

République algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle} Deghal Lynda

M^{lle} Derradji Sara

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : contrôle de qualité des aliments

THÈME

Étude de l'effet antioxydant des polyphénols extrait de la tomate commerciale

Soutenu publiquement le 16 /09/2018

Devant le jury :

M. BENMILOUD D.	MCB	U. Mostaganem	Président
M.BENAKRICHE.	MCB	U Mostaganem	Examineur
M. BENABDELMOUMENE D.	MCB	U Mostaganem	Encadreur

Année universitaire 2017/2018

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu et le Tout-Puissant pour la santé, la patience, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Nous adressons le grand remerciement à notre Encadreur monsieur Benabdelmoumene djilali qui nous a proposé le thème de ce mémoire, pour sa gentillesse, son engagement et ses précieux conseils

Nous tenons également à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance tous particulièrement :

Monsieur Benmiloud: pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à madame Benmahdipour nous avoir fait l'honneur d'examiner et évaluer ce mémoire.

Nous remercions nos enseignants du département d'agronomie de l'université Abd El Hamid

Ben Badis Mostaganem.

Nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont aidés au niveau des laboratoires de science de nature et de la vie surtout Belmardja Rachida

Nous remercions tous ce qui nous aidé de près ou de loin dans la réalisation de ces travaux.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, pour leurs sacrifices et leurs encouragements

*Toute ma vie, pour leur amour et patience qu'ils ont toujours
manifestée à mon égard,*

Qu'ils trouvent ici le témoignage de mon profond, respect et gratitude

Ma grande mère: yamina

Mon seul frère hicham

*chères amies : Khadidja , Zahra, Nor El Houda,
Loudjain, keltouma, RAYHAN, chirin ,Hanane.*

Mon binôme : d'Erradji sara et sa famille

Sans oublier tous les professeurs de notre parcours CQA

Mes camarades de la promotion Master 2 CQA

A tous ceux que j'estime

DEGHAL LYNDIA





Dédicace

*À mon père, mon ange gardien, qui sans lui je ne
puisse ni vivre ni arriver à ce que je suis.*

*À ma mère, la lumière de ma vie,
J'espère qu'un jour mon bon Dieu me donne l'occasion de
les honorer et rendre ce qu'ils méritent.*

*À Ma sœur Hanane, mon aide dans le parcours de ma vie.
Mes frères, Hamid et Bachire, que Dieu les garde et les
protège tous.*

*À mes proches amies Asma, khadidja, keltouma, Linda,
Naima, Houda, Halima, Nadia, rokia, Fatiha et hanane*

À mes chères amis Charafe et mohammed mougari

*À toute la promotion de Contrôle de Qualité des
aliments et toutes mes amies.*

À tout ma famille.

SARA



Liste des abréviations

ABTC: (2,2-azinobis(3-éthyle-6-benzothiazol-6-sulfonate))

AFNOR: association française de normalisation

C4H: cinnamate 4-hydroxylé

CHS: chalcone synthase

DMPH: balayage du radical cation n,n-diméthyl-p-phénylène diamine

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazol

E160d: Extrait de la tomate « lycopène » " C₄₀H₆"

ED: eau distillée

ERO : espèces réactives oxygénées

ERO: espèce réactive oxygénée

FRAP: Pouvoir antioxydant par réduction ferrique

HA: Hectare

HO: les radicaux hydroxyles

HOCL: acide hypochloreux

IC50: concentration d'inhibition 50%

IMAX: inhibition maximale

K cal: kilocalorie

L'INRA: Institut National de la Recherche Agronomique

MeOH: méthanol+eau

MF: matière fraîche

NO* : le monoxyde d'azote

NO: l'oxyde nitrique

O₂*: L'anion superoxyde

OBRAC: capacité d'absorbance du radical d'oxygène

OH* : le radical hydroxyle

PAL: Phénylalanine aminométylase

PH: potentiel d'hydrogène

POD: polyphénol peroxydase

PPO: polyphénol oxydase

Rdt: rendement

RO* : Le radical alkoxy

Liste des abréviations

ROO* : le radical peroxy

SOD: super oxide dismutase

TEAC: capacité antioxydante équivalente de trolox

TOS: capacité de piégeage des oxy-radicaux

TRAP: paramètre du piégeage du radical total

UV: Ultra Violet

UV:ultrat violet

Résumé

Cette étude a été conçue pour le dosage des micro-constituants (composés phénoliques, lycopène) de la tomate et la pelure et les grains séchés réduit en poudre et l'évaluation de leur activité anti oxydante. Dans notre expérimentation : la première partie consiste à l' analyse physico-chimiques sur la poudre obtenu à base de les grains et et pelure et la pulpe, afin de déterminer leurs propriétés physico-chimique (Teneur en eau, pH, acidité, cendre..) la deuxième partie est le dosage des composés phénoliques telles que les polyphénols totaux avec le réactif de folin cicalteu en utilisant l'acide gallique comme standard , ainsi que les flavonoides et le lycopène et comparer ces teneurs entre ces trois échantillons, ces derniers présentent des teneurs appréciables en lycopène avec 211,28 μ g/100 pour la pelure et 141,88 μ g/100g pour le fruit, et des teneurs de 1,657 mg EAG/g MS et 2,976 mgEAG/gMS de polyphénols totaux. Les grains présents la plus faible quantité des composés phénoliques.

Notre travail consiste aussi à l'étude du pouvoir antioxydant, L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée par la mesure de leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2.2'-diphényl-1-pyrcilhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction.

Ce test a montré que ces extraits phénoliques (pelure et pulpe) présentent un bon pouvoir anti oxydant. En outre il révèle que la poudre de la pelure est riche en antioxydant ainsi que le fruit par apport les grains. Ces résultats suggèrent que l'utilisation des sous produits de tomate qui sont riche en antioxydant permettrait mieux de protéger l'homme contre les radicaux libre responsable des maladies cardiovasculaire et certains cancers.

Mots clés : Poudre de la tomate, Composés phénoliques, lycopène, activité anti oxydante.

Abstract

His study was designed for the determination of micro-constituents (phenolic compounds, lycopene) of tomato and peel and dried grains powdered and evaluation of their antioxidant activity. In our experiment: the first part consists of the physicochemical analysis on the powder obtained based on grains and tomato and peel and the pulp, in order to determine their physicochemical properties (water content, pH, acidity, ash ..) the second part is the determination of the phenolic compounds such as the total polyphenols with the folinical reagent using gallic acid as standard, as well as flavonoids and lycopene and compare these contents between these three samples, the latter present appreciable levels of lycopene with 211.28 $\mu\text{g} / 100$ for peel and 141.88 $\mu\text{g} / 100$ g for fruit, and levels of 1.657 mg EAG / g MS and 2.976 mgEAG / gMS total polyphenols. The grains present the lowest amount of phenolic compounds. Our work also consists of the study of the antioxidant power. The anti-radical activity of the phenolic compounds contained in the prepared extracts was evaluated by the measurement of their ability to trap the free radical DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Its dark purple color turns yellow when it is reduced.

This test has shown that these phenolic extracts have a good antioxidant power (peel and the pulp). In addition, it reveals that the powder of the skin is rich in antioxidant as well as the fruit by contribution grains. These results suggest that the use of tomato byproducts that are rich in antioxidant would better protect humans from free radicals responsible for cardiovascular disease and certain cancers.

Key words: Tomato powder, Phenolic compounds, lycopene, antioxidant activity.

Introduction

De nombreuses études épidémiologiques ont démontré les effets bénéfiques d'un régime riche en fruits et légumes, ces effets pourraient être en partie dus aux microconstituants (caroténoïdes, composés phénoliques, vitamines, minéraux, etc) contenus dans ces produits (**Chanforan**, 2010).

En Algérie la filière de la tomate constitue l'une des activités essentielles de la branche agroalimentaire de par sa contribution dans la croissance du secteur agricole et l'absorption de la main d'œuvre (**ONAGRI**, 2015). En général, sa culture occupe de 33 000 ha donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311Qx/ha (**MADAR**, 2009). Néanmoins ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen producteurs de tomate (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie), où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha (**FAO**, 2010).

Les sous-produits de tomate ont actuellement un grand intérêt pour la nutrition animale et humaine parce qu'ils sont d'excellentes sources d'antioxydant naturel en grande partie sous forme de caroténoïdes, composés phénoliques et acide ascorbique. D'après certaines études une consommation régulière de la tomate ou de produit à base de tomate réduirait les risques de cancer, mais également les maladies cardiovasculaires, de diabète et d'ostéoporose (**Chanforan**, 2010).

Les multiples atouts santé des fruits et légumes sont liés à leur faible teneur calorique, à leur richesse en micro constituants dits « phytonutriments », ces derniers ont été qualifiés de métabolites secondaires car l'on pensait qu'ils n'étaient que des déchets du métabolisme des plantes. Ce sont notamment des pigments, des arômes et des tanins astringents, voire des composés sans couleur, sans odeur et sans saveur. On sait aujourd'hui qu'ils ne sont pas si secondaires que cela et qu'ils contribuent à protéger la plante contre champignons de pourritures, rayonnement UV, etc. Ces composés de structures chimiques extrêmement variées, sont souvent propres à une espèce ou à un groupement d'espèces et participent à l'identité chimique de la plante (**Djeridane et al**, 2006).

Ce sont les polyphénols qui font partie des quatre principaux antioxydants végétaux à côté de la vitamine C et E ainsi que les caroténoïdes. Les orientations récentes des recherches sur les polyphénols visent d'une part à mieux comprendre les mécanismes d'action au niveau moléculaire et cellulaire et à évaluer par des études cliniques leur incidence sur certains marqueurs clé associés aux pathologies. D'autre part, les recherches épidémiologiques visent à préciser les associations

entre les niveaux de consommation des divers polyphénols et les niveaux d'apports les plus favorables à la prévention des diverses pathologies.

La plupart des antioxydants isolés à partir des plantes sont des polyphénols. Dans cette famille, sont retrouvés une classe de métabolites secondaires reconnus responsables de ces nombreuses activités biologiques comme les flavonoïdes qui sont dotés d'activités antioxydantes, anti-inflammatoires, antiallergiques et anti-carcinogènes (**Ghedira**, 2005).

En effet, les antioxydants naturels font l'objet de nombreuses recherches et une nouvelle haleine vers l'exploitation des métabolites secondaires généralement et les polyphénols particulièrement tant dans la santé et vis-à-vis des maladies pernicieuses (cancer) que dans l'industrie agro-alimentaire. Ces composés qui sont représentés par la famille des flavonoïdes (flavonoles, isoflavonoles, flavones, isoflavones, flavanes, isoflavanes, flavanols, isoflavanols, flavanones, isoflavanones, aurones et anthocyanidines), sont largement recherchés pour leurs propriétés biologiques : antioxydantes, anti-inflammatoires, antiallergiques et anti-carcinogènes. Notant que l'efficacité puissante de ces substances à stopper les réactions radicalaires en neutralisant les radicaux libres est due principalement à leurs structures phénoliques avec la présence des groupements hydroxyles.

L'objectif principal de ce travail vise à quantifier les contenus des composés phénoliques et à étudier l'activité antioxydante des différentes compositions de la tomate. Pour se faire, trois aspects ont été étudiés. Le premier a été basé principalement sur les analyses physico-chimiques, le deuxième a été basé sur l'extraction et la quantification des composés phénoliques, les flavonoïdes et Lycopènes. Le troisième aspect a été consacré à l'évaluation de l'activité antioxydante vis-à-vis du radical libre DPPH, afin de déterminer l'efficacité de chacune des fractions.

1. Historique

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est originaire des vallées fertiles du Mexique. Elle a d'abord été cultivée et améliorée par les Indiens du Mexique, sous le nom aztèque « Tomate », avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du Sud, dont seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum var cesariiforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles (**De Broglie et Guérault, 2005; Renaud, 2006**).

En Europe les Italiens ont été les premiers à la consommer dès le 16^e siècle, notamment en sauce, et c'est sous cette forme qu'elle atteint la France par la Provence au 17^e siècle, avant d'être popularisée à Paris lors de la révolution (**Schumann, 1996 ; Degioanni, 1997**). La tomate a longtemps été considérée comme toxique, et on lui associait tous types de vertus maléfiques à cause de sa ressemblance avec le mandragore. Elle a donc d'abord été utilisée en tant que plante ornementale, puis en 1778, elle a rejoint le catalogue de semence potagère de Vilmorin-Andrieu (**Degioanni, 1997; Mikanowski et Mikanowski, 1999**).

Par la suite, la consommation de tomates a connu un essor au 19^e siècle et la tomate se démocratise en étant cultivée dans les jardins familiaux et ouvriers. Les premières recherches variétales débuteront au 20^e siècle, pour produire des tomates plus régulières, plus productives, et plus résistantes aux maladies. Les modes de production évoluent également, la production de tomates sous serre toute l'année, notamment aux Pays-Bas, prend de l'ampleur. Aux États-Unis par contre, les cultures restent d'avantage effectuées en plein champ de façon mécanisée.

La production et la consommation mondiale de tomates sont devenues très importantes, et depuis les années 90, les consommateurs se plaignent de la standardisation de ce produit et de la perte de goût de la tomate (**Degioanni, 1997**).

Les recherches actuelles s'orientent donc plus vers une caractérisation et une amélioration de la qualité organoleptique du fruit de tomate.

En Algérie, elle occupe une place importante dans le secteur maraîcher, et est considérée comme une espèce prioritaire comme la pomme de terre et l'oignon.

Tableau 01 : Culture maraichère et industrielle de la tomate en Algérie (MADR ; 2009)

Espèce	Superficies (hectare)Ha	Production (quintaux)Qx
Tomates industrielles	12173 36.93%	3822731 4.97%
Tomate maraichère	20789 63.06%	6410343 8.33%

Selon le tableau 01, nous remarquons que la tomate est cultivée selon deux modes de production à savoir en culture maraichère et en culture industrielle, la superficie totale réservée est de 32962Ha représentée par 63.06% pour la tomate maraichère et 36.93% pour la tomate industrielle.

La production de tomate maraichère, représente 08.33% par rapport à la production totale des cultures maraichères et industrielles, par contre pour la tomate industrielle, le taux de représentativité est de 4.97% par rapport à la production des cultures maraichères et industrielles, n ce qui concerne les rendements, on peut dire qu'ils sont presque similaires avec une légère hausse en tomate industrielle, ceci montre bien que les techniques adoptées pour les deux modes de production sont conformes à l'espèce étudiée (Senoussi, 2010).



Figure 1 : Premières images de la tomate publiées. (A) Image publiée par Dodoens en 1553. Tirée de Duanayet al., (2007), (B) Planche de tomate dessinée par Mattioli en 1590, citation Dioscorides.

2. Description botanique

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une plante climactérique, diploïde à $2n=24$ chromosomes (Judd *et al*, 2002), qui appartient à l'ordre des solanales et à la famille des Solanaceae et genre *Lycopersicon* (Atherton et Rudich, 1986). Ses feuilles sont alternes, simples, et sans stipule. Les fleurs sont actinomorphes, autogames, de couleur jaune et réunies en inflorescences pentamères, sauf le gynécée qui possède 2 et 5 carpelles (**Abbayes *et al***, 1963).

L'ovaire supère est formé d'au moins deux carpelles soudés, et comprend de très nombreux ovules en placentation axile (Judd *et al*, 2002). Le calice est à pièces partiellement soudées et la corolle est gamopétale (**Abbayes *et al***, 1963).

Le fruit est une baie plus ou moins grosse, de forme variable (sphérique, oblongue, allongée), et de couleurs variées (blanches, rose, rouge, jaune, orange, verte, noire) selon les variétés (Renaud, 2003). Les graines sont réparties dans des loges remplies de gel. La paroi de l'ovaire évolue en péricarpe charnu et délimite des loges.

Nom latin : *Solanum lycopersicum*

La classification selon Philip Miller est la suivante :

Embranchement : Anthophyta

Classe : Dicotylédone

Ordre : Solanacées

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicon esculentum* (**Miller**, 1754)

3. Composition de la tomate fraîche

La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (**SALUNKHE *et al***, 1974). 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 à 1,25% et le fructose 1,08 à 1,48%.

Tableau 02 : Composition de la tomate fraîche (Cotte, 2000)

Eau(%)	Glucides (%)	Substances azotées (%°)	Lipides (%)	Cendres (%)
93,5	3,6	0,95	0,30	0,74

4. Exigences de la culture

A. Température et la lumière

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. La tomate est une plante de saison chaude. Le zéro de germination est de 12°C. L'optimum de la croissance des racines est de 15 à 18°C en phase de grossissement des fruits, l'optimum de la température ambiante est 25°C le jour et de 15°C la nuit.

La plante de tomate s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide (Elattir et al, 2003).

B. Eau et humidité

L'alimentation hydrique est un facteur important du rendement et de qualité, entre autres du calibre. La tomate est gourmande en eau. Une alimentation en eau irrégulière entraîne une irrégularité du point de vue de l'alimentation en calcium et entraîne donc la nécrose apicale. Les besoins hydriques sont surtout importants à partir de la floraison du deuxième bouquet. (Elattir et al, 2003).

C. Salinité

Selon Brun et Montarone, 1987. Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture retarde la précocité de la production. La modulation de la concentration saline de la solution nutritive est un des moyens utilisés pour maîtriser le développement du jeune plant.

D. Sol

Les préférences en type de sol sont très larges. Le sol doit être bien aéré et drainant. L'asphyxie racinaire, même temporaire est préjudiciable à la culture. La teneur en matière organique du sol doit être assez élevée (2-3%) pour obtenir de bons rendements, La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération. (Elattir et *al*, 2003).

5. Les variétés

On distingue cependant plusieurs catégories de tomates, selon le mode de croissance de la plante et surtout selon le type de fruit :

- ✓ Les variétés à fruit plat et côtelé, de type tomate Marmande, dont le poids est élève puisqu'il peut dépasser 1kg.
- ✓ Les variétés à fruit arrondi, dont le poids varie de 100 à 300 g, pour lesquelles il existe plus particulièrement de nombreuses variétés hybrides dont les fruits se conservent longtemps.
- ✓ Les variétés à fruit allongé avec extrémité arrondie, de type Roma, ou pointure, de type Chico. Ces dernières variétés sont surtout destinées à l'industrie. Elles ont toutes un port déterminé et leurs fruits répondent à un certain nombre de critères technologiques liés à leur transformation. Certaines de ces variétés se prêtent à la récolte mécanique.
- ✓ Les variétés de petite dimension et de faible poids, tomate cerise, cocktail (Coll, 2006).

A. Variétés de Tomate en Algérie

Il existe plusieurs variétés maraichères en Algérie : (Senoussi, 2010).

- ✓ - les variétés fixées dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent pour les générations descendantes où on peut citer les plus utilisées en Algérie telles que : La Marmande, La Sainte Pierre et Aïcha.
- ✓ - les Hybrides qui du fait de l'effet Hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement). Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendances ; les plus utilisés en Algérie : Actana, Agora, Bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyeron, Zahra, Farouna, Top 48, Zeralda, Suzana, Zigana et Joker.

Pour la tomate industrielle : (Senoussi ,2010).

- ✓ - les variétés les plus utilisées sont : Rio Grande (80%)- Roma- Elgon - Universalmech- Castlong- Heintz- Pico De Aneto - Roma Vf.
- ✓ - Les Hybrides : Zenith et Sabra.

Toutes les variétés actuelles sur le marché sont pour la plupart des variétés fixées et peu d'hybrides.

6. Les types de tomate

A. Tomate de table

Elles sont grosses, elles sont moins rouges que les tomates industrielles, elles sont moins rouges que les tomates industrielles, elles contiennent beaucoup de pépins et d'eau, leur peau est résistante. Elles sont utilisées pour la salade ou transformées en purée pour sauce.

Leur rendement à l'hectare est faible comparé à la tomate industrielle, elles ne peuvent donc pas faire l'objet d'une transformation industrielle (MTCTHG, 2009).

B. Tomate industrielle

De dimensions souvent plus petites et parfois allongées, aspect très rouge désiré pour les sauces, elles ont un taux de matières sèches plus élevées aussi elles ont une peau résistante.

Ce sont ces tomates qui se prêtent à une transformation industrielle comme leur nom l'indique. Sa culture est inconnue des paysans, mais pratiquée, par quelques rares maraichers.

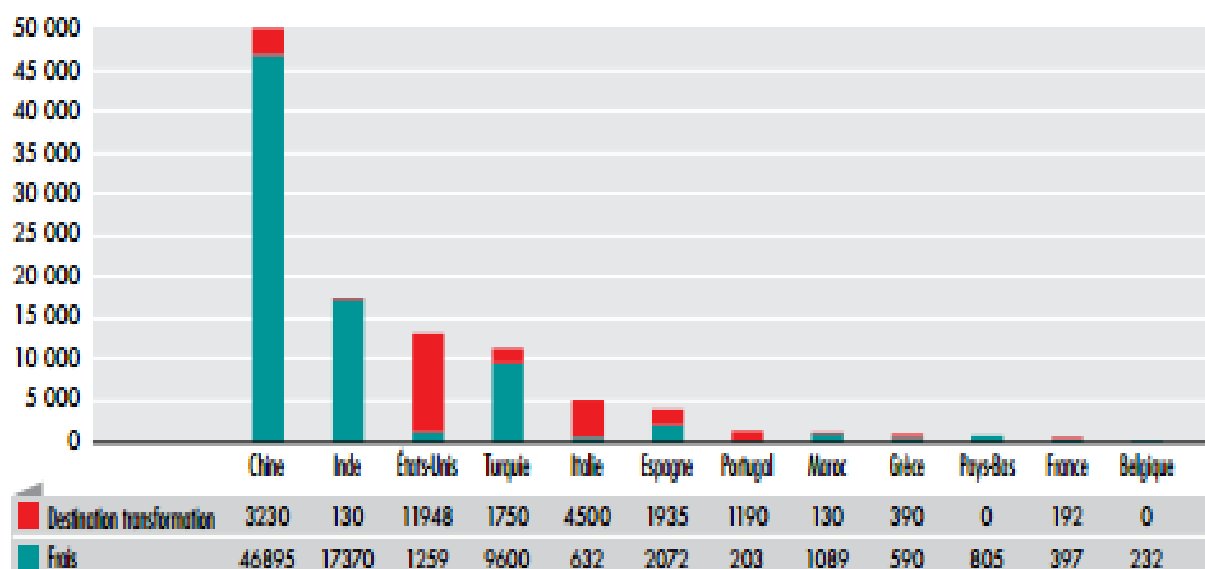
C'est dire donc que toute action tendant à résoudre le problème de la conservation doit tenir compte de la variété de tomates produites. Or les variétés produites (tomate de table)

Ne répondent pas du tout aux techniques actuelles de conservation ou de transformation. Il faut résoudre un premier problème qui est agronomique en changeant de variétés de tomates.

Les avantages sont évidents :

- Meilleur rendement pour la culture
- Possibilité de transformation la production (MTCTHG, 2009).

I Destination de la production - frais / transformé



Source : FAOSTAT et WPTC 2013

Figure 2 : Destination de la production mondiale de tomate fraîche et transformée (FAOSTAT et WPTC, 2013)

7. Importance de la tomate

A. Importance alimentaire

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine, c'est un aliment diététique, très riche en eau et très pauvre en calories, riche en éléments minéraux et en vitamines (A, C, E), ces antioxydants en font un formidable rempart contre les affections (Anonyme, 2009).

Tableau 03 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue (Anonyme, 2009).

L'élément	La teneur/100g
Eau	94,5g
Énergie	18 Kcal
Fer	0,4 mg
Calcium	9 mg

Magnésium	11 mg
Potassium	266 mg
Sodium	5 mg
Glucides	2,8 g
Lipides	0,2 g
Protides	0,9 g
Fibres	1,2 g
Vit C	23 mg

Tableau 04 : principaux antioxydants et l'activité antioxydante des différentes fractions de la tomate (Toor et Savage, 2005)

Fraction	Polyphénols totaux (mg EAG/100g)		Flavonoïdes des Mg rutine (eq/100g)	Lycopéne (mg/100g)	Acide ascorbique (mg/100g)	Activité antioxydante (μ M TEAC/100g)	
	hydrophile	lipophile				Hydrophile	lipophile
Pelure	29.1	5.6	20.4	8.7	16.9	212.6	18.5
Graines	22.0	3.5	12.1	1.6	8.4	114.0	9.4

B. Importance économique de tomate

- **au niveau mondial**

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde avec une production de plus de 140 millions de tonnes. Cette production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. A l'échelle mondiale, la tomate est considérée comme la 2^e culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,98 millions

ha) sont réservés annuellement a cette culture avec une production de 140millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonnes a l'hectare (FAO STAT ,2011)

- **Superficies et production de la tomate en Algérie.**

En Algérie, la tomate ne cesse de gagner une place importante dans l'économie du pays, elle prend la DEUSIME place en maraichage après la pomme de terre comme légume de base ou la consommation des légumes frais a beaucoup augmentés a la suite du développement démographique galopant.

Pour l'année 2010, la tomate fraiche est cultivée sur l'ensemble du territoire national en vitrière. Quant à la tomate industrielle, bien que la culture ne soit de développée que dans dix-sept wilayas (Skikda, Annaba, El Taraf, Guelma, Jijel, Batna, Souk Ahras, Bejaia, Boumerdes, Chlef, Alger, Blida, Ain Defla, Tipaza, Mostaganem, Mascara, et Sidi Bel-Abbés) (MADR, 2010).

Tableau 05 : évolution des productions des tomates industrielles (Anonyme, 2007).

	2000 /200	2001/200	2002/200	2004	2005	2006
	1	2	3			
SUPERFICI	28 864	24 246	24 690	27	21	10
E (ha)				307	265	569
PRODUITS	457 643	296 617	413 977	580	509	247
FRAIS (t)				078	665	226
Rendement	16 ,5	12,2	16,8	21 ,2	23 ,9	23 ,3
(t /ha)				4	7	9

Les principaux produits fabriqués sont le simple et double concentré, parfois le triple concentré .les principales entreprises intervenant dans ce domaine sont données ci-après à titre indicatif, en l'absence d'un recensement exhaustif :

Tableau 06:les entreprises de transformation de tomates industrielle en Algérie (Anonyme.2009)

ENTREPRISE	ADRESSE	VILLE	PRODUCT ION (t) en 2008
COJEC	Rte de la Gare BP15- El Kseur	Bejaïa	4 932
JUCOB	RN N° : Boufarik 09400	Blida	
NCA	RN : N°5 ROUIBA	Alger	
SICAM	Ferme Tarzali Centre FerroukhaSoumaa	Blida	
TRISTAR	Sidi Abdelkader Rte De Zabana Ben Boulaid	Blida	
AMOUR	Z.I Amour Noureddine Mouzaia	Blida	
IZDIHAR	Ain Nechma	Annaba	40 000
SIPA	8 ^{eme} KM Rtede Constantine	Annaba	
N'GAOUS	Z.I Route de Barika BP 7-05600	Batna	
SOUMAA	BD Du 1 ^{er} Novembre 54 Berrahal	Annaba	
CAB	Bouati Mouhamed Boumahra	Guelma	
HIMANIA	Z .I de Sidi Bel Abess	SBA	7 120
TELLOISE	Z.I BP 103	Chlef	
TOTAL EN ALGÉRIE			52 052

1. Généralité sur les polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal étant trouvé dans tous les fruits et les légumes. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes, mais avec une répartition quantitative qui varie entre les différents tissus. Plus de 8000 structures ont été identifiées (**Waksmundzka-Hajnos** et *al.*, 2011), allant de simples molécules comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins (**Dai** et *al.*, 2010). Ils sont synthétisés par l'ensemble des végétaux et ils participent aux réactions de défense face à différents stress biotiques (agents pathogènes, blessures, symbiose) ou abiotiques (lumière, rayonnements UV, froid, carences). Les polyphénols contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (**Visioli** et *al.*, 2000).

Les polyphénols sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside (**Bruneton**, 1999). Ils sont communément subdivisés en acides phénoliques (Dérivés de l'acide benzoïque ou dérivés de l'acide cinnamique), coumarines, stilbènes, flavonoïdes, lignanes, lignines, tanins (**Cheyrier**, 2005).

2. consommation de polyphénol et les apports recommandés

Les polyphénols sont présents exclusivement et en abondance dans tous nos aliments et boissons d'origine végétale. Les teneurs en polyphénols dans les aliments sont affectées par les opérations de fractionnement, raffinage, broyage, fermentation, cuisson, conservation ou maturation qui se traduisent souvent par des réactions d'hydrolyse et d'oxydation des polyphénols (**Morand** et *al.*, 2014).

Les polyphénols sont de loin les plus abondants et les plus consommés. Au cours des dix dernières années, ils ont d'ailleurs fait l'objet d'un fort engouement de l'industrie agroalimentaire et de la communauté scientifique, avec des résultats qui mettent en exergue les effets santé potentiels associés à ces composés, notamment en lien avec la protection vasculaire (**Morand**, 2012).

Les apports qualitatifs et quantitatifs en polyphénols peuvent être très variables selon les habitudes alimentaires. Dans le cadre d'un partenariat entre l'INRA et l'industrie, la base de données Phénol explorer qui recense les teneurs en polyphénols dans nos aliments a été

développée L'utilisation de cette base sur une cohorte française a permis d'estimer l'apport moyen en polyphénols à environ 1,2 g/j et la contribution des flavonoïdes à plus de 40% de ces apports journaliers (Perez-Jimenez et al., 2011).

3. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyle, en plus d'autres constituants [Salunkhe, 1990]. Les polyphénols naturels vont de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés comme les tanins.

Il existe différentes classes de polyphénols, notamment : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les stilbènes, les lignanes, les saponines, les phytostérols ou bien phytostanols. Les plus importants sont: les acides phénols, les flavonoïdes et les tanins.

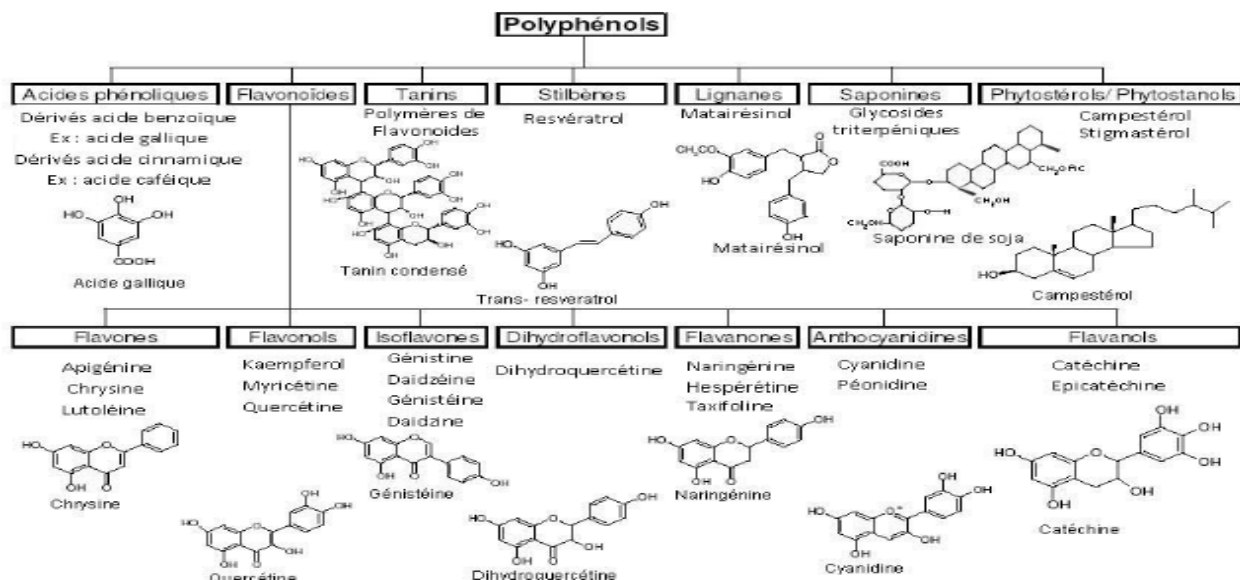


Figure 03 : classifications des composés phénoliques. (L'équipe de Mocco, 2006)

4. Composés phénoliques de la tomate

Le fruit de la tomate renferme de nombreux métabolites, dont plusieurs dizaines de polyphénols. (L'équipe de Mocco (2006) a effectué un important travail de détermination de

ces composés par spectrométrie de masse. Ils ont par la suite complété leur étude en apportant des données de répartition des composés dans le fruit en tenant compte du stade de maturation du fruit (**Moco et al**, 2007).

En effet la composition phénolique des fruits de tomates évolue avec la maturation du fruit (**Fleuriet et Macheix**, 1981; **Gautier et al**, 2008), et elle varie également quantitativement et qualitativement suivant les cultivars étudiés, les tomates cerises étant généralement les plus riches (**Raffo et al**, 2002).

Les flavonoïdes sont majoritairement trouvés sur la partie externe du fruit (peau et péricarpe), et les principaux composés détectés sont la naringénine chalcone et des glucosides de la naringénine, des formes glycosilées de la quercétine comme la rutine, et des dérivés glycosilés du keampférol, les formes aglycones n'étant détectées qu'après hydrolyse (**Hunt et Baker**, 1980; **Krause et Galensa**, 1992; **Stewart et al**, 2000; **Bauer et al**, 2004; **Slimestad et Verheul**, 2005). Cependant les feuilles renferment des quantités importantes de polyphénols totaux (**Stout et al**, 1998). L'acide chlorogénique et la rutine semblent être les composés les plus abondants (Wilkins

5. Influence de l'environnement sur la synthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques interviennent dans de nombreux phénomènes pour permettre à la plante de s'adapter à son milieu (**Macheix et al**, 2005).

a) Lumière

La lumière agit de façon quantitative et qualitative et est corrélée à une augmentation des teneurs en composés phénoliques et plus particulièrement de flavonoïdes dans les tissus (**Macheix et al**, 2005).

L'activité de certaines enzymes de la voie de biosynthèse des polyphénols est stimulée par la lumière, c'est le cas, entre autres, de la PAL (**Flores et al**, 2005), de la C4H (**Bell-Lelong et al**, 1997) et de la CHS (**Feinbaum et Ausubel**, 1988). En cultivant des tomates sous une forte intensité lumineuse, **Wilkins et al.** (1996) ont quantifié environ deux fois plus de rutine et d'acide chlorogénique que dans les plantes cultivées sous une faible intensité lumineuse. Il faut également rappeler le rôle de photoprotection des flavonoïdes.

b) Température

La température peut modifier les teneurs en polyphénols chez les fruits pendant La phase de croissance, mais également après la récolte, Pour les plantes de tomate, un stress thermique semblerait apparaître à partir de 35°C, causant l'accumulation de composés phénoliques tels que les flavonoïdes et les acides hydroxycinnamiques. En effet, un stress thermique provoqué par des températures froides (4°C) ou élevées entraîne une augmentation des activités PAL et CHS qui a pour conséquence d'augmenter les teneurs en composés phénoliques (**Leyva et al**, 1995). En outre, l'oxydation des composés phénoliques par les polyphénols oxydases (PPO) et peroxydases (POD) est inhibée, ce qui maximise l'accumulation des polyphénols (**Rivero et al**, 2001).

c)Enrichissement en CO2

Les cultures sous enrichissement en CO2 vont modifier le statut carboné de la plante et augmenter la disponibilité en carbone (**Haukioja et al**, 1998).

Une augmentation de 30% des teneurs en composés phénoliques dans les feuilles peut être observée (**Penuelas et Estiarte**, 1998) mais ce comportement est très dépendant des plantes et des molécules étudiées.

En outre, la synthèse des tannins, des terpènes et de la lignine ne semblent pas modifiée par un enrichissement en CO2 (**Koricheva et al**, 1998; **Penuelas et Estiarte**, 1998).

L'équipe de Wang (2003) a obtenu des teneurs en phenylpropanoïdes et en flavonoïdes significativement plus importantes chez des framboisiers cultivés sous enrichissement en CO2 (**Wang S. Y. et al**, 2003).

6. Les flavonoïdes

Ce sont des pigments responsables de la coloration des fleurs, possèdent tous un même squelette de base à 5 atomes de carbones, constitué de 2 unités aromatiques ,2 cycles en C6 (A et B) reliés par une chaîne en C3 (Brunton ,1999)

a. Structure et classification des flavonoïdes

Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones, constitué de deux unités aromatiques; deux cycles en C6 (A et B), reliés par un hétérocycle en C3 (**Figure**) (Brunneton, 1999; Pietta, 2000).

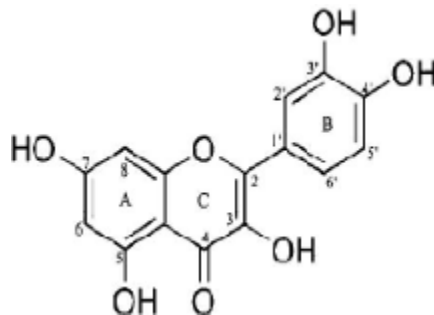


Figure04 : Structure générale du noyau des flavonoïdes

(D'après Heim et *al.*, 2002)

Les 14 groupes différents ont été identifiés dont six groupes sont particulièrement les plus répandus et les mieux caractérisés, flavones, isoflavones, flavanones, flavanols, flavonols, anthocyanidines (Heim et al., 2002 ; Hendrich., 2006). Les composés de chaque classe se distinguent entre eux par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles, méthoxyles et autres. . .) sur les deux cycles aromatiques A et B (Heim et al., 2002). Dans les flavonoïdes au sens strict, le Deuxième cycle benzène (B) se lie à l'hétérocycle (C) en position 2. Lorsque la liaison s'effectue en position 3, les composés résultants sont appelés isoflavonoïdes. En plus, l'hétérocycle (C) peut être une pyrone (flavone) ou son dihydrodérivé (flavanone). La fixation d'un groupement hydroxyle (OH) sur le carbone 3 dans les deux cas précédents constitue respectivement les flavonols et les flavanonols (Birt et al., 2001). À l'état naturel, on trouve très souvent les flavonoïdes sous forme de glycosides. Une ou plusieurs de leurs fonctions hydroxyles sont alors glycosylés. La partie du flavonoïde autre que le sucre est appelée aglycone ou génine, l'unité glycosidique la plus commune est le glucose mais par fois elle peut être glucorhamnose, galactose, arabinose ou rhamnose (Heim et al., 2002).

b. Localisation et distribution des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires des plantes. Ces molécules ont été identifiées dans presque toutes les parties de la plante : les feuilles, les racines, les tiges, les fleurs, les graines et l'écorce (Lee et al., 1994). Les flavonoïdes sont trouvés dans les fruits, les légumes, les noix, les herbes, les épices, aussi bien que dans le thé et le vin rouge.

En effet, le thé, les agrumes, les pommes, l'huile d'olive, les oignons, le cacao et plusieurs autres fruits et légumes sont très riches en flavonoïdes, les flavanols et les flavonols y seraient les plus abondants (Schewe et Sies, 2003).

c. Effets biologiques et pharmacologiques des flavonoïdes

La principale propriété, initialement attribuée aux flavonoïdes, est d'être vasculoprotectrices et vagotoniques, car ils sont capables de diminuer la perméabilité des capillaires sanguins et de renforcer leur résistance (**Brunneton**, 1999). Actuellement, les flavonoïdes sont connus par de remarquables activités pharmacologiques comme entre autres des effets, antiviraux, antimicrobiens et anticancéreux (**Narayana et al.**, 2001 ; **Seyoum et al.**, 2006) antiallergiques, anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, anti-tumoraux et hépatoprotecteurs (**Middleton et al.**, 2000). Ces activités sont attribuées en partie aux propriétés anti-oxydantes de ces composés naturels.

d. Activité antioxydante des flavonoïdes

Ces dernières années, une importance particulière a été accordée aux propriétés antioxydantes des flavonoïdes qui sont attribuées à ; (i) leur capacité de piéger directement les RL, (ii) de chélater les ions métalliques impliqués dans la production des ROS *via* les réactions de Fenton et Haber-Weiss, (iii) d'inhiber quelques enzymes en particulier les oxydases, (iv) d'activer les enzymes antioxydantes et (v) de réduire les radicaux α -tocophéryl (**Cotelle** 2001; **Lin et Weng.**,2006 ; **Heim et al.**, 2002).

7. Propriétés des composés phénoliques

Parmi les antioxydants naturels ; les composés phénoliques, et plus particulièrement Les acides phénoliques et les flavonoïdes, suscitent un intérêt grandissant.

Ce sont des composées, naturels, qui permettent de ralentir le phénomène d'oxydation

Qui favorisent le vieillissement cellulaire en interrompant le passage du stress oxydatif

Et interceptant le « message » de l'apoptose (mort cellulaire programmé) (**Macheix et al.**, 2005).

L'homme n'est pas capable d'assurer la biosynthèse de la plus part des antioxydants, en particulier ceux de nature phénolique. Il doit les trouver dans la ration journalière est alors un facteur nutritionnel considéré comme positif par les nutritionnistes et bénéfique à notre santé (**Bravo.**, 1998).

Les différents constituants végétaux de notre ration alimentaire quotidienne sont Généralement riches en polyphénols à forte activité antioxydante et, selon les habitudes Alimentaires, nous pouvons en ingérer 100mg par jour. Cela est vrai dans Les régimes dits « méditerranéens »ou la consommation de fruits, de légumes, céréales et d'huile d'olive est importante (**Besançon, 2000**).

1. Généralités

L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies. Mais l'oxygène peut être également une source d'agression pour l'organisme (**Ekoumou**, 2003). En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V. Les formes de l'oxygène provoquant ces troubles sont: l'oxygène singulet O, le peroxyde d'hydrogène H₂O₂, les peroxydes alkyles ROOH, le radical superoxyde O₂, les radicaux hydroxyles HO, peroxydes ROO et alkoxydes RO (**Cavina**, 1999).

2. Différents types des radicaux libres

Un radical libre est une espèce caractérisée par une instabilité et /ou un pouvoir oxydant fort, il se différencie par la présence d'un électron non apparié sur la couche électronique la plus externe.

Parmi toutes les espèces réactives oxygénées (ERO), on distingue un ensemble restreint de ces composés qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appelons les **radicaux primaires** à savoir : l'anion superoxyde (O₂^{*-}), le radical hydroxyle (*OH), le monoxyde d'azote (NO*), le radical peroxyde (ROO*) et le radical alkoxyde (RO*).

Les autres radicaux libres, dits **radicaux secondaires** telles que l'oxygène singulet ¹O₂, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et le nitroperoxyde (ONOOH), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (**Favier**, 2003).

3. Origine de production des ERO

Les radicaux libres nocifs sont produits dans l'organisme au cours du métabolisme normal. Cette production augmente en rapport avec l'élévation de la consommation d'oxygène (**Gauche** et **Hauswirth**, 2006). Plusieurs mécanismes et systèmes responsables de la production de radicaux libres ont été identifiés jusqu'à présent, parmi eux nous citons :

- ✓ des fuites d'électrons au niveau de la chaîne respiratoire de la mitochondrie (**Aurausseau**, 2002) ;
- ✓ des processus inflammatoires produits par les cellules phagocytaires activées (**Milan**, 2004 ; **Van Antwerpen**, 2006) ;
- ✓ du système xanthine déshydrogénase/ oxydase activé lors d'ischémie-reperfusion (**Li et al**, 2002 ; **Valko et al**, 2004 ; **Valko et al**, 2006) ;
- ✓ d'exposition à des agressions de l'environnement, comme les agents infectieux, la pollution, les UV, la fumée de cigarette et le rayonnement (**Tamer**, 2003).

4. Dommages oxydatives des radicaux libres

Les phénomènes radicalaires de base sont utiles au bon fonctionnement de l'organisme. L'altération des composants cellulaires et des structures tissulaires intervient lorsque l'intensité de ces phénomènes augmente anormalement et dépasse la quantité d'antioxydants disponibles. La conséquence de ce déséquilibre va entraîner une agression appelée « stress oxydatif » (**Rahman**, 2002). Tous les tissus et tous leurs composants peuvent être touchés : lipides, protéines, glucides et ADN (**Aurousseau**, 2002 ; **Valko et al.**, 2006). Toutes ces altérations augmentent le risque de plus de 30 processus de différentes maladies (**Aruoma**, 1998). Parmi les, nous citons, les maladie d'Alzheimer (**Smith et al.**, 1996 ; **Smith et al.**, 2004), de Parkinson (**Bolton et al.**, 2000), de Creutzfeldt Jacob et de méningo-céphalites (**Ali et al.**, 2008), les maladies cardiovasculaires et déficience cardiaque (**Jha et al.**, 1995), les oedèmes et vieillissement prématuré de la peau (**Georgetti et al.**, 2003) et le cancer (**Ali et al.**, 2008).

5. Moyens de défense contre les radicaux libres

D'après **Halliwel** (1994), un antioxydant est toute molécule endogène ou exogène présente en faible concentration qui est capable de prévenir, de retarder et de réduire l'ampleur de la destruction oxydante des biomolécules.

Les systèmes de lutte contre les ERO sont classés dans 3 catégories : la prévention à temps plein (la prévention passive), la détoxification active suite à une attaque oxydante et la détoxification passive (**Viot**, 2004).

A. Prévention à plein temps :

Ce type est un système qui agit en permanence pour but de prévenir la surproduction de radicaux libres de l'oxygène en inactivant les molécules endogènes (Fe, Cu) ou exogènes (quinone) susceptibles de les générer. Par exemple, la liaison de la transferrine (protéine chélatrice) avec deux atomes de fer ferrique par molécule à pH physiologique rend ce métal incapable d'être impliqué dans les mécanismes d'oxydoréduction générateurs de radicaux libres.

B. **Détoxification active suite à une attaque oxydante**

Ce système de défense repose principalement sur 3 enzymes (**Valko et al.**, 2006).

- **Super oxyde dismutase (SOD)**

Il catalyse la dismutation de l'anion superoxyde en hydrogène peroxyde (H₂O₂) et en oxygène.



Dans l'être humain, il y a 3 isoformes des SOD à cofacteurs métallique (Cu, Zn-SOD, Mn-SOD) et sont localisés dans le cytoplasme et la mitochondrie (**Landis et Tower**, 2005).

- **Catalase**

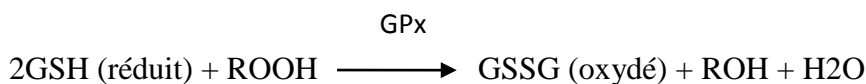
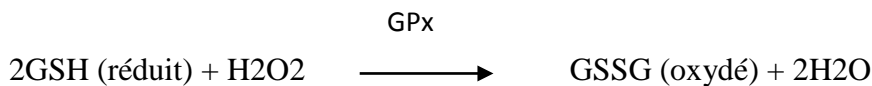
Cette enzyme est localisée essentiellement dans les peroxysomes (Valko *et al.*, 2006).

Elle permet de convertir deux molécules de H₂O₂ en H₂O et O₂.



- **Glutathion peroxydase**

Une enzyme à cofacteur de sélénium se localise dans le cytosol et la matrice mitochondriale. Elle a pour activité la dégradation des peroxydes organiques (ROOH) et du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (Valko *et al.*, 2006).



C. Détoxification passive

Elle permet la réduction des radicaux oxygénés qui ont pu passer les deux premières lignes de la défense. Elle incluse tous les antioxydants non enzymatiques capables de neutraliser seulement un radical libre par molécule tels que les vitamines C et E, les caroténoïdes, les composés phénoliques, les flavonoïdes, l'albumine, l'acide urique, les polyamines, l'acide lipoïque, etc.... (Svoboda et Hampson, 1999 ; Valko *et al.*, 2006).

- **Vitamine E (tocophérol)**

Elle est considérée comme le principal antioxydant attaché à la membrane utilisé par la cellule pour inhiber la peroxydation lipidique (Pryor, 2000 ; Valko *et al.*, 2006). Durant la réaction antioxydant, le α -tocophérol est converti en radical α -tocophérol beaucoup plus stable en perdant un hydrogène arraché par une espèce radicalaire (radical peroxy).

- **Vitamine C (acide ascorbique)**

Ses propriétés antioxydantes sont attribuées à sa capacité d'être réduit en radical ascorbyle après la perte d'un électron ou d'un proton. Ce radical peut facilement s'oxyder en captant l'anion superoxyde et certaines espèces radicalaires (perhydroxyles et peroxyles) (Valko *et al.*, 2006, Van Antwerpen, 2006).

- **Caroténoïdes**

L'activité antioxydant de ces molécules repose principalement sur la présence de nombreuses doubles liaisons conjuguées au sein de leur structure (**Mortensen et al**, 2001).

Généralement, elles interagissent avec les radicaux libres (ROO^* , R^*) par 3 mécanismes, soit par l'abstraction d'hydrogène, transfert d'électron et addition du radical (**El-Agamey et al**, 2004).

- **Acide lipoïque** (acide 1,2-dithiolane-3-pentanoïque ; $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_2\text{S}_2$)

Cet acide est aisément absorbé et converti rapidement dans de nombreux tissus à la forme réduite dithiol, l'acide dihydrolipoïque (**Figure 7**) (**Smith et al**, 2004). Il joue un rôle important dans le piégeage des ERO, la régénération des antioxydants endogènes et exogènes tels que les vitamines C et E et le glutathion, la chélation des métaux Cu^{2+} et Fe^{2+} (**Valko et al.**, 2006).

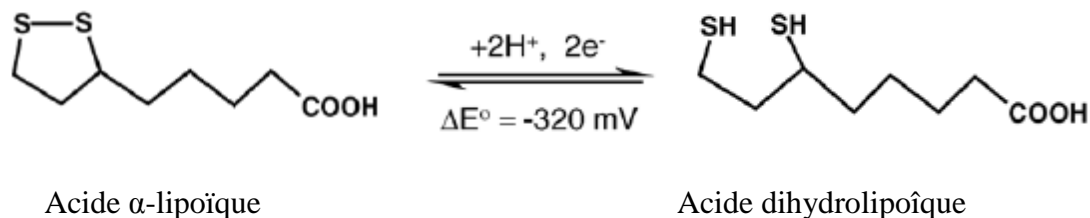


Figure 05 : Structure de l'acide lipoïque et l'acide dihydrolipoïque (**Valko et al**, 2006)

- **Alumine :**

Il se trouve en grande quantité dans le plasma possède une fonction thiol qui lui permet de jouer un antioxydant puissant à fixer les différents métaux (Cu^{2+} , Fe^{3+} ...) et de prévenir leur effets oxydants (**Halliwell et Gutteridg**, 1990 ; **Quinla et al**, 1992).

- **Composés phénoliques :**

Ces substances sont très utilisées dans la médecine traditionnelle et moderne pour leurs activités antioxydants (**Rice-Evans et al**, 1996 ; **Kolesnikov et Gins**, 2001). Vue leurs propriétés redox les plus élevées, les polyphénols agissent comme des agents réducteurs, donneur d'hydrogène en piégeant les radicaux libres et en chélatant les ions (**Rice-Evans et al**, 1995; **Cook et Samman**, 1996; **Valko et al.**, 2006).

6. Méthodes d'évaluation des propriétés antioxydants *in vitro*

Plusieurs méthodes sont disponibles pour mesurer l'activité antioxydante des aliments et les systèmes biologiques (**Ali et al**, 2008 ; **Scherer et Godoy**, 2009). Elles peuvent être classées en deux groupes selon deux mécanismes : soit par le transfert d'atome d'hydrogène, soit par le transfert d'un simple électron (**Sanchez-Moreno**, 2002 ; **Huang et al**, 2005).

Les techniques du premier groupe sont employées pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique. La quantification de cette propriété est exprimée par la mesure du degré d'inhibition de l'oxydation (**Sanchez-Moreno et Larrauri, 1998**).

Alors, les méthodes du deuxième groupe sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. Elles comportent le balayage du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), de l'acide hypochloreux (HOCl), de l'hydroxyle (*OH), des anions superoxyde (O^{*-2}), du peroxyde (ROO*) et de l'oxyde nitrique (NO*) (**Sanchez-Moreno, 2002**).

Parmi ces techniques, nous citons :

- ✓ la méthode d'ORAC (Capacité d'absorbance du radical de l'oxygène) (**Cao et al, 1993**) ;
- ✓ La méthode d'ABTS (2,2-azino bis (3-éthyle-benzothiazoline-6-sulphonate) ou TEAC (Capacité antioxydante équivalente de Trolox) (**Miller et al, 1993**) ;
- ✓ La méthode FRAP (Capacités réductrices ferriques d'antioxydants) (**Benzie et Strain, 1996**) ;
- ✓ la méthode du radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) (**Brand-Williams et al, 1995**) ;
- ✓ La méthode de DMPD (Balayage du radical cation N, N- diméthyl-p-phénylènediamine) (**Li et al, 1994**) ;
- ✓ la méthode TOSC (Capacité du piégeage des oxy-radicaux totaux) (**Winston et al, 1998**) ;
- ✓ La méthode TRAP (Paramètre du piégeage du radical total) (**Wayner et al, 1985**) ;
- ✓ La méthode photochimiluminescence (PCL) (**Popov et al, 1987**) ;
- ✓ La méthode d'hémolyse (**Charfi, 1995**)

7. Les antioxydants de la tomate

Les études d'intervention (ou épidémiologique) visant à montrer qu'une alimentation riche en fruits et légumes ayant une incidence positive sur les taux plasmatiques en antioxydants, sont très diversifiées et surtout concluantes. L'ensemble des études épidémiologiques dans diverses régions du globe montre indéniablement que la consommation de fruits et légumes entraîne une augmentation significative de la concentration plasmatique en antioxydants, dont la vitamine C et divers caroténoïdes comme l'á- et le â-carotène, la lutéine et le lycopène (**Le Marchand et al, 1994** ; **Steptoe et al, 2003**).

Ainsi, il a été montré que la consommation de trois à huit portions de fruits et légumes par jour permet, après deux semaines, d'augmenter significativement la concentration plasmatique en vitamine C et en β -carotène de 72,8 et 53 %, respectivement (**Zino, et al**, 1997).

Tableau 07: Principaux antioxydants et l'activité antioxydant des différentes fractions de la tomate (**Ramandeep.k et al**, 2005).

Fractions	Polyphénols totaux (mg/100g)	Flavonoïdes (mg rutine)	Lycopène (mg/100g)	Acide ascorbique (mg/100g)	Activité antioxydante (μ M TEAC/100g)
Pelure	29.1	20.4	8.7	16.9	212.6
Purée	12.7	8.2	2.8	8.9	81.8
Graines	22.0	12.1	1.6	8.4	114.0

A. Les polyphénols

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme.

La richesse des structures des polyphénols en résidus hydroxyles, leurs confère une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Etant des antioxydants primaires et radicalaires, ils peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique.

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs et contribuent aux effets synergiques de lycopène (**Ramandeep. K et al** ; 2005).

Des effets antioxydants synergiques contre l'oxydation de LDL ont été obtenus quand le lycopène a été employé en association avec différents polyphénols (**Krinsky.N.I** ;1989).

B. Lycopène

Le Lycopène appartient à la famille des caroténoïdes, c'est un polyène acyclique de chaîne ouverte avec 13 doubles liaisons et une formule moléculaire de $C_{40}H_{56}$.

Il a 11 doubles liaisons conjuguées disposées linéairement, le rendant le plus long caroténoïde.

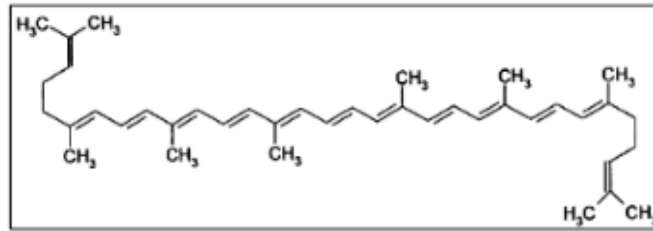


Figure 06 : La structure moléculaire du Lycopène. (Stahl *et al* ; 2000).

Le Lycopène est plus soluble dans le chloroforme, le benzène, et d'autres solvants organiques que dans l'eau. Dans les systèmes aqueux, il tend à agréger et précipiter sous forme de cristaux. Le Lycopène est absorbé plus facilement par le corps humain lorsqu'il est préparé dans le jus, la sauce, la pâte, et le ketchup (Gartner.C *et al*, 1997).

1. Objectif

L'objectif principal de ce travail vise à quantifier les contenus des composés phénoliques et à étudier l'activité antioxydante des différentes compositions de la tomate. Pour se faire, trois aspects ont été étudiés. Le premier a été basé principalement sur les analyses physico-chimiques, le deuxième a été basé sur l'extraction et la quantification des composés phénoliques, les flavonoïdes et Lycopènes. Le troisième aspect a été consacré à l'évaluation de l'activité antioxydante vis-à-vis du radical libre DPPH, afin de déterminer l'efficacité de chacune des fractions.

2. Technique de prélèvement les échantillons

Variété Agora c'est une espèce parmi les espèces les plus commercialisée en Algérie, On choisit les prélèvements selon Critères morphologie (bonne précocité, couleur, formes, bonne qualité de résistance aux maladies).

3. Laboratoire d'analyse

L'ensemble de ce travail a été réalisé au laboratoire de biochimie³, et laboratoire de recherche « Protection des cultures » a (Université Abdelhamid Ben Badis ITA Mostaganem), pendant 3 mois (avril jusqu' juin).

4. Préparation de la matière première

Les tomates ont été vidées de leur contenu de graines et découpées avec un couteau, en lamelles.

Pour la pelure : on a pris les tomates et les mettre dans de l'eau chaude pour quelques secondes ensuite la pelure s'enlève facilement.

A. Séchage à l'étuve

Le séchage est fait à une température de 50°C pendant 48 heures pour le fruit et la pelure, et 30°C pour les grains.

B. Broyage

Les tomates ainsi que la pelure et les grains séchées vont être réduits en poudre à l'aide d'un mortier.

C. Tamisage

La poudre est tamisée par un tamis de diamètre 250 µm.

D. Extraction

La poudre obtenue est soumise à l'extraction.

5. Analyse physique-chimique**A. Détermination de la teneur en eau**

La teneur en eau est déterminée sur un échantillon de 3g et on la place dans l'étuve réglée à 103 °C jusqu'à obtention d'un poids constant. (AFNOR 1985).

Séchée des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à une T° de 103°C, Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur. Ensuite Peser dans chaque capsule 3g d'échantillons et les placer dans l'étuve réglée à 103°C pendant trois heures. Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement on les pèse.

L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage 30mn) pour éviter la caramélisation.

La teneur en eau par rapport à la masse humide est calculée par la formule suivante :

$$W_{mh} = (m_i - m_f) / m_i * 100$$

W_{mh} : masse en gramme humide

m_i : masse en gramme initiale

m_f : masse en gramme finale (après dessiccation).

B. Détermination du potentiel hydrogène

On met la tomate/pelure/grain séchée dans un bécher et on ajoute neuf fois son volume d'eau distillée (ED). On chauffe dans un bain marie pendant 30 minutes en remuant de temps en temps, ensuite le mélange est broyé dans un mortier (AFNOR, 1982).

Puis on étalonne le pH mètre avec une solution tampon dont pH est de 7 et 4, en plongeant l'électrode dans la solution de tomate et la lecture se fait directement sur le pH mètre. (En prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution).

C. Détermination de l'acidité titrable A°

La méthode utilisée pour la détermination de l'acidité titrable est décrite par **Ilkay** et **Aziz**, 2011 ; le titrage de l'acidité se fait avec une solution de NaOH (0.1N) en présence de phénolphaléine comme indicateur de couleur.

On pèse 10 g dans une fiole conique puis on ajoute 50ml d'ED récemment bouillis et refroidis, puis on mélange jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.

On chauffe le contenu au bain marie pendant 30 minutes, après refroidissement, on verse le mélange dans une fiole jaugé de 100 ml en complétant jusqu'au trait de jauge avec l'ED.

Après filtration on prélève 10 ml du filtrat dans 10 ml d'ED, on ajoute des gouttes de phénolphaléine et on titre avec NaOH (0.1N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

L'acidité titrable est calculée d'après la formule suivante :

$$A^{\circ} = (100 \cdot V_1 \cdot 100) / (V_0 \cdot M \cdot 10) \cdot 0,07$$

Où :

M : masse en gramme prélevée

V₀ : volume en millilitre de la prise d'essai

V₁ : volume en millilitre de solution NaOH à 0.1N

0.07 : facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique (« C₆H₁₂O₈ » pour 100 g de tomate)

D. Détermination de la teneur en cendre

Selon **AFNOR**, 1982, cette méthode est basée sur la destruction totale de toute Les particules charbonneuses et la pesée de la matière minérale restante.

La poudre de (2 g) est mise dans des capsules (M₁) qui sont placées dans un four réglé à 550°C pendant cinq heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre, après refroidissement on pèse les capsules (M₂).

On exprime la matière organique par la formule suivante :

$$\text{MO \%} = (M_1 - M_2 / P) * 100$$

La teneur en cendre (cd) est calculée comme suit :

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO\%}$$

Où

MO : matière organique en %

M₁ : masse des capsules + prise d'essai

M₂ : masse des capsules + cendres

P : masse de la prise d'essai

E. Détermination de la densité

Selon **James** (1980), la densité est obtenue en calculant le quotient de la masse volumique d'une solution de la même masse volumique d'eau distillé à 20°C.

Le pycnomètre est pesé vide (m₀). On le remplit d'ED récemment bouillie et refroidies aux environs de 20°C. Avant de faire pesée, le niveau d'eau est ajusté au trait de repère après avoir

bouché le pycnomètre. Après cette opération, on prépare une solution de la poudre obtenue, après filtration, la solution obtenue est remplacé par l'ED ensuite pesée.

La densité est calculée par la formule suivante :

$$D = m_2 - m_0 / m_1 - m_0$$

Où :

m₀ : masse en grammes, du pycnomètre vide

m₁ : masse en grammes, du pycnomètre rempli d'ED

m₂ : masse en grammes, du pycnomètre rempli de la solution de tomate

F. Détermination de résidu sec soluble (AFNOR 1970)

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractomètre), la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans les mêmes conditions de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage massique.

On mesure à 20°C, l'indice de réfraction de l'échantillon préparé.

On pèse 5g de la poudre dans un bécher de 250 ml, ensuite On ajoute une quantité d'ED égale neuf fois la masse du produit et On chauffe un bain marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps. Après refroidissement, on ajoute de l'ED jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement 100 ml On mélange avec soin, 20 mn après on centrifuge le mélange. On détermine le taux du résidu sec soluble par réfractomètre.

6. Les analyses biochimiques

A. Extraction des composés phénoliques

La méthode d'extraction utilisée pour les composés phénoliques est celle de. L'objectif de l'extraction est de séparer les substances phénoliques de la poudre solide, le solvant dissout le principe actif à l'intérieur du solide et l'entraîner à l'extérieur.

Le choix du méthanol possède l'avantage d'être facilement éliminé sous vide et il donne en plus un meilleur rendement d'extraction qui dépasse celui obtenu avec l'eau de 7 fois. Le rendement d'extraction en polyphénols augmente avec le temps de contact (**Djeridane et al**, 2006).

5 g obtenu sont ensuite macérés dans 100ml d'un mélange hydro-alcoolique MeOH (méthanol-eau) (80/20=v/v) pendant 48 heures à une température ambiante, · Ce mélange est filtré par papier whatman.· Le résidu obtenu est repris pour une deuxième fois avec un volume de 50 ml du même mélange hydroalcoolique pendant 24 heures à température ambiante, · On obtient donc un extrait hydroalcoolique brut, On évapore le méthanol par rota vapeur à 65 °C.· On obtient un extrait phénolique conservé à 6°C jusqu'à utilisation.

B. Dosage des poly phénols totaux

Ce dosage est fondé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin - Cicalteu consiste en une solution jaune acide (Ac) contenant un complexe polymérique d'ions (hétéro polyacides). En milieu alcalin, le réactif de Folin - Cicalteu oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéro polyacides d'où la formation d'un complexe bleu (**Daels** ,1999).

Dans un tube à essai on introduit :

1ml d'extrait (1mg/ml) avec 5ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4ml de carbonate de sodium à concentration de 75 g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100µg/ml. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (**Jenway** 6715).

C. Rendements des extraits

Les rendements de l'extrait de la tomate et de la pelure et grain ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{Rdt \%} = (P_1 - P_2) / P_3 * 100$$

P1 : Poids du ballon après extraction

P2 : Poids du ballon vide

P3 : Poids de la poudre de tomate (fruit, grain, pelure)

D. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium AlCl_3 (**Chang et al.**, 2002) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les différents extraits de la pleure et fruit et grain.

Un volume de 1ml d' AlCl_3 (2 %) dans le méthanol a été mélangé à un volume égal d'extrait, puis l'ensemble a été incubé à l'ombre à la température ambiante pendant 10 minutes, et l'absorbance a été lue à 430nm. La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage réalisée par un flavonoïde standard ; la Rutine.

E. Dosage du Lycopène

Lycopène est un pigment liposoluble, du fait de sa grande disponibilité, il est beaucoup utilisé comme colorant (E160d), c'est un tétra terpène de la famille des carotènes.

La température de fusion de lycopène est 175°C , puisqu'il est liposoluble alors son extraction se fait soit dans le cyclohexane ($d=0.78$), le dichlorométhane ($d=1.32$), et l'éthanol ($d=0.79$). L'identification du lycopène se fait par spectrophotomètre à 472 nm (**Benakmoum et al.**, 2008).

Selon la méthode suivante : 0.1 g de la poudre dans 10 ml de (hexane-acétone-éthanol, (50/50/1), Agiter pendant 10 mn

Ensuite Centrifuger à 5000 tours par minute pendant 15 mn, 1 ml de la phase organique est extrait en suite dilué dans 10 ml d'hexane, Dans une cuve on met un échantillon de la phase organique. L'absorbance est mesurée à 472 nm.

La teneur en lycopène est exprimée selon la formule suivante :

$$C (\mu\text{g/g}) = \text{Abs}_{472} * F_d * 10^6 * V / 3450 * 100 * P$$

Où:

F_d : Facteur de dilution

V : Volume du solvant d'extraction

3450 : Coefficient d'extinction de l'hexane

P : Poids de la prise d'essai

F. Activité antioxydant

L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2.2'-diphényl-1-picrylhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction (capté par les produits testés) (**Zeghad**, 2009).

Une prise de 5ml d'une solution méthanolique de DPPH (0.004%) a été ajoutée à 50µl d'extrait à une concentration de 10mg/ml (choisie après des essais préliminaires). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorbance a été lue à 517nm. L'acide ascorbique à des concentrations : 0-1mg/ml a servi pour tracer la courbe d'étalonnage.

Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{Inhibition} = [(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

• **Détermination des IC₅₀**

La valeur IC₅₀ ou concentration d'inhibition 50 est la concentration du substrat qui assure la réduction de 50% de l'activité du DPPH déterminée graphiquement (**Samarth et al.**, 2008).

1. Composition globale de la tomate

Les trois fractions de la tomate fraîche « Agora » sont données dans la figure 07; La teneur en pulpe, exprimée en pourcentage pondérale (poids de la pulpe /poids du fruit frais) est de 82%, quant aux pelures, elles représentent environ 15% (MF) du poids total de la tomate. Les résultats obtenus sont légèrement supérieur à ceux trouvés par Zidane, (2009) qui est 75% pour la pulpe et 25 % pour la pelure et graines, ce qui peut s'expliquer par les conditions dans les quelles sont réalisés les mesures, sachant que l'instabilité de la teneur en eau du produit dépend de sa structure et les zones géographiques de la récolte. Figure 07

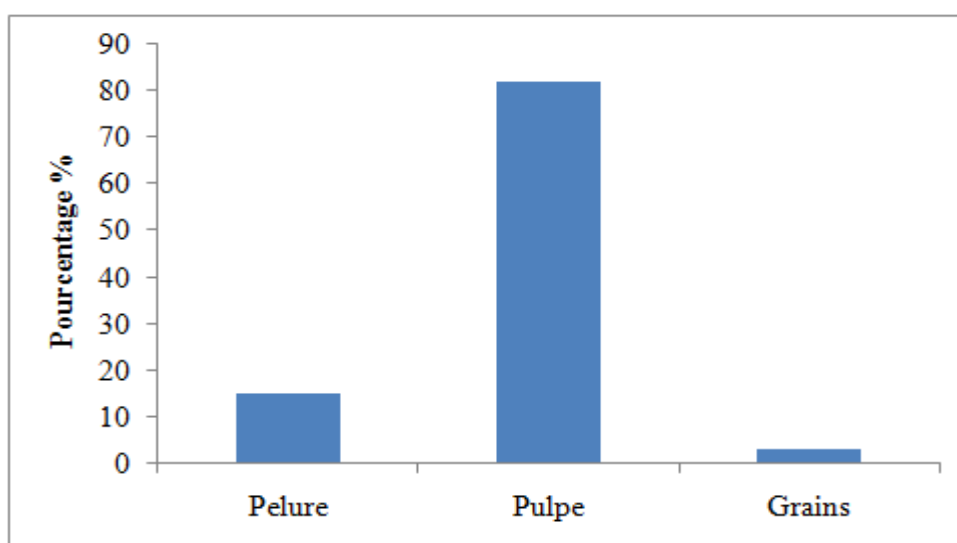


Figure 07 : Les pourcentages des fractions de la tomate fraîche

2. Les analyses physico-chimiques

Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 08 et les Figures 08 ; 09 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13.

Tableau 08 : Les analyses physico-chimiques de la tomate en poudre

	pelure	pulpe	Grains
Teneur en eau (%)	2,44±0,085 ^B	93,44±0,271 ^A	1,05±0,02 ^C
Ph	4,21±0,029 ^B	4,40±0,06 ^A	4,09±0,006 ^C
Acidité titrable (g/100g)	4,96±0,044 ^B	4,75±0,05 ^C	5,75±0,266 ^A

Teneur en cendre (%)	4,28±0,303 ^A	1,56±0,163 ^B	3,92±0,04 ^A
Densité	1,013±0,007 ^C	1,043±0,003 ^A	1,032±0,006 ^B
Résidu sec soluble (%)	39,33±0,577 ^B	46,66±0,577 ^A	35,33±0,577 ^C

(n=3±l'écartype), (A, B et C sont des groupes homogènes indiquant une différence significative à p<0.05).

2.1. teneur en eau

L'humidité nous permet de rapporter les résultats des constituants biochimiques de la matière sèche, une teneur en eau est faible explique une teneur élevée en matière sèche, cette corrélation négative se manifeste dans nos trois échantillons, comme le démontre la figure 08. La teneur la plus élevée est de la tomate séchée de (93.44%), ou (06.56%) de matière sèche, et la pelure séchée présente une teneur de (2.44%), ou de (97.56%) de matière sèche, et pour les grain (1,05) et de (98,95) de matière sèche. ces taux dépend de l'efficacité de séchage, se situent dans l'intervalle trouvé par Martin et *al*, (2010) qui est entre 93.05% et 95% pour les tomates séchées et entre 2.9 et 3.07 pour les pelures trouvé par Larid, (2011).

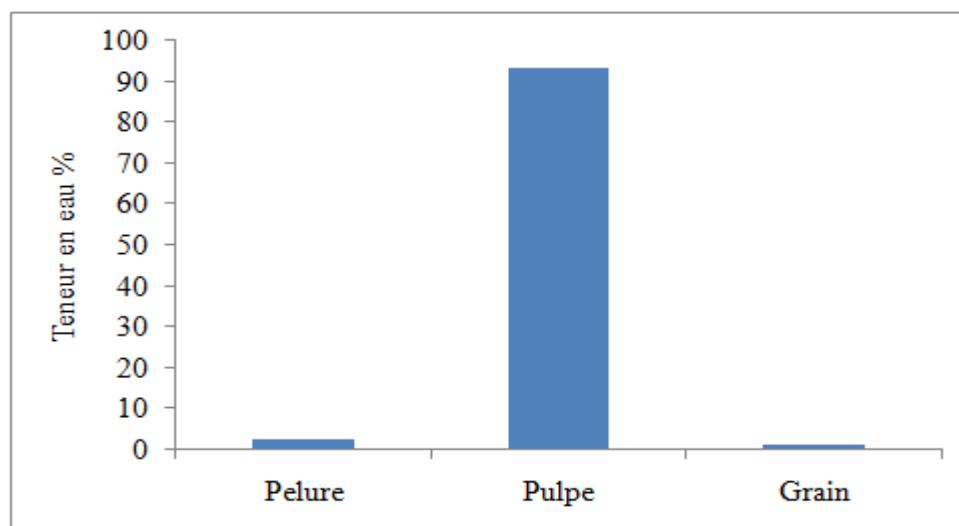


Figure 08 : la teneur en eau de la tomate en poudre

2.2. pH

Le potentiel d'hydrogène est une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer, le pH est utilisé dans de nombreux domaines comme

variable opératoire, caractérisant du produit fini ou encore à des fins de contrôle de qualité. De nombreuses études se sont attachées à corrélérer sa valeur à des lois cinétiques de réactions, des qualités organoleptiques de produits ou encore des activités enzymatiques (Boukhiar, 2009), le pH des extraits aqueux est mesuré pour permettre l'interprétation de certains résultats d'activité biologique (Amiour, 2009).

Les résultats obtenus (figure 9) montre que la valeur du pH de la tomate séchée est de 4.4 qui est dans les normes Daniel, (2005) a trouvé un $\text{pH} < 4.5$. Les pelures de tomates séchées présentent un pH acide de 4.22 et les grains présents un pH de 4,10. Ce pH est préjudiciable aux bactéries mais appropriés au développement de la flore fongique (Reynes *et al*, 1994).

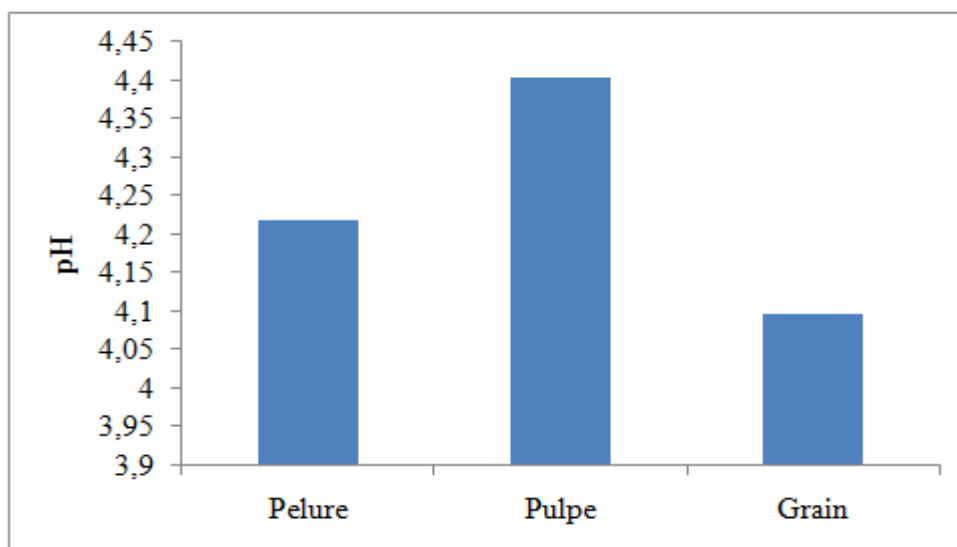


Figure 09 : la valeur du pH de la tomate en poudre.

2.3. acidité titrable

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale d'acide. Dans la titration avec une base, tous les ions H^+ sont neutralisés qu'ils soient ionisés ou non.

L'acidité est étroitement liée à la composition biochimique de la tomate. Selon la figure 10, L'acidité de la tomate séchée est de 4.75g/100g tandis que la pelure présente une acidité de 4.96 g/100g, et les grains présents 5,75 g/100g. (cela pourrait être liée à la fermentation partielle d'échantillons, en raison de la durée de séchage, et à l'activité enzymatique de la pectine au cours de la phase initiale du séchage (Okanlawon, 2002)

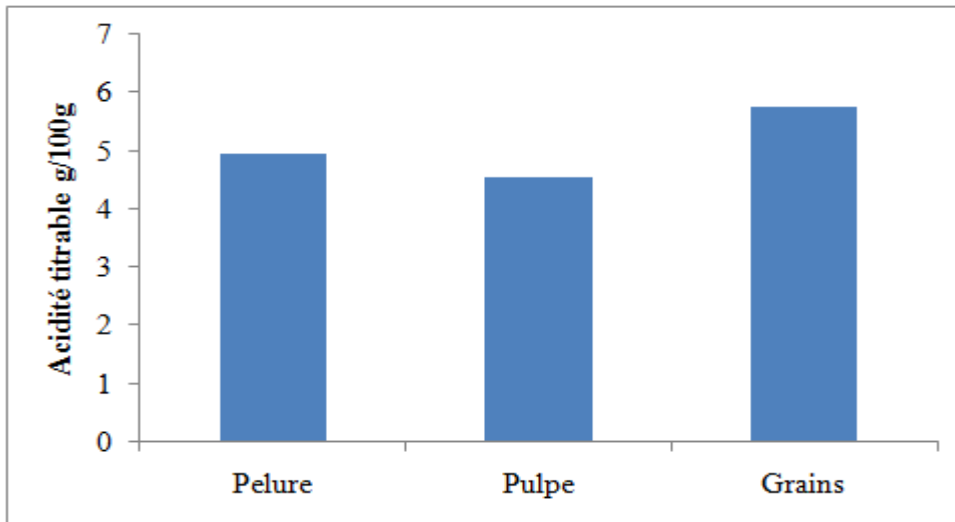


Figure 10 : l'acidité titrable de la tomate en poudre %

2.4. teneur en cendre

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. Selon la figure 11, la valeur trouvée dans la tomate séchée est de 1.56% alors que pour les pelures de tomate séchée est de 4,28% et 3,92% pour les grains. Qui est proche à ceux trouvés par Navarro et *al*, (2011) *qui est 3.1%*, elles sont probablement liées à deux facteurs principaux : les variétés de tomates utilisées pour les préparations des poudre, Peut être que le traitement thermique par évaporation de la poudre fait diminuer la teneur en sels minéraux et donc en taux cendres.

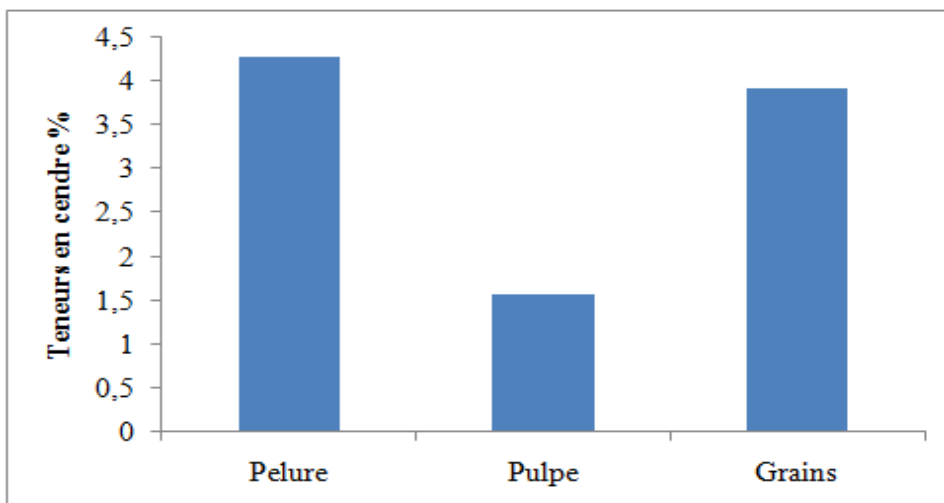


Figure 11 : Taux de cendre de la tomate en poudre %.

2.5. densité

Les valeurs obtenues sont indiquées sur la figure 12. Nous avons remarqué une légère différence de densité entre la tomate et la pelure et les grains séchées, cela est du à la différence dans la composition chimique en polyphénols de chaque échantillon.

La valeur la plus élevée est enregistrée dans la pulpe (1.043), dans la pelure séchée, la densité est de 1.013 et 1,032 pour les grains. Ces résultats se situent dans l'intervalle trouvé par Zidane, (2009) qui est de 1.010 et 1.049.

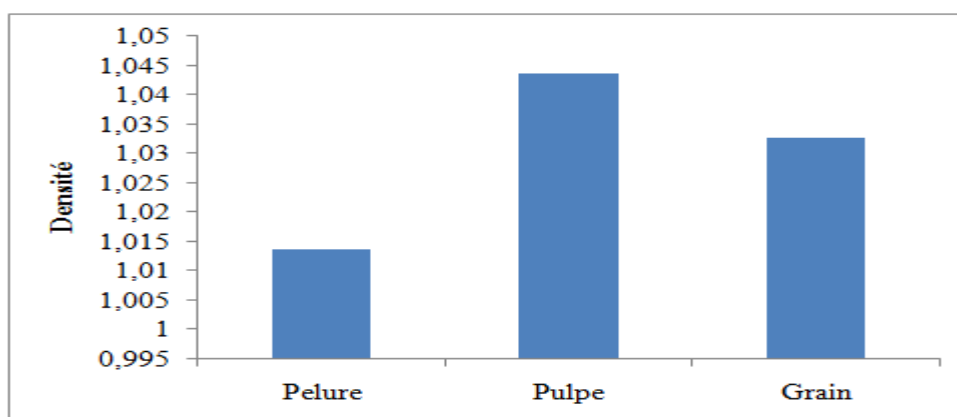


Figure 12: La Valeur de la densité du la tomate en poudre

2.6. indice de brix

La pelure de la tomate séchée présente un résidu sec de 39,33%,.La mesure des teneurs en extrait sec soluble des pelures de tomates ont montré un taux soluble comparable à celui des pelures de tomates fraîches. Alors que pour les tomates séchées : le taux de résidu sec est de 46,66%, et les grains présent un taux inférieur de 35,33%.

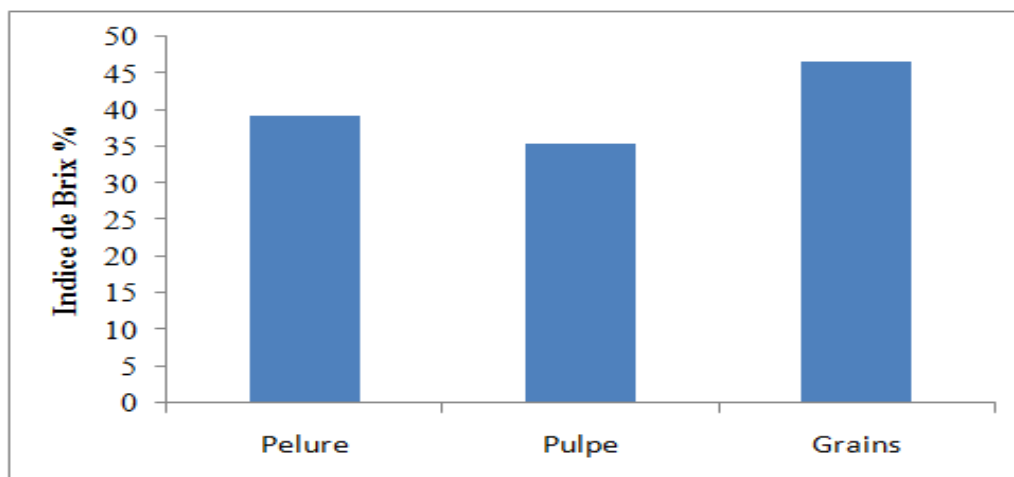


Figure 13: La valeur de l'indice de Brix de la tomate en poudre.

3. Les analyses biochimiques

3.1. Rendement d'extraction des composés phénoliques

Après extraction, le rendement, la couleur, l'odeur et l'aspect physique de chacun des extraits ont été déterminés et représentés dans le Tableau 09 et la Figure 14

Tableau09 : Tableau récapitulatif regroupant le rendement, la couleur, l'odeur et l'aspect physique des compositions de la tomate.

	Aspect physique	Couleur	Odeur	Rendement %
Pelure	Pâte	Marron foncé	Sans odeur	14,4
Pulpe	Pâte	Marron foncé	Sans odeur	9
Grains	Pâte	Marron claire	Sans odeur	4,4

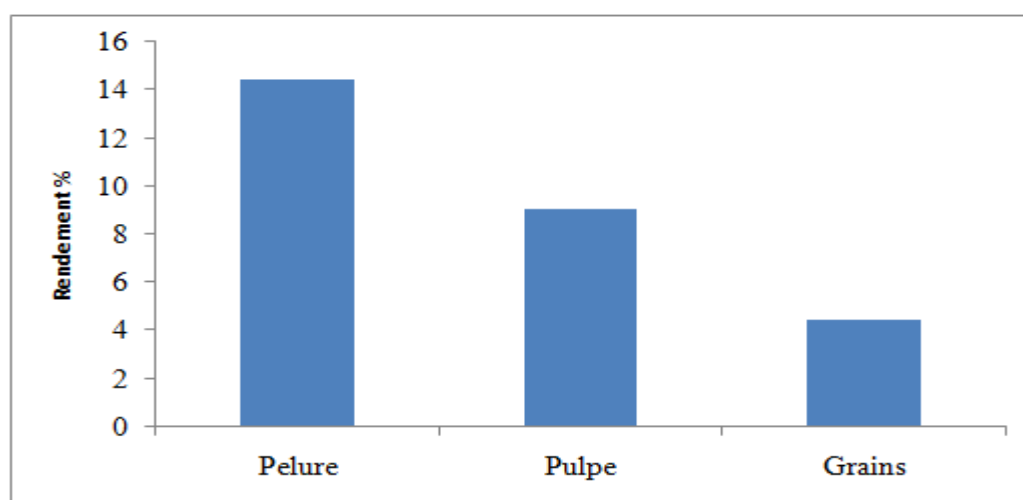


Figure 14 : Rendement d'extraction des composés phénoliques de la tomate.

Le rendement désigne la masse de l'extrait obtenu, il est exprimé en pourcentage par rapport à 100 grammes de matière sèche. D'après les résultats récapitulés dans le Tableau 09, des rendements en extraits obtenus de la pulpe et la pelure et les grains.. On constate que la pelure est plus rentable que la pulpe et les grains, avec une valeur de l'ordre de 14,4%. Pour la première et 9% pour la deuxième et 4% pour la troisième. L'extraction avec le méthanol est plus fructueuse pour la betterave que pour la fraise.

3.2. Composition en phénols totaux, flavonoïdes totaux et Lycopène

Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 10 et les Figures 15.

Tableau 10: Dosages des différents composés phénoliques de la tomate.

	Pelure	Pulpe	Grains
Teneur de polyphénols totaux en mg EAG/g MS	1,65 ± 0,13	2,97 ± 0,06	0,67 ± 0,10
Teneur de flavonoïde en mg ER/g MS	0,24 ± 0,009	0,08 ± 0,002	0,02 ± 0,0009
Teneur de Lycopène µ/g	211,28±5,03	141,88±21,61	41,87±7,55

A. dosage des polyphenols totaux

Le dosage des polyphénols totaux, nous donne une estimation globale de la teneur en différentes classes des composés phénoliques contenus au niveau de l'extrait hydro-alcoolique de la poudre des pelures et fruits.

Avant de procéder à la détermination de la teneur en composés phénoliques, nous avons établi une courbe d'étalonnage en utilisant l'acide gallique comme composé de référence, les teneurs en composé phénolique des deux échantillons sont consignés dans la figure 15.

En comparant la teneur en polyphénols totaux la plus élevée de la pulpe qui est 2,97 mg EAG/g, ensuite la pelure avec une teneur de 1,65 mg EAG/g MS et la plus faible teneur enregistré dans les grains avec une teneur de 0,67 mg EAG/g MS. On peut dire que les activités antioxydante efficace de la tomate sont attribuées à leurs polyphénols principalement l'acide Chlorogénique, rutine et l'acide gallique.

Les teneurs en composés phénoliques totaux des extraits aqueux sont plus élevées que celles des extraits organiques. La majorité des composés phénoliques trouvés dans les fruits, notamment les tanins condensés. L'étude menée par **Cieslik et al**, (2006) sur la teneur en

polyphénols de certains fruits a noté des valeurs de 28.1, 11.6 et 7.8 mg GAE /100 ml pour le kiwi, pastèque et melon, cette grande différence est due à plusieurs facteurs comme :

- L'espèce : le taux de polyphénols est différent d'une espèce à une autre.
- Période de récolte : c'est aussi lié à la période de maturité du fruit où le taux de polyphénols atteint son maximum (**Raffo et al**, 2002).
- Les conditions climatiques (qui diffèrent d'une région à une autre).
- Le solvant d'extraction : le choix du solvant (méthanol, éthanol..etc) agit sur la quantité de polyphénols extraite.

De ce fait on peut considérer la tomate comme une source antioxydante naturelle.

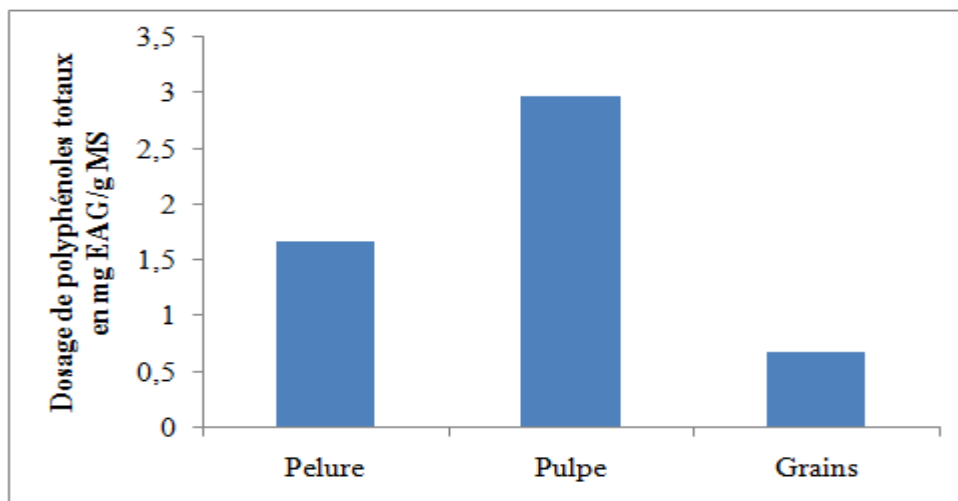


Figure 15: Composition en phénols totaux de la tomate.

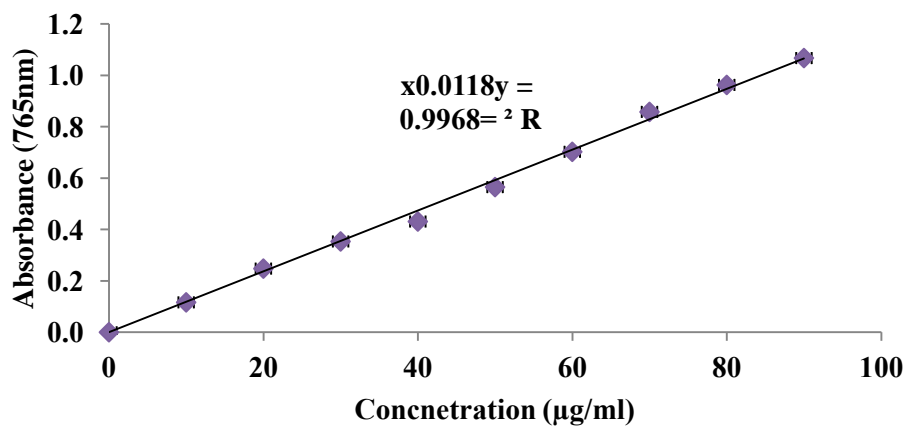


Figure 16 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

B. dosage des flavonoïdes totaux

La quantité de flavonoïdes dans nos extraits a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de la rutine. Les résultats obtenus exprimés en milligrammes en équivalent de la rutine par gramme de la matière sèche, selon la figure 17, le taux de flavonoïdes du fruit est de 0,08 mg ER/g MS. alors que pour les pelures il est de 0,24 mg ER/g MS, et 0,02 mg ER/g MS pour les grains. La teneur en flavonoïdes est déférent à celle des flavonoïdes données par **Haddadi**, (2005) des fruits et légumes : mandarines, pamplemousses, pommes, fraises qui sont respectivement de 3.22, 7.12, 2.10 et 17.53 mg/100g.

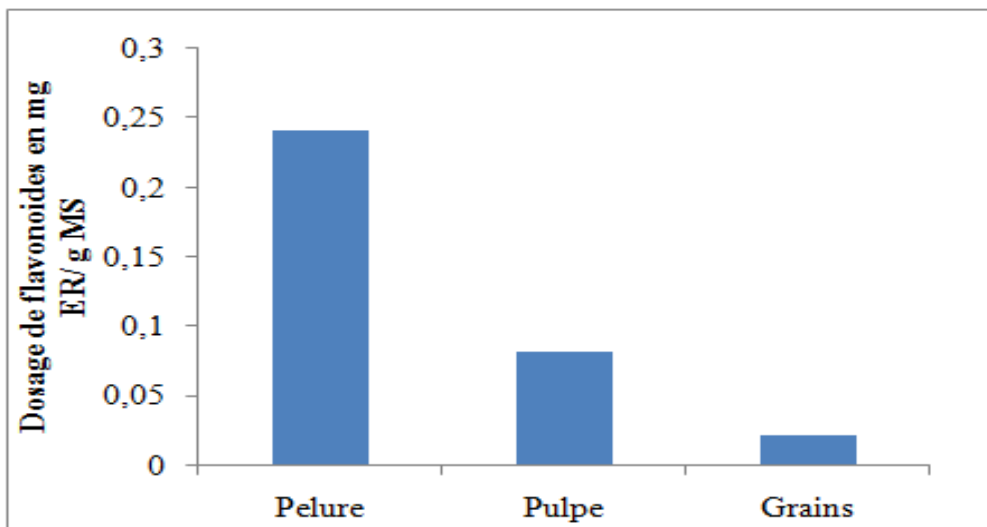


Figure 17 : Composition en flavonoïdes totaux de la tomate.

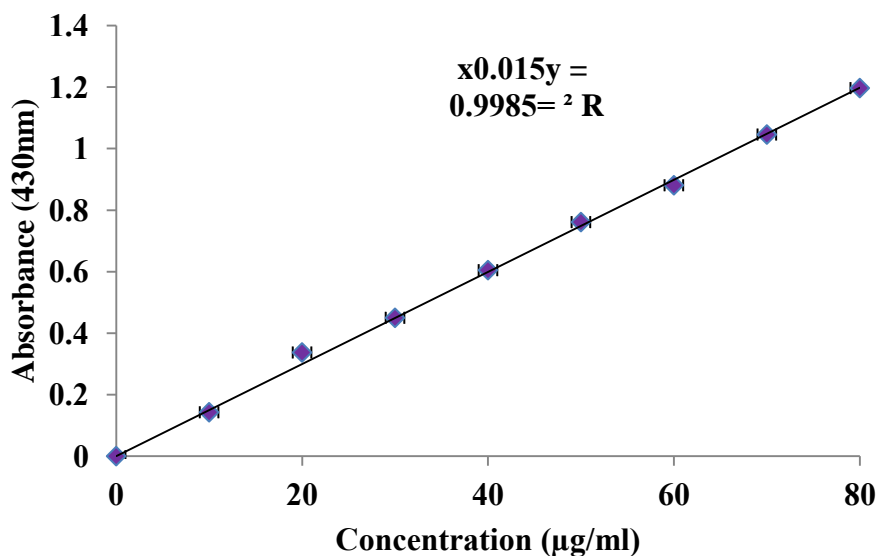


Figure 18: Courbe d'étalonnage de la rutine.

C. dosage de lycopène

Selon la figure 19, la teneur en lycopène est de 211,28 $\mu\text{g/g}$ pour les pelures et de 141,88 $\mu\text{g/g}$ de tomates en poudre, et de 41,87 $\mu\text{g/g}$ pour les grains.

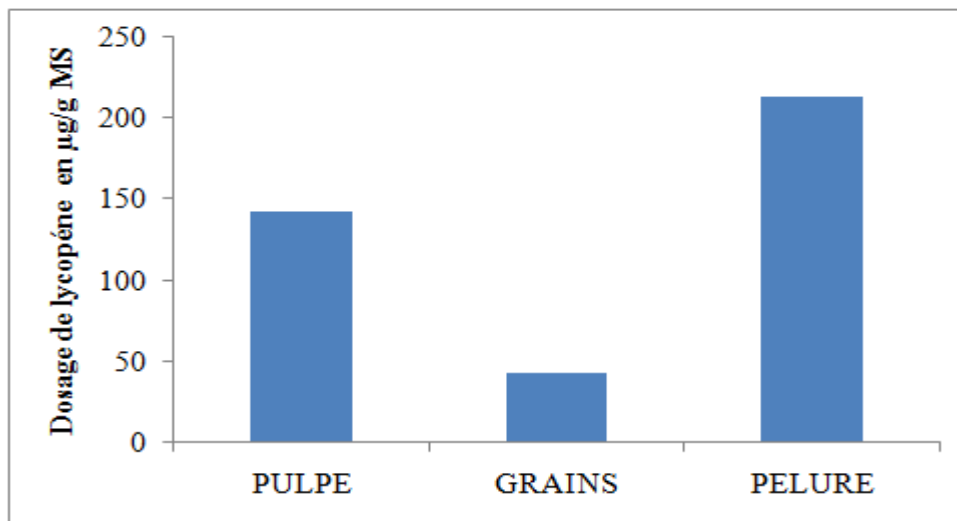


Figure 19 : Teneur de lycopène en $\mu\text{g/g}$

Il est bien connu que le taux d'extraction augmente avec le temps de contact

(**Lapornik** et al, 2005). Le lycopène contenu dans la poudre des trois échantillons est extrait par macération à l'aide d'un solvant assisté par une agitation. La teneur en lycopène était mesurée par spectrophotométrie UV- visible. On constate qu'avec la macération, l'extraction de ce caroténoïde été satisfaisante.

Selon d'autres études, **Rozzi** et al, (2002) on constaté que la pelure et les graines de tomate contiennent 24 μg de lycopène /g de poids sec, **Botsoglou** et al, (2004) ont signalé une teneur en lycopène de 281 $\text{mg}/100\text{g}$ du poids sec, tandis que **Lahmari** et al,(2012) ont signalé la teneur en lycopène de la tomate séchée entre 14.76 et 15.45 $\text{mg}/100\text{g}$ (MS).

La variation de la teneur en lycopène de la tomate obtenu est probablement due a des différences dans leur conditions de croissance (**Toor**, 2005). Beaucoup de facteurs y compris la maturité, la chaleur et la variété utilisé peuvent affecter la concentration de lycopène contenu dans le fruit de tomate (**Thompson** et al, 2000 ; **Sharma** et al, 1996).

La pelure de la tomate est une source riche en lycopène, car elle contient environ 5 fois plus de lycopène que la pulpe entière de la tomate (Botsoglou et al, 2004). Par conséquent, la PTS (pelure de la tomate séchée) peut être une source importante des antioxydants naturels pour l'industrie alimentaire.

4. activité antioxydant

L'activité antioxydant des trois extraits a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, dans le but de déterminer la concentration de l'antioxydant permettant d'inhiber la moitié du radical. Cette méthode s'accompagne par le passage du radical DPPH de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (**Prakash et al.**, 2007).

Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C) (**Alyafi**, 2007).

Une droite d'étalonnage a été établie en tenant compte des différentes solutions d'acide ascorbique (Vit. C) préparées et leurs densités optiques correspondantes, avec $R^2 = 99,23 \%$ (Figure 19). Les taux d'inhibition ont été calculés pour chacune des concentrations, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations (les différents extraits et Vit. C).

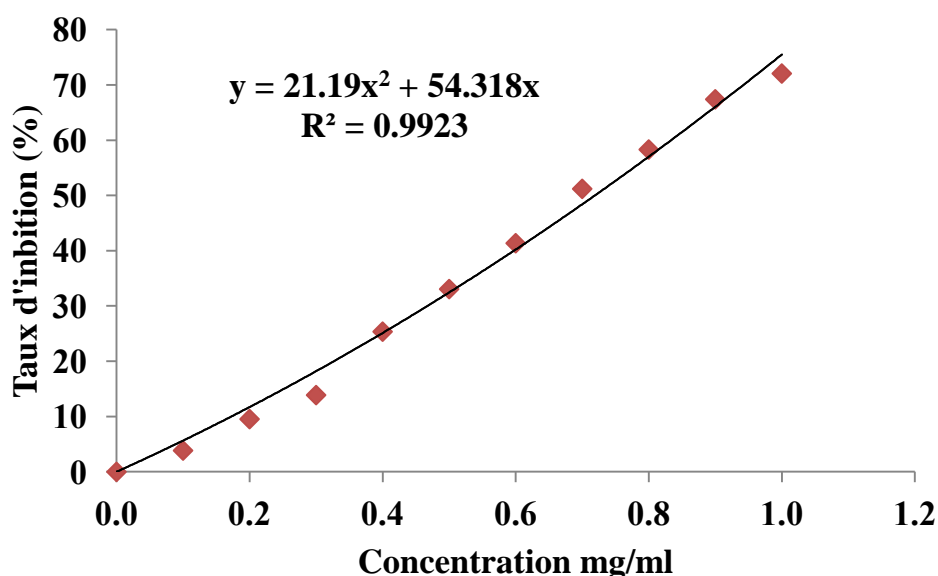


Figure 20: Courbe étalonnage de l'activité antioxydant de l'acide ascorbique.

Tableau 11 : IC₅₀ et inhibitions maximales des extraits déterminé par la méthode de DPPH.

Echantillon	L.max (mg/ml)	IC ₅₀ (mg/ml)
La pelure	90mg/ml (85,94%)	32,47

La pulpe	90mg/(70,942%)	64,781
Les grains	100mg/ml (13,23%)	-----
Acide ascorbique	1mg/ml (75,5%)	0,72

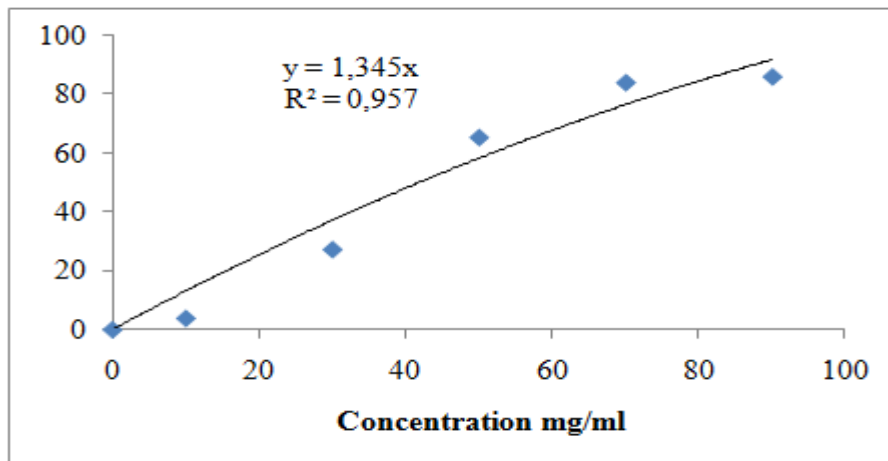


Figure 21: Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la pulpe.

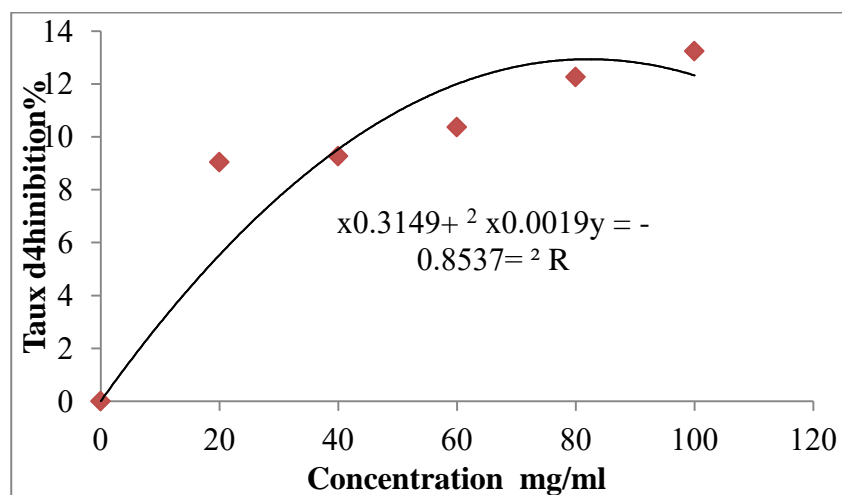


Figure 22: Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait des grains

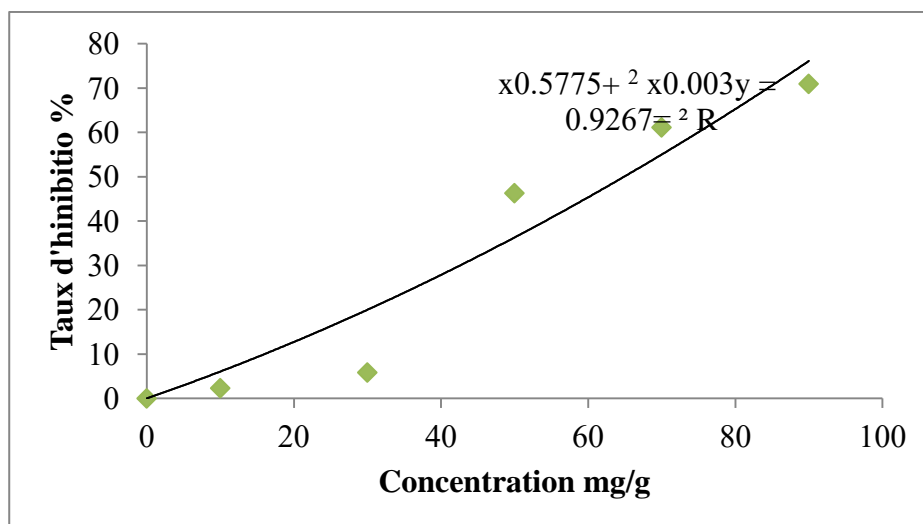


Figure 23: Evolution des taux d'inhibition de DPPH par extrait de la pulpe.

Les courbes de régression (Figures 20,21 et 22) montrent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration des extraits de la pulpe et la pelure et les grains.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée par le calcul de la valeur IC_{50} , qui indique la concentration nécessaire de l'extrait qui inhibe 50% du radical libre DPPH.

Les résultats relatifs à ce test sont consignés dans le Tableau 11. Parmi les l'extraits, la pelure représente la meilleure activité inhibitrice du radicale DPPH. C'est ainsi que le maximal d'inhibition se chiffrent, respectivement, à 85,94% et 70,94% pour les doses 32,47/ml, 64,781mg/ml. Et la plus faible capacité antioxydante enregistré dans les grains avec un IMAX de 13,23 mg/ml. Ce constat se confirme également par les valeurs des IC_{50} déterminées. Elle est plus antioxydante par rapport la pulpe et les grains.

Contrairement aux extraits étudiés, l'acide ascorbique se montre plus actif vis-à-vis du radical DPPH avec une IC_{50} de l'ordre de 0,72mg/ml. Le taux d'inhibition maximum de 75,5% a été atteint lorsque l'acide ascorbique a été additionné à raison de 1mg/ml.

Alors, il était important d'établir une relation qui existe entre la présence des composés phénoliques et l'activité antioxydante. En effet, les résultats de cette régression indiquent une relation positive entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes des différents extraits de nos trois échantillons. Il est à noter que les meilleures activités antioxydant présentées par la pelure peuvent être justifiées par les teneurs importantes en des flavonoïdes totaux et lycopéne

Selon **Bhat et al.**, (2012) ; **Nacz** and **Shahidi** (2006), la récupération des polyphénols et d'autres composés antioxydants de la matière végétale dépend, considérablement, de la

solubilité de ces composés dans un solvant donné, de la polarité des solvants et de la viscosité. Ainsi, les solvants tels que le méthanol ou l'acétone peuvent atteindre facilement les endroits intracellulaires, afin de lixivier au maximum les constituants actifs. Parmi les différents facteurs qui ont contribué aux divers résultats obtenus réside donc dans la nature chimique des composés, les solvants d'extraction utilisés, et la méthode d'analyse utilisée.

Conclusion

La famille des polyphénols renferme de nombreux composés d'intérêt nutritionnel et valorisables dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique et dans la cosmétologie en raison de leurs propriétés réductrices (antioxydant), de leur capacité à interagir avec les ions métalliques et une grande variété de protéines.

La tomate, fruit largement consommé frais mais aussi sous forme transformée, est reconnu pour ses qualités nutritionnelles. Riche en micro constituants, tels les caroténoïdes (lycopène en particulier), les composés phénoliques et la vitamine C.

En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, la teneur en eau présente une différence nette est observé entre le fruit (93,44%) et les pelures (2,44%), et les grains (1,05). pour les valeurs de pH ; les grains présentes un pH légèrement acide (4.10) par rapport à la pelure (4.22). et la pulpe (4,40)

Les résultats obtenus ont montré que nos échantillons analysés sont riche en composés phénolique pour la pulpe présente un taux en polyphénols totaux légèrement élevée (2,976mg EAG/g MS) par rapport à celle des pelures séchées (1,657mg EAG/g), et les grains séchés. (0,676 mg E AG/g MS). La teneur en flavonoïdes du fruit (0,084 mg E R/g MS) comparativement aux pelures (0,248mg/ml) et les grains (0,021 mg ER/g MS). La teneur de lycopène des trois échantillons présente une teneur largement élevé : 211,28(µg/g) pour la pelure. Par apport la pulpe (141,88µg/g) et les grains (41,87µg/g), ce qui confirme leur pouvoir élevée d'antioxydant qui était proportionnel à différentes concentration des pelures et fruits et des grains réduits en poudre. Ces résultats confirment les données de la littérature, qui ont classé la tomate dans la catégorie des antioxydants naturels.

En général, on peut conclure que nos échantillons sont riches en composés phénoliques, notamment la pelure (meilleur capacité antioxydante), qu'on peut l'utilisé dans l'industrie agroalimentaire au lieu de la jeter.

En perspective il est intéressant de :

- Réaliser une étude in vivo antibactérienne afin de déterminer que les polyphénols de la tomate ont un effet antibactérien.
- Appliquer la poudre de la tomate comme un agent liant dans l'industrie pharmaceutique.
- valoriser les sous-produits de tomates au niveau du marché local et d'inciter les agriculteurs à s'intéresser au séchage des tomates et leurs déchets, on augmentant leur commercialisation sur tout le territoire Algérien.

A:

Ø Abbayes H, Chadeaud M, Ferre Y., Feldmann J., Gausson H., Grasse P., Leredde M., Ozenda P., Prevot A. (1963). Botanique Anatomie_Cycles évolutifs_systématique. Masson et Cie.8 : 52-65

Ø Atherton J., C. Rudich J. (1986). The tomato crop. A scientific basis for improvement.2: 142-144.

Ø Ahmet S.(2003). Etude phytochimique et des activités biologiques de *Balanites aegyptica* (Balanitaceae) .Thèse pharmacie banak .117.

Ø A.V.Raol.G.(2007). Carténoids and Human Health .Pharmacological research.55:207-216.

Ø Afnor., (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR : 325.

Ø Amieur S. (2009). Etude quantitative des composés phénoliques des extraits de grenade et évaluation in vitro de leur activité biologique, mémoire de magister en biologie, centre universitaire de batna.76-77

Ø Amarowicz R, Estrella I, Hernandez T, Robredo S, Troszynska A, Kosinska A, Pegg R.(2010) . Free radicals-scavenging capacity: antioxidant activity and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*); Food Chemistry 121; Ed: ELSEVIER.705-711.

B:

Ø Bauer S., Schulte E., Thier H. P. (2004). Composition of the surface wax from tomato-II. Quantification of the components at the ripe red stage and during ripening. European Food Research and Technology 2195: 487-491.

Ø Bazzano L. A. (2008). Epidemiologic evidence for the effect of fruit and vegetables on cardiovascular diseases, diabetes and obesity. Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. Tomas-Barberan, F. A. Gil, M. I. Cambridge, UK. New York, USA, Woodhead publishing limited CRC press: 119-144.

Ø Bell-Lelong D. A., Cusumano J. C., Meyer K., Chapple C. (1997). Cinnamate-4-hydroxylase expression in arabidopsis. Regulation in response to development and the environment. Plant Physiology 113: 729-738.

Ø Barrett D M , Garcia E, Wayne JE(1998). Textural modification of processing tomatoes. CRC Critical Reviews in food science and nutrition 38:17-258.

Ø Barker H, Seaton R, Robinson A. (1997). Internal and external photoprotection in developing leaves of the CAM plant *Cotyledon orbiculata*. *Plant, Cell and Environment* .20: 617-624.

Ø Blanc D. (1986). "The influence of cultural practices on the quality of production in protected cultivation with special references to tomato production." *Acta Horticulturae*. 191: 85-98.

Ø Besançon P. (2000). Effets bénéfiques pour la santé des fruits et des légumes. *Alimentation méditerranéenne et santé : actualité et perspectives*. Montpellier, John Libbey. 99-108.

Ø Benakmoum, A., Abbedou, S., Ammouche, A., Panagiotis, K., Dimitrios, G (2008).

Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. *Food Chemistry* 110 :684-690.

Ø Bravo L (1998). Polyphenols: chemistry, dietary, sources, metabolism and nutritional significance, *Nutr.Rev.*56: 317-333.

Ø Brouillard, R., Figvire, P., El habiri, M., and Dangles, O. (1997). Molecular interaction of phenolic compounds in relation to the color of fruit and vegetables. In : *les polyphénols en agroalimentaire*. Sarni-Manchado, P; Cheynier, V. 2006. Tec et Doc Lavoisier-Paris. 125-145.

Ø Boss.I.P.L. (2002). Etudes des activités biologiques fagara xanthoxyloides LAM (Rutaceae).Thèse de Pharmacie, Bamako. 133.

Ø Boukhiar A. (2009). Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel qu'appliqué au sud Algérie : essai d'optimisation. Mémoire de magistère, centre universitaire de Boumerdes. 45-52.

Ø Botsglon N, Papageorgiou G, Nikolakakis I, Florou P, Giannenas I, Dotas V, Sinapis E.(2004). Effect of dietary dried tomato pulp on oxidative stability of Japanese quail meat. *J.Agric.Food chem.*.Vol 52.10.

C:

Ø Cavina M (1999) ; Investigation phytochimique de trois plantes indonésiennes au propriété antioxydante et anti radicalaire : « *Tinospora crispa* (Menispermaceae), *Merremia emerginata* (Convolvulaceae) et *Orpheaen neandra* (Annonnaceae).Thèse de Doctorat. université de l'Indonésie. 10-19.

Ø Chanforan C (2010) ; Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénolique, caroténoïde, vitamine C et E) au cours des procédés de transformation :études en systèmes modèles mis en point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate . Thèse doctorale. 54-68 ,84-88.

Ø Cieslik E., Greda A., Adamus W. (2006). Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94: 135-142.

Ø Carrara S., Pardossi A., Soldatini G. F., Tognoni F., Guidi L. (2001). "Photosynthetic activity of ripening tomato fruit." *Photosynthetica* .1: 75-78.

Ø Causse M, Saliba-Colombani V, Lesschaevé I, Buret M (2001). Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 2. Mapping QTLs for sensory attributes. *Theoretical and Applied Genetics* 102: 273-283.

Ø Cheynier V., Sarni-Manchado P (2006). Structures phénoliques et goût. Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier: 398.

D:

Ø Daels rakotoarison D. (1999). Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-II, France.

Ø De Broglie L., A. Guérout D. (2005). Tomates d'hier et d'aujourd'hui. Lavoisier. 15-20.

Ø Desjardin Y (2008). Physiological and ecological functions and biosynthesis of health-promoting compounds in fruit and vegetables. Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. Tomas-Barberan, F. A., Gil, M. I. Cambridge, UK. New York, USA, Woodhead publishing limited CRC press: 201-247.

Ø Davies JN, Hobson GE. 1981. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15: 205-280.

Ø Dicko, M.H., Gruppen, H., Traoré, A.S., Alphons, G.J., Willem, J.H., and Berkel, V. 2006. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnology and Molecular Biology Review*. 1: 21-38

Ø Djeridane A, Youssfi M, Nagjemi B, Boutassouna D, Stocker P, Vidal N. (2006). Antioxidant activity of some algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds, food chemistry. 97 : 654-660.

Ø Dos-Santos P J, Brillouet J M, Cheynier V, Moutounet M. (1996). Detection and partial characterization of new anthocyanin-derived pigments in wine. *J. Sci. food Agric.* 21 : 35-37

E:

Ø Ekoumou C. (2003). Etude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et la cystite. Thèse Pharmacie, Bamako, 145.

F :

Ø FAO (2008). L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM .33 .

Ø Feinbaum R. L.Ausubel F. M (1988). "Transcriptional regulation of the A rabadopsis thaliana chalcone synthase gene." Molecular and Cellular Biology: 1985-1992.

Ø Fleuriet A.Macheix J. (1981)."Quinyl ester and glucose derivatives of hydroxycinnamic acids during growth and ripening of tomato fruit." Phytochemistry 20: 667-671.

Ø Fleuriet, Macheix (1990). le brunissement enzymatique et la qualité des fruits. In la maîtrise de la qualité des fruits frais; 9ème colloque sur les recherches fruitées. INRA, In: Les polyphénols en agroalimentaire. Sarni-Manchado, P; Cheynier, V. 2006. Tec et Doc. Lavoisier-Paris. 249-258.

Ø Flores F. B., Oosterhaven J., Martinez-Madrid M. C.Romojaro F (2005). "Possible regulatory role of phenylalanine ammonia-lyase in the production of anthocyanins in asparagus (*Asparagus officinalis* L)." Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 925-930.

Ø Franceschini P (1994) ; La peau et son vieillissement, Ed .Flammarion Dominos, Paris, 125.

G:

Ø Gautier H., Diakou-Verdin V., Benard C., Pfeiffer F., Reich M., Buret M., Bourgaud F., Poëssel J. L., Caris-Veyrat C.Génard M. (2008). "How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance?"Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 1241-1250.

Ø Giovannucci E (1999). "Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer : review of the epidemiologic literature" . Journal of the national cancer institute 91: 317-331.

Ø Giovannucci E (2007). "Does prostate-specific antigen screening influence the results of studies of tomatoes, lycopene, and prostate cancer risk?" Journal of the National Cancer Institute 99: 1060-1062.

Ø Georgelis N, Scott JW, Baldwin EA.(2006). Inheritance of high sugars from tomato accession PI 270248 and environmental variation between seasons. Journal of the American Society for Horticultural Science 131:41-45.

Ø Gould K. S.Lister C. (2006). Flavonoïd functions in plants. Flavonoids: Chemistry,biochemistry and applications. Andersen, O. M.Markham, K. R., CRC Press. 8: 397441.

Ø Grasselly D., Navez B., Letard M (2000). Tomate, pour un produit de qualité. Lavoisier. 25-35.

Ø Guignard, J. (2000). Biochimie végétal . 2ème édition Dunod. 188.

Ø Guichard S (1999). Flux hydriques, croissance et qualité du fruit de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en conditions estivales sous serre, Université Aix Marseille III: 118.

Ø Gartner . C, Stahl.W, Sies.H(1997) ; Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes .*Am.J.Clin.Nutri.*66-116, 116-122.

Ø Goodon B. (1997). Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales.Tec.et Doc .346-354.

H:

Ø Haddadi.H (2005). « Détermination de l'activité antioxydante de quelques fruits. Mémoire de magister.Université de Béjaia :76.

Ø Haukioja E., Ossipov V., Koricheva J., Honkanen T., Larsson S., Lempa K (1998). "Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization?" *Chemoecology* 8: 133-139.

Ø Heim K.E., Tagliaferro A.R., et Bobilya D.J. (2002) Flavonoid antioxidants:chemistry, metabolism and structure-activity relationship; *Journal. Nutr. Biochem.* 13: 572-584.

Ø Hollman P. C. H (2001). "Evidence for health benefits of plant phenols local or systemic effects?" *Journal of the science of Food and agriculture* 81: 842-852.

Ø Hunt G., Baker E. A (1980). "Phenolic constituents of tomato fruit cuticles." *Phytochemistry* .7: 1415-1419.

I:

Ø Ilkay T., Aziz E. (2011). «Brix degree and sorbitol/xylitol level of anthracenic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food Chemistry* 127: 1404-1407.

J:

Ø James A. (1980).» *Plumbing : Installation and design.*Resto Publishing Company.Sci.of fluids 6: 26-152.

Ø Johnson K. S . (2005). "Plant phenolics as radical scavengers in the context of insect (*Manduca sexta*) hemolymph and midgut fluid." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 10120-10126

Ø Johnson K. S., Felton G. W (2001). "Plant phenolics as dietary antioxidants for herbivorous insects: a test with genetically modified tobacco." *Journal of Chemical Ecology* 27: 2579-2597.

Ø Judd W. S., Campbell C S., A. K. E.P S (2002). Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique. De Boeck Université.54-65

Ø Jeong S.M., Kim S.Y, Kim D.R, Jo S.C, Nam K.C, Ahn D.U, Lee S.C.(2004). Effects of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. Journal of Agriculture and Food Chemistry 52: 3389-3393.

K:

Ø Kaluzny-Pinon L., Letard M.Zambujo C (2001). "La tomate se concentre sur le gout". Culture Légumière 61: 25-31.

Ø Kavanaugh C. J., Trumbo P. R.Ellwood K. C . (2007). "The U.S. food and drug administration's evidence-based review for qualified health claims: Tomatoes, lycopene, and cancer." Journal of the National Cancer Institute 99 : 1074-1085.

Ø Khelil A., Menu T.Ricard B (2007). "Adaptative response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar." Plant Physiology and Biochemistry 45: 551-559.

Ø Kozukue N., Han J., Lee K.Friedman M (2004). "Dehydrotomatine and alpha - tomatinecontent in tomato fruits and vegetative plant tissues." Journal of Agricultural and Food Chemistry 7: 2079-2083.

Ø Krause M.Galensa R (1992). "Bestimmung von naringenin und naringenin-chalkon intomatenschalen mit RP-HPLC nach festphasenextraktion." Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und Forschung 194: 29-32.

Ø Koricheva J., Larsson S., Haukioja E.Keinanen M (1998). "Regulation of woody plansecondary metabolism by resource availability: hypothesis testing by means of metaanalysis.". Oikos 83: 212-226.

Ø Krinsky N.I (1989). «Antioxydant functions of carotenoids free radic».biol Med 6:35-167.

L:

Ø Laterrot Henri (1998). la tomate : Origine, diversité, creation, Variétal, Lycopersicon esculentum, Classification des espèces, société botanique de Vancluse,Bull soc.Bot.Vancluse .INRA, Agronomic : 4-5.

Ø Lapornik B, Prosek M, Wandra A. (2005). Comparaison of extracts prepare from plant by product using different solvent and extractive.Journal of food engineering.71:2.214-222.

Ø Lahmari N, Fahlal D et Azani I.(2012). Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées. Thèse de magistère.Laboratoire science des aliments, université Hadj lakhdar, Batna.

Ø Lee. A , Thurnham.D.I Chopra.M (2000). Consumption of Tomato products with olive oil but not sunflower oil increase the antioxidant activity of plasma.Free Radic, Biol.med .10: 1051-1055.

Ø Le Marchand L & Al (1994). A pilot study on the use of plasma Carotenoid and Ascorbic Acid as Markers of compliance to high fruit and vegetable dietary intervention. Cancer epidemiol biomarkers . 3 : 51-245.

Ø Le Perche (1994) ; Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection. Ed Nathan, Paris.142.

Ø Leyva A., Jarillo J. A., Salinas J.Martinez-Zapater J. M (1995). "Low temperature inducesthe accumulation of Phenylalanine Ammonia-Lyase and Chalcone Synthase mRNAs of Arabidopsis thaliana in a light-dependent manner." Plant Physiology 108: 39-46.

Ø Liu R. H . (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanismaction. International Research Conference on Food, Nutrition, and CanWashington : 15-16.

Ø Lattanzio V, Cardinah A, Palmier S .1994. The role of phenolics in the post harvest physiology of fruits and vegetables: browniong reaction and fimgal disease Ital. J Food sci, 6: 3-22.

Ø Li H-B. , Wong C-C., Cheng K-W., Feng C.(2008) . Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants.

Lebensmittel- Wissenschaft and Technology, 41: 385-390.

M:

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

Ø MADR. (2009). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des Statistiques.62.

Ø Martin A et Mohand A. (2010). Valorisation de résidus de transformation industrielles des tomates. Mémoire ingénieur agronome, science alimentaire, université Saad dahleb de Blida.

Ø Mehdi Ghiafeh, Davidia P, Vijayanands K, Ramana .(2006). Effect of different pretreatments and deshydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder.LWT. 40:1832-1840.

Ø Mikanowski L.Mikanowski P .(1999). Tomate. Biol ED. 62-65.

Ø Mieyal JJ.(1978). Mecanism of enzyme like reaction involving human hemoglobin.Biorganic chemistry.Vol IV, Van Tamelen.Acad.Press, New York. 315-348.

Ø Mittelstraß K., Treutter D., Pleßl M., Heller W., Elstner E. F.Heiser L. (2006). "Modification of primary and secondary metabolism of potato plants by nitrogen application differentially affects resistance to *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*." Plant Biology 8: 653-661.

Ø Moco S., Bino R. J., Vorst O., Verhoeven H. A., De Groot J., Van Beek T. A., Vervoort J.DeVos C. H. R. (2006). "A liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomedatabase for tomato." Plant Physiology 141:1205-1218.

Ø Moco S., Capanoglu E., Tikunov Y., Bino R. J., Boyacioglu D., Hall R. D., Vervoort J.De Vos C. H. R. (2007). "Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit." Journal of Experimental Botany 58: 41-314-146.

Ø Mortain-Bertrand A., Stammitti L., Telef N., Colardelle P., Brouquisse R., Rolin D.Gallusci P (2008). "Effects of exogenous glucose on carotenoid accumulation in tomato leaves." Physiologia Plantarum 134: 246-256.

N:

Ø Navarro - Gonzalez I, Garcia - Valverde V, Garcia - Alonso J, Jesus - Periago M.(2011). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. J. foods.10-101.

O:

Ø Okanlawon S, Ibrahim M, Oyebani A.(2002). Effect of predrying treatment on the storage of dried tomato.Tropical science.40-42.

P:

Ø Pecaut P.Philouze J (1968). "Les variétés de tomate cultivées en France.PHM 87: 49-59-73.

Ø Penuelas J.Estiarte M. (1998). "Can elevated CO2 affect secondary metabolism andecosystem function?" Trends in Ecology & Evolution 13: 20-24.

R:

Ø Ramandeep.K,Toor, Geoffrey.P. Savage(2005). Antioxidant activity in different fraction of tomatoes. Food research international 38:487-494