

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'hamed Bouguerra Boumerdès

Faculté des sciences

Département de biologie

Structure : Science Agronomique



## MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Science Agronomique

Spécialité : Contrôle de qualité et Nutrition en agroalimentaire

### THEME

**Contribution à l'étude de lycopène de tomate  
Extraction et évaluation de son  
effet antioxydant sur une huile alimentaire**

Présenté par: DJOUDI Zahra

Le 04/06/2016

Jury :

Mme CHAHBAR N.

MCA, UMBB

Présidente

Mr BENCHABANE O.

MCA, ENSA

Promoteur

Mme YAHIAOUI K.

MCB, UMBB

Examinatrice

Année universitaire : 2015-2016



# REMERCIEMENTS

*Louange à dieu seul et unique à qui nous adressons nos amples remerciements.*

*Je tiens à remercier mon promoteur Mr BENCHABANE. O pour la disponibilité et la précieuse aide avec lesquelles il m'a dirigé tout au long de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance et mon profond respect.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'examiner ma thèse.*

*À travers ce mémoire, j'exprime ma reconnaissance à tous les enseignant(e)s qui ont assuré mon cursus.*

*Ma gratitude à tous les responsables et travailleurs de l'université de Boumerdes*

*Que tous ceux qui ont, de près ou de loin, participé à la réalisation de cette thèse et qui n'ont pas été cités nommément trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.*





# DÉDICACES

*Je dédie ce travail à :*

*Une mère aussi rare, une mère en or, un trésor.  
Mon père qui a toujours veillé à mon éducation et mon instruction.  
Mon mari pour son soutien et sa compréhension.*

*Ceux avec qui j'ai grandi, ma frangine Mimi et mes frères  
Bilel et Youcef.*

*Mes grands parents et mes beaux Parents  
Que Dieu leurs accorde longue vie et bonne santé.*

*Mes tantes, oncles, cousines et cousins.*

*Mes amies, en particulier Manel, Sabrina et Dalel.*



*Toute ma promotion.*

*Sarah*

# Sommaire

<b>- Introduction</b> .....	1
<b>- Chapitre 1 : Étude bibliographique</b>	
I- La tomate.....	3
I-1- Caractéristiques botaniques .....	3
I-2- Classification .....	4
I-3- Origine.....	4
I-4- Aspect économique .....	4
I-4-1- Présentation et description de la filière tomate industrielle en Algérie .....	4
I-4-1-1- L’amont agricole.....	5
I-4-1-2- L’aval industriel.....	6
I-4-1-3- Les Importations et les Exportations.....	6
I-4-2- Positionnement de la filière Algérienne.....	8
I-4-2-1- Principales caractéristiques de la filière ‘tomate d’industrielle’ à l’échelle mondiale.....	8
I-4-2-2- Quantité totale de tomate fraîche transformée.....	10
I-4-2-3- Consommation nationale et par personne de dérivés de tomate exprimé en équivalent de tomate fraîche.....	10
I-5- Produits à base de tomate.....	11
I-6- Composition biochimique.....	11
II- Le lycopène .....	13
II-1- Définition.....	13
II-2- Structure chimique .....	13
II-3- Propriétés physico-chimiques .....	13
II-4- Sources alimentaires .....	14
II-5- Localisation .....	15
II-6- Biosynthèse .....	16
II-7- Facteurs influençant la teneur en lycopène.....	17
II-8- Absorption, transport et métabolisme .....	17
II-9- Recommandation.....	19
II-10- Vertus de lycopène .....	20
II-10-1- Rôle antioxydant du lycopène .....	20
II-10-1-1- Définition .....	20
II-10-1-2- Mécanisme d’action.....	21
II-10-2- Colorant alimentaire.....	24
II-10-2-1- Définition.....	24
II-10-2-2- Classification .....	25
II-10-2-3- Colorants naturels et synthétiques.....	25

## **- Chapitre 2 : Matériels et méthodes**

I- Matériel.....	27
I-1- Matériel végétal.....	27
I-2- Matériels de laboratoire.....	27
I-3- Produits.....	28
II- Extraction par procédés verts .....	28
III- Extraction Solide-liquide .....	29
III-1- Mode d'extaction .....	30
III-1-1- Extraction à température ambiante .....	30
III-1.2- Extraction à 40 °C .....	32
III-2- Analyse des extraits .....	34
III-2-1- Analyse Par HPLC.....	35
III-2-1-1- Principe.....	35
III-2-1-2- Appareillage.....	36
III-2-1-3-Analyse des chromatogrammes.....	38
III-2-2- Analyse par Spectrophotométrie UV-VIS .....	39
III-2-2-1- Principe.....	39
III-2-2-2- Les constituants d'un spectrophotomètre UV –VIS .....	40
III-2-2-3- Spectre d'absorption UV - VIS .....	41
III-2-2-4- Analyse quantitative .....	41
IV- Evaluation de l'effet antioxydant de lycopène.....	42
IV-1- Protocole expérimental .....	42
IV-2- Analyse.....	43
IV-2-1- Indice de peroxyde .....	43
IV-2-2- Spectrophotométrie UV .....	43

## **- Chapitre 3 : Résultats et discussions**

I- Résultats et discussion de l'Extraction.....	45
II- Analyse des extraits.....	46
II-1- Résultats de l'HPLC.....	46
II-2- Discussion des résultats de l'HPLC .....	48
II-3- Résultats de la spectrophotométrie UV - VIS.....	48
II-4- Discussion des résultats de la spectrophotométrie UV - VIS .....	52
III- Evaluation de l'effet antioxydant du lycopène.....	53
III-1- Résultats de la mesure de l'indice de peroxyde .....	53
III-2- Discussion des résultats de l'indice de peroxyde.....	54
III-3- Résultats de la spectrophotométrie UV .....	55
III-4- Discussion des résultats de la spectrophotométrie UV .....	55
<b>- Conclusion.....</b>	<b>56</b>
<b>- Références bibliographiques.....</b>	<b>58</b>
<b>- Annexes</b>	



## Liste des abréviations

**A<sub>232</sub>** : Absorbance à 232 nm

**A<sub>270</sub>**: Absorbance à 270 nm

**ADN**: Acide Désoxyribonucléique

**BHT** : Butyl Hydroxy Toluene

**BHA** : Butyl Hydroxy Anisol

**C<sub>18</sub>** : 18 atomes de carbone

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone

**CoA** : Coenzyme A

**DCT** : Double concentré de tomate

**HPLC** : Chromatographie Liquide à Haute Pression

**IP** : Indice de Péroxyde

**KJ** : Kilo Joule

**LDL** : Low density lipoprotein

**még** : milliéquivalent

**MF** : Matière fraîche

**MS** : Matière Sèche

**N** : Normalité

**nm** : Nano mètre

**nmol** : Nano Mole

**O<sub>2</sub>**: Dioxyde d'oxygène

**Q<sub>x</sub>** : Quintaux

**S/ total** : Sous total

**T** : Tonne

**t<sub>0</sub>** : Temps du début de l'injection

**t<sub>r</sub>** : Temps de rétention

**t<sub>m</sub>** : temps mort

**UV – VIS** : ultraviolet – Visible

**UV** : ultraviolet

**V** : volume

**W<sub>1/2</sub>** : Largeur du pic à mi-hauteur

**\$ Us** : Dollar américain

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Coupe anatomique d'une tomate .....	3
<b>Figure 2</b> : évolution de la production de la tomate industrielle en millier de tonnes en Algérie.....	5
<b>Figure 3</b> : Evolution des importations de concentré de tomate et des superficies cultivées en tomate industrielle.....	7
<b>Figure 4</b> : Total des tomates transformées en tonnes .....	10
<b>Figure 5</b> : Consommation de dérivés de tomates 2002 / 2003 .....	10
<b>Figure 6</b> : Structure chimique du lycopène .....	13
<b>Figure 7</b> : Variation de la teneur en lycopène durant la maturation de la tomate .....	15
<b>Figure 8</b> : Voie de biosynthèse de lycopène dans les plantes.....	16
<b>Figure 9</b> : La perturbation physique de la structure de cellule dans les produits traités de tomate .....	18
<b>Figure 10</b> : Action des antioxydants .....	22
<b>Figure 11</b> : Schéma d'extraction de lycopène à température ambiante.....	31
<b>Figure 12</b> : Schéma d'extraction de lycopène à 40°C .....	33
<b>Figure 13</b> : Solubilité du lycopène dans certains solvants.....	34
<b>Figure 14</b> : Schéma de principe d'une Chaîne HPLC.....	35
<b>Figure 15</b> : Pic d'un chromatogramme et ses caractéristiques.....	38
<b>Figure 16</b> : Schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-VIS.....	39
<b>Figure 17</b> : Spectre d'absorption UV-VIS.....	41
<b>Figure 18</b> : Chromatogramme du lycopène témoin .....	46
<b>Figure 19</b> : Chromatogramme de l'extrait de la peau de tomate obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C.....	47
<b>Figure 20</b> : Spectre UV -VIS du lycopène témoin .....	48
<b>Figure 21</b> : Spectre UV - VIS de l'extrait de la peau de tomate obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C.....	49
<b>Figure 22</b> : Courbes d'étalonnage des absorbances en fonction des concentrations.....	51
<b>Figure 23</b> : Evolution de l'IP de l'huile de tournesol pendant la durée de conservation.....	55

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Production mondiale de la tomate en milliers de tonnes par année civile .....	8
<b>Tableau 2</b> : Propriétés physico-chimiques du lycopène.....	14
<b>Tableau 3</b> : Aliments Contenant le lycopène ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ ou 100 ml de matière fraîche) .....	14
<b>Tableau 4</b> : Estimation de l'apport quotidien en lycopène de la tomate et des produits à base de tomates.....	20
<b>Tableau 5</b> : des rendements des différentes extractions (en %) .....	45
<b>Tableau 6</b> : Temps de rétention du lycopène témoin et des échantillons.....	47
<b>Tableau 7</b> : Longueurs d'ondes du lycopène témoin et des échantillons.....	49
<b>Tableau 8</b> : La densité optique en fonction des concentrations du lycopène témoin.....	50
<b>Tableau 9</b> : Résultats de l'analyse spectrophotométrique « UV – VIS ».....	52
<b>Tableau 10</b> : Teneur en lycopène obtenu par spectrophotométrie UV - VIS (en $\text{mg}/100\text{g}$ )...	53
<b>Tableau 11</b> : Indices de peroxyde exprimés en $\text{m}\mu\text{q} / \text{Kg}$ .....	54
<b>Tableau 12</b> : Absorbance à 232 nm et à 270 nm.....	56

# *Intro🍅duction🍅*

## Introduction

Aujourd'hui, les consommateurs sont de plus en plus exigeants en matière de goût, de couleur, de texture... Ils cherchent des produits bénéfiques pour la santé mais aussi des aliments qui ont du goût, une couleur attirante, et qui se conservent longtemps.

Ainsi, des additifs sont fabriqués pour répondre à ces demandes. Ces substances sont ajoutées intentionnellement et en petite quantité à un aliment au cours de sa préparation afin d'assurer une meilleure conservation ou de compenser la perte de qualités sensorielles. Elles peuvent être d'origine naturelle (minérale, végétale ou animale), issues de la transformation de substances naturelles ou obtenues par synthèse.

Or, l'absorption des additifs, en particulier, ceux qui sont synthétiques n'est pas toujours sans conséquences pour notre santé. En effet, certains sont responsables d'intolérances, des allergies. Plus grave, d'autres sont mutagènes et gènotoxiques ou encore provoquent des cancers de la thyroïde voire des tumeurs des glandes surrénales et des reins chez les animaux. Ces derniers effets sont cependant rarissimes et ne surviennent que si l'on en ingère de fortes doses.

Heureusement pour le consommateur, il existe des additifs alimentaires qui ne sont pas dangereux pour la santé. C'est le cas du Lycopène.

Le lycopène est un pigment naturel, de la famille des caroténoïdes, utilisé comme colorant alimentaire, il est ainsi connu comme antioxydant qui s'attaquent aux radicaux libres, et les rendent inoffensifs.

Le lycopène se trouve dans la pastèque, le pamplemousse, la goyave et le melon d'eau mais la tomate est la source majeure de ce caroténoïde (Degrou, 2013).

Des quantités importantes de tomate industrielle sont produites en Algérie chaque année, environ 380 milliers de tonnes en 2009 (Bouزيد et Bedrani, 2013).

Cette tomate est transformée en produits alimentaires tels que le Ketchup, et produits en conserves. Sachant que les déchets éliminés au cours de la transformation, principalement la peau sont estimés à 25 % du tonnage traité (Bouabdala ,2003). Or ces déchets constituent une excellente source de Lycopène d'où la possibilité d'un meilleur usage en l'utilisant comme additif alimentaire naturel.

C'est dans cette optique que s'insère cette étude dont l'objectif est d'extraire en premier lieu le lycopène à partir de la tomate, de double concentré de tomate et de peau de tomate en variant les conditions d'extraction afin d'avoir de meilleurs résultats, et d'évaluer en deuxième lieu son effet antioxydant.

*Étude  
bibliographi**🍅**graphique*

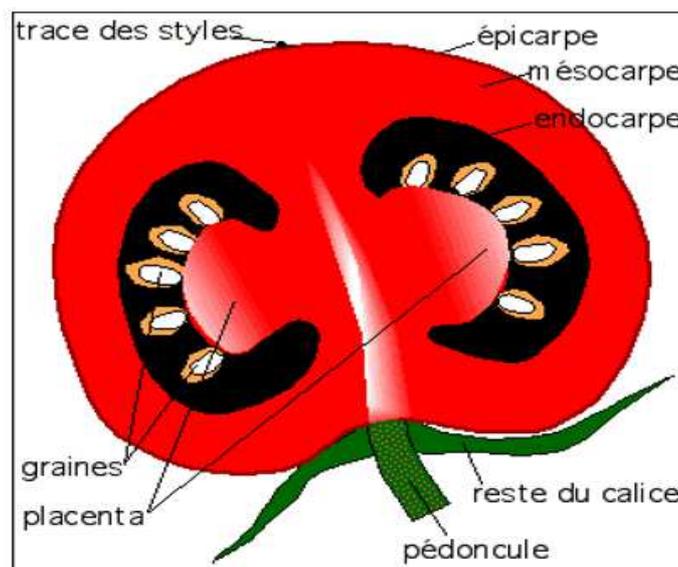
## I- La tomate

### I-1- Caractéristiques botaniques

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une plante herbacée de la famille des Solanacées, originaire du nord ouest de l'Amérique du Sud. Elle est largement cultivée pour son fruit, qui est un fruit charnu et consommé dans de nombreux pays, frais ou transformé (Degrou, 2013).

Elle fût en premier lieu consommée dans les pays méditerranéens, alors que dans les pays du nord de l'Europe elle resta considérée comme une plante ornementale jusqu'au XVIIème siècle. Depuis le XXème siècle, une industrie de la tomate s'est réellement développée et propose des produits à base de tomates de plus en plus diversifiés. Deux filières de la tomate sont à considérer : la tomate de bouche (pour la consommation directe) et la tomate industrielle (Dore et Varoquaux, 2006).

D'un point de vue botanique, la tomate est un fruit, mais elle est cultivée et utilisée comme un légume. Elle est constituée de trois parties : le péricarpe (peau et partie charnue), le gel (contenu dans les loges), et les graines. La peau consiste en quatre à cinq couches de cellules de type épidermique ou hypodermique sous une fine cuticule (Figure1).



**Figure 1** : Coupe anatomique d'une tomate (Degrou, 2013)

## **I-2- Classification** (Raffy,2006)

Règne : *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Solanum*

## **I-3- Origine**

Originaire d'un territoire allant du sud de la Colombie au nord du Chili et des îles Galápagos aux contreforts des Andes, la tomate fut pendant quinze siècles l'une des bases de l'alimentation des Indiens du Mexique et d'Amérique centrale, au même titre que le haricot, le piment ou le maïs. Lorsque les Conquistadores abordèrent les côtes mexicaines, ils découvrirent cette petite plante aux fruits ronds, de la taille de nos tomates cerises actuelles. C'est à Naples que les graines de tomates, rapportées par les Conquistadores, accostèrent en Europe. Sous un climat méditerranéen propice, ces graines produisirent des fruits de couleur soit rouge, soit jaune, d'où le nom de pomodoro (pomme d'or) que lui donnèrent très vite les Napolitains.

D'abord considérée comme une plante médicinale, elle connut un succès culinaire relatif en Espagne et en Italie. Pourtant, une mauvaise réputation resta longtemps associée à la tomate au nord du bassin méditerranéen. Les savants de l'époque se sont entêtés à la considérer comme dangereuse et impropre à la consommation. Il fallut attendre deux siècles avant qu'elle soit botaniquement reconnue "esculentum", c'est-à-dire comestible. (Raffy, 2006).

## **I-4- Aspect économique**

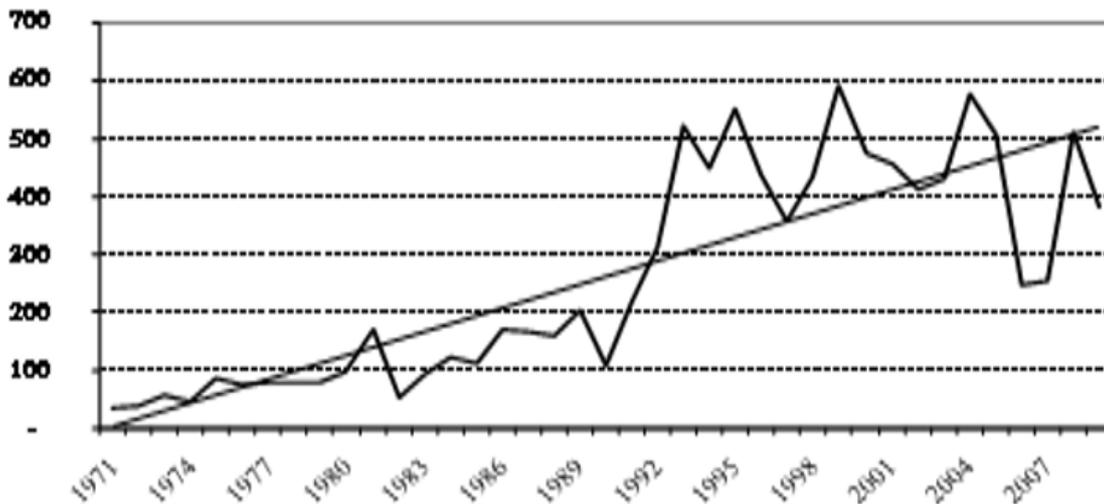
### **I-4-1- Présentation et description de la filière « tomate industrielle » en Algérie**

Apparue en Algérie dans les années 20, la production et la transformation de la tomate destinée à la fabrication de concentré et de produits dérivés (sauces, ketchup,...) sont

devenues un ensemble d'activités interdépendantes, stratégiques de par ses dimensions économique, sociale et environnementale. Ce secteur intègre deux composantes très fortes, un amont agricole et un aval industriel.

### I- 4-1-1- L'amont agricole

Les tomates d'industrie sont principalement cultivées au Nord-Est du pays : les wilayas d'El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda représentent à elles seules 90% de la superficie totale consacrée à cette culture en Algérie. Partant en 1971 d'un niveau très bas (environ 33 milliers de tonnes) par rapport à celui qu'elle atteindra trois décennies plus tard (environ 380 milliers de tonnes en 2009), la production de tomates industrielles a connu un taux de croissance annuel moyen de 7% durant la période 1971-2009, largement supérieur au taux de croissance de la population. Cette période se divise en quatre phases qui peuvent être distinguées à l'examen du graphique ci-dessous et qui se différencient par leurs taux de croissance annuels moyens (Figure2).



**Figure 2** : évolution de la production de la tomate industrielle en millier de tonnes en Algérie (Bouzid et Bedrani, 2013)

➤ Une phase de croissance forte durant la décennie 1971-1979, avec un taux annuel de croissance de 11%.

➤ Une phase de croissance moins forte (9% par an en moyenne) mais encore bien plus élevée que le taux de croissance démographique durant la décennie 1980-1989;

- Une phase de croissance très forte durant les années 1990-2000, le taux de croissance annuel moyen enregistré durant ces années étant de 21%; mais la deuxième moitié de cette décennie a été marquée par un taux de croissance très faible (1%).
- Une phase de décroissance de la production (-3%) durant la décennie 2000-2009.

### **I-4-1-2- L'aval industriel**

La fabrication de double concentré de tomate est obtenue soit à partir de l'importation du triple concentré de tomate importé de Chine, de l'Italie et de la Turquie, soit à partir de la transformation de la tomate industrielle locale.

Les capacités de production installées ont augmenté progressivement passant de 2 600 tonnes/jour durant la période 1962-1975 à 3 400 tonnes / jour durant la période 1981-1985, à 9 600 tonnes/ jour durant la période 1991-1995 et à 11 800 tonnes /jour durant la période 1996-2006. Après cette dernière période, les capacités ont stagné. En 2011, neuf entreprises privées constituent le secteur de l'industrie de transformation de la tomate; ces usines, dont sept installées à l'Est, totalisent une capacité de transformation de 18 500 tonnes/jour. Deux unités de production détiennent 75% du marché national : la Conserverie Amor Ben Amor (CAB) située à Guelma qui produit 37 000 tonnes/an (satisfaisant 49% des besoins nationaux) et IZDIHAR à Skikda qui produit 18 000 tonnes/an (26% des besoins nationaux) (Bouzid et Bedrani, 2013).

### **I-4-1-3- Les Importations et les Exportations**

#### **a- Les Importations**

Les industries de transformation de produits de large consommation ont «tourné le dos» à l'agriculture locale et ont eu recours à l'importation de plus en plus massive de matières premières agricoles et de produits semi-finis.

L'importation se fait au fur et à mesure de l'élargissement de la capacité de transformation et de la montée en cadence de la production (Boukella, 1998).

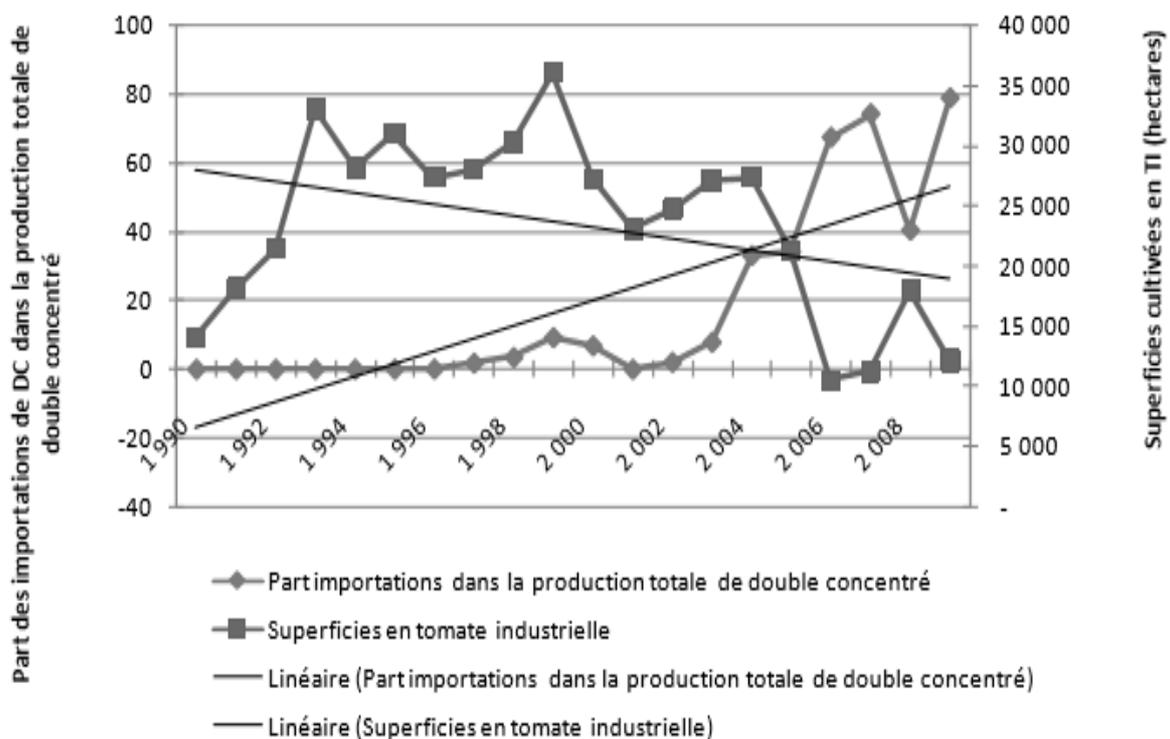
A compter de 2001, la taxation à la frontière du triple concentré de tomate est passé de 60% à 30% entraînant une forte hausse des importations, les industriels préférant souvent transformer le triple concentré importé en double concentré plutôt que de transformer la tomate locale, ce qui a entraîné une baisse de la demande de tomate industrielle locale de la part des transformateurs (Bouزيد et Bedrani, 2013).

En volume, les importations ont connu une hausse fulgurante, passant de 2600T en 2000 à 38 100 T en 2004. Ce sont particulièrement les deux années 2003 et 2004 qui ont enregistré des volumes d'importation comparativement beaucoup plus importants que les années précédentes.

Le démantèlement des droits additionnels provisoires ayant probablement eu un effet accélérateur. A noter, pour l'année 2005 que les achats extérieurs ont reculé de façon sensible.

À ce jour, nous avons atteint 80% de nos besoins nationaux. L'objectif est de passer dans les prochaines années, de 80 à 100% et pourquoi pas exporter.

La figure 3 représente l'évolution des importations de concentré de tomate et des superficies cultivées en tomate industrielle.



**Figure 3** : Evolution des importations de concentré de tomate et des superficies cultivées en tomate industrielle (Bouزيد et Bedrani, 2013).

## **b- Les exportations**

Les exportations enregistrées de 2000 à 2003 n'ont pas dépassé 100 T de double concentré de tomate. En 2004, elles progresseraient significativement pour atteindre 240 T. Le solde des échanges reste très largement déficitaire, à plus de 200 000 T d'équivalent tomates fraîches (Lenne et Branthome, 2006).

### **I-4-2- Positionnement de la filière Algérienne**

#### **I-4-2-1- Principales caractéristiques de la filière 'tomate d'industrie' à l'échelle mondiale**

La culture de la tomate représente une activité assez importante à l'échelle mondiale, sa production annuelle dépasse les 100 millions de tonnes dont environ 29 à 30 millions de tonnes sont en moyenne annuellement transformées et consommées (Lenne et Branthome, 2006).

Cette activité est dominée par les pays de l'Association Méditerranéenne Internationale de la tomate qui en détiennent 41 %, suivis par les Etats-Unis d'Amérique 34%. La Chine a rapidement conquis la troisième position de la production mondiale avec 12 %, et se situe aujourd'hui au premier rang mondial des pays exportateurs de concentré (environ 600.000 T d'exportation de juillet 2005 à juin 2006). Mis à part les Etats Unis qui consomment la majeure partie de leur production, la transformation de la tomate dans les autres pays est réalisée essentiellement pour la production de concentré industriel destiné à l'exportation. De ce fait, ces pays sont fortement armés pour affronter la concurrence sur un marché libre, ainsi, 86% des exportations mondiales de concentré (environ 10 Millions de tonnes d'équivalent de tomates fraîches) sont assurées par les six premiers pays transformateurs de tomates (la Chine, l'Italie, et la Turquie détiennent respectivement 35%, 17% et 12% des parts du marché mondial) comme c'est montré dans le tableau 1.

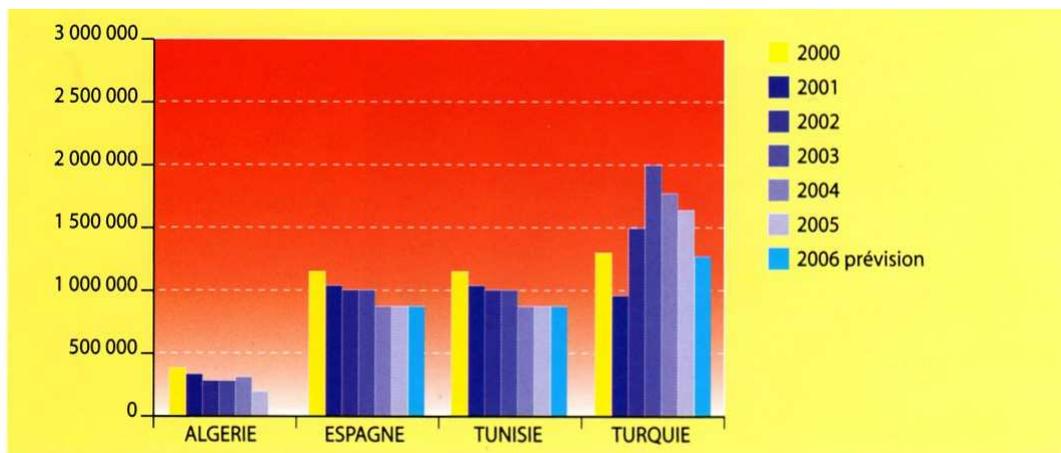
**Tableau 1 : Production mondiale de la tomate en milliers de tonnes par année civile.**

		2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Spain	1472	1588	1746	2200	2850	1750
	France	309	241	243	221	157	120
	Greece	935	861	984	1200	850	850
	Italy	4806	4325	5316	6400	5300	4800
A	Portugal	917	802	864	1180	1000	1000
M	<b>S/Total UE</b>	<b>8439</b>	<b>7817</b>	<b>9153</b>	<b>11201</b>	<b>10157</b>	<b>8520</b>
I	Algeria	270	260	260	276	150	250
T	Israel	144	158	170	285	229	230
O	Jordan	50	60	25	40	40	40
M	Morocco		180	80	160	150	150
	Tunisia	430	560	620	743	735	600
	Turkey	950	1500	2000	1750	1626	1300
	<b>S/Total AMITOM</b>	<b>19283</b>	<b>10535</b>	<b>12308</b>	<b>14455</b>	<b>13087</b>	<b>11090</b>
N	California	7838	10029	8393	10589	8706	10000
A							
F	Other US states	499	472	504	487	550	550
T	Canada	482	561	492	590	590	560
A	Mexico	136	111	90	51	51	63
	<b>S/Total NAFTA</b>	<b>8955</b>	<b>11173</b>	<b>9478</b>	<b>11717</b>	<b>9897</b>	<b>11173</b>
	Bulgaria	30	130	236	150	250	250
	China	1000	2300	2800	4200	3200	3800
OTHER COUNTRIES	Hungary	100	100	236	137	69	140
	Japon	60	57	49	47	44	48
	Malta	115	9	10	12	10	10
	Poland	-	-	190	165	205	200
	Syria	-	350	112	130	110	150
	<b>S/Total Other countries</b>	<b>322</b>	<b>325</b>	<b>3633</b>	<b>4841</b>	<b>3888</b>	4598
	<b>S/Total Northern Hem</b>	<b>19559</b>	<b>22233</b>	<b>25419</b>	<b>31013</b>	<b>26872</b>	<b>26861</b>
	Brazil	1000	1100	1250	1399	1100	1000
	Chile	725	545	607	720	756	650
	Argentine	255	215	430	405	360	280
	Venezuela	7	8	7	35	40	40
	Perou	45	45	60	67	60	45
	Australia	380	374	261	320	317	309
	New zealand	53	38	40	40	64	64
	South Africa	204	215	170	200	160	150
	Senegal	47	43	53	53	80	80
	Taiwan	120	120	120	145	145	145
	Thailand	14	14	22	22	22	20
	<b>S/Total Other countries</b>	140	160	175	262	260	260
	<b>S/Total Southern Hem</b>	<b>2990</b>	<b>2876</b>	<b>3105</b>	<b>3668</b>	<b>3364</b>	<b>3043</b>
	<b>General Total</b>	<b>22549</b>	<b>25109</b>	<b>2852</b>	<b>34680</b>	<b>30236</b>	<b>29904</b>

Source : Lenne et Branthome, 2006

### I-4-2-2- Quantité totale de tomate fraîche transformée

La figure 4 illustre la quantité totale de tomate fraîche transformée dans certains pays.



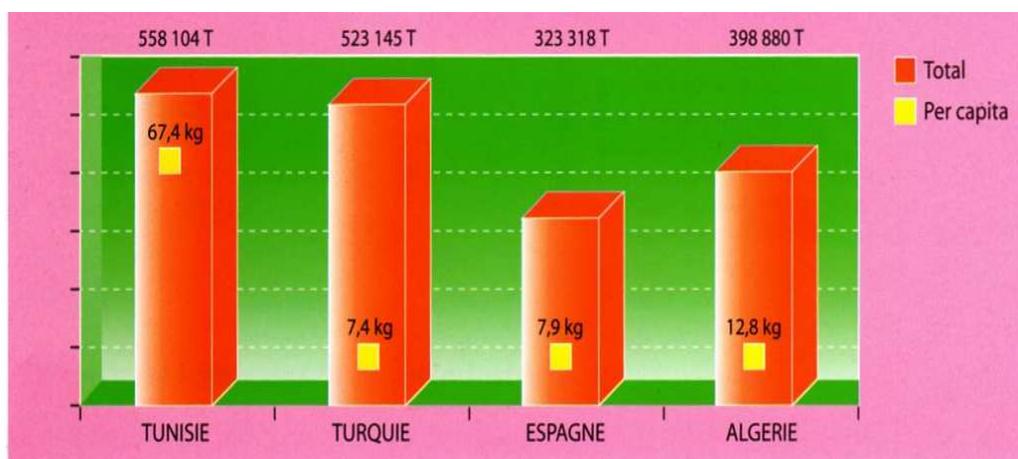
**Figure 4 :** Total des tomates transformées en tonnes  
(Lenne et Branthome, 2006)

Le recul sensible prévu pour l'Espagne, la Tunisie et la Turquie illustre typiquement les variations cycliques de la tomate d'industrie.

**NB :** Il est à signaler, que pour produire 1 Kg de concentré de tomate il faut 5 Kg de matière première (tomate fraîche) en moyenne.

### I-4-2-3- Consommation nationale et par personne de dérivés de tomate exprimé en équivalent de tomate fraîche

Les 398.900 T de tomates fraîches consommées en Algérie correspondent à un équivalent de 70.000 T environ de concentré (Figure 5).



**Figure 5:** Consommation de dérivés de tomates 2002 / 2003 (Lenne et Branthome, 2006)

### **I-5- Produits à base de tomate**

Les produits à base de tomate sont définis comme étant des fruits de tomates écrasés avant ou après élimination des peaux et des graines (Hayes *et al.* 1998)

- **La pulpe de tomate**: Il s'agit de tomates écrasées avant ou après élimination des peaux et des graines.

- **Le jus de tomate**: C'est le jus provenant des tomates entières écrasées dans lesquelles la peau et les graines ont été éliminées, et qui a été soumis à une fine désagrégation. Il est donné à la consommation sans dilution ou concentration.

- **Les pâtes de tomates**: C'est le produit résultant de la concentration de la pulpe de tomate après l'élimination des peaux et des graines et contenant 24% ou plus de substances solubles totales. Les pâtes de tomate sont commercialisées dans des petits emballages.

- **La purée de tomate**: C'est le terme appliqué aux pâtes de tomates de faible concentration comprise entre 8 et 24 % de substances solides solubles.

- **Le sérum de tomate** : C'est le jus de tomate qui a été filtré ou centrifugé pour éliminer complètement les particules solides en suspension.

- **Le sirop de tomate**: Il correspond au sérum de tomate qui a été concentré.

- **Les Sauces tomate** : Dans lesquelles on trouve :

**Le Ketchup**: C'est une sauce de tomate fabriquée à partir de purée de tomate à laquelle on ajoute le vinaigre, le sucre, le sel, l'oignon, ail et le poivre.

**La sauce de chili** : La préparation de cette sauce est identique au ketchup sauf que les tomates sont utilisées entières et pelées.

### **I- 6- Composition de la tomate**

Les tomates peuvent avoir des compositions variables en fonction du cultivar, du lieu de culture, de la façon dont elles sont cultivées (techniques agricoles et facteurs

environnementaux), ainsi que de la conservation post-récolte. Par exemple une intensité lumineuse plus importante permet d'obtenir une augmentation des teneurs en caroténoïdes et en vitamine C (Génard *et al.*, 2010).

Le jus représente la majeure partie des constituants physiques de la tomate. La tomate est constituée de 94 à 96 % de jus, 1 à 1,5 % de pépins et 1,5 à 2,5% de pelures et fibres. Les sucres contenus dans la tomate sont essentiellement des sucres réducteurs : le glucose représente 0,88-1,25%, et le fructose 1,08-1,48%.

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate malgré sa faible teneur en protéines (1,1%) contient pratiquement tous les acides aminés (Degrou, 2013).

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte ; plus de 33 acides gras ont été répertoriés dans le péricarpe, avec une teneur en lipides de 0,3 g par 100g de poids frais (Degrou, 2013).

La teneur globale en cendres est de 0,75%. Les principaux minéraux sont : le Calcium (2,95 à 3,95 mg/kg), le Magnésium (2,5 à 4 mg/kg), le Fer (0,6 à 0,8 mg/kg), le Phosphore (2,4 à 2,9 mg/kg), le Potassium (18,7 à 29,5 mg/kg) et le Sodium (15,7 à 17,6 mg/kg).

Outre ces principaux constituants, le fruit de la tomate contient des vitamines, des enzymes, des substances pectiques, des pigments porphyriques comme les chlorophylles et les caroténoïdes dont le carotène, le lycopène, les xanthophylles, etc...

Les vitamines hydrosolubles sont bien représentées dans la tomate, à commencer par la vitamine C, dont le taux peut varier de 100 à 300 mg/kg.

Les teneurs maximales se rencontrent dans les tomates de plein champ, en pleine saison. Enfin le lycopène, qui lui donne sa couleur rouge, constitue avec le  $\beta$ -carotène l'essentiel des caroténoïdes que l'on peut trouver dans la tomate.

## II- Le Lycopène

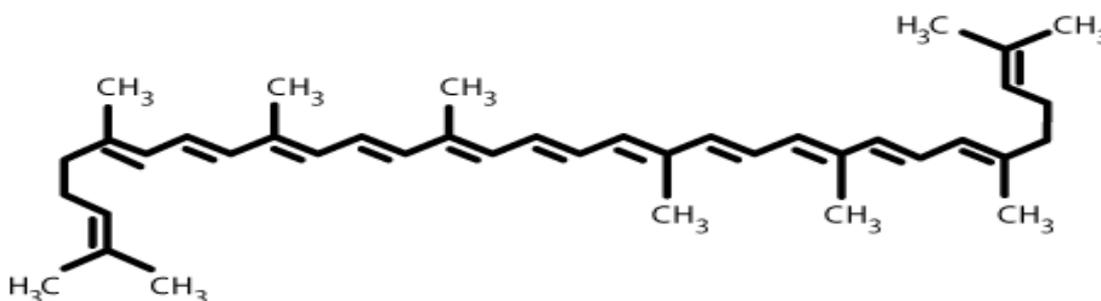
### II-1- Définition

Le lycopène est un pigment naturel, appartenant à la famille des caroténoïdes, synthétisé par les végétaux et les microorganismes, contrairement au  $\beta$  carotène, ce n'est pas un précurseur de la vitamine A. Le lycopène est le terpène caroténoïdien le plus abondant dans le fruit de tomate (Boumendjel *et al.*, 2012).

Il doit son nom au nom latin de la tomate : *Solanum lycopersicum*, il donne de la couleur à certains aliments, Il a aussi des propriétés antioxydantes; c'est-à-dire qu'il amoindrit les dommages faits aux cellules et réduit les risques de développer des cancers ou certaines maladies (Gibault T., 2006).

### II-2- Structure chimique

Le lycopène est caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées et deux non conjuguées qui confèrent à la molécule sa couleur rouge (figure 6).



**Figure 6** : Structure chimique du lycopène (Boumendjel *et al.*, 2012)

### II-3- Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques du lycopène sont représentés dans le tableau 2.

**Tableau 2** : Propriétés physico-chimiques du lycopène

<b>Formule chimique</b>	<b>C<sub>40</sub>H<sub>56</sub></b>
<b>Poids moléculaire</b>	<b>536,9 g/mol</b>
<b>Couleur</b>	<b>Rouge foncé</b>
<b>Absorbance</b>	<b>Longueur d'onde optimale : 472 nm</b>
<b>Solubilité</b>	<b>Soluble dans le chloroforme et le benzène, pratiquement insoluble dans le méthanol et l'éthanol.</b>
<b>Point de fusion</b>	<b>172-173 °C</b>

Source : Shie et Le Maguer, 2000

## II-4- Les sources alimentaires

Les aliments qui contiennent le plus de lycopène sont représentés dans le tableau 3.

**Tableau 3:** Aliments Contenant le lycopène ( $\mu\text{g}/100\text{g}$  ou 100 mL de matière fraîche)

<b>Aliments</b>	<b>Teneur en lycopène</b>
Abricot	54
Ananas	265-605
courge	500
Figue	320
Goyave	769-1816
kiwi	<10
Mangue	<10-724
Pamplemousse	750
Pastèque rouge	4770-13523
Pêche	11
Rhubarbe	120
Tomate	850-12700
Tomate cerise	800-12000
Tomate concentrée	49300-94000
Tomate, jus	1024-11000
Tomate, Ketchup	4710-23400
Tomate, purée	13160-26110

Source: Degrou, 2013.

Le contenu en lycopène des tomates dépend en grande partie de la variété de la tomate et de son degré de mûrissement (Clinton, 1998). Les températures trop élevées représentent les principales causes de perte et de changement de la configuration du lycopène. Les isomères cis augmentent avec la température et le temps de transformation de l'aliment (Shi et Le Maguer, 2000). La déshydratation et la fabrication de poudre de tomate rendent le taux de lycopène instable. Par contre, il demeure stable lors de la congélation et de la stérilisation. Le lycopène est sensible à la lumière, à l'oxygène, aux températures élevées et aux acides (Shi et Le Maguer, 2000).

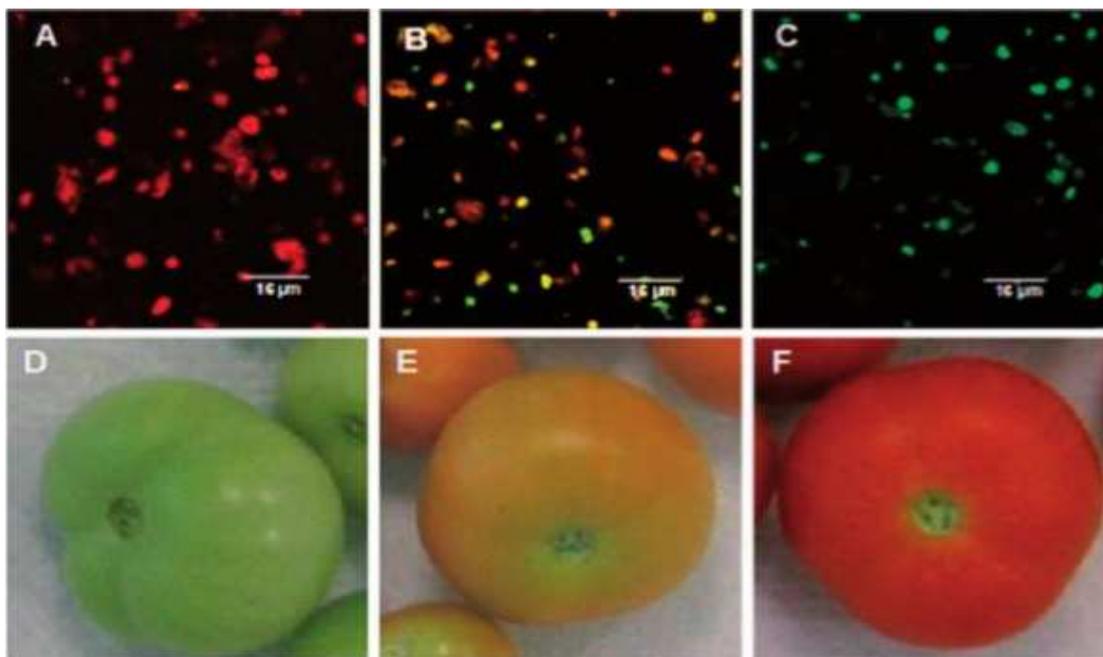
## II-5- Localisation du lycopène

Le lycopène est présent dans l'enveloppe cellulaire de la tomate. Les peaux contiennent 12 mg de lycopène par 100g de peau, alors qu'une tomate entière n'en contient que 3,4 mg/100 g de poids frais, soit trois fois moins que dans les peaux (El Wandawi *et al.*, 1985).

La concentration des peaux est cinq fois plus élevée que la tomate entière, soit 53,9 mg de lycopène par 100g de peau contre 10.78mg / 100 g en poids frais (Le Maguer *et al.*,1996).

La couleur rouge, en revanche, est conférée par des cristaux de lycopène accumulés dans les chromoplastes.

Au stade vert, tous les plastides sont des chloroplastes et la fluorescence mesurée est rouge, en raison de la large présence de la chlorophylle (A). Au stade du « tournant », la population de plastides est hétérogène, et la fluorescence est plus marquée vers l'orange en raison de la présence de vert et de rouge, respectivement dû au lycopène et à la chlorophylle (B). Au stade mature, seuls les chromoplastes sont présents, la fluorescence est donc verte en raison de la présence des caroténoïdes. La maturation de la tomate fait donc bien apparaitre un stockage important de caroténoïdes (Figure 7).

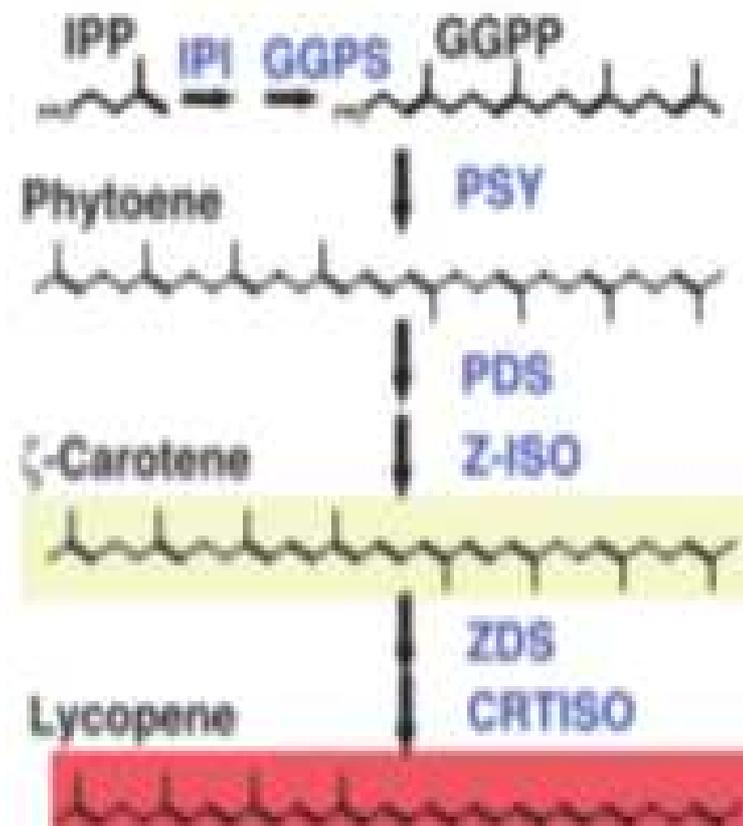


**Figure 7 :** Variation de la teneur en lycopène durant la maturation de la tomate (Egea *et al.*, 2010)

Image confocale de chloroplaste (A), chloroplaste en transition (B) et chloroplaste mature (C) Suspension isolée de tomate verte (D), tournant (E) et fruit mature (F). Les structures contenant principalement la chlorophylle apparaissent en rouge, celles ne contenant que des caroténoïdes apparaissent en vert, et celles contenant à la fois la chlorophylle et caroténoïdes semblent orangé rouge / jaune (Egea *et al.*, 2010).

## II-6- Biosynthèse

La biosynthèse des caroténoïdes dans les plantes commence par une unité isoprène en C5 (IPP) subissant des assemblages tête queue jusqu'à obtenir la première molécule de 40 atomes de carbone qui est le phytoène. L'étape suivante consiste en la mise en place des doubles liaisons par des réactions de désaturation (du phytoène ou du  $\beta$ -carotène). Ces désaturations vont aboutir à la formation de composés intermédiaires, dont le lycopène avec 11 doubles liaisons conjuguées. L'augmentation du nombre de doubles liaisons s'accompagne d'une augmentation de la longueur d'onde d'absorption. Ceci amène à des 32 composés de couleurs différentes depuis le phytoène, composé incolore, jusqu'au lycopène, composé rouge (Figure 8).



**Figure 8:** Voie de biosynthèse de lycopène dans les plantes (Egea *et al.*, 2010)

## II-7- Facteurs influençant la teneur en lycopène

❖ Les variétés : nous notons une grande différence entre certaines variétés de tomates rouges et jaunes. Les premières pouvant atteindre 15 mg/ 100g MS contre seulement 0,5mg/ 100g MS pour les secondes (Le Maguer et Shi, 2000). Par ailleurs les variétés industrielles sont les moins riches en lycopène.

❖ La température et le rayonnement : des analyses ont été réalisées sur des tomates cerises récoltées au stade vert mature et mis à mûrir dans différentes conditions : 18°C, 25°C, ou 32°C, avec ou sans lumière. L'augmentation de la température de 18°C à 25°C permet d'obtenir une maturation plus rapide caractérisée par l'apparition de la coloration externe rouge du fruit plus rapidement. Les fruits ayant mûri à la lumière contiennent plus de lycopène (augmentation de 15 à 20%) à 18°C ou 25°C (Gautier et Gouble, 2005).

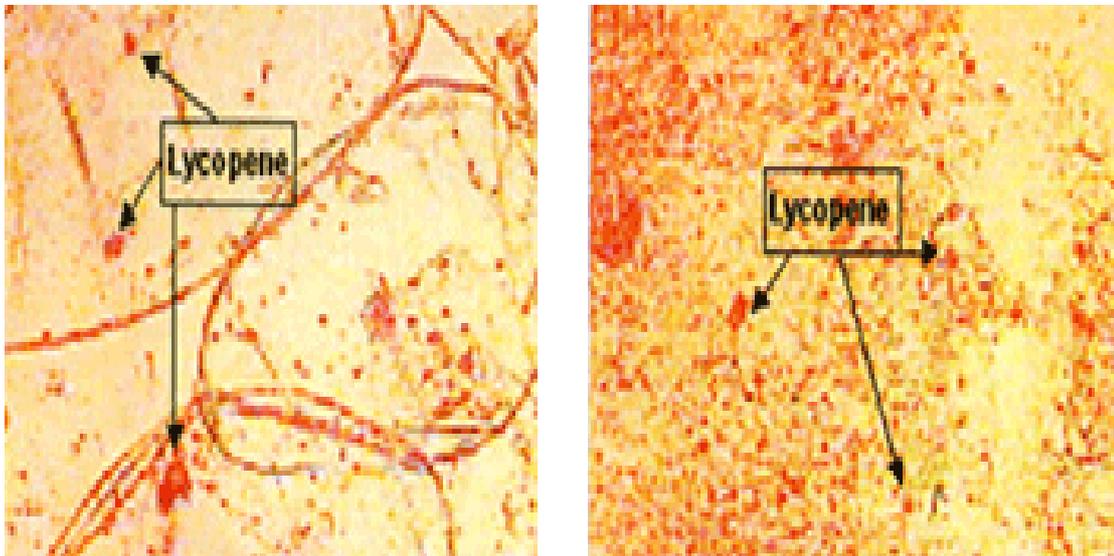
❖ Le stade physiologique : Durant la maturation, une importante variation de la couleur a lieu au niveau du fruit. La mesure de la couleur se traduit par un ratio a/b représentant les parties vertes et rouges orangé du fruit. Cette mesure indique une variation de la coloration au cours de la maturation qui se traduit par l'accumulation du lycopène et autres pigments (caroténoïdes) au dépend de la chlorophylle qui est le pigment original (Giovanilli *et al.*,1999):

- Au stade vert, le taux de lycopène avoisine le zéro.
- Au stade jaune, la chlorophylle disparaît et ne se retrouve plus qu'à l'état de traces, à ce stade, le beta-carotène est plus abondant que le lycopène.
- En fin de maturation, la synthèse du lycopène prend une forte accélération afin d'obtenir une coloration rouge.

## II-8- Absorption, transport et métabolisme

À ce jour, plus de 600 substances caroténoïdes ont été reconnues. Elles existent sous la forme cis ou trans. La biodisponibilité de l'isomère cis dans les aliments est plus grande que celle de l'isomère trans. De même, la biodisponibilité du lycopène augmente par la transformation des tomates, comparativement aux tomates fraîches (Shi et Le Maguer,2000). la transformation des tomates peut améliorer la biodisponibilité et l'absorption du lycopène en

augmentant l'isomérisation, mais également en brisant les membranes cellulaires, rendant le lycopène plus accessible (Figure 9).



**Figure 9:** La perturbation physique de la structure de cellule dans les produits traités de tomate (le jus de tomate à droite, comparé aux tomates fraîches à gauche) (Shi et Le Maguer, 2000)

Le lycopène est fortement lié aux macromolécules dans les aliments, les lipides alimentaires jouent un rôle important dans la dissolution de lycopène et son absorption (Clinton, 1998). Les chylomicrons sont responsables du transport de lycopène, de la muqueuse intestinale vers le sang. Dans le plasma, il est transporté exclusivement par les lipoprotéines.

Le lycopène, substance caroténoïde dominante dans le plasma humain, possède une demi-vie de deux à trois jours dans l'organisme, et il est présent sous forme d'un mélange contenant 50 % de forme *cis* et 50 % de forme *trans* (Stahl et Coll, 1992).

L'isomère *cis* présente une meilleure biodisponibilité que le *trans*, probablement parce qu'il est plus facilement solubilisé par les sels biliaires et ainsi plus facilement incorporé aux chylomicrons (Shi et Le Maguer.,2000).

L'absorption du lycopène à partir de tomates cuites est aussi très fortement accrue (+82%) en présence d'huile d'olive à la cuisson (Fielding *et al.*, 2005).

Les produits traités de tomate comme le jus de tomate, la purée de tomate, le ketchup de tomate... ont été montrés pour fournir des sources biodisponibles de lycopène, avec les

augmentations conséquentes dans le plasma, le lycopène augmente les niveaux de défense contre la ligne des bases.

Les gras alimentaires améliorent ce processus et devraient être consommés ensemble avec les aliments sources de lycopène (Basu et Imrhan, 2007).

Les fibres alimentaires diminuent la biodisponibilité du lycopène (Erdman *et al.*, 1986).

De par leur caractère lipophile commun, les vitamines liposolubles (A, E, D, K) pourraient entrer en compétition avec les caroténoïdes pour la micellarisation. la biodisponibilité *in vitro* et *in vivo* de l' $\alpha$ -tocophérol est fortement diminuée par un mélange de lycopène,  $\beta$ -carotène et lutéine (Reboul *et al.*, 2007).

L'absorption du lycopène semble plus importante lorsqu'il est ingéré en présence de bêta-carotène (Jackson, 1997).

La grosseur des particules alimentaires et les facteurs génétiques peuvent aussi influencer l'absorption du lycopène (Shi et Le Maguer, 2000).

La concentration sérique du lycopène varie de 50 nmol/L à 900 nmol/L. elle varie beaucoup d'un individu et d'une population à l'autre. Plusieurs études ont suggéré que la concentration de lycopène est inversement proportionnelle à l'âge et qu'elle est positivement associée au cholestérol sanguin. le taux de cholestérol, l'état civil et l'apport en lycopène sont les déterminants les plus importants du taux de lycopène (Mayne *et al.*, 1999).

Plusieurs études rapportent une forte association du lycopène avec le cholestérol sanguin ce qui est probablement dû au fait que le lycopène est principalement transporté dans les lipoprotéines de basse densité, celles-ci étant le transporteur principal du cholestérol.

## **II-9- Recommandation**

Les recommandations sont donc de consommer plus de 10 portions de tomates cuites ou d'aliments riches en lycopène par semaine. On peut aussi avoir recours à un supplément et ceux-ci sont offerts commercialement. La dose recommandée est de 30 à 60 mg par jour. Un tel apport de lycopène pourrait diminuer du tiers le risque de cancer de la prostate (Saad *et al.*, 2003). Le tableau 4 représente l'estimation de l'apport quotidien de la tomate et des produits à base de tomate.

**Tableau 4:** L'estimation de l'apport quotidien en lycopène de la tomate et des produits à base de tomates.

Produits	Portion	Apport en lycopène (mg/jour/sujet)	% de l'apport quotidien recommandé en lycopène
Tomates	200 g	12,70	50,5
Sauce à spaghetti	125 ml	2,44	9,7
Pâte de tomate	30 ml	2,29	9,1
Jus de tomate	250 ml	2,20	8,7
Sauce aux tomates	227 ml	1,52	6,0
Purée de tomate	60 ml	1,02	4,1
Soupe aux tomates	227 ml	0,79	3,1
Sauce à pizza	60 ml	0,66	2,6
Ketchup aux tomates	15 ml	0,53	2,1
Cocktail de palourdes	250 ml	0,50	2,0
Sauce Chili	30 ml	0,30	1,2
Mélange à <i>Bloody Mary</i>	156 ml	0,15	0,6
Sauce barbecue	30 ml	0,06	0,2
<b>Total : 25,16 mg/ jour/ sujet</b>			

Source: Agarwal et Rao,2000

## II-10- Vertus de lycopène

Cette molécule a plusieurs débouchés. Elle sert de colorant et antioxydant alimentaires, elle peut être aussi commercialisée sous forme de capsules, en tant que préparation thérapeutique, afin de prévenir certaines maladies d'origine tumorale.

### II-10-1- Rôle antioxydant du lycopène

#### II-10-1-1- Définition

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat (Cano *et al.*, 2006).

Ce sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres et les rendent inoffensifs (Vansant, 2004).

Le lycopène est un puissant antioxydant qui peut contribuer aux défenses vis-à-vis d'une production exagérée ou mal contrôlée d'espèces oxygénées.

La capacité du lycopène à neutraliser les radicaux libres provenant de l'oxygène moléculaire se fait physiquement et chimiquement.

Le transfert de l'énergie d'excitation de l'ion d'oxygène vers la molécule de lycopène produit une molécule d'oxygène plus stable et une molécule de lycopène en état d'excitation qui dissipera son excédent d'énergie sous forme de chaleur.

## **II-10-1-2- Mécanisme d'action**

### **a- Au niveau de l'organisme**

Les facteurs alimentaires jouent un rôle déterminant dans le développement des maladies chroniques. Dès à présent, Les directives alimentaires recommandent une forte consommation de fruits et de légumes pour combattre l'incidence de maladies humaines comme le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'ostéoporose et le diabète (Rao et Rao, 2007). Un certain nombre de ces maladies chroniques, les maladies cardiovasculaires et certains cancers, par exemple, ont été associés à la production excessive d'espèces réactives de l'oxygène et à la dégradation oxydative des molécules intra ou extra cellulaire (Wiseman *et al.*, 2000).

Une alimentation riche en tomates et produits de la tomate qui contiennent le lycopène protège contre ces maladies chroniques en atténuant les dégâts de l'oxydation (Rao, 2004).

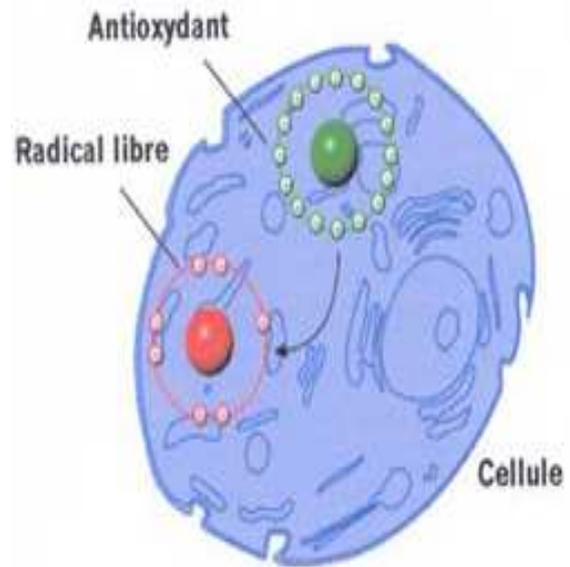
Les cellules humaines sont constamment exposées aux espèces réactives de l'oxygène tel que les radicaux peroxyde, hydroxyle et peroxyde et le peroxyde d'hydrogène. Ces espèces sont principalement produites par des sources endogènes, telles que les chaînes de transport d'électron, les peroxysomes et le système de cytochrome. D'autres espèces réactives de l'oxygène et radicaux libres sont générés dans un sens bénéfique par la réponse immunitaire (macrophages) ou en raison du tabagisme, de la pollution atmosphérique ou sous l'effet de l'exposition au rayonnement ultraviolet (Wiseman *et al.*, 2000).

L'exposition chronique aux espèces réactives de l'oxygène peut endommager l'ADN, le corps humain dispose de mécanismes de défense antioxydante permettant de maîtriser le risque d'agression radicalaire.

Le radical hydroxyle, extrêmement réactif, est particulièrement nocif, il peut se combiner avec pratiquement toutes les molécules présentes dans les systèmes biologiques.

Les enzymes antioxydantes intracellulaires constituent la première ligne de défense pour neutraliser les radicaux libres de l'oxygène.

Les défenses enzymatiques endogènes contre les attaques oxydatives ne sont pas totalement efficaces, et différents antioxydants piègeurs de radicaux libres constituent une deuxième ligne de défense



**Figure10** : Action des antioxydants (Wiseman *et al.*, 2000).

### - La prévention des maladies cardiovasculaires

La tension d'oxydation est maintenant reconnue comme un facteur étiologique important dans la causalité de plusieurs maladies chroniques en incluant les maladies cardiovasculaires (Rao *et al.*, 2006). L'oxydation des LDL, qui est une des hypothèses majeures dans l'apparition de l'athérosclérose, peut être évitée par la présence d'antioxydants (Shi et Le Maguer, 2000). In vitro, le lycopène et d'autres substances caroténoïdes ont la capacité d'inhiber l'oxydation des LDL. Les antioxydants pourraient réduire la progression de l'athérosclérose en inhibant les dommages causés par le processus d'oxydation. Un taux de lycopène sanguin faible a été associé à une augmentation du risque de mortalité par maladie cardiovasculaire (Kristenson *et al.*, 1997).

le lycopène a suscité beaucoup d'attention ces dernières années en raison de son effet bénéfique dans la prévention de certaines pathologies (Sawdogo *et al.*, 2015).

Plusieurs études ont été conduites. Une a été menée auprès des sujets ayant une alimentation dépourvue de lycopène sur une période de deux semaines. Une diminution de 50 % du taux de lycopène sérique et une augmentation de 25 % de l'oxydation des lipides ont été observées (Rao et Agarwal, 2000).

### **- La prévention du cancer**

Des études épidémiologiques ont en effet montré que la consommation de tomates et des produits à base de tomates pourraient prévenir certaines maladies chroniques telles que les cancers de la cavité buccale, du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, du rectum, de la prostate et du sein (Sawdogo *et al.*, 2015):

Les activités préventives des caroténoïdes contre le cancer ont été associées aussi bien à leurs propriétés antioxydantes et à l'induction et la stimulation de la communication intercellulaire via les jonctions de trou qui jouent un rôle dans le règlement de croissance de cellule, la différenciation et l'apoptosis. Le trou de jonction facilite la communication entre les cellules qui peuvent être une base pour la protection contre le développement de cancer (Tapiero *et al.*, 2004).

L'enrichissement en lycopène augmenterait les communications intercellulaires des cellules fibroblastiques d'embryon de souris. Ces communications sont importantes dans la prévention ou la réversion de transformations de cellules malignes (Agarwal et Rao, 2000).

Il a été suggéré que la diète méditerranéenne, riche en fruits et légumes, notamment en tomates, soit responsable de la faible incidence de cancer dans cette région. Un apport élevé en tomate est associé à une réduction de 50 % du taux de mortalité peu importe le site du cancer.

L'estimation de l'apport en lycopène par les produits de la tomate est inversement proportionnelle au risque de cancer de la prostate. Une réduction de près de 35 % du risque de cancer est observée avec une consommation de 10 portions et plus par semaine de produits de la tomate.

Une grande consommation de tomates a régulièrement été associée à une diminution du risque de souffrir d'un cancer du système digestif.

Dans une récente étude, le seul antioxydant à avoir démontré une association inverse significative avec le risque de cancer du sein est le lycopène. Dans une étude de cohortes, on a découvert que la concentration sérique du lycopène était inversement en corrélation avec le risque de cancer de la vessie (Rao et Agarwal, 2000).

Après la consommation de purée de tomate, les dommages à l'ADN ont été réduits de moitié, démontrant ainsi l'augmentation de la capacité antioxydante de la cellule (Porrini, Riso, 2000). Il y a donc une forte corrélation inverse entre la concentration plasmatique et lymphocytaire et les dommages à l'ADN (Agarwal et Rao, 1998).

Il y a une corrélation inverse entre la fréquence d'oxydation de l'ADN des lymphocytes et les concentrations sériques des substances caroténoïdes, dont le lycopène.

On peut donc conclure qu'une petite quantité de purée de tomate ajoutée à notre alimentation pendant une courte période peut augmenter la concentration du lycopène et augmenter la résistance des lymphocytes à l'oxydation (Agarwal et Rao, 1998).

#### **b- Au niveau des aliments**

La protection contre l'oxydation des aliments est souvent nécessaire, en effet la dégradation oxydative des constituants de nos aliments présente des inconvénients sur les plans organoleptiques, nutritionnels et hygiéniques.

L'addition de petites quantités d'antioxydants est susceptible de retarder la détérioration des aliments.

Les antioxydants naturels ont attiré l'intention des scientifiques et des chercheurs dans différents domaines par rapport aux antioxydants de synthèse tel que le BHT, le BHA, ... qui ont montré par des examens de toxicologie leur capacité d'agir en particulier au niveau du métabolisme énergétique et lipidique, du foie, du poumon, et qu'ils peuvent jouer un rôle dans le développement des tumeurs et d'être à l'origine des manifestations allergiques et cancérigènes.

## **II-10-2- Colorant alimentaire**

### **II-10-2-1- Définition**

On désigne par le terme de colorant toute substance colorée utilisée pour changer la couleur d'un support, son origine peut être naturelle (organique ou minérale) ou de synthèse (Khiati, 2007). Un colorant alimentaire est une substance qui ajoute ou redonne de la couleur aux denrées alimentaires (Moll et Moll, 1998).

La coloration constitue, un facteur important, parfois décisif dans le choix car la couleur est un élément immédiatement accessible pour l'évaluation de la qualité d'un aliment.

### **II-10-2-2- Classification**

Il y a plusieurs façons de classer les colorants. On peut le faire suivant leur propriété principale qui est leur couleur. On peut le faire également suivant leur nature chimique ce qui permet de faire un rapprochement entre plusieurs colorants (colorants polyphénoliques, azoïques). Enfin, une classification suivant l'origine naturelle ou synthétique est celle qui sera présentée ici. Suivant cette classification, on peut dire qu'un colorant naturel est une substance colorée présente dans les produits naturels animaux, végétaux ou minéraux et qu'un composé de synthèse est obtenu à partir de constituants chimiques élaborés par voie de synthèse chimique. Notons qu'avant 1850, tous les colorants ajoutés dans l'alimentation étaient d'origine naturelle (safran, cochenille, caramel, curcuma, rouge de betterave, etc...). C'est avec l'essor de la chimie qu'apparurent les colorants synthétiques encore appelés à l'époque « colorants dérivés de la houille » (Multon, 1992).

Il convient de signaler que la réglementation n'établit pas de différence entre les colorants d'origine naturelle et ceux issus de la synthèse chimique.

Du point de vue de l'étiquetage, les colorants, quelque soit leur origine, doivent figurer dans la liste des ingrédients des produits dans lesquels ils sont incorporés sous le nom «colorants», suivi de leur nom ou de leur numéro d'identification conventionnel (Moll et Moll, 1998).

On pourra admettre la référence au caractère naturel pour les colorants dont la partie colorante a été obtenue par des procédés physiques appropriés (extraction par un solvant, par exemple) à partir d'une matière végétale.

La référence au caractère « naturel » ne pourra être admise pour les colorants lorsqu'ils auront été modifiés ou isolés par voie chimique (c'est le cas des chlorophyllines et complexes cuivriques de chlorophylles). Enfin certains colorants peuvent être obtenus indifféremment par extraction à partir de substances naturelles, ou bien par synthèse chimique : riboflavine, 13-carotène, etc (Moll et Moll, 1998).

### **II-10-2-3- Colorants naturels et synthétiques**

La plupart des colorants synthétiques sont des colorants azoïques. Beaucoup de personnes

soupçonne ces substances d'être cancérigènes. Mais depuis 1960, chaque colorant est soumis à des examens toxicologiques permettent d'exclure ainsi tout risque pour la santé du consommateur. Les colorants synthétiques ont certains avantages par rapport aux colorants naturels. Beaucoup parmi ces derniers sont sensibles à la lumière, à l'oxygène ou à l'action des bactéries. Par conséquent ils ne sont pas stables. Les colorants synthétiques ont été conçus afin d'avoir une durée de vie plus longue. Ils sont plus stables et donnent des couleurs plus intenses. Aussi ils sont utilisés en plus petite quantité (de 20 à 100mg par Kg de matière à colorer). Ils sont souvent, en outre, moins onéreux que les colorants naturels (Capon *et al.*, 1993).

Bien que les colorants synthétiques aient tendance à être moins cher et offrent une chaîne de provision plus logique depuis qu'ils ne dépendent pas de la nature, mais ils ne présentent aucun intérêt nutritionnel et les colorants naturels ont donc récolté plus d'avantages (Kelly, 2007).

Avoir recours à un colorant naturel tel le lycopène assure une sécurité alimentaire et évite les méfaits des produits de synthèse (troubles métaboliques et respiratoires, allergie, hypertension, retard de croissance...).

*Matériels*  
*et*  
*Méthodes*



Il est à signaler que la partie pratique de ce travail a été effectuée au niveau du laboratoire de chimie de département Technologie Agroalimentaire et Nutrition humaine de l'ENSA (Ecole Nationale Supérieure - El Harrach). Les Analyses HPLC et Spectrophotométrie UV-VIS ont été effectuées au niveau du CRAPC (centre de recherche et analyses physico-chimiques).

Notre démarche consiste à extraire le lycopène avec un seul paramètre d'abord qui est le « solvant » où on va utiliser l'éther de pétrole et le dichlorométhane dans l'extraction à température ambiante, selon les résultats, on effectuera des extractions avec le deuxième paramètre qui est la température et en utilisant le meilleur solvant. Pour identifier le lycopène et le quantifier on effectue des analyses HPLC et Spectrophotométrie UV-VIS.

## **I- Matériel**

### **I- 1- Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé pour l'extraction de lycopène est :

- La tomate pelée, dont la variété s'appelle *Andine Cornue*, est une variété industrielle avec un fruit allongé et pointu.
- La peau de tomate de la même variété.
- Le double concentré de tomate de production locale.

La tomate a été prise en été (dans la saison de production de cette espèce industrielle) et conditionnée jusqu'au moment de l'extraction.

### **I- 2- Matériels de laboratoire**

- ◆ Balance.
- ◆ Ballon.
- ◆ Éprouvette.
- ◆ Barreau magnétique.
- ◆ Agitateur magnétique.
- ◆ Réfrigérant.
- ◆ Fiole à vide.
- ◆ Filtre Büchner.

- ♦ Entonnoir.
- ♦ Ampoule à décanter.
- ♦ Évaporateur rotatif.

### **I-3- Produits**

- ♦ Ether de pétrole.
- ♦ Dichlorométhane.
- ♦ Sulfate de sodium anhydre.
- ♦ Eau distillée.
- ♦ Pierres ponce.

## **II- Extraction par Procédés verts**

L'EXTRACTION est une action de séparer une substance du composé dont elle fait partie, souvent au moyen d'un solvant (Richard et Multon, 1992).

Il existe plusieurs modes d'extraction : liquide - solide, liquide - liquide, extraction par fluide supercritique...

L'extraction de substances naturelles d'origine végétale en utilisant des procédés « verts » telle que l'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique est une alternative à l'extraction par solvant traditionnellement utilisés dans l'industrie des produits naturels (Herzi, 2013).

Lorsqu'un fluide est placé dans des conditions de température et de pression supérieures au point critique il entre dans un état dit supercritique. C'est un état qui n'existe pas dans la nature : il faut placer le fluide dans ces conditions de température et de pression pour qu'il apparaisse. Les fluides supercritiques ont des propriétés différentes de celles d'un gaz ou d'un liquide mais qui sont comprises entre les deux. Ils ont une viscosité proche de celle d'un gaz, une densité proche de celle d'un liquide avec un pouvoir de diffusivité très élevé par rapport au fluide liquide. Ce qui facilite leur pénétration dans des milieux poreux (Samvura et Totté, 2007).

Le CO<sub>2</sub> se place en tête des fluides supercritiques, il présente des propriétés qui en font un solvant de choix pour l'extraction des molécules naturelles (Samvura et Totté, 2007) :

- C'est un gaz naturel, non toxique et inodore.

- Il est chimiquement inerte.
- Sa faible température critique permet d'extraire à basse température, minimisant les risques de dégradation thermique.
- L'extraction est faite à l'abri de l'oxygène.
- Il ne laisse aucun résidu dans l'extrait ni dans la matière première épuisée, contrairement aux solvants organiques.
- Recyclé à l'état gazeux en fin de process, il permet de concevoir des usines propres et respectueuses de l'environnement.

Le lycopène et le bêta-carotène ont été extraits de déchets de tomates en utilisant le dioxyde de carbone supercritique (Baysal *et al.*, 2000). Cette méthode indique que le lycopène de tomate a été extrait de la peau avec un effet négligeable de dégradation, des conditions optimales, et les quantités extraites ont représenté plus de 94% de la teneur en caroténoïdes totaux de l'échantillon (Topal *et al.*, 2006).

Le CO<sub>2</sub> supercritique basse pression (90 bar) a permis d'obtenir un extrait de bonne qualité (Herzi, 2013). Cette technique est meilleure pour l'extraction mais elle ne peut être réalisée à notre niveau à cause de l'absence de produits et de dispositifs nécessaires, on se limitera alors à l'extraction solide – liquide.

### **III- Extraction solide – liquide**

L'extraction solide-liquide est généralement réalisée par contact intime entre le solide et le solvant et séparation mécanique de la solution et du solide (Cisse, 2010). C'est l'opération fondamentale qui a pour but d'extraire, de séparer, de dissoudre, un ou plusieurs composants mélangés à un solide. C'est une opération de transfert ou d'échange de matière entre une phase solide, qui contient la matière à extraire et une phase liquide, le solvant d'extraction (Poirot, 2007).

Dans la forme la plus simple de ce procédé, la matière à extraire et le solvant sont bien mélangés, ensuite le solvant contenant le soluté dissous est séparé. L'extraction est souvent incomplète même avec un très bon solvant (Richard et Multon, 1992).

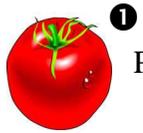
### **III-1- Mode d'extraction**

#### **III-1-1- Extraction à température ambiante**

Mettre 2 g de l'échantillon dans un ballon, ajouter 20 mL de solvant. Agiter pendant 10 minutes avec l'agitateur magnétique. Filtrer sur büchner (La pression atmosphérique qui appuie sur le liquide accélère la filtration). Ajouter au filtrat 5 mL d'eau distillée et l'introduire dans une ampoule à décanter, puis agiter. Placer l'ampoule dans son support et attendre que les phases se séparent par décantation. Récupérer la phase organique dans un ballon en utilisant un entonnoir muni d'un filtre et quelques grammes de sulfate de sodium anhydre (afin d'éliminer les traces d'eau) et la faire évaporer à l'évaporateur rotatif (température d'ébullition de l'éther de pétrole et du dichlorométhane à pression atmosphérique sont respectivement : 40-60 °C et 41°C), cette opération permet d'obtenir l'extrait sec et de régénérer le solvant (Ousserir et Hamida, 2007).

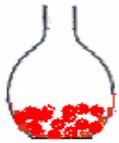
L'extrait sec est en suite pesé, puis analysé, afin d'identifier le lycopène et déterminer sa teneur, les étapes de l'extraction sont illustrées dans la figure 11.

**N.B:** Ce protocole est fait une fois avec l'éther de pétrole et une fois avec le dichlorométhane pour pouvoir comparer les rendements dans le but de déterminer le meilleur solvant d'extraction.



①

Peser 2 g de tomate pelée.



②

Les mettre dans un ballon avec 20 mL de solvant.

### Extraction à partir de la tomate pelée



①

Peser 2 g de double concentré de tomate.

② Les mettre dans un ballon avec 20 mL de solvant

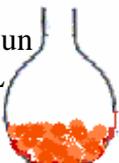


### Extraction à partir de DCT

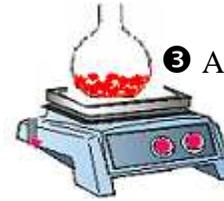


① Peser 2 g de peau de tomate.

② Les mettre dans un ballon avec 20 mL de solvant

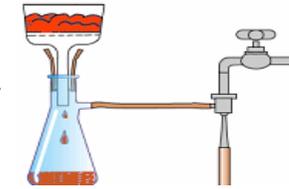


### Extraction à partir de la peau de tomate



③

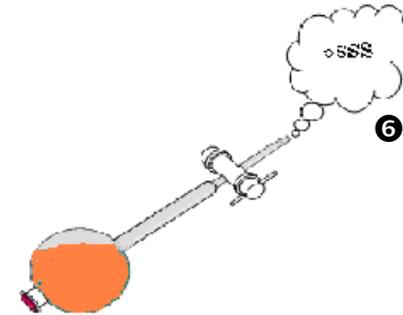
Agiter avec l'agitateur magnétique pendant 10 minutes.



④ Filtrer sur büchner



⑤ Ajouter au filtrat 5 mL d'eau distillée et l'introduire dans une ampoule à décanter.



⑥ Bien agiter, puis placer l'ampoule dans son support, et attendre que les liquides non miscibles se séparent par décantation.

⑦ Enlever le bouchon, ouvrir le robinet et faire passer la phase organique.



⑧ L'extrait peut alors être recueilli après passage à l'évaporateur rotatif.

**Figure 11 : Schéma d'extraction de lycopène à température ambiante**

### **III-1-2- Extraction à 40°C**

Placer 2 g de l'échantillon et quelques grains de pierre ponce dans un ballon. Ajouter 20 mL de dichlorométhane et porter à reflux pendant 30 minutes sous agitation à une température égale à 40 °C. Refroidir le ballon à température ambiante puis filtrer sous vide afin de récupérer la phase liquide. Evaporer le filtrat à l'évaporateur rotatif. L'extrait est en suite pesé, puis analysé, afin d'identifier le lycopène et déterminer sa teneur (Capon et al 1993).

Les étapes de l'extraction sont illustrées dans la figure 12.



① Peser 2 g de tomate pelée.



② Les mettre dans un ballon avec 20 mL de dichlorométhane.

### Extraction à partir de la tomate pelée



① Peser 2 g de double concentré de tomate.

② Les mettre dans un ballon avec 20 mL de dichlorométhane.



### Extraction à partir de DCT

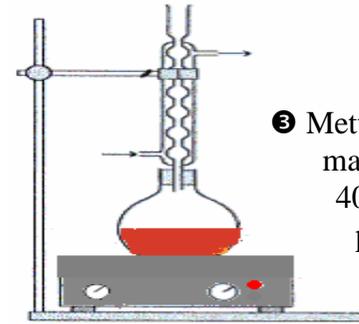


① Peser 2 g de peau de tomate.

② Les mettre dans un ballon avec 20 mL de dichlorométhane.

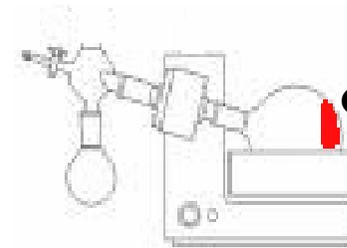
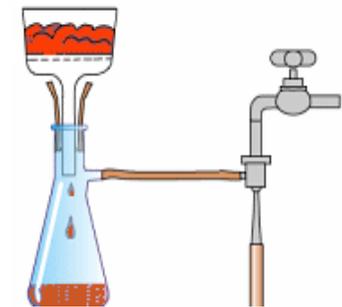


### Extraction à partir de la peau de tomate



③ Mettre le ballon dans un agitateur magnétique chauffant réglé à 40°C et le porter à reflux pendant 30 minutes.

④ Filtrer sur büchner afin de récupérer la phase liquide



⑤ Evaporer le filtrat à l'évaporateur rotatif.

⑥ Le lycopène peut alors être recueilli après passage par l'évaporateur rotatif.

Figure 12 : Schéma d'extraction de lycopène à 40°C

### III-2- Analyse des extraits

Avant d'être analysé, l'extrait sec obtenu est dissous dans 2 mL de chloroforme où la solubilité du lycopène est meilleure.

Le lycopène est plus soluble dans le chloroforme, le benzène, et d'autres solvants organiques que dans l'eau (Hireche, 2013). Cette solubilité diffère donc d'un solvant à un autre comme le montre la figure 13.



**Figure13** : Solubilité du lycopène dans certains solvants (Bouabdalah, 2003)

Selon cette figure on remarque que le lycopène est très soluble dans le chloroforme, et le dichlorométhane, moyennement soluble dans l'acétone et l'hexane, peu soluble dans l'éther de pétrole et insoluble dans le méthanol.

### III-2-1- Analyse par HPLC

#### III-2-1-1- Principe

La chromatographie permet la séparation ou la purification d'un ou de plusieurs composés d'un mélange en vue de leur identification et de leur quantification.

A l'origine la chromatographie en phase liquide se faisait sur des colonnes en verre. Le liquide traversait la phase stationnaire par gravité ou sous faible pression. Puis pour augmenter le débit, des manipulations ont été réalisées sous pression plus forte. C'est ce que l'on a appelé la chromatographie liquide sous haute pression « HPLC » (Kazakevich et LoBrutto, 2007).

L'appareil HPLC est montré par la figure 14.

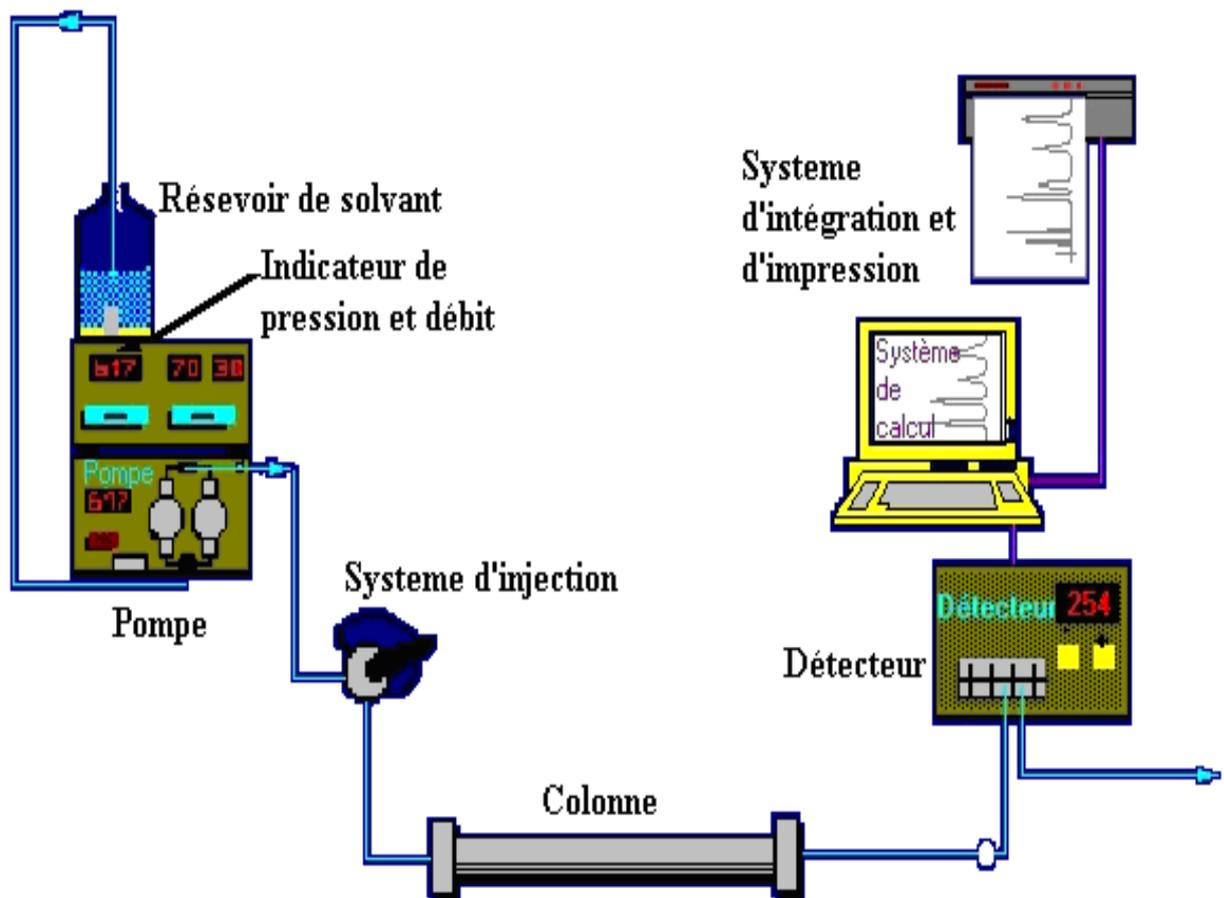


Figure 14 : Schéma de principe d'une Chaîne HPLC (Kazakevich et LoBrutto, 2007)

Une solution diluée d'échantillon est introduite (injectée) dans le solvant (phase mobile), à travers une membrane autoscellante élastique, en circulation interparticulaire, assurant ainsi une fréquence élevée de contact entre la solution mobile et les surfaces des particules de la phase stationnaire.

L'échantillon entraîné par le solvant est en contact perpétuel avec la phase stationnaire, il s'établit un équilibre de partage entre les deux phases. Les différents composés contenus dans le mélange se séparent en bandes dans leurs parcours à travers la colonne. A la sortie de la colonne, chaque composé élevé est détecté par un détecteur et on obtient un chromatogramme (Bellal, 1997).

### **III-2-1-2- Appareillage**

#### **a- Le réservoir**

Le plus souvent ce réservoir est une bouteille en verre qui contient la phase mobile en quantité suffisante (Bellal, 1997). La phase mobile que nous avons utilisé est constituée d'un mélange de deux solvants (Acétonitrile / Méthanol) avec un volume de (60V / 40V).

#### **b- La pompe**

Elle délivre en continu la phase mobile (Kazakevich et LoBrutto, 2007). Elle a pour rôle de pousser l'éluant à travers la colonne à une pression élevée et à un débit constant. Elle doit être inerte à la corrosion des solvants utilisés (Bellal, 1997).

Plusieurs types de pompes peuvent être utilisés, tels que les pompes pneumatiques à pression constante, ou les pompes à débit constant, c'est ce dernier type qui a été utilisé avec un débit de 3ml / min.

#### **c- L'injecteur**

L'introduction de l'échantillon au sommet de la colonne a été faite par une vanne d'échantillonnage, avec une quantité de 20  $\mu$ L.

Dans une première étape, on procède au remplissage de la boucle par l'introduction de l'échantillon, puis le contenu de la boucle est injecté dans la colonne à l'aide de la phase mobile (Bellal, 1997).

#### **d- La Colonne**

Une colonne est un tube construit d'un matériau le plus possible inerte aux produits chimiques, souvent en inox ou en verre (Bellal, 1997). Sa section est constante, de diamètre compris entre 4 et 20 mm pour des longueurs généralement de 15 à 30 cm.

En mode analytique, les colonnes en inox ont généralement un diamètre interne de 4,6 mm. La longueur est de 5, 10, 15, ou 25 cm. Le remplissage (en silice, silice greffée ou particules polymériques) avec une granulométrie de 3, 5, ou 10  $\mu\text{m}$ . Si des substances pures doivent être collectées en fin de chromatogramme, des colonnes de gros diamètre seront nécessaires (Dalmeyda, 1994).

La colonne qu'on a utilisée est de type ODS3 avec un alcane  $\text{C}_{18}$ , une longueur de 25 cm, un diamètre 4.6 mm et une granulométrie qui est de l'ordre de 5  $\mu\text{m}$ .

#### **e- Le Détecteur**

C'est l'un des organes essentiels d'une chromatographie en phase liquide puisqu'il permet de suivre en continu la séparation et de relier les signaux obtenus à la concentration des solutés (constituants de mélange à analyser) (Bellal, 1997).

Divers détecteurs peuvent être utilisés, Notons, que le détecteur à absorption UV est le type utilisé dans notre analyse avec une longueur d'onde  $\lambda = 472 \text{ nm}$ .

#### **f- L'intégrateur**

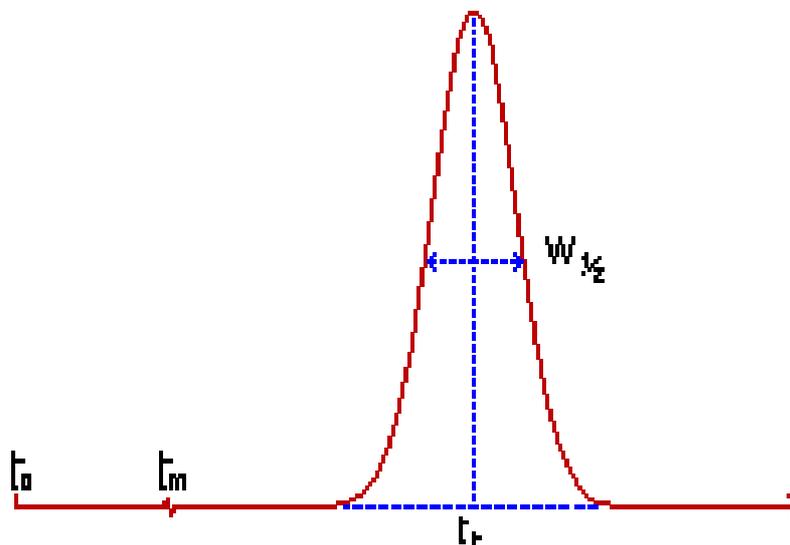
Une intégration consiste à mesurer la surface sous un pic. La détection d'un pic chromatographique par l'intégrateur, dépend de deux paramètres (Kazakevich et LoBrutto, 2007):

- la largeur attendue des pics.
- le seuil d'intégration (sensibilité).

La largeur de pic est à peu près prévisible en fonction de la technique d'analyse et des conditions opératoires. Elle détermine la fréquence d'échantillonnage du signal. Le pic est alors découpé en tranches. Le seuil d'intégration est la valeur du signal à partir de laquelle le calculateur repère un début de pic.

### III-2-1-3- Analyse des chromatogrammes

Un chromatogramme est un tracé sous forme d'une courbe de GAUSS, sur un papier enregistreur des réponses successives du détecteur, au cours de l'élution des solutés hors des colonnes.



**Figure 15** : Pic d'un chromatogramme et ses caractéristiques (Kazakevich et LoBrutto, 2007)

Un chromatogramme donc est une image, un diagramme obtenu par chromatographie, il est caractérisé par (Kazakevich et LoBrutto, 2007) :

**a- Le temps  $t_0$**  : Temps du début de l'injection.

**b- Le temps mort «  $t_m$  »** : Temps mis par un composé non retenu par la phase stationnaire de la colonne, pour parcourir le trajet entre l'entrée et la sortie de la colonne (temps passé dans la phase mobile).

**c- Le temps de rétention «  $t_r$  » :** Temps mis par les molécules d'un composé à analyser (soluté) pour parcourir le trajet, entre l'entrée et la sortie de la colonne. C'est le temps total passé dans la colonne. Le temps de rétention peut être aussi mesuré entre l'entrée et la sortie du système chromatographique.

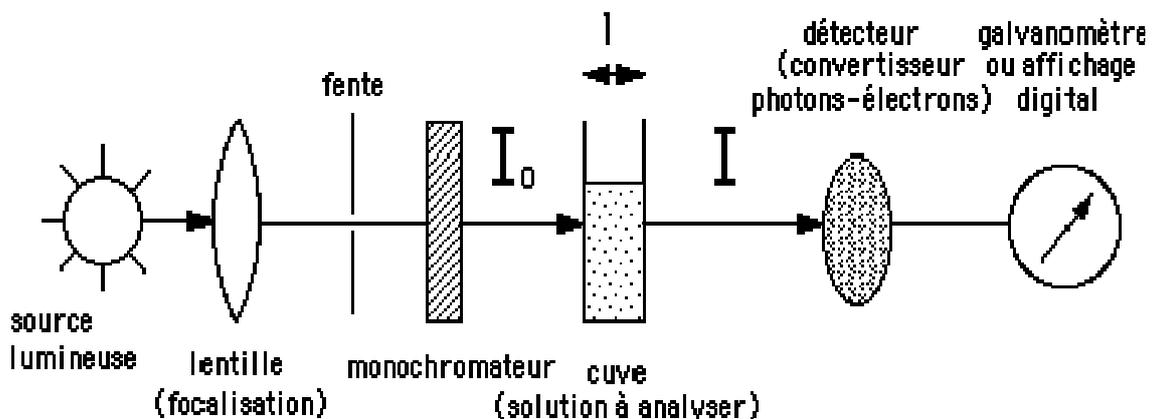
Le temps de sortie, ou temps de rétention, est caractéristique du constituant, pour des conditions d'analyse données.

**d- la largeur du pic à mi-hauteur «  $w_{1/2}$  » :** ou à sa base, par l'intersection des tangentes du pic à ses points d'inflexion avec la ligne de base.

## III-2-2- Analyse par spectrophotométrie UV –VIS

### III-2-2-1- Principe

Cette technique est basée sur l'exploitation du phénomène d'interaction entre la matière et les radiations lumineuses qui appartiennent aux domaines de l'ultraviolet et du visible. L'intensité lumineuse absorbée est proportionnelle à la concentration d'un élément dans la solution. La spectrophotométrie UV-VIS emploie le spectre dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 190 et 760 nm (Dalmeyda, 2000). La figure 16 représente le schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-VIS.



**Figure 16 :** Schéma de principe d'un spectrophotomètre UV-VIS (Lafont *et al*, 2002)

### **III-2-2-2- Les constituants d'un spectrophotomètre UV -Vis**

Un spectrophotomètre UV –Visible comprend 4 parties essentielles (Lafont *et al*, 2002) :

#### **a- Source lumineuse**

Pour la plupart des spectrophotomètres UV-VIS, on utilise principalement deux types de lampes afin de couvrir la totalité du spectre :

- Une lampe à décharge au deutérium utilisée dans le domaine de 190 à 400 nm.
- Une lampe à filament de tungstène pour la région allant de 400 à 760 nm.

Une lampe à décharge au xénon utilisée dans le domaine UV et visible. Ce type de lampe est très énergétique. Elle fonctionne sous forme de flash, juste au moment de faire une mesure.

#### **b- Monochromateur**

La fonction du monochromateur est de sélectionner une longueur d'onde parmi le spectre du rayon incident.

Les monochromateurs les plus utilisés sont composés en général d'une fente d'entrée, d'un dispositif de dispersion comme un prisme ou un réseau, et d'une fente de sortie.

L'échantillon et le détecteur, placés juste derrière le monochromateur, ne seront donc traversés que par un domaine étroit de longueurs d'onde. Pour changer cette longueur d'onde, il suffit alors de faire pivoter le dispositif de dispersion.

#### **c- Cuve**

Elle contient soit l'échantillon soit la référence. La longueur de la cuve est de 1, 2, 4 ou 5 cm de trajet optique. La longueur de la cuve avec laquelle nous avons travaillé est de 1 cm. La cuve doit être transparente aux radiations. Par exemple en UV, les cuves sont en quartz, elles ne peuvent être ni en verre ni en plastique.

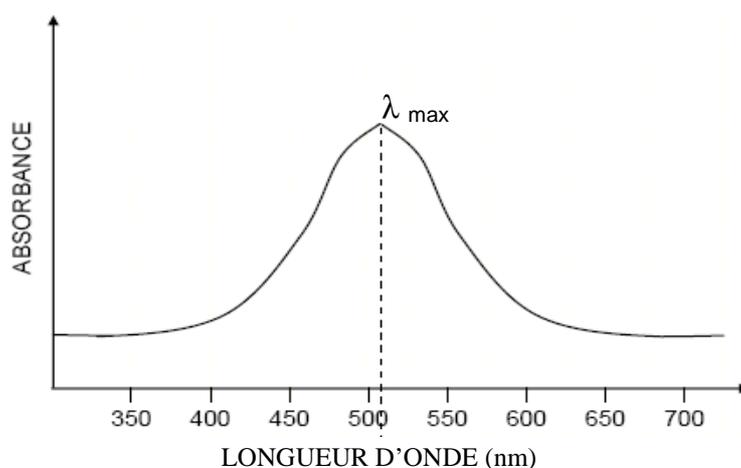
#### **d- Détecteur**

Les plus couramment utilisés sont les photodiodes (semi-conducteur), lorsqu'un photon rencontre un semi-conducteur, il peut transférer un électron de la bande de valence (niveau énergétique bas) vers la bande de conduction (niveau énergétique haut) en créant une paire électron - trou.

Le nombre de paires électrons - trous est fonction de la quantité de lumière reçue par le semi-conducteur qui peut donc être utilisé en tant que détecteur optique.

### III-2-2-3- Spectre d'absorption UV - VIS

Le spectre d'absorption ultraviolet ou visible d'un composé est obtenu en mesurant l'absorbance d'une solution du composé à différentes longueurs d'onde dans la région ultraviolette ou visible (Figure 17).



**Figure 17** : Spectre d'absorption UV-VIS (Salghi, 2001).

Le spectre d'absorption ultraviolet ou visible d'un composé est relativement simple. On y retrouve habituellement une ou deux bandes d'absorption (Salghi, 2001).

Le spectre d'absorption ultraviolet ou visible est caractéristique d'un composé. Le tracé d'un spectre d'absorption est utilisé principalement pour confirmer la présence d'un composé soupçonné dans un aliment, par comparaison des spectres d'absorption d'une solution de l'aliment et d'une solution du composé pur (Salghi, 2001).

### III-2-2-4- Analyse quantitative

Elle consiste à doser directement le soluté en utilisant la loi de **Beer-Lambert** (Clark, 1993). Cette loi permet de réaliser des dosages qui montrent une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration (Meyer et Denier, 1996).

La loi de Beer-Lambert permet de déterminer la concentration de chaque substance dans l'échantillon à analyser comme suit:

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C$$

Avec : A = absorbance (sans unité).

$\epsilon$  = coefficient d'absorption molaire ou d'extinction ( $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

C = concentration molaire ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

l = longueur de la cuve (cm) ou trajet lumineux.

Pour pouvoir appliquer cette loi quantitative, il faut connaître le coefficient d'extinction de la substance ( $\epsilon$ ). Ce dernier varie en fonction du solvant dans lequel la substance est dissoute et la longueur d'onde d'absorption.

Si  $\epsilon$  n'est pas connu, il est nécessaire de tracer une courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration avec une gamme des concentrations d'un témoin où la loi de Beer-Lambert est vérifiée (linéaire).

Cette loi n'est vérifiée que dans les conditions suivantes :

- ✓ Lumière monochromatique
- ✓ Solution très diluée.
- ✓ Pas de réflexion, diffusion ou fluorescence du faisceau incident.

## IV- Evaluation de l'effet antioxydant du lycopène

### IV-1- Protocole expérimental

Ramener trois flacons en verre d'environ 200 mL, mettre 100 g d'huile de tournesol dans chaque flacon, laisser le premier comme témoin, ajouter 0.1 g de lycopène au deuxième flacon, et 0.1 g de BHT qui est un puissant antioxydant synthétique au troisième flacon.

Mettre les trois échantillons dans des mauvaises conditions de stockage (air, lumière du jour, température ambiante) pendant 60 jours de conservation.

## IV-2- Analyse

### IV-2-1- Indice de peroxyde

On entend par indice de peroxyde le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif contenus dans un kilogramme de corps gras.

Cet indice a été mesuré par la méthode décrite par **Wolff** en 1968 et qui consiste à :

- Peser exactement 2 g de corps gras dans un erlenmeyer et ajouter 10 mL de chloroforme et 15 mL d'acide acétique.
- Ajouter 1 mL d'une solution saturée d'iodure de potassium, agiter pendant 1 mn.
- Abandonner à l'abri de la lumière pendant 5 mn.
- Ajouter rapidement environ 75 mL d'eau pour arrêter la réaction.
- Ajouter 5 gouttes d'empois d'amidon (si une couleur violacée apparaît après agitation énergique, il y a présence de peroxyde).
- Titrer immédiatement avec une solution de thiosulfate de sodium N/100 jusqu'à disparition de la coloration violette.
- Effectuer dans les mêmes conditions un essai à blanc.

L'indice de peroxyde exprimé en meq/kg est donné par la formule suivante :

$$I_p = (V - V') \times 5$$

V = Volume de thiosulfate N/100 utilisé dans l'essai.

V' = Volume de thiosulfate N/100 de l'essai à blanc.

Les mesures de l'indice de peroxyde sont effectuées chaque dix jours, pendant 60 jours de stockage.

### IV-2-2- Spectrophotométrie UV

Cette méthode est liée directement à la composition chimique de l'huile alimentaire (en particulier à ses teneurs respectives en acides oléique, linoléique et linoléique).

Le principe consiste à dissoudre 100 mg d'huile de tournesol dans 10 mL de solvant (cyclohexane) et à diluer 10 fois la solution obtenue. L'absorbance est ainsi mesurée par un spectrophotomètre UV à 232 nm et 270 nm (Moudane, 2005). En effet, les hydroperoxydes résultant du premier stade d'oxydation de l'huile peuvent être détectés par leur absorption dans l'UV aux environs de 232 nm. Puis, ces peroxydes évoluent avec le temps et conduisent à la formation de produits divers tels des cétones insaturés et des dicétones qui absorbent dans l'ultraviolet vers 270 nm.

**N.B**

La mesure de l'absorbance est effectuée à la fin de stockage, elle sert en fait comme un moyen de confirmation des résultats obtenus concernant l'indice de peroxyde.

*Résultats*  
*et*  
*discussions*

## I- Résultats et discussion de l'extraction

Les résultats de notre travail de laboratoire sont obtenus en suivant une démarche consistant à travailler d'abord avec un seul paramètre à savoir le « solvant » où nous avons utilisé l'éther de pétrole et le dichlorométhane dans l'extraction à température ambiante, les résultats obtenus nous ont permis d'effectuer l'extraction avec le deuxième paramètre qui est la température (40 °C) et en utilisant le dichlorométhane comme solvant d'extraction.

Après avoir obtenu et peser les extraits secs, on a calculé les rendements qui sont mentionnés dans le tableau 5.

**Tableau 5 :** Représentation des rendements des différentes extractions (en %)

	Extraction à température ambiante		Extraction à 40°C avec le dichlorométhane
	Ether de pétrole	Dichlorométhane	
<b>Peau</b>	<b>0.60</b>	<b>2.1</b>	<b>3.1</b>
<b>Tomate pelée</b>	<b>0.14</b>	<b>1.22</b>	<b>1.45</b>
<b>DCT</b>	<b>1.15</b>	<b>5.60</b>	<b>5.70</b>

**NB :** Les rendements de l'extraction ont été calculés en divisant le poids de l'extrait sec sur la masse de l'échantillon, puis exprimés en pourcentage.

Selon le tableau 5 on remarque que les rendements de l'extraction diffèrent d'un solvant à un autre et d'une température à une autre.

Concernant le premier paramètre qui est le solvant, on remarque que les rendements les plus élevés sont enregistrés lors de l'extraction par le dichlorométhane, donc ce dernier est meilleur pour l'extraction que l'éther de pétrole, ceci est dû à la composition des deux solvants. En effet le dichlorométhane est un solvant pur constitué d'une seule molécule de

formule  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , assez polaire avec un effet polarisant important lui conférant une grande capacité de dissolution de la plupart de composés organiques, par contre l'éther de pétrole est un mélange d'alcane, de polarité moindre.

Pour le deuxième paramètre qui est la température, on remarque qu'à  $40^\circ\text{C}$  on a pu obtenir des quantités plus élevées de l'extrait qu'à température ambiante.

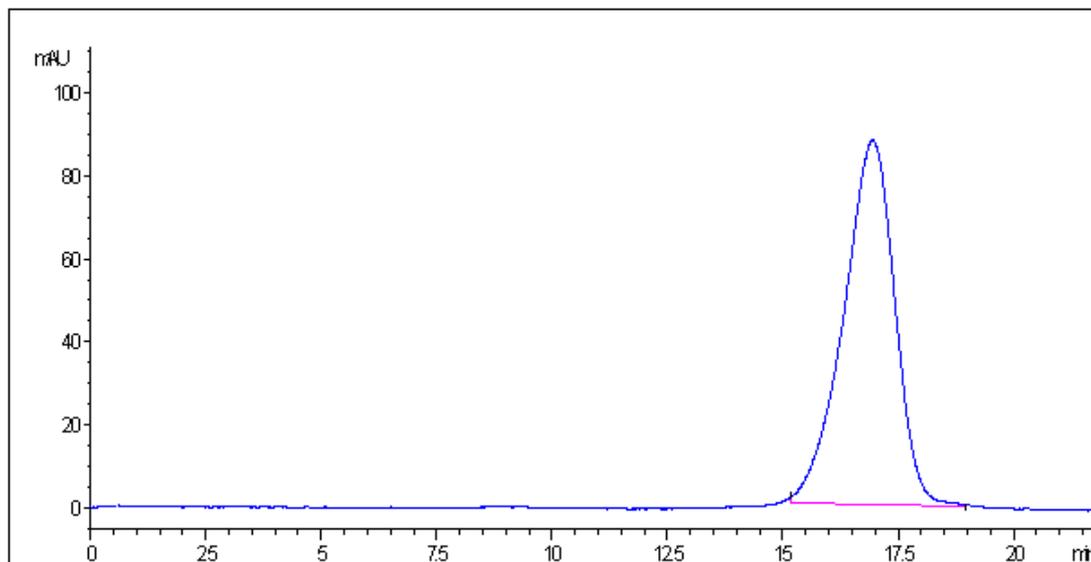
Pour identifier le lycopène et déterminer sa teneur, des analyses qualitatives (HPLC) et quantitatives (Spectrométrie UV-VIS) ont été faites.

## II- Analyse des extraits

Les résultats des analyses par l'HPLC et l'UV-VIS sont les suivants :

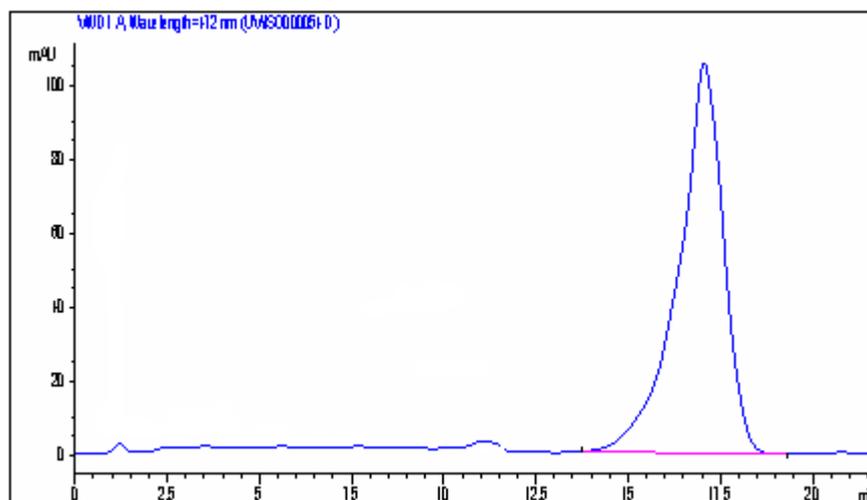
### II-1- Résultats de l'HPLC

L'analyse chromatographique du lycopène pur et des différents extraits nous a permis d'avoir plusieurs chromatogrammes, la figure 18 représente Chromatogramme du lycopène témoin



**Figure 18** : Chromatogramme du lycopène témoin

La figure 19 représente le chromatogramme de l'extrait de la peau de tomate obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C.



**Figure 19** : Chromatogramme de l'extrait de la peau de tomate obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C

Les chromatogrammes correspondant aux autres échantillons sont représentés au niveau de l'annexe 5, et les temps de rétention sont représentés dans le tableau 6.

**Tableau 6** : Temps de rétention du lycopène témoin et des échantillons

Echantillons	Temps de rétention (min)
Lycopène Témoin	17
Enveloppe de tomate : extraction avec l'éther de pétrole à température ambiante.	17.257
Tomate pelée : extraction avec l'éther de pétrole à température ambiante.	18.061
DCT : extraction avec l'éther de pétrole à température ambiante.	16.983
Enveloppe de tomate : extraction avec le dichlorométhane à température ambiante.	17.487
Tomate pelée : extraction avec le dichlorométhane à température ambiante.	17.774
DCT : extraction avec le dichlorométhane à température ambiante.	17.265
Enveloppe de tomate : extraction avec le dichlorométhane à 40 °C.	17.054
Tomate pelée : extraction avec le dichlorométhane à 40 °C.	17.774
DCT : extraction avec le dichlorométhane à 40°C.	16.974

## II-2- Discussion des résultats de l'HPLC

Les chromatogrammes obtenus par l'HPLC de l'étalon et des différents échantillons nous permettent de faire une analyse qualitative, le premier chromatogramme correspond au lycopène pur, ce lycopène parcourt la colonne en 17 min (temps de rétention) pour apparaître sous forme d'un seul pic symétrique Gaussien.

Les autres chromatogrammes qui représentent les autres échantillons ont un temps de rétention proche de celui du lycopène témoin ce qui nous permet d'identifier ces pics comme étant du lycopène.

## II-3- Résultats de la spectrophotométrie UV – VIS

Les analyses spectrophotométriques UV-VIS nous ont permis d'avoir des spectres composés de trois bandes d'absorption.

La figure 20 montrent les spectres du lycopène témoin et la figure 21 représente le spectre de l'extrait de la pelure obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C, les autres spectres sont donnés dans l'annexe 6.

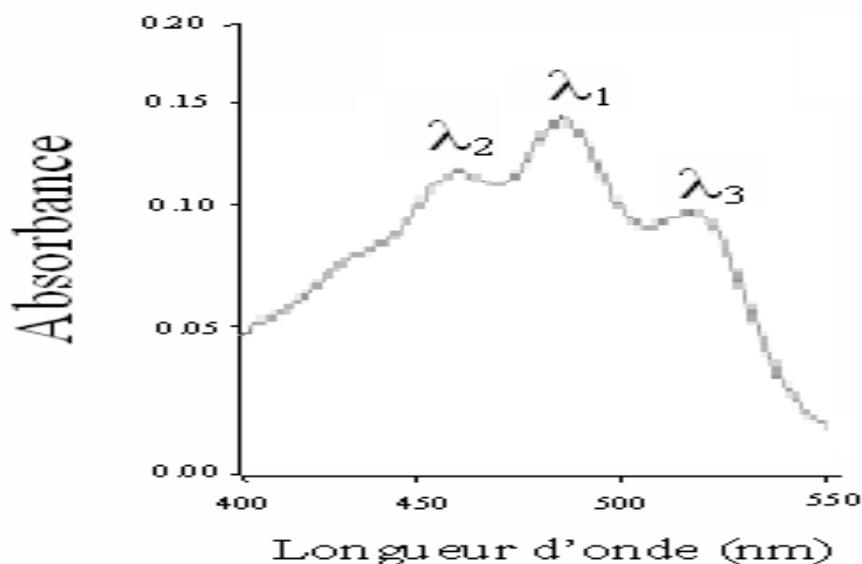
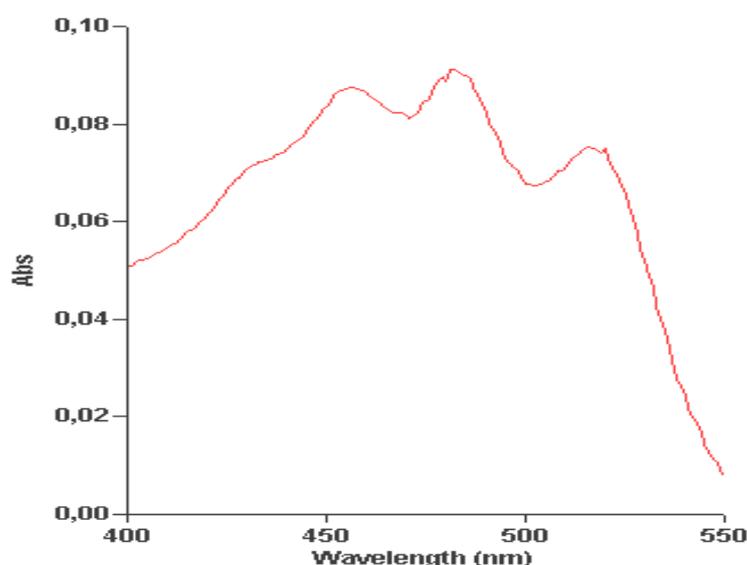


Figure 20 : Spectre UV -VIS du lycopène témoin



**Figure 21 :** Spectre UV - VIS de l'extrait de la peau de tomate obtenu par extraction avec le dichlorométhane à 40 °C

Les longueurs d'ondes du lycopené témoin et des échantillons sont représentées dans le tableau 7.

**Tableau 7 :** Longueurs d'ondes du lycopené témoin et des échantillons

Echantillon	Longueurs d'ondes (nm)		
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$
Témoin	457	484	518.5
DCT obtenu par le dichlorométhane à 40°C	457.0	484.1	517.0
Peau de tomate obtenue par le dichlorométhane à 40°C	457.0	481.0	515.9
Tomate pelée obtenu par le dichlorométhane à 40°C	457.0	481.9	520.0
DCT obtenu par le dichlorométhane à T° ambiante	458.0	485.0	518.1
Peau de tomate obtenue par le dichlorométhane à T° ambiante	455.0	481.9	515.0
Tomate pelée obtenu par le dichlorométhane à T° ambiante	454.0	481.0	515.0
DCT obtenu par l'éther de pétrole à T° ambiante	456.0	484.1	520.0
Peau de tomate obtenue par l'éther de pétrole à T° ambiante	457.0	483.0	517.0
Tomate pelée obtenu par l'éther de pétrole à T° ambiante	455.0	481.9	520.0

Pour déterminer les quatités de lycopené obtenues dans chaque extraction, on utilise la loi de Beer Lambert :

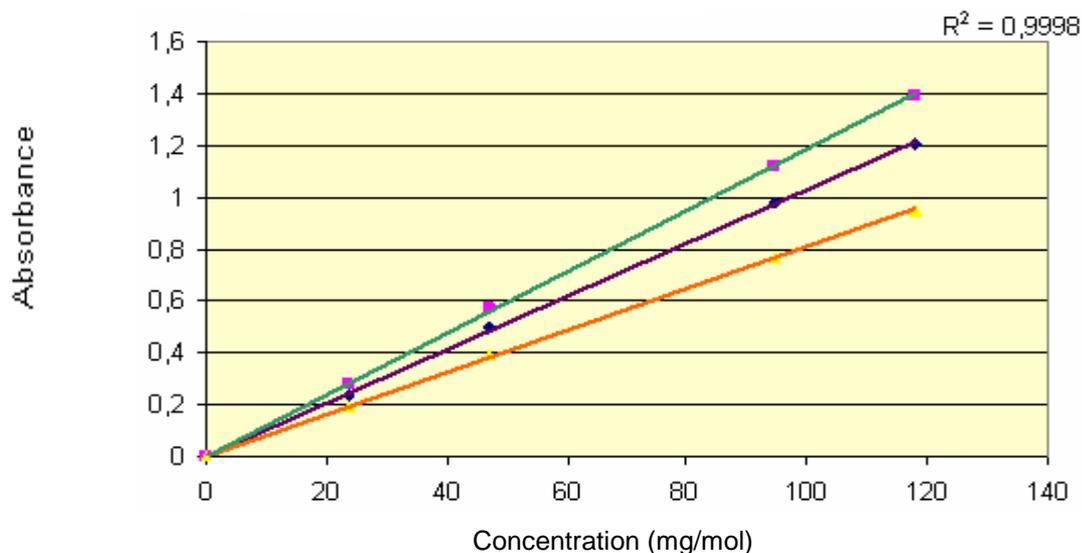
$$A = \epsilon.C.L.$$

Comme  $\epsilon$  n'est pas connu donc on va tracer une courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration avec une gamme des concentrations d'un témoin et confirmer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée (linéaire). Le tableau 8 représente la densité optique en fonction des concentrations du lycopène témoin.

**Tableau 8 :** La densité optique en fonction des concentrations du lycopène témoin

Concentrations $10^{-5}$ mol/L	Densités optiques		
	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
4,3956	0.239	0.277	0.190
8,8471	0.497	0.573	0.391
17,582	0.976	1.125	0.767
21,978	1.209	1.394	0.952

La figure 22 représente les courbes d'étalonnage des absorbances en fonction des concentrations.



**Figure 22 :** Courbes d'étalonnage des absorbances en fonction des concentrations

D'après la figure 22, on constate que les courbes d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration sont des courbes linéaires (droites) avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,9998$ , donc la loi de Beer-Lambert est vérifiée, on peut donc déterminer  $\epsilon$  puis calculer les concentrations de lycopène en g/100g de matière fraîche comme c'est mentionné dans le tableau 9. La méthode de calcul est montrée dans l'annexe 7.

**Tableau 9 :** Résultats de l'analyse spectrophotométrique « UV – VIS »

Echantillons	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> (10 <sup>-5</sup> mol/L)	C <sub>2</sub> (10 <sup>-5</sup> mol/L)	C <sub>3</sub> (10 <sup>-5</sup> mol/L)	C <sub>moy</sub> (10 <sup>-5</sup> mol/L)	C <sub>moy</sub> (mg/L)	Teneurs en lyc (mg/100g)
DCT obtenu par le dichlorométhane à 40°C	0.103	0.121	0.094	1.86	1.89	2.15	1.97	10.57	25.12
Peau de tomate obtenue par le dichlorométhane à 40°C	0.087	0.091	0.075	1.57	1.42	1.72	1.57	8.44	10.90
Tomate pelée obtenu par le dichlorométhane à 40°C	0.037	0.057	0.044	0.67	0.89	1.00	0.85	4.60	2.70
DCT obtenu par le dichlorométhane à T° ambiante	0.082	0.099	0.078	1.48	1.55	1.78	1.60	8.63	20.13
Peau de tomate obtenue par le dichlorométhane à T° ambiante	0.052	0.050	0.039	0.94	0.78	0.89	0.87	4,68	4.09
Tomate pelée obtenu par le dichlorométhane à T° ambiante	0.036	0.036	0.029	0.65	0.56	0.66	0.62	3,36	1.70
DCT obtenu par l'éther de pétrole à T° ambiante	0.058	0.065	0.053	1.09	1.01	1.21	1.09	5.87	2.81
Peau de tomate obtenue par l'éther de pétrole à T° ambiante	0.034	0.044	0.037	0.61	0.68	0.84	0.71	3.85	0.96
Tomate pelée obtenu par l'éther de pétrole à T° ambiante	0.024	0.033	0.029	0.43	0.51	0.66	0.53	2.89	0.16

Pour bien illustrer les résultats, les teneurs du lycopène obtenus sont représentés dans le tableau n°10.

**Tableau 10** : Teneur en lycopène obtenu par spectrophotométrie UV - VIS (en mg/100g)

	Extraction à température ambiante		Extraction à 40°C
	Ether de pétrole	Dichlorométhane	Dichlorométhane
<b>Peau</b>	0.96	4.09	10.90
<b>Tomate pelée</b>	0.16	1.70	2.70
<b>DCT</b>	2.81	20.13	25.12

#### II-4- Discussion des résultats de la spectrophotométrie UV – VIS

Comme signalé précédemment, les teneurs en lycopène diffèrent d'un solvant à un autre et d'une température à une autre.

En effet, les quantités de lycopène obtenues par extraction à 40°C sont supérieures à celles obtenues par extraction à température ambiante, cela s'explique par une libération du lycopène des cellules suite à leur perturbation par la chaleur. L'augmentation de la température favorise la disponibilité de lycopène (Okanlawson 2002). Ces résultats sont valables pour tous les échantillons sauf pour le DCT où les teneurs en lycopène sont proches, ceci est dû au traitement thermique déjà subi par les tomates lors de la transformation.

D'emblée, les résultats montrent une différence importante de la teneur en lycopène entre les différents échantillons, elle est de 10.90 mg/100g de MF pour la peau de tomate et de 2.70 mg/100g de MF pour la tomate pelée, soit quatre fois moins que dans la peau.

Les teneurs ainsi obtenues sont proches de celles rapportées par El Wandawi *et al.* (1985) qui sont de l'ordre de 12 mg de lycopène par 100g de peau et de 3,4 mg/ 100g de poids frais pour la tomate entière.

La concentration des peaux est cinq fois plus élevée que la tomate entière, soit 53,9 mg de lycopène par 100g de peau contre 10.78mg / 100 g en poids frais (Le maguer *et al.*, 1996) ont mentionné que. Ces différences entre ces teneurs et les notre peuvent être dues à la variété de tomate (Le Maguer *et Shi*, 2000), son degré de murissement (Clinton, 1998), le lieu de sa culture et la façon dont elles sont cultivées (techniques agricoles et facteurs environnementaux), ainsi que de la conservation post-récolte.

Par exemple une intensité lumineuse plus importante permet d'obtenir une augmentation des teneurs en caroténoïdes et en vitamine C (Génard *et al.*,2010).

La teneur en lycopène varie entre 73.85 et 122.95mg/100g des pelures de tomate séchées (Zidani S. 2009), cela confirme les quantités appréciables de lycopène contenue dans la peau de tomate d'où l'intérêt de sa valorisation.

Tandis que pour le DCT la teneur en lycopène est de 25.12 mg/100g de MF, cette quantité élevée est due à l'augmentation de la matière sèche qui devient plus importante après l'évaporation de l'eau lors de la concentration. Par ailleurs l'effet de la température au cours de la concentration a une action favorable sur la libération du lycopène suite à la dégradation de la paroi cellulaire (Shi et Le Maguer,2000). Ces résultats ont aussi mis en évidence l'importante quantité de lycopène contenue dans le DCT.

### III- Evaluation de l'effet antioxydant du lycopène

#### III-1- Résultats de la mesure de l'indice de peroxyde

Le tableau 11 représente les volumes trouvés et les indices de peroxyde exprimés en méq/kg obtenus durant deux mois de conservation de l'huile de tournesol dans les conditions citées auparavant.

**Tableau 11** : Indices de peroxyde exprimés en méq / Kg

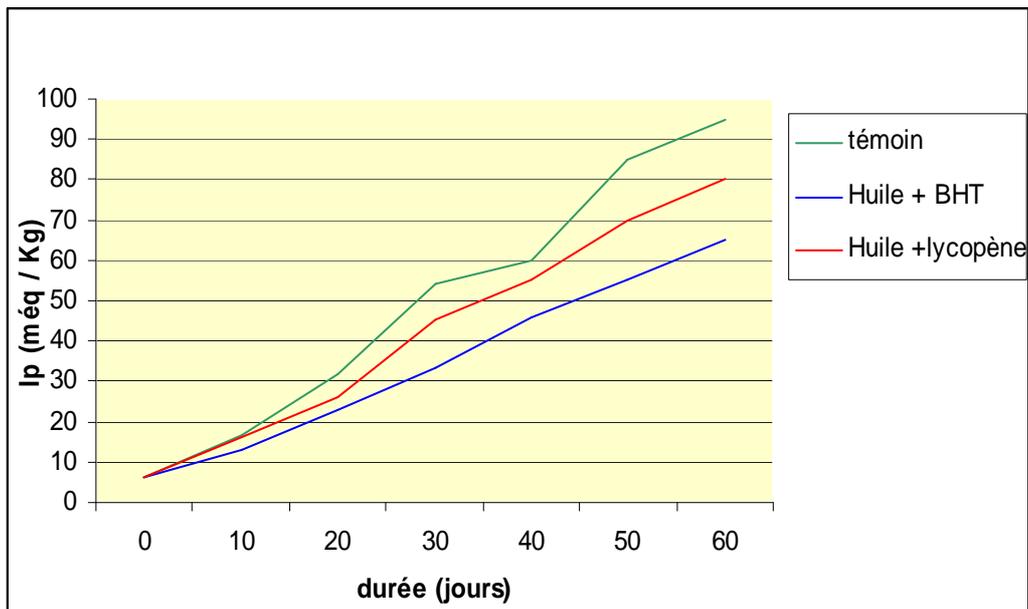
Flacons Durée (jours)	Témoin		Huile + BHT		Huile + Lycopène	
	V (mL)	Ip	V (mL)	Ip	V (mL)	Ip
0	1.3	6,5	1.3	6,5	1.3	6,5
10	3.3	16.5	2.6	13	3.2	16
20	6.4	32	4.6	23	5.2	26
30	10.8	54	6.7	33.5	9.1	45.5
40	12	60	9.2	46	11	55
50	17	85	11	55	14	70
60	19	95	13	65	16	80

**NB** : Les indices de peroxyde ont été calculés selon la loi suivante:

$$I_p = (V - V') \times 5$$

Sachant que  $V'=0$ .

L'évolution de l'indice de peroxyde durant les 60 jours de stockage est représentée par la figure 23.



**Figure 23** : Evolution de l'IP de l'huile de tournesol pendant la durée de conservation.

### III-2- Discussion des résultats de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est lié aux conditions de conservation de l'huile. Pour la première mesure, les indices de peroxyde trouvés sont inférieurs à 10 mEq O<sub>2</sub> / Kg ; cette valeur caractérise la plupart des huiles (Moudane, 2005). Ceci pourrait être expliqué par la présence de tocophérols qui sont des substances antioxydantes naturelles.

A la fin du stockage, les observations suivantes peuvent être relevées :

- Une évolution pratiquement constante des indices de peroxyde en fonction du temps.
- L'évolution de l'indice de peroxyde dans l'huile témoin est plus accentuée que dans l'huile contenant le lycopène et celle supplémentée avec le BHT.

Le flacon d'huile auquel on a ajouté le lycopène contient donc moins de peroxydes et de composés secondaires d'oxydation par rapport au flacon témoin, ce qui montre le rôle inhibiteur du lycopène vis-à-vis des entités chimiques nouvelles d'oxydation. L'addition de lycopène pur à 0.5% et à 1% protège l'huile d'olive vierge de l'oxydation naturelle durant le stockage (Montesano et al, 2006). La concentration de l'extrait de pelure de tomate dans l'huile d'olive vierge nécessaire à inhiber 50% des radicaux de superoxydes est équivalente à 5g/100g d'huile (Benakmoum, 2008).

Les caroténoïdes sont des antioxydants efficaces contre les deux formes réactives de l'oxygène moléculaire, singulet et les radicaux pyroxyles (Stahl et Sies, 2003). Cependant ce rôle est plus conséquent avec le BHT. Il est à signaler que le BHT, plus efficace que le lycopène, reste un antioxydant synthétique qui a ses inconvénients.

### III-3- Résultats de la spectrophotométrie UV

La mesure de l'absorbance a été faite pour les trois flacons après 60 jours de conservation, les résultats sont reportés dans le tableau 12.

**Tableau 12:** Absorbance à 232 nm et à 270 nm

Flacons Durée (jour)	Huile		Huile + BHT		Huile + Lycopène	
	A <sub>232</sub>	A <sub>270</sub>	A <sub>232</sub>	A <sub>270</sub>	A <sub>232</sub>	A <sub>270</sub>
60	3.424	3.330	3.412	3.322	3.417	3.327

### III-4- Interprétation des résultats de la spectrophotométrie UV

L'évaluation de l'absorbance UV à 232 nm et à 270 nm renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile végétale (Judde, 2004).

L'absorbance de la lumière ultraviolet est liée à la présence de doubles liaisons dans l'huile de tournesol, en raison de la constitution de cette huile en acide oléique et linoléique.

Compte tenu des résultats mentionnés dans le tableau 12, on constate que la valeur de l'absorbance à 232 nm et à 270 nm dans le flacon contenant le lycopène est inférieure à celle du témoin ceci est dû à la formation des hydroperoxydes résultant du premier stade d'oxydation de l'huile témoin qui absorbent dans l'UV aux environs de 232 nm, ces peroxydes évoluent avec le temps et conduisent à la formation de produits divers tels des cétones insaturés et des dicétones qui absorbent dans l'ultraviolet vers 270 nm (Gharby, 2011). Cela confirme le rôle antioxydant du lycopène.

Nous constatons une concordance dans les résultats des indices de peroxyde et de la spectrophotométrie UV.

*Conclusion*

## Conclusion

La présence du lycopène dans nos produits alimentaires s'avère bénéfique pour notre santé. C'est un colorant naturel, il assure ainsi une sécurité alimentaire et évite les méfaits des produits de synthèse (troubles métaboliques et respiratoires, allergie, hypertension, retard de croissance...). Il présente aussi des propriétés antioxydantes, c'est-à-dire qu'il contribue aux défenses vis-à-vis d'une production exagérée ou mal contrôlée d'espèces oxygénées.

Le lycopène se trouve dans un nombre limité de végétaux, principalement les fruits et les légumes de couleur rouge. La tomate et ses produits dérivés sont les sources de lycopène par excellence, sa transformation génère des sous produits principalement la pelure qui est éliminée inutilement, or elle constitue une excellente source de lycopène.

Nos résultats expérimentaux montrent que les quantités du lycopène qui peuvent être récupérées à partir de la peau sont évaluées à 10.9 mg/100g de poids frais.

Par ailleurs, les teneurs du lycopène dans le DCT sont de l'ordre de 25.12 mg/100g de MF contre 2.70 mg/100g de MF pour la tomate pelée.

L'analyse par HPLC a permis d'identifier le lycopène dans la longueur d'onde 472 nm. La spectrophotométrie UV -VIS a permis de montrer que le lycopène a trois bandes d'absorptions et de déterminer les quantités citées précédemment.

L'évaluation du pouvoir antioxydant du lycopène était l'un des principaux objectifs de notre travail. Ainsi le suivi de l'état d'oxydation par la mesure de l'indice de peroxyde de l'huile de tournesol soumise à des conditions de stockage difficiles (air, lumière du jour, température ambiante) pendant une durée de 60 jours a montré une faible résistance à l'oxydation en comparaison avec l'échantillon supplémenté avec le BHT et avec l'échantillon supplémenté le lycopène. Cela a été confirmé avec la spectrophotométrie UV à 232 nm et à 270 nm.

Suivant les résultats qu'on a obtenus expérimentalement nous pouvons dire que les propriétés antioxydantes que possède le lycopène ont été confirmées.

Au terme de cette étude, et au vu des résultats obtenus, nous pouvons considérer, que les objectifs visés qui consistent à améliorer les quantités du lycopène extraites à partir de la tomate, de la peau de tomate et du DCT, et à évaluer son effet antioxydant sont atteints.

Le lycopène a un avenir prometteur, il peut avoir des vastes applications dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutique pour cela une étude technico-économique doit être poursuivie afin d'évaluer la possibilité d'une utilisation à l'échelle industrielle en Algérie.

*Références*

*bibliographiques*

- Agarwal S., Rao A., 1998.** Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: A human dietary intervention study. *Lipids*, vol.33, 981p.
- Agrawal S., Rao A.V., 2000.** Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Can. Med. Am. J.*, vol.163, p.734-739.
- Basu A., Imrhan V., 2007.** Tomatoes terrus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: Conclusions from clinical trials. *Eur. J. Clin. Nutr.* , vol.61, n.3, p.295-303.
- Benakmoum A., Abbedou S., Ammouche A., Panagiotis K., Dimitrios G., 2008.** Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. *Food Chemistry* 110. p. 684-690.
- Bouabdellah M., 2003.** Extraction et caractérisation des colorants alimentaires naturels : Cas du lycopenène des tomates. Mémoire d'ingénieur, Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 87 p.
- Boukella M., 1996.** Les industries agro-alimentaires en Algérie : politiques, structures et performances depuis l'indépendance. *Cahiers Options Méditerranéennes*, Vol 19. IAM Montpellier, France.
- Boumendjel M., Mouhamedi M., Samar M.F. Sabeg H., Boutteba A., Soltane M., 2012.** Effet des traitement thermique d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelles et technologiques du simple, double et triple concentré de tomate, Vol. 36, p. 51-59.
- Bouzid A., Bedrani S., 2013.** La performance économique de la filière Tomate industrielles en Algérie, Vol. 103, p.. 85-105.
- Cano, N., Barnoud, D., Schneider, S. M., Vasson, M.-P., Hasselmann, M. & Lerverve, X.,2006.** *Traité de nutrition artificielle de l'adulte.* Edition Springer, p 255.
- Capon M., Courilleau V., Valette C., 1993.** *Chimie des couleurs et des odeurs.* Nantes, Cultures et techniques. 255 p.
- Cisse M., 2010.** Couplage d procédés membranaires pour la production d'extraits anthocyaniques : Application à Hibiscus Sabdariffa. 200 p.
- Clinton S.K., 1998.** Lycopene chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.*, vol.56, n.2, p.35-51.

- Degrou A.E., 2013.** Etude de l'impact des procédés de transformation sur la diffusion des caroténoïdes : Cas du lycopène de la tomate. 190 p.
- Dore C., Varoquaux F., 2006.** Histoire et amélioration de 50 plantes cultivées, INRA, coll., p. 691.
- Egea I., Barsan C., Bian W., Purgatto E., Latché A., Chervin C, Bouzaye M ,2010.** Chromoplast differentiation: current status and perspectives. *Plant & cell physiology*, 51(10), 1601-11.
- El Wandawi H., Maha A.R., Elshaikhly k., 1985.** Tomato processing wastes as essential raw materials. *J.Agric.food.chem.*, vol.33, p.804-807.
- Erdman J. W., Fahey G. C., White C. B., 1986.** Effect of purified dietary fibre sources on carotene utilisation by the chick. *J. Nutr.*, vol.116, p.2415.
- Fielding J. M., Rowley K. G., Cooper P., O'Dea K., 2005.** Increases in plasma lycopene concentration after consumption of tomatoes cooked with olive oil. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 14, p.131-136.
- Gautier H., Gouble B., 2005.** Tomates : La lumière et la température jouent sur la teneur en antioxydants. [www.inra.fr](http://www.inra.fr).
- Génard M., Robin C., Gautier H., Massot C., Bénard C., Larbat R., Bertin N., 2010.** *Innovations Agronomiques*, Vol.9, p. 47-57.
- Gharby S., Harrar H., Kartah B., El manfalouti H., Haddad A., et Charouf Z., 2011.** Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argan, vol. 6,11 p.
- Gibault T., 2006.** Lycopène ? Peut êtres. Tomate ? Sans aucun doute ! . *Equation Nutrition*, vol.55, n.5, p.2.
- Giovanilli G., Lavelli V., Peri C., Pagliarini E. Zanoni, 1999.** Variation in antioxydant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *J. Sc. Food agricul.*, vol.79, p.1583-1585.
- Hayes W.A., Smith P.G., Morris A.E.J., 1998.** The production and quality of tomato concentrates. *Critical review in food science and nutrition*, vol.38, n.7, p.537-564.

- Herzi N., 2013.** Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO<sub>2</sub>-supercritique et des techniques conventionnelles. 185p.
- Hireche M., 2013.** Dosage des polyphénols de la tomate « Agora » et étude de leur pouvoir antioxydant. Mémoire de Master 2, Université de Hassiba Ben Bouali -Chleff, 61 p.
- Jackson M.J., 1997.** The Assessment of biodisponibility of micronutriments: Introduction. Eur. J. Clin. Nutr., vol.51,n.1.
- Judde, 2004.** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : Mécanisme, conséquences, moyens de mesures, quel antioxydant pour quelle application, OCI, 2004, vol. 11, p. 4045-418.
- Kazakevich Y., LoBrutto R., 2007.** HPLC for Pharmaceutical Scientists, 1140p.
- Kelly R., 2007.** Candy Industry. Northbook, vol.172, n.3, p.60.
- Khiati M., 2007.** Alimentation en Islam. Alger, Forem. 375 p.
- Kristenson M., Zieden B., Kucinskiene Z., et coll, 1997.** Antioxidant state and mortality from coronary heart disease in Lithuanian and Swedish men: Concomitant cross sectional study of men aged 50. vol.314, 629 p.
- Le Maguer M., Sharma S. K. ,1996.** Lycopene in tomatoes and tomato pulp fraction. Italien J. Food Sci., vol.40, p.1-42.
- Lenne P., Branthome F.X., 2006.** Analyse de la filière transformation de la tomate : Rapport de synthèse. Ministère de la PME et de l'artisanat. Alger, 59 p.
- Mayne S.T., Cartmel B., Silva F., 1999.** Plasma lycopène concentrations in humans are determined by lycopene intake, plasma cholesterol concentrations and selected demographic factors. J. Nutr., vol.129, p.849-854.
- Meyer R., Denier C., 1996.** Spectroscopie pratique dans le domaine du visible et de l'ultraviolet, p. 895-908.
- Moll M., Moll N., 1998.** Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques. Paris, Dunob. 218 p.

- Montesano D., Cossignani L., D'acro G., Simonetti M.S., Damiani P., 2006.** Pure lycopene from preserves extra virgin olive oil from natural oxidative events during storage. *JAOCS*. vol. 83, p.933-941.
- Multon J. L., 1992.** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris, Lavoisier. 793 p.
- Okanlawson S.O., Ibrahim M.H., Oyebani A.O., 2002.** Effet of predrying traitement of the storage of drie tomato . *Tropical Science*, vol. 42, p. 40-41. (Zidani S. 2009).
- Poirot R., 2007.** Méthodologie pour le passage en continu d'extraction de soluté de matière végétale. 129 p.
- Porrini M., Riso P., 2000.** Lymphocyte lycopene concentration and DNA protection from oxidative damage is increased in women after a short period of tomato consumption. *J. Nutr.*, vol.130, 189 p.
- Raffy L., 2006.** La tomate et ses secrets de famille. *Equation Nutrition*, vol. 55, n.5, p.3.
- Rao A.V., Agarwal S., 2000.** Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *J. Am. Coll. Nutr.*, vol.19, p.563-569.
- Rao AV, Rao L.G., 2007.** Carotenoids and human health: *Pharmacol Res.* , vol. 55, n.3, p.207-216.
- Rao A.V., Ray M.R., Rao L.G., 2006.** Lycopene: *Adv. Food. Nutr. Res.*, vol. 51:p.99-164.
- Reboul E, Thap S, Perrot E, Amiot M.J., 2007.** Effect of the main dietary antioxidants (carotenoids, gamma-tocopherol, polyphenols, and vitamin C) on alpha-tocopherol absorption. *European Journal of Clinical Nutrition*, vol 61, p. 1167-1173.
- Saad F., Perotte P, 2003.** Mise à jour sur le cancer de la prostate: Où sommes-nous? *Le clinicien*, vol 1, p. 101-102.
- Sawadogo I. Koala M., Dabire C., Outtara L.P., Bazie V. Hema A., Gnoula C., Pale E., Nebie R. 2015.** Etude de l'influence des modes de tranformation sur les teneurs en lycopene de quatre variétés de tomate de la région du nord de bourkina, *Vol. 9*, p. 362-370.

**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.

**Stahl W., Schwarz W., Sundquist A.R. and Sies H., 1992.** Cis-trans isomers of lycopene and b-carotene in human serum and tissues. Arch. Biochem. Biophys, vol.294, p.173-177.

**Stahl W., Sies H., 2003.** Antioxidant activity of carotenoids. Molecular aspect of medicine, vol. 24. p. 345-351.

**Tapiero H., Townsend D.M., 2004.** The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. Biomed Pharmacother, vol.58, n.2, p.100-110.

**Vansant G., 2004.** Radicaux libres et antioxydant : Principes de base. Symposium antioxydant et alimentation, Institut Danone.

**Wiseman S. A., Balentine D. A., Frei B., Malvy D., Remy C., 2000.** Les antioxydants du thé. Thé et santé, vol. 35, n.1. p.113.

**Zidani S., 2009.** Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. 74p.

# *Annexes*

**Annexe 1** : Evolution des superficies, productions et rendements de la tomate de 1995 à 2005

	Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Tomate industrielle	Superficie(Ha)	31 000	27 300	28 040	30 160	35 960	27 200	23 070	24 690	27 080	27 307	21 265
	Production (Qx)	5 542 570	4 371 320	3 591 210	4 355 240	5 935 730	4 753 920	4 569 970	4 135 770	4 301 640	5 800 780	5 096 650
	Rendement (Qx/ha)	178.8	160.1	128.1	144.4	165.1	174.8	198.1	167.5	158.8	212.4	239.7
	Quantités transformées(T)	494 332	354 332	300 000	250 000	492 685	343 113	243 136	241 514	200 098	274 328	162 600
Tomate maraîchère	Superficie (Ha)	15 690	15 720	15 290	16 010	19 250	16 710	16 760	17 820	18 650	19 432	21 089
	Production (Qx)	3 043 800	2 818 680	3 294 060	3 167 530	3 612 310	3 414 470	3 735 340	4 013 640	4 569 330	5 121 950	5 137 795
	Rendement (Qx/ha)	194.0	179.3	215.4	197.8	187.7	204.3	222.9	225.2	245.0	263.6	243.6

Source : Ministère de l'agriculture, 2007

**Annexe 2** : Liste des entreprises de la filière «**Tomate industrielle** » en Algérie adhérentes à l'Association Nationale des Conserveurs de Tomate (ACTOM) Mars – Avril 2005 :

Annaba	-Conserverie SIPA - Conserverie SOUAMAA - Conserverie SICS - Conserverie G.B. - Conserverie CARSCI
El Taraf	- Conserverie CAA - Conserverie SACA
Guelma	- Conserverie CAB
Skikda	- Conserverie IZDIHAR - Conserverie CBA - Conserverie CAZ - Conserverie SUICO
Bejaia	- Conserverie COJEK
Sidi Bel Abbas	- Conserverie HIMANIA
Alger	- Conserverie IAAA - Conserverie NCA
Blida	- Conserverie JUCOB - Conserverie MAGREB - Conserverie SICAM - Conserverie TRI-STARS
Batna	- Conserverie N'GAOUS
Rélizane	- Conserverie TELLOISE

Source : Lenne ., Branthome , 2006

**Annexe 3** : Liste des colorants alimentaires.

<b>Couleur</b>	<b>Code</b>	<b>Origine</b>	<b>Nom chimique</b>
Jaune	100	Naturelle	Curcumine, curcuma, curry ou safran
Jaune	101 I)	...	Riboflavine (vitamine B2)
Jaune	101 (a) II)	...	5'- phosphate sodique de riboflavine
Jaune	102	Synthèse	Tartrazine
Jaune	104	Synthèse	Jaune de quinoléine
Jaune orangé	107	...	Jaune 2G
Jaune orangé	110	Synthèse	Jaune orangé S
Rouge	E 120	Naturelle	Cochnille, acide carminique, carmin
Rouge	122	Synthèse	Azorubine, carmoisine
Rouge	123	Naturelle	Amarante
Rouge	124	Synthèse	Ponceau 4R, rouge cochenille A
Rouge	127	Synthèse	Erythrosine
Rouge	128	...	Rouge 2G
Rouge	E 129	...	Rouge allure AC
Bleu	131	Synthèse	Bleu parenté V
Bleu	132	Synthèse	Indigotine, carmin d'indigo
Vert	140 (I)	...	Chlorophyllines
Vert	140 (II)	...	chlorophyllines
Vert	140 (I)	Synthèse	Complexe cuivrique des chlorophylles
Vert	140 (II)	Synthèse	Tartrazine
Vert	142	Synthèse	Jaune de quinoéine
Brun	150	Naturelle	Caramels
Noir	151	Synthèse	Noir brillant BN, noir PN
Noir	153	.....	Charbon végétal médicinal
Noir	154	.....	Brun FK
Noir	155	.....	Brun chocolat HT
Nuance jaune à orange	160-a à 160-f	Naturelle	Caroténoïdes

## Suite annexe 3 :

Jaune orange rouge	161	.....	Xanthophylles
Jaune orange rouge	162	.....	Rouge de betterave, bétanine
Rouge, bleu ou violet	163	Naturelle	Anthocyane
Blanc rouge argent or	170(I)	.....	Carbonate de calcium
Blanc rouge argent or	171(II)	.....	Carbonate acide de calcium
Blanc	171	Synthèse	Oxyde de titane, dioxyde de titane, bioxyde de titane
Blanc rouge argent or	172	.....	Oxyde et hydroxyde de fer
Blanc rouge argent or	173	.....	Auminium naturel (minerai de bauxite)
Blanc rouge argent or	174	.....	Argent
Blanc rouge argent or	175	.....	Or

Source : Khiati M., 2007

**Annexe 4** : Importations et exportations Algériennes de la tomate

## 1-Importations Algériennes de la tomate en 2006

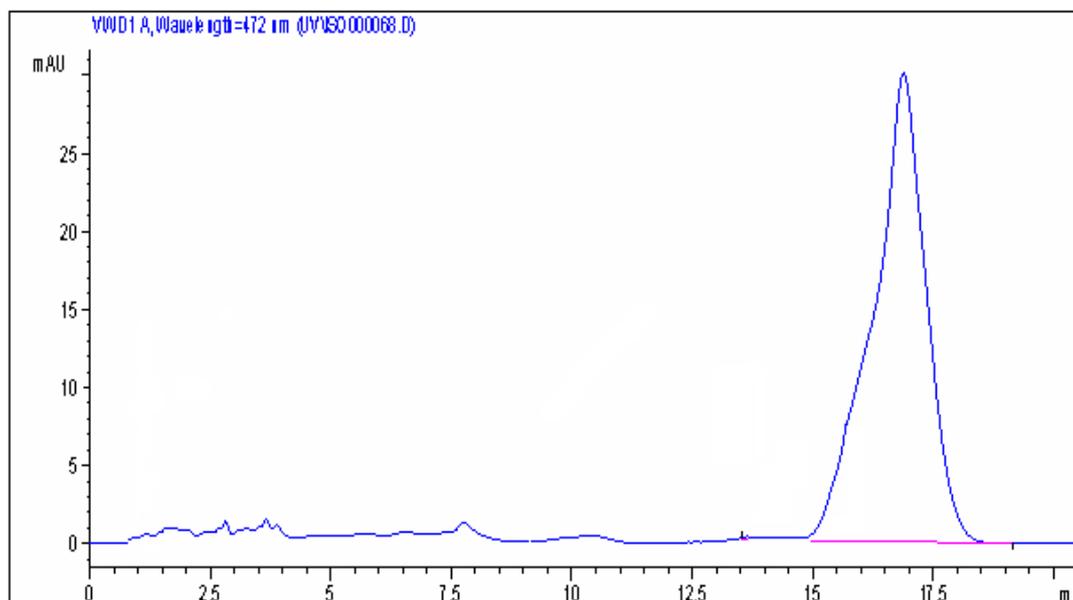
<b>Pays</b>	<b>Quantité (tonnes)</b>	<b>Valeur (\$ Us)</b>
<b>France</b>	0.01	60
<b>Maroc</b>	0.05	10
<b>Tunisie</b>	17	1000
<b>Total</b>	17.06	1070

Source : ALGEX, 2007

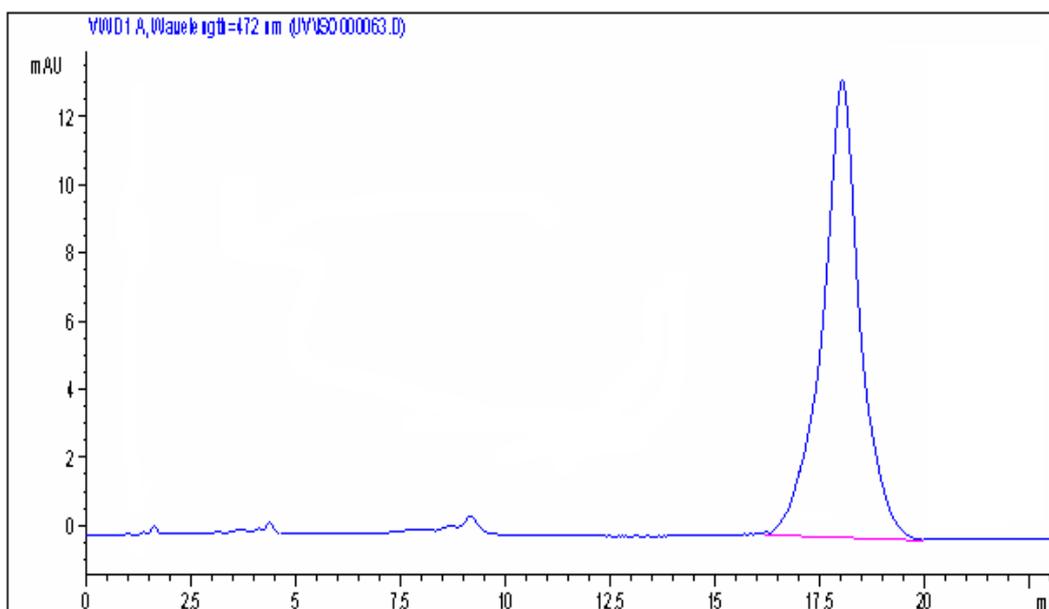
## 2- Exportations Algériennes de la tomate en 2006

<b>Pays</b>	<b>Quantité (tonnes)</b>	<b>Valeur (\$ Us)</b>
<b>France</b>	21	29000
<b>Grande Bretagne</b>	0.1	100
<b>Grèce</b>	0.1	100
<b>Malte</b>	0.1	100
<b>Panama</b>	0.1	100
<b>Pays-bas</b>	0.02	20
<b>Ukraine</b>	0.1	100
<b>Total</b>	21.52	29570

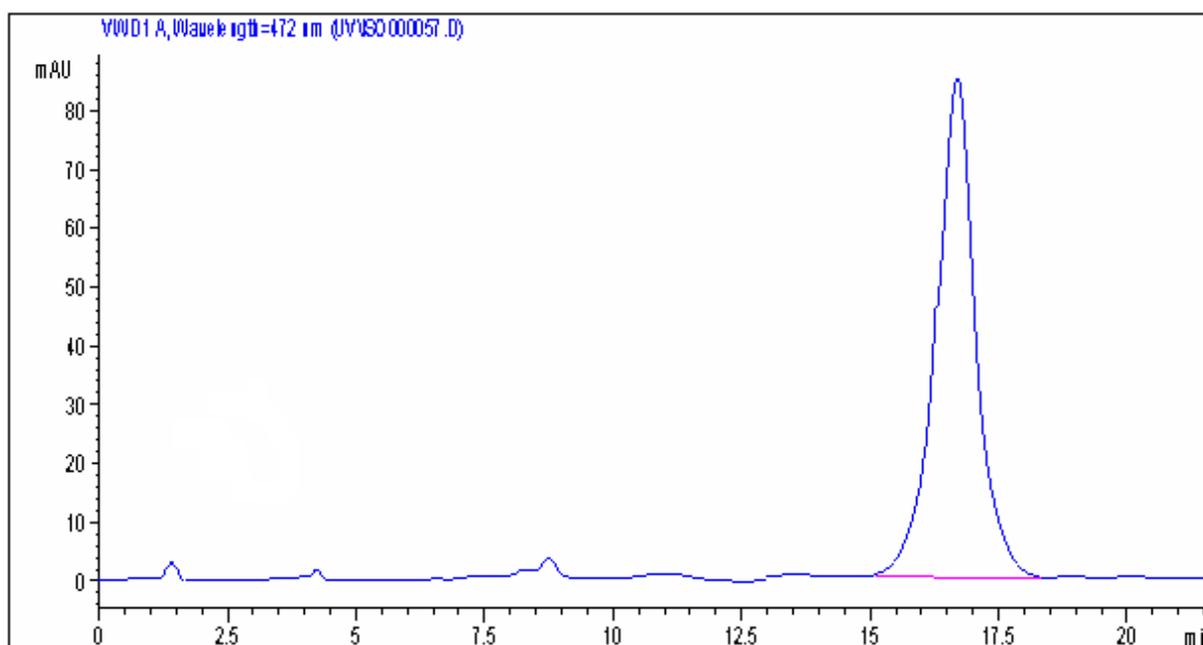
Source : ALGEX, 2007

**Annexe 5 : chromatogrammes obtenus par analyse HPLC :**

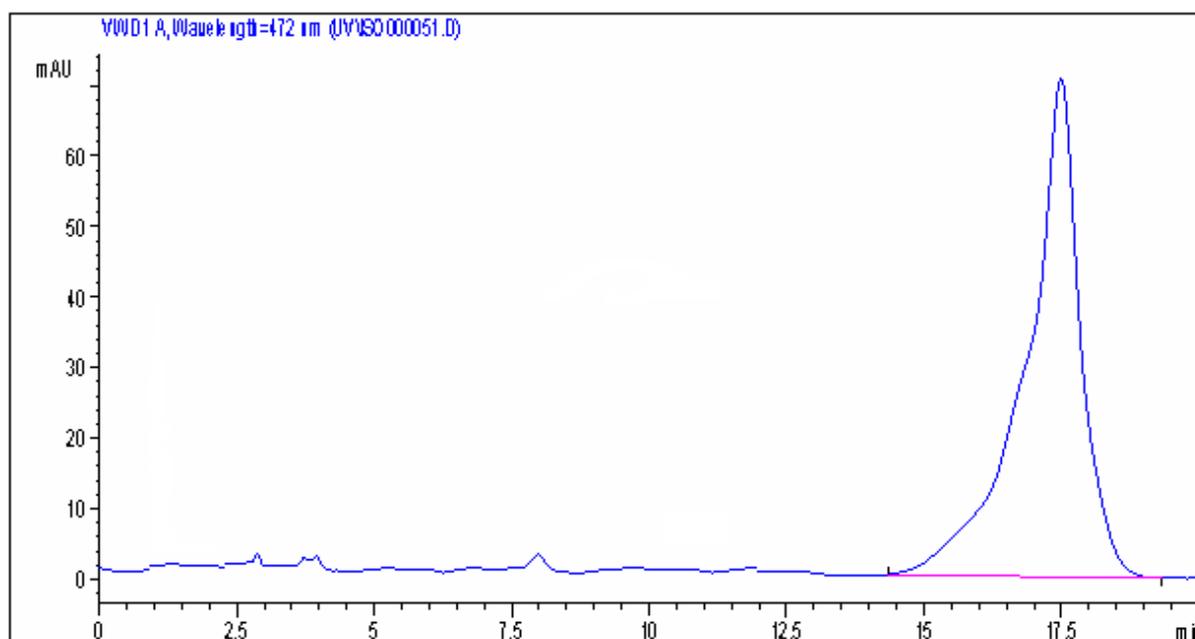
Chromatogramme du lycopène de l'**enveloppe de tomate** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à température ambiante



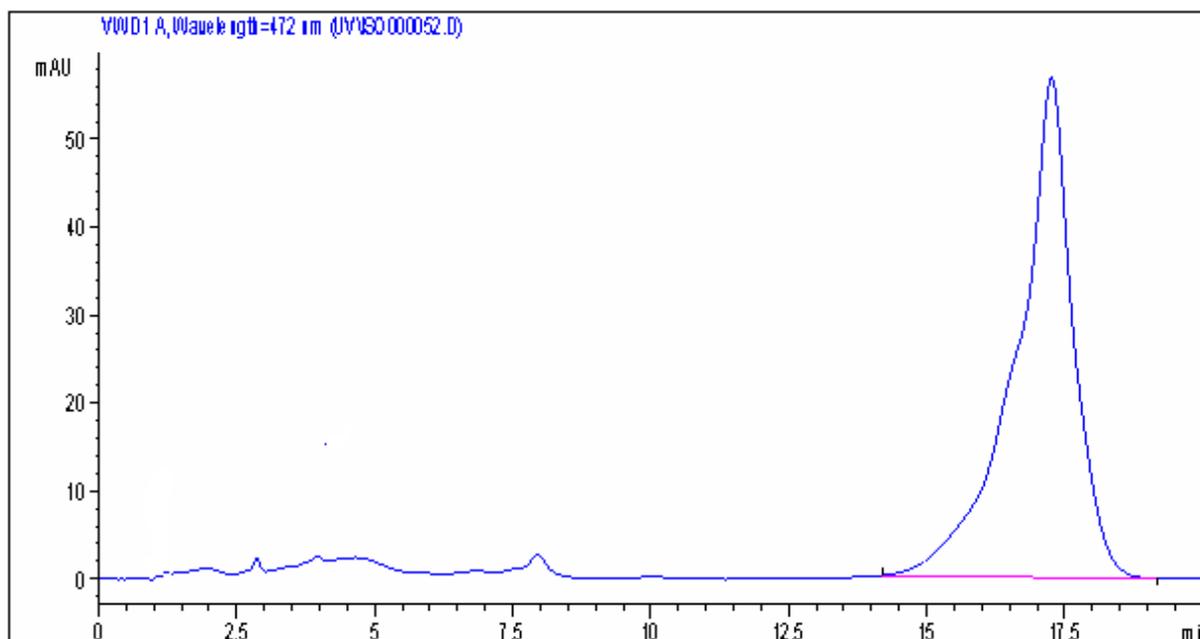
Chromatogramme du lycopène de **la tomate pelée** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à température ambiante



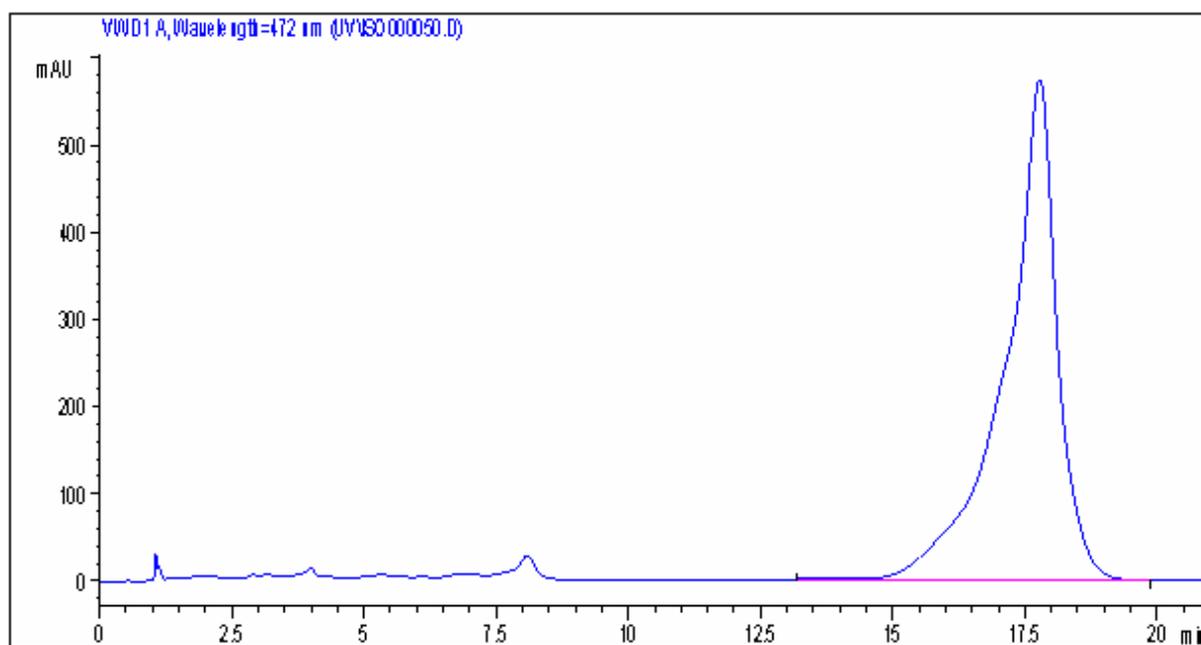
Chromatogramme du lycopène de **DCT** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à **température ambiante**



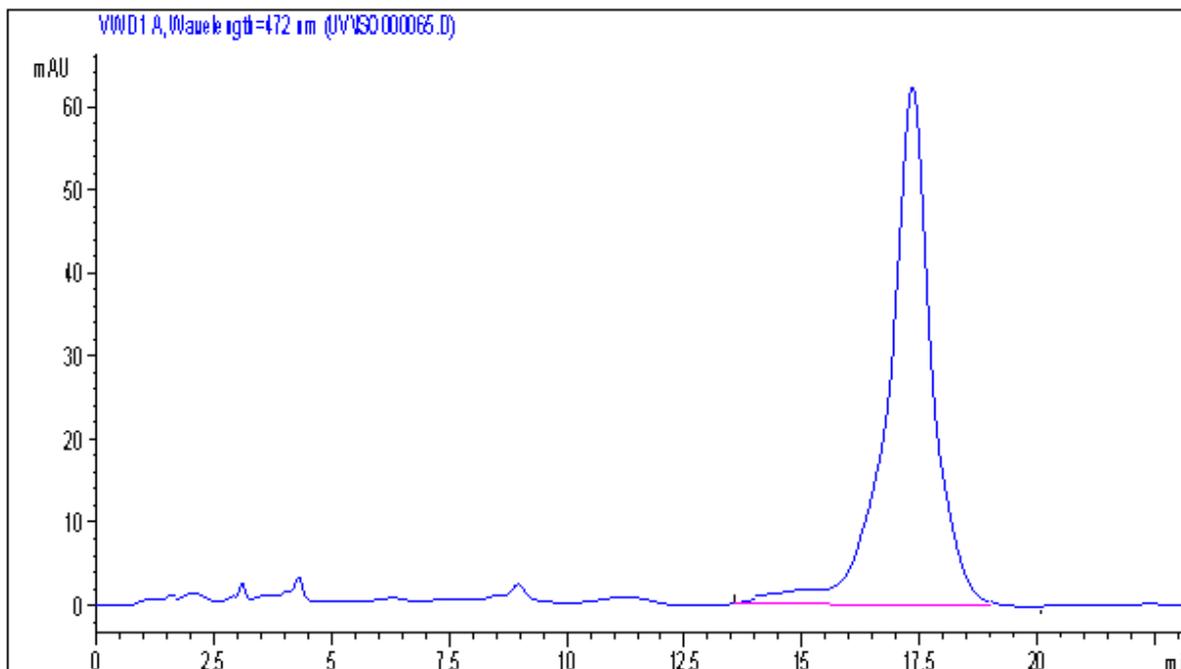
Chromatogramme du lycopène de l'**enveloppe de tomate** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **température ambiante**



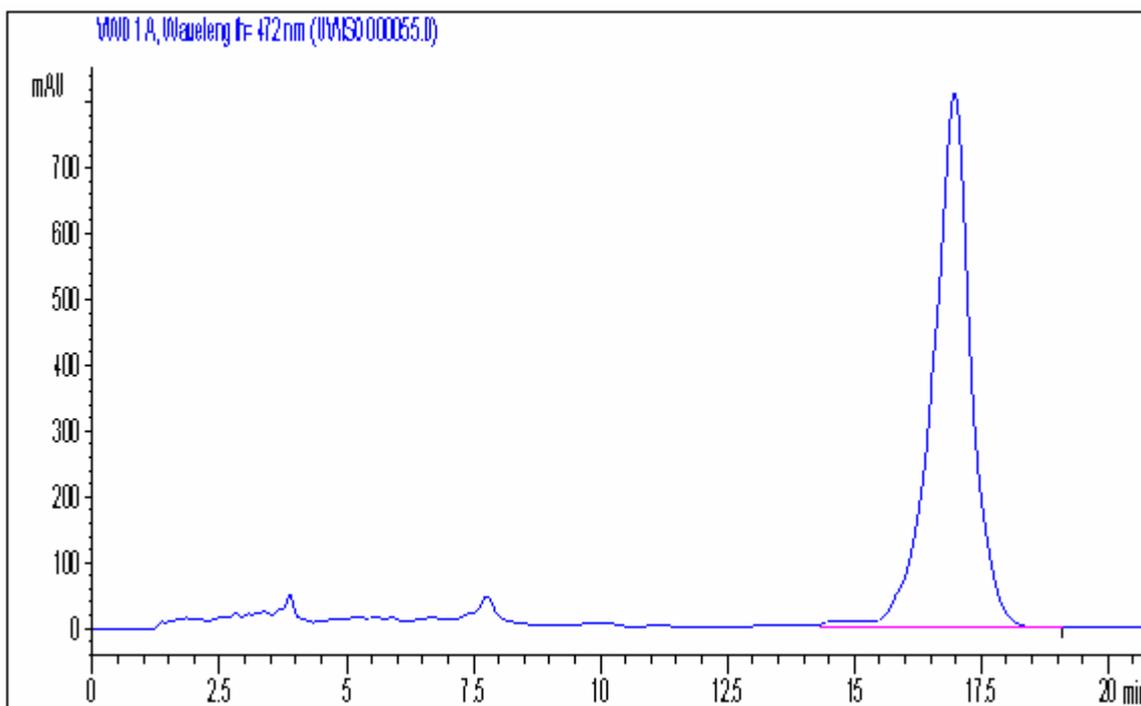
Chromatogramme du lycopène de **la tomate pelée** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **température ambiante**



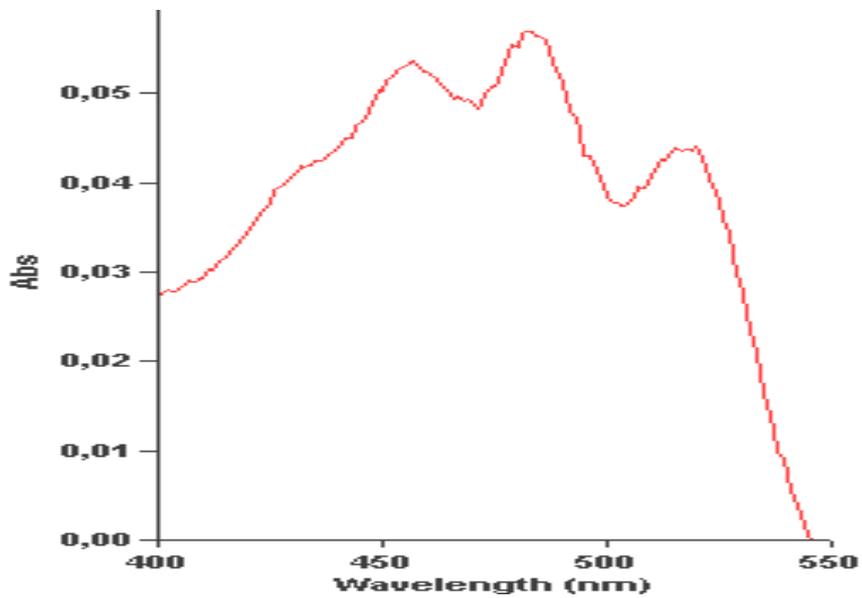
Chromatogramme du lycopène de **DCT** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **température ambiante**



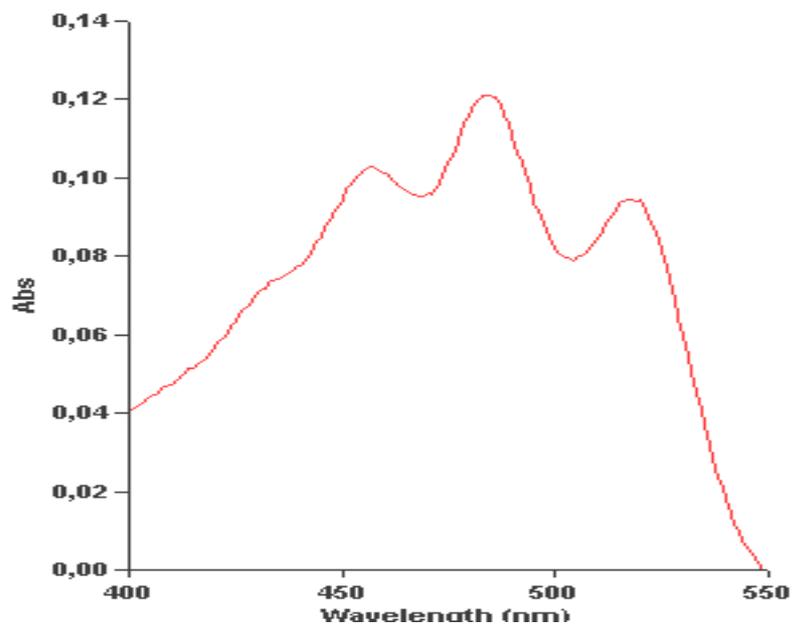
Chromatogramme du lycopène de la **tomate pelée** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **40 °C**



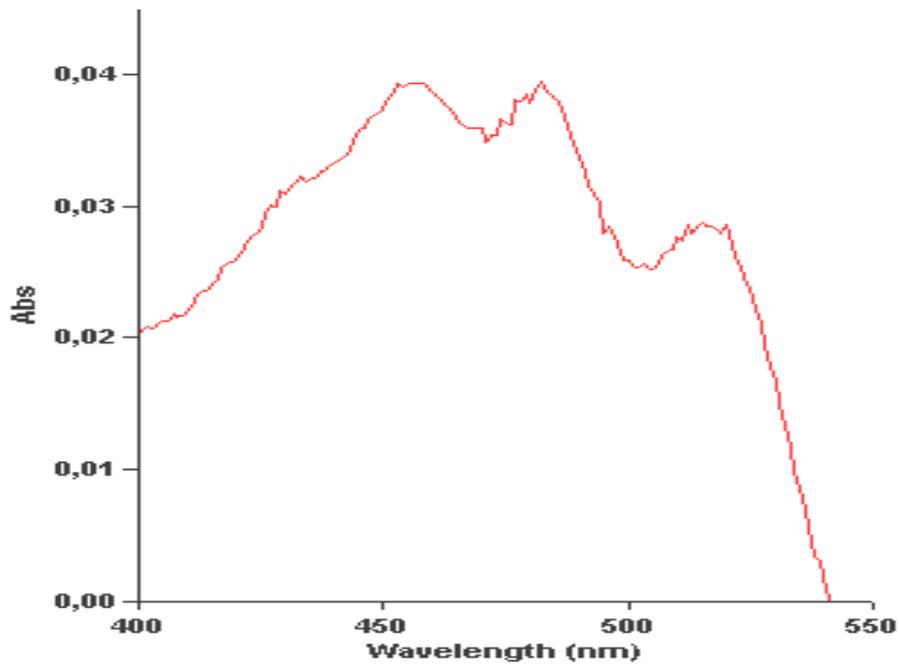
Chromatogramme du lycopène de **DCT** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **40°C**

**Annexe 6** : Spectres obtenus par analyse "spectrophotométrie UV - VIS " :

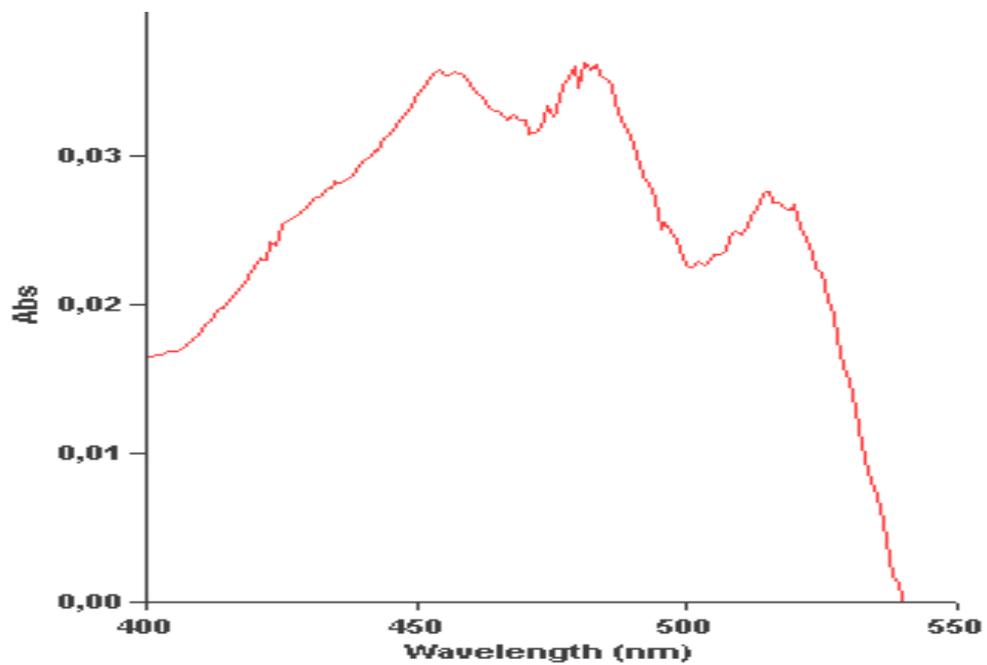
Spectre du lycopène de la **tomate pelée** obtenu par extraction avec le **dichloromethane** à **40°C**



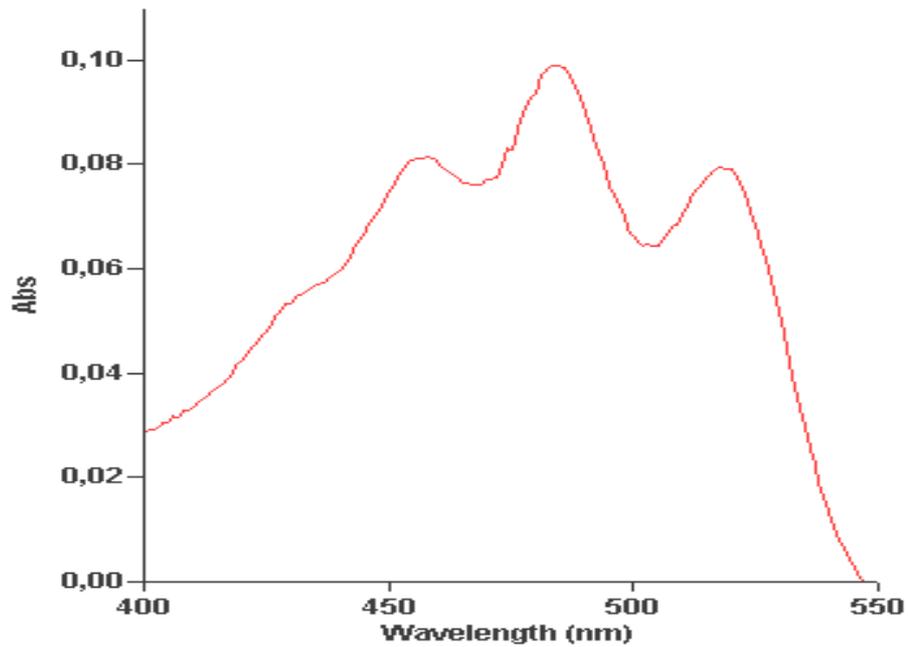
Spectre de l'extract de **DCT** obtenu par extraction avec le **dichlorométhane** à **40 °C**



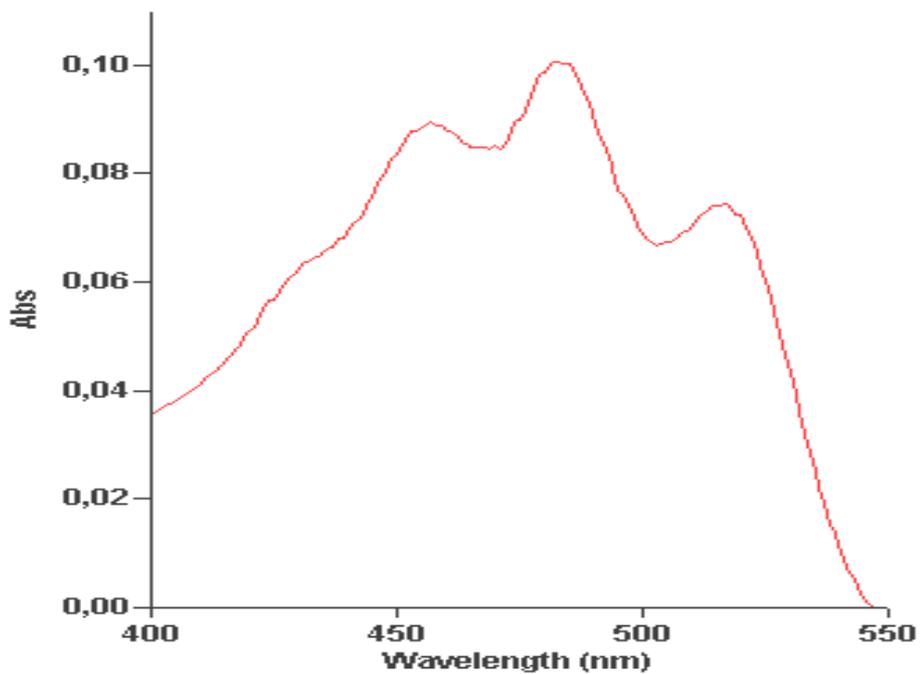
Speetre du lycopène de l'**enveloppe de tomate** obtenu par extraction avec le **dichloromethane à température ambiante**



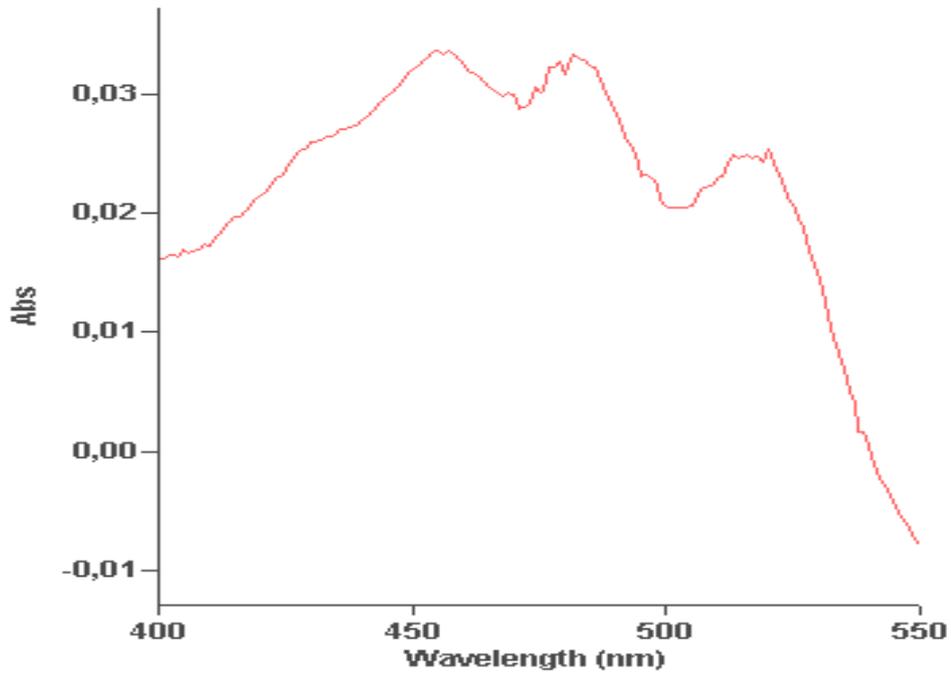
Speetre du lycopène **de la tomate pelée** obtenu par extraction avec le **dichloromethane à température ambiante**



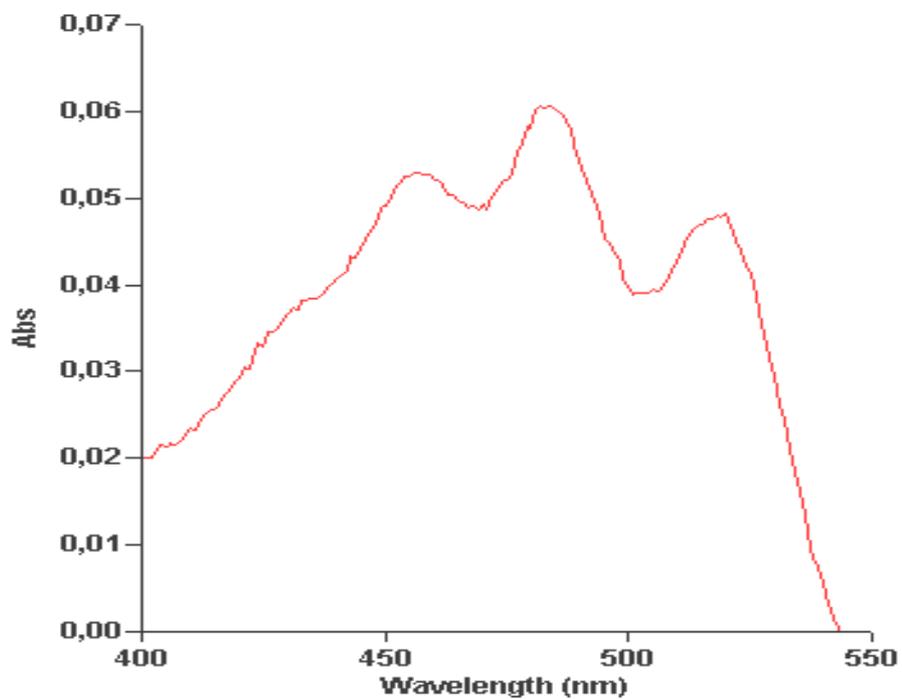
Spectre du lycopène de **DCT** obtenu par extraction avec le **dichloromethane** à **température ambiante**



Spectre du lycopène de l'**enveloppe de tomate** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à **température ambiante**



Spectre du lycopène de la **tomate pelée** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à **température ambiante**



Spectre du lycopène de **DCT** obtenu par extraction avec l'**éther de pétrole** à **température ambiante**

**Annexe 7:** Calcul des teneurs de lycopène dans les différents extraits

Pour déterminer les quantités de lycopène obtenues dans chaque extraction, on utilise la loi de Beer Lambert :

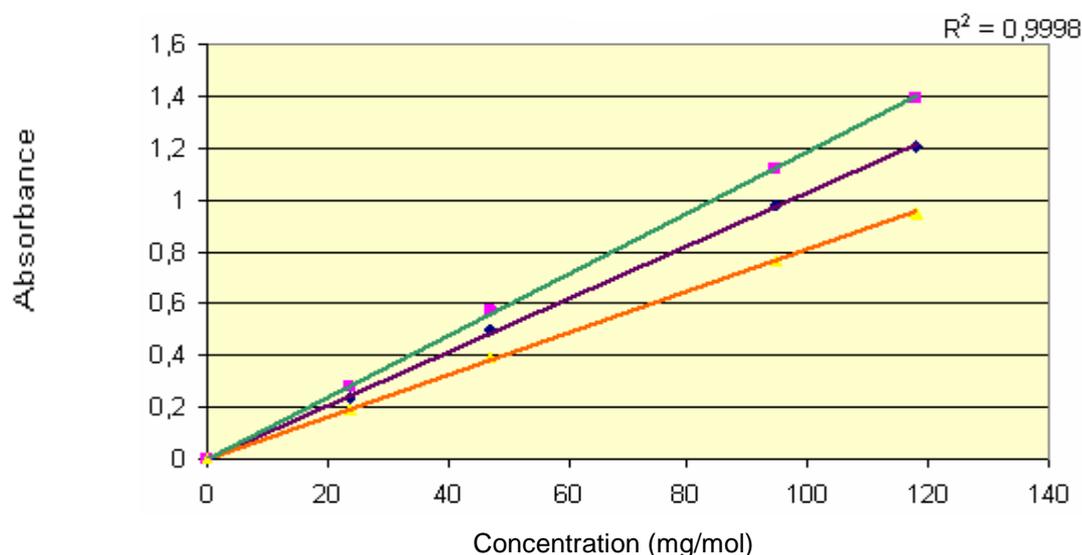
$$A = \epsilon.C.L.$$

Comme  $\epsilon$  n'est pas connu donc on va tracer une courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration avec une gamme des concentrations d'un témoin et confirmer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée (linéaire). Le tableau suivant représente la densité optique en fonctions des concentrations du lycopène témoin.

La densité optique en fonction des concentrations du lycopène témoin

Concentrations $10^{-5}$ mol/L	Densités optiques		
	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$
4,3956	0.239	0.277	0.190
8,8471	0.497	0.573	0.391
17,582	0.976	1.125	0.767
21,978	1.209	1.394	0.952

La figure suivante représente les courbes d'étalonnage des absorbances en fonction des concentrations.



D'après cette figure, on constate que les courbes d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration sont des courbes linéaires (droites) avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0.9998$ , donc la loi de Beer-Lambert est vérifiée, on peut donc déterminer  $\epsilon$  :

$$\varepsilon_1 = 5526,717 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$\varepsilon_2 = 6379,899 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$\varepsilon_3 = 4358,986 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

Après avoir déterminé  $\varepsilon$ , et les absorbances sont connues (voir tableau 9), la longueur de la cuve est de 1 cm, on pourra calculer les concentrations comme suit :

$$A = \varepsilon \cdot C \cdot L \Rightarrow C = \frac{A}{\varepsilon \cdot L}$$

Les concentrations obtenues correspondent aux 3 longueurs d'ondes on va calculer alors les concentrations moyennes  $C_{\text{moy}} = (C_1 + C_2 + C_3) / 3$

Les concentrations sont obtenues en mol/L, on va les déterminer en mg/L, sachant que le poids moléculaire du lycopen est de 536900 mg ; on prend l'exemple de l'échantillon 1 où  $C_{\text{moy}} = 1,97 \cdot 10^{-5}$  mol :

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol lycopen} \longrightarrow 536900 \text{ mg} \\ 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ mol /L} \longrightarrow x \end{array} \right\} x = 10,57 \text{ mg/L}$$

La préparation de l'échantillon est de 24 mg de l'extrait par 1 L de chloroforme, en calculant les concentrations et en les multipliant par les rendements de chaque extraction, on peut alors déterminer la teneur de lycopen dans chaque extrait.

تواجد الليكوبين في موادنا الغذائية له فائدة على صحتنا، فهو ملون غذائي طبيعي و له كذلك خاصيات ضد الأكسدة. إنَّ الطماطم ومشتقاتها هم المصادر الأساسية لليكوبين. و استخراجها من خلال قشرة الطماطم مكنّ من تثمين هذه المادة باعتبار أن كمية الليكوبين المتحصل عليها هي 10.9 مغ / 100غ من المادة الرطبة والتي تعد كمية معتبرة. إنَّ كمية الليكوبين المستخرجة من مركز الطماطم هي 25.12 مغ/100غ من المادة الرطبة، بينما بالنسبة للطماطم فتقدر بنسبة 2.70 مغ/100غ من المادة الرطبة. الاختبار بالكروماتوغرافيا السائلة ذات الضغط العالي مكنّ من تشخيص الليكوبين و الاختبار السبكتروفوتومتري بالأشعة فوق البنفسجية و المرئية مكنّ من إظهار ثلاثة مناطق لامتصاص الليكوبين كما مكنّ كذلك من تحديد كميته. الليكوبين له مفعول معتبر ضد الأكسدة على زيت عباد الشمس، و قد اتضح هذا المفعول من خلال قياس مؤشر الأكسدة، و الاختبار السبكتروفوتومتري بالأشعة فوق البنفسجية أكد هذه النتيجة .

المفردات الأساسية: الليكوبين- الطماطم – استخراج- ضد الأكسدة – ملون

## Résumé

La présence du lycopène dans nos produits alimentaires s'avère bénéfique pour notre santé. C'est un colorant alimentaire naturel. Il présente aussi des propriétés antioxydantes. La tomate et ses produits dérivés sont les principales sources de lycopène. L'extraction du lycopène à partir de la peau de tomate a permis la valorisation de cette dernière, puisque la teneur de lycopène obtenu est de 10.9 mg/100g de MF, qui est considérée comme une quantité significative. La teneur obtenue par extraction à partir de DCT est de l'ordre de 25.12mg/100g de MF, et celle de la tomate pelée est de 2.70 mg/100g de MF . L'analyse chromatographique par HPLC a permis d'identifier le lycopène, et l'analyse par spectrométrie UV – VIS a permis de montrer les trois bandes d'absorptions du lycopène et de déterminer ses teneurs. Le lycopène a un effet antioxydant significatif sur l'huile de tournesol, cet effet a été évalué par la mesure de l'indice de peroxyde et confirmé par la spectrophotométrie UV.

**Mots clés :** Lycopène – tomate – extraction – antioxydant – colorant.

## Summary

The presence of lycopene in our foodstuffs proves to be beneficial for our health. It is natural food dye . It has also antioxydant properties. The tomato and its products derived are the principal sources of lycopene. The extraction of lycopene starting from the tomato skin allowed the valorization of this skin, since the quantity of lycopene obtained is 10.9 mg/100g of fresh matter, which is a significant quantity. The quantity of lycopene of the extraction starting from double concentrated of tomato is 25.12 mg/100g of fresh matter, and that of tomato is 2.70mg/100g of fresh matter. The chromatographic analysis by HPLC made it possible to identify lycopene, and analyzes it by spectrometry UV - VIS made it possible to show the three absorption bands of lycopene and to determine its contents. Lycopene has a significant antioxydant effect on the sunflower oil, this effect was evaluated by measurement of the index of peroxide and it was confirmed by spectrometry UV.

**Key words:** Lycopene - tomato - extraction - antioxydant - dye.