a été, au début, faite par des femmes rurales par exposition directe au soleil où le produit est utilisé dans la préparation d'autres plats.

Cette technologie permet une double valorisation de la tomate et une réduction des pertes post-récolte (Vodouhe et *al.*, 2014).

##### **2.1.4.1. Les formes disponibles de tomates séchées**

Les tomates séchées peuvent se présenter sous les formes suivantes (QUALIMED, 2007-2013) :

- Entières
- En moitiés : coupées en deux partie égale dans le sens de la longueur
- En julienne : languettes d'environ 6 à 7 mm de large et dont la longueur correspond à celle des tomates séchées.
- En quartiers : morceaux en vrac d'environ 12 à 25 mm de long
- En cubes : morceaux en vrac d'environ 6 à 12 mm de long
- En petits cubes : morceaux en vrac sous forme de cubes irrégulières d'environ 3 à 6 mm de long
- En grains : tomates séchées sous forme de grains de 1,5 à 3 mm de long.
- Autres découpes

##### **2.1.4.2. Normes requises pour la tomate séchée**

Par des analyses sensorielles de la tomate séchée, les qualités physiques sont notablement différentes en fonction du taux d'humidité après séchage (Kisselmina, 2011).

La Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe a défini une norme qui concerne la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des tomates séchées dénommée « norme CEE-ONU DDP-19 : Ed-2007 » (CEE-ONU,2007), elle est résumée dans

le tableau ci-dessous qui montre que la tomate séchée et sa texture se désignent différemment en fonction de leur teneur en eau (Kisselmina, 2011).

**Tableau 3 :** norme internationale relative aux teneurs en eau des tomates séchées

<b>Teneur en eau des tomates séchées</b>			
<b>Désignation de la teneur en eau</b>	<b>Minimale</b>	<b>Maximale</b>	<b>Texture</b>
<b>Elevée</b>	25%	50%	Souple et pliable
<b>Habituelle</b>	18%	25%	Ferme mais pliable
<b>Amoindrie</b>	12%	18%	Très ferme
<b>Faible</b>	6%	12%	Dure et cassante

(CEE-ONU,2007)

Les normes microbiologiques de la tomate séchée sont les suivants (ils sont applicables à toutes les fruits secs) :

**Tableau 4 :** les normes microbiologiques internationale de la tomate séchée

<b>Germes</b>	<b>Norme</b>
<b>Aérobies (comptage sur plaque aérobie)</b>	$\leq 10^5$ /g
<b>Lactiques</b>	$\leq 10^5$ /g
<b>Levures / Moisissures</b>	$\leq 10^3$ /g chacun
<b>Coliformes</b>	$\leq 100$ /g
<b>E. coli</b>	$\leq 10^2$
<b>Salmonella</b>	Absence dans 25g

(Qualimed ; JORAPD n°39, 2017)

## 2.2. Le poivron

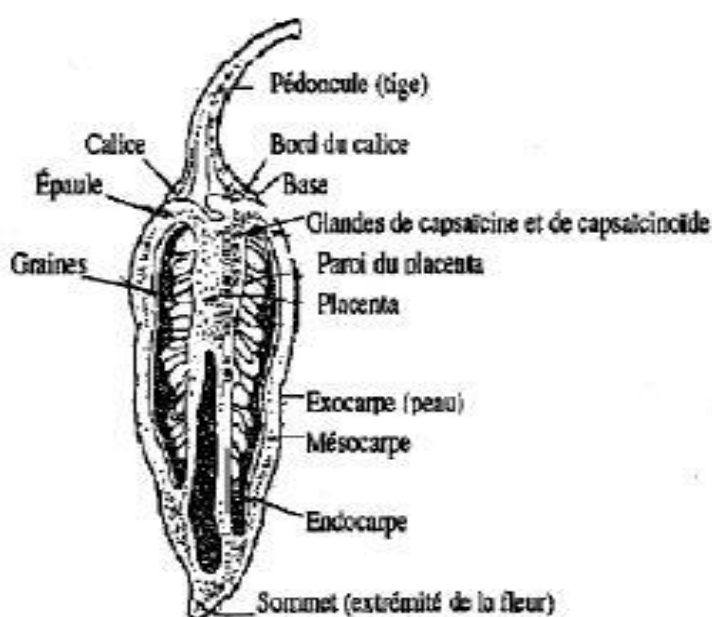
Les poivrons sont largement utilisés en raison de leur forte piquance, de leur arôme, de leur couleur, de leur valeur nutritionnelle et de leurs utilisations physiologiques et pharmaceutiques, c'est l'une des cultures d'épices les plus consommées au monde (Téllez-Pérez et *al.*, 2014).

### 2.2.1. Caractéristique botanique

Les poivrons sont des plantes herbacées annuelle dicotylédones qui appartiennent au genre *Capsicum* de la famille de Solanaceae (Arslan et ozcan, 2011).

La période de culture principale du poivron est hors hivernage, en saison sèche et fraîche (Rosella et *al.*, 2015).

Les fruits peuvent être de couleurs différentes, allant du vert au jaune, à l'orange et, correspondant à des stades distincts de maturation et des capacités de synthèse de caroténoïdes ou de chlorophylles (Baenas et *al.*, 2018).



**Figure 9** : anatomie du fruit de *Capsicum* (Bosland et Votava in Mokhtar, 2015).

**Tableau 5** : classification botanique du poivron

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Sous-classe</b>	Asteridae
<b>Ordre</b>	Solanales
<b>Famille</b>	Solanaceae
<b>Genre</b>	Capsicum
<b>Espèce</b>	<i>Capsicum annuum L.</i>

(De in Mokhtar, 2015)

### 2.2.2. Composition de poivron

Le poivron est une source importante des composés bioactifs qui sont réparties dans les parties du fruit (placenta, périsperme, graines) et se diffère selon la variété, le stade de maturation, les conditions climatiques et de stockage ainsi que les pratiques de transformation (Baenas et al., 2018).

#### 2.2.2.1. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques contribuent au goût, à la couleur et à la saveur des fruits, étant une bonne indication du pouvoir antioxydant des poivrons.

Les glycosides de flavonol sont parmi les flavonoïdes qui se trouvent principalement dans les fruits du poivron. Aussi bien que, certains glycosides et aglycones sont également présents dans ces fruits mais la teneur en composés phénoliques reste toujours différente d'un stade de maturité à un autre (voir annexe1) (Baenas et al., 2018).

#### 2.2.2.2. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés liposolubles dérivés de la voie isoprénoïde et stockés dans les chromoplastes des fruits du poivron.

Les poivrons crus ont une bonne source de caroténoïdes dont la teneur peut varier en raison de différences génétiques et du degré de maturation, également influencés par les pratiques de production et les conditions de transformation. Dans les fruits de poivrons mûrs, la teneur totale en caroténoïdes a montré une grande variabilité allant de 0,69 à 30 mg.g<sup>-1</sup> poids

sec ou 15 à 320 mg 100 g<sup>-1</sup> poids frais ces caroténoïdes sont trouvés généralement dans le péricarpe et le placenta (Baenas et *al.*, 2018).

Ils sont à l'origine de la coloration qui varie du jaune au rouge violacé. Dans les tissus verts, la couleur des caroténoïdes est masquée par celle de la chlorophylle. Elle devient visible lors de la disparition de celle-ci durant l'automne (Mokhtar, 2015).

### 2.2.2.3. Les Capsaïcinoïdes

Chimiquement, les capsaïcinoïdes sont des vanillyl amides avec des acides gras ramifiées contenant 8 à 13 atomes de carbone.

Les principaux capsaïcinoïdes présents dans les poivrons sont la capsaïcine et la dihydrocapsaïcine qui représentent 80% à 90% des capsaïcinoïdes totaux, alors que la nordihydrocapsaïcine, l'homodihydrocapsaïcine, et l'homocapsaïcine sont en faibles concentrations (Baenas et *al.*, 2018 ; Mokhtar, 2015).

Dans les variétés de piments forts, les concentrations de capsaïcinoïdes sont beaucoup plus élevées que dans les poivrons doux (Baenas et *al.*, 2018).

### 2.2.2.4. Les Capsinoïdes

La structure fondamentale des capsinoïdes est un ester d'acide gras avec de l'alcool vanillylique. Les capsinoïdes sont des composés non piquants que l'on ne trouve que dans quelques variétés de piments avec une structure similaire aux capsaïcinoïdes, tels que le capsiate et ses dérivés dihydro-capsiate et le nordihydrocapsiate, que l'on peut trouver dans les poivrons rouges non piquants, comme le piment doux *Capsicum annuum L. var. (CH-19)* (Baenas et *al.*, 2018).

**Tableau 5** : capsaïcinoïdes totaux du péricarpe, placenta, et les graines du poivron

	<b>Capsaïcinoïdes (mg/g MS)</b>
<b>Péricarpe frais</b>	0,062
<b>Péricarpe sec</b>	0,068
<b>Placenta frais</b>	0,754
<b>Placenta sec</b>	2,474
<b>Graines fraîches</b>	0,284
<b>Graines sèches</b>	0,335

(Mokhtar, 2015)



### 2.2.2.5. Les vitamines

Les poivrons sont de bonnes sources de vitamines, ayant des niveaux élevés de vitamine C, E (alpha tocophérol), provitamine A et de folate.

En général, les expériences montrent que les niveaux de vitamine C pendant la maturation plus grande dans les poivrons rouges (~ 30%) par rapport aux verts (Baenas et *al.*, 2018).

### 2.2.2.6. Les minéraux

Les minéraux essentiels les plus trouvés dans les poivrons, classés d'une teneur supérieure à inférieure, sont le potassium (K), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le sodium (Na), le fer (Fe), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le bore (B), le cuivre (Cu) et le sélénium (Se) et leur teneur dans les poivrons doux frais sont indiqués dans le tableau (Baenas et *al.*, 2018).

Rubio, Hardisson, Martín, Báez, Martín et Álvarez, (2002), ont constaté que les poivrons rouges avaient des niveaux plus élevés de K, Mg, P, Fe, Cu, Zn, Mn et B que les poivrons verts (Rubio et *al.* In Baenas et *al.*, 2018).

## 2.2.3. Importance de poivron

### 2.2.3.1. Importance alimentaire et phytothérapeutique

Les poivrons sont consommés crus ou sous forme de poudre comme épice ou comme colorant (paprika) (Baenas et *al.*, 2018).

L'industrie alimentaire les utilise largement comme agents colorants et aromatisants dans les sauces, les soupes, les viandes transformées, les sucreries, les boissons alcoolisées, etc (Téllez-Pérez et *al.*, 2014).

Le paprika, produit des fruits déshydratés de l'espèce *Capsicum annuum L.*, est l'un des plus anciens et des plus importants colorants alimentaires naturels largement utilisés en raison de sa forte teneur en caroténoïdes. Ces derniers présentent des propriétés biologiques importantes, comme étant des antioxydants et capteurs de radicaux libres qui réduisent le risque de cancer (Zaki et *al.*, 2017).

Les poivrons ont des applications médicales tels que l'augmentation de l'appétit, le soulagement des douleurs associée à l'arthrite, à l'effet diurétique (Arslan et ozcan, 2011).

Ils contiennent des substances provitamine A et les antioxydants, qui jouent un rôle important dans le renforcement de l'immunité et la réduction du risque de développer une maladie dégénérative (Deng et *al.*, 2017).

### **2.2.3.2. Importance économique**

La production mondiale des poivrons a connu une progression de 25% pendant la période de 2006 à 2016, étant l'une des cultures maraichères les plus économiques et les plus importantes sur le plan agricole mondiale, avec une production de 34,5 Millions de Tonnes (Baenas et *al.*, 2018).

5 à 30% de la production total du poivron est jetée en tant que sous-produit non commercialisables tels que les graines, les tiges et la chair inutilisée. Ces sous-produits pourraient être utilisés comme sources de nutriments et de métabolites secondaires pour l'application industrielle, étant une alternative aux additifs synthétiques et chimiques, contribuant à la technologie à faibles déchets dans l'agro-industrie et offrant des avantages économiques aux producteurs (Baenas et *al.*, 2018).

### **2.2.4. Le séchage du poivron**

En raison de leur forte teneur en humidité à la récolte et de leurs tissus périssables, les poivrons sont très sensibles à la détérioration microbienne et ont une courte durée de conservation même dans des conditions réfrigérées. Le séchage est l'une des méthodes les plus courantes et économiques utilisées pour prolonger la durée de conservation du poivron en réduisant la teneur en humidité à un faible niveau d'activité pour empêcher la croissance des micro-organismes et inhiber de nombreuses réactions de dégradation induites par l'humidité (Deng et *al.*, 2017).

Les poivrons piquants et non piquants sont généralement séchés pour la production d'épices. Cela stabilise le produit frais en abaissant l'activité de l'eau, prolongeant ainsi la qualité de conservation, réduisant le volume de stockage et diminuant les coûts de transport.



**Figure 10** : les différentes poudres du poivron séché (Zaki et *al.*, 2017)

L'épice séchée est utilisée dans les mélanges alimentaires, les vinaigrettes, les soupes instantanées, les pizzas surgelées et de nombreux autres plats cuisinés (Arslan et ozcan, 2011).

#### **2.2.4.1. Les méthodes de séchage utilisés**

En raison de sa simplicité et de son faible coût d'investissement, le séchage au soleil à l'air libre est fréquemment utilisé pour le séchage du poivron et de nombreux autres produits agricoles.

Cependant, le séchage au soleil en plein air prend beaucoup de temps (généralement jusqu'à 10 jours) et entraîne une grave dégradation de la qualité, telle qu'une détérioration de la couleur et de la qualité nutritionnelle. Il a été rapporté que la teneur en caroténoïdes du poivron a diminué jusqu'à 80% pendant le séchage naturel au soleil (Deng et *al.*, 2017).

De plus, les produits séchés au soleil en plein air sont facilement contaminés par la poussière, les insectes, les rongeurs et les oiseaux en raison de l'exposition à un environnement ouvert. Aussi, les échantillons sont susceptibles de réabsorber l'humidité pendant la nuit, ce qui entraîne une détérioration du produit, en particulier pendant la saison des pluies (Deng et *al.*, 2017).

Par conséquent, afin d'obtenir du poivron séché de haute qualité, un séchoir efficace, sûr et contrôlable à l'échelle commerciale est nécessaire.

Actuellement, le séchage à l'air chaud par des séchoirs solaires est l'une des méthodes les plus populaires et les plus rentables pour les produits agro-alimentaires. Cependant, une exposition prolongée à une température élevée de l'air peut entraîner une détérioration

substantielle de la qualité des produits, telle qu'une perte de couleur, des nutriments sensibles à la chaleur, et réduire la capacité antioxydante et de réhydratation (Deng et *al.*, 2017).

# *Chapitre 3*

---

---

*Méthodologies expérimentales*

### 3.1. Préparation de matériel technique et végétale

#### 3.1.1. Matériel technique

Cette étude traite deux types : séchoirs solaires direct et séchoir solaire indirect à convection naturelle, dont les éléments constitutifs sont : le capteur solaire, la chambre de séchage et la cheminée solaire.

#### 3.1.2. Matériel végétale

Les tomates (*Lycopersicum esculentum*) doivent être achetées fraîches (matures, fermes) et stockées au réfrigérateur à 4°C. Ensuite, elles sont découpées avec un couteau en morceaux cubiques de  $5 \pm 1$  mm d'épaisseur et de même masse (Lahmari et al., 2012) ou en rondelles de 1 cm d'épaisseur (Boughali, 2010).

De même, les poivrons doivent être achetés rouges frais. Les gousses entières de poivrons sont lavées avec de l'eau, égrappées et coupées en tranches d'environ  $10,0 \pm 0,1$  mm d'épaisseur avec un couteau en acier inoxydable (Arslan et Ozcan, 2011).

### 3.2. Détermination de la masse du produit avant et pendant le séchage

Trois mesures de poids s'effectuent sur chaque morceau de tomate et tranche de poivron, les moyennes de chacune des deux espèces sont prises en considération (Arslan et ozcan, 2011).

Les échantillons sont répartis en couches minces sur les claies du séchoir après une demi-heure de fonctionnement du système de séchage (spécifiquement dans le cas de séchoir indirect) (Idlimam et al., 2007).

Pour suivre la perte de masse du produit au cours du séchage, les mesures de masse sont effectuées chaque 10 min au début de l'expérience et chaque 40 min à la fin avec une balance de précision (0,001g) (Idlimam et al., 2007) ou à l'aide d'un analyseur (type MA 45) d'humidité (voir annexe 2) selon les étapes suivantes (Mennouche et al., 2014) :

- Réglage de la température de l'analyseur d'humidité à 70°
- Introduction d'une masse initiale de produit à sécher dans la chambre de l'analyseur.
- Démarrage de l'analyseur d'humidité en choisissant le programme convenable de chauffage.
- Arrêt automatique de l'appareil après que la masse de l'échantillon ait resté constante.

### 3.3. Les analyses physico-chimiques

#### 3.3.1. Mesure de pH (NF V 05-108, 1970)

- **Principe**

Détermination en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit.

- **Mode opératoire**

- Préparer un mélange broyat tomate ou poivron séché ou frais / eau distillée avec un rapport 1/3 (poids/ poids)
- Etalonner le pH-mètre
- Homogénéiser le mélange par une légère agitation
- Introduire l'électrode dans le mélange
- Ajuster la température de l'échantillon sur le pH-mètre
- Après stabilisation, lire la valeur sur le pH-mètre (Zidani, 2019).

#### 3.3.2. Test de capacité de réhydratation

Le taux de réhydratation (TR) est déterminé en immergeant 2g d'échantillon sec dans 20 ml d'eau distillée dans un bain marie à température de 90°C constante pendant 20 min, puis égoutté sur un plateau perforé (Deng et *al.*, 2017).

Donc, le taux de réhydratation est défini par le rapport du poids de l'échantillon réhydraté  $M_f$  sur le poids de l'échantillon sec  $M$  (Lahmari et *al.*, 2012) :

$$TR = M_f / M$$

La capacité de rétention d'eau (WHC) est déterminée en centrifugeant les échantillons réhydratés à 3000 tr/ min pendant 10 min cela permet à l'eau de s'écouler librement de l'échantillon. La capacité de rétention d'eau est calculée à partir de la quantité d'eau éliminée comme suit (Deng et *al.*, 2017) :

$$WHC = (W_{reh} \times X_{reh} - W_1) / (W_{reh} \times X_{reh})$$

$W_{reh}$  : poids de l'échantillon après le processus de réhydratation

$X_{reh}$  : la teneur en humidité de matière humide

$W_1$  : le poids de liquide égoutté après centrifugation

### 3.3.3. L'indice de brunissement non enzymatique

Selon la méthode de Vega-Gálvez et *al.* L'eau de réhydratation obtenue après centrifugation à 3000 rpm pendant 10 min dont le surnageant est dilué avec un volume égal de l'éthanol 95% et centrifugé à nouveau à 3000 rpm pendant 10 min.

L'indice de brunissement des extraits clairs est déterminé par l'absorbance en utilisant un spectrophotomètre à 420 nm (Vega-Gálvez et *al.*, 2009).

### 3.3.4. Détermination des pigments rouges

Selon la méthode ISO de quantification des pigments rouges, dans un ballon un mélange de 0,10 g de poudre de l'échantillon (passer sur un tamis de 0,63 mm) avec 250 ml d'acétone placé sur un agitateur à 270 tr/min pendant 4h à la température ambiante. Les extraits ont filtré et les surnageants sont recueillis. L'absorbance est mesurée à 460 nm en utilisant un spectrophotomètre UV. La teneur en pigment rouge (c) est calculée par l'équation suivante (Deng et *al.*, 2017) :

$$c = (A \times f \times 2.5 \times 10^5) / (2250 \times (100 - M) \times W)$$

c : est la teneur en pigment rouge g/kg

A : est l'absorbance de l'extrait d'acétone

f : facteur de correction de l'instrument

M : est l'humidité de l'échantillon, %

W : est le poids de l'échantillon, g

$2.5 \times 10^5$  : coefficient de conversion

2250 : est l'absorbance spécifique des pigments rouges

### 3.3.5. Teneur en cendres totaux (AFNOR NF V 05-113)

- **Principe**

L'échantillon à analyser est incinéré à  $550 \pm 5^\circ\text{C}$  dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre.



- **Mode opératoire**

- Dans des capsules en porcelaine peser 2g de l'échantillon
- Placer les capsules au four à moufle et régler à 550°C pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre
- Laisser refroidis au dessiccateur
- Peser les capsules contenant les cendres
- La teneur en matière organique MO est déterminée comme suit :

$$MO\% = (M1 - M2) / M1 \times 100$$

Où

M1 : masse en g d'échantillon avant l'incinération

M2 : masse en g d'échantillon après l'incinération

- La teneur en cendre est déterminée comme suit :

$$\text{Cendre}\% = 100 - \text{MO}\% \text{ (Zidani, 2019)}$$

### 3.4. Les analyses biochimiques

#### 3.4.1. Dosage de la vitamine C

La méthode est décrite par (Aké et *al.*, 2006) et avec quelques changements, pour l'extraction de l'acide ascorbique, 5 g de broyat de tomate/ poivron séché est dissout dans 15 ml d'acide oxalique (1%) puis agité durant 30 min à l'obscurité. Le mélange est ensuite filtré et le volume de filtrat (15ml de volume et si on a moins on ajout de l'acide oxalique jusqu'à 15ml) puis on aura le titrage avec DCPIP de couleur bleue, dès qu'il y a un changement de couleur (couleur rose) on mention le volume de DCPIP utilisé.

#### 3.4.2. Dosage des composés phénoliques totaux (la méthode de Folin Ciocalteu)

Pour l'extraction des composés phénoliques, une quantité de 5 g de broyat de tomate/ poivron séché est introduite dans un bécher, puis 25ml d'acétone 80% sont ajoutées. Les béchers sont incubés sous agitation pendant 30 min. Les extraits (sous forme de liquide jaune) sont récupérés et soumise à une filtration puis on ajout au reste de la tomate 25ml d'acétone 80% et une autre agitation pendant 15min, on aura par la suite la récupération de mélange et détection de volume totale.

100µl de l'extrait (mélange) sont déposer dans un tube mélangé avec 750µl de Folin-Ciocalteu et 750µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, les tubes sont incubés à l'abri de la lumière Pendant 1h30.

Une mesure de l'absorbance se faite à une longueur d'onde de 725nm (Samydurai et Thangapandian, 2012)

### 3.4.3. Dosage des caroténoïdes

Selon (zamora et *al.*, 2005) l'extraction des caroténoïdes se déroule comme suite :

Une quantité de 5 g de broyat de tomate/ poivron séché est introduite dans un bécher, puis 30ml de mélange de solvants [Hexane (6ml) +Acétone (5ml) +méthanol (4ml)] sont ajoutés.

Les béchers sont incubés sous agitation pendant 15 min et ajout de 2ml de KOH (1M) une incubation pendant 17h à l'abri de la lumière se faite. Après cette incubation on aura l'ajout de 5ml d'hexane et après 1min on aura l'ajout de 5ml de sulfate de sodium (1%), laisser décanter à l'abri de la lumière pendant 1h et une absorbance a été mesuré à une longueur d'onde de 450nm.

### 3.4.4. Dosage des sucres totaux (Méthode de Dubois)

- **Principe**

La méthode de Dubois permet de doser les oses en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré, en présence de ces deux réactifs, les sucres donnent une couleur jaune crème, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des sucres totaux. La densité optique est déterminée à 490nm (Zidani, 2019).

## 3.5. Les analyses microbiologiques

### 3.5.1. Préparation des dilutions

10 g de chaque échantillon à analyser (tomate et poivron séchés) ont broyés et additionnés aseptiquement à 90 ml d'eau peptonée tamponnée. Le mélange a soigneusement homogénéisé, puis à partir de cette dilution (1/10), des dilutions décimales jusqu'à  $10^{-7}$  ont réalisées dans des tubes contenant 9 ml d'eau physiologique stérile (9 g de NaCl dans un litre d'eau distillée) (Taouda et *al.*, 2011).

### 3.5.2. Dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)

Elle traduit la qualité microbiologique générale des aliments. Le dénombrement des FMAT a effectué dans le bouillon eau peptonée tamponnée puis ensemencement en profondeur sur milieu Plate Count Agar (PCA). L'incubation a faite à 30°C pendant 72 h (Taouda et *al.*, 2011)

### 3.5.3. Dénombrement des coliformes totaux (CT) et les coliformes fécaux

Ils traduisent la suspicion d'une contamination fécale. Le dénombrement des coliformes est effectué par ensemencement en profondeur sur milieu Desoxycholate Lactose Agar (DCL) incubé à 30°C pour les CT et à 44°C pour les CF, le dénombrement des colonies rouges est effectué après 24 heures  $\pm$  2h d'incubation (Taouda et *al.*, 2011 ; JORAPD n°70, 2004)

### 3.5.4. Dénombrement des staphylocoques

Le dénombrement des staphylocoques a fait par ensemencement en surface de 0,1 ml de la dilution  $10^{-1}$  sur milieu Baird Parker. La lecture des résultats a faite après incubation à 37°C pendant 24 h. les souches de *Staphylococcus aureus* forment des colonies noires avec un halo éclaircissant (Taouda et *al.*, 2011).

### 3.5.5. La recherche des salmonelles

La recherche de ces germes fait intervenir quatre étapes à savoir :

- Le pré-enrichissement : 25 g de l'échantillon sont ajoutés à 225 ml d'eau peptonée pour la réalisation d'une suspension mère de pré-enrichissement ( $10^{-1}$ ) qui est incubée à 37°C pendant 24h.
- L'enrichissement a fait par l'ajout de 0,1 ml de la culture sur 10 ml de bouillon Rappaport Vassiliadis. L'incubation a faite à 44°C pendant 24h.
- L'isolement des salmonelles a fait sur milieu Hektoen par ensemencement en surface dont l'incubation a faite à 37°C pendant 24 à 48h
- L'identification des bactéries suspectes Salmonella a réalisée à l'aide des procédures standard bactériologiques

### 3.5.6. Dénombrement des levures et moisissures

Le dénombrement de ces germes se fait par étalement de 0,1 ml de la suspension mère ou dilution décimale dans une boite de pétrie contenant le milieu gélosé Sabouraud. L'incubation a fait à 25°C pendant 5 jours.

### 3.5.7. Calcul du nombre des germes

Après avoir dénombrer les germes sur des milieux nutritifs ensuivant des méthodes normalisées, les résultats de leur dénombrement sont obtenus par l'utilisation de la formule suivante :

$$Nc = \Sigma \text{colonies} / [n1 + (0,1 \times n2)] \times d$$

Où :

$Nc$  : c'est le nombre de microorganismes par ml ou par gramme de produit.

$\Sigma$  Colonies : c'est la somme des colonies comptées sur toutes les boites retenues.

$n1$  : c'est le nombre de boite de pétri utilisées pour la première dilution.

$n2$  : c'est le nombre de boite de pétri utilisées pour la deuxième dilution.

$d$  : exprime le facteur de dilution utilisé dans notre étude.

# *Conclusion*

---

---

## Conclusion

A travers les siècles, le savoir concernant la conservation par séchage au soleil des produits agroalimentaires a été transmis d'une génération à une autre jusqu'à ce qu'il soit entré dans les domaines de la technologie alimentaire, qualités des produits et sécurité alimentaire...

Dans cette recherche, on s'intéresse à étudier l'influence de séchage par ensoleillement utilisant deux différentes méthodes.

Brièvement, la procédure est basée sur le séchage des tomates et des poivrons dans deux types de séchoirs solaires (direct et indirect) en suivant leur perte en poids durant le procédé de séchage jusqu'à ce que la masse devienne constante c'est l'indice de la fin de procédé.

Après séchage, on procède à des analyses physicochimiques, biochimiques, et microbiologiques qui permettent de connaître le type et le niveau de modification de la qualité des produits.

Toutefois, il serait souhaitable d'élargir et de développer cette étude par :

- ✓ L'intégration des systèmes de contrôle intelligents dans les séchoirs qui sert à détecter les dommages auxquels le produit est exposé pendant le séchage.
- ✓ Création des industries agroalimentaire (IAA) local intéressées par le séchage des produits agricoles.
- ✓ Prendre en considération le contrôle de qualité des produits séchés commercialisés au marché, par l'intervention des services de contrôle de qualité et de répression de fraude.

Dans ce contexte, j'espère qu'un thème sera proposé les années prochaines sous le titre de « contrôle de qualité des produits séchés commercialisés dans la région de Ouargla ».

# *Références bibliographiques*

---

---

## Références bibliographiques

1. **Aké C. B., Koné M. W., Kamanzi A., Tindehou K., Aké M., (2006).** Evaluation de quelques propriétés biologiques de produits de cueillette non ligneux vendus sur les marchés d'Abidjan et ses environs, pharm. Méd. Trad. 17 p.
2. **Amadou H., (2007).** Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines. Thèse de doctorat, Sciences pour l'Ingénieur. Ecole doctorale MSII. 248p.
3. **Arslan D., Özcan M.M., (2011).** Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum L.*): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. Turkey. food and bioproducts processing 89: 504–513.
4. **Baenas N., Belović M., Ilic N., Moreno D.A., García-Viguera C., (2018).** Industrial use of pepper (*Capsicum annuum L.*) derived products: technological benefits and biological advantages, Food Chemistry. 60p.
5. **Banout J., (2017).** Solar drying systems. **In: Prakash O., Kumar A.,** Solar drying technology: concept, design, testing, modeling, economics, and environment. P. 3-38
6. **Basu A., Imrhan V., (2006).** Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. European Journal of Clinical Nutrition (2007) 61 : 295-303
7. **Benard C., (2009).** Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement. 265p.
8. **Benkhelfellah R., Sofiane El M., Miri R., Belhamel M., (2005).** Séchoirs solaires. Etude comparative de la cinétique de séchage des produits agroalimentaires dans des modèles de type direct et indirect, Tanger, Maroc. 262 p.
9. **Ben Mariem S., Ben Mabrouk S., (2017).** Cinétique de séchage et courbe caractéristique de séchage d'une couche mince de tomate. 18<sup>ème</sup> JITH. Tunisie. 11p.
10. **Bennamoun L., (2003).** Contribution à l'étude des transferts couples avec changement de phase dans un milieu poreux. Influence des conditions d'air variables sur les cinétiques de séchage et le comportement global d'un séchoir solaire. Thèse de doctorat, Génie Climatique, Université Mentouri Constantine. 178p.
11. **Bentes F., Flavio B., Do Carmo M., and Teixeira J., (2019).** An Overview on Neural Networks in Physical Properties and Drying Technology. **In: Martynenko A., Bück A.,** Intelligent Control in Drying, P 281- 302.



12. **Bonazzi C., Bimbenet J. J., (2003).** Séchage des produits alimentaires - Principes. Techniques de l'Ingénieur, F3000, 15 p. **In: Nguyen T.C., (2015).** Etude expérimentale et modélisation du procédé de séchage des végétaux. Thèse Docteur en Science l'ingénieur. Université de Bretagne-sud. France, 237p.
13. **Boroze T. T-E., (2011).** Outil d'aide à la conception de séchoirs pour les produits agricoles tropicaux. Thèse de doctorat, Physique appliquée, Université de Lome. 236 P.
14. **Bosland P.W., Votava E.J., (2000).** Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. CABI Publishing. 204 **In: Mokhtar M., (2015).** Identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*Capsicum annum L.*). Thèse de doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p.
15. **Boumendjel M., Mouhamedi M., Samar M.F., Sabeg H., Boutteba A., Soltane M., (2012).** Effet des traitements thermique d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelles et technologiques du simple, double et triple concentré de tomate, Vol. 36, p. 51-59.
16. **Boughali S., (2010).** Etude et optimisation du séchage solaire des produits agroalimentaires dans les zones arides et désertiques. Thèse de doctorat. Génie mécanique. Energétique, université Hadj Lakhdar Batna. 137p.
17. **Brennan J. G., (2006).** Food processing handbook. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH et co-KGaA, Weinheim. Germany, 602p.
18. **CEE-ONU., (2007).** Norme CEE-ONU DDP-19 concernant la commercialisation et le contrôle de la qualité commerciale des tomates séchées. New York, Genève.8p.
19. **Chanforan C., (2010).** Stabilité de micro constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de doctorat en Sciences, spécialité : chimie. Université d'Avignon. Pays de Vaucluse. 395 p.
20. **Cotte F., (2000).** Etude de la valeur alimentaire de pulpe de tomate chez les ruminants. Thèse de Doctorat vétérinaire. Université Claude Bernard de Lyon1. 135p.
21. **Crouzet J., (2006).** Structures phénoliques et arômes. Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier. Paris, Tec. & Doc. 3 : 55-88.
22. **Dadda B., Kherrou S., Serir L., (2008).** Réalisation d'un séchoir solaire indirect. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 127-134.
23. **De A., (2003).** Capsicum: The genus Capsicum. Medicinal and aromatic plants - industrial profiles, 33 **in Mokhtar M., (2015).** Identification et propriétés biologiques des principes

- actifs du piment (*Capsicum annuum L.*). Thèse de doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p.
24. **Debjit B., Sampath K. K. P., Paswan S., Srivastava S., (2012).** Tomato-A Natural Medicine and Its Health Benefits. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 43 p.
  25. **Degrou A., (2013).** Etude de l'impact des procédés de transformation sur la diffusion des caroténoïdes (cas du lycopène de la tomate). Thèse de doctorat, sciences agricoles, université d'Avignon et des pays de Vaucluse. 191p.
  26. **Deng L-Z., Yang X-H., Mujumdar A. S., Zhao J-H., Wang D., Zhang Q., Wang J., Gao Z-J., Xiao H-W., (2017).** Red pepper (*Capsicum annuum L.*) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure, Drying Technology. 48p.
  27. **Desmorieux H., Lecomte D., (2011).** Séchage en Afrique subsaharienne : aspects techniques, énergétiques, environnementaux et socio-économiques. 6<sup>ème</sup> édition, journées scientifiques du 2iE. Ouagadougou, 11p.
  28. **Driscoll R.H., Srzednicki G., (2017).** Vegetable drying modeling, **In: Zhang M., Bhandari B., Fang Z.,** Handbook of drying of vegetables and vegetable products, London New York, Taylor & Francis Group, pp. 349-385.
  29. **Dudez P., Thémelin A., Reynes M., (1996).** Le séchage solaire petite échelle des fruits et légumes : expériences et procédés. Édition du Gret, Paris ; 157 p.
  30. **Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P., (2003).** Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 369-382.
  31. **Ekechukwu O. V., Norton B., (1999).** Review of solar energy systems II: an overview of solar drying technology. Energy Conversion and Management, 40, 615-655.
  32. **FAO STAT., avril 2012.** Données de la base statistique de l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture **In : Rekibi F., (2015).** Analyse compétitive de la filière tomate sous serre. Cas de la Wilaya de Biskra. Magister. Agriculture et Environnement dans les Régions Arides. Sciences agronomiques. Université Mohamed Khider Biskra.
  33. **Fournier V., (2003).** Conservation des aliments. Université Laval, Canada. 16 p.
  34. **Génard M., Robin C., Gautier H., Massot C., Bénard C., Larbat R., Bertin N., Le Bot J., Adamowicz S., Bourgaud F., (2010).** Elaboration de la qualité du fruit : composition en métabolites primaires et secondaires. Innovations Agronomiques 9, 47-57
  35. **Grasselly D., Navez B., Letard M., (2000).** Tomate pour un produit de qualité. 112.

36. **Gustavo V. B-C., Humberto V-M., (1996).** Other methods of dehydration of foods and packaging aspects, **In : Dehydration of foods.** pp. 289-319.
37. **Houhou H., (2012).** Etude théorique et expérimentale du séchage solaire de certains produits agro-alimentaires. Magister. Génie Mécanique, Université Mohamed Khider-Biskra. 93p.
38. **Idlimam A., Lamharrar A., Kane C. S. E., Akkad S., Kouhila M., (2007).** Etude expérimentale de la cinétique de séchage de l'écorce de grenadine dans un séchoir partiellement solaire en convection forcée. *Revue des Energies Renouvelables CER'07 Oujda* : 237- 240.
39. **Journal Officiel de la République Algérienne N° 39 (2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. *Journal Officiel de la République Algérienne*, p21.
40. **Journal Officiel de la République Algérienne N° 70 (2004).**
41. **Kisselmina K., (2011).** Amélioration de la qualité de la tomate séchée par microondes assistés par air chaud avec pilotage de la puissance spécifique. Thèse de doctorat. Economies et finances. AgroParisTech, Français. 16p.
42. **Kone K. Y., (2011).** Amélioration de la qualité de la tomate séchée par microondes assistés par air chaud avec pilotage de la puissance spécifique. Thèse de Doctorat en sciences et procédés des aliments. Agro Paris Tech.,169p.
43. **Kouhila M., Belghit A., Boutaleb B.C., (2000).** Etude Expérimentale du Séchage Convectif de la SAUGE dans un Séchoir Solaire muni d'un Appoint Electrique. *Rev. Energ. Ren. : Chemss* : 33-38.
44. **Kowalski S. J., Mierzwa D., Szadzinska J., (2017).** Highly Efficient Vegetable Drying Technologies III: Ultrasound-Assisted Drying, **In: Zhang M., Bhandari B., Fang Z., Handbook of drying of vegetables and vegetable products**, London New York, Taylor & Francis Group, pp. 81-115.
45. **Lahbari M., (2015).** Etude et stimulation du séchage de l'abricot : application à quelques variétés de la région des Aures. Thèse de doctorat, Mécanique, Energétique. 129 p.
46. **Lahmari N., Fahloul D., Azani I., (2012).** Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées (variété Zahra), *Revue des Energies Renouvelables*. 15(2) : 285-295.
47. **Lenucci M.S., Cadinu D., Taurino M., Piro G., Dalessandro G., (2006).** Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2606-2613.

48. **Marsic N., Sircelj H., Kastelec D., (2010).** Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 390-397.
49. **Martynenko A., Bück A., (2019).** Intelligent Control in Drying
50. **Mennouche D., Bouchekima B., Boughali S., Bouguettaia H., Bechki D., (2014).** Séchage solaire de la tomate dans un séchoir indirect à convection naturelle. Université de Ouargla. 7p.
51. **Miller E. C., Hadley C. W., Schwartz S. J., John W., Erdman Jr., Boileau T. W-M., Clinton S. K., (2002).** Lycopene, tomato products, and prostate cancer prevention. Have we established causality? *74(8): 1435-1441.*
52. **Moco S., Bino R. J., Vorst O., Verhoeven H. A., de Groot J., van Beek T. A., Vervoort J., De Vos J. H. R., (2006).** A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolome database for tomato. *Plant Physiol*, 141, 1205–1218. **In : Benard C., (2009).** Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement. 265p.
53. **Mokhtar M., (2015).** Identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*Capsicum annuum L.*). Thèse de doctorat. Nutrition et Santé, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 174p.
54. **Mounir S., Téllez-Pérez C., Alonzo-Macias M., Allaf K., (2013).** Swell drying.
55. **Mujumdar A.S., (2006).** Handbook of industrial drying. CRC Press, Florida, United States; 1308 p.
56. **Naika S., Joep-V-L., de J., Marja-G., Hilmi M., Van-Dam B., (2005).** La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA, Wageninge.104 p.
57. **Nguyen T.C., (2015).** Etude expérimentale et modélisation du procédé de séchage des végétaux. Thèse Docteur en Science l'ingénieur. Université de Bretagne-sud. France, 237p.
58. **Ouali S., (2008).** La technologie du séchage géothermique. *Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger : 229-236.*
59. **QUALIMED (2007-2013).** Cahier des charges de tomates séchées Label, projet cofinancé par l'Union Européenne avec le programme I EVP de coopération transfrontalière Italie-Tunisie. Projet 007.

60. **Rekibi F., (2015).** Analyse compétitive de la filière tomate sous serre. Cas de la Wilaya de Biskra. Magister. Agriculture et Environnement dans les Régions Arides. Sciences agronomiques. Université Mohamed Khider Biskra.
61. **Rosella G., Papa Demba K., Paolo D., Mamadou D., Fatou D., Gaetano L., (2015).** Etude préliminaire sur l'horticulture dans les régions de Thies, Diourbel et Fatick. PAPSEN rapport n° 12. 177p.
62. **Rubio C., Hardisson A., Martín R., Báez A., Martín M., Álvarez R., (2002).** Mineral composition of the red and green pepper (*Capsicum annuum L.*) from Tenerife Island. European Food Research and Technology, 214(6), 501-504 **In: Baenas N., Belović M., Ilic N., Moreno D.A., García-Viguera C., (2018).** Industrial use of pepper (*Capsicum annuum L.*) derived products: technological benefits and biological advantages, Food Chemistry. 60p.
63. **Sasson A., (1986).** Nourrir Demain les Hommes, Sextan, UNESCO **In: Touzi A., Merzaia-Blama A., (2008).** La conservation des denrées agroalimentaires par séchage dans les régions sahariennes. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 267-272.
64. **Samydurai P., Thangapandian V., (2012).** Nutritional assessment, polyphenols evaluation and antioxidant activity of food resource plant (*Decalepis hamiltonii*) Wight & Arn. Journal of Applied Pharmaceutical Science. 02 (05): 106-110.
65. **Shi J., Le Maguer M., (2000).** Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., vol.40, n.1, p.1-8.
66. **Sodani M., (2008).** Étude théorique d'un capteur cylindro-parabolique, mémoire d'ingénieur d'état Université de Ouargla.
67. **Souriau C., Amelin D., (2014).** Fabrication de cuiseurs et séchoirs solaires, Cameroun, Pro-Agro, 40p.
68. **Sturm B., Hensel O., (2017).** Pigments and Nutrients during Vegetable Drying Processes, Dried Products Storage, and Their Associated Color Changes, **In: Zhang M., Bhandari B., Fang Z., Handbook of drying of vegetables and vegetable products, London New York, Taylor & Francis Group, pp. 257-273.**
69. **Taouda H., Errachidi F., Bennani L., Aabouch M., Berrada S., Maniar S., El Ouali Lalami A., (2011).** Qualité hygiénique des fruits secs au centre du Maroc. Microbiol. Hyg. Alim.-Vol 23, N° 67.

70. **Télez-Pérez C., Vaclav S., José G. M-G., Galal A., Allaf K., (2014).** Impact of Swell-Drying Process on Water Activity and Drying Kinetics of Moroccan Pepper (*Capsicum annuum*), Drying Technology: An International Journal
71. **Touati B., (2001).** Modélisation numérique des transferts couplés de chaleur et de masse lors du séchage des feuilles de menthe, Thèse de Magistère, Centre Universitaire, Bechar, Algérie.
72. **Touati B., (2008).** Etude théorique et expérimentale du séchage solaire des feuilles de la menthe verte (*Mentha viridis*). Thèse de doctorat, Physique énergétique et matériaux, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen. 166p.
73. **Toussaint A., Baudoin J-P., (2010).** Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de la collection <<Luc Fichot\*>> Gembloux agro bio tech. 102 p.
74. **Touzi A., Merzaia-Blama A., (2008).** La conservation des denrées agroalimentaires par séchage dans les régions sahariennes. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 267-272.
75. **Turcotte G., (2015).** Caractéristiques agronomiques de la tomate. **In :** Production de la tomate de serre au Québec. Québec. pp. 1-11.
76. **Vega-Gálvez A., Di Scala K., Rodríguez K., Lemus-Mondaca R., Miranda M., López J., Perez-Won M., (2009).** Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, *L. var. Hungarian*). Food Chemistry 117: 647-653.
77. **Vijayan S., Arjunan T.V., Kumar A., (2017).** Fundamental concepts of drying. **In:** **Prakash O., Kumar A.,** Solar drying technology: concept, design, testing, modeling, economics, and environment. P. 3-38
78. **Vodouhe M. C. D. N., Houssou A. P. F., Kpangbin C., Labintan E., Mensah G. A., (2014).** Séchage de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) : une autre alternative pour sa valorisation au Bénin, BRAB :1840-7099, 9p.
79. **Zaki N., Hasib A., Dehbi F., El Batal H., Hakmaoui A., Meftah H., Hanine H., Latrache H., Ouatmane A., (2017).** Caractéristiques physicochimiques, nutritionnelles et antioxydantes du paprika produit par procédé semi-industriel à partir de la Niora (*Capsicum annuum L.*) cultivée dans trois régions Marocaines. Maroc. 12p.
80. **Zamora G. S., Elhadi M.Y., Jeffrey K.B., Gardea A., (2005).** Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. Food Science and Technology LWT 38 :657-663.

81. **Zidani S., (2019).** Influence des techniques de séchage sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la pomme locale. Thèse de doctorat, Technologie Alimentaire, Université Batna 1. 169p.

# *Annexes*

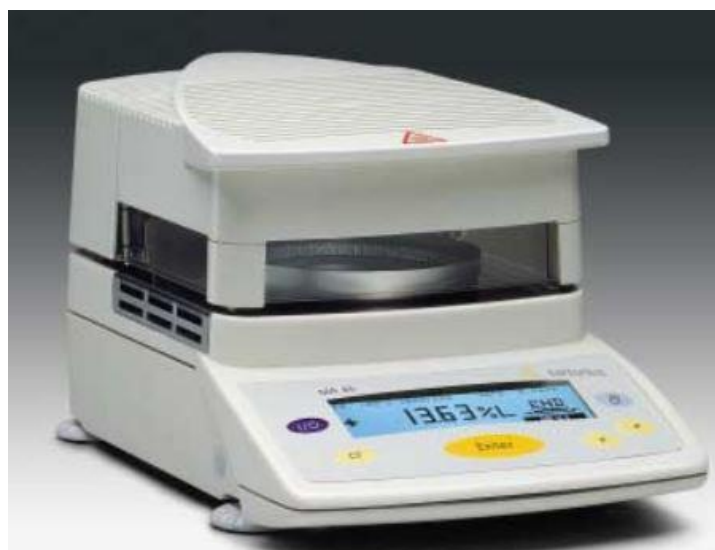
---

---



**Annexe 1 : compositions de poivron****Tableau :** teneurs en microconstituants et les principaux composés bioactifs du poivron

Micronutrients		Bioactive compounds	
<b>Minerals (mg)</b>		<b>Carotenoids</b>	
Calcium, Ca	7 - 18	<i>Provitamin A carotenoids</i> (mg)	
Iron, Fe	0.3 - 1.2	<i>α</i> -carotene	0.020
Magnesium, Mg	12 - 25	<i>β</i> -carotene	0.5 - 1.64
Phosphorus, P	26 - 46	<i>β</i> -cryptoxanthin	0.5 - 1.2
Potassium, K	211 - 340	<i>Non - provitamin A carotenoids</i> (mg)	
Sodium, Na	4 - 7	Lutein + Zeaxanthin	6 - 51
Zinc, Zn	0.2 - 0.7	Total	15 - 320
Copper, Cu	0.015 - 0.07	<b>Phenolic compounds</b>	
Manganese, Mn	0.05 - 0.16	<i>Flavonols</i> (mg)	
Boron, B	0.05 - 0.16	Luteolin	0.6
Selenium, Se	0.0001 - 0.001	Quercetin	0.2
<b>Vitamins (mg)</b>		Total	5 - 20
Vitamin C (total ascorbic acid)	127 - 300	<i>Phenolic acid derivatives</i> (mg)	
Thiamin	0.03 - 0.09	Total	50 - 500
Riboflavin	0.03 - 0.09	<i>Anthocyanins</i> (mg)	
Niacin	0.9	Total	0.5 - 28
Pantothenic acid	0.317	<b>Capsaicinoids (mg)</b>	
Vitamin B6	0.17 - 0.29	Capsaicin	0.07 - 0.1
Folate total	0.02 - 0.06	Dihydrocapsaicin	0.07 - 0.1
Choline	5.6	Total	0.1 - 0.3
Betaine	0.1	<b>Capsinoids (mg)</b>	
Vitamin A	0.01 - 0.16	Total	3 - 50
Vitamin E ( <i>α</i> -tocopherol)	0.7 - 1.6		
Vitamin K	0.005 - 0.014		

**Annexe 2 : l'analyseur MA 45**

**Résumé :** le séchage est l'une des principales techniques de préservation des produits agricoles et alimentaires. Ce traitement thermique appliqué à les deux produits agricoles (la tomate et le poivron) par l'utilisation de deux instruments (séchoir direct et séchoir indirect) et séchage à l'air libre au soleil (échantillon acheté), induit des modifications au niveau des propriétés structurel, biochimique et nutritionnel du produit. Donc notre objectif c'est de connaitre ces modifications si elle est bénéfique ou néfaste pour la qualité du produit.

Ensuite, des analyses physicochimiques, biochimiques et microbiologiques sont appliqués soigneusement sur les produits séchés afin de comparer entre les concentrations des différents composés avant et après le séchage ainsi que la capacité de réhydratation des produits séchés et leur pH.

**Mots clés :** séchage, tomate, poivron, séchoir direct, séchoir indirect, au soleil, modifications, qualité.

**Summary:** drying is one of the main techniques for preserving agricultural and food products. This heat treatment applied to the two agricultural products (tomato and pepper) using two instruments (direct dryer and indirect dryer) and drying in the open air in the sun (sample purchased), induces changes in the structural, biochemical and nutritional properties. So, our goal is to know these changes if it is beneficial or detrimental to the quality of the product.

Then, physicochemical, biochemical and microbiological analyzes are carefully applied to the dried products in order to compare the concentrations of the various compounds before and after drying as well as the rehydration capacity of the dried products and their pH.

**Keywords:** drying, tomato, pepper, direct dryer, indirect dryer, in the sun, changes, quality.

**المخلص:** التجفيف هو أحد الأساليب الرئيسية لحفظ المنتجات الزراعية والغذائية حيث يتم تطبيق هذه المعالجة الحرارية على منتجات زراعيين (الطماطم واللفل) باستخدام أداتين (مجفف مباشر ومجفف غير مباشر) والتجفيف في الهواء الطلق تحت أشعة الشمس (عينة مشتراة)، مما يؤدي إلى تغييرات في الخصائص الهيكلية والكيميائية الحيوية والتغذوية للمادة. لذا فإن هدفنا هو معرفة هذه التغييرات إذا كانت مفيدة أو ضارة بجودة المنتج.

بعد ذلك، يتم تطبيق التحاليل الفيزيائية والكيميائية الحيوية والميكروبيولوجية بعناية على المنتجات المجففة من أجل مقارنة تركيزات المركبات المختلفة قبل التجفيف وبعده وكذلك قدرة إعادة التمه للمنتجات المجففة ودرجة حموضتها.

الكلمات المفتاحية: التجفيف، الطماطم، الفلفل، المجففات المباشرة، المجففات غير المباشرة، تحت الشمس، تغييرات، نوعية.

