

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université A-Mira Bejaia**

**Faculté des Sciences de nature et de la vie**

**Département des Sciences Alimentaires**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaires**



Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Etude des caractéristiques physicochimiques,  
nutritionnelles et antioxydantes du piment (*Capsicum spp*)**

Présenté par :

**AZEROU Hanane & AMAOUZ Hanane**

Soutenu le 22 Septembre 2020.

Devant le jury composé de :

<b>Mme.Mekhoukhe A</b>	<b>MCA</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme.Guemghar H</b>	<b>MCA</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mme,Fella S</b>	<b>MCA</b>	<b>Examinatrice</b>

**Année universitaire : 2019/2020**

# Dédicaces

A mes très chers parents

A mes chères sœurs

A mes chers frères

Qui m'ont toujours soutenu

Pendant ces longues années,

A ma chère copine Dalila qui m'a toujours tenu la main

A la mémoire de ceux qui nous ont quittés

Que dieu puisse leur accorder sa miséricorde

Et les accueillir dans son vaste paradis.

A tous ceux qui de près ou de loin

Ont participé à l'aboutissement de ce travail,

A tous ceux que j'aime.....

Merci..

AZEROU HANANE

# Dédicace

A mes chers parents  
qui veillent à mon épanouissement et  
mon soutien dans les moments difficiles  
de la vie et qui grâce à eux j'ai poursuivis  
mes études supérieurs  
aussi à mes chères sœurs, Kahina, Nassima et Lyna.  
A mes chers frères, Mouhamed, Lahlou  
qui m'ont toujours tenus la mains  
pendant de longues années  
A mes amis et tous ceux que j'aime.....

Merci ..

AMAOUZ HANANE

## ***Remerciements***

*Nous remercions notre créateur Allah, Grand et Miséricordieux, le tout puissant pour le courage qu'il nous a donné pour mener ce travail à terme.*

*On commence par exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements au M<sup>me</sup> GUEMGHAR H qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité et surtout pour sa patience dans la correction de ce mémoire. On a été satisfaites de votre qualité exceptionnelle de bonne enseignante, merci de nous avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit ; on ne peut, Madame, que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.*

*On tient à remercier M<sup>me</sup> MEKHOUKHE A d'avoir accepté la présidence du jury de notre travail, qu'elle trouve ici toutes nos expressions respectueuses.*

*On tient à remercier M<sup>me</sup> Fella S d'avoir accepté de faire partie des membres du jury de mon travail. On tient à vous remercier pour tout ce que vous nous avez apporté tout au long de nos études. Vous avez su faire partager votre expérience et vous nous avez guidé dans le monde de la recherche scientifique.*

## ***Sommaire***

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction.....1**

### **Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (*Capsicum spp*)**

1-Etymologie et origine du piment .....3

1-1-Dénomination.....3

1-2-Origine.....3

2- Données botaniques sur le piment.....4

2-1-Classification taxonomique.....4

2-2-Morphologie du piment.....5

2-3-Culture et récolte du piment.....6

2-4 -Variétés du piment.....7

### **Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (*Capsicum spp*).**

1- Production du piment.....8

1-1-Production mondiale.....8

1-2- Production en Algérie.....9

2-Préparation et consommation du piment.....10

3-Préservation et transformation du piment.....10

3-1-Déshydratation.....	11
3-2-Congélation.....	11
3-3-Saumurage.....	11
3-4- Transformation en sauces ou en purée.....	12
4-Utilisations du piment.....	12
4-1- Industrielle et agro-alimentaire.....	12
4-2-Usage pharmaceutique et cosmétique.....	13
 <b>Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment</b> <b>(<i>Capsicum spp</i> )</b>	
1-Composition biochimique du piment.....	15
2-Substances bioactives du piment.....	17
2-1- Capsaïcinoïdes.....	17
2-1-1-Propriétés physicochimiques.....	19
2-1-2-Biosynthèse.....	19
2-1-3-Intérêt thérapeutique .....	21
2-1-4-Extraction des capsaïcinoïdes.....	22
2-2 Polyphénols.....	23
2-2-1-Propriétés physico-chimiques.....	26
2-2-2-Activité antioxydante.....	26
2-2-3 Activité antimicrobienne.....	26
2-3- Caroténoïdes.....	28
2-3-1-Les caroténoïdes du piment.....	28

2-3-2-Propriétés physico-chimiques.....	29
2-3-3-Intérêt thérapeutique.....	30
<b>Conclusion.....</b>	<b>32</b>

## **Références bibliographiques**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**ACS** : Acyl CoA synthétase

**BCAT** : Isovalerate dehydrogenas

**C** : Capsicum

**C** : Carbone

**C<sub>3</sub>H** : Coumarate 3-hydroxylase

**C<sub>4</sub>H** : Cinnamate 4-hydroxylase

**CoA** : Acétyl coenzyme A

**CS** : Capsaicin synthase

**DHC** : Dihydrocapsaïcine.

**EAG**: Equivalent acide gallique

**EQ**: equivalent quercétine;

**FAT** : Acide gras transférase

**H** : Hydrogène

**Kcal** : Kilocalories

**KAS** : Ketoacyl-ACP-synthase

**MAE** : Microwave-assisted Extraction

**MNAD** : Methyl nonenoyl acide deshydrogénase

**MT** : Milliers de tonnes

**N** : Azote

**ND**: non détecté

**n-DHC** : Nor -dihydrocapsaïcine

**O** : Oxygène.

**PAL** : Phénylalanine ammoniac lyase

**PLE** : Pressurized Liquid Extraction

**ppm** : Particules par million

**SOX** : Soxhlet

**UAE** : Ultrason-assisted Extraction

**UI** : Unité internationale

**UV** : Ultraviolet

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Coupe longitudinale d'un piment vert frais .....	<b>6</b>
<b>Figure 2:</b> Les composantes essentielles du fruit du <i>Capsicum</i> .....	<b>15</b>
<b>Figure 3:</b> Types de capsaïcinoides .....	<b>18</b>
<b>Figure 4 :</b> Biosynthèse de la capsaïcine .....	<b>20</b>
<b>Figure 2 :</b> Les composés phénoliques dans le piment (A) vert et (B) rouge.....	<b>25</b>
<b>Figure 6 :</b> La structure de base des caroténoïdes.....	<b>28</b>
<b>Figure 7 :</b> Structure des principaux caroténoïdes dans le piment .....	<b>29</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b> : Différences morphologiques entre les principales espèces de piments .....	<b>7</b>
<b>Tableau 2</b> : Production du piment dans le monde .....	<b>8</b>
<b>Tableau 3</b> : Evolution de la production des piments frais au niveau national .....	<b>10</b>
<b>Tableau 4</b> : Composition nutritionnelle du piment rouge.....	<b>16</b>
<b>Tableau 5</b> : Rendement d'extraction en pourcentage des capsaïcinoïdes de l'échantillon de <i>Capsicum annum</i> en utilisant les différentes méthodes d'extraction.....	<b>22</b>
<b>Tableau 6</b> : Teneurs en composés phénoliques de quelques variétés de piments.....	<b>23</b>
<b>Tableau 07</b> : L'activité antimicrobienne des extraits bruts de graines de <i>C.frutescens</i> (zone d'inhibition en nm, à l'exclusion du diamètre des puits/disques).....	<b>27</b>

## **GLOSSAIRE**

- **Nocicepteurs cutanés :** Un nocicepteur (ou récepteur nociceptif) est un récepteur sensoriel de la douleur qui fait naître un message nerveux lorsqu'il est stimulé, ce message passe d'abord par le bulbe ou la moelle épinière, où se déclenche un réflexe de sauvegarde de l'intégrité physique (réflexe défensif, réflexe court), avant d'être relayé jusqu'au cerveau où il sera interprété (intégration, modulation, habituation).
- **Oléorésine :** Sécrétion naturelle végétale constituée d'une résine dissoute dans une huile volatile.
- **Orexigène :** Tout produit capable de faire augmenter, de stimuler l'appétit d'un individu, et potentiellement de le faire prendre du poids par son action.

# **Introduction**

Plusieurs études épidémiologiques et cliniques confirment le rôle incontestable de la consommation régulière de fruits et légumes dans la réduction du risque des cancers et des maladies chroniques. Ce constat semble d'autant plus important que la prévention de ces pathologies est devenue une stratégie extrêmement intéressante. Ces vertus sont attribuées entre autre, à des nutriments ou phytonutriments qui constituent un ensemble hétérogène de substances présentes dans les aliments végétaux. Plus particulièrement les caroténoïdes et les composés phénoliques qui sont connus depuis longtemps pour leur effet antioxydant. Leur effet protecteur est dû à leur capacité à neutraliser les radicaux libres **(Derbel et Ghedira, 2005 ; Amiot et al., 2012)**.

Les plantes constituent une source très riche en molécules bioactives dont l'usage traditionnel et médical est connu depuis bien longtemps. Parmi ces substances naturelles, les métabolites secondaires comme les composés phénoliques, les alcaloïdes et les caroténoïdes sont connus pour leurs bienfaits sur la santé **(Mokhtar, 2015)**.

Parmi ces plantes il y a le piment qui appartient au genre *Capsicum* et à la famille des Solanacées. Ce genre comporte plus de 200 variétés regroupées en plus de 30 espèces, dont cinq sont domestiqués : *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* et *C. frutescens* **(Lopez-Hernandez et al., 1996 ; González-Zamora et al., 2015)**.

Le piment contient un niveau élevé en composés phytochimiques qui peuvent contribuer à son activité antioxydante. Il représente une source riche en composés phénoliques, capsaïcinoïdes, caroténoïdes, chlorophylles et vitamines (A, B1, B2, B3, C, et E) . Cependant, la teneur du piment en ces antioxydants peut varier selon plusieurs facteurs, notamment le stade de maturation, l'hybridation, les conditions agro-climatiques, les conditions de récolte, le stockage et le processus technologique de transformation **(Sanogo, 2003 ; Alvarez-Parrilla et al. 2012 ; Chen et Kang, 2013 ; Iqbal et al., 2013)**.

Le piment est une excellente source de beaucoup de nutriments et de métabolites secondaires importants pour la santé humaine (potassium, flavonoïdes, antioxydants), tous liés à la réduction des risques de nombreuses maladies comme le cancer et les maladies cardiovasculaires. Cet aliment est très prisé par les consommateurs parce qu'il est

consommé sous toutes ses formes en frais ou sous forme de produits transformés (piment conservé, piment séché, épices). (Willcox et *al.*, 2004).

Ce travail a pour objectif d'étudier les caractéristiques nutritionnelles, physicochimiques et antioxydantes du piment, en se basant sur l'étude des différents composés bioactifs du piment et son activité antioxydante.

Nous avons jugé utile de structurer ce manuscrit en trois principaux chapitres, en plus de l'introduction et la conclusion générale. Le premier chapitre sera consacré à la revue bibliographique mettant l'accent sur l'origine et caractéristiques botaniques du piment.

Le deuxième chapitre présente la production, transformation et les différents usages du piment.

Le troisième chapitre se base sur les composés bioactifs et valeurs nutritionnelle de piment en basant sur la structure, les propriétés chimiques et biologiques et la biosynthèse des substances bioactives (des capsaïcinoïdes, polyphénols et des caroténoïdes), ainsi que l'extraction des capsaïcinoïdes.

*Chapitre I : Origine et  
caractéristiques botaniques  
du piment (Capsicum spp).*

# *Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (Capsicum spp)*

---

## **1-Etymologie et origine du piment**

Le piment ou *Capsicum* dérive du latin *capsa*, qui signifie boîte ou coffret, ou bien de grec *kapsa* qui signifie capsule. Il provient aussi du latin *pigmentum*, matière colorante, terme employé à propos de plantes condimentaires possédant des propriétés tinctoriales. Le sens actuel proviendrait de l'espagnol *pimiento*, de même origine, désignant ce végétal aux fruits brûlants (Couplan, 2012).

### **1-1-Dénomination**

Les fruits du piment ou bien les plantes du genre *Capsicum* ont des noms variables dépendant de la région et du type. Le nom générique piment désigne bien les variétés à petits fruits brûlants tout comme celles à gros fruits doux (Tiwari, 2010 ; Toukam, 2010).

D'après Palloix et al., (2003), trois dénominations sont utilisées en français :

- ✓ «Piment" est le plus commun et le plus général.
- ✓ "Poivron" est un terme utilisé pour caractériser des piments doux à très gros fruits.
- ✓ "Parpika" est un terme qui signifie en français la poudre de piment séché qui peut être douce ou piquante suivant les spécifications.

### **1-2-Origine**

Le piment est originaire du continent américain. On trouve la totalité des espèces sauvages (environ 25) dans cette région. Les formes cultivées ont été domestiquées aux temps préhistorique (Gruben, 2004).

La culture du piment est très ancienne; on pense qu'il est originaire du Brésil. Ce fut l'une des premières plantes cultivée en Amérique du Sud, il y a 7000 ans (Mexique). Les piments sont utilisés pour leurs propriétés multiples (médicinales, culinaires...), comme condiment ou comme légume. Ils ne furent introduits en Europe qu'à la fin du XVe siècle, à la suite des voyages de Christophe Colomb. Après sa découverte par les Espagnols à Saint-Domingue, le piment deviendra rapidement «l'épice du pauvre». En effet, au 17ème et 18ème siècle, les

# *Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (Capsicum spp)*

---

épices importées coûtaient très cher et constituaient un signe extérieur de richesse. Le piment remplaça donc le « poivre d'Inde », très dispendieux (Foury et Pitrat, 2015).

## **2- Données botaniques sur le piment**

### **2-1-Classification taxonomique**

La classification internationale de Cronquist pour le piment est la suivante (Goetz et Le Jeune, 2012).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Subdivision	Spermatophyta
Division	Magniolophyta
Classe	Magniolopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	Capsicum
Espèce	<i>Capsicum annuum</i>

Le piment (*Capsicum*) appartient à la famille des solanacées, laquelle inclue beaucoup de plantes à grand intérêt économique tels que les tomates, la pomme de terre et les aubergines (Coon, 2003 ; González-Zamora et al., 2015 ; Romero-Castillo et al., 2015). C'est un fruit tropical originaire de l'Amérique (Sud et Centrale), puis disséminé en Europe, en Afrique et en Asie (Menichini et al., 2009 ; Zimmer et al., 2012).

# *Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (Capsicum spp)*

---

## **2-2- Morphologie du piment**

Le piment est une plante annuelle, autogame préférentielle et multipliée par semences. Ses feuilles sont ovales, lancéolées, groupées par trois. Ses fleurs sont de couleur blanche pale, à raison de cinq à sept, disposées par paire ou solitaires. Les Capsicums produisent des fruits de forme et de taille variables, verts avant maturité pour prendre des colorations jaunes, rouge ou violacées aux stades les plus avancées (**Messiaen, 1975 ; Doré et Varoquaux, 2006**).

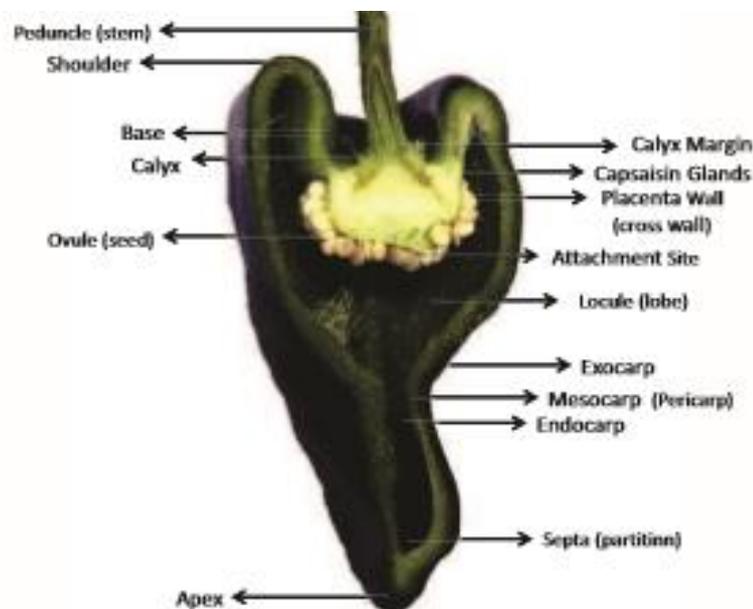
Le fruit peut être allongé, conique, globuleux à 3 ou 4 loges (lisses ou flexueux), sphériques ou plats côtelés. C'est une baie peu charnue renfermant de nombreuses graines jaunâtres sur de très gros placentas (**Bernier et al., 2004 ; Goetz et Le Jeune, 2012**).

Ensuite, les principales parties d'une baie de Capsicum sont identifiées : calice, glandes capsaiques, paroi du placenta, locule, exocarpe, mésocarpe, endocarpe, septa, apex, ovule (graines), base, épaule et pédoncule (figure 1) (**Tallez-Perez, 2013**).

- ✓ Exocarpe : est le terme utilisé pour décrire la couche la plus externe du poivron (peau).
- ✓ Mésocarpe : est la partie médiane charnue qui contient généralement la plus grande partie de l'eau et fournit un support structurel à la cosse.
- ✓ Endocarpe : est la couche intérieure qui entoure les graines et qui est généralement membraneuse (pas très épaisse).
- ✓ Placenta : c'est la partie où les graines s'attachent et se forme principalement au sommet de la gousse de poivre.
- ✓ Graines : sont la petite plante embryonnaire.
- ✓ Calice ou couronne : est le reste de la fleur ou du germe à partir duquel la gousse de piment a commencé sa croissance.
- ✓ Glandes de capsaïcine : ce sont les glandes où la capsaïcine est produite, situées juste entre le placenta et l'endocarpe. La plupart des concentrations se trouvent près du sommet, là où se trouvent les graines.
- ✓ Apex : est le sommet du fruit .
- ✓ Pédoncule : est le terme botanique pour la tige

# Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (*Capsicum spp*)

---



**Figure 1:** Coupe longitudinale d'un piment vert frais (Tallez-Perez, 2013).

## 2-3- Culture et récolte du piment

Le piment (*Capsicum annum*) est une plante herbacée annuelle qui appartient à la famille des Solanaceae, qui est cultivée dans les régions à climat chaud du monde entier, telles que l'Asie, l'Amérique du nord, l'Europe méridionale et centrale, tropicale et subtropicale et l'Afrique (Thampi, 2004).

Selon l'ITCMI(2010), la culture de piment est une culture qui préfère les terres profondes (car il a une racine pivotante qui peut aller jusqu'à 60cm de profondeur), aérées bien drainées, riches en humus.

La plante du piment est exigeante en chaleur, aime les climats tempérés. Les températures exigées sont 20 à 30°C le jour et 15 à 20 °C la nuit. Il s'agit également d'une plante de jours longs, très exigeantes en lumière, tolère un pH de 6.5 à 7, elle est moyennement tolérante en salinité : 1.92 à 3.2 g/l. L'humidité du sol convenable se situe entre 80 à 85 % et celle de l'air

## ***Chapitre I : Origine et caractéristiques botaniques du piment (Capsicum spp)***

de 60 à 70 %. Il peut être récolté à différents stades : avant maturité (vert frais), ou à maturité (rouge frais) sur le même pied (ITCMI, 2010).

### **2-4 -Variétés du piment**

Le genre *Capsicum* comprend 25 espèces sauvages et 5 domestiquées (*C. annum L.*, *C. frutescens L.*, *C. chinense Jacq.*, *C. baccatum Jacq.*, et *C. pubescens L.*) qui incluent plus de 200 variétés, qui varient largement en taille, forme, saveur et chaleur sensorielle (Pino et al., 2011).

Ces fruits varient de non piquants à très piquants, dont la classification la plus populaire des piments est : les piments forts et les piments doux. De plus les piments sont également classés en fonction de leurs caractéristiques morphologiques. Le *Capsicum annum* est l'espèce la plus répandue et la plus cultivée dans les pays tempérées et subtropicales (voir tableau 01), (Bosland et al., 1996 ; Kothari et al., 2010).

**Tableau 01** : Différences morphologiques entre les principales espèces de piments (Krishna De, 2004).

<b>Espèce</b>	<b>Couleur de fleur</b>	<b>Nombre Nœuds/fleur</b>	<b>Couleur des graines.</b>	<b>Construction de calice</b>
<i>C. annum</i>	Blanche	1	Jaunâtre	absent
<i>C. frutescens</i>	Verdâtre	2-5	Jaunâtre	absent
<i>C. chinense</i>	Blanche/ verdâtre	2-5	Jaunâtre	absent
<i>C. baccatum</i>	Blanche avec taches jaunes	1-2	Jaunâtre	absent
<i>C. pubescens</i>	Pourpre	1-2	Noir	absent

*Chapitre II : Production,  
transformation et usages  
du piment (Capsicum spp)*

## *Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (Capsicum spp)*

---

### 1- Production du piment

#### 1-1- Production mondiale

Le piment est l'une des principales productions légumière des pays tropicaux. Il est probablement l'épice la plus importante commercialement après la tomate où l'homme l'utilise sous plusieurs formes (Palloix, 1986) ; Ul-Huq et Arshad, 2010).

Dans le monde entier, la consommation des fruits de *Capsicum* probablement classés parmi les premiers épices ou additifs alimentaires, ne cesse d'augmenter (Kouassi Kouassi et Koffi Nevry, 2012).

L'importance des espèces de *Capsicum* a progressivement augmenté pour devenir l'une des cultures d'épices les plus consommées au monde .En fait, au cours des dix dernières années, cette culture s'est consolidée dans de nombreux pays, présentant une croissance moyenne de 7 % par an dans le monde (Yaldiz et al., 2010).

Le piment est cultivé dans le monde entier et joue un rôle socioéconomique important (Tableau 02) (Sanogo, 2003 ; Charles, 2013 ).

**Tableau 02** : Production du piment dans le monde (FAO, 2015).

Position	Pays	Production en milliers de dollars américains (1000\$)	Production en milliers de tonnes (MT) par ans.
1	Chine	7532128	1600000000
2	Mexique	1120279	2379736
3	Turquie	975472	2072132
4	Indonésie	779864	1656615
5	États-Unis d'Amérique	501263	1064800
6	Espagne	481914	1023700

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (*Capscium spp*)***

7	Égypte	306018	650054
8	Nigéria	235379	500000
9	Algérie	200809	426566
10	Éthiopie	198296	402109
11	Tunisie	175483	372768
12	Pays-Bas	162411	345000
13	République de Corée	142175	302015
14	Palestine	113347	240776
15	Roumanie	97480	207072
16	Italie	90080	191351
17	Ukraine	89302	189700
18	Maroc	85014	180591
19	Grèce	79040	167900
20	Macédoine	78262	166247

### **1-2- Production en Algérie**

Les données statistiques révèlent une augmentation de la production du piment en année en Algérie. Cette évolution de production est due à l'augmentation de la superficie destinée à cette culture d'une part et d'autre part, à l'amélioration des différentes techniques culturales utilisées dans le secteur agricole (voir tableau 03) **(Dehoua, 2018)**.

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (Capsicum spp)***

---

**Tableau 03:** Evolution de la production des piments frais au niveau national (Dehoua, 2018).

<b>Années</b>	<b>Superficie (hectare)</b>	<b>Production (kg)</b>	<b>Rendement (kg/he)</b>
<b>2012/2013</b>	9998	1690280	169,1
<b>2013/2014</b>	10389	1815438	174,7
<b>2014/2015</b>	10284	2144550	208,532672
<b>2015/2016</b>	10289	2335502	228,098642
<b>2016/2017</b>	10589 ,8825	2472574,025	233,484557

### **2-Préparation et consommation du piment**

Les fruits de *Capsicum* sont très appréciés un peu partout dans le monde. Le piment peut être consommé à l'état frais de manière directe, il est souvent associé en mélange avec divers autres légumes. A l'état déshydraté, le piment est utilisé sous forme de poudre et sert dans les assaisonnements des plats, des viandes braisées ect (**Kouassi Kouassi et Koffi Nevry, 2012**).

Il est utilisé avec d'autres ingrédients pour produire des sauces à goût brûlant ou des sauces de piment tel que la Harissa (**Sinha et Petersen, 2011 ; Charles, 2013**).

Les piments peuvent aussi être mis en conserve, marinés, transformés en gelées et en condiments séchés ou fumés (**Sinha et Petersen, 2011**).

### **3-Préservation et transformation de piment**

Afin d'augmenter la durée de vie et le temps de stockage des aliments, plusieurs processus de préservation sont utilisés au niveau de l'industrie agroalimentaire (**Shafiur Rhman, 2007**).

Après la récolte, les piments sont très périssables en raison de leur forte teneur en humidité. En fait, la durée de conservation des poivrons fraîchement récoltés est estimée à 2-3 jours (sans aucune manipulation après récolte) (**Kaleemullah et Kailappan, 2005**).

Il est alors essentiel d'appliquer des procédés de conservation des aliments pour augmenter leur durée de conservation et, par la suite, conserver leurs qualités.

Le piment peut être mis en conserve par le séchage, la congélation, le marinage et le traitement des sauces. Les principales transformations appliquées au piment sont :

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (*Capscium spp*)***

---

### **3-1-Déshydratation**

Son principal objectif est d'éliminer la principale partie d'eau et la ramener à un niveau auquel les réactions de détérioration et de dégradation microbienne sont minimisées ou arrêtées (**Téllez-Pérez et al., 2012**).

Un autre objectif est de réduire le poids et le volume de produits. La qualité des produits séchés dépend énormément des modes de séchage ,mais aussi des conditions de transport (hygrométrie et température) (**Derbel et Ghedria, 2005**) .

Le piment séché est utilisé comme épice, soit sous forme entier ou bien transformé en poudre dont ce dernier peut être mélangé avec d'autres ingrédients. (**Téllez-Pérez et al., 2012**).

### **3-2-Congélation**

La congélation est une méthode largement utilisée pour la conservation des aliments, comme les poivrons. Elle a été utilisée avec succès pour la conservation à long terme de nombreux aliments, offrant une durée de conservation considérablement prolongée. Dans le cas des poivrons, la demande de tranches et de dés de piments crus congelés a considérablement augmenté ces dernières années (**Tallez-Perez, 2013**).

Les piments présentent une forte teneur en eau congelable, si le processus de congélation n'est pas adéquat, des dommages cellulaires importants et plusieurs détériorations physico-chimiques et organoleptiques pourraient avoir lieu. En outre, en raison de ses besoins énergétiques pour la transformation, le stockage et la distribution, ce processus est très consommateur d'énergie (**Tallez-Perez, 2013**).

### **3-3-Saumurage**

Le procédé de saumurage consiste à ajouter des quantités suffisantes de sel et d'acide acétique pour éviter la détérioration microbienne et empêche la prolifération de la majorité des micro-organismes notamment les bactéries (**Bosland et Votava, 2012**).

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (Capsicum spp)***

---

L'efficacité du saumurage pour la conservation est liée à la vitesse de diffusion de l'acide dans toutes les parties du fruit et le temps nécessaire pour atteindre un pH recherché (4,6 ou moins). Le sodium bisulfite (0,5-1% en poids) est le conservateur commun le plus ajouté pour le marinage des piments (**Janick et Paull, 2008**).

### **3-4- Transformation en sauces ou en purée**

La transformation des piments en sauce est un autre procédé de conservation fréquent. En fait, les sauces brûlantes se trouvent dans diverses gastronomies telles que la *Harissa* du Moyen-Orient, l'huile de piment de la Chine (connue sous le nom *Rayu* au Japon, sauces *Habanero* en Amérique centrale et *Sriracha* de la Thaïlande) (**Tellez Perez, 2013**).

### **4-Utilisations du piment**

Le piment est un produit polyvalent connu pour ces usages divers : alimentaire, industriel et pharmaceutique.

#### **4-1- Industrielle et agro-alimentaire**

Le piment constitue une espèce potagère importante vue ses qualités nutritives et organoleptiques (**Denden et al., 2002**).

Dans l'industrie alimentaire, le piment en poudre est ajouté à la charcuterie, au ketchup, à la tomate, à la vinaigrette, au fromage et au chips, ainsi il joue un rôle d'un complément appréciable de calorie, de vitamines, de fibres, de sels minéraux et de protéines. (**Kouassi et Koffi-Nevry, 2012**).

#### **Colorant**

La couleur et l'apparence créent la première impression et influencent grandement l'acceptabilité des aliments ; c'est pourquoi le développement de produits alimentaires ayant une couleur et une apparence attrayantes est un objectif important de l'industrie alimentaire (**Arimboor 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. Il présente une valeur nutritive élevée et il constitue une source très riche en composés bioactifs comme la vitamine C, B et E, les polyphénols, les

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (*Capsicum spp*)***

---

chlorophylles, les caroténoïdes et les sucres. Il contient aussi de nombreux produits chimiques, y compris l'eau, les acides gras, les huiles essentielles, les capsaïcinoïdes, la résine, les protéines, les fibres et les éléments minéraux (**Topuz et al., 2009 ; Zaki et al., 2018**).

L'extrait de paprika est classé comme additif alimentaire (colorant naturel) .Le principal attribut de qualité de cet ingrédient est l'intensité de sa couleur rouge, qui influence à la fois l'acceptation du consommateur et la valeur commerciale (**EFSA, 2015**).

Les oléorésines qui sont des extraits de fruits secs tels le piment (paprika, chili...) sont utiles dans la production de certains aliments et comme colorant de divers produits. Les piments rehaussent la saveur des aliments, généralement les viandes, les céréales et les sauces fades, en augmentant la salivation et la sensation de chaleur dans la bouche (**Meghvansi et al., 2010 ; Kouassi et Koffi-Nevry, 2012**).

### **Gout et saveur**

Le piquant est un autre paramètre de qualité important pour l'utilisation des dérivés du piment. Les caractéristiques de la saveur du piment sont complexes, influencées par les facteurs environnementaux pendant la croissance et le traitement post-récolte (**Eggink et al., 2012**).

La poudre du Paprika pourrait également être utilisée afin de réduire la teneur en nitrite de la pâte de viande ,améliorant sa couleur et abaissant sa rancidité oxydative ,ce qui se traduit par un retard de la formation du mauvaise odeurs(**Martinez et al., 2006 ; Bazan-Lugo et al., 2012**).

### **4-2-Usage pharmaceutique et cosmétique**

Les fruits de *Capsicum* sont employés en médecine traditionnelle pour leurs propriétés antimicrobiennes dues aux métabolites secondaires qu'ils contiennent (**Kouassi et Koffi-Nevry, 2012**).

Bien que les fruits du poivre soient consommés principalement pour leur goût, leur arôme et leur couleur uniques, certaines tribus d'Indiens d'Amérique ont utilisé ces fruits dans la

## ***Chapitre II : Production, transformation et usages du piment (*Capscium spp*)***

---

médecine traditionnelle pour traiter l'asthme, la toux, les maux de gorge et les maux de dents (**Wahyuni et al., 2013**).

L'utilisation d'ingrédients naturels du piment au lieu de conservateurs synthétiques pourrait améliorer les propriétés des produits pharmaceutiques, en évitant les allergies de contact provoquées comme effets secondaires. Ces composés végétaux pourraient également contribuer aux principales allégations de l'industrie cosmétique, qui sont : l'effet anti-âge et la réduction des rides par la lutte contre les radicaux libres et le rayonnement solaire (**Baenas et al., 2018**).

Ainsi qu'en shampoing, savons, gels douche et de nombreux produits de beauté, y compris le maquillage des yeux et les rouges à lèvres.

(URL: [http://www.colormaker.com/natural ingrédients paprika](http://www.colormaker.com/natural%20ingrédients%20paprika)).

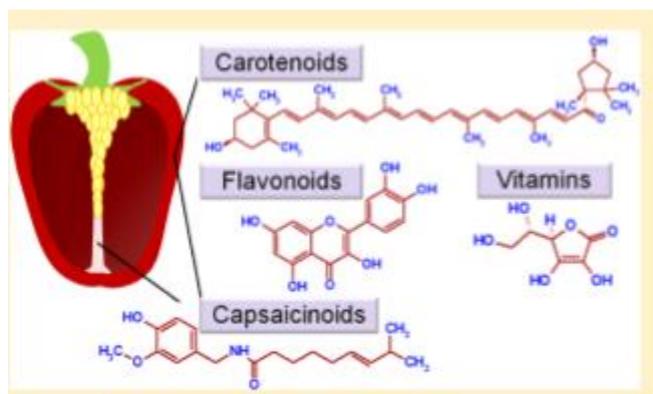
***Chapitre III : Composés bioactifs  
et valeur nutritionnelle du  
piment (Capsicum spp).***

## Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)

### 1-Composition biochimique du piment

Les fruits du piment sont une source riche de capsaïcinoïdes, caroténoïdes (dont certains ont une activité de provitamine A), flavonoids, d'acide ascorbique (vitamine C) et de tocophérols (vitamine E) (figure 02) (Wahyuni et al., 2013).

La quantité et la composition de ces métabolites varient selon les génotypes et sont affectés par de nombreuses conditions telles que la maturité des fruits, les systèmes de culture et les méthodes de transformation. La présence de certains de ces métabolites peut fonctionner comme mécanisme de défense général contre divers stress biotiques et abiotiques (Wahyuni et al., 2013).



**Figure 1:** Les composantes essentielles du fruit du Capsicum (Wahyuni et al., 2013).

Sa composition se distingue par une teneur élevée en eau (83%), et une faible valeur énergétique (25 Kcal pour 100g) (Sinha et Petersen, 2011 ; Samira et al., 2013).

Le piment contient une faible quantité en huiles essentielles mais avec plus de 125 composés. Il contient aussi une quantité considérable en potassium, magnésium et en fer (Sinha et Petersen, 2011 ; Charles, 2013). La valeur nutritionnelle du piment rouge est donnée dans le tableau 04.

Les piments représentent une source excellente en vitamine C, vitamine A et la plupart des vitamines du groupe B (en particulier B6) dont la teneur est plus élevée lorsque le fruit est mûr. Les vitamines C et E ont une activité antioxydantes particulièrement élevée ceux qui permet de réduire le niveau de radicaux libres et de stopper les réactions de peroxydation

### ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)***

---

chez l'homme et par conséquent réduire le risque de maladies cardiovasculaires et certains types de cancers (Baenas et al., 2018).

**Tableau 04** : Composition nutritionnelle du piment rouge (Charles, 2013).

<b>Nutriments</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur pour 100g</b>
Eau		8,5
Energie	Kcal	318
Protéines	g	12,01
Lipides totaux	g	17,27
Carbohydrates	g	56,63
Fibres	g	27,2
Sucres totaux	mg	10,34
Calcium,Ca	mg	148
Vitamine C	mg	76,4
Vitamine B <sub>6</sub>	µg	2450
Vitamine B <sub>12</sub>	UI	0,00
Vitamine A	UI	41,610
Vitamine D	mg	0,00
Vitamine E(alpha tocopherol)	g	29,83
Acides gras saturés	g	3260
Acides gras monoinsaturés	g	2750
Acides gras polyinsaturés	g	8370

## ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)***

---

### **2-Substances bioactives du piment**

Le piment est l'un des légumes les plus consommés dans le monde .Il contient un niveau élevé en composés phytochimiques qui peuvent contribuer à son activité antioxydante. Il représente une source riche en composés phénoliques, capsaïcinoïdes, caroténoïdes, chlorophylles et vitamines (A, B1, B2, B3, C, et E) (**Sanogo, 2003 ; Alvarez-Parrilla et al., 2012**).

La teneur en composés bioactifs diffère selon la partie du fruit (placenta, péricarpe et graines), le cultivar ou la variété, le stade de maturation, le climat et le stockage ainsi que les pratiques de traitement (**Jayaprakasha et al., 2012**).

#### **2-1-Capsaïcinoïdes**

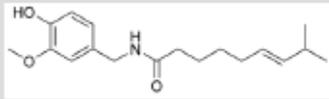
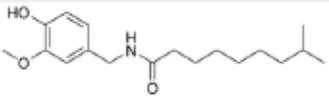
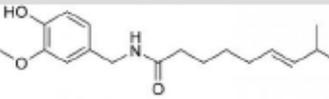
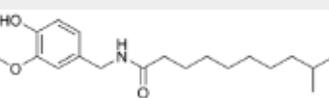
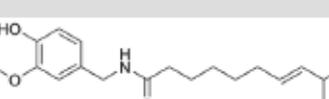
Les capsaïcinoïdes (8-méthyle N-vanillyle 6-nonénamide) sont des composés chimiques actifs de la famille des alcaloïdes, composants actifs du piment, ils produisent une sensation de brûlure dans la bouche. Ces amides ont la caractéristique d'activer les récepteurs à la chaleur de la peau, d'où la sensation de brûlure, alors qu'il n'y a pas d'augmentation de température. Du point de vue biologique, ce composé permet à la plante qui le produit d'être moins exposée à la prédation. La molécule fait partie des métabolites secondaires (**Wahyuni et al., 2013**).

Les capsaïcinoïdes sont des composés qui diffèrent dans la structure des groupements d'acides gras ramifiés (acyle) attachés au cycle benzénique de la vanillylamine (figure 4) (Il y a en fait plusieurs capsaïcinoïdes, présents en différentes proportions dans le piment rouge qui sont : la dihydrocapsaïcine (ou capsaïcine 2), la nordihydrocapsaïcine, la homodihydrocapsaïcine et l'homocapsaïcine (**Jehanne et Raphaëlle, 2012 ; Wahyuni et al.,2013**).

La capsaïcine (CH<sub>27</sub>NO<sub>3</sub>), est la molécule la plus présente dans le piment qui est une substance irritante du groupe des vanillyl-amides localisée au niveau du placenta et dont la plus forte concentration se rencontre au voisinage des graines.Elle représente 71% des capsaïcinoïdes totaux pour la majorité des variétés de piments piquants(**Messiaen, 1975 ; Al-Othman et al., 2011**).

## *Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)*

Le pouvoir brulant (piquant) du piment est exprimé en unité de chaleur Scoville (SHU) développé par Wilbur Scoville basée sur la concentration en capsaïcine dans l'aliment (Zachariah et Gobinath, 2008).

Nom du capsaïcinoïde	Formule topologique	Concentration moyenne en % pour un piment	Mesure en Scoville
Capsaïcine (8-méthyle N-vanillyle 6-nonénamide)		69%	15 000 000-16 000 000
Dihydrocapsaïcine (8-méthyl N-vanillyl nonamide)		22%	15 000 000
Nordihydrocapsaïcine (7-méthyl N-vanillyl octamide)HC		7%	9 100 000
Homodihydrocapsaïcine (9-méthyl N-vanillyl décamide)		1%	8 600 000
Homocapsaïcine (trans-9-méthyl N-vanillyl 7-décénamide)		1%	8 600 000

**Figure 2 :** Types de capsaïcinoïdes(Jehanne et Raphaëlle., 2012).

La plupart des capsaïcinoïdes sont piquants, mais il existe aussi des capsaïcinoïdes non piquants, comme l' $\omega$ -hydroxycapsaïcine ). En outre, un autre groupe de capsaïcinoïdes, non piquants, nommés capsinoïdes, a été retrouvé dans le piment doux *C. annuum* (Wahyuni et al., 2013).

Les capsinoïdes ont la même structure que les capsaïcinoïdes, sauf qu'ils ont un ester à la place de la fonction amide (Wahyuni et al., 2013).

## ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)***

---

### **2-1-1-Propriétés physicochimiques :**

- ✓ **Propriétés physiques:** La molécule de capsaïcine fusionne à 65°C et boue entre 210 et 220°C, elle est faiblement soluble dans l'eau ce qui explique que lorsque nous buvons de l'eau pour estomper la sensation de brûlure du piment, ceci n'a que très peu d'effet. Cependant les capsaïcinoïdes sont solubles dans les solvants organiques polaires comme le chloroforme, l'acétone, l'acétate d'éthyle, le chlorure de méthylène, le méthanol, l'éthanol, l'acétonitrile et autres. Son point d'éclair, c'est-à-dire la température la plus basse où le liquide peut former un mélange inflammable à sa surface, est de 112,18 °C. Cette molécule a un spectre d'absorption maximale à 230 et 280nm. (Santamaria et al., 2000 ; Duarte et al., 2004; Juangsamoot et al., 2012 ; Chen et al., 2013)
- ✓ **Propriétés chimiques:** Les capsaïcinoïdes sont composée de 18 atomes de carbone, de 27 atomes d'hydrogène, d'un atome d'azote et de trois atomes oxygène (Formule Brute : C<sub>18</sub>H<sub>27</sub>NO<sub>3</sub>). Sa masse molaire est de 305,4119 ± 0,0174 g.mol<sup>-1</sup>. Soit les proportions suivantes : C (70,79 %), H (8,91 %), N (4,59 %), O (15,72 %.)  
La capsaïcine pure, très volatile, se cristallise sous forme d'aiguilles incolore (Lafond, 1935).

### **2-1-2--Biosynthèse**

Les capsaïcinoïdes sont synthétisés dans les cellules épidermiques du placenta de fruit de genre *Capsicum* où ils sont accumulés progressivement dans l'épiderme (Diaz et al, 2004 ; Sung et al., 2005)

La biosynthèse de la capsaïcine est bien caractérisée par deux voies essentielles (Aza-González et al., 2011).

➤ **La voie phénylpropanoïde :** c'est une voie qui passe par la synthèse de la fraction vanillylamine via le shikimate / arognate phénylpropanoïde.

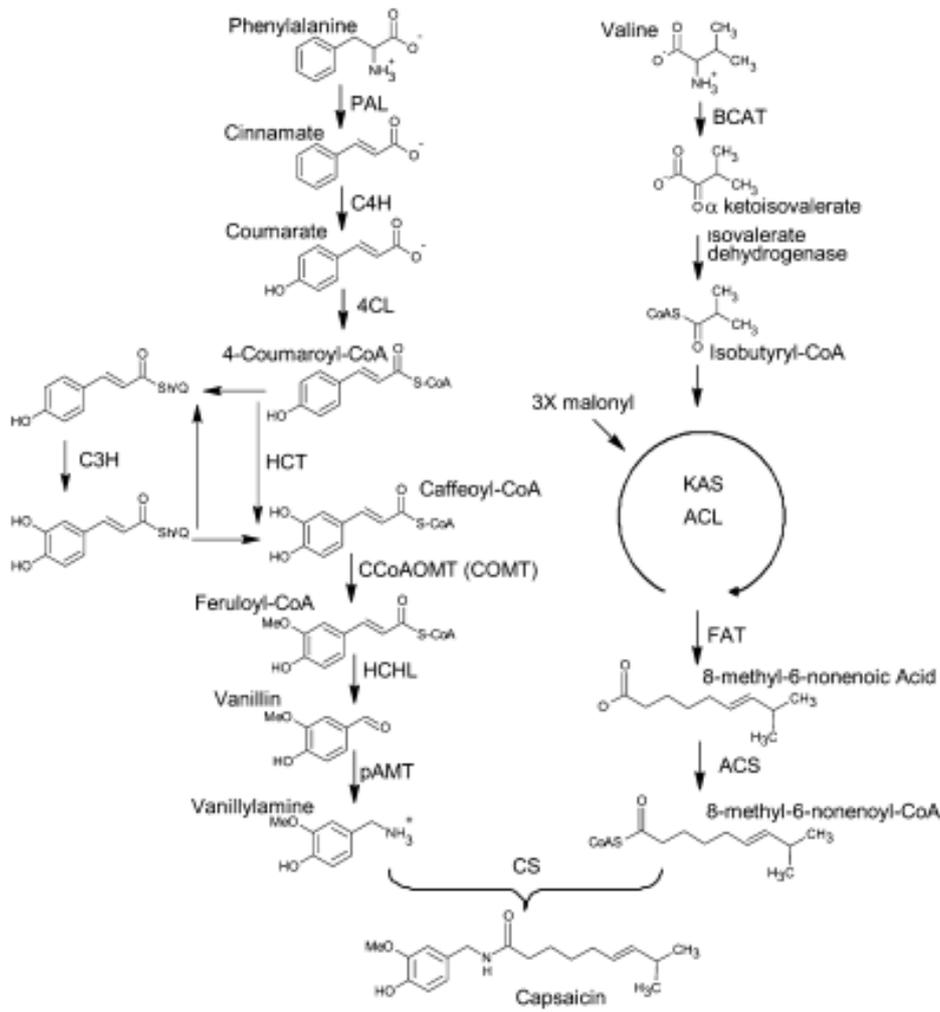
La L-phénylalanine est séquentiellement convertie en acides cinnamique, p-coumarique, caféique et férulique, puis en vanilline et vanillylamine. Les enzymes impliqués dans la voie phénylpropanoïde sont les suivants: phénylalanine ammoniac lyase (PAL), cinnamate 4-hydroxylase (C4H), coumarate 3-hydroxylase (C3H) et O-méthyltransférase d'acide caféique. Ensuite, un clivage β-oxydant dépendant du CoA du feruloyl-CoA a conduit à la formation de vanillyl-CoA, qui serait réduit à la

## *Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)*

vanilline. Il avait été prédit précédemment qu'une aminotransférase devrait être impliquée dans la conversion de la vanilline en vanillylamine (Bennett et Kirby, 1968 ; Walton *et al.*, 2003 ; Sutoh *et al.*, 2006; Lang *et al.*, 2009).

➤ **La voie valine :** dans la deuxième voie, la fraction d'acide gras à chaîne ramifiée (8-methyl-6-nonenoyl acid) de la capsaïcine est dérivée de la valine. Les enzymes impliqués dans cette voie sont les suivants : isovalerate dehydrogenas (BCAT), acide gras tranferase (FAT), acyl CoA synthétase (ACS), ketoacyl-ACP-synthase(KAS), 8-methyl nonenoyl acide deshydrogénase (8MNAD).

- Une étape de condensation finale pour impliquer la vanillylamine et l'acide 8-methyl nonenoïque catalisée par l'enzyme capsaïcine synthase(CS) (figure 04).



**Figure 3 :** Biosynthèse de la capsaïcine (Prasad *et al.*, 2006).

## ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)***

---

### **2-1-3-Intérêt thérapeutique**

Les capsaïcinoïdes sont des alcaloïdes possédants des activités biologiques très intéressantes.

#### **✚ Lutte contre l'obésité :**

Selon **Date et al., (2002)**, l'administration de la capsaïcine favoriserait la perte de poids en réduisant la sécrétion d'une hormone orexigène, la ghréline. En effet la capsaïcine joue un rôle brûle graisses intéressant, car elle transforme les cellules adipeuses blanches, responsables de surpoids, en cellules brunes. Son action accélère le métabolisme et permet ainsi de limiter les risques d'obésité.

La perte de poids par le piment est également le résultat d'un meilleur contrôle de l'insuline, qui soutient la gestion du poids et a des effets positifs pour le traitement de maladies comme l'obésité, le diabète et les troubles cardiovasculaires (**Sharonet al., 2017**).

#### **✚ Traitement de la douleur :**

##### **-Traitement de La douleur neuropathique**

L'exposition prolongée à la capsaïcine entraîne une désensibilisation réversible des nocicepteurs cutanés et donc, une inhibition de la transmission du message douloureux (**Holzer, 2008**).

Il a été démontré que l'utilisation de la capsaïcine par voie orale ou locale peut réduire la chaleur des inflammations et les douleurs de la polyarthrite rhumatoïde ou la fibromyalgie. En outre, la capsaïcine procure un soulagement de l'arthrose (**Fraenkel et al., 2004 ; Luo et al., 2011 ; De Silva et al., 2011**).

#### **✚ Activité anti-microbienne**

La capsaïcine possède des propriétés antimicrobiennes qui ouvrent des portes pour explorer son potentiel en tant que inhibiteur des micro-organismes pathogènes dans les aliments (**Xing et al., 2006**).

La capsaïcine a une bonne activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocitogene*, *Helicobacter pylor* (**Dima et al., 2013**).

## **Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capsicum spp*)**

---

### **✚ Activité anticancéreuse :**

Les capsaïcinoïdes exercent une bonne activité anti-tumorale, dans des cultures cellulaires. La capsaïcine est capable de bloquer la migration des cellules cancéreuses du sein et de tuer celles de la prostate; alors que la dihydrocapsaïcine induit l'autophagie dans les cellules cancéreuses du côlon humain HCT116 (Human Colon Tumor 116) (Oh et al., 2008; Thoennissen et al., 2010; Yang et al., 2010; Luo et al., 2011).

### **2-1-4-Extraction des capsaïcinoïdes**

De nombreuses techniques d'extraction des capsaïcinoïdes des piments ont été étudiées, telles que la macération, le Soxhlet(SOX), l'extraction assistée par ultrasons(UAE), l'extraction au moyen de fluides supercritiques, l'extraction par liquides sous pression(PLE), l'extraction enzymatique et l'extraction assistée par micro-ondes (MAE) (voir tableau 05) (Gerado et al., 2006).

**Tableau 05** : L'efficacité de l'extraction en pourcentage des capsaïcinoïdes de l'échantillon de *Capsicum annum* en utilisant les différentes méthodes d'extraction **Lu et al., 2017)**

<b>Méthodes d'extraction</b>	<b>C</b>	<b>DHC</b>	<b>n-DHC</b>
<b>UAE</b>	85,26 ± 1,35	89,46 ± 1,31	86,72 ± 1,31
<b>MAE</b>	86,36 ± 1,12	88,26 ± 1,21	87,47 ± 1,27
<b>PLE</b>	98,31 ± 1,49	97,27 ± 1,13	97,91 ± 1,05
<b>SOX</b>	88,31 ± 1,03	87,32 ± 1,22	1,13

C : Capsaïcine ; DHC : Dihydrocapsaïcine ; n-DHC : nor-dihydrocapsaïcine ;UAE : Extraction assistée par ultrasons ; MAE : Extraction assistée par micro-ondes ; PLE : Extraction par liquides sous pression ; SOX : Soxhlet.

## **Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)**

---

### **2-2 -Polyphénols**

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des molécules qui appartiennent au métabolismes secondaires et polyphénols constituent un groupe important de métabolites secondaires. Environ 100000 composés ont été caractérisés dont la plupart sont principalement formés à partir de deux acides aminés aromatiques; la tyrosine et la phénylalanine (**Guignard, 2000**).

Les phénols sont des molécules très diversifiées constituées d'un ou plusieurs cycles benzéniques pourtant une ou plusieurs fonctions hydroxyles.les formes les plus simples sont représentés par deux principaux groupes dont dérivent de nombreux composés :Les acides hydroxycinnamique et les flavonoïdes (**Macheix et al., 2005**).

En plus des capsaïcinoïdes,trois types de composés phénoliques ont été caractérisés et quantifiés dans différentes variétés de piments; à savoir les flavonoïdes, les acides phénoliques et un stilbène(voir tableau 06). selon **Materska et Perucka, (2005)**, leurs teneurs différent selon la variété mais également selon le stade de maturation (figure 5).

**Tableau 06:**Teneurs en composés phénoliques de quelques variétés de piments (**Medina-Juárez et al., 2012**).

Concentration (mg/100g)	Variétés				
	Anaheim	Bell	Caribe	Jalapeno	Serrano
<b>Polyphénols totaux (EAG)</b>	97,99	103,26	154,30	59,34	94,85
<b>Acide gallique</b>	69,30	81,80	101,30	49,10	94,60
<b>Acide caféique</b>	2,20	1,10	1,00	0,20	0,20

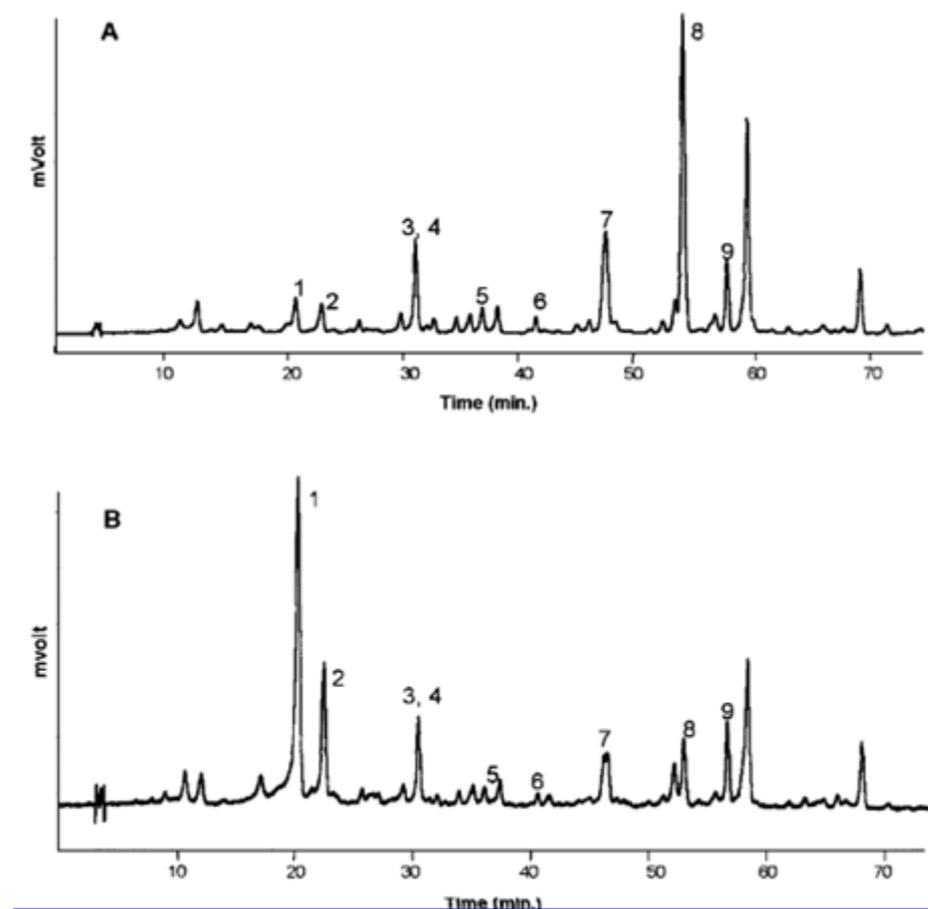
**Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)**

---

<b>Acide chlorogénique</b>	0,97	0,49	1,79	0,20	0,70
<b>Flavonoïdes (EQ)</b>	25,38	38,64	60,36	28,77	32,73
<b>Catéchine</b>	3,68	1,85	3,47	0,11	1,03
<b>Épicatéchine</b>	7,35	3,70	7,93	0,10	1,17
<b>Rutine</b>	0,38	1,90	7,90	0,20	1,98
<b>Lutéoline</b>	0,35	4,75	5,09	0,20	0,57
<b>Stilbène -Resvératrol</b>	0,38	1,22	1,45	Nd	0,80

**EAG:** équivalent acide gallique; **EQ:** équivalent quercétine; **ND:** non détecté.

## Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)



**Figure 4** : Les composés phénoliques dans le piment (A) vert et (B) rouge (Materska et Perucka, 2005).

Les pics les lecorrespondent à :

- 1, *trans*-pferuloyl- $\beta$ -D-glucopyranoside
- 2, *trans*-p-sinapoyl- $\beta$ -D-glucopyranoside
- 3, quercetin 3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranoside-7-O- $\alpha$ -D-glucopyranoside.
- 4, *trans*-ferulyl alcohol-4-O-[6-(2-methyl-3-hydroxypropionyl) glucopyranoside.
- 5, luteolin 6-C- $\beta$ -D-glucopyranoside-8-C- $\alpha$ -L-arabinopyranoside.
- 6, apigenin 6-C- $\beta$ -D-glucopyranoside-8-C- $\alpha$ -L-arabinopyranoside.
- 7, luteolin 7-O-[2-( $\beta$ -D-apiofuranosyl)-  $\beta$ -D-glucopyranoside].
- 8, quercetin 3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranoside.

## ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)***

---

9, *luteolin* 7-O-[2-( $\beta$ -D-apiofuranosyl)-4-( $\beta$ -D-glucopyranosyl)-6-malonyl]- $\beta$ -D-glucopyranoside.

### **2-2-1-Propriétés physico-chimiques**

- ✓ Les phénols sont des molécules associées par des liaisons hydrogène, donc peu volatiles (**Simirgiotis et Schmeda Hirschmann, 2010**).
- ✓ La solubilité des flavonoïdes dans l'eau et dans des solvants très apolaires est faible et dépendante du pH (**Anthoni, 2007**).
- ✓ Les acides phénoliques sont généralement caractérisés par des maximums d'absorption entre 254-320 nm (**Wen et al., 2005 ; Garcia-Perez, 2008**).
- ✓ Les spectres UV des flavonoïdes permettent d'observer deux bandes d'absorption principales dans la région 240-400 nm (**Harborne et Williams, 2000**).

### **2-2-2-Activité antioxydante**

La texture chimique des composés phénoliques tels que les flavonoïdes et certains acides phénoliques comme l'acide gallique fait qu'ils se prêtent comme de potentiels antioxydants l'activité antioxydante du piments a fait l'objet de divers travaux en fait, elle dépend principalement de la variété et du solvant utilisé (**Materska et Perucka, 2005; Deepa et al., 2006 ; Bae et al., 2012 ; Chen et Kang, 2013**).

### **2-2-3 Activité antimicrobienne**

Certains composés phénoliques comme les flavonoïdes et les acides phénoliques possèdent une remarquable activité microbienne (**Özçelik et al., 2011**).

Dans cette optique, les travaux de **Gurnani et al., (2015)** sur l'activité antibactérienne et antifongique des extraits de piments ont démontré un effet intéressant inhibiteur sur certaines souches pathogènes (tableau 07).

### **Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)**

**Tableau 07** : L'activité antimicrobienne des extraits bruts de graines de *C.frutescens* (zone d'inhibition en nm, à l'exclusion du diamètre des puits/disques) (Gurnani *et al.*, 2015)

Nom du microorganisme	Extrait de n-Hexane	Extrait de Chloroforme	Control positif
<i>Escherichia coli</i>	10 ± 0,52	08± 1,32	06± 0,34
<i>Salmonella typhi</i>	5 ± 0,81	06 ± 0,81	18 ± 1,3
<i>Proteus vulgaris</i>	5,5± 1,0	7 ± 0,5	16 ± 1,5
<i>Pseudomonas aerogenosa</i>	14 ± 1,3	13 ± 1,7	10 ± 0,86
<i>Klebsilla pneumoniae</i>	12 ± 0,5	13 ± 2,0	10 ± 2,59
<i>Bacillus cereus</i>	10 ± 1,0	10 ± 1,8	19 ± 1,78
<i>Staphylococcus aureus</i>	14 ± 0,5	15 ± 1,32	8 ± 0,62
<i>Staphylococcus aureus</i> MRSA	5 ± 0,2	0	13 ± 0,5
<i>Candida albicans</i>	13 ± 1,74	20 ± 0,43	18 ± 0,90
<i>Candida krusei</i>	12 ± 1,03	14 ± 1,51	11 ± 0,86
<i>Alternaria alternata</i>	11 ± 0,62	0	14± 0,45
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	15 ± 0,33
<i>Aspergillus nige</i>	16 ± 1,0	0	17 ± 0,50

Les données sont exprimées comme la moyenne ± l'écart-type de trois expériences distinctes.

## *Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)*

### **2-3- Caroténoïdes**

Les caroténoïdes représentent un groupe de micronutriments qui peuvent se trouver dans plusieurs fruits et légumes où ils sont à l'origine de leur coloration qui varie du jaune au rouge violacé (Maiani et al., 2009). Ils sont largement répandus dans la nature et sont synthétisés par tous les organismes photosynthétiques (cyanobactéries, algues et plantes) ainsi que des microorganismes non photosynthétiques, tels que les champignons et certaines bactéries (Gómez-García et Ochoa-Alejo., 2013).

Les caroténoïdes sont des composés isoprénoïdes qui consistent en huit unités d'isoprène (ip) attachées dans un motif tête-queue (figure 6) où l'ordre des doubles liaisons est inversé au centre de la molécule. (Gómez-García et Ochoa-Alejo., 2013). Le lycopène est une molécule linéaire (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>) qui représente le point de départ dont tous les caroténoïdes (figure 6) qui en dérivent par cyclisation, oxydation et déshydrogénation (Tanaka et al., 2008; Cazzonelli., 2011).



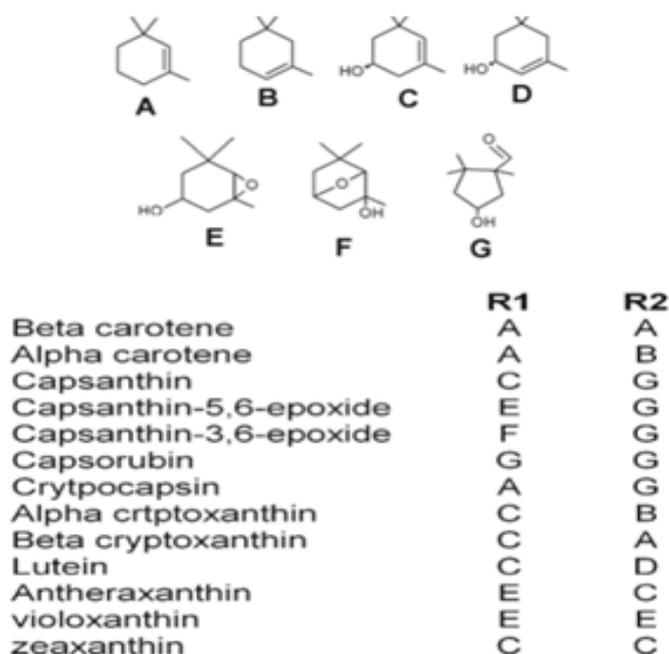
**Figure 6:** La structure de base des caroténoïdes (Arimboor et al., 2014).

#### **2-3-1-Caroténoïdes du piment**

Les caroténoïdes cétoniques uniques sont la capsanthine, la capsorubine et la cryptocapsine donnent des couleurs rouges brillantes ou des couleurs vives, tandis que les couleurs jaunes ou orange proviennent de  $\beta$ -carotène, zeaxanthin, violaxanthin et  $\beta$ -cryptoxanthin (figure 7) (Arimboor et al., 2014).

La capsanthine représente 30 à 70 % des caroténoïdes dans la plupart des variétés et cultivars du piment. Les proportions de capsanthine et de capsorubine augmentent aux stades avancés de la maturation (Deli et al., 1996).

## *Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)*



**Figure 7** : Structure des principaux caroténoïdes dans le piment (Arimboor et *al.*, 2014).

### 2-3-2-Propriétés physico-chimiques

Selon (Zaghdoudi, 2015) :

- ✓ Les caroténoïdes sont des molécules extrêmement hydrophobes qui présentent donc une faible solubilité dans l'eau.
- ✓ Ces composés sont solubles dans les solvants organiques tel que : l'acétone, l'éthanol.
- ✓ Le système conjugué de doubles liaisons des caroténoïdes constitue le chromophore qui absorbe la lumière UV-visible généralement entre 400 et 600 nm.
- ✓ Les caroténoïdes sont une famille de molécules thermolabiles, sensibles à la température et à l'oxygène. Leurs structures chimiques insaturées les rendent peu stables et plus réactives.

## ***Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (*Capscium spp*)***

---

### **2-3-3-Intérêt thérapeutique**

Des études d'observation décrivant la relation inverse entre les incidents de maladies chroniques chez l'homme et la consommation de régimes riches en caroténoïdes sont disponibles. Les caroténoïdes réduisent le stress oxydatif inhibent les cellules cancéreuses et offrent une protection contre les maladies cardio - vasculaires la dégénérescence musculaire et la cataracte (Arimboor et al., 2014).

#### **✚ Activité anticancéreuse**

Il a été montré que les caroténoïdes sont impliquées dans la prévention du cancer, depuis 1981, lorsque Peto et al., (1981) expliquent que la prévention du cancer peut se faire via un régime riche en  $\beta$ -carotène.

#### **✓ $\beta$ -cryptoxanthine**

Il a été reporté qu'un régime riche en  $\beta$ -cryptoxanthine affecte la carcinogenèse du colon après une accumulation au niveau de la muqueuse colonique. Des études menées sur des rats ont montré que l'administration de 25 ppm de  $\beta$ -cryptoxanthine pendant 30 semaines dans le régime nutritionnel supprime la N-méthylnitrosamine, responsable du cancer du colon (Narisawa et al., 1999).

#### **✓ Lycopène**

Le lycopène est un carotène acyclique linéaire qui présente des effets inhibiteurs pour certains cancers (côlon, et vessie). Un apport en lycopène diminue le risque du cancer de prostate à 53%. Dans une autre étude menée sur un modèle humain, les auteurs ont montré que l'apport quotidien de 30 mg de lycopène par jour diminue la croissance du cancer de prostate. L'apport de 30 mg de lycopène par jour augmente sa concentration au niveau du sérum et de la prostate 2 fois et 2,9 fois respectivement, et l'antigène spécifique de la prostate (PSA) a diminué de 17 % (Kucuk et al., 2001 ; Giovannucci et al., 2002 ; Hu et al., 2006 ; Lian et al., 2007).

## *Chapitre III : Composés bioactifs et valeur nutritionnelle du piment (Capsicum spp)*

---

### **Activité antioxydante**

Les caroténoïdes sont des pigments qui jouent un rôle majeur dans la protection des plantes contre les processus photooxydants. Ce sont des antioxydants efficaces qui éliminent l'oxygène moléculaire singlets et les radicaux peroxydes. Dans l'organisme humain, les caroténoïdes font partie du système de défense antioxydant. Ils interagissent en synergie avec d'autres antioxydants (**Stahl et Sies, 2003**).

## **Conclusion**

Les plantes représentent une source de principes actifs inépuisable et renouvelable, dont l'usage traditionnel et médical est connu depuis bien longtemps

Le piment est l'un des légumes les plus consommés dans le monde. Son importance tient des différents usages dont il est l'objet. Il occupe une place importante dans la culture humaine depuis la préhistoire dans de nombreux pays.

En plus de ses caractéristiques sensorielles, telles que le piquant, l'arôme et la couleur, le piment est une source importante de composés bioactifs qui offrent des avantages pour la santé des consommateurs, y compris les vitamines C et E, la provitamine A, les caroténoïdes et les composés phénoliques. La teneur en ces substances phytochimiques diffère selon la partie du fruit (placenta, le péricarpe et les graines), le cultivar ou la variété, le stade de maturation, le climat et les conditions du stockage ainsi que les pratiques du traitement.

Cette étude nous a permis de conclure que, polyphénols, et caroténoïdes du piment sont de bons antioxydants qui pourraient être utilisés pour lutter contre les radicaux libres et les problèmes de santé qui peuvent résulter de leur présence ainsi que la réduction des risques de nombreuses maladies comme le cancer et les maladies cardiovasculaires.

Les capsaïcinoïdes qui sont des composés actifs responsables de la saveur piquante et épicée du piment possèdent des activités biologiques très intéressantes (activité antimicrobienne, activité anticancéreuse, la cardioprotection, la perte de poids...)

De ce fait diverses méthodes d'extraction de ces composés à partir du piment ont été développées avec des rendements élevés (Soxhlet, extraction assisté aux ultrasons, extraction assistée aux micro-ondes...). Ces méthodes dépendent de la température, le temps d'extraction, le volume de solvant de l'échantillon, la répétabilité et la reproductibilité des méthodes.

En vue de cette pandémie qui endure le pays, on n'a pas pu réaliser notre stage. On a bien voulu réaliser l'extraction de la capsaïcine à partir d'une variété locale du piment (*Capsicum annum L*) et l'introduire dans un aliment comme un agent conservateur et faire aussi une étude sur une variété du piment sauvage tel que (*Capsicum chacoence*).

# Bibliographie

-a-

**-Al-Othman Z A, Hadj Ahmed Y B, Habila M A et Abdel Ghafar A. (2011).**

Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruit Samples using High Performance Liquid Chromatography. *Molecules*, 16: 8919-8929.

**-Alvarez-Parrilla E, De La Rosa L A, Amarowicz R. et Shahidi F. (2012).** Protective effect of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers against food lipid and human LDL cholesterol oxidation. *Food Chemistry*. 133: 827–834.

**-Amiot M J, Coxam V et Strigler F. (2012).** Les phytomicronutriments. Edition TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 386 p.

**-Anthoni, J. (2007).** Synthèse enzymatique, modélisation moléculaire et caractérisation d'oligomères de flavonoïdes. Thèse à l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

**-Aza-González C, Núñez-Palenius H G et Ochoa-Alejo N. (2011).** Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp). *Plant Cell Rep* 30, 695–706.

-B-

**-Bae H, Jayaprakasha G K, Jifon J, Patil B S. (2012).** Variation of antioxidant activity and the levels of bioactive compounds in lipophilic and hydrophilic extracts from hot pepper (*Capsicum* spp) cultivars. *Food Chemistry*, 134 (4) : 1912-1918.

**-Baenas, N., Belović, M., Ilic, N., Moreno, D.A., García-Viguera, C.(2018).** Industrial use of pepper (*Capsicum annum*L.) derived products: technological benefits and biological advantages, *Food Chemistry*

**-Bazan-Lugo E, Garcia-Martinez I, Alfaro-Rodriguez R H et Totosa A. (2012).** Color compensation in nitrite-reduced meat batters incorporating paprika or tomato paste. *J Sci Food Agricultur*, 92(8), 1627-1632.

**-Bennett DJ et Kirby GW. (1968).** Constitution and biosynthesis of capsaicin. *Journal de la société chimique C: organique*, 0 :1- 4088.

**-Bernier P D, Borvano M, Ougasta F. (2004).**Syndrome du côlon irritable. Manuel de nutrition clinique en ligne. Ordre professionnel des diététistes du Québec P12.

**-Bosland P W, Votava E J et Votava E M. (2012).** Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. Volume 22 de Crop production science in horticulture. CAIB, p 91-160-

-C-

**-Cazzonelli C I. (2011).** Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Functional Plant Biology*, 38 (11) : 833-847.

**-Chales D J. (2013).** Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. © Springer Science+Business Media New York. pp 25-193.

**-Chen L et Kang Y-H.(2013).** Anti-inflammatory and antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum* L.) stalk extracts: Comparison of pericarp and placenta extracts. *Journal of Functional Foods*. 5: 1724 –1731.

**-Coon, D. (2003).** Chile Peppers: Heating up Hispanic foods. *Food. Tech*, 57(1):39-43.

**-Couplan F. (2012).** Les plantes et leurs noms : Histoires insolites. Editions Quae. pp 153-154.

-D-

**-Date Y, Murakami N, Toshinai K, Matsukura S, Nijima A, Matsuo H, Kangawa K, Nakazato M. (2002).**The role of the gastric afferent vagal nerve in ghrelin-induced feeding and growth hormone secretion in rats. *Gastroenterology*, 123:1120-8.

**-De Silva V, El-Metwally A, Ernst E, Lewith G, Macfarlane GJ. (2011).** Arthritis Research Campaign working group on complementary and alternative medicines.Evidence for the efficacy of complementary and alternative medicines in the management of fibromyalgia: a systematic review. *Rheumatology (Oxford)*, 50(5):911-20.

**-Deepa N, Kaur C, Singh B, Kapoor H C. (2006).**Antioxydant activity in some red sweet pepper cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (2006) : 572-578.

**-Deli J. Matus Z, Toth G. (1996).**Carotenoid composition in the fruits of *Capsicum annum* Cv .Szentesi Kosszarvu during Ripening.Journal of Agricultural and Food Chemistry,44(3) :711-716.

**- Denden M., Bouslama M., Morjène H., Mathlouthi M., Bouaouina T., Chéour.F.(2002).**Comparaison des effets des couvertures en polyéthylène des abri-serres de première et de deuxième année d'utilisation sur la croissance et le développement du piment fort (*Capsicum annum L*).Tropicultura, 20(1) : 4-9.

**-Derbel S et Ghedria K. (2005).** Les phytonutriments et leur impact sur la santé.Phytothérapie et Nutrition. © Springer.1: 28-34.

**-Dehoua A. (2018).**Valorisation du paprika douce en tant que colorant et conservateur dans la fabrication du cachère.Sciences agronomiques.Université de Bouira.

**-Díaz J, Pomar F, Bernal A et Merino F.(2004).** Peroxidases and the metabolism of capsaicin in *Capsicum annum L*. Phytochemistry Reviews, 3 : 141–157.

**- Dima C, Coman C, Cotârle M, Alexe P, Dima S.(2013).**Antioxidant And Antibacterial Properties Of Capsaicine Microemulsions.Journal of Food Technology ,37(1) : 39-49.

**-Dore C et Varoquaux F.(2006).**Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Collection Savoir faire. Editions Quae. pp 543.

**-Duarte C, Martins M M, Gouveia A F, Da Costa S B Leitao, A. E. et Gil M G B. (2004).** Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens L.*). J. Supercrit. Fluids, 30: 155-161.

-E-

**-EFSA . (2015).**European Food Safety Authority.

**-Eggink PM, Maliepaard C, Tikunov Y, Haanstra JPW, Bovy AG, Visser RGF. (2012).** A taste of sweet pepper: volatile and non-volatile chemical composition of fresh sweet pepper (*Capsicum annum*) in relation to sensory evaluation of taste. Food Chemistry, 132(1):301-310.

-F-

**-FAO. (2015).** Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

**-Foury C et Pitrat M.(2015).** Histoires de légumes pour la science, p200.

**-Fraenkel L, Bogardus J S T, Concato J, Wittink D R. (2004).** Treatment options in knee osteoarthritis: the patient's perspective. Arch. Intern. Med, 164: 1299–1304.

-G-

**-Garcia-Perez, M.E. (2008).** Caractérisation de composés phénoliques des extraits de ramilles du bouleau jaune: Etude de leur capacité antioxydante. Université Laval

**-Gerado F b , Palma M, Barroso C G. (2006).**Determination of capsaicinoids in peppers by microwave-assisted extraction-high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. Analytica Chimica Acta, 578 (2) : 227-233.

**-Giovannucci E, Ascherio A, Rimm E B, Stampfer M J, Colditz G A, Willett W C. (1995).** Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. Journal of the National Cancer Institute. 87 :1767-1776.

**-González-Zamora, A, Sierra-Campos E, Pérez-Morales R, Vázquez-Vázquez C, Gallegos Robles, M A, López-Martínez J D, García-Hernández J A. (2015).** Measurement of Capsaicinoids in Chiltepin Hot Pepper: A Comparison Study between Spectrophotometric Method and High Performance Liquid Chromatography Analysis. Journal of Chemistry. 2015, ID,709150, p10.

**-Goetz P et Le Jeune R.(2012).** Capsicum annuum et Capsicum frutescens Piment. Phytothérapie. 10:126–130.

**-Gómez-García M D R et Ochoa-Alejo N. (2013).** Biochemistry and Molecular Biology of Carotenoid Biosynthesis in Chili Peppers (*Capsicum spp.*) International Journal of Molecular Sciences ,14(9) :19025-19053.

**-Gruben G T H et Denton OA.(2004).** Légumes. Volume 2 de Ressources végétales de l'Afrique tropicale. PROTA. Pays-Bas. pp 173-174.

**-Guignard J. (2000).** Biochimie végétale. 2ème édition Dunod .pp188.

**-Gurnani N, Gupta M, Mehta D, Mehta B K. (2015).** Chemical composition, total phenolic and flavonoid, and *in vitro* antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L). *Journal of Taibah University for Science*, 10 (4) : 462-470.

-H-

**- Harborne J B, Williams C A. (2000).** Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55, 481–504.

**-Holzer P. (2008).** The pharmacological challenge to tame the transient receptor potential vanilloid-1 (TRPV1) nociceptor. *British Journal of Pharmacology*, 155 (8) :1145-1162.

**-Hu K Q, Liu C, Ernst H, Krinsky N I, Russell R M Wang X D. (2006).** The biochemical characterization of ferret carotene-9', 10'-monooxygenase catalyzing cleavage of carotenoids *in vivo* and *in vitro*. *The Journal of Biological Chemistry*, 281 :19327-19338.

-I-

**-ITCMI.(2010).**Fiches techniques valorisées des cultures maraichères et industrielles

**-Iqbal Q, Amjad M, Muhammad Rafique Asi M. R, Agustin Ariño A. (2013).** Characterization of Capsaicinoids and Antioxidants in Hot Peppers as Influenced by Hybrid and Harvesting Stage. *Plant Foods Hum Nutr.* 68:358–363.

-J-

**-Janick J et Paull R E. (2008).** *The Encyclopedia of fruit and Nuts.* CABI, p 865.

**-Jayaprakasha, G. K., Bae, H., Crosby, K., Jifon, J. L., et Patil, B. S. (2012).** Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. In *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds*, 1109 (pp. 43-56): American Chemical Society.

**-Jehanne Marie et Raphaëlle. (2012).** © Le piment.

**-Juangsamoot J, Ruangviriyachai C, Techawongstien S, Chanthai S. (2012).** Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in some hot chilli varieties by RP-

HPLC-PDA after magnetic stirring extraction and clean up with C18 cartridge. International Food Research Journal, 19 (3): 1217-1226.

-K-

**-Kaleemullah S et Kailappan S.(2005).** Drying Kinetics of red Chillies in Rotary Dryer. Biosystems Engineering, 92 (1): 15-23.

**-Karnka R, Rayanakorn M, Watanesk ., Vaneesorn Y. (2002).** Optimization of high-performance liquid chromatographic parameters for the determination of capsaicinoid compounds using the simplex method. Anal Sci, 18: 5-661..

**-Kothari S L, Joshi A, Kachhwaha S, Ochoa-Alejo N. (2010).** Chilli peppers A review on tissue culture and transgenesis. Biotechnology Advances. 28: 35-48.

**-Kouassi Kouassi C et Koffi-Nevry R.(2012).** Evaluation de la connaissance et utilisation des variétés de piment (*Capsicum*) cultivées en Côte d'Ivoire. International Journal of Biological and Chemical Science. 6(1): 175-185.

**-Krishna De A. (2004).** *Capsicum*: The genus *Capsicum*. Medicinal and Aromatic Plants Industrial Profiles. CRC Press, Taylor & Francis e-Library. pp13.

**-Kucuk O, Sakar F H, Sakr W, Djuric Z, Pollak M N, Khachik F, Li Y W, Banerjee M, Grignon D, Bertram J S. (2001).** Phase II randomized clinical trial of lycopene supplementation before radical prostatectomy. Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention, 10: 861-868.

-L-

**-Lafond R. (1935).** Les poivrons rouges. Th. Doct. Un. Phar. p63.

**-Lang Y, Kisaka H, Sugiyama R, Nomura K, Morita A, Watanabe T, Tanaka Y, Yazawa S, Miwa T. (2009).** Functional loss of pAMT results in biosynthesis of capsinoids, capsaicinoid analogs, in *Capsicum annuum* cv. CH-19 Sweet. The Plant Journal, 59(6) : 953-961.

**-Lopez-Hernandez J, Oruna-Concha M J, Simal-Lozano J, Vazquez-Blanco et Gonzalez-Castro. (1996).** Chemical composition of Padron peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in Galicia (N.W. Spain). *Food chem*, 57(4): 557-559.

**-Lian F, Smith D E, Ernst H, Russell R M, Wang X D. (2007).** Apo-10'-lycopenoic acid inhibits lung cancer cell growth in vitro, and suppresses lung tumorigenesis in the A/J mouse model in vivo. *Carcinogenesis.*, 28 :1567-1574.

**-Liu C L, Huang Y S, Hosokawa M, Miyashita K, Hu ML .(2009).** Inhibition of proliferation of a hepatoma cell line by fucoxanthin in relation to cell cycle arrest and enhanced gap junctional intercellular communication. *Chemico-Biological Interactions*, 182 :165-172.

-M-

**-Macheix J J, Fleuriet A, Jay-Allemand C. (2005).** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *Bio ed.* 54-65.

**-Maiani G, Caston M G P, Catasta G, Toti E, Cambrodon I-G, Bysted A, Granado-Lorenzo F, Olmedilla-Alonso B, Knuthsen P, Valoti M, Bohm V, Mayer-Miebach E, Behnlian D, Schlemmer U. (2009).** Carotenoids : Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53 :194-218.

**-Martínez L, Cilla I, Antonio Beltrán J, et Roncalés P. (2006).** Effect of *Capsicum annuum* (red Sweet and cayenne) and *Piper nigrum* (black and white) pepper powders on the shelf life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 71(1) :48-53.

**-Materska M, Perucka I (2005).** Antioxydant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53(5) : 1750-1756.

**-Medina-Juárez L A, Molina-Quijada D, Del Toro C, Gonzálezaguilar G, Gámez-Meza N.(2012).** Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*, 37(8) : 93-588.

**-Meghvansi M K, Siddoqi S, Haneef Khan Md, Gupta VK, Vairale MG, Gogoi HK, Singh L. (2010).** Naga chilli :a potentiel source of capsaicinoids with broad-spectrum ethnopharmacological applications. *Journal of ethnopharmacology*, 132 (1):1-14.

**-Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo M R, Conforti F, Statti G De, Cindio B, Houghton P J. (2009).** The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv habanero. *Food Chemistry*, 114: 553–560.

**-Messiaen C M.(1975).** Le potager tropical, tome 2 : cultures spéciales. Collection « Techniques vivantes ». Presses Universitaires de France, 197 p.

**-Mokhtar M. (2015).** Identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*Capsicum annum* L).Thèse de doctorat en Sciences.Université du Mostaganem.

**- Lu M, Ho C-T, Huang Q. (2017).**Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids.*Journal of Food and Drug Analysis*, 25 (1) : 27-36.

- N-

**-Narisawa T, Fukaura Y, Hasebe M, Ito M, Aizawa R, Murakoshi M, Uemura S, Khachik F, Nishino H. (1996).**Inhibitory effects of natural carotenoids ,  $\alpha$ -carotene ,  $\beta$ -carotene, lycopene and lutein, on colonic aberrant crypt foci formation in rats. *Cancer Letters*, 107(1) :137-142.

-O-

**-Oh S H, Kim Y S, Lim S C, Hou Y F, Chang I.Y, You H.J. (2008).** Dihydrocapsaicin (DHC), a saturated structural analog of capsaicin, induces autophagy in human cancer cells in a catalase-regulated manner. *Autophagy*, 4: 1009–1019.

**-Opal J W, GS V R,Valérie O, Jianming D. (2004).**Microwave-Assisted E xtraction of capsaicinoids from capsicum fruits.*Journal of Food Biochemistry*,28(2) :113-122.

**-Özçelik B, K M, Orhan I. (2011).** Cytotoxicity, antiviral and antimicrobial activities of alkaloids, flavonoids, and phenolic acids. *Partrmaceutical Biology*, 49 (4) : 396-402.

-P-

**-Palloix A.(1986).** Potentiel et limites d'une résistance polygénique : la résistance du piment (*Capsicum annuum*) à *Phytophthora capsici*. Thèse de doctorat en Sciences Génétique et amélioration des plantes.Université de Lyon.

**-Palloix A, Daubeze A M et Pochard E. (2003).** Piments. IN: PITRAT M. et FOURY C. Histoires de légumes: des origines à l'orée du XXIe siècle. Editions INRA, Paris. pp 279-283.

**-Peto R. (1977).** In *Origins of Human Cancer*, eds H. H. Hiatt, J. D. Watson & J. D. Winsten. Cold Spring Harbor, New York.

**-Pino J, Fuentes V, Barrios O. (2011).** Volatile constituents of Cachucha peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) grown in Cuba. *Food Chemistry*, 125 (3) : 860-864.

**-Prasad B C N, Bhaskar H, Kumar V, Giridhar P, Parimalan R, Sharma A, Ashwathanarayana G. (2006).** Influence of 8-Methyl-nonenoic Acid on capsaicin biosynthesis in in vivo and in-vitro cell cultures of *Capsicum* spp. *Journal of Agricultural. Food Chemistry*, 54: 1854–1859.

-R-

**-Romero-Castillo R A, Roy Choudhury S, León-Félix J, Pandey S. (2015).** Characterization of the heterotrimeric G-protein family and its transmembrane regulator from capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Plant Science*, 234:97-109.

-S-

**-Samira A, Woldetsadik K e t Workneh T S. (2013).** Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. *J Food Sci Technol*. 50(5): 842–855.

**-Sanogo S. (2003).** Chile Pepper and the Threat of Wilt Diseases. © Plant Management Network. *Plant Health Progress*, 4(1) : 1025-1535.

**-Santamaria R I, Reyes-Duarte M D, Barzana E, Fernando D, GamaMoto M et Lopez Munguim A. (2000).** Selective enzyme-mediated extraction of capsaicinoids and

carotenoids from chili guajillo puya (*Capsicum annuum* L.) using ethanol as solvent. *Journal of Agricultural. Food Chemistry*, 48: 3063- 3067.

**-Shafiur Rahman M.(2007).** Handbook of Food Preservation. 2ème edition, Food Science and Technology, CRC Press, pp 571-586.

**-Sharon V T, Hannon B A, An B, Holscher H D. (2017).** Effects of isolated soluble fiber supplementation on body weight, glycemia, and insulinemia in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 106(6): 1514–1528.

**-Simirgiotis M J, Schmeda-Hirschmann G. (2010).** Direct identification of phenolic constituents in Boldo Folium (*Peumus boldus* Mol.) infusions by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, 1217:443-449.

**-Sinha A et Petersen J. (2011).** Caribbean Hot Pepper Production and Post-Harvest Manual. © FAO et CARDI.

**-Stahl W et Sies H. (2003).** Antioxydant activity of Carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*, 24 (6) : 345-351.

**-Sung Y, Chang Y Y, Ting N L. (2005).** Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* ,46 : 35-42.

**-Sutoh K ,Kobata K,Yazawa S,Watanabe T. (2006).** Capsinoid Is Biosynthesized from Phenylalanine and Valine in a Non-Pungent Pepper, *Capsicum annuum* L. cv. CH-19 Sweet. *Journal of Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(6).1513-1516.

-T-

**- Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya, A. (2008).** Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *Plant Journal*, 54: 733–749.

**-Tellez -Perez C. (2013).** Valorisation de la production agricole mexicaine par préservation et séchage par autovaporisation instantanée ; cas du piment vert ». *Génie des Procédés Industriels*. L'université de la rochelle.

- Télez-Pérez C, Sabah M M , Montejano-Gaitán J G, Sobolik V ,Martínez C-A, K Alla.(2012).** Impact of Instant Controlled Pressure Drop Treatment on Dehydration and Rehydration Kinetics of Green Moroccan Pepper (*Capsicum Annuum*). *Journal Procedia engineering*, 42:978-1003.
- Thampi, P S S. (2004).** A glimpse of the world trade in Capsicum. Chapter 2. Capsicum, the genus Capsicum. De A.K., (Ed.). CRC Press Inc., Taylor & Francis Group, London, UK.
- Thoennissen N H, O'Kelly J, Lu D, Iwanski G B, La D T, Abbassi S, Leiter A, Karlan B, Mehta R, Koeffler H P. (2010).** Capsaicin causes cell-cycle arrest and apoptosis in ER-positive and negative breast cancer cells by modulating the EGFR/HER-2 pathway. *Oncogene*, 29: 285–29.
- Tiwari R K. (2010).** Post-Harvest Profile of Chilli. Government of India Ministry of Agriculture (Department of Agriculture & Cooperation) Directorate of Marketing & Inspection Branch Head Office Nagpur.
- Toukam G M S. (2010).** Diversité de *Ralstonia solanacearum* au Cameroun et bases génétiques de la résistance chez le piment (*Capsicum annuum*) et les solanacées. Biologie/Génétique Évolutive et d'Amélioration des Plantes. Thèse en Biologie végétale L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement Agro Paris Tech.
- Topuz A et Ozdemir F. (2007).** Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 596–602.

-U-

- Ul-Huq Anwar A S M et Arshad Mohamed F.(2010).** Technical Efficiency of Chili Production. *American Journal of Applied Sciences*. 7 (2): 185-190.
- Wahyuni Y, Ballester A R, Tikunov Y, De Vos R, Pelgrom K, Maharijaya A, Sudarmonowati E, Bino R, Bovy A. (2013).** Metabolomics and molecular marker analysis to explore pepper (*Capsicum* sp.) biodiversity. *Metabolomics*, 9(1):130–144.
- Walton- W NJ, Mayer MJ, Narbad A. (2003).** Vanillin. *Phytochemistry* ,63: 505–515.

**-Wen D, Chenchen L, Hao D, Yiping L, Liu H. (2005).** A universal HPLC method for the determination of phenolic acids in compound herbal medicines. *J. Agric. Food Chem*, 53: 6624-6629.

**-Willcox J K, Ash S L, Catignani G L. (2004).** Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 44(4): 95-275.

-X-

**-Xing Y, Liu Z, Wang L-H, Huang F, Li Z-Z. (2006).** Butyrate sensitizes the release of substance P and calcitonin gene-related peptide evoked by capsaicin from primary cultured rat dorsal root ganglion neurons. *Neuroendocrinology Letters*, 27(6) :695-701.

-Y-

**-Yaldiz G, Ozguven M, Sekeroglu N. (2010).** Variation in capsaicin contents of different *Capsicum* species and lines by varying drying parameters *Industrial Crops and Products*, 32 :434-438.

**-Yang Z H, Wang X H, Wang H P, Hu L Q, Zheng X M, Li S W. (2010).** Capsaicin mediates cell death in bladder cancer T24 cells through reactive oxygen species production and mitochondrial depolarization. *Urology*, 75: 735–741.

-Z-

**-Zaghdoudi K. (2015).** Optimisation de l'extraction des caroténoïdes à partir du persimmon (*Diospyros kaki* L.), de l'abricot (*Prunus armeniaca* L.) et de la pêche (*Prunus persica* L.) : étude photophysique en vue d'une application en thérapie photodynamique (PDT). Thèse de doctorat en Génie des procédés et des produits. Université de Lorraine

**-Zaki N, Hasib A, Dehbi F, El Batal H, Hakmaoui A, Meftah H, Hanine H Latrache H, Ouatmane A. (2018).** Caractéristiques physicochimiques, nutritionnelles et antioxydantes du paprika produit par procédé semi-industriel à partir de la Niora (*Capsicum annum* L.) cultivée dans trois régions Marocaines. *Nature et technology journal Vol. B : Agronomic & Biological Sciences*, 19 :01-12.

**-Zimmer A R, Leonardi B, Miron D, Schapoval E, Oliveira J R, Gosmann G. (2012).**Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: From traditional use to scientific approach. *J Ethnopharmacol*, 139 (1): 228-233.

## ANNEXE

<b>Les méthodes d'extraction des capsaicinoides</b>	<b>Principe</b>	<b>Référence</b>
<b>Soxhlet</b>	Le procédé Soxhlet est une méthode traditionnelle qui s'applique à merveille pour extraire l'huile de la matrice organique, qui est utilisée lorsque le composé souhaité a une solubilité limitée dans un solvant alors que les impuretés sont insolubles dans ce solvant.	<b>Lu et al., 2016.</b>
<b>UAE</b>	La méthode des UAE est efficace en raison du phénomène de cavitation qui se produit lorsque l'onde ultrasonore traverse le solvant organique, produisant de l'énergie pour améliorer le mélange et la pénétration du solvant dans la matrice de l'échantillon.	<b>Karnka et al., 2002.</b>
<b>PLE</b>	L'opération de PLE est souvent effectuée à une température et une pression élevées, permettant une grande solubilité du composé dans le solvant tout en maintenant le solvant en dessous de son point d'ébullition, ce qui entraîne une forte pénétration du solvant dans la matrice de l'échantillon.	<b>Lu et al., 2016.</b>
<b>MAE</b>	Le MAE est le processus qui consiste à utiliser des micro-ondes pour chauffer les solvants qui sont en contact avec des échantillons solides et pour séparer les composés d'intérêt de l'échantillon dans le solvant.	<b>Opal et al., 2004.</b>

## Résumé

Le but principal de ce mémoire est de dresser un état de l'art sur les caractéristiques physico-chimiques, nutritionnelles et antioxydantes du piment (*Capsicum spp*). Il est l'un des épices les plus anciens dans le monde. Le piment contient un niveau élevé en composés phytochimiques qui peuvent contribuer à son activité antioxydante. Il représente une source riche en composés phénoliques, capsaïcinoïde, caroténoïdes, et vitamines (A, B1, B2, B3, C, et E). Cependant, la teneur du piment en ces antioxydants peut varier selon plusieurs facteurs, notamment le stade de maturation, l'hybridation, les conditions agro-climatiques, les conditions de récolte, le stockage et le processus technologique de transformation. Des recherches scientifiques dans diverses spécialités ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir du piment à savoir les capsaïcinoïdes, les polyphénols et les caroténoïdes.

**Mots-clés :** Piment, capsaïcinoïdes, polyphénols, caroténoïdes, activité antioxydante, extraction.

## Abstract

The main aim of this dissertation is to draw up a state of the art on the physico-chemical, nutritional and antioxidant characteristics of chilli pepper (*Capsicum spp*). It is one of the oldest spices in the world. Chilli contains a high level of phytochemical compounds that may contribute to its antioxidant activity. It is a rich source of phenolic compounds, capsaicinoids, carotenoids, and vitamins (A, B1, B2, B3, C, and E). However, the content of these antioxidants in chilli peppers can vary according to several factors, including the ripening stage, hybridisation, agro-climatic conditions, harvesting conditions, storage and the technological process of transformation. Scientific research in various specialties has been developed for the extraction, identification and quantification of these compounds from chilli pepper, namely capsaicinoids, polyphenols and carotenoids.

**Keywords :** Chili pepper, capsaicinoids, polyphenols, carotenoids, antioxidant activity, extraction.

## ص خلم

الهدف الرئيسي من هذه الرسالة هو رسم حالة فنية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتغذية ومضادات الأكسدة لللفل الحار (اللفل الحار). وهي من أقدم التوابل في العالم. يحتوي الفلفل الحار على نسبة عالية من المركبات الكيميائية النباتية التي قد تساهم في نشاطه المضاد للأكسدة. وهو مصدر غني للمركبات الفينولية والكابيسيبيويد والكاروتينات والفيتامينات (أ، ب 1، ب 2، ب 3، ج، هـ). ومع ذلك، يمكن أن يختلف محتوى مضادات الأكسدة في الفلفل الحار وفقاً لعدة عوامل، بما في ذلك مرحلة النضج والتجهين والظروف المناخية الزراعية وظروف الحصاد والتخزين وعملية التحول التكنولوجية. تم تطوير البحث العلمي في مختلف التخصصات لاستخراج وتحديد وقياس هذه المركبات من الفلفل الحار، وهي الكابيسيبيويد والبوليفينول والكاروتينات.