

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin de cycle

*En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Contrôle de Qualité et Analyse*

Thème

Effet de la cuisson sur la physico-chimie et l'activité
antioxydante de la tomate

Présenté par : M^{elles}

BELLILI Salima

KHENOUCHE Lamia

Membres de jury :

President: **M^r OUCHEMOUKH S. (MCB)**

Examineurs: **M^r BOUKHALFA F. (MAA)**

M^{elle} MEKHOUKHE A. (MAA)

Promotrice: **M^{me} BOULEKBACHE L. (MCA)**

CO-Promotrice : **Mme ARKOUB L. (MAA)**

2012-2013

Remerciements

Tout d'abord, on remercie le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la volonté et la santé pour terminer ce travail.

Nos plus vifs remerciements s'adressent en premier lieu à notre promotrice Madame BOULEKBACHE L. pour avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir accueillis au sein de son laboratoire de technologie alimentaire. On vous remercie pour tous vos conseils et directives et votre disponibilité. Vos compétences et votre efficacité ont fortement contribué à la réalisation de ce travail.

On tient à exprimer notre profonde gratitude à Madame ARKOUB L. qui s'est beaucoup soucié de nous amener vers la réflexion en faveur de l'intégration des connaissances, pour ses conseils et encouragements, on vous remercie pour votre disponibilité.

On remercie vivement Monsieur BOUKHALFA F. qui nous a beaucoup encouragé, aidé et soutenu durant les moments difficiles pendant la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont également à Monsieur OUCHEMOUKH S. pour avoir accepté de présider le jury et d'évaluer ce travail.

On remercie Monsieur BOUKHALFA F. et Madame MEKHOUKH A pour avoir accepté d'examiner ce travail.

On aimerait également remercier vivement tous mes camarades et amis pour leur conseils, encouragements et soutien. Je tiens à remercier particulièrement Ouerdia

C. Siham H. Souhila T. Kaissa M. pour leur amitié manifestée tout au long de ce travail.

On n'oublierait pas non plus de remercier chaleureusement tous les membres de nos familles et qui nous ont aidé et soutenu chacune à leurs manière.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

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 Mes sœurs (Ounissa et Nassima), mon aide dans le parcours de ma vie.

Mes frères, ma joie et ma fierté,

que Dieu les garde et les protège tous.

À la mémoire de mes grands-parents en particulier ma grand-mère paternelle qui a été vraiment comme une mère pour moi et que Dieu les accueille dans son vaste paradis.

À toute la promotion de Contrôle de Qualité et Analyses et toutes mes amies.

À ma collègue lamia et toute sa famille.

SALIMA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui me sont présents ceux que je ne cesserai jamais de remercier pour les sacrifices qu'ils ont endurés. Les mots ne seraient exprimer ce que je leur dois.

Mon très cher frère : A / Rahim.

Ma très chère grande mère : Imma lala.

Mes très chers tantes et oncles.

Ma très chère Salima Et Sa Famille.

Mes amis sans exceptions.

LAMIA

Liste des abréviations

Abs: Absorbance.

ABTS^{•+} : Acide 2, 2-azobis –ethyl benzo thiazoline-6-sulphonide.

ANOVA-MANOVA: Analysis of variance-Multivariate analysis of variance.

AFNOR : Association française de normalisation.

BSA : Bovine sérum albumine.

CR_{0,5} :Capacité réductrice à 0,5.

DCPIP : 2.6 dichlorophenol-indophénol.

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl.

E.A.A_{sc} : Equivalent acide ascorbique.

E.A.G : Equivalent acide gallique.

E.A.T : Equivalent acide tannique.

E.B.C : Equivalent β-carotène.

E.C : Equivalent cyanidine.

E.C.G : Equivalent cyanidine-3-glucoside.

E.Q : Equivalent quercetine.

E.Q.G : Equivalent quercetine-3-glucoside.

FAO: Food and agriculture organization.

FeCl₂: Chlorure ferreux.

NF : Norme française.

SDS : Sodium dodecyl sulfate.

TCA : Acide trichloracétique.

TEA : Tri éthanolamine.

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Photographie de <i>Lycopersicon esculentum</i> Mil	10
2	Teneur en caroténoïdes des broyats de tomates fraîches et cuites	23
3	Teneur en lycopène des broyats de tomates fraîches et cuites	24
4	Teneur en vitamine C des broyats de tomates fraîches et cuites	25
5	Teneur en polyphénols des extraits de tomates fraîches et cuites	26
6	Teneur en flavonoïdes des extraits de tomates fraîches et cuites	27
7	Teneur en anthocyanines des broyats de tomates fraîches et cuites	28
8	Teneur en flavonols des broyats de tomates fraîches et cuites	29
9	Teneur en tannins totaux des extraits de tomates fraîches et cuites	30
10	Teneur en tannins condensés des extraits de tomates fraîches et cuites	31
11	Pouvoir réducteur exprimé en mg Equivalent antioxydants / 100 g Ext	32
12	Réduction de la ferrozine exprimée en mg antioxydants / 100 g Ext	33
13	Inhibition du DPPH par les différents échantillons de la tomate	34
14	Activité anti radicalaire exprimée en mg Eq d'antioxydants / 100 g Ext	35
15	Activité antioxydante totale exprimée en mg d'antioxydants / 100 g Ext	36
16	% d'inhibition du radical ABTS des différents échantillons	37

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Classification botanique de la tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	3
II	Caractéristiques des variétés de tomates	4
III	Composition du fruit de tomate	5
IV	Caractéristiques physico-chimiques de la tomate	20
V	La CR 0,5 du pouvoir réducteur des différents échantillons	32
VI	La CR 0,5 de la réduction de la ferrozine des différents échantillons	33
VII	L'IC 50 du pouvoir antiradicalaire des différents échantillons	36
VIII	L'IC50 et les CR 0,5 de l'activité antioxydante totale des différents échantillons	37
IX	L'IC50 de l'inhibition du radical ABTS des différents échantillons	38

Liste des annexes

N°	Titre
1	Appareillages et produits chimiques
2	Préparation de quelques solutions et réactifs
3	Courbes d'étalonnages utilisées pour le dosage des antioxydants
4	Courbes de corrélations pour les flavonoïdes
5	Courbes de corrélations pour les polyphénols
6	Courbes de corrélations pour le lycopène
7	Courbes de corrélations pour les tannins totaux

La production et la consommation mondiale de la tomate occupe la deuxième place après la pomme de terre (**Trichpoulou et Lagio, 1977**). **Lemoines. (1999)** rapporte qu'il existe plus de 700 variétés, avec une production de 124 millions de tonnes (FAO 2008).

En Algérie, les cultures maraichères occupent une superficie très importante, estimée à 363030 ha en 2005 et à 372096 ha en 2006 avec un bilan de 2,5 % de rendement. La tomate le est beaucoup plus consommée sous forme industrielle. **BACI. (1993)** estime que sa consommation annuelle sous forme de concentrée avoisinerait les 04 kg par an et par habitant.

En général, elle est consommée fraîche et également utilisée dans la fabrication d'un éventail de produits (jus, pâte...). Les études épidémiologiques ont prouvé que la consommation de la tomate et des produits à base de la tomate peut protéger contre diverses pathologies. En effet, la tomate est un réservoir de diverses molécules antioxydants dont l'acide ascorbique, la vitamine E, les caroténoïdes et les polyphénols. Le lycopène, caroténoïde qui donne à la tomate sa couleur rougeâtre, est l'un des puissants antioxydants et joue un rôle important dans de nombreuses fonctions biologiques (**Weisburger, 1999 ; Levy et Sharoni, 2005**).

Les données sur la composition des aliments sont généralement déterminées sur la matière crue. Cependant, pour des fins nutritionnelles elles devraient être étudiées sur les matrices alimentaires cuites, car la plupart d'entre elles sont cuisinées avant d'être consommées. Les procédés de cuisson entraîneraient un certain nombre de changements dans les caractéristiques physiques et chimiques de ces aliments.

La tomate qui a fait objet de notre étude est consommée sous forme crue et sous forme cuite, dans le but de connaître l'effet des différents modes de cuisson de cet aliment nous nous sommes proposés d'évaluer l'impact des traitements culinaires (friture, four et grillé) sur sa qualité nutritionnelle. La présente étude a pour objectif principal l'évaluation de la physico-chimie et des antioxydants de la tomate avant et après sa cuisson.

I.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 «tomatl»; 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 cesariforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles (**De Broglie et Guérout, 2005; Renaud, 2006**).

La tomate a été décrite pour la première fois en 1544 par l'herboriste Italien, Pietro Andrea Matthioli, dans son ouvrage *mala aurea* (latin), *pomi d'oro* (Italien) ou pomme d'or comme un fruit qui ressemble à une pomme segmentée de couleur verte au début et qui devient dorée à la maturité (**Smith, 1994**).

Le physicien grec, Galien, a attribué l'appellation lycopersicon à la tomate qui signifie «Wolf peach» ou « pêche de loup» (**Ibsen, 1999; Staub, 2005**). Pietro Andrea Matthioli en 1554, l'a classé avec la mandragore et la morelle qui sont des plantes toxiques; c'est pour cette raison que les populations de cette époque considèrent que la tomate est nocive. Karl Linnaeus a ajouté par la suite le terme *esculentum* qui signifie «comestible » (**Smith, 1994**).

La tomate s'est développée dans les climats de l'Espagne et d'Italie et le premier livre de cuisine qui a utilisé la tomate dans ses recettes a été publié en Italie, en 1622. La tomate se caractérise par sa saveur et sa valeur nutritive, son cycle de vie est court avec une haute productivité. Aujourd'hui, la tomate est le légume le plus consommé mondialement (**Abdelmageed et al., 2003**).

I.2. Classification botanique (systématique)

La tomate dont l'appartenance à la famille des solanacées a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*. D'autres botanistes lui ont attribué différents noms: *Solanum lycopersicum*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon lycopersicum*; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenue (**Munroe et Small, 1997**).

Cronquist. (1981) et **Gaussen et al. (1982)** ont donné à la tomate la classification présentée dans le tableau I.

Tableau I: Classification botanique de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) .

Règne	Plantae.
Sous règne	Trachenobionta.
Division	Magnoliophyta.
Classe	Magnoliopsida.
Sous classe	Asteridae.
Ordre	Solanales.
Famille	Solanaceae.
Genre	<i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicon</i>
Espèce	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill

D'autres noms qui sont synonymes de *Solanum lycopersicon* ont été encore donnés à la tomate tels que;

- ❖ *Lycopersicon pomumamoris* Moencè (1994).
- ❖ *Lycopersicon lycopersicum* Karst (1882).

Chaque variété de tomate présente des spécificités qui la distinguent des autres. Les caractéristiques de chaque variété sont récapitulées dans le tableau II, en se référant aux données de l'Institut International des Ressources Génétiques des Plantes (International Plant Genetic Resources Institute) (IPGRI, 1996).

Tableau II : Caractéristiques des variétés de tomates.

Lieu de culture	Caractéristiques	Nom de la variété
Biskra	Forme aplatie avec un aspect irrégulier, de grande taille (8,1-10 cm de diamètre) et riche en graines.	Marmande
Tipaza	En forme de cœur, taille moyenne (5,1-8 cm de diamètre), avec pédicelles.	Sammichele
Bejaia	Forme ronde, taille moyenne et ferme.	Agora
	Légèrement aplatie, d'une taille moyenne et bien ferme.	Zahra
	Ronde, de petite taille (3-5 cm de diamètre) avec une bonne fermeté.	Nattih
	Tomate de forme ronde, d'une petite taille et bien consistante.	Tafna
	Variété de petite taille et d'une forme légèrement aplatie.	Kiti
	Légèrement aplatie, ferme et de taille moyenne.	Joker

I.3. Importance économique et production actuelle

La tomate est la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, et le deuxième légume le plus consommé (**De Broglie et Guérault, 2005**). Ce légume représente donc un enjeu économique et est soumis à une concurrence importante. 550.000.000 de tonnes de tomates sont produites annuellement dans le monde (données FAO 2005) (**Péron, 2006**). Cette production est répartie sur tous les continents: 44% en Asie ; 22,5 en Amérique; 21,5% en Europe et 12% en Afrique (**Grassely et al, 2000**). Selon l'INSEE, en France, environ 800000 tonnes de tomates ont été produites en 2004, dont 580000 commercialisées sous forme de produits frais (**Péron, 2006**) et environ 100000 tonnes sont produites par des particuliers (**Degianni, 1997**).

I.4. Composition biochimique de la tomate

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.

Tableau III : Composition du fruit de tomate (g / 100 g de matière fraîche consommable (**Grasselly et al, 2000**)).

Composés (g)	Minéraux (mg)	Vitamines (mg)
Eau 93,4-95,2	Ca 9,7-15	Provitamine A 0,5-0,8
Protides 0,9-1,1	K 202-300	B1 0,04-0,06
Lipides Trace-0,3	Na 3-11	B2 0,02-0,05
Glucides 2,8-4,7	P 20-27	B6 0,08-0,1
Fibres 0,5-1,5	Fe 0,2-0,6	C 15-23
Minéraux 0,6	Mg 3-11	E 0,04-1,2

I.5. Effet de la cuisson sur les aliments

La cuisson des produits alimentaires, non seulement améliore la saveur et le goût, mais augmente également la disponibilité biologique des nutriments (**Chau et al. 1997**).

I.5.1. Effet sur la composition chimique

- **Effet sur les glucides**

Selon l'étude réalisée par **Boumendjel et al. (2002)**, la teneur en sucres a montré une diminution significative après la cuisson des aliments suite à leur implication dans plusieurs réactions pendant le traitement thermique.

I.5.2. Effet sur les caroténoïdes

La cuisson peut entraîner l'isomérisation du β -carotène, de sa forme trans en isomère cis, et sa dégradation (**Bernhardt et Schlich, 2006**). Selon **Rodriguez-Amaya. (1997)**, l'oxydation favorisée par la présence de la lumière, la chaleur et l'oxygène est la cause principale de la destruction des caroténoïdes. Selon **Bernhardt et Schlich. (2006)**, la cuisson peut augmenter l'extractabilité et par conséquent la biodisponibilité du β -carotène par ramollissement ou rupture des parois cellulaires et la rupture des complexes caroténoïdes –protéines.

I.5.3. Effet sur les composés phénoliques totaux

La cuisson ou l'exposition à de fortes températures provoquent une diminution de la teneur en polyphénols totaux de la plupart des fruits et légumes (**Ngoh Neewilah et al., 2005**), en parallèle, les polyphénols peuvent subir une oxydation ou une condensation avec la lysine (**Bernard et carlier, 1992**). **Roy et al. (2007)** ont rapporté que la cuisson de certains légumes à une température de 100°C (10 à 30 min) affecte leur teneur en composés phénoliques et leur activité antioxydante. Cependant, un chauffage modéré (50 °C pendant 10 à 30 min) préserve 80-100% de polyphénols et de leur activité antioxydante.

L'activité antioxydante de l'eau de cuisson est probablement due à la présence de composés phénoliques et flavonoïdes solubilisés dans cette eau et/ou à la formation de nouveaux composés ayant une forte activité antioxydante, au cours du traitement thermique.

Dans une étude effectuée par **Ngoh Neewilah et al. (2005)** sur la cuisson à la vapeur de plusieurs variétés de banane, ils ont enregistré des teneurs élevées en composés phénoliques totaux par rapport à la banane crue. Cependant, **Amin et al. (2006)** ont constaté une diminution de la teneur en polyphénols de quatre variétés d'épinards après un blanchiment pendant 5 à 15 min. Cette diminution a été observée par **Roy et al. (2007)** après leur cuisson à 100 °C pendant 10 et 30 min.

Selon **Ciou et al. (2011)**, les taux faibles en composés phénoliques des échantillons crus par rapport aux échantillons cuits peuvent être expliqués par le mécanisme du brunissement

enzymatique qui cause la dégradation des composés phénoliques, et conduit à l'agrégation accrue des pigments et leur décoloration. Alors qu'une fois cuits, les échantillons présentent des teneurs plus élevées; ceci est probablement dû à la désactivation de ces enzymes (polyphénol oxydase et la peroxydase) par la chaleur (**Aydin et Kadioglu, 2001; Concellon et al., 2004; Fang et al., 2007**).

Turkmen et al. (2005) ont constaté une augmentation de la teneur en polyphénols, dans l'haricot vert, le poivron et le brocoli, qui est probablement liée à l'élévation du taux de flavonols libres après traitement thermique. Inversement, une réduction de la teneur en composés phénoliques a été décelée dans les épinards, petits pois et le poireau, qui est expliquée par la dégradation de ces composés durant la cuisson.

Toutefois **McDougalla et al. (2010)**, ont montré que les teneurs en composés phénoliques totaux, des pétioles de rhubarbe, sont liées aux types de cuisson de ces derniers. En effet, les pétioles de rhubarbe cuits à la vapeur et dans l'eau bouillante ont enregistré des teneurs élevées en composés phénoliques totaux par rapport aux pétioles crus. Alors que, la cuisson dans un four à micro-ondes a montré l'inverse. Quant à **Faller et Fialho (2009)**, lors de leur étude (à l'eau bouillante, micro-ondes et à la vapeur) sur une gamme de légumes (pomme de terre, carotte, oignon, brocoli, chou blanc), ont démontré que le taux de polyphénols diminue après la cuisson. En général la cuisson ou l'exposition à des fortes températures provoque une diminution de la teneur en composés phénoliques totaux de la plupart des fruits et légumes (**Zhang et Hamauzu, 2004; Ngoh et al., 2005**).

I.5.4.Effet sur les flavonoïdes

Lors de la cuisson, les pertes en flavonoïdes dépendent de leur nature chimique, la quercétine 3, 4'-diglucoside, étant un composé plus polaire, migre plus facilement du légume vers l'eau de cuisson, que les autres flavonoïdes moins polaires (quercétine 4'-glucoside et quercétine). D'autre part, certains flavonoïdes (quercétine) sont plus sensibles à la dégradation thermique que d'autres (rutine) (**Ruiz-Rodriguez et al., 2007**). Selon **Olivera et al. (2008)**, l'augmentation de la teneur en flavonoïdes dans les extraits du chou de Bruxelles après blanchiment est liée à la perte de l'intégrité des tissus, des cellules, des membranes et des organites après traitement thermique. Plusieurs auteurs ont observé l'augmentation de la teneur en composés phénoliques après un blanchiment.

Lors de leur étude, sur l'effet de différents modes de cuisson sur une variété portugaise d'oignon (oignon rouge), **Rodrigues et al. (2009)** ont montré que la cuisson à la vapeur a

entraîné une élévation de la teneur en quercétine par rapport aux échantillons frais (une augmentation de 33 à 40%). Cette différence est probablement due à la grande facilité avec laquelle les flavonoïdes sont extraits des échantillons cuits, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires du végétal par la chaleur (**Rodrigues et al., 2009**). Néanmoins, le traitement micro-ondes intense provoque des pertes en flavonols de 16% et en quercétine de 18%. Car ce genre de cuisson selon ces auteurs cause la dégradation des dérivés de la quercétine. Aussi la cuisson des oignons dans l'eau bouillante pendant 30 min engendre des pertes en quercétine de 37%, suite au lessivage de ces composés dans l'eau de cuisson, sans qu'il y ait de dégradation de la quercétine. Par contre l'ébullition pendant 60 min a donné des effets plus importants, diminution de 53% suite au lessivage dans l'eau de cuisson et à la dégradation des flavonoïdes (**Rodrigues et al., 2009**). A partir des résultats rapportés par les auteurs précédemment cités, la teneur en flavonoïdes dans les fruits et légumes cuits dépend du mode et des temps de cuisson.

Selon plusieurs auteurs, l'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs. La structure des composés phénoliques en particuliers le degré et la position des groupements hydroxyles sur le noyau aromatique de la molécule (**Balasantam et al., 2005; Scherer et Gody, 2009**), la glycosylation et la présence d'autres groupements donneurs de protons. En effet, les flavonols aglycones comme la quercétine, la myricétine et le kaempferol qui contiennent plusieurs groupements hydroxyles ont une activité antioxydante supérieure à celle de leurs dérivés glycosylés comme la rutine, la myricétine et l'astragaline (**Scherer et Gody, 2009**).

I.5.5. Effet sur le lycopène

Mayer-Miebach et Spieß. (2003) ont remarqué que le chauffage de la carotte *Kintoki* à 50 °C et 70 °C pendant 15 min prévient la dégradation du lycopène, alors que la teneur en β -carotène diminue largement après cuisson à 90 °C pendant 15 min. Ces auteurs ont supposé qu'un traitement thermique au delà de 70 °C modifie la matrice de la carotte et augmente la solubilité du lycopène accumulé dans les chloroplastes.

Gayathari et al. (2004) ont rapporté que la carotte perd 27% et 16% de β -carotène après cuisson pendant 10 min sous pression et dans l'eau, respectivement. **Zhang et Hamauzu. (2004 b)** ont également constaté une diminution de la teneur en caroténoïdes de brocoli après cuisson dans l'eau. Elle est accompagnée d'une perte en β -carotène et d'une augmentation de

26,7 % de lutéine après cuisson pendant 5 min qui est probablement due à la transformation des isomères *Cis* de lutéine en forme *Trans*.

Rodriguez-Amaya et Kimura (2004) ont rapporté que le traitement thermique entraîne particulièrement une isomérisation des caroténoïdes *Trans* en caroténoïdes *Cis* altérant ainsi leurs activités biologiques et décolore l'aliment. En plus, l'augmentation de la teneur en caroténoïdes après cuisson ou traitement thermique n'est pas certaine, mais elle peut être due à un défaut relatif aux méthodes analytiques et aux calculs associés à une perte de caroténoïdes dans les aliments frais due à:

- L'activité enzymatique durant la préparation des échantillons pour l'analyse ;
- Une meilleure extraction des caroténoïdes dans les échantillons traités ;
- Une perte en eau pendant la cuisson entraînant les composants solides solubles ;

Selon une étude réalisée sur l'effet des conditions de cuisson sur la teneur en lycopène dans la tomate il a été rapporté que le lycopène n'est pas stable pendant les périodes de chauffage longues, il se décompose rapidement à une température de chauffage de 150 ° C et plus.

La voie de dégradation du lycopène se compose de 2 étapes : L'isomérisation et l'auto oxydation en raison des doubles liaisons insaturées (**Boskovic 1979**). La dégradation du lycopène est survenue à une température aussi basse que 25°C par oxydation sans isomérisation (**Hackett et al., 2004**). L'isomérisation du lycopène augmente à une température supérieure à 75°C (**Hackett et al., 2004 ; Mayer-Miebach et al., 2005**).

Cependant, d'autres études ont trouvé que le lycopène augmente pendant le traitement thermique des produits de la tomate (**Dewanto et al., 2002; Seybold et al., 2004; Toor et savage, 2006**). L'étude menée par **Azizah et al. (2009)** sur l'effet de la cuisson sur les teneurs en antioxydants de la citrouille a révélé des augmentations de β -carotène, de 2 à 4 fois, et de lycopène, de 17 à 40 fois, pour les temps successifs de 2 et 4 min de cuisson. Cependant le traitement a entraîné 18 à 54% de pertes de la teneur en composés phénoliques totaux.

II.1 .Matériel végétal

Les échantillons ont été procurés du marché couvert de la ville de Bejaïa le mois de Février 2013. Les tomates choisies sont fraîches, saines, mures, fermes et de couleur rouge (Figure 1).



Figure 1 : Photographie de *Lycopersicon esculentum* Mill (variété Marmande).

II.2. Traitement des échantillons

L'échantillon représentatif de tomate (5 kg) est divisé en quatre lots qui sont traités de différentes façons. Le premier lot est gardé à son état frais et les autres ont subi 3 modes de cuisson:

II.2.1. Cuisson au four

Une quantité de 1250g de tomate fraîche bien nettoyée sont coupées en rondelles puis mis dans un four domestique préalablement réglé à une température de 75°C, la cuisson est arrêtée après 50 min.

II.2.2. Grillade

Une quantité de 1250 g de tomate fraîche nettoyée sont mis sur une grille déposée sur un feu doux, la grillade est arrêtée après 30 min.

II.2.3. Friture

Une quantité de 1250 g d'échantillons ont été coupés en petites tranches puis mis dans une poêle contenant environ 250 ml d'huile d'olive, la friture a été réalisée sur un feu fort pendant environ 20 min.

Après leur cuisson, les différents échantillons sont conservés à -18°C pour des analyses ultérieures.

II.3. Caractérisation physique de la tomate

II.3.1. Mesure du poids moyen

La mesure du poids moyen de la tomate a été déterminée selon la méthode de **Dowson et Aten, (1963)**. 10 fruits choisis au hasard sont pesés au moyen d'une balance analytique de précision de ± 0.01 . Le poids moyen exprimé en gramme (g) du fruit est obtenu selon la formule suivante:

$$P_m = P_t / n$$

Où :

P_m : Poids moyen d'un fruit (g) ;

P_t : Poids total de l'échantillon (g) ;

n: Taille de l'échantillon.

II.3.2. Mesure des dimensions (longueur et largeur)

La longueur et de largeur (mm) de 10 fruits prélevés au hasard, ont été mesurées au moyen d'un pied à coulisse.

II.4. Détermination des paramètres physico-chimiques

II.4.1. Détermination de la teneur en eau

Elle consiste à sécher 1 g de broyat de tomate fraîche ou cuite à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ dans une étuve pendant 3 h jusqu'à stabilité du poids (**AFNOR, 1982**). La teneur en eau a été déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = [(P_i - P_f) / P_i].100$$

Où :

P_i : Poids de l'échantillon avant séchage ;

P_f : Poids de l'échantillon après séchage.

II.4.2. Détermination du pH

Le calcul du pH, par définition, est une mesure de l'activité des ions H_3O^+ contenus dans une solution. Le but est de pouvoir mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci. 4 g de broyat de tomate sont additionnés de 30 ml d'eau distillée, le mélange est agité pendant 15 min suivi d'une filtration. Le filtrat récupéré a servi à la détermination des valeurs du pH à l'aide d'un pH-mètre (**NF V05-108,1970**).

II.4.3. Détermination de l'acidité titrable

Le principe de cette méthode consiste à neutraliser l'acidité par la solution d'hydroxyde de sodium en présence d'un pH-mètre.

L'acidité est déterminée par la méthode de **Saidani et Marzouk. (2003)**. 1 volume de jus de tomate est neutralisé par la solution d'hydroxyde de sodium (0,1N), en présence de quelques gouttes de phénolphthaléine, jusqu'au virage de la couleur au rose. L'acidité est exprimée en grammes d'acide citrique par 100 g d'Ech.

$$\text{Acidité} = N_b \cdot V_b \cdot MM / V_a \cdot P$$

Où:

N_b : Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) ;

V_b : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium (ml) ;

MM: Masse molaire de l'acide citrique (192,13g) ;

V_a : Volume du jus (ml) ;

P : Nombre de protons portés par l'acide citrique (3).

II.4.4. Détermination de la teneur en sucres totaux

Les hydrates de carbone à doser se trouvent généralement mélangés à d'autres substances en solution ou en suspension; ils peuvent empêcher ou fausser le dosage des sucres. Ces substances indésirables doivent être éliminées sans que la teneur en hydrates de carbone s'en trouve modifiée, cette défécation est obtenue en provoquant la formation d'un précipité. C'est une méthode titrimétrique basée sur la décoloration d'une solution cuproalcaline connue sous le nom de liqueur de Fehling qui est de couleur bleue, sous l'action réductrice à chaud de la fonction aldéhydique libre des sucres, sur les ions cuivriques de cette dernière.

Cette méthode consiste à peser 10 g d'échantillon dans un bécher de 100 ml, auxquels sont ajoutés 2,5 ml d'acétate de zinc, ensuite le bécher est rempli jusqu'au 2/3 de son volume avec de l'eau distillée. La solution obtenue est agitée puis incubée pendant 15 min. Le volume est de nouveau ajusté avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml, le mélange est homogénéisé et filtré. 50 ml sont prélevés du filtrat aux quels sont additionnés 5 ml d'HCl pur, le tout est incubé au bain marie à 70°C (hydrolyse acide des glucides sous l'effet de la chaleur) pendant 5 min puis neutralisé avec de la soude 10N en présence de la phénolphthaléine (**AFNOR, 1986**).

II.4.5. Détermination du résidu sec soluble (Brix)

Le résidu sec soluble ou le degré Brix est 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. Le degré Brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre et les concentrations sont exprimées en pourcentage massique. Une quantité de tomate fraîche ou cuite finement broyée est déposée entre les deux surfaces du prisme du réfractomètre. Le taux de saccharose lu sur l'échelle de graduation (**Verma et Joshi 2000**)

II.4.6. Détermination de la teneur en matière organique

Le principe consiste en la destruction de la matière organique par minéralisation par voie sèche ou calcination, qui consiste à brûler l'échantillon dans un four à moufle et de recueillir le résidu minéral gris blanchâtre.

2 g de broyat de tomate sont placés dans des capsules en porcelaine, celles-ci sont mises dans un four à moufle ($550 \pm 15^\circ\text{C}$) pendant 5 h jusqu'à l'apparition des cendres de couleur grise, claire ou blanchâtre. Après refroidissement le taux de matière organique a été déterminé selon les formules ci-dessous (**AFNOR, 1970**).

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

Où :

MO: Matière organique ;

M₁: Masse des capsules +prise d'essai ;

M₂: Masse des capsules +cendres.

II.4.7. Détermination du brunissement non enzymatique

Le brunissement non enzymatique a été déterminé selon la méthode de **Ghiefh et al. (2006)**. 2,5 g de broyat de tomate sont additionnés de 50 ml d'éthanol, le mélange est agité pendant 12 h, ensuite filtré. L'indice du brunissement est exprimé par la mesure de l'absorbance du filtrat à 420 nm.

II.5. Dosage des antioxydants

II.5.1. Extraction et dosage des caroténoïdes

La majorité des caroténoïdes sont lipophiles, solubles dans les solvants organiques mais insolubles dans l'eau. La classe des carotènes se solubilise facilement dans l'éther de pétrole, l'hexane et le toluène; la classe des xanthophylles sont solubles dans le méthanol (**Rodriguez-Amaya, 2001**).

La teneur en caroténoïdes est déterminée par la méthode décrite par **Sass-Kiss et al. (2005)**, elle consiste à ajouter 20 ml du mélange de solvants (hexane : acétone : éthanol / 2 : 1 : 1) à 2 g de broyat de tomate fraîche ou cuite. La solution est laissée sous agitation mécanique pendant 30 min. Après quelques minutes de repos et après séparation des phases, la phase hexanique est récupérée et la phase inférieure a subi une deuxième extraction avec 10 ml d'hexane dans les mêmes conditions. Les deux filtrats sont alors mélangés et leur absorbance est mesurée à 420 nm. Les concentrations en caroténoïdes sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe 3) obtenue avec le β -carotène. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de β -carotène (E β C) par 100 g d'échantillon (mg E β C / 100 g).

II.5.2. Dosage du lycopène

La teneur en lycopène est déterminée sur le même filtrat préparé pour le dosage des caroténoïdes. La mesure de l'absorbance est déterminée à 472 nm. Les concentrations en lycopène sont calculées en utilisant le coefficient d'extinction molaire ϵ : 3450 (**Rodriguez-Amaya, 2001**). Les résultats sont exprimés en mg E β C/100 g d'échantillon selon la formule suivante:

$$C \text{ (mgE}\beta\text{C/100g)} = \text{Abs.FD.10}^6\text{.V}/\epsilon\text{.100.P}$$

II.5.3. Dosage de la vitamine C

Le dichlorophénol-indophénol (DCPIP) permet d'oxyder la vitamine C en milieu acide. La solution de DCPIP, de couleur bleue, devient rose après réduction de cette molécule (**Ball, 1997**).

L'estimation de la teneur en acide ascorbique est réalisée par la méthode de **Mau et al. (2005)** modifiée. 1g de broyat de tomate est additionné de 10 ml d'acide oxalique (1%) suivie d'une

agitation pendant 15 min et d'une filtration. 3 ml du filtrat sont mélangés avec 1 ml de DCPIP, l'absorbance est ensuite mesurée à 515 nm après 15 secondes. Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe standard (Annexe 3) en utilisant l'acide L-ascorbique et les résultats sont exprimés en mg équivalent acide ascorbique par 100 g d'échantillon (mg EAA_{sc}/100 g Ech).

II.5.4. Extractions et dosages des composés phénoliques

II.5.4.1. Préparation des extraits

0,5 g de broyat de tomate est additionné de 50 ml d'acétone 70%. Après agitation de 40 min, le mélange est centrifugé à 4000 tpm pendant 25 min à 10°C, le surnageant est récupéré et conservé à 4 °C.

II.5.4.2. Dosage des composés phénoliques totaux

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un mélange d'acides phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀), est réduit en présence de polyphénols en un mélange bleu d'oxyde de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃). La coloration bleue produite est proportionnelle aux taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (**Riberau-Gayon, 1968 ; Lapornik *et al.*, 2005**).

La teneur en polyphénols des extraits est estimée selon la méthode décrite par **Velioglu *et al.* (1998)**. A 200 µl d'extrait sont additionnés 1,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (1/10), après 5 min d'incubation, 1,5 ml de carbonate de sodium (6%) sont ajoutés. L'absorbance est mesurée à 725 nm, après une incubation de 90 min à l'abri de la lumière. La concentration en composés phénoliques des extraits est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe 3) et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g d'échantillon (mg EAG /100 g Ech).

II.5.4.3. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe en présence de chlorure d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer

et aluminium). Ces complexes peuvent être utilisés pour la réalisation de spectres d'absorption de nombreux composés phénoliques des végétaux, dont la structure est *O*-dihydroxyphénols, hydroxy-3 et hydroxy-5 chromones (Djeridane *et al.*, 2006).

Les flavonoïdes contenus dans les différents extraits sont estimés par la méthode Djeridane *et al.*, 2006). 1,5 ml d'extrait sont ajoutés à 1,5 ml de solution de chlorure d'aluminium (2%), après une incubation de 20 min à température ambiante à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 430 nm. La quantité de flavonoïdes est calculée en mg équivalent quercétine par 100 g d'échantillon (mg EQ /100 g Ech), à partir de la courbe standard préparée avec la quercétine (Annexe 3).

II.5.4.4. Extraction et dosage des anthocyanines

Les teneurs en anthocyanines sont mesurées selon la méthode de Ganjewala *et al.* (2008). 1 g de broyat de tomate fraîche ou cuite est additionné de 10 ml de méthanol/HCL (0,1 N), le mélange a subi une agitation pendant 30 min et une centrifugation à 5000 rpm pendant 20 min. Un volume de 0,1 ml de surnageant est additionné de 0,5 ml de méthanol/HCL (0,1 N), l'absorbance de la solution est mesurée à 530 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent cyanidine 3-glucoside par 100 g d'échantillon (mg ECG /100 g Ech), en se référant à la formule suivante:

$$C \text{ (mg ECG /100 g)} = \text{Abs. MM. FD. 1000/ } \epsilon. l$$

MM: Masse molaire de la cyanidine 3-glucoside=449.2 g /mole.

ϵ : Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine 3-glucoside ($\epsilon = 38000 \text{ l. mol}^{-1}. \text{ cm}^{-1}$).

FD: Facteur de dilution.

II.5.4.5. Dosage des flavonols

Les teneurs en flavonols sont déterminées en mesurant l'absorbance à 360 nm, après avoir mesuré l'absorbance des anthocyanines à 530 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine 3-glucoside par 100 g d'échantillon (mg EQG/100g Ech) et calculés selon la formule suivante :

$$C \text{ (mg EQG /100 g)} = \text{Abs. MM. FD. 1000/ } \epsilon. l$$

MM : Masse molaire de la quercétine 3-glucoside=464.4g/mole ;

ε: Coefficient d'extinction molaire de la quercétine 3-glucoside ($\epsilon = 20000 \text{ l.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) ;

FD: Facteur de dilution.

II.5.4.6. Dosage des tannins totaux

Cette méthode repose sur la formation d'un complexe tannins-protéines. Les tannins précipités sont directement mesurés par spectrophotométrie à 510 nm après la formation du complexe ion ferrique-polyphenols dans une solution alcaline (SDS/TEA), les complexes formés ont une coloration violacée (**Hagerman et al ., 1978**). L'estimation des tannins a été réalisée selon la méthode de **Hagerman et Butler (1978)**. 2 ml de la solution de BSA sont additionnés à 1 ml de l'extrait, après agitation le mélange est incubé pendant 24 h à 4°C. La solution est ensuite centrifugée à 4000 tpm pendant 15 min. Le précipité obtenu est dissout dans 4 ml de la solution SDS/TEA pendant 15 min, puis 1 ml du réactif de chlorure ferrique à 0,1% est ajouté, et l'absorbance est mesurée à 510 nm après agitation.

La concentration en tannins de l'extrait a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide tannique comme standard (Annexe 03). Les résultats ont été exprimés en mg équivalent acide tannique par 100 g d'échantillon (mg EAT/100 g Ech).

II.5.4.7. Dosage des tannins condensés

La teneur des extraits en tannins condensés est déterminée par la méthode décrite par **Vermerris et Nicholson (2006)**. 2 ml de la solution de sulfate de fer (dissoute dans 500 ml du mélange HCl : Butanol (2:3)) sont ajoutés à 200 µl d'extrait, le mélange est incubé à 95°C pendant 15 min et enfin l'absorbance est mesurée à 530 nm.

Les résultats sont calculés à partir de la loi de Beer-Lambert ($A = \epsilon . l . C$) en utilisant le coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ($\epsilon = 34700 \text{ l. mol}^{-1} . \text{cm}^{-1}$; MM = 287,24 g/mol). Les concentrations sont rapportées en mg équivalent cyanidine par 100 g d'échantillon (mg EC /100 g Ech) en utilisant la formule suivante :

$$C \text{ (mg EC/100g)} = \text{Abs. MM. FD. 1000/ } \epsilon . l$$

II.6. Evaluation du pouvoir antioxydant

II.6.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique du complexe ferricyanure Fe^{3+} en fer ferreux. La forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait.

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode décrite par **Oyaizu (1986)** rapportée par **Kumar *et al.* (2005)**. A 1 ml d'extrait à différentes concentrations sont additionnés 2,5 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6), et 2,5 ml de ferricyanure de potassium $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ à 1%, le mélange est incubé à 50°C pendant 20 min. 2,5 ml de TCA (10%) sont ajoutés au mélange puis centrifugé à 3000 rpm pendant 10 min. 2,5ml du surnageant sont additionnés de 2,5 ml d'eau distillée et de 0,5 ml de FeCl_3 à 0,1%, la solution obtenue est homogénéisée ensuite incubée pendant 10 min à l'abri de la lumière et l'absorbance est mesurée à 700 nm.

II.6.2. Réduction de la ferrozine

Le pouvoir réducteur de la ferrozine est évalué selon la méthode décrite par **Bourgou *et al.* (2007)**. A 0,1 ml d'extrait sont ajoutés 2,75 ml d'eau distillé, 0,1 ml de la ferrozine (5 mM) et 0,05 ml de FeCl_2 (2 mM). Après une incubation, à l'abri de la lumière, pendant 10 min, l'absorbance est mesurée à 562 nm. Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante:

$$\text{PI} = [(\text{Abs}_{\text{contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Extrait}}) / \text{Abs}_{\text{contrôle}}] \times 100$$

Où :

PI : Pourcentage d'inhibition ;

Abs_{contrôle} : Absorbance du contrôle après 10 mn à 562 nm ;

Abs_{Extrait} : Absorbance des extraits après 10 mn à 562 nm.

II.6.3. Neutralisation du radical DPPH

Le principe est basé sur la mesure de l'aptitude d'un antioxydant à neutraliser le radical libre DPPH (diphényl picryl-hydrayl), relativement stable à température ambiante et qui se colore en violet lorsqu'il est dissout dans l'éthanol ou le méthanol. En présence d'un antioxydant, le

DPPH est réduit en DPPH-H. A 0,1 ml d'extrait sont ajoutés 2,9 ml de DPPH ($6 \cdot 10^{-5}$), après une incubation de 30 min à l'obscurité et à température ambiante l'absorbance est mesurée à 515 nm.

Le pourcentage d'inhibition du DPPH a été calculé en utilisant l'équation suivante:

$$\text{(\% Inhibition du radical DPPH)} = [(\text{Abs}_{\text{contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Extrait}}) / \text{Abs}_{\text{contrôle}}] \times 100$$

Où

Abs_{contrôle} : L'absorbance du contrôle;

Abs_{Extrait} : L'absorbance de l'échantillon étudié.

II.6.4. Inhibition du radical ABTS

Ce test est réalisé par la méthode de **Re et al. (1998)**. A 100 µl d'extrait sont ajoutés 3 ml de la solution d'ABTS, le mélange est incubé pendant 10 min, et l'absorbance est mesurée à 734 nm. Le pourcentage de réduction de l'ABTS est calculé selon la formule suivante :

$$\text{(\% Inhibition du radical ABTS)} = [(\text{Abs}_{\text{contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Extrait}}) / \text{Abs}_{\text{contrôle}}] \times 100$$

Où

Abs_{contrôle} : L'absorbance du contrôle;

Abs_{Extrait}: L'absorbance de l'échantillon étudié.

II.6.5. Test de l'activité antioxydante totale

L'estimation de l'activité antioxydante avec le réactif de phosphomolybdate est mesurée par la méthode de **Parieto et al. (1999)**. 100 µl d'extrait sont additionnés à 1 ml du réactif de phosphomolybdate (0,6 M d'acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium), la solution est incubée au bain marie à 95 °C pendant 90 min et l'absorbance est mesurée à 695 nm.

II.6. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2007, afin de déterminer les moyennes, les écarts type et les coefficients de corrélation. Une analyse statistique est appliquée à l'aide du logiciel STATISTICA 5.5.

Résultats
et
Discussion

III.1. Caractérisation physico-chimique de la tomate

Les résultats de la mesure des caractéristiques physiques de la tomate sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV : Caractéristiques physico-chimiques de la tomate

Propriété/échantillon	Frais	Grillée	Friture	Four
Le poids (g)	297,569±3,65	/	/	/
Largeurs (mm)	81,941±4,5	/	/	/
Longueurs (mm)	72,423±3,4	/	/	/
Le pH	3,97±0,05 ^a	4,50±0,02 ^c	4,36± 0,02 ^b	4,38± 0,01 ^b
L'acidité titrable (g/100g)	2,98±0,12 ^c	1,99±0,19 ^a	2,54±0,12 ^b	2,24±0,24 ^{a,b}
L'humidité (%)	94,60±0,29 ^c	83,03±0,85 ^b	84,70±1,02 ^b	1,53±1,25 ^a
Les sucres totaux (g/100 g)	0,43±0,13	0,57±0,03	0,80±0,27	0,52±0,04
Le brix (%)	4,23± 0,55 ^a	6,83±0,23 ^b	8,33±0,23 ^c	7,03±0,05 ^b
Matière organique (%)	99,85	99,50	99,45	99,45
Le B.N.E	0,28± 0,01	0,32± 0,02	0,62± 0,01	0,44±0,02

III.1.1.Le pH

Les résultats du pH sont présentés dans le tableau IV. Le pH le plus bas a été enregistré pour la tomate fraîche (3,97) et le plus élevé pour la tomate grillée (4,5). La tomate ayant subi la friture et la cuisson au four a présenté des pH intermédiaires (4,36 et 4,38, respectivement). En effet, les produits de tomate transformée ont toujours un pH compris entre 4,2 et 4,3 afin d'assurer une marge de sécurité (Anthon et Baret., 2012).

III.1.2.L'acidité titrable

Les résultats de l'acidité titrable sont présentés dans le tableau IV. L'acidité titrable de la tomate fraîche est de 2,98 g/100 g, suivie de celle de la tomate ayant subi la friture (2,54 g/100 g) et de la tomate cuite au four (2,24 g/100 g) et enfin la tomate grillée (1,99 g /100 g). Les résultats obtenus ont montré que l'acidité titrable a diminué après la cuisson.

III.1.3.Détermination de la teneur en eau

Les résultats du test d'humidité sont présentés dans le tableau IV. Le taux d'humidité de la tomate fraîche est de 94,60% de son poids total, ce résultat confirme celui rapporté par **Davies *et al.* (1981)**. Après la cuisson, la teneur en eau des échantillons varie de 84,70% (friture) à 1,53% (four), cette perte est le résultat du traitement thermique (**Sahlin *et al.*, 2004**).

III.1.4.Les sucres totaux

Les résultats de la teneur en sucres totaux sont présentés dans le tableau IV. La tomate ayant subi la friture a présenté la teneur la plus élevée avec un taux de 0,80 g/100 g, suivie de la tomate grillée avec un taux de 0,57 g/100 g puis la tomate cuite au four avec une concentration de 0,52 g/100 g, et enfin la tomate fraîche avec une teneur de 0,43 g/100 g. Selon nos résultats la teneur en sucres totaux augmente après la cuisson.

III.1.4.Le brix

Les résultats du brix sont rapportés dans le tableau IV. La tomate ayant subi la friture a présenté la teneur la plus élevée (8,33%), suivie de la tomate cuite au four (7,08%), puis la tomate grillée (6,83%), et enfin la tomate fraîche avec un pourcentage de 4,23%. D'après ces résultats, le résidu sec soluble a subi une nette augmentation après cuisson.

III.1.5. La matière organique

Les résultats sont présentés dans le tableau IV. La teneur en matière organique de la tomate fraîche est de 99,85%, suivie de la tomate grillée (99,5%), puis de la tomate cuite au four (99,45%) identique à celle de la tomate ayant subi la friture. Cette teneur en matière organique a subi une légère perte après la cuisson, qui est de 0,4%.

III.1.6. Le Brunissement non enzymatique

Les résultats du B.N.E sont montrés dans le tableau IV. L'indice de brunissement le plus élevé est enregistré pour la tomate ayant subi la friture (0,62), suivi de celui de la tomate cuite au four, grillée et fraîche avec des indices de 0,44 ; 0,32 et 0,28, respectivement. Ces résultats ont montré que l'indice de brunissement a augmenté après cuisson.

III.2. Dosage des antioxydants

III.2.1. Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes des échantillons étudiés est présentée dans la figure 2. La teneur la plus élevée est enregistrée pour la tomate fraîche avec un taux de 9,63 mg EBC/100 g Ech, suivi de la tomate cuite au four, celle ayant subi la friture et grillée avec des concentrations respectives de: 7,62 mg EBC/100 g Ech; 6,76 mg EBC/100g Ech et 4,73 mg EBC/100 g Ech.

La concentration en caroténoïdes de la tomate fraîche de la variété analysée est supérieure à celle rapportée par **Abushita et al. (1997)** qui est de 1,86-6 mg EBC/100 g Ech.

Il a été rapporté que le traitement thermique entraîne une isomérisation des caroténoïdes Trans en caroténoïdes Cis, altérant ainsi leurs activités biologiques et décolore l'aliment mais à un degré moindre que celui de l'oxydation (**Rodriguez-Amaya et Kimura. 2004**), cela justifie la diminution de la teneur en caroténoïdes après la cuisson des échantillons.

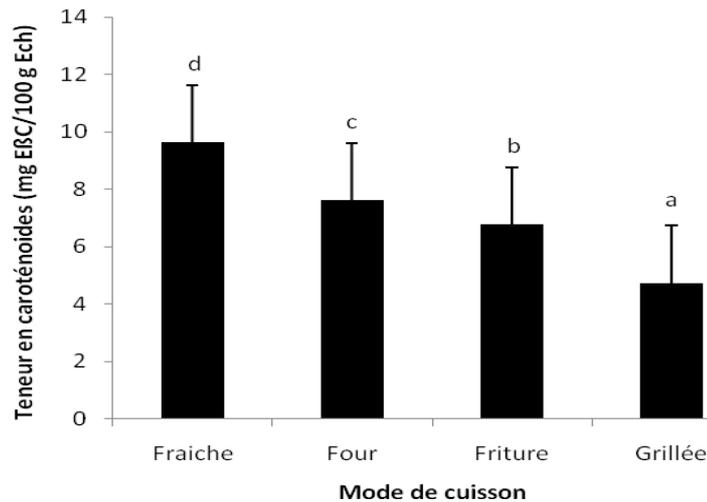


Figure 2: Teneur en caroténoïdes des broyats de tomates fraîches et cuites.

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b, c et d : représentent les différences significatives (ANOVA-MANOVA).

III.2.2. Lycopène

Les résultats obtenus montrent que la cuisson et le mode de cuisson ont un effet significatif sur la teneur de la tomate en lycopène (figure 3). La teneur la plus élevée est enregistrée pour la tomate fraîche avec un taux de 5,54 mg EBC/100 g Ech) suivie de la tomate ayant subi la friture, cuite au four et grillée avec des concentrations de 4,41 mg EBC/100 g Ech; 3,54 mg EBC/100 g Ech et 2,71mg EBC/100 g Ech, respectivement.

Ce résultat est identique à celui rapporté par **Kuti et Konuru. (2005)** sur 40 variétés de tomates cultivées sous serre. Les concentrations en lycopène sont comprises entre 0,5 et 6,3 mg EBC/100 g Ech.

La cuisson à 88 °C entraîne une augmentation du lycopène trans après 30 min de chauffage (**Dewanto et al., 2002**), par contre la friture peut entraîner une perte importante, environ 70% et 75% ont été perdus pendant une friture de 2 min à des températures de 145 et 165 °C, respectivement.

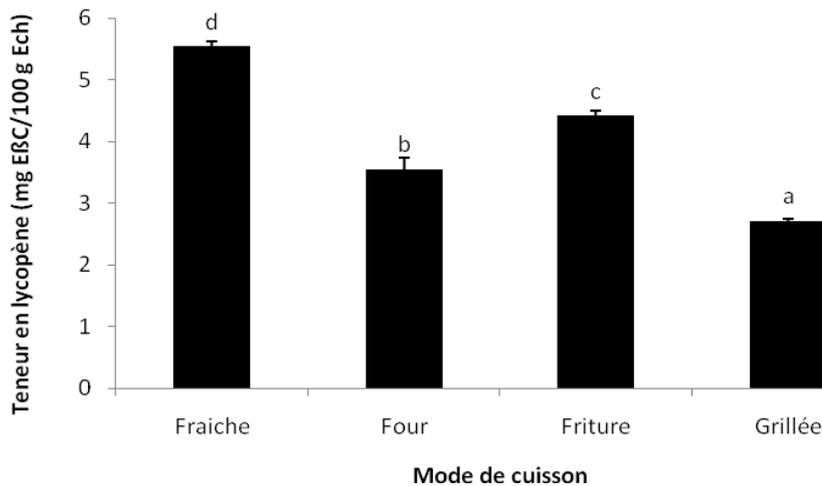


Figure 3: Teneur en lycopène des broyats de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-type. a, b, c et d : représentent les différences significatives (ANOVA-MANOVA).

III.2.3. La vitamine C

La teneur en vitamine C des échantillons étudiés est présentée dans la figure 4, la teneur la plus élevée est enregistrée dans la tomate fraîche avec un taux de 21,15 mg E AA_{sc}/100 g Ech, suivi de la tomate cuite au four, friture et grillée avec des concentrations de 15,04 mg E AA_{sc}/100 g; 13,72 mg E AA_{sc} /100g et 12,94 mg E AA_{sc}/100g, respectivement.

Les résultats de la présente étude montrent que la teneur en vitamine C des échantillons étudiés ($21,15 \pm 0,20^c$ mg E AA_{sc}/100 g Ech) est très proche de celle rapportée par **Gutheil et al., 1980**. Ces chercheurs ont rapporté que la quantité d'acide ascorbique change en fonction du stade de maturité, elle est de 16,1 mg E AA_{sc}/100 g Ech pour la tomate immature (couleur verte), et 24,6 mg E AA_{sc}/100 g Ech pour la tomate mure de couleur rouge.

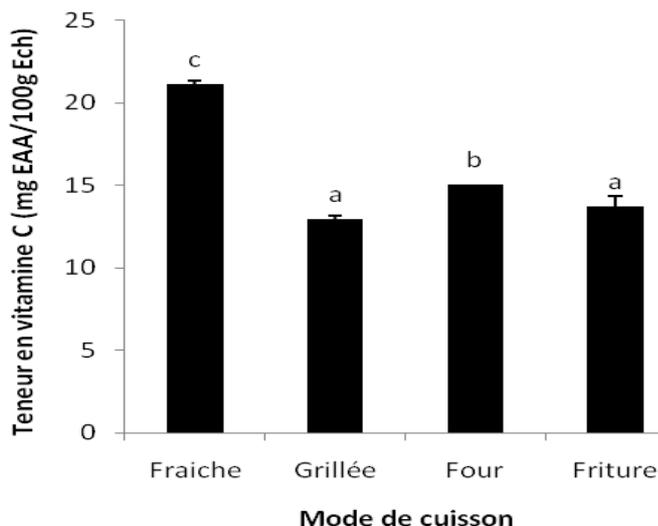


Figure 4: Teneur en vitamine C des broyats de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b et c : représentent les différences significatives. (ANOVA-MANOVA).

La quantité d'acide ascorbique est influencée par le traitement thermique, elle diminue de 24% dans le concentré de tomate après un traitement thermique à 95°C pendant 5 min, et de 89% pour un traitement de 60 min (Nicoli *et al.*, 1997). La préparation de la tomate sèche à une température de 80 et 110 °C entraîne une perte en acide ascorbique de 81 et 100%, respectivement après 350 min de traitement (Zanoni *et al.*, 1999). La préparation de tomates semi-séchées à 42 °C pendant 18 h aboutit aussi à un abaissement de la teneur en acide ascorbique de 27% pour la variété Tradiro et de 17% pour les variétés Excell et Flavourine (Toor et Savage, 2006).

III.2.4. Composés phénoliques

III.2.4. 1. Composés phénoliques totaux

La teneur en polyphénols totaux des extraits de tomates fraîches et cuites est donnée dans la figure 5. Elle est plus élevée dans la tomate ayant subi la friture avec un taux de 585,56 mg EAG/100 g Ech, suivi de la tomate grillée, cuite au four

et fraîche avec des concentrations de 314,5 mg EAG/100 g Ech; 230,7 mg EAG/100 g Ech et 72,42 mg EAG/100 g Ech, respectivement.

Des études antérieures ont rapporté que les teneurs en composés phénoliques totaux de la banane cuite à la vapeur sont plus élevées que celles de la banane crue (Ngoh *et al.*, 2005).

Les teneurs élevées en composés phénoliques totaux, enregistrées dans les échantillons, pourrait s'expliquer par la grande facilité avec laquelle ils sont extraits de l'échantillon cuit, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires des tissus végétaux par la chaleur. L'éclatement cellulaire facilite la libération des composés phénoliques et autres substances dans l'eau de cuisson (Ngoh *et al.*, 2005; Loscalzo *et al.*, 2010; McDougalla *et al.*, 2010).

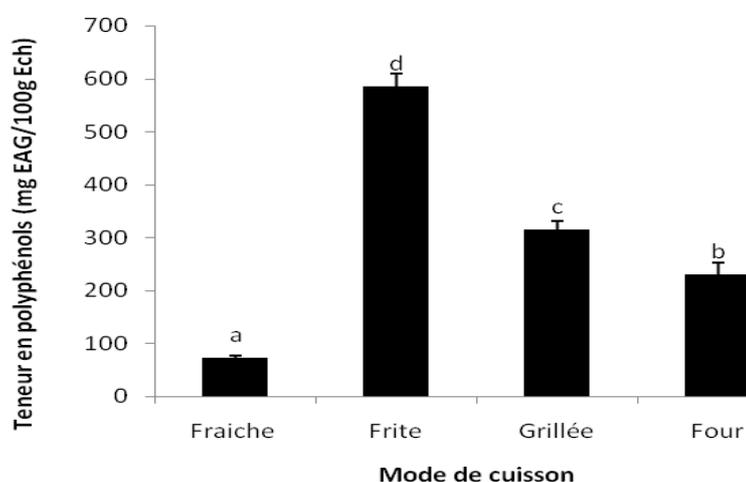


Figure 5 : Teneur en polyphénols des extraits de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b, c, d : représentent les différences significatives. (ANOVA-MANOVA).

Toutefois, McDougalla *et al.* (2010) ont montré que les teneurs en composés phénoliques totaux, des pétioles de rhubarbe, sont liées aux types de cuisson de ces derniers.

En effet, les pétioles de rhubarbe cuits à la vapeur et dans l'eau bouillante ont enregistré des teneurs élevées en composés phénoliques totaux par rapport aux pétioles crus. Alors que, la cuisson au four micro-onde a montré l'inverse.

III.4.2.2.Flavonoïdes

Les concentrations en flavonoïdes des échantillons étudiés sont présentées dans la figure 6. La teneur la plus élevée est enregistrée pour la tomate ayant subi la friture avec un taux de 20,77 mg EQ/100 g Ech, suivie de la tomate grillée avec une concentration de 14,42 mg EQ/100 g Ech, puis celle cuite au four avec un taux de 10,51 mg EQ/100 g Ech, et enfin la tomate fraîche avec une concentration de 7,09 mg EQ/100 g Ech.

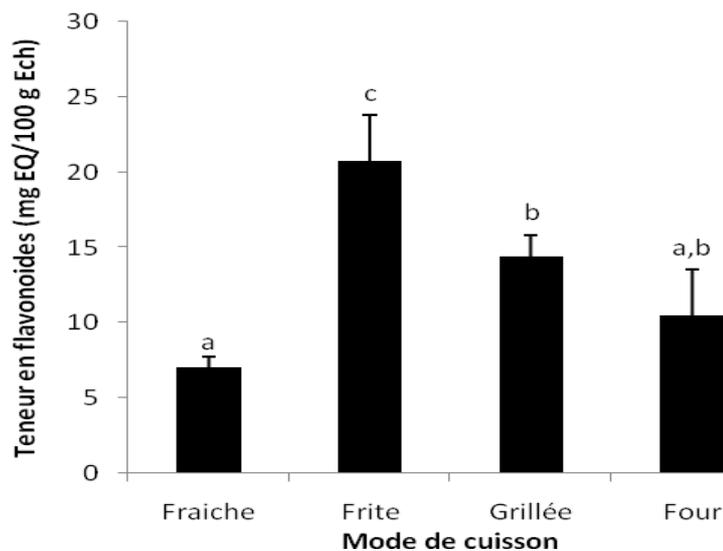


Figure 6 : Teneur en flavonoïdes des extraits de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b et c : représentent les différences significatives. (ANOVA-MANOVA).

Lors de leur étude, sur l'effet des différents modes de cuisson sur une variété portugaise d'oignon (oignon rouge), **Rodrigues et al. (2009)** ont montré que la cuisson à la vapeur a entraîné une élévation de la teneur en quercétine par rapport aux échantillons qui n'ont subi aucun traitement thermique (une augmentation de 33 à 40%). Cette augmentation est probablement due à la grande facilité avec laquelle les flavonoïdes sont extraits des échantillons cuits, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires des tissus végétaux par la chaleur.

La cuisson des oignons dans l'eau bouillante pendant 30 min engendre des pertes en quercétine de 37% suite au lessivage de ces composés dans l'eau de cuisson sans qu'il y ait de dégradation de celle-ci. Par contre l'ébullition pendant 60 min a engendré une diminution plus importante (53%) et une dégradation des flavonoïdes (**Rodrigues et al., 2009**) D'après

nos résultats et ceux rapportés dans littérature, la teneur en flavonoïdes dans les fruits et légumes cuits est liée aux modes ainsi qu'aux temps de cuisson.

III.4.2.3. Anthocyanines

La teneur en anthocyanines de nos échantillons est présentée dans la figure 7. Elle est plus élevée dans la tomate cuite au four avec un taux de 1,97 mg ECG/100 g Ech, suivie de la tomate grillée avec une concentration de 1,72 mg ECG/100 g Ech, puis celle ayant subi la friture avec un taux de 1,61 mg ECG/100 g Ech et enfin la tomate fraîche avec une concentration de 1,25 mg ECG/100 g Ech.

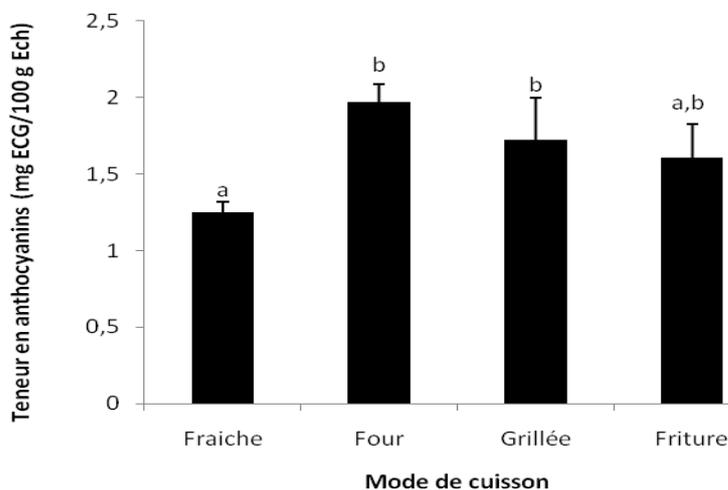


Figure 7 : Teneur en anthocyanines des broyats de tomates fraîches et cuites.

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a et b : représentent les différences significatives. (ANOVA-MANOVA).

Cependant, une étude faite sur le fruit d'aubergine par **Nisha et al. (2009)**, a rapporté une teneur de $0,53 \pm 0,012$ mg ECG/100 g MS. La différence observée peut être expliquée par la différence du matériel végétal utilisé. Le taux élevé d'anthocyanines dans l'échantillon cuit est due à la grande facilité avec laquelle elles sont extraites, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires de la pelure par la chaleur (**McDougalla et al., 2010**).

Parmi les différents modes de cuisson existant, la cuisson à la vapeur offre le meilleur entretien de la couleur par la préservation des anthocyanes (**McDougalla et al., 2010**).

III.4.2.4. Flavonols

La teneur en flavonols des échantillons de tomate est présentée dans la figure 8. La concentration la plus élevée est enregistrée dans la tomate ayant subi la friture avec un taux de 5,03 mg EQ/100 g Ech, suivie de la tomate fraîche avec une concentration de 4,59 mg EQ/100 g Ech, puis celle grillée avec un taux de 3,34 mg EQ/100 g Ech, et enfin la tomate cuite au four avec une concentration de 1,38 mg EQ/100 g Ech.

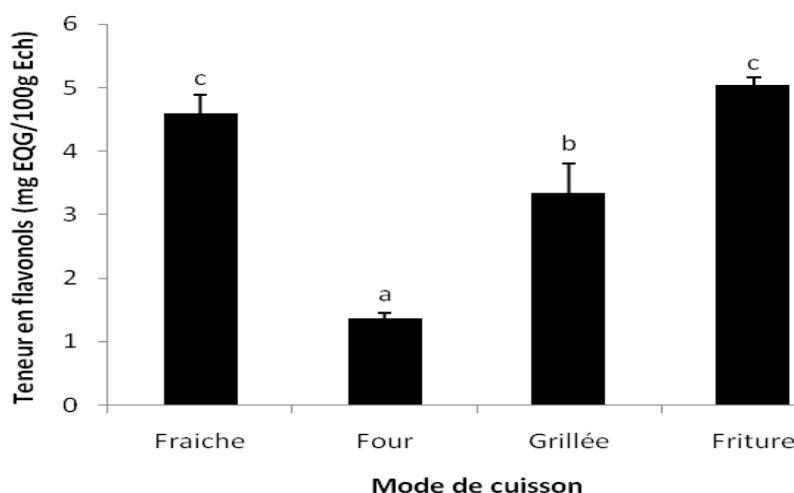


Figure 8: Teneur en flavonols des broyats de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b, c, d : représentent les différences significatives (ANOVA-MANOVA).

III.2.4.5. Tannins

La figure 9 montre les teneurs en tannins totaux des extraits de tomates fraîche et cuite. Le taux le plus élevé est enregistré dans la tomate cuite au four avec un taux de 3012,47 mg EAT/100 g Ech, suivi de la tomate grillée avec une concentration de 1379,06 mg EAT/100 g Ech, puis celle ayant subi la friture avec un taux de 1026,63 mg EAT/100 g Ech, et enfin la tomate fraîche avec une concentration de 812,11 mg EAT/100 g Ech.

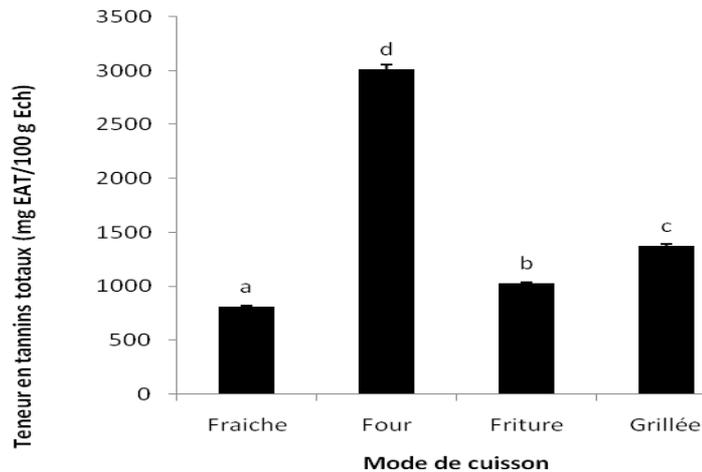


Figure 9 : Teneur en tannins totaux des extraits de tomate fraîche et cuite

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b, c, d : représentent les différences significatives. (ANOVA-MANOVA).

En effet, la tomate cuite présente une teneur élevée en tannins comparativement à la tomate fraîche, cette différence est due à la grande facilité avec laquelle les tannins sont extraits de l'échantillon cuit, suite à une forte fragilisation des parois cellulaires de la pelure par la chaleur (McDougalla *et al.*, 2010). D'après ces résultats, la teneur en tannins totaux a augmentée après la cuisson. Aucune étude n'a été rapportée, sur la composition en tannins de la tomate.

III.2.4.6. Tannins condensés (Proanthocyanidines)

La teneur en tannins condensés des échantillons étudiés est donnée dans la figure 10. La teneur la plus élevée est enregistrée dans la tomate ayant subi la friture avec un taux de 0,45 mg EC/100 g Ech, suivie de la tomate grillée avec une concentration de 0,40 mg EC/100 g Ech, puis celle cuite au four avec un taux de 0,27 mg EC/100 g Ech et enfin la tomate fraîche avec une concentration de 0,13 mg EC/100 g Ech.

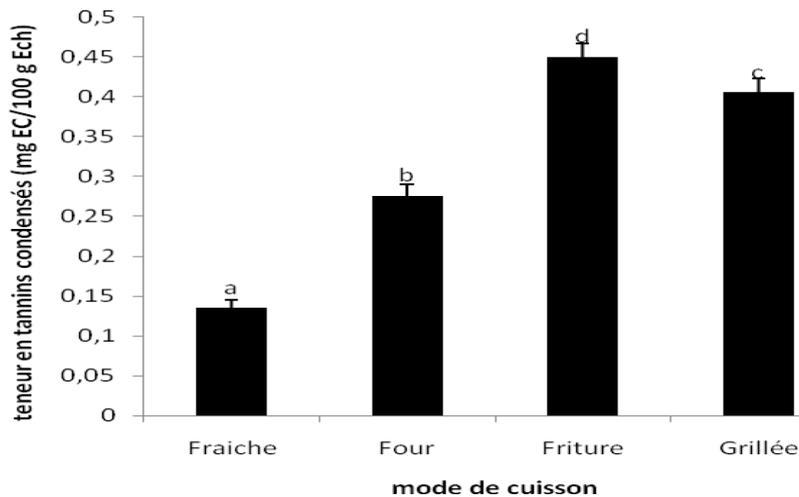


Figure 10 : Teneur en tannins condensés des extraits de tomates fraîches et cuites

Les résultats obtenus présentent des différences significatives ($p < 0,05$). Les barres verticales représentent les écart-types. a, b, c, d : représentent les différences significatives.(ANOVA-MANOVA).

Aucun résultat n'a été rapporté sur la composition en tannins condensés de la tomate. Cependant, **Alkurd et al (2008)** ont obtenu une teneur de 41,37 mg/100 g MS du fruit d'aubergine entier qui est de la même famille que la tomate.

III.3. Evaluation du pouvoir antioxydant

III.3.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est la capacité d'un extrait à donner un électron et à réduire le Fer. De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (**Huang et al., 2005; Li et al., 2009**).

Les résultats du pouvoir réducteur exprimé en mg équivalents Trolox et α -tocophérol par 100 g d'extrait, sont présentés dans la figure 11.

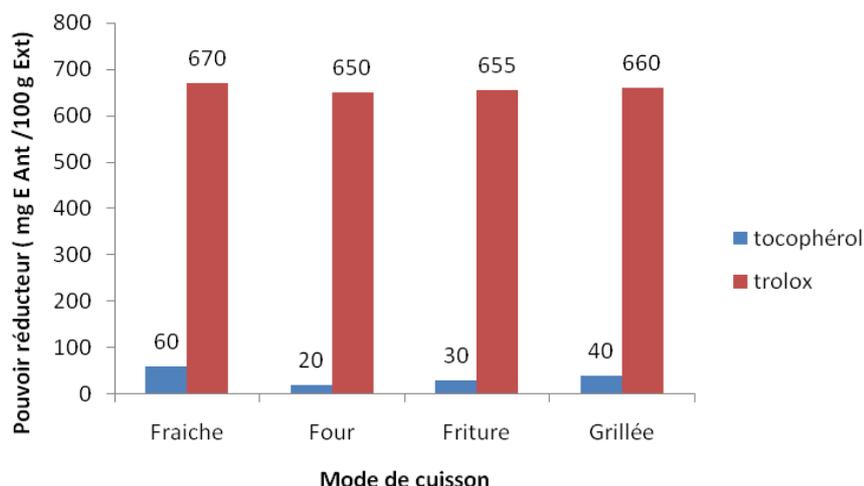


Figure 11: Pouvoir réducteur exprimé en mg Equivalent antioxydants/ 100 g Ext

Les proportions en Trolox et α -tocophérol varient de 650 à 670 mg ETr/100 g Ech et de 20 à 60 mg ETc/100 g Ech, respectivement. La concentration en équivalent Trolox est supérieure à celle exprimée en équivalent α -tocophérol.

Ces résultats sont en accord avec ceux d'**Oboh et al. (2005)** qui ont rapporté une légère diminution du pouvoir réducteur de certains légumes verts après leur blanchiment. Cette diminution est due à la perte de 20 à 60% de vitamine C. Ces chercheurs ont attribué cette perte d'activité à la dégradation des tannins en polyphénols simples. Cependant, **Huang et al. (2007)** ont rapporté que le pouvoir réducteur de la patate douce augmente après la cuisson, suite à une meilleure extraction des composants antioxydants. **Huang et al. (2006)** ont suggéré que le blanchiment induit des dommages dans les structures cellulaires, facilitant ainsi leur extraction et leur diffusion concernant.

Les valeurs des $CR_{0,5}$ exprimées en (mg/ml) des différents extraits sont regroupées dans le tableau V.

Tableau V: $CR_{0,5}$ du pouvoir réducteur des différents échantillons

Echantillons	Frais	Four	Friture	Grillé
$CR_{0,5}$ (mg/ml)	46,3	37,88	32,89	28,90

D'après ces résultats, la tomate grillée a donné la $CR_{0,5}$ la plus faible (28.90 mg/ml), donc l'activité la plus importante, et la tomate fraîche a donné la $CR_{0,5}$ la valeur la plus élevée (46.30 mg/ml) correspondant à une activité plus faible. Une corrélation positive a été observée entre le pouvoir réducteur et la teneur en flavonoïdes ($r = 0,98$) (Annexe 4).

Des corrélations positives ont été également constatées entre cette activité et la teneur en composés phénoliques et les tannins totaux ($r=0.97, 0.81$, respectivement) (Annexe 5 et 7).

III.3.2. Réduction de la ferrozine

Les résultats de la réduction de la ferrozine, exprimée en mg équivalent Trolox et α -tocophérol par 100 g d'extrait, sont présentés dans la figure 12.

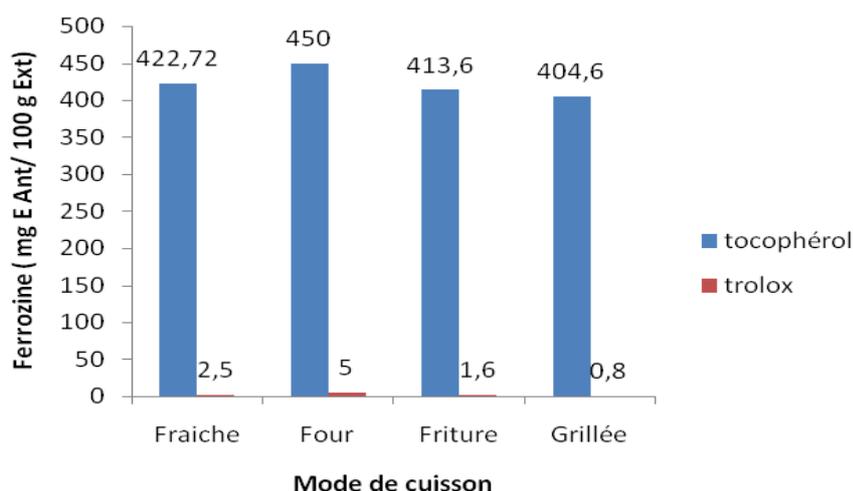


Figure 12: Réduction de la ferrozine exprimée en mg antioxydants/ 100 g Ext

es proportions en Trolox et α -tocophérol varient de 0,8 à 5 mg ETr/100 g Ext et de 404,6 à 450 mg ETc/100g Ext, respectivement. La concentration des échantillons en équivalents α -tocophérol est supérieure à celle exprimée en équivalents Trolox.

Tableau VI: $CR_{0,5}$ du réduction de la ferrozine des différents échantillons

Echantillons	Frais	Four	Friture	Grillée
$CR_{0,5}$ (mg/ml)	100,7	24,74	618,57	1443,33

D'après les résultats obtenus, c'est la tomate cuite au four qui a montré l'activité la plus élevée. Une corrélation positive a été observée entre le pouvoir réducteur de la ferrozine et la teneur en lycopéne ($r=0,60$) (Annexe 6).

III.3.3. Neutralisation du radical DPPH

Les pourcentages de l'activité antiradicalaire sont illustrés dans la figure ci-dessous. Le pouvoir antiradicalaire augmente en fonction de la concentration de l'échantillon, l'activité des échantillons cuits est inférieure à celle de la tomate fraîche.

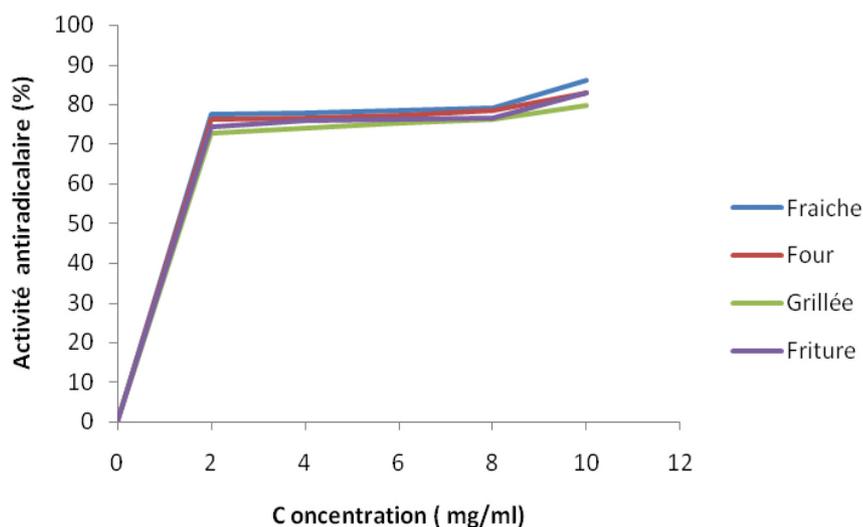


Figure 13 : Inhibition du DPPH par les différents échantillons de la tomate

Les résultats de la neutralisation du radical DPPH, exprimés en mg équivalents Trolox et α -tocophérol par 100 g d'extrait, sont présentés dans la figure 14.

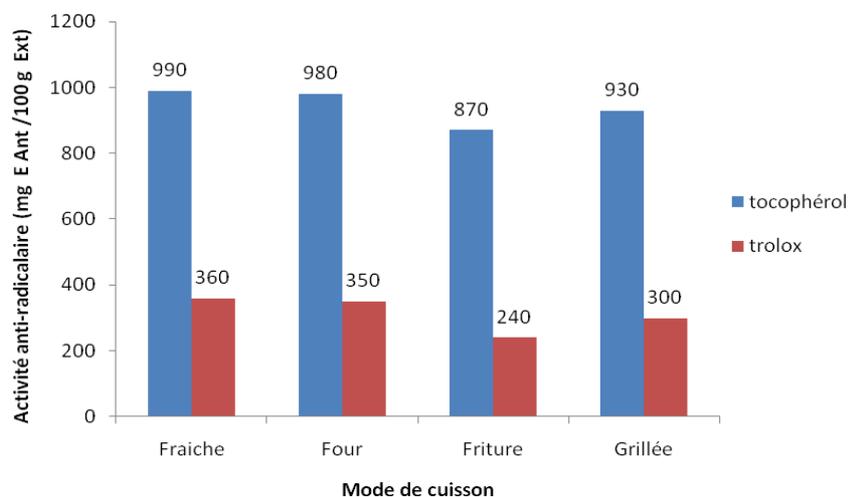


Figure 14: Activité antiradicalaire exprimée en mg Eq d'antioxydants/ 100 g Ext

Les proportions en Trolox et α -tocophérol varient de 240 à 360 mg ET_r/100g Ext et de 870 à 990 mg ET_c/100g Ext, respectivement. La concentration de nos échantillons en équivalents α -tocophérol est supérieure à celle exprimée en équivalents Trolox.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Huang et al. (2006)**, sur la patate douce cuite à la vapeur. D'autres part, **Turkmen et al., (2005)** et **McDougalla et al., (2010)** ont enregistré un puissant pouvoir de neutralisation du radical DPPH° des légumes cuits (poivre, courge, haricots verts, petits pois, poireau, brocoli, épinards et pétioles de rhubarbe). Une augmentation de l'activité antiradicalaire (79%) a été obtenue dans la Supermuscade « 2 » après sa cuisson à la vapeur.

Par ailleurs, **Turkmen et al. (2006)** ont rapporté que la cuisson à l'eau bouillante (5min) et à la vapeur (1 min) n'a pas d'effet significatif sur l'activité antioxydante du poivron, de l'haricot vert, du brocoli et des épinards. Cependant, **Faller et Fialho (2009)** ont enregistré une diminution de l'activité antiradicalaire de quelques légumes après leur cuisson, suite à une dégradation des composés antioxydants par la chaleur. D'après ces auteurs, la cuisson conduit à la réduction de la capacité antioxydante de la plupart des légumes. Par ailleurs, les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec les données rapportées par **Loscalzo et al (2010)** sur le fruit d'aubergine entier (grillé, cuit à l'eau bouillante et cuit à la vapeur). D'autres études ont montré que la cuisson de certains légumes comme le brocoli (**Zhang et Hamazu, 2004b**), les légumes verts (**Oboh et al., 2005**) et les épinards (**Amin et al., 2006**) s'accompagne d'une diminution de l'activité antiradicalaire.

Les IC₅₀ des différents extraits sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII : IC50 du pouvoir antiradicalaire des différents échantillons

Echantillons	Frais	Four	Friture	Grillée
IC50 (mg/ml)	6,23	6,03	6	5,8

D'après ces résultats, c'est la tomate grillée qui a présenté la meilleure activité antioxydante (IC50= 5.8 mg/ml).

III.3.5. Activité antioxydante totale

Les résultats du test de réduction de phosphomolybdate, exprimés en mg équivalent Trolox et α -tocophérol par 100 g d'extrait, sont présentés dans la figure 15.

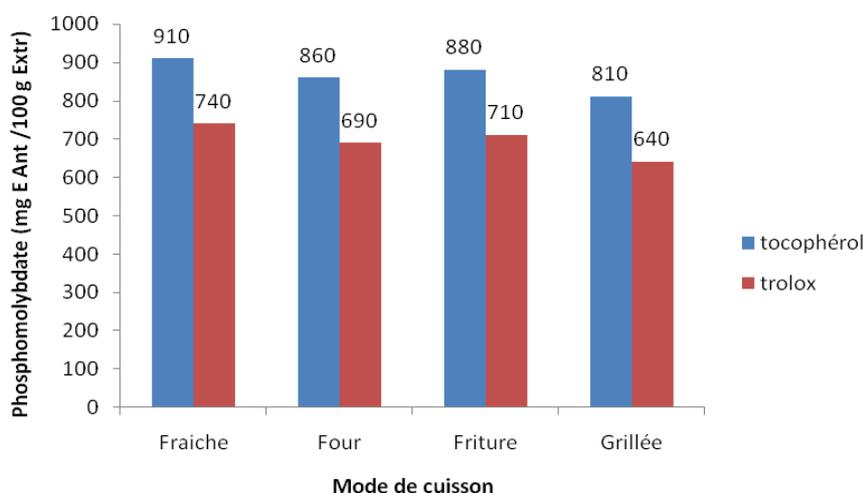


Figure 15: Activité antioxydante totale exprimée en mg d'antioxydants/ 100 g Ext

Les proportions en Trolox et α -tocophérol varient de 640 à 740 mg ETr/100 g Ext et de 810 à 910 mg ETc/100g Ext, respectivement. La concentration de nos échantillons en équivalents α - tocophérol est supérieure à celle exprimée en équivalent Trolox.

Les valeurs d'IC50 et de CR 0,5 des différents échantillons sont présentées dans le tableau VIII.

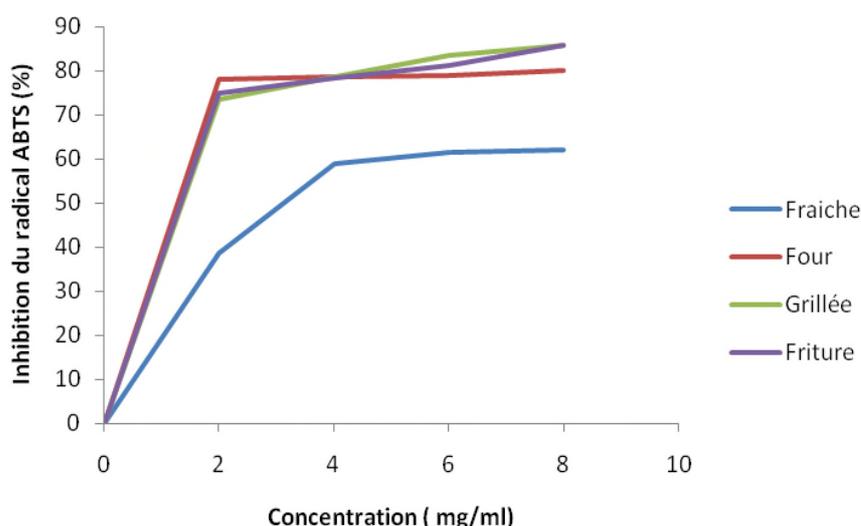
Tableau VIII: IC50 et les CR 0,5 de l'activité antioxydante totale des différents échantillons

Echantillons	Frais	Four	Friture	Grillée
CR _{0,5} (mg/ml)	15,97	24,39	19,53	24,87
IC50 (mg/ml)	0,3	0,466	0,47	0,36

D'après les résultats obtenus, c'est la tomate fraîche qui a présenté la meilleure activité antioxydante. Une corrélation positive a été observée entre cette activité et la teneur en lycopène ($r= 0,97$) (Annexe 6). Ces corrélations ont été constatées avec la teneur en flavonoïdes, composés phénoliques, lycopène et tannins totaux des extraits analysés avec ($r= 0,63; 0,70; 0,97$ et $0,68$, respectivement) (Annexes 5, 6, 7 et 8).

III.3.6. Neutralisation du radical ABTS

Les résultats de l'inhibition du radical ABTS sont montrés dans la figure 16. L'inhibition augmente en fonction de la concentration de l'échantillon. Le pouvoir antioxydant des échantillons cuits est supérieur à celui de l'échantillon frais.

**Figure 16 :** % inhibition du radical ABTS des différents échantillons

D'après ces résultats, c'est la tomate cuite (la friture et grillée) qui a présenté la meilleure activité antioxydante. Ce résultat est confirmé par le calcul de l'IC50 des différents échantillons (Tableau IX).

Tableau IX: IC50 de l'inhibition du radical ABTS des différents échantillons

Echantillons	Fraiche	Four	Friture	Grillée
IC50 (mg/ml)	6,43	4,98	4,66	4,66

Des corrélations ont été constatées entre le pouvoir d'inhibition du radical ABTS et la teneur en flavonoïdes et lycopéne ($r= 0,47; 0.16$, respectivement) (Annexes 4 et 7).

La présente étude nous a permis de déterminer l'impact de la cuisson sur les paramètres physico-chimiques, et les antioxydants de la tomate.

Les résultats obtenus indiquent que 95% de la masse de la tomate fraîche est constituée d'eau.

La cuisson provoque également une augmentation du pH, du brix, de la matière organique et du brunissement non enzymatique.

L'étude indique aussi que ce sont les caroténoïdes qui représentent la classe la plus abondante, par contre les anthocyanines représentent la classe la moins abondante dans la tomate.

Les extraits de la tomate cuite donnent les teneurs en polyphénols, flavonoïdes, anthocyanines, tannins totaux et tannins condensés les plus élevées par rapport à l'extrait de la tomate fraîche. Cependant, une réduction de la teneur en caroténoïdes, lycopène et vitamine C a été enregistrée.

Les meilleurs pouvoirs réducteurs et les meilleures activités anti radicalaires (avec le radical DPPH) sont obtenus avec l'extrait de la tomate fraîche. Les résultats de notre étude confirment l'intérêt de la consommation des légumes frais.

Des corrélations linéaires positives ont été trouvées entre l'activité antioxydante totale (phosphomolybdate) et la teneur en flavonoïdes, composés phénoliques, lycopène et tannins totaux des extraits de tomates avec des coefficients de corrélation de 0,63 ; 0,70 ; 0,97 et 0,68, respectivement.

Une bonne corrélation positive a été observée entre le pouvoir réducteur de la ferrozine et la teneur en lycopène ($r=0,60$).

De bonnes corrélations linéaires ont été également constatées entre le pouvoir réducteur et la teneur en composés phénoliques et en tannins totaux des extraits de tomates analysés ($r=0,97$ et $0,81$, respectivement).

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant:

- D'élargir l'échantillonnage pour l'ensemble du territoire national ;
- D'étaler l'étude sur d'autres variétés de la tomate;
- De caractériser le lycopène dans la tomate de *lycopersicon esculentum Mill* par des techniques plus avancées telle que l'HPLC.

- D'étudier la biodisponibilité du lycopéne de la tomate, afin de prévoir son effet sur la santé humaine.
- D'étudier l'aspect technologique de la pelure de la tomate (fabrication de colorants alimentaires et cosmétiques...).
- De faire une étude à différents stades de maturation, dans le but de suivre la synthèse du lycopéne de la pelure.
- De doser la teneur en minéraux et en vitamines.

Références bibliographiques

A

Abdelmageed A. H., Gruda N. et Geyer B. (2003). Effect of high Temperature and Heat Shock on Tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Genotypes under controlled conditions. Conference on International Agricultural Research of Development. :1-7.

AFNOR. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR. pp 1-325.

AFNOR. 1986. Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.

Amin I, Norazaidah I et Emmy-Hainida K. I. (2006). Antioxidant activity and phenolics content of raw and blanched *Amaramthus* spices. Food Chemistry. 94: 47-52.

Rao A. V. et Rao L.G. (2007). Caroténoïds and human health. Pharmacological Research. 55: 207-216.

Aydin N. et Kadioglu A. (2001). Changes in the chemical composition, polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of medlar fruit (*Mespilus germanica L.*). *Bulgium . Journal. Plant Physiological.* 27 (3-4): 85-92.

Azizah A. H., Wee K.C., Azizah O. et Azizah M. (2009). Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids antiradical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). International Food Research Journal. 16: 45-51.

B

Balasundram N., Sundram K. et Samman S. (2005). Phenolic compounds in plants and agro-industrial by-products antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. Article in press.

Ball G. F. (1997). Vitamin C. In: «Bioavailability and Analysis of Vitamin in Food». Edition. Jones and Bartlett Publishers. pp: 517-563.

Barrett D. M., Garcia E. et Wayne J. E. (1998). Textural modification of processing tomatoes Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 38: 173-258.

Beecher G. R. (1998). Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proc.Soc.Exp .Biological . Medecine. 218: 98-100.

Bernard A. et Carlier H. (1992). Aspect Nutritionnels des constituants des aliments, influence des technologies. Edition. 8^{ème} éditions. *Tec et Doc*, Lavoisier, Paris. pp: 94-95.

Bimbene T. J. J. Séchage des produits alimentaires. Techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire, F3000.

Bolin H. R., Petrucci V. et Fuller G. (1975). Characteristics of mechanically harvested raisins produced by dehydration and by drying. Journal of Food Science. 40: 1036-1038.

Boskovic M. A. (1979). Fate of lycopene in dehydrated tomato products: carotenoid isomerization in food system. Journal Food Science. 44: 84-86.

Boumendjel M., Boutebba A. et Houhamdi M. (2002). Effets de traitement thermique sur les antioxydants de la Tomate. Th. Ingéniorat. Département de biochimie. Faculté des sciences. Université Baji-Makhtar d'Annaba. pp : 1- 85.

Bourgou S., Ksouri R., Bellila A., Skandrani I., Falleh H. et Marzouk B. (2007). Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa L.* shoots and roots. Critical. Reviews. Biologies. 331: 48-55.

Bruneton, J. (1999). Composés phénoliques, shikimates, acétates. *In* : « Pharmacognosie ». Ed. *Tec et Doc*. pp 233- 447.

Bruneton, J. (1999). Terpènes et stéroïdes. *In* : « Pharmacognosie ». Ed. *Tec et Doc*. pp 461-769.

C

Camara V. C et Laux D. (2010). Moisture content in honey determination with a shear ultrasonic reflectometer. Journal of Food Engineering. 96: 93-96.

Carr A.C. et Frei B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. American Journal of Clinical Nutrition. 69: 1086-1107.

Carrara S., Pardossi A., Soldatini G.F., Tognoni F. et Guidi L. (2001). Photosynthetic activity of ripening tomato fruit. *Photosynthetica*. 39 (1): 75-78.

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

Chau C. F., Cheung P. C. et Wong Y. S. (1997). Effect of cooking on content of amino acids and antinutrients in three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 75: 447-452.

Chira K. S., Saucier J. H. et Teissedre P. L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*. 6: 75-82.

Ciou J. Y., Lin H. H., Chiang P. Y., Wang C. C. et Charles A. L. (2011). The role polyphenol oxidase and peroxidase in the browning of water caltrop pericarp during heat treatment. *Food Chemistry*. 127: 523-527.

Concellon A., Anon M.C. et Chaves A.R. (2004). Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena L.*) during storage at low temperature. *Food Chemistry*. 88 :17-24.

Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of following plants .Colombia University.pp:1- 1256.

Ⓓ

Davies J.N. et Hobson G.E. (1981). The constituents of tomato fruit –The influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 15: 205-280.

De Broglie L.A. et Guérault D. (2005). Tomates d’hier et d’aujourd’hui. Paris, Hoëbeke. p143.

Degioanni B. (1997). La Tomate. Paris, Hatier. p 96.

Derache R. (1986). Substances naturelles nocive des aliments. In toxicologie et sécurité des aliments. Edition. Tec et Doc, Lavoisier. pp 129-157.

Dewanto V., Wu X., Adom K.K. et Lin R.H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing the total antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50: 3010-3014.

Djeridane A. M., Yousfi A., Nedjmi B., Boutassouna D., Stocker P. et Vidal N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*. 95: 654-660.

Dowson W.H. et Aten B. (1963). Récolte et conditionnement des dattes. Ed. FAO. p 334.

Doymaz I. (2004). Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystems Engineering*. 89: 281-287.

Doymaz I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. 78: 1291-1297.

F

Faller A. L. K. et Fialho E. (2009). The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*. 42: 210–215.

Fang Z., Zhang M., Sun Y. et Sun J. (2007). Polyphenol oxidase from bayberry and its role in anthocyanin degradation. *Food Chemistry*. 103: 268–273.

G

Ganjewala D., Boba S. et Raghavendra A. S. (2008). Sodium nitroprusside affects the level of anthocyanin and flavonol glycosides in pea (*Pisum sativum* L. cv. Arkel) Leaves. 52 (2): 301-305.

Gayathri G. N., Platel K., Parkash J. et Srinivasan K. (2004). Influence of antioxidant spices on the retention of β -carotene in vegetables during domestic cooking processes. *Food Chemistry*. 84: 35-43.

Gausson H., Lefoy J. et Ozenda P. (1982). Précis de Botanique. Ed. Masson, 2^{ème} édition, Paris. pp 172.

Gausсен H., Leroy G. F. et Ozenda P. (1982). Précis de botanique des végétaux supérieurs. Edition. Masson, 2^{ème} édition, Paris. pp : 216-407.

Grasselly D., Navez B. et Letard M., (2000). Tomate, pour un produit de qualité. pp : 1- 112.

H

Hackett M.M., Lee J.H., Francis D. et Schwartz S.J. (2004). Thermal stability and isomerization of lycopene in tomato oleoresins from different varieties. Journal Food Science. 69: 536-541.

Hagerman A.E. et Butler L.G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. Agricultural and Food Chemistry. 26 (4): 809-812.

Hennebelle T., Sahpaz, S. et Bailleul F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. Phytothérapie. 1: 3-6.

Heredia A., Barrera C. et Andrés A. (2007). Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. Journal of Food Engineering. 80: 111-118.

I

Ibsen G. (1999). An introduction to the tomato. In : « The Great Tomato Book » Ed. Ten Speed Press. pp:1-18.

K

Krinsky N. I. (1989). Antioxidant functions of carotenoids. Free Radical. Biological. Medicine. 7 (6): 617-635.

Kumar P. et Mishra H. N. (2004). Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. Food Chemistry. 87: 501-507.

L

Lapornik B., Prošek M. et Golc Wondra A. (2005). Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*. 71: 214-222.

Lewicki P. P., Le H. V. et Pomaran'ska-Lazuka W. (2002). Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. 54: 141-146.

Lewicki P. P. et Michaluk E. (2004) .Drying of tomato pre-treated with calcium. *Drying Technology*. 22: 1813-1827.

M

Mau J. L., Tsai S. Y., Tseng Y. H. et Huang S. J. (2005). Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry*. 93: 641-649.

Mayer-Miebach E. et Spieß W. E. L. (2003). Influence of cold storage and blanching of the carotenoid content of *Kintoki* carrots. *Journal of Food Engineering*. 56: 211-213.

Mayer-Meibach E., Schuchmann H. P., Regier M. et Behnilian D. 2005. Thermal processing of carrots: lycopene stability and isomerization with regard to antioxidant potential. *Food Research International*. 38:1103-1108.

Mc Dougalla G. J., Dobson P. et Jordan-Mahy N. (2010). Effect of different cooking regimes on rhubarb polyphénols. *Food Chemistry*. 119: 758-764.

Mehdi G. D. P. Vijayanandb S. G., Kulkarnib K. V. R. (2006). Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. *LWT*. 40: 1832-1840.

Michèle M. et Frédéric R. La lyophilisation. *Techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire*. F3240.

Michel J.C., Poulliot M., et Richard j. (2002). Lait de consommation. *In* : « Science et technologie de lait ». Ecole polytechnique de Montréal. pp : 1- 302.

Munro B. et Small E. (1997). Les légumes du Canada. Edition. Val. Morin, Québec, Canada. pp:1- 436.

N

Naczki M. et Shahidi F. (2006). Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41: 1523-1524

Naïthani V., Nair S. et Kakker P. (2006). Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. *Food Research International*. 39: 176-181

O

Olivera D. F., Viña S. Z., Marani C. M., Ferreyra R. M., Mugridge A., Chaves A. R. et Mascheroni R. H. (2008). Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea L. gemmifera* DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*. 84 (1): 148-155.

Oyaizu M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*. 44: 307-315.

P

Péron J. Y. (2006). Références Production Légumière. Ed. Lavoisier. 2^{ème} édition, Paris. pp :1-613.

Pietta P. (2000). Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63: 1035-1042.

Pichter G. (1993). Autotrophie des organismes végétaux. In « Métabolisme des Végétaux ». Ed. Lavoisier. pp 53-188.

Pincemail J., Defraigne J. O., Limet R. et Meurisse M. (1998a). Antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires..

R

RAO A. V. (2006). Lycopène. *Food and Nutrition Research*.

Ramandeep K., Toor G. et Savage P. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*. 38: 487-494.

Renaud V. (2006). Les tomates qui ont du goût. Edition. Eugen Ulmer, Paris. 1995.

Ribéreau-Gayon P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod, Paris. pp:1-254.

Rodriguez-Amaya B. D. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. Ed. International life Institue. pp 1-60.

Rodriguez-Amaya D.B. et Kimura M. (2004). Harvest plus handbook for carotenoid analysis. Ed. Technical Monograph Series 2. pp: 2-51.

Roy M. K., Takenaka M., Isobe Set Tsuchida T. (2007). Antioxidant potentiel, antiproliferative activities and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effect of thermal treatment. Food Chemistry. 103: 106-114.

Rodrigues A.S., Pérez-Gregorio M.R., García-Falcón M.S. et Simal-Gándara J. (2009). Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. Food Research International. 42: 1331–1336

S

Sacilik K., Keskin R. et Elicin A. K. (2006). Mathematical-modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato Journal of Food Engineering. 73: 231-238.

Saïdani M. et Marzouk B. 2003. Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. Phytochemistry. 62 : 1283-1289.

Sassi-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M. M. et Toth-Markus M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables.vFood Research International. 38:1023-1029.

Scherer R. et Godoy H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. Food Chemistry. 112: 654-658.

Seybold C., Frohlich K., Bitsch R., Otto K., Bohm V. (2004). Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. Journal Agricultural Food Chemistry. 52: 7005-7010. Smith A.F. (1994).The historical tomato. *In*: «The tomato in America ». Ed. Univ of South Carolina Press. pp 1-160.

Staub J. E. (2005). Elberta peach tomato. *In*: «75 Exciting Vegetables For Your Garden ». Ed. Gibbs Smith. pp 86-88.

T

Telis V. R. N. et Sobral P. J. A. (2002). Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. *Food Research International*. 35: 435-443.

Toor R. K, Savage G. P et Lister C. E. (2006). Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 1-10.

V

Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L. et Oomah B. D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 4113-4117.

Vermerris W. et Nicholson R. (2006). Phenolic compound chemistry: Families of Phenolic Compound and Means of Classification. The Netherlands. pp:1- 267.

W

Walingo M. (2005). Role of vitamin C (ascorbic acid) on human health. *African Journal of Food Agriculture and Nutritional Development*. 5: 11-14.

Wissem B. (2011). Evaluation of antioxidant and antigenotoxic activity of two flavonoids from *Rhamnus alaternus L.* (Rhamnaceae): Kaempferol 3-O-b-isorhamminoside and rhamnocitrin 3-O-b-isorhamminoside. *Food and Chemical Toxicology*. 49: 1167–1173.

Y

Yefsah-idres A. (2007). Biodisponibilité et incidence physicochimique chez le rat. thèse magister, INA.El Harrach, Alger. pp: 7-14.

Z

Zhang D. et Hamauzu Y. (2004_a). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*. 88: 503-509.

Zhang D. et Hamazu Y. (2004_b). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*. 88: 503-509.

Annexes

Annexe 1 : Appareillages et produits chimiques

Appareillages utilisés	Produits chimiques
<ul style="list-style-type: none">- Ethanol pur (PROLABO).- Méthanol pur (PROLABO).- Standards polyphénols : acide gallique, acide tannique et quercétine.- Acide acétique (PROLABO).- Carbonate de sodium (PROLABO).- Folin-cieucalteu (PROLABO).- Chlorure Ferrique FeCl₃ (PROLABO).- Chlorure d'Aluminium (PROLABO).- Acide Chlorhydrique (PROLABO).- Bovine Sérum Albumine(BSA) (PROLABO).- Hydroxyde de sodium (PROLABO).- TEA (PROLABO).- SDS (PROLABO).- Acide phosphorique.- Agitateur (VORTEX).	<ul style="list-style-type: none">- Balance de précision (BP 310 P).- Balance de précision (PT120).- Centrifugeuse- Spectrophotomètre UV-Visible.- PH mètre (Hanna).- Plaque magnétique (VELP).- Micropipette.- plaque agitatrice.- Bain marie. - Portoir. - Tubes a essais et à centrifuges

Annexe 2 : Préparation de quelques solutions et réactifs.**-Solution de chlorure de ferrique (FeCl₃) :**

Solution de 0,01M de FeCl₃ préparée par dissolution de 1,62 g de FeCl₃ à 0.01 M dans 1 litre d' HCl à 0.01 M

0,01M de FeCl₃ dans 0,01M de HCl

Pour avoir une solution de HCl à 0,01 M :

On dilue 0,85 ml de HCl dans 1 L d'eau distillée

Dissoudre 1,62 g de FeCl₃ dans 1 L de la solution acide qui permet de la conserver pour plusieurs heures

On a P M (FeCl₃) + 6H₂O = 270,30g

PM (FeCl₃) - 6H₂O = 162,3g

Donc on a	162,3g	→	1M	}	X = 1,623g
	X g	→	0,01 M		

C à d on a 1,623g /L

Pour HCl

Sur le flacon on a :

d=1,18

36%

PM= 36,46g / mol

$$d = \delta / \delta_0 = m/v \rightarrow m = \delta \cdot v = 1,18 \text{g/cm}^3 = 1180 \text{g/L}$$

On 36 % c à d : 36 g → 100g

X g → 1180 g

X = 424,8 g

$$n = m / M = 424,8 / 36,46 \rightarrow n = 11,65 \text{ mol}$$

$$M = n / v = 11,65 \text{ mol / L}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2 \rightarrow V_1 = (0,01 \cdot 1000) / 11,65$$

$$V_1 = 0,85 \text{ ml.}$$

Pour préparer 250ml de FeCl_3 :

212,5 μL de HCl \rightarrow ajuste 250 ml avec l'eau distillée

Dissoudre 0,40575 g de FeCl_3 dans cette solution

Préparation du tampon phosphate :

$$pH = 6,2 \text{ à } 0,64 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

L'acide est : $\text{NaH}_2\text{PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$

La base conjuguée : $\text{Na}_2\text{HPO}_4, 12 \text{H}_2\text{O}$

Calcul de la quantité des réactifs :

- Pour $\text{NaH}_2\text{PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ (acide)

$$PM = 156,01 \text{ g / mol}$$

$$PM - \text{H}_2\text{O} \rightarrow PM' = 120,01 \text{ g/mol}$$

$$\text{On a } 120,01 \text{ g} \longrightarrow 1 \text{ mol}$$

$$X \text{ g} \longrightarrow 0,64 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\left. \begin{array}{l} \longrightarrow 1 \text{ mol} \\ \longrightarrow 0,64 \cdot 10^{-3} \text{ M} \end{array} \right\} X = 76,8064 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$156,01 \text{ g (dans le flacon)} \longrightarrow 120,01 \text{ g (flacon } -\text{H}_2\text{O)}$$

$$y \longrightarrow 76,8064 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

$$y = 99,8463 \cdot 10^{-3} \text{ g / L}$$

- Pour $\text{Na}_2\text{HPO}_4, 12 \text{H}_2\text{O}$:

$$PM = 358,14 \text{ g/mol}$$

$$PM' = PM - 12 H_2O = 142,14g/mol$$

$$\text{On a : } 358,14 \text{ g} \longrightarrow 142,14 \text{ g (sans H}_2\text{O)}$$

$$X \text{ g} \longrightarrow 90,9696 \cdot 10^{-3} \text{ g (pour avoir 0,64 mM)}$$

$$X = 0,2282 \text{ g/1000ml.}$$

Solution de BSA

1 g de BSA / 1 L de tampon A

Tampon acétate (tampon A) à pH 4,9:

- Acide acétique à 0.20M
- chlorure de sodium à 0.17 M
- pH Ajusté à 4,9

Solution SDS :

- 50 ml de triethanolamine
- 10 g SDS
- Compléter à 1 litre d'eau distillée.

Ferricyanure de K⁺ (1%) :

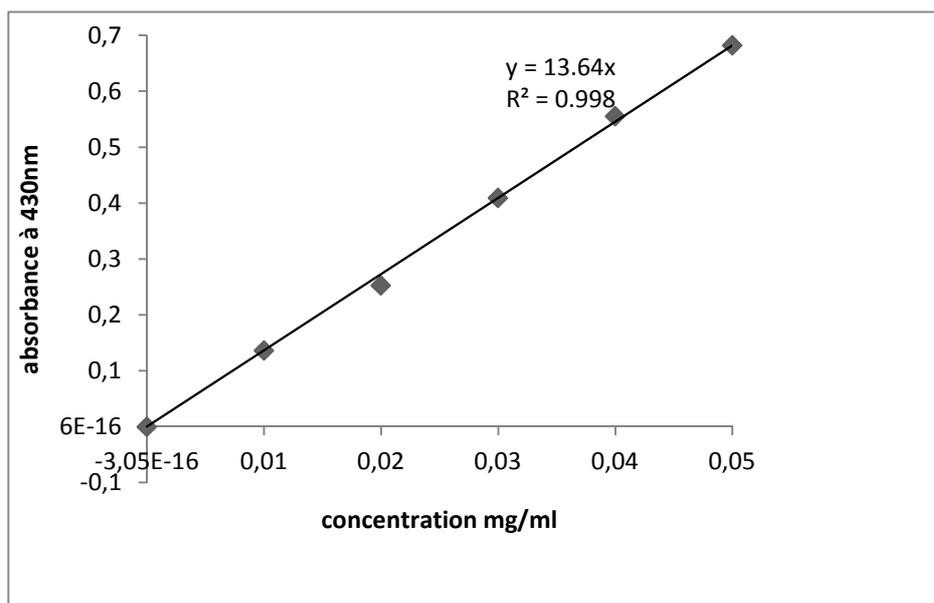
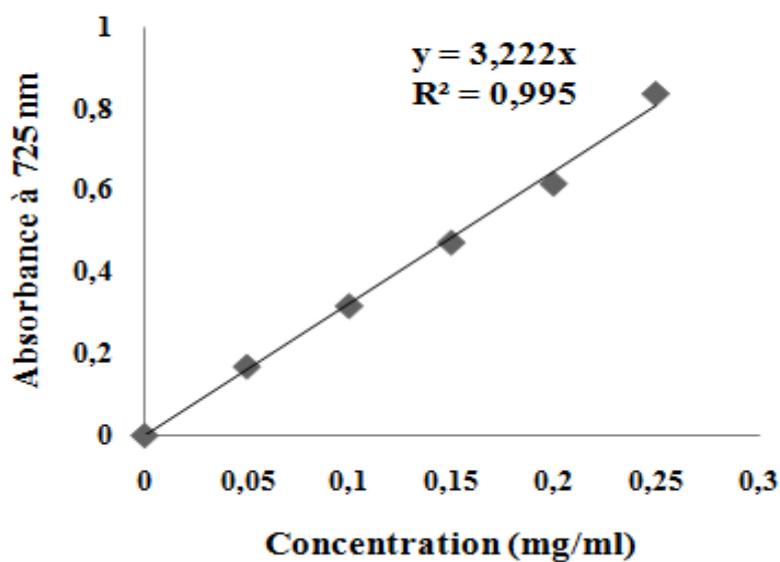
- 0,5 mg de Ferricyanure de K⁺ dans 50 ml eau distillée

Solution de TCA (trichloracétique) (10%) :

- 5mg dans 50ml d'eau distillée.

FeCl₃ (0,1%) :

- 0,02mg de FeCl₃ dans 20ml d'eau distillée.

Annexe 3: Courbes d'étalonnage utilisées pour le dosage des antioxydants.**Figure 11:** Courbe d'étalonnage de quercétine pour la détermination des flavonoïdes.**Figure 12:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la détermination des polyphénols totaux.

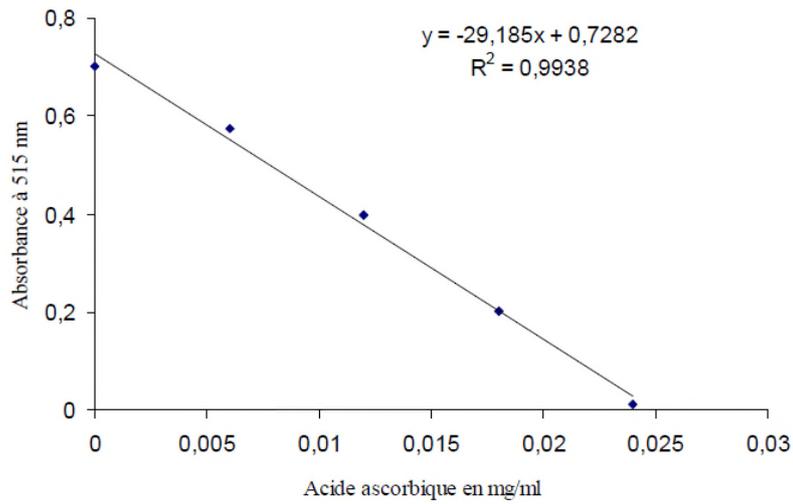


Figure 13: Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique pour la détermination de la vitamine C.

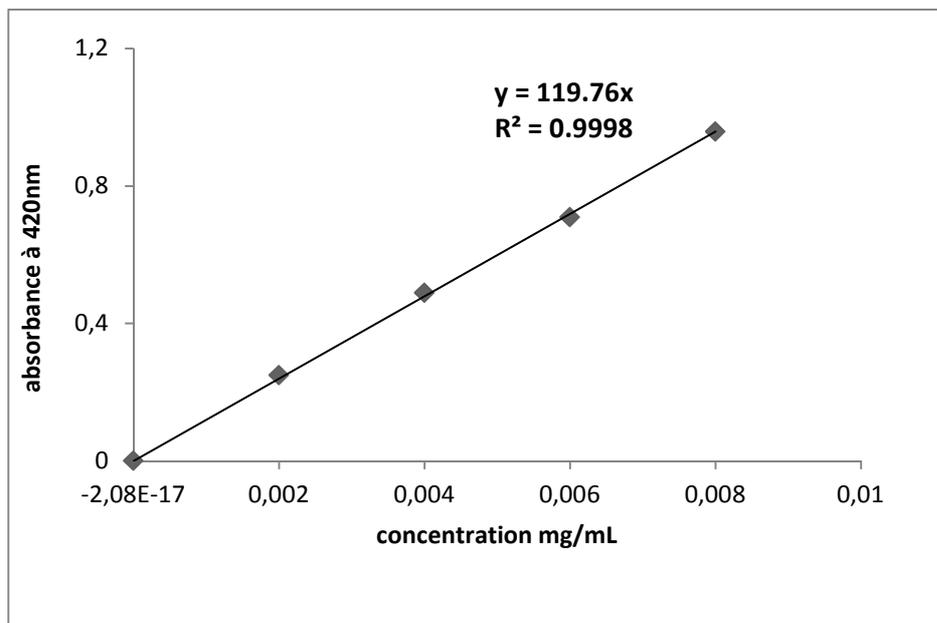


Figure 14 : Courbe d'étalonnage du β -carotène pour la détermination des caroténoïdes

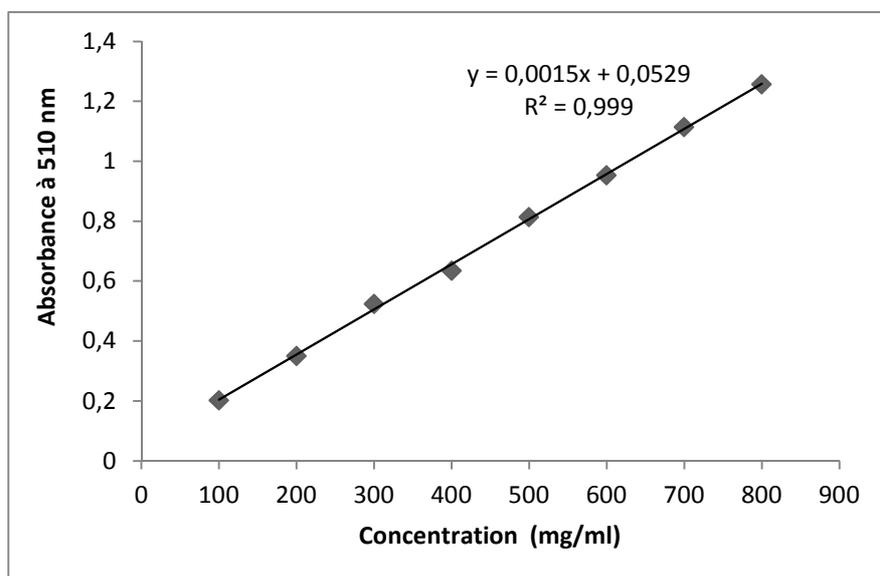


Figure 15 : Courbe d'étalonnage de l'acide tannique pour la détermination des tannins totaux.

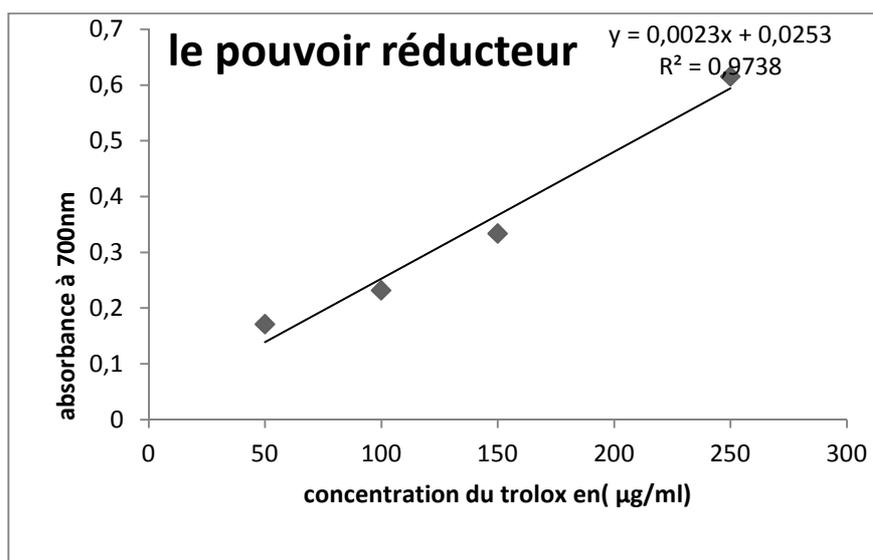


Figure 16 : Courbe d'étalonnage du standard trolox pour la détermination des équivalents en trolox pour le pouvoir réducteur.

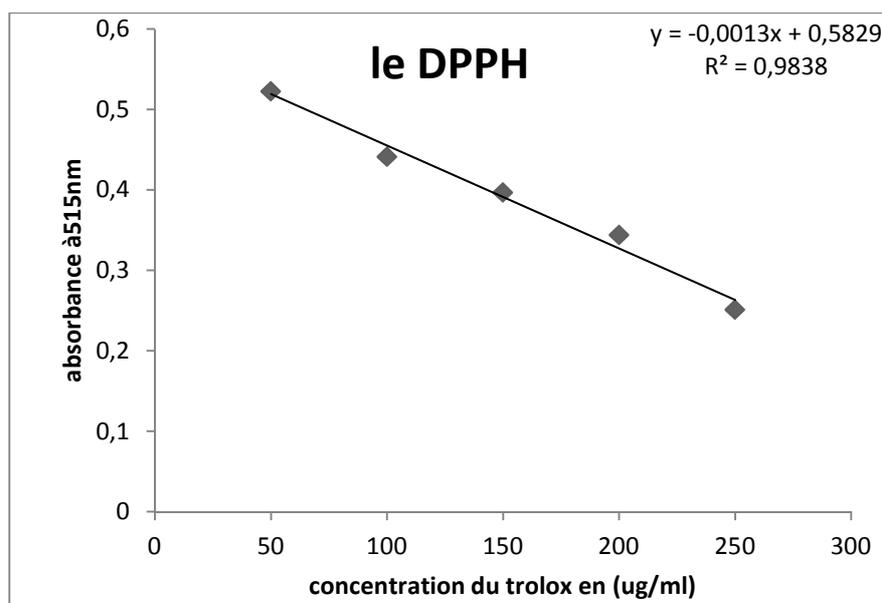


Figure 17 : Courbe d'étalonnage du standard Trolox pour la détermination des équivalents en trolox pour le DPPH.

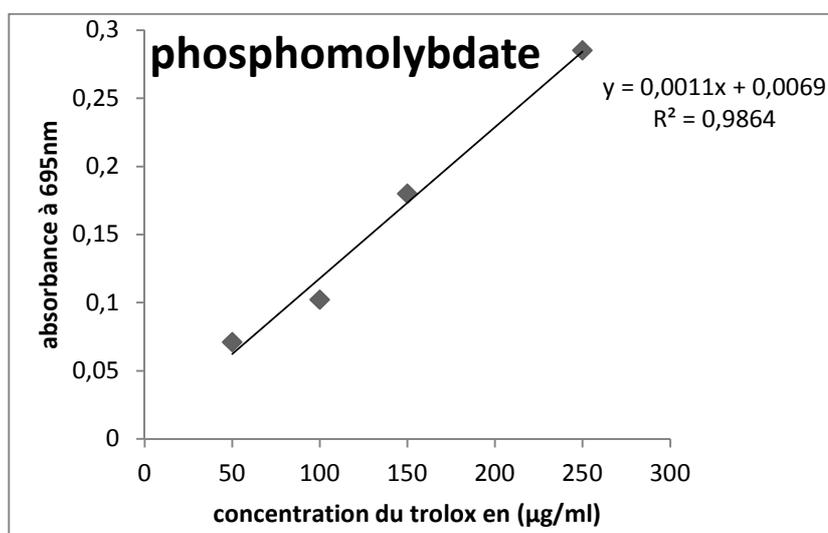


Figure 18 : Courbe d'étalonnage du standard Trolox pour la détermination des équivalents en trolox pour le test phosphomolybdate.

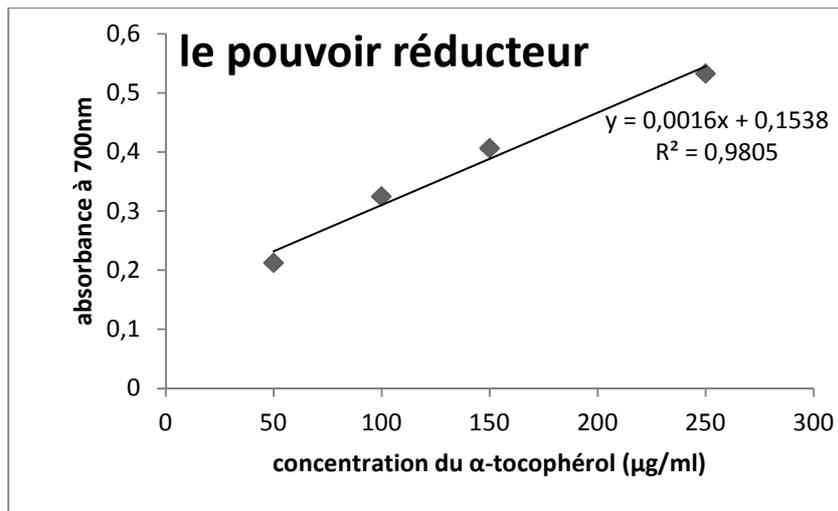


Figure 19 : Courbe d'étalonnage du standard α -tocophérol pour la détermination des équivalents en tocophérol pour le pouvoir réducteur.

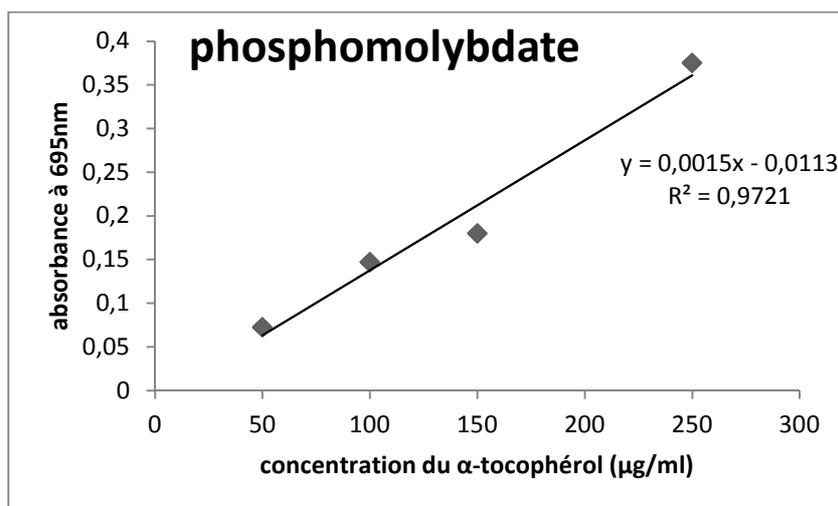


Figure 20 : Courbe d'étalonnage du standard α -tocophérol pour la détermination des équivalents en tocophérol pour le test phosphomolybdate.

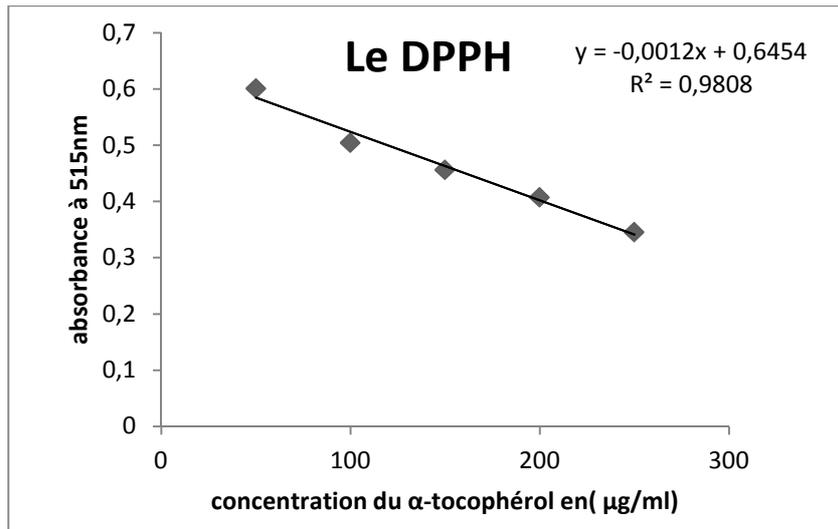
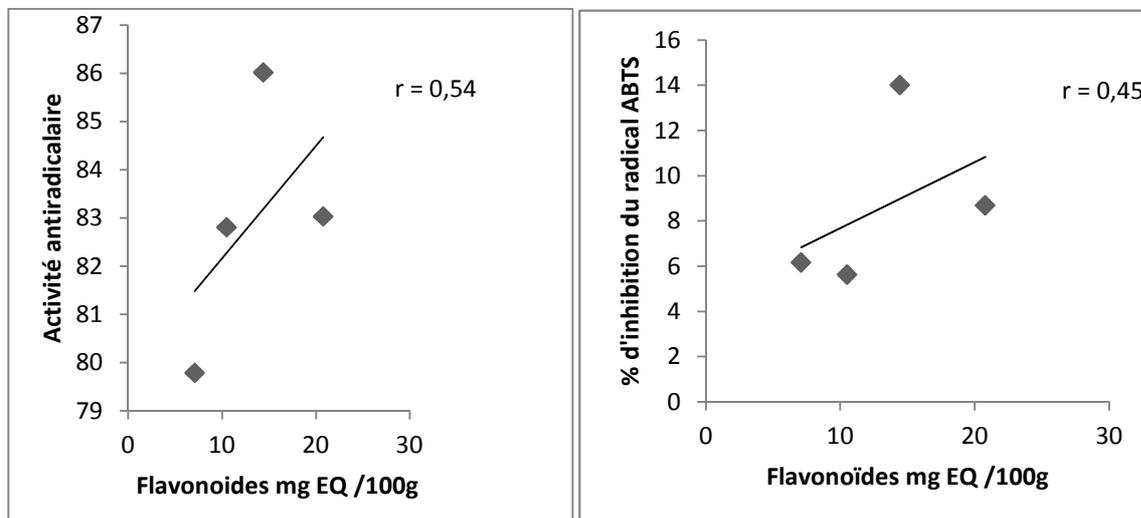
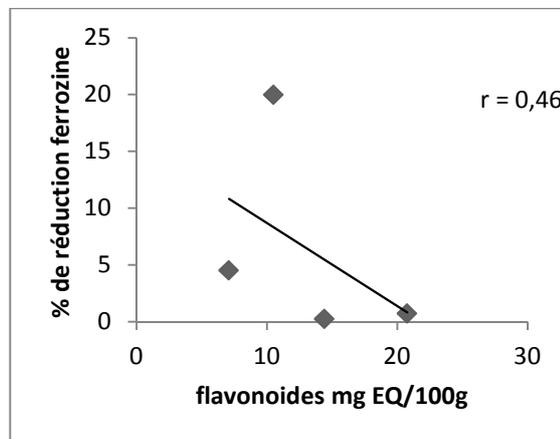
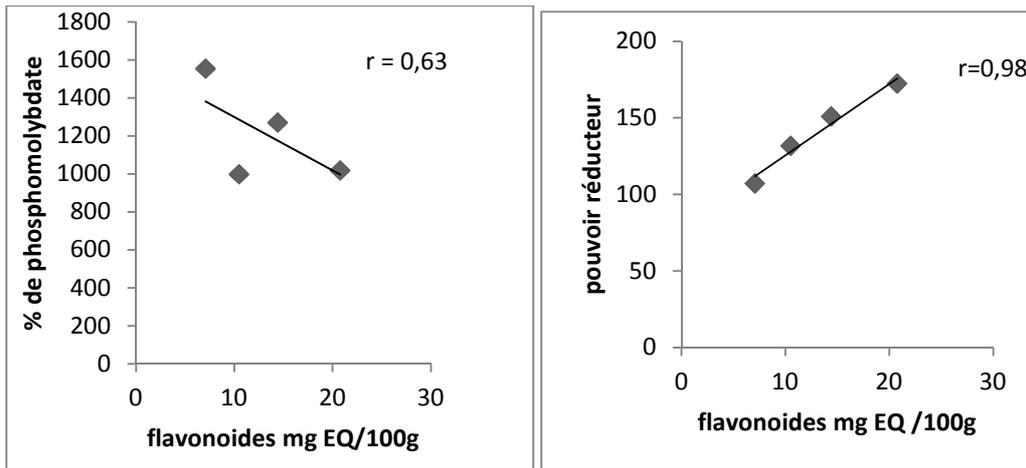


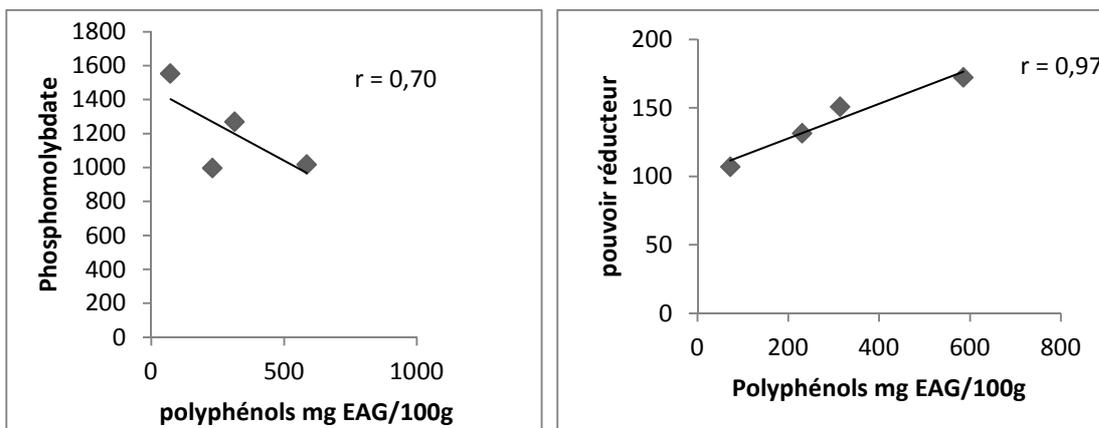
Figure 21 : Courbe d'étalonnage du standard α -tocophérol pour la détermination des équivalents en tocophérol pour le DPPH.

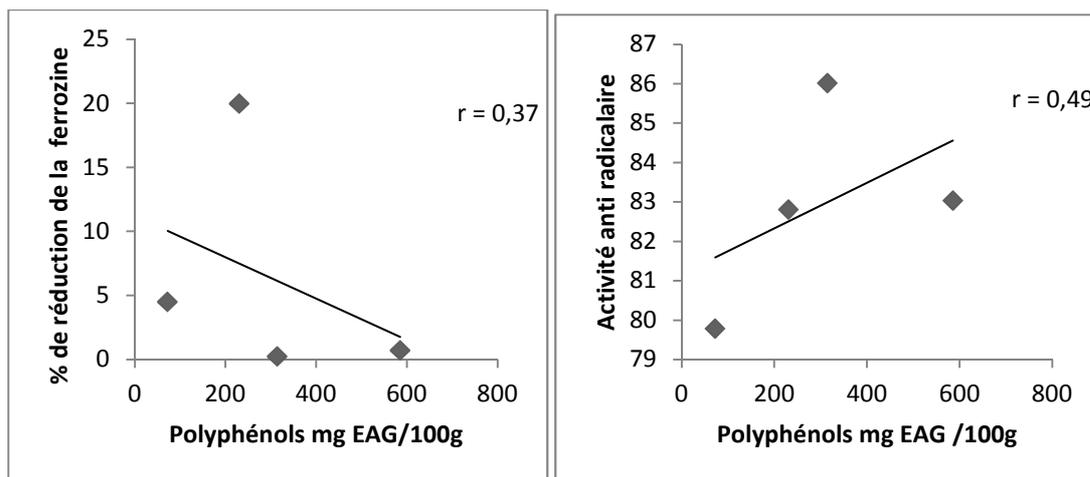
Annexe 4: courbes de corrélations pour les flavonoïdes.



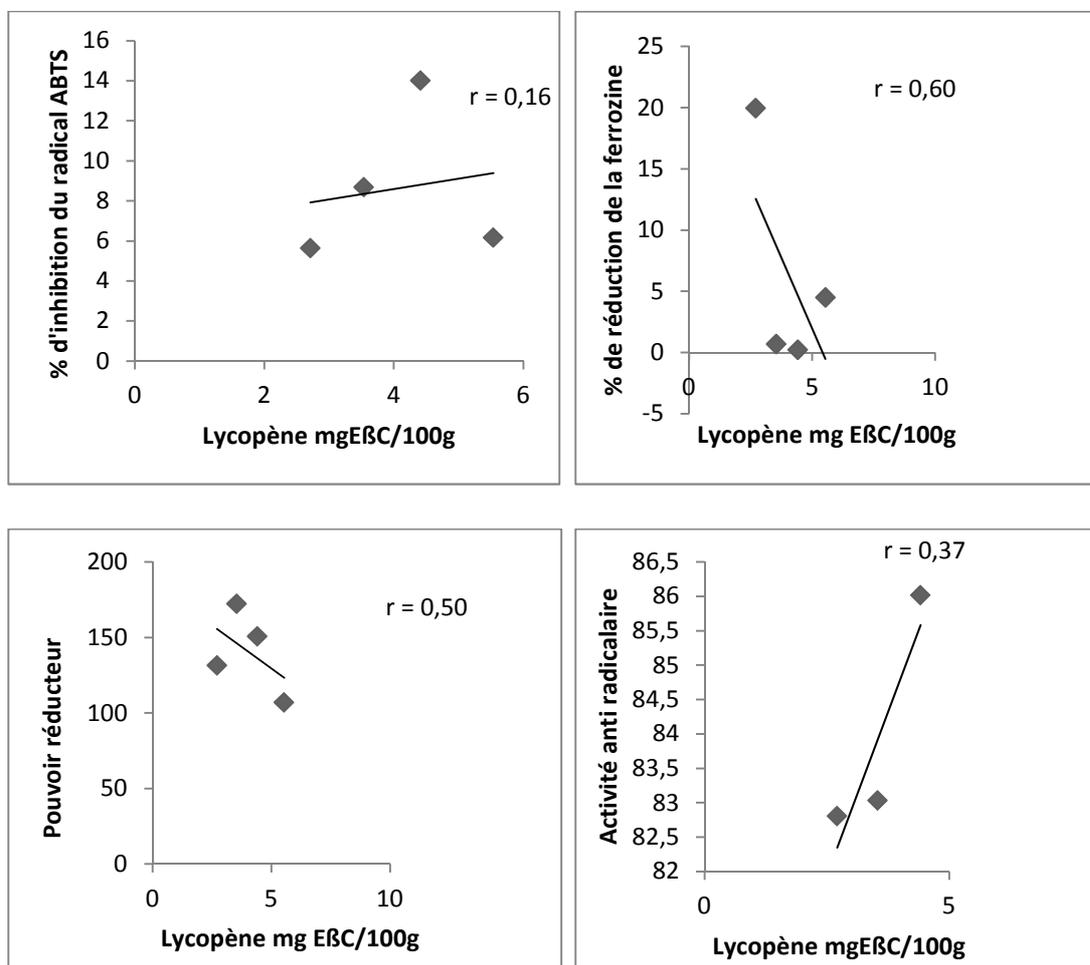


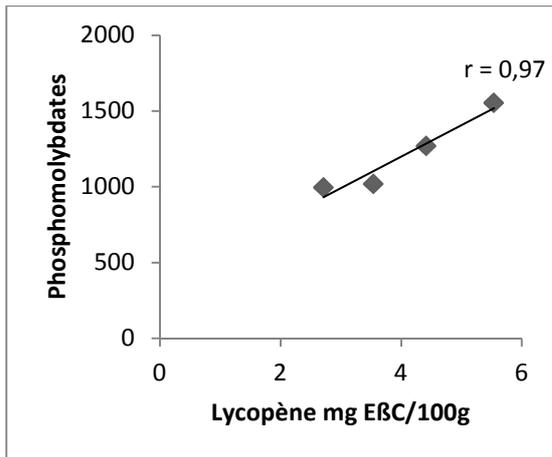
Annexe 5 : Courbes de corrélations pour les polyphénols.



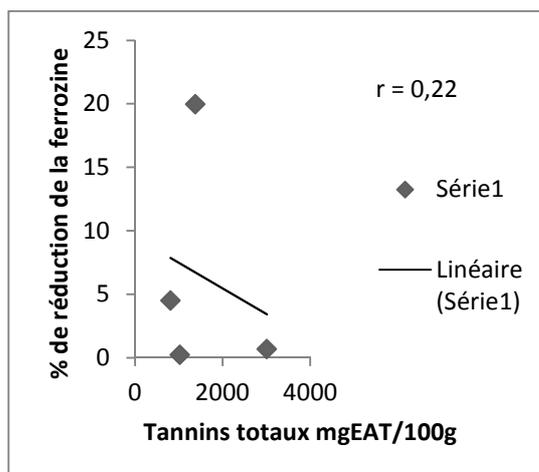
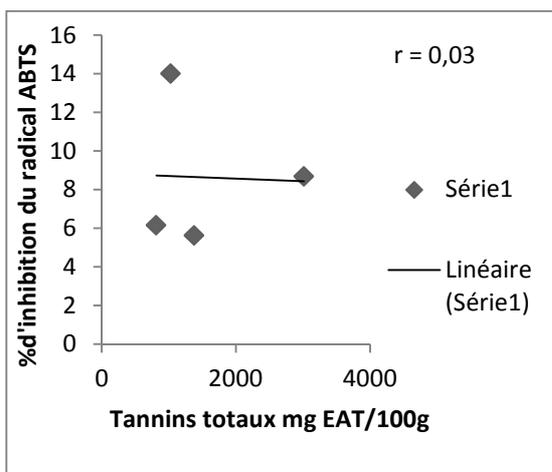
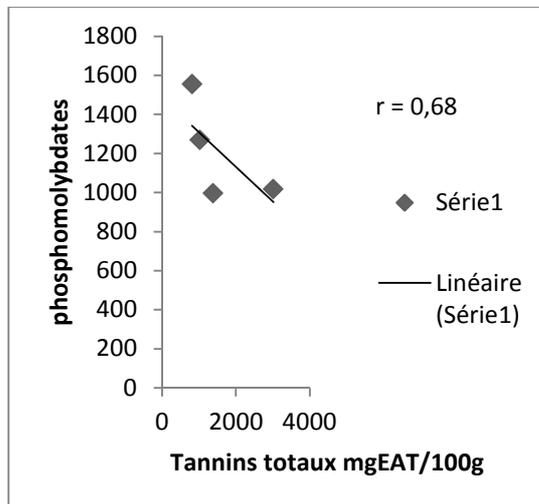
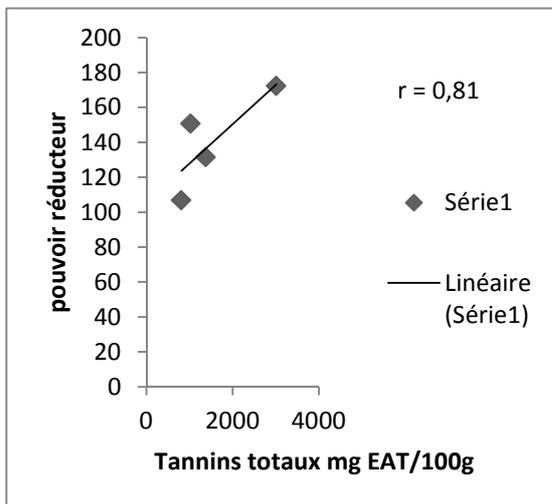


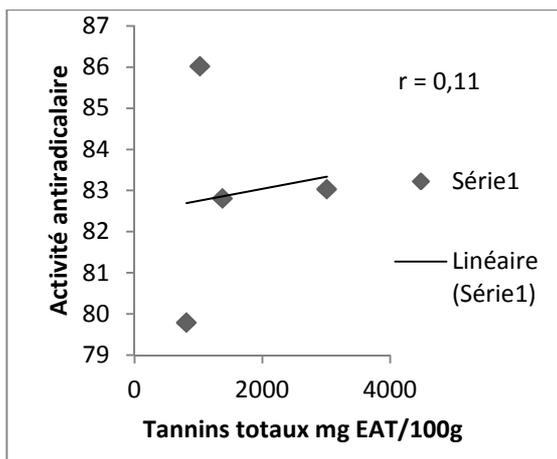
Annexe 6 : Courbes de corrélations pour le lycopène.





Annexe 7 : Courbes de corrélations pour les tannins totaux.





La présente étude nous a permis de déterminer l'effet de la cuisson sur la physico-chimie, les teneurs en antioxydants ainsi que le pouvoir antioxydant d'une variété de tomate (Marmande). Les résultats obtenus montrent que les teneurs en composés bioactifs varient en fonction du mode de cuisson. 95% de la masse de la tomate fraîche est constituée d'eau. Dans la présente étude, la tomate présente des variations du pH de 3,97 à 4,50. L'acidité titrable varie également de 1,99 à 2,98 g /100 g. La teneur en humidité varie de 1,53 à 94,60% selon le mode de cuisson. Le taux de caroténoïdes totaux change d'un mode de cuisson à un autre (4,73 à 9,63 mg EBC /100 g). La teneur en lycopène est comprise entre 2,71 et 5,54 mg EBC /100 g. La teneur en acide ascorbique varie entre 12,94 à 21,15 mg EAA/100 g. La concentration en composés phénoliques change en fonction du mode de cuisson (72,42 à 585,56 mg EAG/100 g). Les teneurs en flavonoïdes sont comprises entre 7,09 et 20,77 mg EQ/100 g. Cependant, le pourcentage de réduction du radical ABTS des échantillons cuits est supérieur à celui de la tomate fraîche. Une bonne corrélation positive a été observée entre le pouvoir réducteur et la teneur en flavonoïdes dont le coefficient de corrélation est de 0,98.

Mots clés: Tomate, paramètres physico-chimie, antioxydants, activité antioxydante, effet de la cuisson.

Abstract: The present study evaluate the effect of cooking on the content of antioxidant and physico-chemical parameters (pH, acidity, total sugar, Brix, organic matter, non-enzymatic browning) of a variety of tomato (Marmande). The result shows that the levels of antioxidants vary depending on the cooking method and 95% of the mass of the fresh tomato studied is water. The pH of tomato variate from 3.97 to 4.50. The titrable acidity also varies from 1.99 to 2.98 g/100 g. The moisture content varies from 1.53 to 94.60% depending on the cooking method. Rate of total carotenoids change from 4.73 to 9.63 mg EBC/100 g. Variation of the lycopene content is between 2.71 and 5.54 mg EBC/100 g. The ascorbic acid content is ranged from 12.94 to 21.15 mg EAA/100 g. Concentration of phenolic compounds varies according to the method of cooking from 72.42 to 585.56 mg EAG/100 g. The contents of flavonoids are between 7.09 and 20.77 mg. The reducing and the anti-radical power of the cooked samples are lower than that of fresh sample. However, the reduction of the ABTS radical cooked samples is higher than the fresh samples. A good positive correlation was observed between the reducing power and flavonoids content with the correlation coefficient is 0.98.

Keywords: Tomato, physico- chemical parameters,antioxidants,antioxidant activity, effect of cooking..