

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE-MIRA DE BEJAIA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPRTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES**

# Mémoire de Fin de Cycle

**En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Sciences Alimentaires**

## Thème

*Caractérisation biochimique et étude des activités  
biologiques de quelques variétés de figes (*Ficus carica*  
L.) Algériennes.*

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> GUEDDOUDJ Katiba.**

**M<sup>elle</sup>: GHARSA Aicha.**

**Membres du Jury :**

**Présidente : M<sup>elle</sup> BELHAMICHE N.**

**Examineurs: M<sup>me</sup> FELLA S.**

**M<sup>r</sup> CHIKHOUNE A.**

**Promoteur: M<sup>r</sup> BOUKHALFA F.**

***Année universitaire : 2011-2012***

# Remerciements

*Nous remercions le dieu tout puissant pour nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour terminer notre cycle d'études ainsi que ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont directement à notre promoteur **M<sup>r</sup> Boukhalfa Farid**, pour sa collaboration, sa disponibilité, ses précieux conseils et pour nous avoir donné les moyens et l'assistance nécessaire à la réalisation de notre travail.*

*Nous remercions **M<sup>elle</sup> Belhamiche Nabila** pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.*

*Nous remercions **M<sup>r</sup> Chikhoune Amirouche** et **M<sup>me</sup> Fella Samira** d'avoir accepté de juger et examiner notre travail.*

*Nous remercions **M<sup>r</sup> Madani K** pour nous avoir permis de travailler au niveau de son laboratoire et pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Nous n'oublierons pas de remercier également toute l'équipe du laboratoire de « technologie alimentaire » pour leur aide et gentillesse, sans oublier tous ceux qui ont apporté leurs soutiens et encouragement durant la réalisation de ce travail*



# Dédicaces

*Je dédie ce travail :*

*A ceux que Dieu ma donnée de plus chère :*

*A la mémoire de mon grand père, que Dieu l'accueil dans son vaste paradis.*

*A Ma chère mère qui ma entoure avec ça tendresse et qui n'a cessé de prier pour moi.*

*A Mon très cher père qui ma beaucoup aide avec ces précieux conseille et son soutien tout au long de mes études, que Dieu les garde pour ma famille.*

*Merci papa, merci maman*

*A mes chers frères : Ferhat et sa petite famille, M'hiddine, Ouari et Khalifa à qui je souhaite une vie pleine de bonheur, de santé et de réussite.*

*A Mes adorables sœurs : Nassira, Marbouha, Nassima, Zinab et Sadika que j'aime profondément.*

*Au fils et filles de mes sœurs : Boussaad, Karim, Khalil, Raïd, Amirouche, Wissam, Abire, Raouf ainssi que toute ma famille.*

*A ma petite sœur que j'aime beaucoup Souhila.*

*A ma coupine Aïcha et sa famille.*

*A tous mes ami (es).*

*A toute la promotion de SA.*

*A tous ceux qui m'ont aidée de loin au de prés.*

*M<sup>lle</sup> : GUEDDOUDJ Katiba*





# Dédicaces

*Je dédie ce travail à :*

*A mes parents, les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte et je remercie Dieu de vous avoir protégé*

*-A mes frères : nourdine, atman, lyazid, A.bafid*

*A mes sœurs : hassina, fayza, farida et leurs familles, faroudja, Hakima à qui je souhaite une vie pleine de bonheur, de sante et de réussite*

*A les filles de mes sœurs : khalisa, Karima et dida*

*-A tous mes oncles et tantes sans exception surtout la famille Ait si ali  
A mes copine de chambre : Nadia, Karima, Douda, Somia.*

*-A mes amies : Djida, Baya, Nacera, baya, Sabiha.*

*A ma copine katiba et sa famille.*

*A tous la promotion de S.A.*

*A tous ceux qui m'ont aidée de loin au de prés.*

*Melle : GHARSA Aicha*

# *Sommaire*

# Sommaire

*Liste des abréviations*

*Liste des annexes*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

***Introduction*** ..... 1

## ***Synthèse bibliographique***

### ***I- Généralités sur la figue***

I-1 Description de la figue ..... 2

I-2 Composition et valeur nutritive de la figue ..... 3

I-3 Utilisation de la figue ..... 4

I-3.1 Figue ..... 5

I-3.2 Feuille ..... 5

I-3.3 Latex ..... 6

I-4 Production de la figue ..... 6

I-4.1 Production mondiale ..... 6

I-4.2 Production nationale et régionale ..... 6

### ***II- Les molécules bioactives et leurs activités biologiques***

II-1 Composés phénoliques ..... 7

II-2 Flavonoïdes ..... 8

II-3 Caroténoïdes ..... 9

II-4 Vitamines ..... 10

II-4.1 Vitamine E ..... 10

II-4.2 Vitamine C ..... 10

II-5 Oligo-éléments ..... 11

## *Partie expérimentale*

### *I-Matériel et méthodes*

I-1 Matériel végétal .....	12
I-1.1 Description des variétés étudiées .....	12
I-2 Traitement des échantillons .....	14
I-2.1 Test d'humidité .....	14
I-2.2 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	14
I-2.3 Sucres .....	14
I-2.4 Cendres totaux .....	15
I-2.4.1 Dosage élémentaire des minéraux .....	15
I-3 Extraction des antioxydants .....	15
I-4 Dosage des antioxydants .....	16
I-4.1 Composés phénoliques totaux .....	16
I-4.2 Flavonoïdes .....	16
I-4.3 Anthocyanines .....	17
I-4.4 Caroténoïdes .....	17
I-4.5 Vitamine C .....	18
I-5 Détermination de l'activité antioxydante .....	18
I-5.1 Pouvoir réducteur .....	19
I-5.1.1 Réduction de chlorure ferrique .....	19
I-5.2 Pouvoir anti-radicalaire .....	19
I-5.2.1 Neutralisation de radical DPPH* .....	19
I-5.2.2 Neutralisation de radical libre ABTS <sup>+</sup> .....	19
I-5.2.3 Neutralisation de radical libre H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	20
I-6 Détermination de l'activité antibactérienne .....	20
I-6.1 Standardisation des souches .....	21
I-6.2 Test d'activité antibactérienne .....	21
I-7 Analyse statistique .....	21

## ***II- Résultats et discussions***

II-1 Humidité .....	22
II-2 Potentiel hydrogène (pH) .....	23
II-3 Sucres .....	24
II -4 Cendres .....	25
II-5 Extraction des antioxydants .....	27
II-6 Dosage des antioxydants totaux.....	29
II-6.1 Polyphénols totaux.....	29
II-6.2 Flavonoïdes .....	30
II-6.3 Anthocyanines.....	32
II-6.4 Caroténoïdes .....	34
II-6.5 Vitamine C .....	36
II-7 Activité antioxydante .....	37
II-7.1 Pouvoir réducteur.....	37
II-7.1.1 Réduction de chlorure ferrique .....	37
II-7.2 Pouvoir anti-radicalaire.....	39
II-7.2.1 Neutralisation de radical DPPH .....	39
II-7.2.2 Neutralisation de radical ABTS <sup>+</sup> .....	41
II-7.2.3 Neutralisation de radical H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	43
II-8 Activité antimicrobienne.....	44
<b><i>Conclusion</i></b> .....	46

*Références bibliographiques.*

*Annexes.*

## Liste des abréviations

**ANOVA:** analysis of variance.

**ABTS:** 2, 2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique)

**DPPH:** 2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyle

**EAG:** Equivalent en acide gallique.

**E.Cy:** Equivalent cyanidine -3-glucoside.

**E.β-C:** Equivalent β-carotène.

**E.Q:** Equivalent Quercétine.

**ERO :** Espèces réactive de l'oxygène.

**FROs :** Forme réactive de l'oxygène.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Peroxyde d'hydrogène.

**HO• :** radical hydroxyle.

**ITAF :** Institut Technique des Arbres Fruitiers.

**NO• :** Monoxyde d'azote.

**<sup>1</sup>O<sub>2</sub>:** Anion superoxide.

**O<sub>2</sub><sup>•-</sup>:** Oxygène singulier.

**<sup>3</sup>O<sub>2</sub>:** Oxygène triplet.

**ROO• :** Radical peroxyde.

## Liste des annexes

<b>Annexe</b>	<b>Titre</b>
<b>Annexe I</b>	production des figues dans le monde
<b>Annexe II</b>	Commerce mondiale de la Figue sèche
<b>Annexe III</b>	Production nationale de la figue
<b>Annexe IV</b>	structure de quelques antioxydants
<b>Annexe V</b>	Matériel, réactifs et milieux utilisés
<b>Annexe VI</b>	Préparation de quelques solutions
<b>Annexe VII</b>	Les caractéristiques des souches étudiées
<b>Annexe VIII</b>	Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres réducteur
<b>Annexe IX</b>	Courbes d'étalonnages utilisés pour le dosage des antioxydants
<b>Annexe X</b>	courbe d'étalonnage pour le dosage de la vitamine C
<b>Annexe XI</b>	Courbe d'étalonnage utilisée pour déterminer l'équivalent antioxydant
<b>Annexe XII</b>	Courbe d'étalonnage pour l'évaluation de l'activité anti-radicalaire
<b>Annexe XIII</b>	Corrélation des antioxydants avec les activités antioxydantes
<b>Annexe XIV</b>	Activité antibactérienne des extraits de quatre variétés de figues

## Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Le titre</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b>	Caractéristiques morphologiques de la figue	02
<b>Figure 2</b>	Photographie de la variété de figue <i>Abarkane</i> étudié.	12
<b>Figure 3</b>	Photographie de la variété de figue <i>Azagagh</i> étudié.	13
<b>Figure 4</b>	Photographie de la variété de figue <i>Ghoudani</i> étudié.	13
<b>Figure 5</b>	Photographie de la variété de figue <i>Tahiounte</i> étudié.	13
<b>Figure 6</b>	Teneur en humidité des variétés étudiées	22
<b>Figure 7</b>	Valeurs du pH des variétés de figue étudiées.	23
<b>Figure 8</b>	Teneur en sucres réducteur des variétés étudiées.	24
<b>Figure 9</b>	Teneur en cendres de variétés étudiées.	26
<b>Figure 10</b>	Teneur en minéraux des variétés étudiée.	26
<b>Figure 11</b>	Taux d'extraction des variétés étudiée.	28
<b>Figure 12</b>	Teneur moyenne en polyphénols des variétés étudiés..	29
<b>Figure 13</b>	Teneur moyenne en flavonoïdes des variétés étudiés.	31
<b>Figure 14</b>	Teneur moyenne en anthocyanine des variétés étudiée.	33
<b>Figure 15</b>	La teneur moyenne en caroténoïdes des variétés étudiée	35
<b>Figure 16</b>	Teneur moyenne en vitamine C de variétés étudiées.	36
<b>Figure 17</b>	Pouvoir réducteur de FeCl <sub>3</sub> des variétés étudiées.	38
<b>Figure 18</b>	Pouvoir anti-radicalaire, <i>vis a vis</i> le radical DPPH, des extraits étudiés.	40
<b>Figure 19</b>	Pouvoir anti-radicalaire, vis-à-vis l'ABTS, des variétés de figue étudiée.	42
<b>Figure 20</b>	Pouvoir anti-radicalaire vis-à-vis H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> des variétés étudié	43
<b>Figure 21</b>	Diamètre des zones d'inhibition des variétés étudiée vis à vis deux souches	44

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b>	Composition et valeur nutritive de la figue	03
<b>Tableau II</b>	Composition en minéraux de la figue	04
<b>Tableau III</b>	Composition en vitamines de la figue	04

# *Introduction*

## **Introduction**

De nombreux processus physiologiques et biochimiques dans le corps humain peuvent produire des radicaux libres et d'autres espèces réactives de l'oxygène comme sous-produits. La surproduction de ces espèces, dû à un déséquilibre dans la balance oxydants/antioxydants provoque le stress oxydatif, situation impliquée dans la plupart des maladies humaines telles que le diabète, les maladies neurodégénératives, les maladies cardio-vasculaires et certains types de cancers, qui résultent de l'action de ces radicaux libres sur les molécules biologiques (protéines, ADN et lipides) (**Halliwell et al., 1996 ; Bagchi et al., 2003**).

Des études épidémiologiques ont démontré une relation inversée entre la consommation des fruits et la mortalité due à ces maladies. L'effet préventif de ces aliments résulte de la présence d'un éventail de molécules antioxydants dont les composés phénoliques, les caroténoïdes et certaines vitamines qui s'opposent à l'action néfaste de ces radicaux libres (**Knert et al. 2002 ; Wang et Stoner, 2008**).

Les propriétés des antioxydants découlent de la présence de noyaux aromatiques, de doubles liaisons conjuguées et les groupements hydroxyles qui les rend aptes à piéger les radicaux libres (**Pelli et Lyly, 2000**).

Les études épidémiologiques ont révélé une faible incidence de plusieurs maladies chez les populations des régions méditerranéennes. Cette protection apparaît reliée aux régimes alimentaires de ces régions, qui consistent à l'ingestion des légumes et des fruits.

Le Figuier (*Ficus carica L.*) est une espèce typique des pays de la Méditerranée. Son fruit, la figue est très nourrissante, énergétique, riche en vitamines, en fibre et éléments minéraux.

L'Algérie est classée selon les statistiques du FAO (2010) en troisième place, avec 99100 tonnes par an, ce qui représente 9,31% de la production mondiale. Un patrimoine qui est représenté par de nombreuses variétés, leur caractérisation est fondamentale pour leur valorisation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui consiste à, étudier la composition biochimique en déterminant le pH, l'humidité, la teneur en sucre et le taux des cendres, et également d'évaluer le potentiel antioxydant par le dosage des différentes substances antioxydantes (acide ascorbique, caroténoïdes, polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et anthocyanines) ainsi que par la détermination du pouvoir réducteur, de l'activité anti-radicalaire et antibactérienne, de quatre variétés de figues algériennes.

*Synthèse  
bibliographique*

# *Chapitre I*

## I-1 Description de la figue

La figue est le fruit du figuier commun (*Ficus carica* L), citée dans le Coran, anciennement très connue dans le bassin Méditerranéen. Cet arbre est de taille variable s'étendant largement, vigoureux, écorce grise lisse, émettant un suc lacteux blanc en cas de blessure, ses feuilles larges découpées (Bayer et al., 1987 ; Couplan, 1998).

Il existe plus de 700 variétés de figue dans le monde (Schatz et Hossaert, 2008 ; Jeddi, 2009). Le moyen classique d'identification des génotypes est basé sur les caractères morphologiques tel que ; la taille, la forme du fruit, la couleur de l'épiderme, et on distingue ; les figues blanches avec un épiderme jaune à vert et une pulpe rouge assez sucrée, et les figues colorées avec un épiderme brun, rouge, violet et même noir et une chair plus ou moins foncée (Khadari et al., 1994).

Pour la production, seules les variétés femelles sont cultivées, et peuvent être bifères (donnant deux récoltes par an, au printemps sur les rameaux de l'année précédente et en automne sur ceux de l'année en cours) ou unifères (fructifient une seule fois en fin d'été).

La figue est composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Haesslein et Oreiller, 2008).

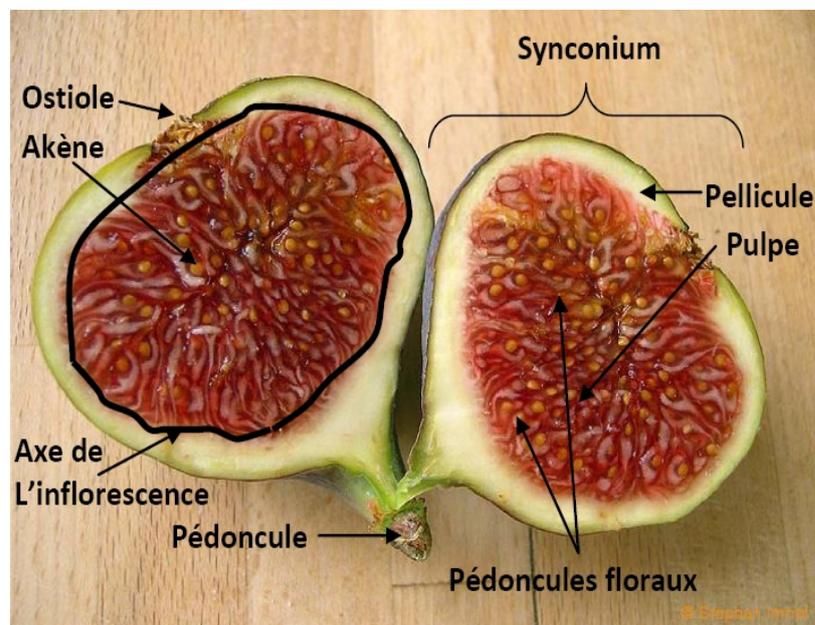


Figure N° 1: Caractéristiques morphologiques de la figue (Haesslein et Oreiller, 2008).

## I-2 Composition et valeur nutritive de la figue

La figue joue un rôle équilibrant dans l'alimentation, grâce à sa teneur élevée en glucides assimilables et son faible apport en lipides. Ses fibres se montrent très efficaces pour stimuler les intestins. De ce fait, la figue est particulièrement indiquée en cas de tendance à la constipation. La composition moyenne de la figue est présentée dans le tableau I.

Par ailleurs, la figue est un fruit très riche en minéraux qui rétablit efficacement l'équilibre alimentaire ; elle présente surtout une teneur en calcium, phosphore et magnésium très appréciable. C'est aussi une très bonne source d'oligo-élément tel que le fer (Tableau II). Elle assure également un complément non négligeable en vitamines surtout celles du groupe B (Tableau III).

La figue, une fois séchée, devient un aliment concentré, énergétique. L'étude de sa composition montre une très grande richesse en glucides. La figue sèche fournit plus de fibres (7,5-16,2 g/100 g) que la plupart des autres fruits habituellement consommés et permet de couvrir 20% de la valeur quotidienne conseillée.

**Tableau I:** Composition et valeur nutritive de la figue (Vidaud, 1997 ; Couplan, 1998 ).

Composition	Figue fraîche	Figue sèche
Valeur énergétique (Kcal/100g)	74	224,0
Teneur en eau (g/100g)	79,11	25,0
Glucides (g/100g)	19,18	48,6-61,6
Protéines (g/100g)	0,75-1,3	2,7-4,2
Lipides (g/100g)	0,30	1,2-1,7
Fibres (g/100g)	2,9	7,5-16,2
Minéraux (g /100g)	0,66	-
Cholestérol (mg /100g)	0	0

**Tableau II:** Composition en minéraux de la figue (Souci et al., 1994 ; Couplan, 1998 ).

Minéraux (mg/100g)	Figue fraîche	Figue sèche
Calcium	60,00	170
Phosphore	23,00	116
Fluor	0,020	-
Fer	0,600	3
Magnésium	18,00	72
Manganèse	0,040	0,35
Sodium	2,000	17
Potassium	232,0	983
Sélénium	0,002	-
Zinc	0,260	0,86

**Tableau III:** Composition en vitamines de la figue (Souci et al., 1994 ; Couplan, 1998 ).

Vitamines (mg /100g)	Figue fraîche	Figue sèche
provit A	120	150
Vit C (acide ascorbique)	5	2,5
Vit PP (acide nicotinique)	0,4	1,7
Vit B <sub>6</sub> (pyridoxine)	0,113	0,16-0,26
Vit B <sub>1</sub> (thiamine)	0,08	0,2
Vit B <sub>2</sub> (riboflavine)	0,06	0,1
Vit B <sub>9</sub> (acide folique)	0,007	-
Vit E (tocophérol) (µg/100g)	0,11	-
Vitamine B5	0,3 mg	-

### I-3 Utilisation de la figue

Le figuier *Ficus carica* est une plante utilisées dans toute les régions du monde, dont ces applications sont très vastes et touchent le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (Adwan et al., 2006). Son huile essentielle est utilisée dans les industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Jordán et al., 2006).

### **I-3.1 Figue**

L'industrie accorde actuellement une grande importance au fruit du figuier pour ses utilisations diverses. Elle peut être séchée et/ou transformée de plusieurs manières pour la production de la confiture, des eaux de vie, des sirops concentrés et aussi des ingrédients utilisés dans les industries de pâtisserie et de confiserie **(Jeddi, 2009)**.

Le fruit peut être consommé frais, comme aliment très nourrissant, ou servie comme produit industriel. C'est un fruit chargé de symboles et de significations liés à des conseils de gastronomie, de rareté, de sagesse et de fertilité sexuelle. Il est très conseillé comme aliment regorgé de plusieurs nutriments, dont les fibres, le potassium, le calcium et le fer. Il fournit de précieux antioxydants ayant la capacité à neutraliser ou à réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme humain **(Couplan, 1998)**.

Le fruit de la figue est très reconnue pour son effet réducteur du taux de cholestérol dans l'organisme, grâce aux acides gras essentiels oméga-3 et oméga-6 et au phytostérol qu'elle contient **(Vinson, 1998)**. Elle est à conseiller aux enfants, convalescents, femmes enceintes ou allaitantes, personnes âgées, sportifs, travailleurs de force, cardiaques et anémiques. **(Jeddi, 2009)**.

Pour leurs vertus médicinales, la figue est utilisée dans les traitements contre les affections pulmonaires, la toux, les états d'anorexie, les troubles de la circulation sanguine, les varices, l'asthme, l'irritation de la trachée et de la gorge. **(Vinson, 1998 ; Jeddi, 2009)**.

Plusieurs études ont montrés que les polyphénols isolés des extraits de figues ont une activité anticancéreuse: cancer de prostate et de peau qui se développe rapidement dans le monde actuel **(Vinson, 1998)**.

La pulpe émolliente du fruit soulage la douleur, soigne les inflammations et traite les aphtes et les abcès gingivaux.

### **I-3.2 Feuille**

Les feuilles de figue ont des propriétés stomachiques, c'est-à-dire qu'elles tonifient et stimulent la fonction gastrique. Infusées dans un bain d'eau chaude, les feuilles de figue soulagent aussi les hémorroïdes. Mais le plus extraordinaire, c'est que ces feuilles ont des qualités antidiabétiques; en effet, elles réduisent la quantité d'insuline que les diabétiques doivent s'injecter. De plus, des recherches ont montré que les feuilles de figue freinent la croissance de certains types de cellules cancéreuses.

Les feuilles du figuier et les figues séchées peuvent également être utilisées comme aliment de bétail. Enfin, les précieuses feuilles réduiraient les taux de triglycérides chez les animaux, contribuant ainsi à la bonne santé des artères. (**Jeddi, 2009**).

### **I-3.3 Latex**

D'après **Jeddi, (2009)**, les utilisations de latex sont très diverses, mais la plus remarquable, c'est son utilisation comme source de protéase pour la coagulation du lait, d'où il sert pour l'isolation d'une enzyme digestive des protéines. Les cultures cellulaires de figues sont également évaluées comme une source de protéases.

Certaines espèces du figuier sont cultivées pour la production de latex, un lait blanc, qui sert à des applications comme lotion contre les piqûres d'insectes, les morsures et les verrues, et même contre les vers intestinaux (**Anonyme I, 2001**).

## **I-4 Production de la figue**

### **I-4.1 Production mondiale**

Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, soit en totale de 1064414 tonne en 2010 (**Annexe I**), ainsi qu'environ soixante quinze pour cent de la production des figues dans le monde se cultive dans les pays de la Méditerranée (**Caliskan et Polat, 2011**).

La Turquie (23,94%) en première position produit près du quart de la production mondiale, suivi par l'Égypte (17,37%), l'Algérie (9,31%) et l'Iran (7,17%) (**FAOSTAT, 2010**).

Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figues fraîches et 75% des importations mondiales de figues séchées). Les autres pôles de consommation sont constitués par l'Amérique du nord et Moyen-Orient (**Annexe II**).

### **I-4.2 Production nationale et régionale**

La production nationale est en augmentation continue avec une production de 60000 tonnes en 2003, de 63000 tonnes en 2004 et elle est estimée à 91927 tonnes en 2006 (**F.A.O., 2007**). Selon le Ministre de l'Agriculture (2007), la production de cette année est répartie respectivement dans les wilayas de ; Bejaia (174 600 qx), Tizi-Ouzou (117 530 qx), Blida (59 948 qx) et Bouira (38 712 qx) etc., et la région de Kabylie est de loin la plus dominante dans le territoire national (**Annexe III**).

# *Chapitre II*

## II- Molécules bioactives

Les substances naturelles issues des végétaux possèdent des intérêts multiples mis à profit dans les industries ; en alimentation, en cosmétologie et en dermatopharmacie. Ces composés sont le plus souvent connue pour leurs propriétés antioxydants, de retarder ou d'inhiber l'oxydation d'un substrat, réagissant rapidement avec les radicaux libres, molécules possédant un ou plusieurs électron libres qui les rend très réactive (**Borg et al., 2004 ; Berthet et Costesec, 2006**) tel que les espèces oxygénés réactives ( $^1\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ,  $\text{HO}^{\cdot}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NO}^{\cdot}$ ), les peroxydes lipidiques, les ions métalliques (Cu, Fe) et certaines enzymes (lipoxigénase, peroxydase) (**Berset, 1999**).

En tant qu'additif alimentaire, un antioxydant est une molécule qui protège les aliments contre les réactions d'oxydation qui accélèrent leurs détériorations (**Pincemail et al., 1998**).

Les antioxydants végétaux sont principalement des nutriments (vitamines et oligo-éléments), des composés phénoliques et des caroténoïdes (**Nève, 2002**).

### II-1 Composés phénoliques

Les composés phénoliques, métabolites secondaires des végétaux (**Bahorun, 1997**), caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec les glucides (**Annexe IV**). Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (**Boizot et Charpentier, 2006**), et peuvent être regroupés en de nombreuses classes qui se différencient par la complexité et le degré de modifications de squelette de base et par les liaisons de ces molécules avec d'autres molécules (glucides, lipides, etc.) (**Zuo et al., 2002**). On distingue ; les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

#### ➤ Propriétés biologiques des polyphénols

Les polyphénols sont associés à de nombreux processus physiologiques interviennent dans la capacité d'une espèce végétale à résister aux attaques des insectes et des micro-organismes (**Bahorun, 1997**). L'activité anti-oxydante des composés phénoliques est attribuée à leur grande réactivité en perdant un proton pour donner un radical libre fortement stabilisé inhibant ainsi l'oxydation de façon indirecte en désactivant l'oxygène singulet ( $^1\text{O}_2$ ) ou en chélatant les métaux (**Benzie, 2003 ; Gomez-Caravaca et al., 2006**).

L'action antimicrobienne est liée à leur capacité de dénaturer les protéines et agissent en provoquant la fuite cytoplasmique des constituants (les protéines, le potassium et le phosphore), qui est peut être due à la perturbation du peptidoglycane de la cellule (**Sousa et al., 2006**). Les

polyphénols s'adhèrent aussi, à la surface de la membrane plasmique et pénètrent à l'intérieur de la cellule bactérienne, inactivant ainsi certaines enzymes telles que les perméases, qui sont impliquées dans le transport des substrats (aminoacides et des polysaccharides), ce qui peut entraîner une modification de la perméabilité cellulaire, induisant la lyse de la cellule bactérienne (Lojkowska et Holubovska, 1992).

Ces composés montrent des activités anti-carcinogènes, anti-inflammatoires, antiathérogènes, anti-thrombotiques, analgésiques, antibactériens, antiviraux, anticancéreux (Babar Ali et al., 2007), anti-allergènes, vasodilatateurs (Falleh et al., 2008). Ils diminuent l'oxydation du cholestérol LDL (Middleton et al., 2000).

## II-2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des molécules très répandues dans le règne végétal. Ils font partie de la classe des polyphénols. Ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B), reliés par une chaîne en C3 (Annexe IV).

Selon la structure du cycle intermédiaire (cycle C), les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules dont les plus importantes sont les flavones, les flavonols, les flavanones, les dihydroflavonols, les isoflavones, les isoflavanones et les anthocyanes (Marfak, 2003).

Les anthocyanes, se caractérisent par une structure de base du cation flavilium (Céline-Aubert et Amiot-Carlin, 1999). La couleur varie selon le pH du milieu et la présence de métaux, rouges en milieu acide et bleus en milieu alcalin (Hadi, 2004 ; Berthet et Costesec, 2006). Ils jouent également un rôle important, avec d'autres flavonoïdes, dans la résistance des plantes aux attaques d'insectes (Simmonds, 2003).

### ➤ Propriétés biologiques des flavonoïdes

Les flavonoïdes, sont parmi les phyto-chimiques des aliments les plus étudiés, incluant un grand nombre de molécules qui peuvent avoir des activités biologiques diverses telle que ; l'activité antibactérienne et antivirale (Tim Cushnie et al., 2005), des propriétés anti-inflammatoires, anti-allergisante, anti-carcinogènes, antidiabétique, , hépatoprotectrice (Nijveldt et al., 2001 ; Ren et al., 2003 ; Özçelik et al., 2008 ; Ghasemzadeh et Ghasemzadeh, 2011).

La propriété des flavonoïdes, la mieux décrite est leur activité anti-oxydante qui est attribuée à leur capacité et potentiel de capture et de piégeage des radicaux libres en les stabilisant par le transfert des atomes d'hydrogène phénoliques (**Rice-Evans et al., 1996**).

Les anthocyanines jouent un rôle essentiel dans la prévention des maladies neuronales, cardiovasculaires ainsi que le diabète (**Konczak et Zhang, 2004**), et certains type de cancer (**Konczak et Zhang, 2004 ; Wang et Stoner, 2008**). Les anthocyanes sont efficaces dans la récupération d'oxygène réactif (**Tsuda et al., 1996**), en inhibant l'oxydation des lipoprotéines et l'agrégation plaquettaire.

### II-3 Caroténoïdes

Ce sont des pigments liposolubles, de couleur jaune à rouge, synthétisés par les plantes phototrophes, présents dans les chloroplastes et dans certains plastes qui colorent les fleurs, les fruits ou les racines (**Fernández-García et al., 2012**). Plus de 600 caroténoïdes sont identifiés, dont 40 à 50 sont habituellement consommés dans l'alimentation humaine (**Rao et Rao, 2007**).

Les fruits et les légumes fournissent la plupart des caroténoïdes dans le régime alimentaire humain. L' $\alpha$  et le  $\beta$ -carotène, la  $\beta$ -cryptoxanthine, la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène sont les plus communs dans les fruits. Certaines des caroténoïdes ont des propriétés provitaminiques A à des degrés variables tel que les carotènes dont la forme la plus active est le  $\beta$ -carotène (forme trans), ainsi que la cryptoxanthine, et leurs dérivés (**Couplan, 1998**) ( **Annexe IV**).

#### ➤ Propriétés biologiques des caroténoïdes

Plusieurs études ont montrés les effets protecteurs des caroténoïdes vis à vis de plusieurs maladies chroniques telles que le diabète type2 (**Akbaraly et al., 2008**), certains cancers (poumon, prostate et de sein) (**Fletcher et Fairfield, 2002**), les maladies cardio-vasculaires (**Krinsky et Johnson, 2005**) et de la carotide athérosclérose en plaques (**Riccioni et al., 2010**) et l'érythème provoqué par la lumière (**Dias et al., 2009**).

L'effet protecteur des caroténoïdes vis-à-vis de certaines pathologies chroniques est essentiellement dû à leur pouvoir antioxydant (**Rao et Rao, 2007**). Les caroténoïdes agissent en stabilisant les radicaux libres (ROO•) en les neutralisant par transfert d'hydrogène (**El-Agamey et al., 2004**). Ils sont des piègeurs efficaces de l'oxygène singulet ( $^1\text{O}_2$ ) en la transformant en oxygène moléculaire triplet ( $^3\text{O}_2$ ) plus stable (**Lee et al., 2004**).

## II-4 Vitamines

### II-4.1 Vitamine E

Ce terme regroupe un ensemble de composants présents dans la nature connu sous les noms de tocotriénols et les tocophérols dont on cite l' $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - et  $\delta$ -tocophérols (**Annexe IV**) (**Curtay et Robin, 2000**). Les tocophérols sont largement répandus dans les produits naturels d'origine végétale ou animale (**Cuveler et al., 2003**).

#### ➤ Propriétés biologiques de la vitamine E

C'est l' $\alpha$ -tocophérol qui est biologiquement le plus efficace. Le caractère hydrophobe de cette molécule lui permet de s'insérer au sein de la membrane biologique riche en acide gras polyinsaturés où elle joue un rôle protecteur efficace en empêchant la propagation de la peroxydation lipidique induite par les (ERO) (**Pincemail et al., 1998**). Ils interviennent dans la lutte contre les formes réactives de l'oxygène (FROs) (**Cuveler et al., 2003**).

### II-4.2 Vitamine C

La vitamine C est un micronutriment essentiel, soluble dans l'eau (**Carr et Frei, 1999**). On retrouve la vitamine C principalement dans les fruits et légumes (**Bossokpi, 2002**).

La vitamine C ou L- acide ascorbique ( $C_6H_8O_6$ ) (**Annexe IV**) est hydrosoluble, réducteur, facilement oxydé par l' $O_2$  en milieu neutre ou alcalin (**Berthet et Costesec, 2006**), stable en milieu acide et très stable lorsqu'elle est séchée. Elle est thermosensible et subit une altération en contact avec les métaux et la lumière (**Couplan, 1998**).

#### ➤ Propriétés biologiques de la vitamine C

Cette vitamine est associée à un large éventail de réactions biochimiques dans les cellules et les tissus de la plupart des organismes vivants (**Corti et al., 2010**). Elle joue un rôle important dans la régénération de la vitamine E et le glutathion, et possède aussi une action anti-infectieuse et antitoxique vis-à-vis des poisons chimiques et des toxines bactériennes. Elle participe dans la prévention des cancers et favorise l'absorption de fer et de calcium alimentaire (**Couplan, 1998**), ainsi que la protection contre l'oxydation des lipides (LDL-cholestérol) (**Kitts, 1997**).

## II-5 Oligo-éléments

Les éléments minéraux indispensables sont classés en éléments minéraux majeurs: P, Ca, Mg, Na, K, Cl, et en oligo-éléments : Fe, Zn, Cu, Mn, I, Se, etc. (**Ekhholm et al., 2007**).

Le zinc a un rôle d'antioxydant en intervenant par différents mécanismes. Il joue notamment un rôle structural d'une enzyme, le superoxyde dismutase, qui intervienne dans la lutte contre les radicaux libres (**Gervaise, 2004**).

Le sélénium entre également dans la constitution d'enzymes antioxydantes, la glutathion peroxydase, dont son activité est proportionnelle à l'apport de sélénium (**Brigelius-Flohé et al., 2002**). Cette enzyme catalyse la réaction de détoxification du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Concernant le potassium, des fortes concentrations intracellulaires sont nécessaires pour le bon fonctionnement de nos cellules. Le potassium agit en étroite collaboration avec le sodium pour maintenir l'équilibre acido-basique du corps et celui des fluides (**Cashman, 2006**).

Le magnésium, second cation intracellulaire, constitue un élément d'importance majeure en biologie humaine. La plupart des voies métaboliques sont magnésio-dépendantes, il intervient dans la régulation de la contraction des protéines, transport de calcium, sodium et potassium, agit comme un co-facteur pour l'activation de l'ATPase, et jouerait un rôle clé dans l'action régulatrice de l'insuline et dans le bon fonctionnement du système cardio-vasculaire (**Touyz, 2003**), dans la régulation de la tension artérielle (**Sontia et Touyz, 2007**). Le magnésium intervient dans la prévention du diabète de type 2 chez les enfants obèses (**Huerta et al., 2005**).

Les oligo-éléments interviennent comme coenzymes responsables de l'activité de certains enzymes impliqués dans la défense et dans les activités anti-oxydante (le zinc et le sélénium) (**Gervaise, 2004**), antibactérienne (l'argent), anti-inflammatoire (l'or), anti-infectieuses (le soufre) et même antitoxique (la silice et l'iode) (**Couplan, 1998**).

*Matériel et  
méthodes*

## I-Matériel et méthodes

### I-1 Matériel végétal

L'étude est réalisée sur les fruits de quatre variétés de figues *Ficus carica*, nommées *Tahiounte*, *Ghoudani*, *Abarkane* et *Azagagh* récoltées en fin du mois d'Aout – début de Septembre de l'année 2011, dans la région de Beni ourtilene (Sétif), à l'exception des variétés *Aberkane* (Tamokra, Akbou, Bejaia) et *Azagagh* (Bousselam, Sétif).

Les variétés sont représentées par un échantillon prélevé des lieux de récolte de manière aléatoire, sur des figuiers adultes choisis au hasard aux quatre points cardinaux. Les figues sont choisies sur la base de critères établis ; fruits sains, en pleine maturité, de taille et de couleur uniformes.

L'identification botanique est réalisée en collaboration avec les membres de l'Institut Technique des Arbres Fruitières (ITAF) de Bejaia (Takrietz). Après la récolte, les fruits ont été nettoyés, lavés avec de l'eau et conservés à basse température (-18°C).

#### I-1.1 Description des variétés étudiées

##### ➤ Variété *Abarkane*

Le fruit de forme arrondie, de taille moyenne d'environ de 3.22 cm de long sur 2.46 cm de large, avec un poids moyens de l'ordre de 35.463 grammes par figue, col court et pédoncule presque inexistant, épiderme de couleur noir allant au rouge et une pulpe rouge à rouge fraise.



Figure N° 2 : Photographie de la variété de figue *Abarkane*.

➤ **Variété Azagagh**

Le fruit de forme allongé, de taille moyenne d'environ de 3.10 cm de long sur 2.95 cm de large avec un poids moyens d'une figue de l'ordre de 33.59 grammes, col court et pédoncule presque inexistant, épiderme de couleur rouge allant au rose, pulpe rouge .



**Figure N° 3 :** Photographie de la variété de figue *Azagagh*.

➤ **Variété Ghoudani**

Appelée aussi la figue violette, c'est une variété très rare. Le fruit est pyriforme, avec un col long et un pédoncule très remarquable, épiderme très épais et très fragile de couleur violette avec une pulpe jaune dorée.



**Figure N°4 :** Photographie de la variété de figue *Ghoudani*.

➤ **Variété Tahiounte**

Le fruit est de forme ronde aplatie à la base et au sommet, col inexistant avec un pédoncule très court, épiderme de couleur jaunâtre et de pulpe ou chair jaune d'orée.



**Figure N° 5 :** Photographie de la variété de figue *Tahiounte*.

## I-2 Traitement des échantillons

Les fruits ont été nettoyés, séchés et broyés à l'aide d'un malaxeur et conservés dans des boîtes fermées hermétiquement, à une température basse jusqu'à l'étape d'extraction.

### I-2.1 Test d'humidité

La teneur en eau des figues est déterminée selon la méthode décrite par **Doymaz et al. (2004)**. Une prise d'essai de 2g de fruit broyée est séchée dans une étuve à  $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  jusqu'à poids constant.

$$\% \text{ Humidité} = [(P_F - P_S) / P_F] \times 100$$

D'où :

$P_F$  : Poids frais de l'échantillon avant étuvage.

$P_S$  : Poids sec de l'échantillon après étuvage.

### I-2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH des variétés étudiées, est évalué à l'aide du pH mètre selon la méthode de **AFNOR (1981)**.

Une prise d'essai de 3g est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25 ml. L'ensemble est filtré, après avoir subi une agitation pendant 30 minutes. La solution filtrée est placée au pH-mètre (HANNA pH 210), dont la mesure est réalisée en cinq répétitions.

### I-2.3 Sucres

La teneur en sucres des figues étudiées, est évaluée selon la méthode décrite par **Dubois et al. (1956)**, qui consiste à l'extraction des sucres par un solvant alcoolique suivie d'un dosage calorimétrique avec le phénol, après avoir purifié l'extrait par les sels de Carraz.

Une prise de fruit (2g) est mise en contact avec 50ml d'éthanol (80%), le mélange est laissé sous agitation pendant 1h 30 à température ambiante.

Des volumes de 3ml de sels de Carraz I et II sont ajoutés, et l'ensemble subit une filtration, en utilisant des filtres whatman (N°4), afin d'éliminer le retenta. Le filtrat ainsi obtenu est complété au volume de 50 ml en utilisant le solvant d'extraction (éthanol 80%).

Pour un volume de 1ml d'extrait sont ajoutés, 1ml de phénol (5%) et 5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1N), et l'ensemble est laissé, à l'abri de la lumière et à température ambiante, pendant 30 min. La mesure de l'absorbance est effectuée à 485 nm.

Le teneur en sucres des figes de différentes variétés étudiées, est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le saccharose (0,5g/ml) réalisée dans les mêmes conditions opératoires (**Annexe VIII**).

#### I-2.4 Cendres totaux

La teneur en cendres est évaluée selon la méthode décrite par **Leterme et al., (2006)**. Une prise d'essai (2g) de fruit est incinérée dans le four à moufle à 500°C pendant 4h. Le taux de cendre des figes étudiées, est déterminé selon la formule suivante :

D'où :

$$\text{Teneur en cendre} = (P_{V+E} - P_V) / \text{Prise d'essai}$$

**P<sub>V+E</sub>** : poids des creusets avec échantillon après l'incinération ;

**P<sub>V</sub>** : poids des creusets vide.

##### I-2.4.1 Dosage élémentaire des minéraux

La détermination qualitative des minéraux, des figes de variétés étudiées, est déterminée selon la méthode décrite par **Leterme et al. (2006)**.

Après l'incinération, les cendres obtenues sont additionnées de 5 ml d'un mélange d'acide (HNO<sub>3</sub>/HClO<sub>4</sub>, 2v/v). Le mélange est filtré afin d'éliminer la silice, et ajusté au volume de 250 ml avec HNO<sub>3</sub>.

L'analyse des minéraux est déterminée par le spectrophotomètre d'absorption atomique (Perkin Elmer-AAS-800), à l'exception de phosphore qui est dosé par la méthode colorimétrique.

#### I-3 Extraction des antioxydants

L'extraction des antioxydants, des différents échantillons de figes, est réalisée selon la méthode suivie par **Heinonen et al. (1998)** et **Al-Farsi et al. (2005)**, en utilisant l'acétone (80 %) comme solvant d'extraction.

Une prise d'essai de l'échantillon broyé (10g) est mise en contact avec 30 ml de solvant d'extraction dans un mortier et subit un malaxage pendant 10 mn. Après une agitation de 45mn, le mélange est filtré, et le résidu subit d'autres extractions dans les mêmes conditions jusqu'à

l'obtention d'une couleur plus au moins transparente. Les filtrats sont concentrés dans l'étuve à 40°C, jusqu'à l'obtention des extraits secs qui vont être reconstitués avec le solvant d'extraction à un volume de 10 ml.

A la fin de cette opération, quatre extraits correspondant aux différents échantillons, sont obtenus dont le taux d'extraction est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Taux d'extraction} = [(P_1 - P_0) / E] \times 100$$

D'où :

$P_0$  : poids du bécher vide (g).

$P_1$  : poids du bécher après évaporation (g).

$E$  : poids de l'échantillon (g).

## I-4 Dosage des antioxydants

### I-4.1 Composés phénoliques totaux

La teneur en composés phénolique totaux, des variétés de figes étudiées, est déterminée selon la méthode décrite par **Velioglu et al. (1998)**.

Les 200  $\mu$ l d'extrait sont additionnées à 1,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilue dix fois), au quel un volume de 1,5 ml de carbonate de sodium (60g/l) est ajouté après cinq minutes. Après une incubation de 90 mn à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 725 nm.

La concentration en composés phénoliques des extraits, exprimée en mg équivalent d'acide gallique (E.A.G)/100g de fruit, est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant l'acide gallique (0,1mg/ml) (**Annexe IX**).

### I-4.2 Flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux, des variétés de figes étudiées, est évaluée selon la méthode décrite par **Ordonez et al. (2006)**.

Pour 1,5 ml d'extrait sont ajoutées 1,5 ml de chlorure d'aluminium (2%). Après une heure d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 420 nm.

La teneur en flavonoïdes, exprimée en mg d'équivalent de quercétine (E.Q)/100g de fruit, est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions avec de la quercétine (0,033mg/ml) (**Annexe IX**).

### I-4.3 Anthocyanines

La teneur en anthocyanines, des variétés de figes étudiées, est déterminée selon la méthode décrite par **Sellapane et Akoh (2002)**, légèrement modifiée en utilisant les tampons de chlorure (pH= 1 ; 0,025 M) et d'acétate (pH=4,5 ; 0,4M).

Une quantité de fruit (2g) est mélangée avec 10 ml d'eau distillée, légèrement acidifiée avec l'acide chlorhydrique (0,1N). Après 15 mn d'agitation, le mélange est filtré sur un tissu en nylon avec une porosité d'environ 0,45  $\mu\text{m}$ , le résidu subit une deuxième extraction dans les mêmes conditions.

Dans deux tubes à essai, contenant chacun 1ml d'extrait, sont ajoutés 8ml de tampon (pH=1,0) pour le premier et 8ml de tampon (pH=4,5) pour le deuxième tube, et l'absorbance est mesurée à 510 nm et à 700 nm pour chacun.

La teneur en anthocyanines, exprimée en mg d'équivalent cyanidines-3-glucoside par 100g de fruits, est calculée selon l'équation suivante :

$$\text{Anthocyanines (mg/100g)} = (\text{Abs}/e^L) \times M \times DX (V/P) \times 100$$

$$\text{Abs} = (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 1, 0 - (A_{510 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}) \text{ pH } 4, 5$$

D' où:

**e** : Coefficient d'absorbance molaire de la caynine 3-glucoside (26900) ;

**L** : Épaisseur de la cuve (1 cm) ;

**M** : Poids moléculaire de cyanidine 3-glucoside (449.2) ;

**D** : Facteur de dilution ;

**V** : Volume final de l'extrait (ml) ;

**P** : Masse de l'échantillon (mg).

### I-4.4 Caroténoïdes

La teneur en caroténoïdes, des variétés de figes étudiées, est déterminée selon la méthode décrite par **Zamora et al. (2005)**, qui consiste à extraire les caroténoïdes, à l'abri de la lumière, en homogénéisant (10g) de fruit broyés avec 30 ml d'un mélange de solvants (hexane, acétone, méthanol, toluène : 10 : 7 : 6 : 7) pendant 15 mn.

Deux millilitres d'une solution de KOH (1M) sont additionnés au mélange qui sera gardé à l'abri de la lumière pendant 16 h. Ensuite, sont ajoutés respectivement, 30 ml d'hexane et après une minute, 30 ml d'une solution de sulfate de sodium (1%). Le mélange est laissé à décanter, à l'abri de la lumière, pendant une heure et la phase supérieure qui représente l'extrait caroténoïde est récupérée.

L'absorbance des extraits est mesurée à 450 nm et la concentration en caroténoïdes est estimée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le  $\beta$ -carotène (0,08 $\mu$ g/ml) (**Annexe IX**).

#### **I-4.5 Vitamine C**

La teneur en acide ascorbique, des variétés de figes étudiées, est déterminée selon la méthode de **Klein et Perry (1982)**, légèrement modifiée où le solvant d'extraction l'acide métaphosphorique (1%) est remplacé par l'acide oxalique (0.4%).

Une quantité de fruit (5g) est mélangée avec 25 ml de solvant d'extraction, et l'ensemble est laissé sous agitation pendant 15 mn à l'abri de la lumière et d'air. Après, le mélange est filtré sur verre fritté N° 4, l'extraction est refaite pour le retentât dans les mêmes conditions, les deux filtrats sont alors additionnés et centrifugés à 16000g pendant 20 mn à 4°C.

Pour 500  $\mu$ l de filtrat, sont ajoutés 2.5 ml du réactif 2.6 dichlorophenol-indophénol (DCPIP), qui permet d'oxyder la vitamine C en milieu acide. La solution de DCPIP, de couleur bleue, devient rose après réduction (**Ball, 1997**) et l'absorbance est mesuré à 515 nm.

La teneur en vitamine C des extraits, exprimée en mg/100g de fruit, est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions avec de l'acide L-ascorbique (0,25mg/ml) (**Annexe X**).

#### **I-5 Détermination de l'activité antioxydante**

L'activité anti-oxydante et anti radicalaire, des extraits de variétés de figes étudiées, est déterminée selon deux méthodes. La première est l'estimation du pouvoir réducteur qui mesure la capacité des extraits à réduire les ions métalliques (fer ferrique en fer ferreux). La deuxième évalue le pouvoir anti-radicalaire en mesurant le pourcentage de neutralisation d'un radical (DPPH $\cdot$ , ABTS $^+$  et H $_2$ O $_2$ ) par les antioxydants présents dans les extraits.

## I-5.1 Pouvoir réducteur

### I-5.1.1 Réduction de chlorure ferrique

La réduction de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) des extraits de figue est déterminée selon la méthode décrite par **Lim et al. (2006)**.

Pour 1 ml d'extrait sont ajouté 1 ml de tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6) et 2.5 ml de ferrocyanure de potassium (1 %). Après incubation à 50 °C pendant 30 mn dans un bain marie, 1.5 ml d'acide trichloracétique (10 %) sont ajoutés, et le mélange est centrifugé à 3000g.

Ensuite, 1,5 ml du surnageant sont additionnés de 1,5 ml d'eau distillé et 0,5 ml de chlorure ferrique (0.1%), l'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 mn. Le pouvoir réducteur est estimé en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée en utilisant la quercétine (0,05mg/ml) et d'acide gallique (0,05mg/ml) (**Annexe XI**).

## I-5.2 Pouvoir anti-radicalaire

### I-5.2.1 Neutralisation de radical DPPH\*

Le pouvoir anti-radicalaire, par la neutralisation du radical DPPH\*, des extraits est évalué selon la méthode décrite par **Brand-Williams et al. (1995)**, légèrement modifiée par **Lim et al. (2006)**.

Pour 500  $\mu\text{l}$  de l'extrait, 2 ml de DPPH (0.06 mg/ml) sont ajoutées. Après une incubation de 30 mn à l'abri de la lumière, l'absorbance des extraits est mesuré à 517 nm. Les résultats sont estimés en se référents aux courbes d'étalonnage réalisées, la première en utilisant la quercétine (0,03mg/ml) et la deuxième en utilisant l'acide gallique (0,066mg/ml) (**Annexe XII**).

Le pouvoir anti-radicalaire des extraits est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH\*:

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = [1 - (\text{Abs}_{\text{Ech}} / \text{Abs}_{\text{T}})] \times 100$$

D'où :

$\text{Abs}_{\text{Ech}}$  : Absorbance des extraits, après 30 mn, à 517 nm.

$\text{Abs}_{\text{T}}$  : Absorbance de témoin, après 30 mn, à 517 nm.

### I-5.2.2 Neutralisation de radical libre ABTS<sup>\*+</sup>

Le pouvoir anti-radicalaire, par la neutralisation du radical cationique ABTS<sup>+</sup>, des extraits est évalué selon la méthode décrite par **Re et al. (1998)**.

Une solution aqueuse d'ABTS est préparée à une concentration finale de 7 mM. Afin d'activer la formation des formes cationique ABTS<sup>+</sup>, la solution est additionnée de persulfate de potassium (2,45 mM) et l'ensemble est laissé à l'obscurité et à température ambiante pendant 12-16 heures avant utilisation.

Afin de mesurer l'activité antioxydante des extraits, la solution ABTS<sup>+</sup> est diluée avec de l'éthanol à une absorbance de 0,7 (±0,02) à 734 nm.

Un volume de 990 µl de cette solution fraîchement préparée est ajouté à 10 µl d'extrait, et l'absorbance est mesurée, chaque minute pendant 6 minutes, à 734 nm. Les résultats sont estimés en se référant aux courbes d'étalonnage réalisées, la première en utilisant la quercétine (0,05mg/ml) et la deuxième en utilisant l'acide gallique (0,05mg/ml) (**Annexe XII**).

Le pouvoir anti-radicalaire des extraits est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical cationique ABTS<sup>+</sup> est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Pouvoir anti-radicalaire de l'ABTS}^+ = \frac{\text{Absorbance de controle} - \text{Absorbance d'extrait}}{\text{Absorbance de control}} * 100$$

### I-5.2.3 Neutralisation de radical libre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Le pouvoir anti-radicalaire, par la neutralisation du radical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, des extraits est déterminé selon la méthode décrite par **Yousfi et al. (2003)**.

Pour 3 ml de l'extrait, 0,02 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50 %) sont ajoutés, et l'absorbance est mesurée à 510 nm chaque 5 mn pendant une durée de 50 mn. Les résultats sont estimés en se référant aux courbes d'étalonnage réalisées, la première en utilisant la quercétine (0,05mg/ml), la deuxième en utilisant l'acide gallique (0,05mg/ml) et la troisième en utilisant la vitamine C (0,05mg/ml) (**Annexe XII**).

Le pouvoir anti-radicalaire des extraits est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = [(A_c - A_e) / A_c] \times 100$$

D'où : A<sub>c</sub> : Absorbance de contrôle.

A<sub>e</sub> : Absorbance de l'extrait

## I-6 Détermination de l'activité antibactérienne

Pour évaluer l'activité antibactérienne des extraits de la figue étudiée, on procède à la technique des disques en papier *vis-à-vis* des deux souches bactériennes (*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*). Ces dernières sont à l'origine d'une collection du Laboratoire de Microbiologie Appliqué (LMA) de l'université Abderrahmane Mira de Béjaia.

### I-6.1 Standardisation des souches

Une standardisation des souches est réalisée par dénombrement sur milieu solide Muller Hinton pour l'obtention d'une suspension bactérienne de  $10^6$  UFC/ml.

Le but de la standardisation est d'avoir une charge homogène de toutes les souches étudiées pour pouvoir comparer l'effet antibactérien des extraits de la figue.

### I-6.2 Test d'activité antibactérienne

Selon le comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA - SFM). Une dilution de  $10^{-6}$  est préparée à partir de la suspension des souches mères de  $10^7$  UFC/ml obtenus après standardisation, et un volume 1ml de chaque suspension estensemencé par inondation dans les boîtes de Pétri coulées de milieu gélosé Muller Hinton.

Des disques en papier (5mm de diamètre) stériles sont imprégnés avec un volume de 20 $\mu$ l de chaque extrait. Un disque témoin imbibé de l'acétone 80% est déposé dans chaque boîte.les boîtes sont déposés à 4°C pendant 2h.

Les boîtes ainsi préparées sont incubées à 37°C pendant 24 h. L'activité inhibitrice des extraits testés est évaluée par la mesure de diamètre des zones d'inhibition autour des disques.

## I-7 Analyse statistique

Une statistique des résultats obtenus a été faite dans le but de mise en évidence des différences significatives entre les extraits à l'aide du logiciel STATISTICA (comparaison post Hoc, test LCD) pour l'analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA) dont le degré de signification des données est pris à la probabilité de  $P < 0,05$ .

# *Résultats et discussion*

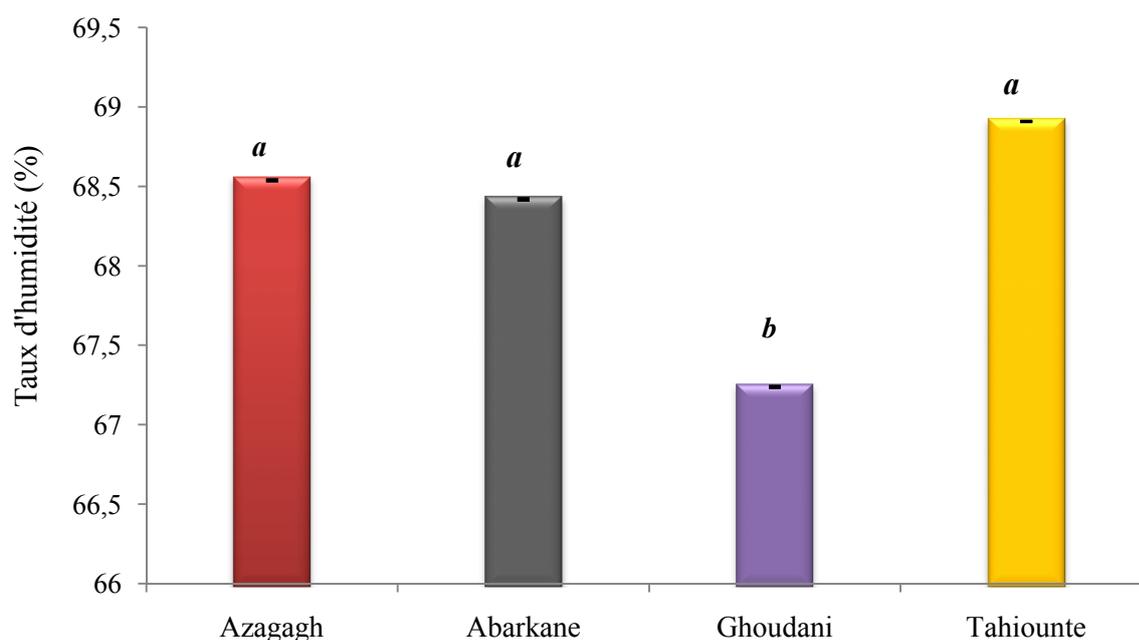
## II- Résultats et discussion

### II-1 Humidité

Les fruits et légumes sont constitués d'environ 80% d'eau dont se trouve la majorité des vitamines, les minéraux et les fibres (**Gagnon, 2006**).

L'humidité est un paramètre complémentaire important pour connaître la teneur en eau, et estimer le rendement après séchage des fruits. En plus, sa détermination facilitera le calcul des concentrations des différents constituants dosés à la base de la matière sèche.

La teneur élevée en eau est un obstacle pour la conservation des produits alimentaire pendant une longue période car l'eau est un facteur essentiel pour la prolifération microbienne et intervient dans les réactions participant dans la décomposition de produit (**Gagnon, 2006**). Les résultats des taux d'humidité obtenus, pour les variétés de figes étudiées, sont représentés dans la figure N° 6.



**Figure N° 6:** Teneur en humidité des variétés étudiées.

*Les barres verticales représentent les écarts types*

*Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures*

*Les valeurs a, b : représentent les différences significatives (test student).*

La teneur en eau des variétés étudiées varié de 67.94% et 68.91%. Ces résultats montrent que les figes sont riches en eau comme la plus part des fruits. L'étude statistique montre qu'il n'existe pas une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les taux d'humidité des variétés étudiées à l'exception de la variété *Ghoudani* qui présente une différence significatif.

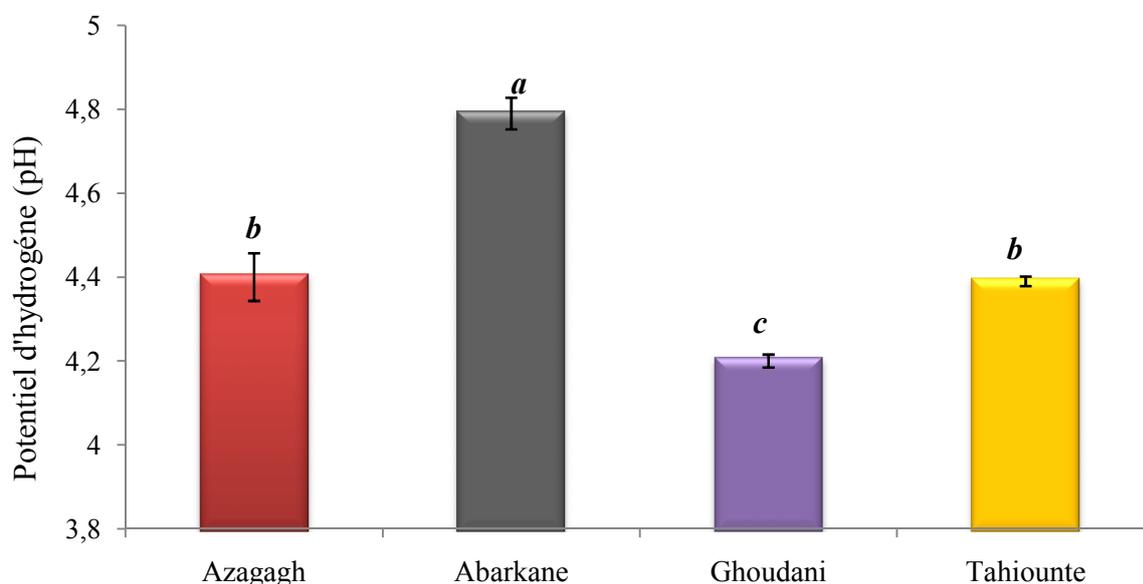
Selon **Ferradji et al. (2011)**, la teneur moyenne en eau des figes est d'environ 50.77%. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus dans la présente étude.

La différence de teneur en eau entre les variétés étudiées peut être due à plusieurs facteurs entre autres le caractère variétal, les stades de maturation de fruit, l'origine géographique, et aux conditions climatiques (**Vinson et al., 2005**).

La teneur élevé en eau de la figue est un facteur limitant de sa conservation à l'état frais. Leur conservation à des longues durées exige la diminution de cette teneur à 10.81% (**Ferradji et al., 2011**).

## II-2 Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre utilisé pour apprécier le gout acide de la figue, masqué par la teneur élevée en sucre. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure N° 7.



**Figure N°7 :** Valeurs du pH des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c : représentent les différences significatives (test Student).

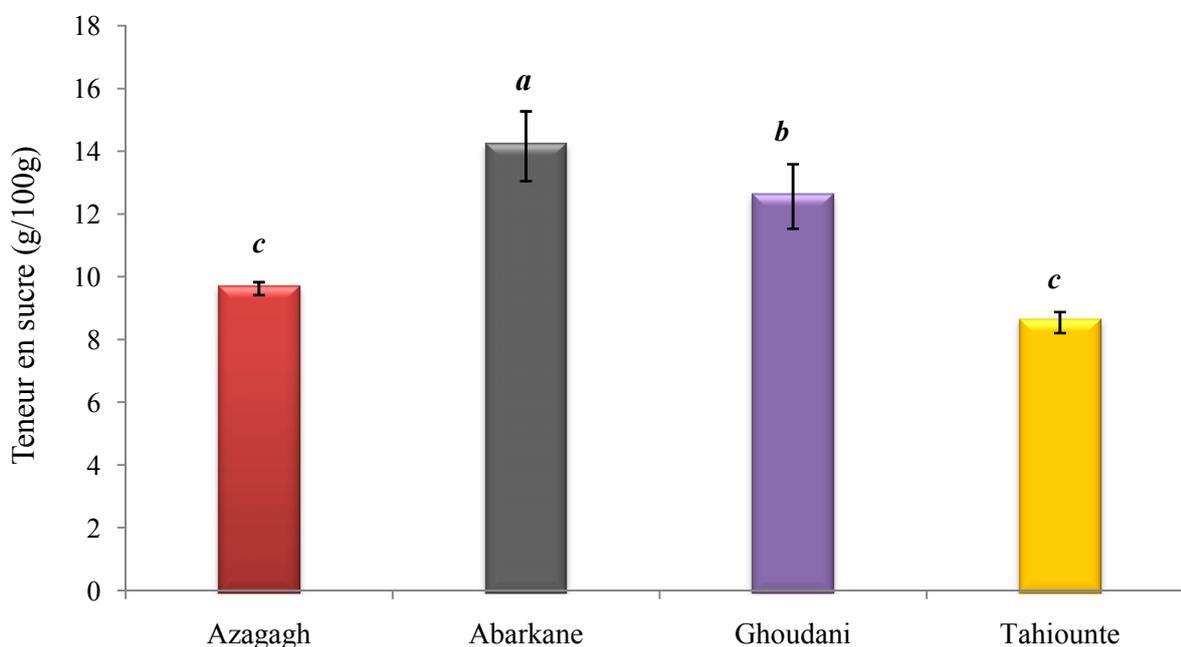
La valeur du pH des variétés étudiées varié de 4.2 à 4.79. La variété *Abarkane* est la moins acide avec un pH de 4.79, suivi respectivement par la variété *Azagagh* (4.4) et *Tahiounte* (4.39), tandis que la variété *Ghoudani* (4.2) est considérée comme la plus acide. L'étude statistique montre qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les pH des fruits à l'exception des variétés *Tahiounte* et *Azagagh* qui ne présentent pas une différence significative.

**Caliskan et polat (2008)** ont rapporté des valeurs du pH des jus de figue d'environ de 4.6 et 5.4, qui sont très comparables aux résultats obtenus dans cet étude.

### II-3 Sucres

Les sucres sont les constituants les plus importants dans un aliment. Ils sont également responsables de la douceur de celui-ci.

En présence de l'acide sulfurique concentré, les oses sont déshydratés en composés de la famille de dérivés furfuraliques. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune orangé. L'apparition de ces complexes est suivie par l'absorption à 485 nm (**Dubois et al., 1956**). Les résultats obtenus sont représentés dans la figure N° 8.



**Figure N°8 :** Teneur en sucres réducteur des variétés étudiées.

*Les barres verticales représentent les écarts types*

*Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures*

*Les valeurs a, b, c:représentent les différences significatives (test Student).*

La teneur en sucres des variétés étudiées varie entre 8.55g à 14.17g/100g de fruit. La variété *Abarkane* (14.17g) contient la plus grande teneur en sucre, suivi respectivement par la variété *Ghoudani* (12.57g) et la variété *Azagagh* (9.63g), tandis que la variété *Tahiounte* (8.55g) est considérée comme la plus faible. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en sucres à l'exception des variétés *Tahiounte* et *Azagagh* qui ne présentent pas une différence significative.

Selon **Owino et al. (2004)**, la teneur en sucre des figes varie entre 11,2 g à 17g/100g de poids frais. Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans la présente étude.

La teneur en sucre des dates est d'environ de 11,5 g à 13,23 g/100g de poids frais (**Rao et al., 2009 ; Teetor et al., 2011**). Ces teneurs sont très proches de celle des figes, ce qui explique leurs mêmes pouvoirs sucrant.

La différence entre les deux résultats revient à la nature de solvant d'extraction utilisé, le degré de la maturation de fruit, la saison de récolte ainsi que la méthode de dosage (**Owino et al., 2004 ; Teetor et al., 2011**).

Selon **Forni et al. (1997)**, la teneur d'abricot en sucre est d'environ de 6,01 g d'acide malique /100g de poids frais. Ces résultats sont inférieurs à celle des figes ce qui explique le goût sucré puissant des figes par rapport à l'abricot.

Selon **Owino et al. (2004)**, la teneur en sucre dans les fruits présente une variation selon le stade de maturation, et cette différence est quantitative et qualitative.

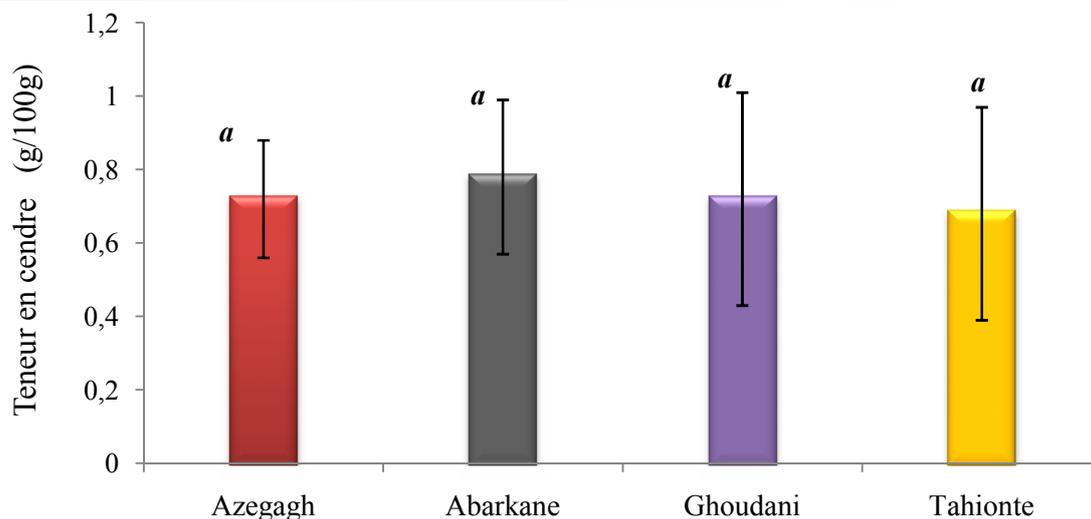
La méthode de dosage ne donne pas réellement les résultats exacte à cause de l'hydrolyse incomplet de certains polysaccharides (**Feller et al., 1991**).

La teneur en sucre dans le jus d'orange est entre 6 mg à 11 mg /100g et dans la pamplemousse entre 5 à 8.3 mg/100g (**Liamas et al., 2011**).

## II-4 Cendres

Les fruits et légumes sont la source principale des minéraux (**Padovani et al., 2007**). La fige est l'un des fruits les plus riches en calcium, mais, également en manganèse, magnésium, potassium, etc., en quantités relatives aux besoins humains. Mais elle contient d'autres éléments en petite quantité (**Kumar-Pati, 2010**).

Les résultats obtenus de l'analyse des cendres totaux sont représentés dans la figure N° 9.

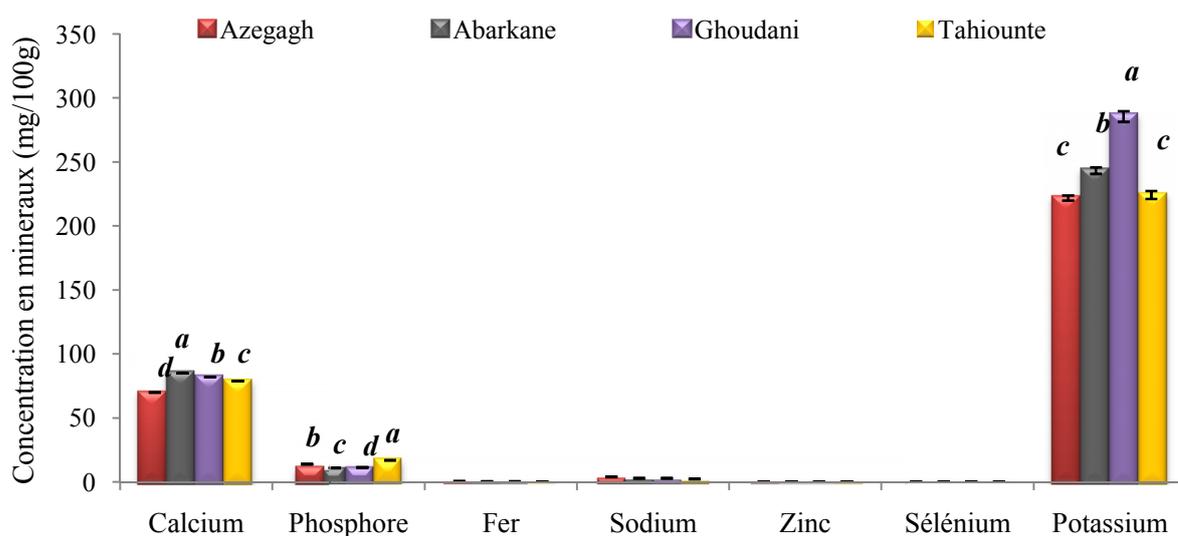


**Figure N° 9:** Teneur en cendres de variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.  
 Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.  
 La valeur a : représente la différence significative (test Student).

La teneur en cendre des variétés étudiées varié entre 0.68 à 0.78 g/100g de poids frais. La variété *Abarkane* est considérée la plus riche avec une teneur d'environ de 0.78 g, suivi respectivement par les variétés *Ghoudani* et *Azagagh* avec des teneurs en moyenne de l'ordre de 0.72 g. La variété *Tahiounte* (0.68 g) est considérée comme la plus faible.

Les résultats de l'étude qualitative en minéraux, des cendres de variétés de figue étudiées, sont représentés dans la figure N° 10.



**Figure N° 10:** Teneur en minéraux des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.  
 Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.  
 Les valeurs a, b, c, d : représentent les différences significatives (test Student).

D'après les résultats de la présente étude, le potassium est le minéral le prédominant dans les variétés des figes étudiés avec une concentration de 222 à 287 mg suivi par le calcium (70 à 85 mg), le phosphore (11 à 17 mg), le sodium (2.3 à 4 mg), le fer (0.4 à 0.7), sélénium (0.002 à 0.004 mg), et le zinc avec une teneur en moyenne de 0.34 à 0.4 mg, respectivement. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en minéraux des variétés étudiées.

Plusieurs études ont rapporté des teneurs en minéraux, de la fige fraîche, de l'ordre de, 232 mg pour le Potassium, 60 mg pour le Calcium, 23 mg pour le Phosphore, 2 mg pour le Sodium, 0.6 mg pour le Fer, 0.26 mg pour le Zinc et d'environ 0.002 mg pour le Sélénium (**Souci et al., 1994; Couplan, 1998**).

Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans la présente étude avec une légère différence, qui peut être due à plusieurs facteurs entre autres les conditions d'agricultures comme la salinité de sol, la teneur en eau et le mode de fertilisation (**Kong et al., 2011**), ainsi que la méthode de dosage utilisée (**Morales-de la pena et al., 2011**), et également au caractères variétales (**Ekholm et al., 2007**).

**Leterme et al. (2006)**, ont rapporté des teneurs en minéraux de 100grammes de la Banane de l'ordre de 26 mg pour le Calcium, d'environ 3 mg pour le Potassium, d'environ 400 mg pour le potassium, d'environ 10mg pour le Na.

Les mêmes auteurs ont également rapporté les teneurs en minéraux de 100grammes de dattes respectivement de Ca, P, K, Na de l'ordre de 385 ; 5; 107 ; 4 mg.

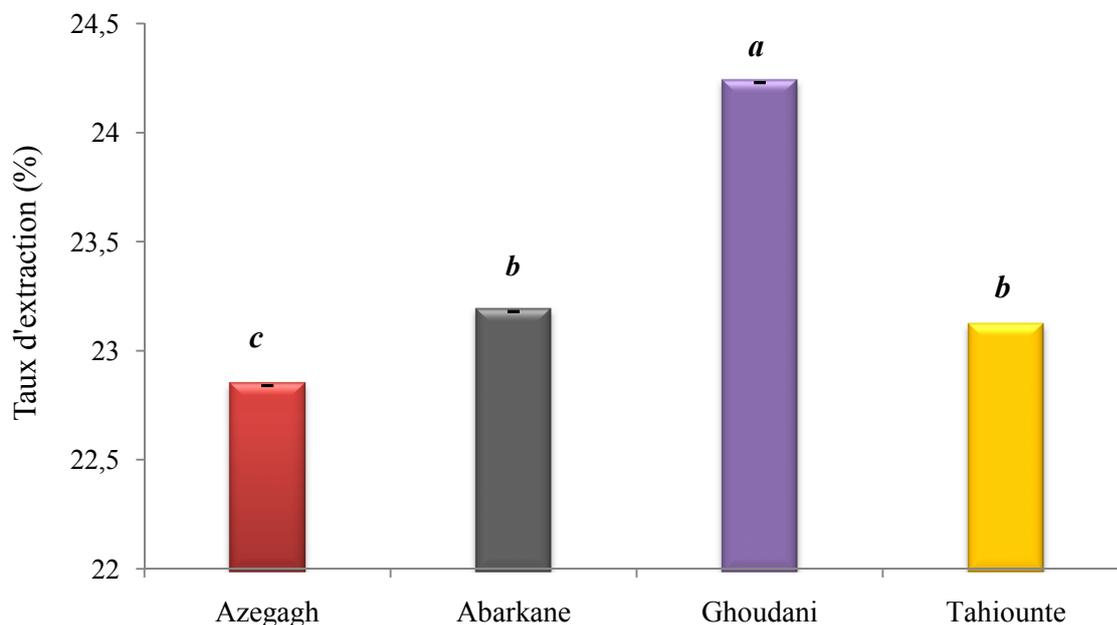
**Sanchez-segarra et al. (2000)** ont rapporté que la fraise contient en moyenne ; 0.118 mg de Fer, 0.32 mg de Zinc, 99 mg de Calcium, 38.5 mg de Sodium et environ 11.91 mg de Potassium.

## II-5 Extraction des antioxydants

L'extraction est un moyen essentiel pour quantifier les composés extraits. Elle est réalisée en utilisant un solvant d'extraction bien précis et dans les conditions particuliers. Le solvant d'extraction utilisé doit être choisi selon les critères des composés à extraire.

L'efficacité de l'extraction est attribuée à plusieurs facteurs dont la nature et volume de solvant, le nombre d'extraction, la nature des composés à extraire et la température d'extraction (**Owen et Johns, 1999**).

Les résultats des taux d'extraction obtenus pour les différents échantillons étudiés sont représentés dans la figure N°11.



**Figure N° 11 :** Taux d'extraction des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c : représentent les différences significatives (test Student).

D'après les résultats de la présente étude, les taux d'extractions des variétés étudiées varient entre 22.84 % et 24.23%. Le taux d'extraction le plus élevé est observé chez la variété *Ghoudani* (24.23%) suivi respectivement par la variété *Abarkane* (23.18%), *Tahiounte* (23.11%). La variété *Azagagh* est considérée la plus faible avec un taux de l'ordre de 22.84%. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre le taux d'extraction pour les variétés étudiées à l'exception des variétés *Abarkane* et *Tahiounte* qui ne présentent pas une différence significative.

Dans l'industrie, l'extraction par solvant est largement utilisée pour extraire des antioxydants. La concentration et la nature de solvant, le temps et la température sont des paramètres très influençant l'extraction qui doivent être maîtrisés (**Spigno et al., 2007**).

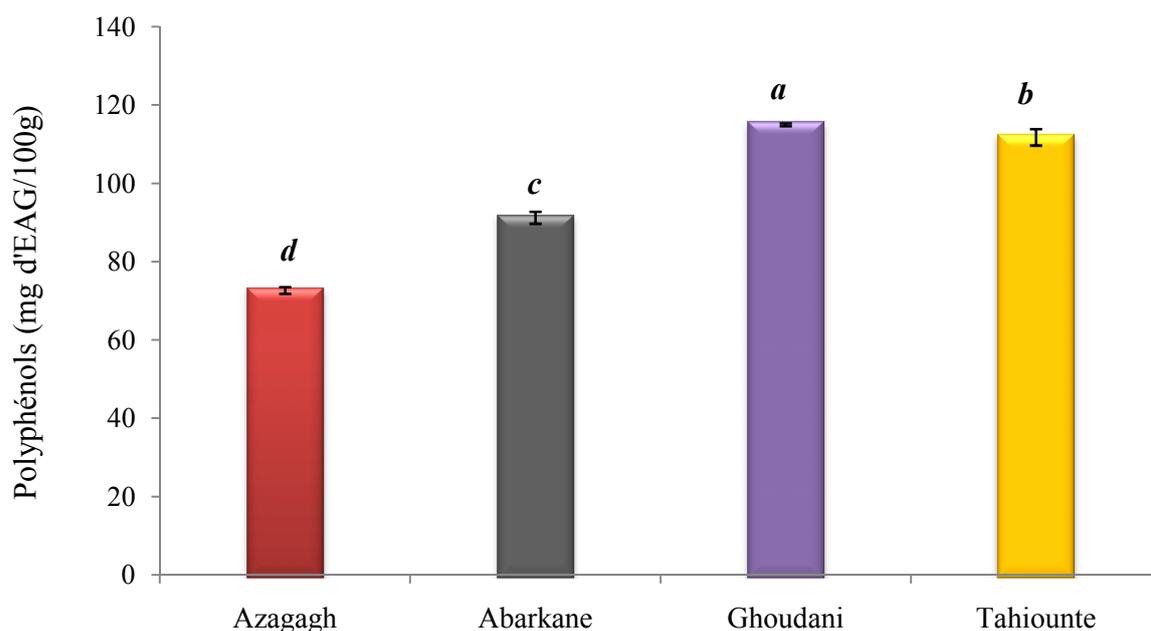
Ces paramètres n'influencent pas seulement quantitativement mais aussi sur la qualité des substances extraites, donc sur leur commercialisation (**Kayodé et al., 2012**).

## II-6 Dosage des antioxydants totaux

### II-6.1 Polyphénols totaux

Après l'addition du réactif de Folin-Ciocalteu et de carbonate de sodium, une couleur bleue est obtenue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en composés phénoliques.

Les teneurs en polyphénols des variétés de figue étudiées, exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique (E.A.G)/100 g de l'échantillon en se référèrent à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions (**Annexe IX**), sont représentées dans la figure N° 12.



**Figure N° 12:** Teneur moyenne en polyphénols des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c, d : représentent les différences significatives (test Student).

Les teneurs en polyphénols totaux des différentes variétés étudiées varient de 72.92 à 114.72 mg d'E.A.G. /100g de fruit. La variété *Ghoudani* est considérée la plus riche en polyphénols avec une teneur en moyenne de 114.92 mg, suivie par les variétés *Tahiounte* et *Abarkane* avec des moyennes d'environ de 111.72 mg et 91.18 mg, respectivement. La variété *Azagagh* est considérée la plus pauvre avec une teneur d'environ de 72.92 mg. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en polyphénols des variétés étudiées.

Selon **Caliskan et Polat (2011)**, la teneur en polyphénols de la figue fraîche varie entre 28.6 à 211.9 mg EAG/100g avec une moyenne de 61.8mg/100g. Ces mêmes auteurs ont montré que ces taux varient considérablement en fonction de la couleur de la peau des figes, dont les vertes contiennent 19.4 à 72.6 mg/100g, les violettes contiennent 46.5 à 53.3 mg/100g, les jaunes contiennent 25.3 à 74.4 mg/100g et les noires contiennent entre 69.1 à 220 mg/100g.

Ces résultats sont supérieures légèrement aux résultats obtenus dans la présente étude, mais elle confirme la variation des teneurs en composés phénoliques en fonction de la couleur de la peau, dont les teneurs de la variété *Ghoudani* de couleur violette est plus élevée que celle de *Tahounte* de couleur jaune.

Selon **Vijaya Kumar Reddy et al. (2010)**, la teneur des figes sèches en polyphénols est d'environ 331.93mg/100g.

Selon **Cieslik et al. (2006)**, il y a une différence significative entre les fruits et les légumes ainsi que entre les frais et les secs. La pamplemousse fraîche contient 425 mg/100g et la sèche contient 3839 mg/100g, tandis que la tomate fraîche contient 62mg/100g et la sèche contient environ 905 mg/100g.

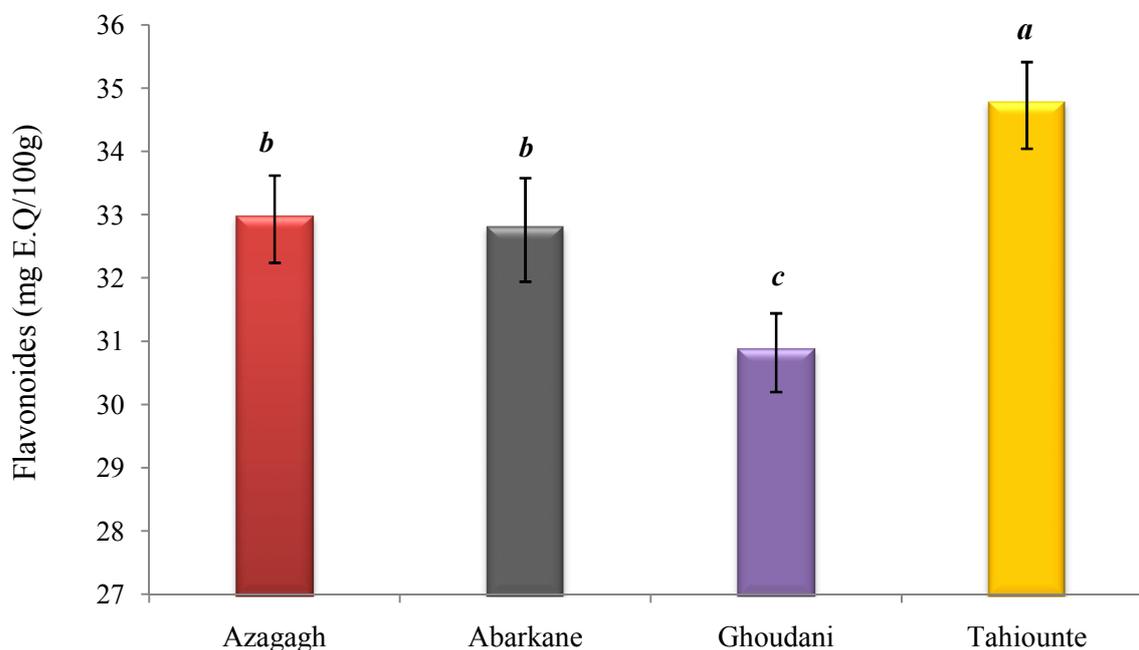
Selon **Klimczak et al. (2007)**, la durée et la température de stockage affectent le taux de polyphénols dans le jus d'orange; après quatre mois de conservation à 18°C, 28°C et 38°C, la teneur en composés phénoliques diminue de 7%, 11% et 20%, respectivement.

La teneur en polyphénols est de 1190 mg/100 g de poids sec des figes récoltés en mois de septembre, qui diffère de celles récoltées en mois de juin estimée de l'ordre de 390 mg/100g. Ceci peut être attribué au degré de maturation des figes, et aussi au degré d'ensoleillement (**Turkman et al., 2006 ; Marrelli et al., 2012**).

## II-6.2 Flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyles (OH) libre en position 5, susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre dont l'intensité varie en fonction de la concentration de l'extrait de plante, par chélation de l'ion Aluminium ( $Al^{3+}$ ). Cette intensité est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (**Djeridane et al., 2006**).

Les teneurs en flavonoïdes des variétés de figue étudiées, exprimés en mg d'équivalent de Quercétine (E.Q.)/100 g de l'échantillon en se référèrent à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions (**Annexe IX**), sont représentées dans la figure N° 13.



**Figure N° 13:** Teneur moyenne en flavonoïdes des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c : représentent les différences significatives (test Student).

D'après les résultats obtenus, les teneurs en flavonoïdes des variétés étudiées varient entre 34,73 mg à 30,82 mg d'E.Q /100g de fruit. La variété *Tahiounte* (34,73 mg) est la plus riche en flavonoïdes suivie respectivement par les variétés *Azagagh* (32,93 mg) et *Abarkane* (32,76 mg), tandis que la variété *Ghoudani* (30,82) est considérée la plus pauvre.

L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en flavonoïdes des variétés étudiées à l'exception des variétés *Abarkane* et *Azagagh* qui ne présentent pas une différence significatif.

**Solomon et al. (2006)**, ont rapporté des teneurs en flavonoïdes de figue fraîches comprises entre 2.1 à 21.5 mg E.Q/100g, qui sont inférieurs aux valeurs obtenus dans cette étude. Cette différence peut être due à plusieurs facteurs dont les méthodes d'extraction et d'analyse, l'origine géographique (taux d'ensoleillement), le degré de maturité et les conditions de stockage et de séchage des figues (**Rodriguez Montealegre et al., 2006**).

La teneur en flavonoïdes est très variable aussi en fonction de solvant d'extraction (**Sharififar et al., 2009**).

La température et le temps d'extraction influencent sur le taux d'extraction d'un composé. L'augmentation de la température fait augmenter le coefficient de diffusion et, en conséquence le taux de diffusion, ce qui entraînera un meilleur entraînement et un taux plus élevé (**Spigno et al., 2007**).

La présence des flavonoïdes dans les aliments est largement influencée par les facteurs génétiques et les conditions d'environnement (**Lugasi et al., 2003**).

**Rodriguez Montealegre et al. (2006)**, ont rapporté que la teneur en flavonoïdes de la peau des raisins blancs varie de 2.5 à 16.6 mg/100g, et qui varie selon la variété, et les stades de maturité de fruit. Ces résultats sont inférieurs de celle des figes ce qui montre la richesse des figes en flavonoïdes par rapport au raisin.

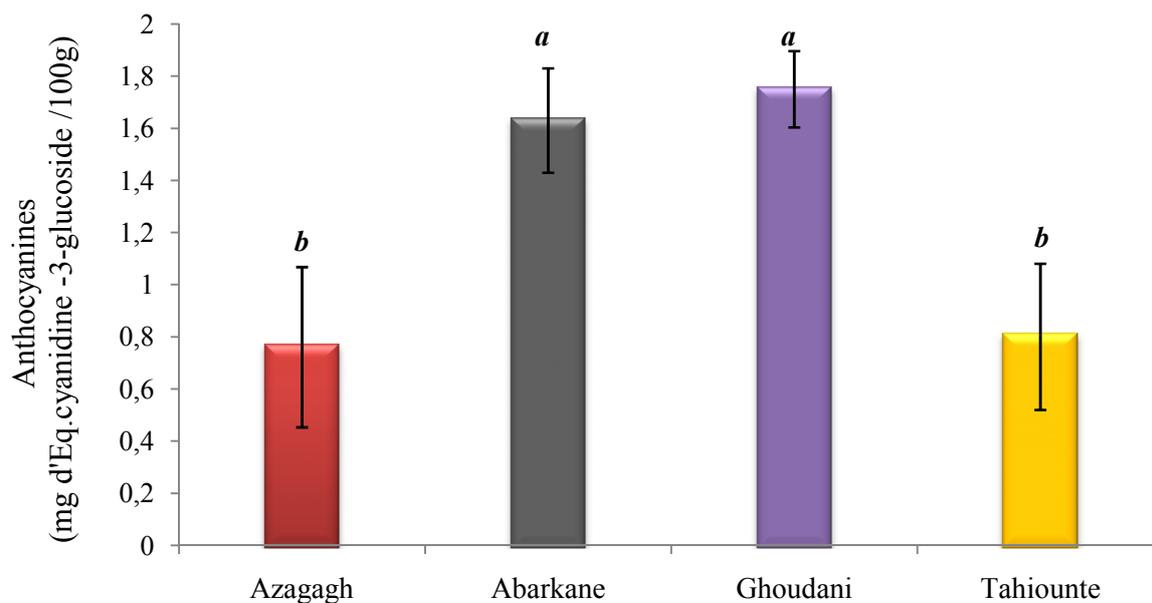
### II-6.3 Anthocyanines

Les anthocyanines appartiennent à la classe des composés phénoliques, et sont responsables de la couleur orange, rose, rouge, violet et bleu de plusieurs fruits et légumes (**Sass-Kiss et al., 2005 ; Rogez et al., 2011**). Ce sont des pigments solubles dans les solvants polaires (**Kong et al., 2003**).

Les anthocyanes ont une coloration qui varie en fonction de l'acidité ; rouge en milieu acide, et deviennent bleues en milieu neutre ou alcalin. D'autre part, la faible coloration en milieu légèrement acide, indique l'existence d'une forme incolore (**Perret, 2001**).

L'extraction des anthocyanes nécessite un solvant légèrement acide, car ces pigments sont instables en milieu neutre ou légèrement alcalin. La détermination de la teneur en anthocyanes se base sur leur propriété d'exister en milieu acide, sous une forme colorée et sous une forme incolore en équilibre dont la position de l'équilibre dépend du pH. Par conséquent la variation de l'intensité colorante entre deux valeurs de pH est proportionnelle à la teneur en pigments (**Ribereau-Gayon, 1968**).

Les résultats de la présente étude, déterminés par la méthode pH différentielle, exprimés en mg d'équivalent de cyanidine-3-glucoside (E.Cy.)/100 g de l'échantillon, pour les différents échantillons étudiés sont représentés dans la figure N°14.



**Figure N° 14:** Teneur moyenne en anthocyanine des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.  
 Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.  
 Les valeurs a, b : représentent les différences significatives (test student).

Les résultats de la présente étude montre que la teneur en anthocyanines des variétés étudiées varie de 0.8 mg à 1.63 mg d'équivalent de cyanidine-3-glucoside par 100 g de fruit. La plus grande teneur est retrouvée dans la variété *Ghoudani* avec une moyenne de l'ordre de 1.63 mg, suivi respectivement par la variété *Abarkane* (0.88 mg) et *Tahiounte* (0.8 mg). La variété *Azagagh* avec une teneur de 0.76 mg est considérée comme la plus faible.

L'étude statistique montre qu'il n'existe pas une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en anthocyanines des variétés étudiées.

La différence de la teneur en anthocyanine entre la variété *Abarkane* et les autres variétés est significatif, au point même remarquable à l'œil nue par sa couleur noire foncée aussi bien entre la peau et la pulpe (**Duenas et al., 2008**).

Selon **Duenas et al. (2008)**, plus de 15 pigments d'anthocyanines sont détectés dans la figue fraîche, avec une teneur en anthocyanes totale de l'ordre de 3.2 et 9.7 mg/100g pour la peau et d'environ de 0.5 et 1.5 mg/100g pour la pulpe.

Selon **Solomon et al. (2006)** certaine variété de figue contient des quantités de 4.1 mg/100g de la peau 0.1 mg /100g de la pulpe.

D'après **Caliskan et Polat (2011)**, la teneur en anthocyanine de la figue oscille de 0.7 à 298.9 mg/100g avec une moyenne de 1.82 mg cyanidine-3-rutinoside/100g de fruit frais.

Ces derniers ont rapporté l'existence d'une différence de la teneur en anthocyanine selon la couleur de la peau des figes, les vertes contiennent de 0 à 4.13mg/100g et les violettes contiennent de 0.25 à 4.65mg/100g, les jaunes contiennent de 0.06 à 2.97 mg/100g et les noires contiennent entre 3.23 à 35.6 mg/100g (**Caliskan et Polat, 2011**). Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans la présente étude.

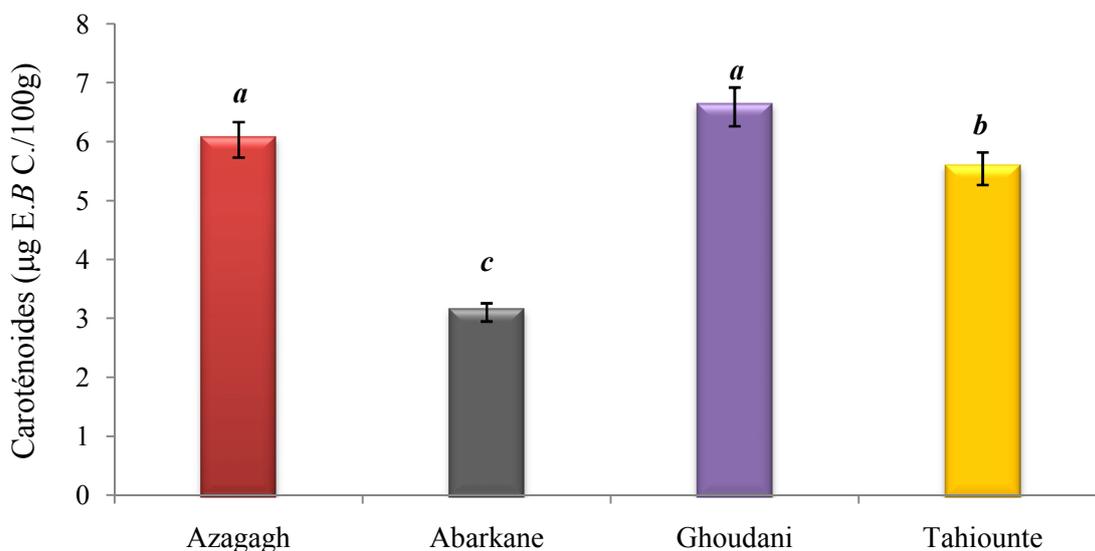
Les anthocyanines peuvent être dégradées au cours de stockage ce qui montre la différence des teneurs en anthocyanines retrouvées dans les figes fraîches et celles stockées (**Amendola et al., 2010**).

Les anthocyanines sont importantes car elles protègent contre les maladies cardiovasculaires. Elles possèdent une activité anticancéreuse de colon, et participent à la diminution de la teneur en sucre dans les urines et dans le sang. Ces molécules inhibent la régénération des radicaux libres oxygénés et la peroxydation des lipides (**Kong et al., 2003**).

#### II-6.4 Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles (**Ferreiro-Vera et al., 2011**), synthétisés par les plantes mais pas par l'organisme humain. Ils se trouvent en faibles quantités dans les fruits et légumes, et sont responsables de la couleur jaune, orange et rouge. Plus de 600 caroténoïdes sont présents dans la nature mais juste 40 sont présentes dans le régime alimentaire (**Pencemail et al., 1998 ; Rao et Rao, 2007**), dont seulement six sont majoritaires ; le  $\beta$ -carotène, le lycopène, la lutéine, la  $\beta$ -cryptoxanthine, la  $\alpha$ -carotène, et la zéaxanthine (**Rock, 2003**).

La teneur en caroténoïdes des variétés étudiées est déterminée par une méthode spectrophotométrique d'absorption visible. En effet, à cause des autres pigments souvent présents dans l'échantillon à analyser tel que les chlorophylles, l'analyse est peu précise, ce qui impose la nécessité de purification qui entraîne la perte des caroténoïdes par conséquent des erreurs de dosage (**Merlin et al., 1985**). Les résultats, de dosage des caroténoïdes pour les différents échantillons étudiés exprimés par  $\mu\text{g}$  d'équivalent de  $\beta$ -carotène (E.  $\beta$  C.)/100 g de l'échantillon en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions (**Annexe IX**), obtenus sont représentés dans la figure N° 15.



**Figure N° 15:** La teneur moyenne en caroténoïdes des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c: représentent les différences significatives (test student).

Les résultats de la présente étude montre que la teneur en caroténoïdes des variétés étudiées varie entre 3.10µg à 6.04µg/100g de figes. La plus grande teneur est observée dans la variété *Ghoudani* (6.59µg/100g) suivi respectivement par les variétés *Azagagh* (6.03µg/100g) et *Tahiounte* (5.54 µg/100g). La variété *Abarkane* (3.10µg/100g) est considérée comme la plus faible.

L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en caroténoïdes des variétés étudiées, à l'exception des variétés *Ghoudani* et *Azagagh* qui ne présentent pas une différence significative entre leurs teneurs.

La teneur des figes en caroténoïdes est d'environ 470µg/ 100g de poids sec. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans la présente étude, ce qui peut être attribués à plusieurs facteurs entre autre la différence variétale, l'effet du climat, les conduites agricoles (engrais utilisée), l'origine géographique, le degré d'insolation et aussi aux méthodes d'extraction et de dosage utilisées (Su et al., 2002).

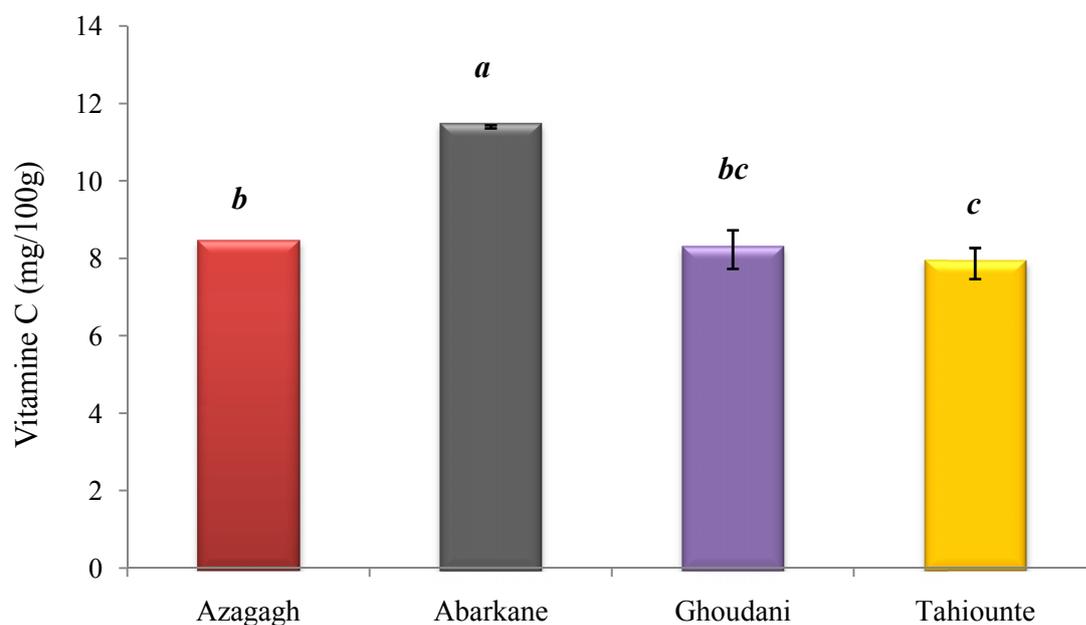
Selon Boudries et al. (2007), la teneur en caroténoïdes des dattes varie selon le stade de maturation.

Selon Kim et al. (2007), la teneur en caroténoïdes des pommes et des raisins oscille de 0.5µg à 19.4µg/100 et entre 2.3 à 53.4µg/100g, respectivement. La teneur en caroténoïdes des figes sont inférieure de celle de pomme et de raisins.

## II-6.5 Vitamine C

L'importance des micronutriments, autrement dit des vitamines a été découverte récemment avec la démonstration de leur rôle clé dans les défenses antioxydants et dans la neutralisation des radicaux libres (**Berger, 1997**).

Le dosage de la vitamine C a pour but de vérifier la qualité des fruits durant la fabrication (**Liamas et al., 2011**). Les résultats obtenus pour le dosage de la vitamine C sont représentés dans la figure N° 16.



**Figure N° 16:** Teneur moyenne en vitamine C des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c :r eprésentent les différences significatives (test student).

D'après les résultats de la présente étude, la teneur en vitamine C des variétés étudiés varié de 7.87 mg à 11.4 mg/100g de poids frais.

La variété *Abarkane* (11.4 mg) est la plus riche en vitamine C, suivi respectivement par la variété *Ghoudani* (8.23 mg) et la variété *Azagagh* (8.4 mg) tandis que la variété *Tahiounte* (7.87 mg) est considérée comme la plus faible. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre la teneur en vitamine C des variétés étudiées.

**Valente et al. (2011)** ont rapporté que la figue fraîche contient de la vitamine C à une teneur en moyenne de 21.2 mg/ 100 g. Ce résultat est supérieur à ceux de la présente étude, ce qui peut être attribué de grande partie à la différence d'humidité.

**Piga et al. (2004)** ont obtenu des valeurs comprises entre 2.12 et 3.58 mg/100g de poids sec.

Selon **Liamas et al. (2011)**, la teneur en vitamine C dans les jus d'orange est environ 86.1 mg/ 100g et de 60 mg/100g pour les pamplemousses.

En présence d'ascorbate, les métaux catalytiques vont initier une chaîne d'oxydations entraînant la formation d'espèces radicalaires. Du fait de son rôle antioxydant, si la concentration en ascorbate est élevée, la séquence de production radicalaire sera limitée (**Chepda et al., 1999**).

## II-7 Activité antioxydante

### II-7.1 Pouvoir réducteur

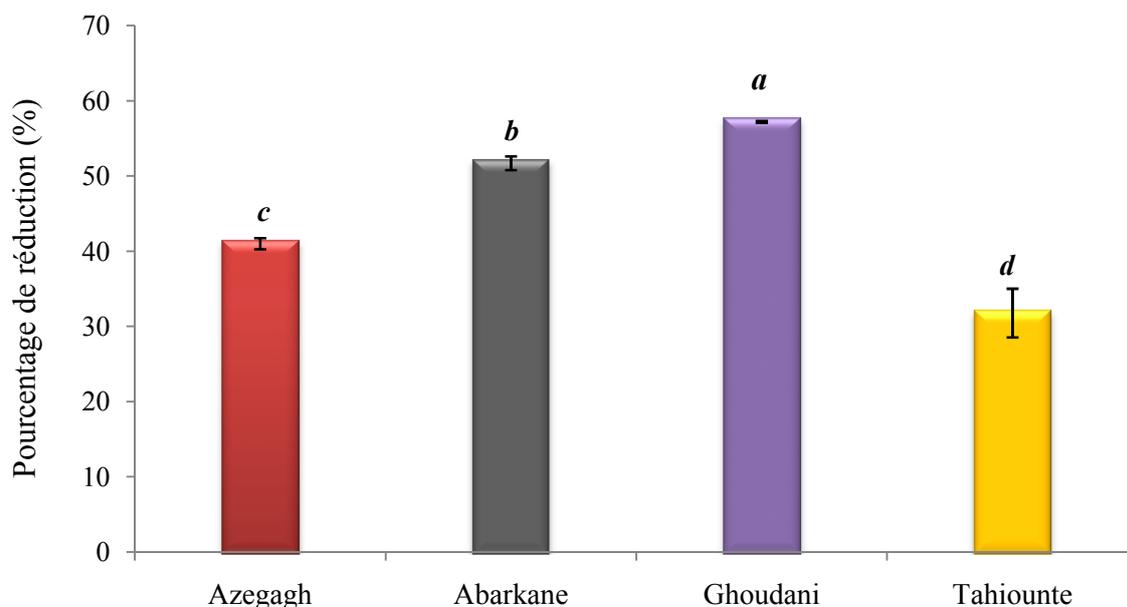
#### IV-7.1.1 Réduction de chlorure ferrique

Le principe de la méthode repose sur le fait que la présence d'un réducteur dans les échantillons entraîne la réduction du complexe ferrique, ferricyanure de couleur jaune en complexe ferreux, la ferricyanide de couleur bleu verte qui absorbe à 700 nm selon la réaction suivante :



L'intensité de la coloration obtenue dépend du pouvoir réducteur de l'extrait ou des standards utilisés. Une augmentation de l'absorbance du mélange réactionnel indique une augmentation du potentiel réducteur (**Gülçin et al., 2003**).

La capacité réductrice d'un composé est considérée comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (**Li et al., 2009**). Les résultats d'estimation de la capacité réductrice obtenus pour les différents échantillons étudiés sont représentés dans la figure N°17.



**Figure N°17 :** Pouvoir réducteur de  $FeCl_3$  des variétés étudiées.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c, d : représentent les différences significatives (test student).

D'après les résultats de la présente étude, le pouvoir réducteur de variétés de figes étudiées varie de 31.78 % à 57.21%, dont la variété *Ghoudani* présente le meilleur pouvoir réducteur avec un taux d'environ de 57.78%, suivi par les variétés *Abarkane* et *Azagagh* avec des pourcentages de réduction de l'ordre de 51.70% et 40.99%, respectivement. La variété *Tahiounte* est considérée comme la plus faible avec un taux de réduction d'environ de 31.78%. L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre le pouvoir réducteur des variétés étudiées.

L'activité antioxydante des composées phénoliques dépend de la structure et la position des groupements hydroxyle sur le noyau aromatique de la molécules (**Sharififar et al., 2009**).

L'activité antioxydante est plus élevée chez les fruits secs que ceux des fruits frais, ce qui peut être due à leur humidité faible (**Vijaya Kumar Reddy et al., 2010**).

Les résultats de l'étude statistique, montre l'existence d'une corrélation entre l'activité réductrice du  $FeCl_3$  et les teneurs en anthocyanines et les flavonoïdes avec des coefficients de corrélation(r) de l'ordre de 0.92 ; 0.67, respectivement (**Annexe XIII**).

Le pouvoir réducteur varie selon le solvant d'extraction, il est élevé avec le chloroforme (Atmani et al., 2009). L'efficacité des antioxydants dépend largement de leur structure chimique (Lugasi et al., 2003), ce qui explique la différence de pouvoir réducteur selon la teneur de chaque antioxydants.

## II-7.2 Pouvoir anti-radicalaire

### II-7.2.1 Neutralisation de radical DPPH

Le radical DPPH est considéré comme le radical le plus stable qui ne génère pas d'autre radicaux pendant la période d'essai. Il est largement utilisé pour étudier et évaluer l'activité anti-radicalaire des antioxydants (Suhaj, 2006 ; Ben Ammar et al., 2009).

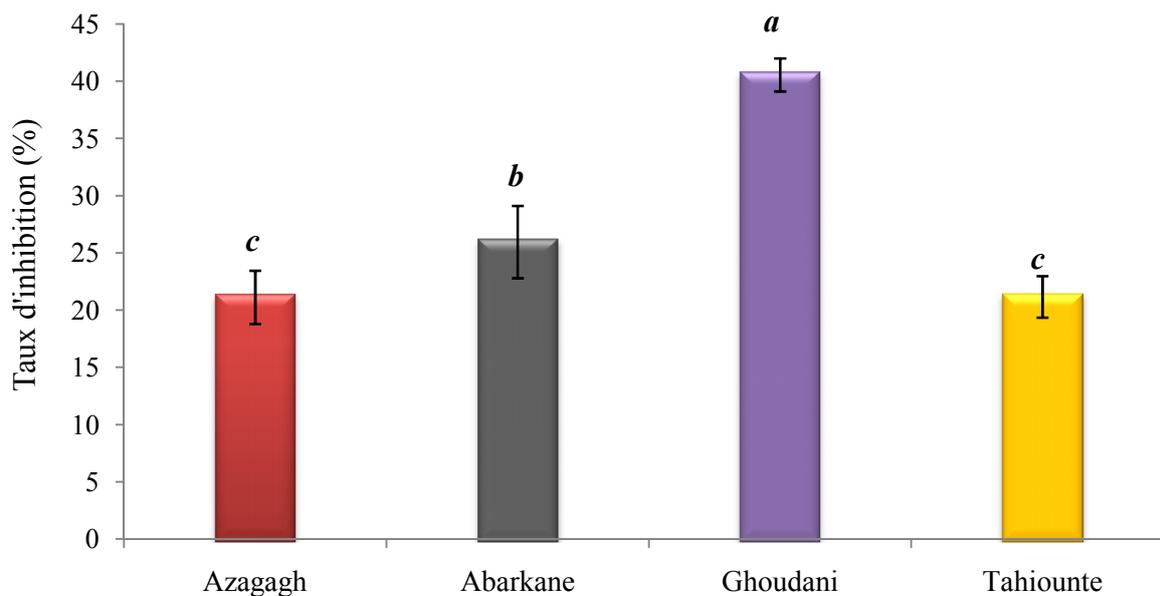
En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH (2,2 diphenyl 1 picryl hydrazyl) de couleur violette se réduit en 2,2 Diphenyl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (Maataoui et al., 2006) et l'absorbance mesurée diminue proportionnellement en fonction de taux de réaction avec les antioxydants (Fernandez-Orozco et al., 2011).

La méthode est basée sur la capacité des composés à agir en tant que piègeurs de radicaux en donnant un atome d'hydrogène, et la capacité des antioxydants est mesurée par rapport à leur capacité de réagir avec le DPPH (Miliauskas et al., 2004 ; Turkmen et al., 2006) ; Diouf et al., 2009).



L'activité antiradicalaire mesurée par le DPPH est exprimée sous forme de pourcentage d'inhibition qui s'explique par la formation d'une liaison entre le DPPH et les antioxydants (Wootton-Beard et al., 2011).

Les résultats des pourcentages d'inhibition, pour les variétés de figes étudiées, obtenus sont représentés dans la figure N°18.



**Figure N°18 :** Pouvoir anti-radicalaire, vis à vis le radical DPPH\*, des extraits étudiés.

Les barres verticales représentent les écarts types.

Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures.

Les valeurs a, b, c : représentent les différences significatives (test student).

La présente étude montre que l'activité antiradicalaire des variétés de figes étudiées varie de 21.11% à 40.54%. La variété *Ghoudani* présente le pouvoir anti-radicalaire le plus élevé de l'ordre de 40.54%, suivi par les variétés *Abarkane* et *Tahiounte* avec des pourcentages d'inhibitions de radical DPPH\* d'environ de 25.94% et 21.15% respectivement. La variété *Azagagh* est considérée comme la variété qui présente le pouvoir antiradicalaire le plus faible avec une valeur moyenne de 21.11%.

L'étude statistique montre l'existence d'une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les activités anti-radicalaires des variétés étudiées à l'exception des variétés *Tahiounte* et *Azagagh* qui ne présentent pas une différence significative.

Selon **Maataoui et al. (2006)**, la capacité anti-oxydante des fruits de couleur pourpre semble être plus élevée que celle des fruits de couleur jaune-orange, ce qui correspond aux résultats obtenus dans la présente étude.

Selon **Bursal et Gulcin (2011)**, le pouvoir anti-radicalaire des extraits de kiwi est d'environ de 16.7%, qui est inférieur à ceux de la fige obtenues dans cette étude.

Les résultats obtenues indiquent l'existence d'une corrélation linéaire entre le pourcentage d'inhibition du radical DPPH\* avec les teneurs en polyphénols ( $r = 0.56$ ) et une bonne corrélation avec la teneur en anthocyanines ( $r = 0.81$ ) (**Annexe XIII**).

**Djeridane et al. (2010)** apportent qu'il n'y a pas une corrélation significative entre la teneur en polyphénols et l'activité antiradicalaire mesurée par le DPPH\*. Ce résultat est différent de celui de la présente étude.

L'activité inhibitrice du radical DPPH\* ne dépend pas uniquement de la concentration en antioxydants y compris les polyphénols, mais aussi de la structure et des interactions existant entre les différentes formes (**Turkmen et al., 2006**).

La teneur élevée en antioxydants se traduit par une activité antiradicalaire élevée (**Li et al., 2009**). Les caroténoïdes n'ont aucun effet anti-radicalaire *vis-à-vis* le radical DPPH\* (**Müller et al., 2011**).

Le pourcentage d'inhibition de radical DPPH\* dépend également de solvant d'extraction, qui est assez élevé avec le méthanol et faible avec l'acétone (**Miliauskas et al., 2004 ; Turkmen et al., 2006**).

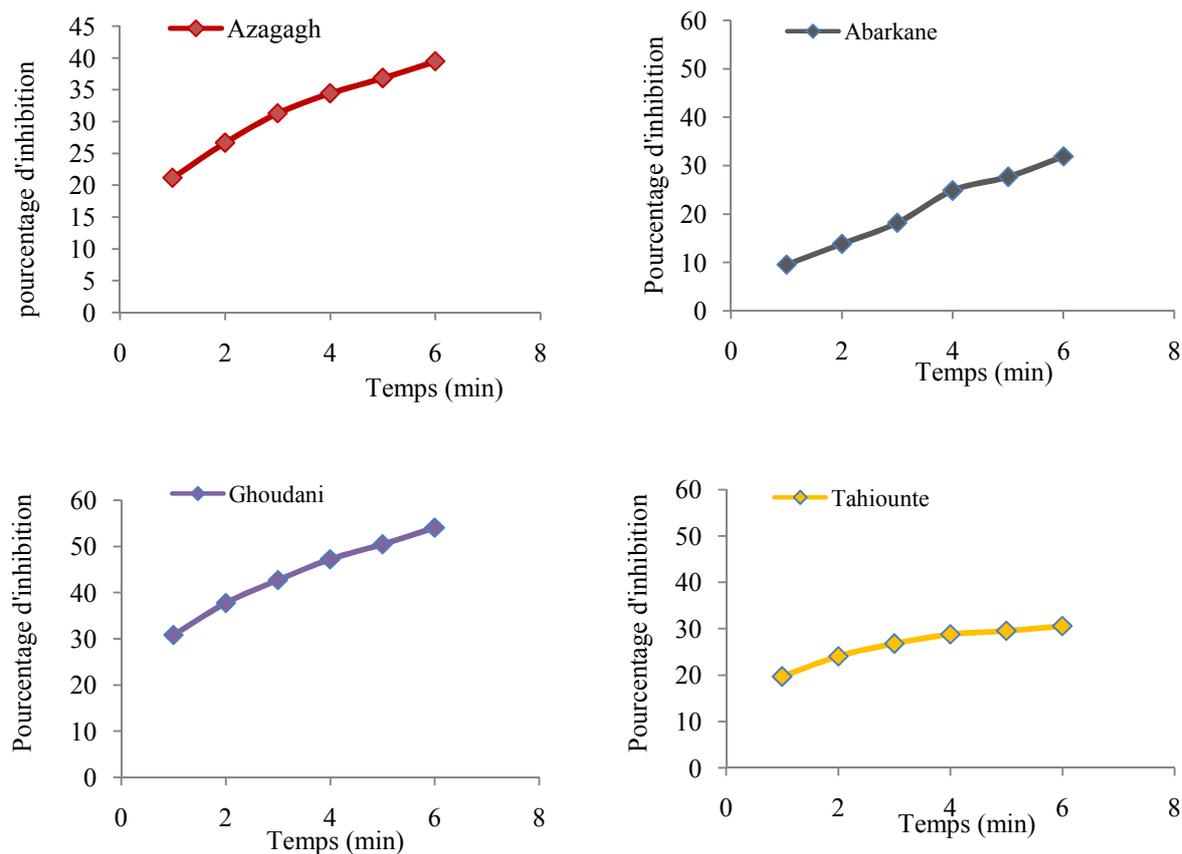
Selon **Klimczak et al. (2007)**, le pouvoir antiradicalaire des jus d'orange dépend directement de la température et de la durée de stockage.

### II-7.2.2 Neutralisation de radical ABTS\*<sup>+</sup>

La neutralisation de radical ABTS<sup>+</sup>, pour l'évaluation de l'activité antiradicalaire, se traduit par la décoloration de la solution ABTS<sup>+</sup>, et s'exprime par un pourcentage d'inhibition mesuré à une longueur d'onde de 734nm (**Nagendra Prasad et al., 2011**).

Le dosage est spectrophotométrique dont est mesurée la capacité d'un composé de donner un atome d'hydrogène instable réceptionné par l'ABTS<sup>+</sup> (**Wang et al., 2010**).

La détermination de l'activité anti-radicalaire par l'ABTS\*<sup>+</sup> est basée sur la réduction de radical ABTS<sup>+</sup> par les antioxydants en lui donnant un hydrogène ou un électron et les résultats obtenus doivent être comparés à des standards d'acide gallique et de quercétine. Cette activité est présentée sous forme de pourcentage d'inhibition (**Osman et al., 2006 ; Bouzid et al., 2005**). Les résultats de pourcentage d'inhibition de radical ABTS<sup>+</sup> des variétés de figes étudiés sont représentés dans la figure N°19.



**Figure N°19 :** Pouvoir anti-radicalaire, *vis-à-vis* l'ABTS<sup>+</sup>, des variétés de figue étudiées.

Les résultats de la présente étude montrent que tous les extraits de figes présentent un effet antiradicalaire contre l'ABTS. L'extrait de la variété *Azagagh* après 3 minutes présente un pourcentage d'inhibition de 30% qui est équivalent au pourcentage d'inhibition d'acide gallique après 1 min. L'extrait de la variété *Abarkane*, après 6 min, présente un pourcentage d'inhibition de 30% qui est équivalent au pourcentage d'inhibition d'acide gallique après 2 min par contre, l'extrait de la variété *Ghoudani* après 2 min présente un pourcentage d'inhibition de 36% qui est équivalent au pourcentage d'inhibition d'acide gallique après 5 min. L'extrait de la variété *Tahiounte*, après 6 min, présente un pourcentage d'inhibition de 30% qui est équivalent au pourcentage d'inhibition d'acide gallique après 1 min.

Selon **Nagendra Prasad et al. (2011)**, il y a une corrélation entre la teneur en caroténoïdes et le pourcentage d'inhibition de l'ABTS. Ces résultats sont semblables à ceux obtenus dans la présente étude.

Plusieurs études ont montré que l'activité anti-radicalaire, *vis à vis* le radical ABTS<sup>+</sup>, est très influencée par le solvant d'extraction, ce qui peut être expliqué par la variation de la quantité et de

la qualité des antioxydants en fonction de la nature du solvant utilisé. (Teow *et al.*, 2007; Floegel *et al.*, 2011).

L'étude statistique montre l'existence d'une bonne corrélation linéaire entre le pourcentage d'inhibition de l'ABTS<sup>+</sup> et les activités anti-oxydantes mesurées (Annexe XIII).

### II-7.2.3 Neutralisation de radical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Le principe de la réaction est la neutralisation du peroxyde d'hydrogène par un antioxydant qui facilitera sa décomposition en molécule d'eau. Il est bien établi que le peroxyde d'hydrogène n'est pas dangereux, mais peut l'être vu son aptitude à former le radical hydroxyle, d'où l'importance de son élimination (Atmani *et al.*, 2009).

Lee *et al.* (2010) ont rapportés que la molécule H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> peut se retrouver dans plusieurs endroit et peut endommager la cellule en réagissant avec le fer (Fe<sup>+2</sup>) et génère des radicaux hydroxyles très réactif selon la réaction suivante :



Les résultats de pourcentage d'inhibition de radical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par les variétés de figes étudiées sont représentés dans la figure N°20.

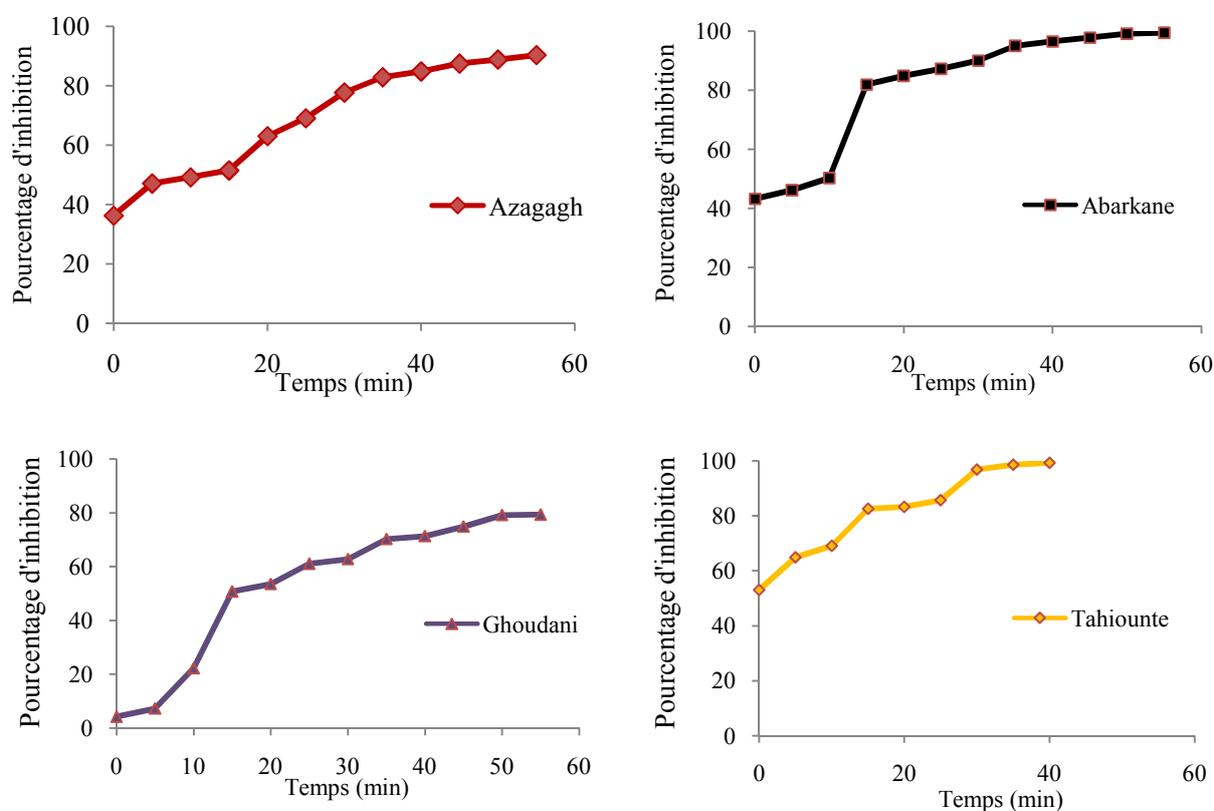


Figure N° 20 : Pouvoir anti-radicalaire *vis-à-vis* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> des variétés étudiées.

D'après les résultats obtenus, tous les extraits de figues présentent un pouvoir anti-radicalaire qui se traduit par la diminution de l'absorbance des extraits étudiés avec le temps. La variété *Tahiounte* présente le meilleur pouvoir anti-radicalaire sur le peroxyde d'hydrogène suivi respectivement par la variété *Abarkane*, *Azagagh* et *Ghoudani*.

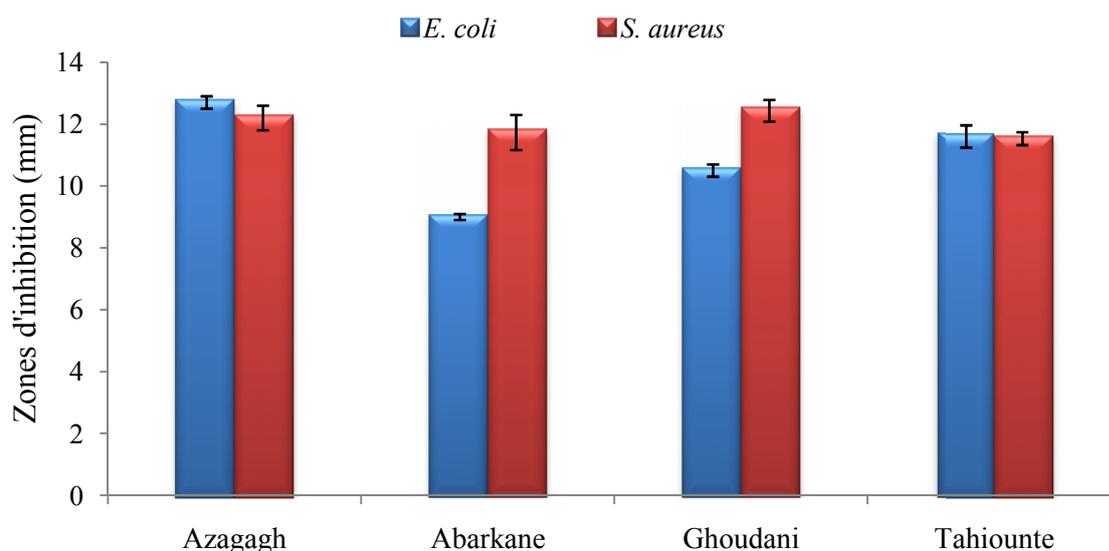
Les résultats de l'étude statistique, montre l'existence d'une corrélation entre le pouvoir inhibiteur d' $H_2O_2$  avec les teneurs en flavonoïdes et en caroténoïdes avec des coefficients de corrélations ( $r$ ) de l'ordre de 0.51 ; 0.61, respectivement (**Annexe XIII**).

Le peroxyde d'hydrogène est un radical très réactif. Il a la capacité de pénétrer dans les membranes biologiques dont sa toxicité est très importante en présence de  $Fe^{+2}$  et  $Cu^{+2}$  (**Royer et al., 2011**).

## II-8 Activité bactérienne

Les fruits et légumes représentent une source importante des agents antimicrobiens, parmi eux, les composés phénoliques qui ont les propriétés bactériostatiques et ou bactéricides marquées, grâce à leur fonction phénol (**Mahesh et Satish, 2008**).

Cette étude, vise à montrer la présence ou l'absence d'une activité antibactérienne des quatre variétés sur deux souches bactériennes. Les résultats obtenus, exprimés par la mesure des diamètres des zones d'inhibition, sont représentés dans la figure N°21.



**Figure N°21** : Diamètre des zones d'inhibition des variétés étudiées vis à vis deux souches.

Les résultats de cette étude, montrent que les souches bactériennes étudiées présentent une sensibilité *vis-à-vis* les extraits de figue étudiées, qui se traduit par l'apparition d'une zones d'inhibition.

L'effet inhibiteur le plus élevé est obtenu avec l'extrait de la variété *Azagagh* vis-à-vis *Escherichia coli*, et la variété *Ghoudani* vis-à-vis *Staphylococcus aureus*.

Les zones d'inhibition mesurées pour la souche *Escherichia coli* varient de 9 à 12.7 mm. La valeur la plus élevée est enregistrée par les extraits de la variété *Azagagh* avec un diamètre de 12.7 mm, suivie des variétés *Tahiounte* et *Ghoudani* avec des diamètres d'environ de 11.6 et 10.5 mm, respectivement. La variété *Abarkane* présente la zone d'inhibition la plus faible avec un diamètre de l'ordre de 9mm. (**Annexe XIV**).

Pour la souche *Staphylococcus aureus*, une meilleure inhibition est observée par les extraits des variétés *Ghoudani* et *Azagagh* avec des diamètres d'inhibition de 12.43 mm et 12.2 mm, respectivement, tandis que les variétés *Abarkane* et *Tahiount* ont donné des zones de l'ordre de 11.73 mm, 11.53 mm, respectivement (**Annexe XIV**).

Selon **Lazrag Aref et al. (2010)**, l'activité antimicrobienne des extraits de latex de figes varie selon le solvant d'extraction, elle est élevée avec éthyle acétate et le chloroformes qui sont considérés comme les meilleurs solvants d'extraction des agents antimicrobienne.

# *Conclusion*

## Conclusion

La présente étude avait pour objectifs, d'étudier les caractéristiques biochimiques et le dosage des différents antioxydants à savoir les composés phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanines, l'acide ascorbique, les caroténoïdes, ainsi que l'évaluation de quelques activités biologique dont les pouvoirs antioxydants et antibactériens, de quatre variétés de figue Algérienne.

Les résultats obtenus, montrent que la figue fraîche contient une teneur en composés phénoliques totaux qui oscille de 72.92 à 114.72 mg d'E.A.G. /100g de fruit, et la variété *Ghoudani* est considérée la plus riche en polyphénols.

Les concentrations en flavonoïdes varient 34.73 mg à 32.93 mg d'E.Q /100g de fruit, et la plus grande teneur est retrouvée dans la variété *Tahiounte*.

Les teneurs en anthocyanines varient de 0.8 mg à 1.63 mg d'équivalent de cyanidine 3 glucoside par 100 g de fruit, la variété *Ghoudani* est considérée la plus riche.

Les concentrations en caroténoïdes varient d'une variété à une autres, et oscillent de 3.10µg à 6.04µg/100g de figue. La plus grande teneur est retrouvée dans la variété *Ghoudani*.

Les teneurs en vitamines C varient de 7.87 mg à 11.4 mg/100g de poids frais, et la variété *Abarkane* est considérée comme la plus riche.

L'activité réductrice, estimée par le test de FeCl<sub>3</sub>, varie de 31.78 % à 57.21%, dont la variété *Ghoudani* présente le meilleur pouvoir réducteur (57.78%).

Les résultats de l'étude statistique, montre l'existence d'une bonne corrélation linéaire entre l'activité réductrice du FeCl<sub>3</sub> et les teneurs en anthocyanines et en flavonoïdes avec des coefficients de corrélation(r) de l'ordre de 0.92 ; 0.67, respectivement

L'activité antioxydante varie selon les variétés, et la variété *Ghoudani* présente le meilleur pouvoir réducteur et anti-radicalaire *vis-à-vis* de le radical DPPH\*.

Pour l'activité anti radicalaire *vis-à-vis* le radical cationique ABTS<sup>+</sup>, la variété qui présente la meilleure activité est celle nommée *Ghoudani*, par contre pour l'activité anti-radicalaire *vis-à-vis* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, c'est la variété *Tahiounte* qui possède le meilleur pourcentage d'inhibition.

Les résultats obtenus indiquent l'existence d'une corrélation linéaire entre le pourcentage d'inhibition du radical DPPH\* avec les teneurs en polyphénols ( $r = 0.56$ ) et avec la teneur en anthocyanine ( $r = 0.81$ )

L'étude statistique montre l'existence d'une bonne corrélation linéaire entre le pourcentage d'inhibition de l'ABTS et les activités anti-oxydantes mesurées

Le test d'activité antibactérienne des quatre variétés étudiées a montré une sensibilité variable d'*E.coli* et *S. aureus* vis-à-vis des différents extraits de figes. L'effet inhibiteur le plus élevé est obtenu avec l'extrait de la variété *Azagagh* vis-à-vis *E.coli* avec un diamètre 12.7 mm, et la variété *Ghoudani* vis-à-vis *S. aureus* avec un diamètre de 12.43 mm.

En fin, sur le plan de perspective, afin de compléter ce travail, il serait souhaitable :

- Elargir l'échantillonnage pour l'ensemble du territoire national ;
- D'étudier d'autres variétés de fige cultivées en Algérie et d'analyser l'effet de l'origine géographique sur la composition en antioxydants, et sur leurs activités biologiques ;
- Etaler l'étude en comparant entre les figes fraîches et sèches, afin d'optimiser la température de séchage ;
- Utiliser des techniques d'analyse développées (HPLC, RMN etc....) pour identifier la composition des extraits ;
- D'étudier la biodisponibilité des composés phénoliques de la fige afin de prévoir leur effet sur la santé humaine.

La fige est un fruit qui n'a pas encore révélé tout ses secrets, elle laisse la voie ouverte devant d'ultérieures recherches.

*Références*  
*Bibliographiques*

## References bibliographiques

### A

**Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K., Abu-Shanab F.** (2009). Antibacterial effects of Nutraceutical Plants Growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa* Turk. *Journal of biological*, 30: 239-242.

**AFNOR.** (1981). Association Française de la Normalisation. Méthode d'estimation de l'humidité des aliments. PARIS, 1981.

**Anonyme I :** (2001). Larousse Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparation, soins. 2<sup>ème</sup> édition. 211.

**Akbaraly T.N., Fontbonne A., Favier A., Berr C.** (2008). Plasma carotenoids and onset of dysglycemia in an elderly population. *Epidemiology/Health services research*, 31:1355–1359.

**Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F.** (2005). Comparaison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L) varieties grow in Oman. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 53: 7592-7599.

**Amendola D., De Faveri D.M., Spigno G.** (2010). Grape marc phenolics: Extraction kinetics, quality and stability of extracts. *Journal of Food Engineering*, 97: 384–392.

**Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Debbache N., Atmani D.** (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112: 303–309.

### B

**Babar Ali M., Hahn E.J., Paek K.Y.** (2007). Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in panax ginseng bioreactor root suspension cultures. *Molecules*, 12: 607-621.

**Bagchi D., Sen C.K., Ray S.D., Das D.K., Bagchi M., Preuss S.G., Vinson J.A.** (2003). Molecular mechanisms of cardioprotection by a novel grape seed proanthocyanidin extract. *Mutation research*, 523–524.

**Bahorun T.** (1997). Substances naturelle active: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Université de Maurice. *Food and Agricultural Research Council*.

**Ball G.F.** (1997). Vitamin C. In bioavailability and analyse of vitamins in foods. Ed. Jones Barleh, 515-563.

**Bayer B. E. K. P., Finkenzeller X., Gran J.** (1987). Guide de la flore méditerranéenne «caractéristiques, habitat, distribution et particularités de 536 espèces», 12.

- Ben Ammar R., Bhourri W., Ben Sghaier M., Boubaker J., Skandrani I., Neffati A., Bouhlel I., Kilani S., Mariotte A.M., Chekir-Ghedira L., Dijoux-Franca M.G., Ghedira K. (2009).** Antioxidant and free radical-scavenging properties of three flavonoids isolated from the leaves of *Rhamnus alaternus L.* (Rhamnaceae): A structure-activity relationship study. *Food Chemistry*, 116: 258–264.
- Benzie I.F.F. (2003).** Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part*, 136: 113–126.
- Berger M.M. (1997).** Role antioxydant des micronutriments: pertinence en épidémiologie et en réanimation. *Nutr clin métabol*, 11: 125-32.
- Berset C. (1999).** Antioxydants phénoliques –Structure, propriétés, sources végétales in Les polyphénols en agroalimentaire. *Science et Techniques Agroalimentaire*, 269-289.
- Borg J., Reeber A., Andres C. (2004).** Biochimie Métabolique. 218-234.
- Berthet J. et Amar-Costesec A. (2006).** Dictionnaire de biologie. 1<sup>er</sup> édition De Boeck Université (Bruxelles): De Boeck et Larcier s. a. (Paris- France).
- Boizot N. et Charpentier J.P. (2006).** Méthodes rapides d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier: Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières. Edition: INRA. 79-80.
- Borg J., Reeber A. Andres C. (2004).** Biochimie Métabolique.218-234.
- Bossokpi M.I.P.L. (2003).** Etude des activités biologiques de Fagara zanthoxyloïdes Lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako. 133.
- Boudries H., Kefalas P., Hornero-Méndez D. (2007).** Carotenoid composition of Algerian date varieties (*hoenix dactylifera*) at different edible maturation stages. *Food Chemistry*, 101: 1372–1377.
- Bouzid O., Navarro D., Roche M., Asther M., Haona M., Delattre M., Lorquin J., Labat M., Asther M., Lesage-Meessena L. (2005).** Fungal enzymes as a powerful tool to release simple phenolic compounds from olive oil by-product. *Process Biochemistry*, 40: 1855–1862.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 28: 25-30.
- Brigelius-Flohé R., Maiorino M., Ursini F., Flohé L. (2002).** Selenium: An Antioxidant.
- Bursal E., Gülçin I. (2011).** Polyphenol contents and in vitro antioxidant activities of lyophilised aqueous extract of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Research International*, 44: 1482–1489.

C

- Caliskan O., Polat A.A.** (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica L.*) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128:473–478.
- Caliskan O., Polat A.A.** (2008). Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115: 360–367.
- Carr A.C., Frei B.** (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Society for Clinical Nutrition*, 69:1086–1107.
- Cashman K.D.** (2006). Milk minerals (including trace elements) and bone health. *International Dairy Journal*, 16: 1389–1398.
- Céline-Aubert M., Amiot-Carlin M.J.** (1999). Pigments Phénoliques-Structure, stabilité, marché des colorants naturels et effets sur la santé. In : les polyphénols en agroalimentaire. *Sciences et Techniques Agroalimentaires*, 297-318.
- Cieslik E., Greda A., Adamus W.** (2006). Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94: 135–142.
- Corti A., Casini A.F., Pompella A.** (2010). Cellular pathways for transport and efflux of ascorbate and dehydroascorbate. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 500 : 107–115.
- Couplan F.** (1998). Guide nutritionnel des plantes sauvage et cultivées. Eddition : *Delacheaux et Nestlé*. Paris, 14-104.
- Curtay J-P., Robin J-M.** (2000).Intérêt des complexes antioxydants. *Nutrithérapie INFO*, 6.
- Cuveller C., Dotreppe O., Istasse L.** (2003). Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Ann. Méd. Vét*, 147: 315-324.

D

- Dias M.G., Camões M.F.G.F.C. et Oliveira L.** (2009). Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113: 808-815.
- Diouf P.N., Stevanovic T. et Cloutier A.** (2009). Study on chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of hot water extract from *Picea mariana bark* and its proanthocyanidin-rich fractions. *Food Chemistry*, 113: 897–902.
- Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. et Vidal N.,** (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolics compounds. *Food chemistry*, 97: 654-660.
- Djeridane A., Yousfi M., Brunel J,M., Stocker P.**(2010). solation and characterization of a new steroid derivative as a powerful antioxidant from *Cleome arabica* in screening the in vitro antioxidant capacity of 18 Algerian medicinal plants. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2599–2606.

**Doymaz I., Gorel O., Akgun N.A.** (2004). Drying Characteristics of the Solid By-product of Olive Oil Extraction. *Biosystems Engineering*, 88(2): 213-219.

**Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith E.** (1956). Colorometric method for determination of sugar and related substance, *Allal.chem*, 28: 350-356.

**Duenas M., Perez-Alonso J.J., Santos-Buelga C., Escribano-Bailon T.**(2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica L.*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 107–115.

## E

**Ekholm P., Reinivuo H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Jarkko Hellstrom J., Ovaskainen M.** (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 487-495.

**El-Agamey A., Low G.M.M., Garvey D.J., Mortensen A., Phillip D.M., Truscott T.G., Young A.J.** (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant proprieties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 430: 37-48.

## F

**Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdely C.** (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus L.* organs, and their biological activities. *C. R. Biologies*, 331: 372–379.

**F.A.O.** (2010). Food and Agriculture Organization. Database results; FAO-STAT: <http://faostat.fao.prg>.

**Feller C., Jeanson P., Giummelly P., Bonaly P.** (1991). Comparaison de différentes méthodes d'hydrolyse acide en vue du dosage des glucides totaux dans les sols. *Science du sol*, 29(1) : 13-22.

**Fernández-García E., Carvajal-Lérida I., Jarén-Galán M., Garrido-Fernández J., Pérez-Gálvez A., Hornero-Méndez D.** (2012). Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Research International*, 46: 438–450.

**Fernandez-Orozco R., Roca M., Gandul-Rojas B., Gallardo-Guerrero L.** (2011). DPPH-scavenging capacity of chloroplastic pigments and phenolic compounds of olive fruits (*cv. Arbequina*) during ripening. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 : 858–864.

**Ferradji A., Chabour H., Malek A.**(2011). Séchage solaire des figes: Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue des Energies Renouvelables*, 14(4): 717-726.

**Ferreiro-Vera C., Mata-Granados J.M., Quesada Gómez J.M., Luque de Castro M.D.**(2011). On-line coupling of automatic solid-phase extraction and HPLC for determination of carotenoids in serum. *Talanta*, 85: 1842– 1847.

**Fletcher R.H., Fairfield K.M.** (2002). Vitamins for Chronic Disease Prevention in Adults. *American Medical Association*, 287(23): 3.

**Floegel A., Kimb D.O., Chung S.G., Koo S.I., Chun O.K.** (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US. *foods Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 1043–1048.

**Forni E., Sormani A., Scalise S., Torreggiani D.** (1997). The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. *Food Research International*, 30(2): 87-94.

## **G**

**Gagnon C.** (2006). La grande vertu des fruits.1-4.

**Gervaise Y.** (2004). Analyse des antioxydants naturels dans les matières premières et les produits. Euroforum. SGS Multilab. Rouen (Paris, France).

**Ghasemzadeh A., Ghasemzadeh N.** (2011). Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(31): 6697-6703.

**Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez A.** (2006). Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41: 1220–1234.

**Gülçin I., Oktay M., Kirecci E. and Küfrevioğlu Ö.I.** (2003). Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum L.*) seed extracts. *Food Chemistry*, 83: 371–382.

## **H**

**Hadi M.** (2004). La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère peroxydant ou thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur Strasbourg I. 155.

**Haesslein D. et Oreiller S.** (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée ! Filière Nutrition et diététique.H.e.d.s (haute école de santé, Genève).

**Heinonen I.M., Mayer A.S., Frankel E.N.** (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4107–4112.

**Halliwell B.** (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*, 16: 33–50.

**Huerta M.G., Roemmich J.N., Kington M., Bovbjerg V.E., Weltman A.L., Hoimes V.F., Patrie J.T., Rogol A.D., Nadler J.L.** (2005). Magnesium deficiency is associated with insulin resistance in obese children. *Diabetes care*, 28: 1175-1181.

## J

**Jeddi L.** (2009). Valorisation des figues de Taouante : Potentiel, mode et stratégies proposés. Option : Industries Agricoles et alimentaires. Affection actuelle : Direction provinciale d'agriculture de Taouante. Présenté dans le cadre de l'examen d'aptitude professionnelle pour l'avancement de garde dans le cadre d'ingénieur d'état. Maroc, 29.

**Jordán M.J., Martínez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A., Stomayor J.A.** (2006) Seasonal Variation *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *Industrial Crops and products*, 24: 253-263.

## K

**Kayodé A.P.P., Bara C.A., Dalodé-Vieira G., Linnemann A.R., Nout M.J.R.** (2012). Extraction of antioxidant pigments from dye sorghum leaf sheaths. *LWT - Food Science and Technology*, 46: 49-55.

**Khadari B., Lashermes P. et Kjellberg F.** (1994). Identification variétale et ressources génétiques chez le figuier (*Ficus carica* L.): utilisation des marqueurs RAPD, Quel avenir pour l'amélioration des plantes. Ed. Aupelf-uref. John Libbey Eurotext. Paris, pp. 399-412.

**Kim Y.N., Giraud D.W., Driskell J.A.** (2007). Tocopherol and carotenoid contents of selected Korean fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 458–465.

**Kitts D.D.** (1997). An evaluation of the antioxidant vitamins. *Trends in food science/Technology*, 8: 198-202.

**Klein B. P. and Perry A. K.** (1982). Ascorbic Acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of United States. *Journal of Food Science*. 47, 941-948.

**Klimeczak I., Maiecka M., Szlachta M., Gliszczynska-Swigio A.** (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 313–322.

**Knert P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissan H., Heliovaara M., Reunanen A., Hakulinen T. et Aromaa A.** (2002). Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 560-568.

**Konczak I., Zhang W.** (2004). Anthocyanins—More Than Nature's Colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5: 239–240.

**Kong J-M., Chia L-S., Goh N-K., Chia T-F., Brouillard R.** (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64: 923–933.

**Kong K.W., Chew L.Y., Nagendra Prasad K., Lau C.Y., Ismail A., Sun J.d., Hosseinpoursarmadi B.** (2011). Nutritional constituents and antioxidant properties of indigenous kembayau (*Dacryodes rostrata* (Blume) H. J. Lam) fruits. *Food Research International*, 44: 2332–2338.

**Kumar-Pati A. (2010).** Fig (*Ficus carica L.*) Highest plant sources of calcium and fiber. *Global Press Release Distribution*.

**L**

**Lazreg Aref H., Bel Hadj Salah K., Chaumont J.P., Fekih A.W., Aouni M., Said K. (2010).** In vitro antimicrobial activity of four ficus carica latex fractions against resistant human pathogens (Antimicrobial activity of *ficus carica* latex). *Pak. J. Pharm. Sci*, 23(1): 53-58.

**Lee D.E., Kang N.J., Lee K.M., Lee B.K., Kim J.H., Lee K.W., Lee H.J. (2010).** Cocoa polyphenols attenuate hydrogen peroxide-induced inhibition of gap-junction inter cellular communication by blocking phosphorylation of connexin 43 via the MEK/ERK signaling pathway. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 21: 680-686.

**Lee J., Koo N. and Min D.B. (2004).** Reactive Oxygen Species, aging, and Antioxidative Nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 3: 21-33.

**Leterme P., Buldgen A., Estrada F., Londono A.M.(2006).** Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95: 644–652.

**Leyral G., Vierling E. (2001).** Microbiologie et toxicologie des aliments. Hygiène et sécurité alimentaires. 3<sup>ème</sup> Edition. *Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitène*, 106.

**Liamas N.E., Nezio M.S.D., Band B.S.F. (2011).** Flow-injection spectrophotometric method with on-line photodegradation for determination of ascorbic acid and total sugars in fruit juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 127–130.

**Li H., Wang X., Li Y., Li P., Wang H. (2009).** Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. *Food Chemistry*, 112: 454–460.

**Lim Y.Y., Lim T.T., Tee J.J. (2006).** Antioxidant properties of several tropical fruits: Comparative study. *Food Chemistry*, 103: 1003-1008.

**Lojkowska E., Holubovska M. (1992).** The role of polyphenol oxidase and peroxidase. In: potato tuber resistance to soft rot caused by *Erwinia carotovora*. *Journal of Phytopathology*, 136: 319-328.

**Lugasi A., Hóvári J., Sági K.V., Bíró L. (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of Diseases. *Acta Biologica Szegediensis*, 47(1-4):119-125.

**M**

**Maataoui B.S., Hmyene A., Hilali S. (2006).** Acivites antiradicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia Ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 7(1).

**Mahesh B., Satish S. (2008).** Antimicrobial Activity of Some Important Medicinal Plant Against Plant and Human Pathogens. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4: 839-843.

**Marfak A.** (2003). Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux libres issus des alcools: formation de pesticides. Thèse de Doctorat : Université de Limoges. Ecole doctorale Science Biologie Santé. Faculté de pharmacie, 1-220.

**Marrelli M., Menichini F., Statti G.A., Bonesi M., Duez P., Menichini F., Conforti F.** (2012). Changes in the phenolic and lipophilic composition, in the enzyme inhibition and antiproliferative activity of *Ficus carica L.* cultivar Dottato fruits during maturation. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 726–733.

**Merlin J.C., Noel P., Lafaoe-Szidlowski N., Petit-Cossi G., Wallart F.** (1985). Dosage des caroténoïdes de la macrofaune benthique par spectrométrie Raman de résonance- comparaison avec les dosages par spectrométrie d'absorption visible. *IFREMER. Actes de Colloques*, 4: 397-402.

**Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T.C.** (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52: 673–751.

**Miliauskas G., Venskutonis P.R., van Beek T.A.** (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*, 85: 231–237.

**Morales-de la Peña M., Salvia-Trujillo L., Rojas-Graü M.A., Martín-Belloso O.** (2011). Impact of high intensity pulsed electric fields or heat treatments on the fatty acid and mineral profiles of a fruit juice-soymilk beverage during storage. *Food Control*, 22: 1975-1983.

**Müller L., Fröhlich K., Böhm V.** (2011). Comparative antioxidant activities of carotenoids measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (aTEAC), DPPH assay and peroxy radical scavenging assay. *Food Chemistry*, 129: 139–148.

## N

**Nagendra Prasad K., Yee Chew L., Khoo H.E., Yang B., Azlan A., Ismail A.** (2011). Carotenoids and antioxidant capacities from *Canarium odontophyllum* Miq. Fruit. *Food Chemistry*, 124: 1549–1555.

**Nève J.** (2002). Modulation de l'apport alimentaire en anti-oxydants. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 16 : 292–300.

**Nijveldt R.J., Nood E.V., Hoorn D.E.C.V., Boelens P.G., Norren K.V., Leeuwen P.A.M.V.** (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *American Society for Clinical Nutrition*, 74: 418–425.

## O

**Ordoñez A.A.L., Gomez J.D., Vattuone M.A., Isla M.I.** (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. *Food Chemistry*, 97: 452–45.

**Osman A.M., Wong K.K.Y., Fernyhough A.** (2006). ABTS radical-driven oxidation of polyphenols: Isolation and structural elucidation of covalent adducts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 346: 321–329.

**Owen P.L., Johns T.** (1999). Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacology*, 64:149-160.

**Owino W.O., Nakano R., Kubo Y., Inaba A.** (2004). Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica L.*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32: 67–77.

**Özçelik B., Orhan D.D., Özgen S., Ergun F.** (2008). Antimicrobial activity of flavonoids against extended-spectrum  $\beta$ -Lactamase (ES $\beta$ L)-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7 (4): 1151-1157.

## **P**

**Padovani R.M., Lima D.M., Colugnati F.A.B., Rodriguez-Amaya D.B.** (2007). Comparison of proximate, mineral and vitamin composition of common Brazilian and US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 733–738.

**Pelli K., Lyly M.** (2003). Les antioxydants dans l'alimentation, VTT Biotechnology Finlande.

**Perret C.** (2001). Analyse de tanins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par *Botrytis cinerea* Pers: Fr. PP : 184. Thèse de doctorat : Neuchâtel : Université de Neuchâtel-Institut de chimie.

**Piga A., Pinna I., Ozer K.B., Agabbio M., Aksoy U.** (2004). Hot air dehydration of figs (*Ficus carica L.*): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 793–799

**Pincemail J., Defraigne J.O., Meurisse M., Limet R.** (1998). Anti-oxydants et prévention des maladies cardiovasculaires. *Alimentation and dietetique*, 1-4.

## **R**

**Rao A., Rao L.** (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55: 207-216.

**Rao P.V.K.J., Das M., Das S.K.** (2009). Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane, palmyra-palm and date-palm juices at different concentration of sugar. *Journal of Food Engineering* 90 : 559–566

**Re R., Pellegrini N., Proteggente EA., Pannala A., Yang M., et Rice-evans C.** (1998). Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9-10): 1231–1237

**Ren W., Qiao Z., Wang H., Zhu L., Zhang L.** (2003). Flavonoids: promising anticancer Agents. *Medicinal Research Reviews*, 23(4): 519 -534.

**Ribereau-Gayon P.** (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition : Dunod, Paris, 1-201.

**Riccioni G., D’Orazio N., Speranza L., Di Llio E., Glade M., Bucciarelli V., Scotti L., Martini F., Pennelli A., Bucciarelli T.** (2010). Carotenoids and asymptomatic carotid atherosclerosis. *Journal of Biological Regulators Homeostatis Agents*, 24(4): 447–452.

**Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G.** (1996). Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology / Medicin*, 20(7): 933–956.

**Rock E.** (2003). Stress oxydant, Micronutriments et sante. Université d'été de Nutrition. 6.

**Rodriguez Montealegre R. Romero Peces J.L., Chacon Vozmediano J., Martinez Gascuena E. et Roma G.** (2006). Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape Vitis vinifera varieties grown in a warm climate. *Journal of food Composition and Analysis*, 19: 687.

**Rogez H., Pompeu D.R., Akwie S.N.T., Larondelle Y.** (2011). Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: A comparison between ac,ai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 796–800.

**Royer M., Diouf P.N., Stevanovic T.** (2011). Polyphenol contents and radical scavenging capacities of red maple (*Acer rubrum L.*) extracts. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 2180–2188.

## **S**

**Sanchez-Segarra P.J., Garcõa-Martõnez M., Gordillo-Otero M.J., Dõaz-Valverde A., Amaro-Lopez M.A., Moreno-Rojas R.** (2000). Influence of the addition of fruit on the mineral content of yoghurts: nutritional assessment. *Food Chemistry*, 70: 85–89.

**Schatz B., Hossaert M.M.** (2008). Ants use odoure cues to exploit fig-fig wasp interaction. *Acta Oecologica*, 36:107–113.

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

**Sellapane S., Akoh C.C.** (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georga-grown plueberries and blackberries. *Jounal of agriculture and food Chemistry*, 50: 2432–2438.

**Sharififar F., Dehghn-Nudeh G., Mirtajaldini M.**(2009). Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium L.* *Food Chemistry*, 112: 885–888.

**Simmonds M.S.J.** (2003). Flavonoid–insect interactions: recent advances in our knowledge. *Phytochemistry*, 64: 21–30.

**Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H., Altman A., Kerem Z. et Flaishman M. A.** (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7717–7723.

- Sontia B., Touyz R.M.** (2007). Role of magnesium in hypertension. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 458: 33–39
- Souci S.W., Fachmann, W., Kraut H.** (1994). Food composition and nutrition tables. Med Pharm. Set.Pub, Stuttgart and Crc Press London. 1091.
- Sousa A., Ferreira I., Calhella R., Andrade P., Valentao P., Seabra R., Estevinho L., Bentoa A., Pereira J.A.** (2006). Phenolics and antimicrobial activity of traditional stonedtable olives 'alcaparra'. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 14: 8533–8538.
- Spigno G., Tramelli L., De Faveri D.M.** (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering*, 81: 200–208.
- Su Q., Rowley K.G., Itsiopoulos C., ODea K.** (2002). Identification and quantitation of major carotenoids in selected components of the Mediterranean diet: green leafy vegetables, figs and olive oil. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 56: 1149-1154.
- Suhaj M.** (2006). Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 531–537.

## *T*

- Teetor A.H., Duclos D.V., Wittenberg E.T., Young K.M., Chawhuaymak J., Riley M.R., Ray D.T.** (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Industrial Crops and Products*, 34:1293–1300.
- Teow C.C., Truong V.D., McFeeters R.F., Thompson R.L., Pecota K.V., Yencho G.C.** (2007). Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103: 829–838.
- Tim Cushnie T.P., Lamb A.J.** (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26: 343–356.
- Touyz R.M.** (2003). Role of magnesium in the pathogenesis of hypertension. *Molecular Aspects of Medicine*, 24: 107–136.
- Tsuda T., Shiga K., Ohshima K., Kawakishi S., Osawa T.** (1996).Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris L.* *Biochemical Pharmacology*, 52: 1033–1039.
- Turkmen N., Sari F., Sedat Velioglu Y.** (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99: 835–841.

## *V*

- Valente A., Gonçalves Albuquerque T., Sanches-Silva A., Costa H.S.** (2011). Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. *Food Research International*, 44: 2237–2242.

**Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L., Oomah B.D.** (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Food chemistry*, 46: 4113-4117.

**Vidaud J.** (1997). Le figuier. Editions : centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, 335.

**Vijaya Kumar Reddy C., Sreeramulu D., Raghunath M.** (2010). Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*, 43: 285–288

**Vinson J.A., Zubik L., Bose P., Samman N., Proch J.** (2005). Dried Fruit: Excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American college of nutrition*, 24: 44-50.

## W

**Wang L.S., Stoner G.D.** (2008). Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Letters*, 269: 281–290.

**Wang L.S., Sun X.D., Cao Y., Wang L., Li F.G., Wang Y.F.**(2010). Antioxidant and prooxidant properties of acylated pelargonidin derivatives extracted from red radish (*Raphanus sativus* var. niger, Brassicaceae). *Food and Chemical Toxicology*, 48: 2712–2718.

**Wootton-Beard P.C., Moran A., Ryan L.**(2011). Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. *Food Research International*, 44: 217–224.

## Z

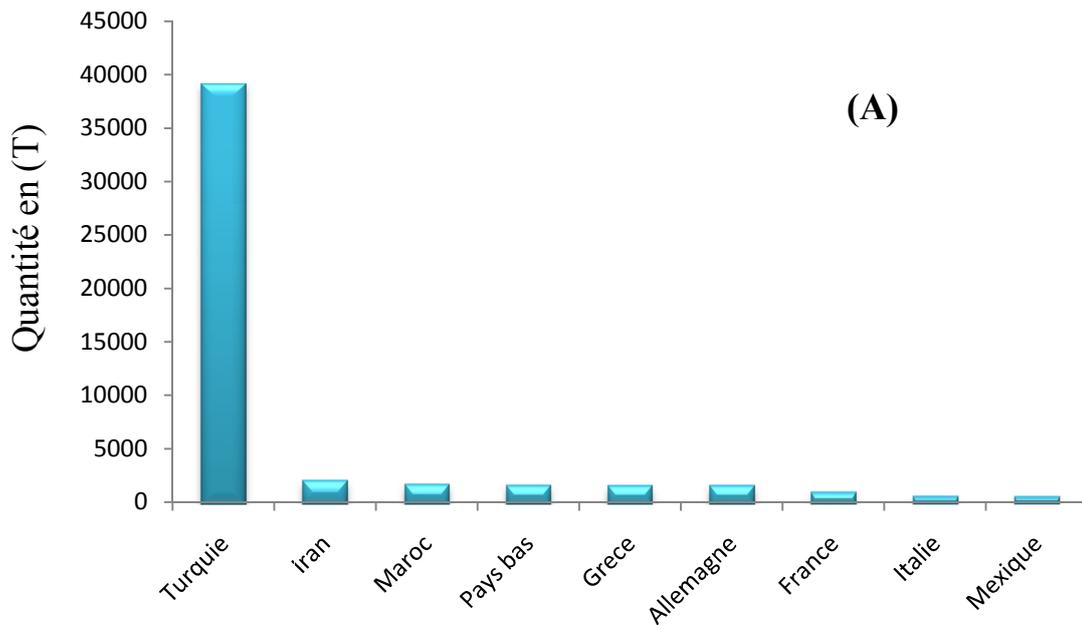
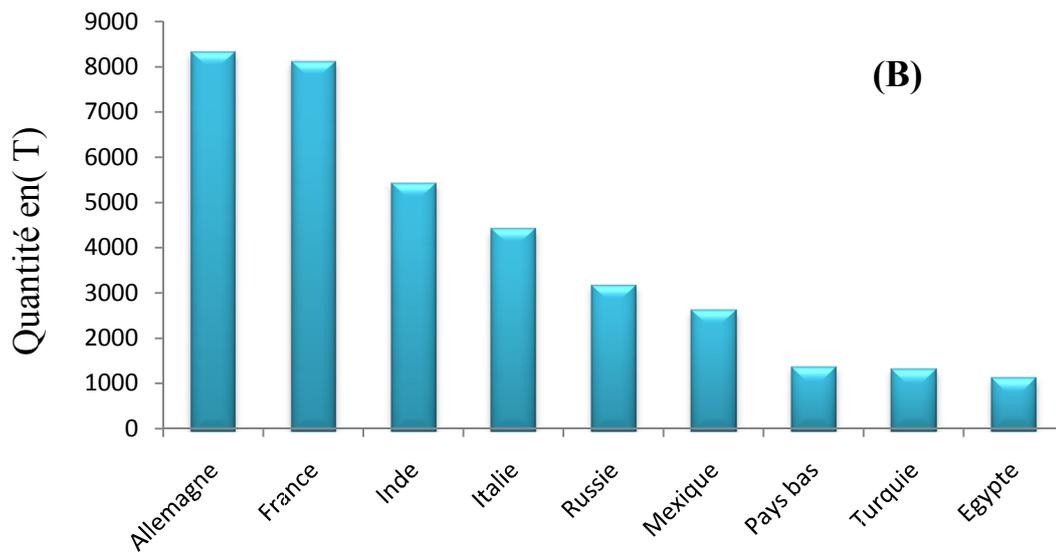
**Zamora G. S., Yahia E. M., Brecht J. K., Gardea A.** (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *Food science and technology*, 38: 657-663.

**Zuo Y., Wang C., Zhan J.** (2002). Separation, characterisation, and quantitation of benzoic and phenolic antioxidants in American cranberry fruits by GC-MS. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 50: 3789 - 3794.

# *Annexes*

## Annexe I : production des figues dans le monde ((FAOSTAT, 2010).

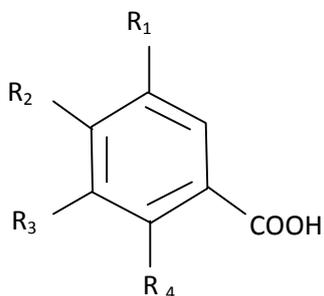
Position	Pays	Production (T)	Production(%)
1	Turquie	254838	23,94
2	Egypte	184972	17,37
3	Algérie	99100	9,31
4	Iran	76414	7,17
5	Maroc	74300	6,98
6	Syrie	41000	3,85
7	USA	36290	3,40
8	Tunisie	28700	2,69
9	Espagne	26800	2,51
10	Inde	20700	1,94
11	Grèce	16600	1,55
12	Chine	10500	0,98
20	Autre	194200	18,24
<b>TOTAL</b>		<b>1064414</b>	———

**Annexe II : Commerce mondiale de la Figue sèche (FAOSTAT, 2010)****A: Exportations****B: Importations**

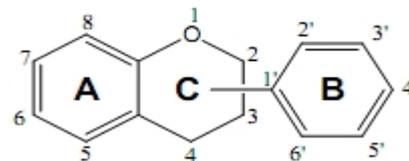
**Annexe III : Production nationale de la figue (Ministère de l'agriculture, 2007)**

Wilaya	Productions consommées fraîches (qx)	Productions soumises au séchage (qx)	Productions totales (qx)	Productions de figues sèches (qx)
Bejaia	116 600	58 000	174 600	23 200
Tizi-Ouzou	78 350	39 180	117 530	13 058
Blida	59 058	890	59 948	800
Bouira	28 322	10 390	38 712	3 465
Khenchela	38 045	180	38 225	150
Medea	38 200	0	38 200	0
Jijel	35 562	0	35 562	0
Setif	25 315	5 640	30 955	1 427
Boumerdes	26 500	6 000	32 500	3 000
B.B.Arreridj	14 179	3 630	17 809	1 514

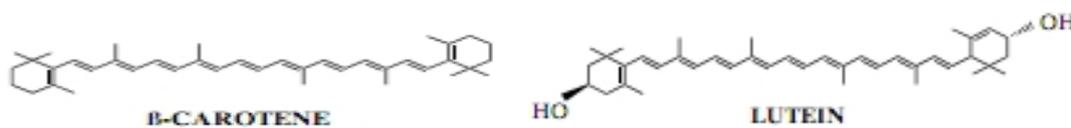
## Annexe IV : structure de quelques antioxydants



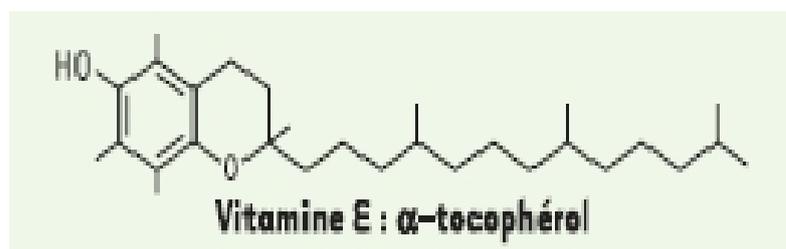
**Figure N°1:** Structures chimiques de base d'acides phénoliques



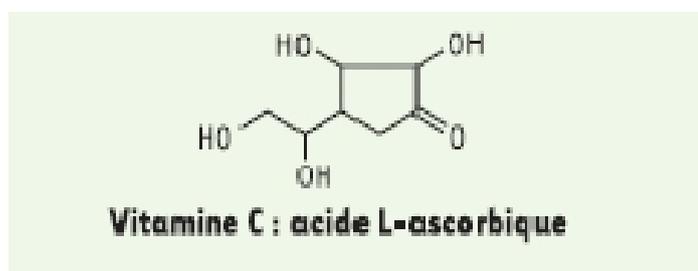
**Figure N° 2 :** structure de base des flavonoïdes



**Figure N° 3 :** structure principale de quelques caroténoïdes



**Figure N° 4 :** structure principale des tocophérols



**Figure N° 5 :** structure chimique de la vitamine C

## Annexe V : Matériel, réactifs et milieux utilisés

Matériels utilisés	Réactifs utilisés	Les milieux utilisés
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bain marie (MEMMERT).</li> <li>- Balance de précision (BP 310 P).</li> <li>- Centrifugeuse (PHYWE).</li> <li>- Etuve ventilée (BINDER, MEMMERT, BD53)</li> <li>- pH mètre (HANNA pH 210).</li> <li>- Plaque chauffante (PHYWE).</li> <li>- Spectrophotomètre UV-VIS (SHIMADZU 1240 MINI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acétone pure (PROLABO).</li> <li>- Acide trichloracétique (PROLABO).</li> <li>- karraz I et II</li> <li>- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></li> <li>- AlCl<sub>3</sub> (PROLABO).</li> <li>- Carbonate de sodium (PROLABO).</li> <li>- Chlorure ferrique FeCl<sub>3</sub> (PROLABO).</li> <li>- DPPH (Sigma).</li> <li>- Ethanol pure (PROLABO).</li> <li>- Ferrocyanure de potassium [K<sub>3</sub>Fe (NC)<sub>6</sub>] (PROLABO).</li> <li>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>-ABTS</li> <li>- persulfate de potassium</li> <li>- HCl (PROLABO).</li> <li>- Hexane (PROLABO).</li> <li>- Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (PROLABO).</li> <li>- NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (PROLABO).</li> <li>-KOH (PROLABO).</li> <li>- Méthanol 70% (PROLABO).</li> <li>- NaCl ; NaOH, (PROLABO).</li> <li>- Réactif de Folin-Ciocalteu (2 N) (Sigma).</li> <li>- Hexane</li> <li>- Tampon chlorure(ph=1,0,025M)</li> <li>- Tampon Acetate(ph=4,5, 0,4M)</li> <li>- l'eau acidifier</li> <li>- sulfate de sodium</li> <li>- Acide oxalique</li> <li>- 2-6 dichlorophenol-indophénol(DCPIP)</li> <li>-- Standards polyphénols (Sigma) : acide gallique, acide ascorbique, quercétine, , cyanidines-3-glucoside et B-carotène.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bouillon nutritif</li> <li>Muller Hinton</li> </ul>

**Annexe VI : Préparation de quelques solutions**

➤ **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 de chlorure de fer (FeCl<sub>3</sub>)**

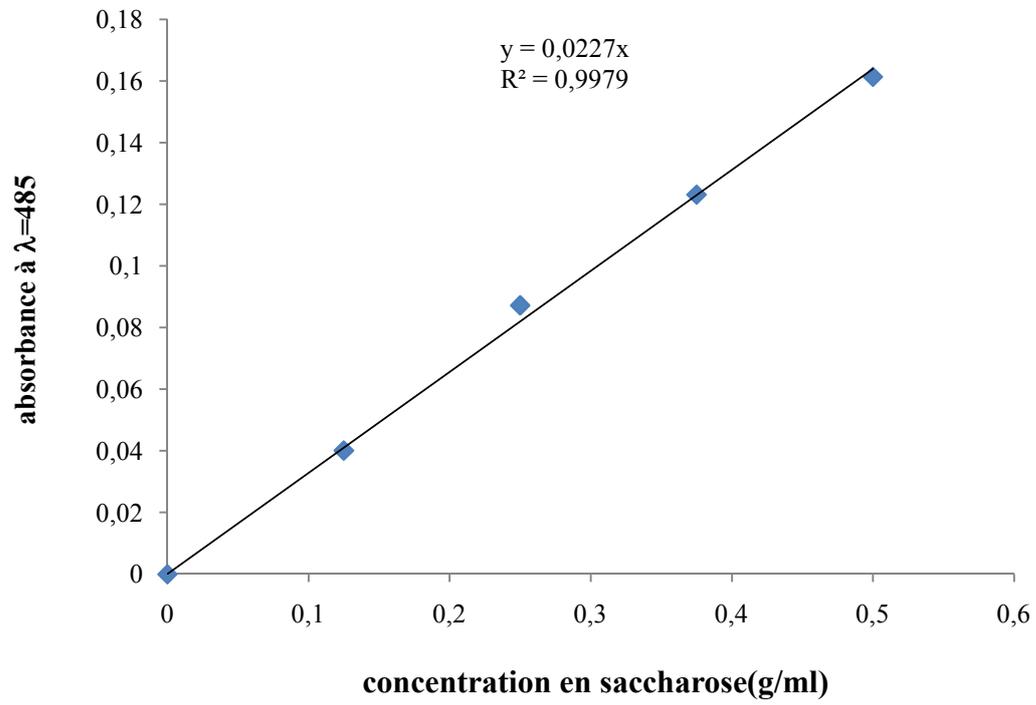
Solution de 0,01M de FeCl<sub>3</sub> préparée par dissolution de 1,62 g de FeCl<sub>3</sub> à 0.01 M dans 1 litre d' HCl à 0.01 M.

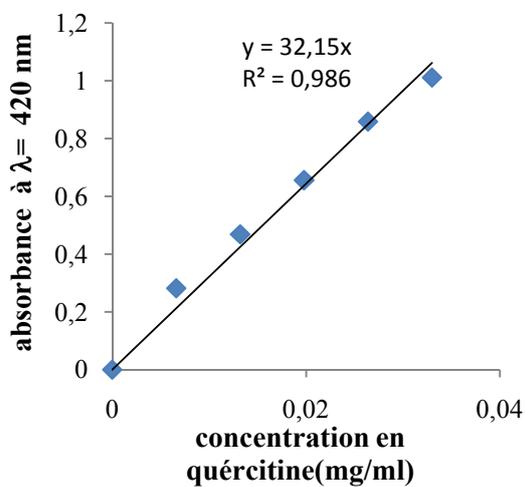
➤ **chlorure d'aluminium (2%)**

2 g de chlorure d'aluminium dans 100 ml d'eau distillé.

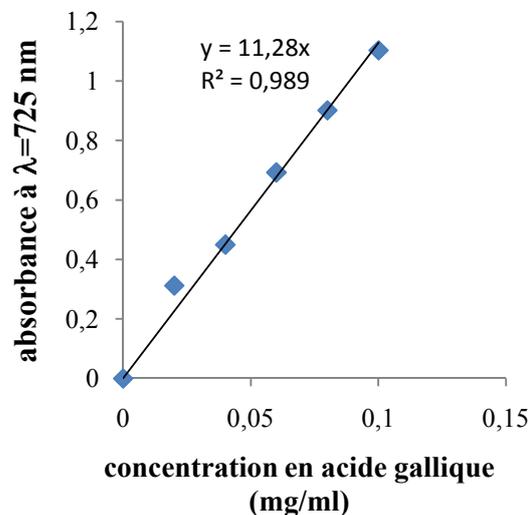
**Annexe VII: Les caractéristiques des souches étudiées (Leyral et Vierling, 2001)**

<b>Souches bactériennes</b>	<b>Quelques caractéristiques</b>
<p><b>Famille :</b> Micrococaceae</p> <p><b>Genre :</b> Staphylococcus</p> <p><b>Espèce :</b> <i>Staphylococcus aureus</i></p>	<p>Gram positive</p> <p>Forme coque</p> <p>Chimioorganotrophe</p> <p>Aérobie</p> <p>Colonies rondes jaune sur milieu chapman</p> <p>Catalase+, coagulase+, mannitol+.</p>
<p><b>Famille :</b> Enterobacteriaceae</p> <p><b>Genre :</b> Escherichia</p> <p><b>Espèce :</b> <i>Escherichia coli</i></p>	<p>Gram négative</p> <p>Forme bacille</p> <p>Aéro-anaérobie</p> <p>Colonie à reflet métallique sur milieu EMB</p> <p>Lactose+, citrate-, uréase+, mannitol+, indole+.</p>

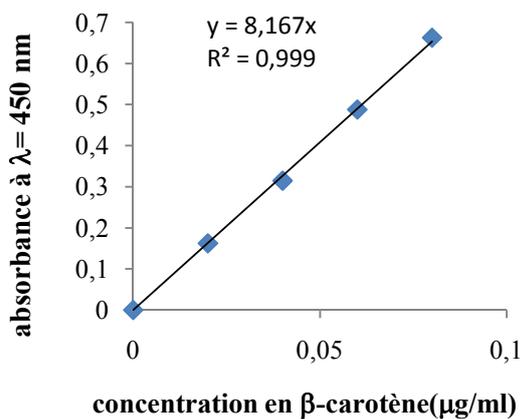
**Annexe VIII : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres réducteur**

**Annexe IX: Courbes d'étalonnages utilisés pour le dosage des composés antioxydants**

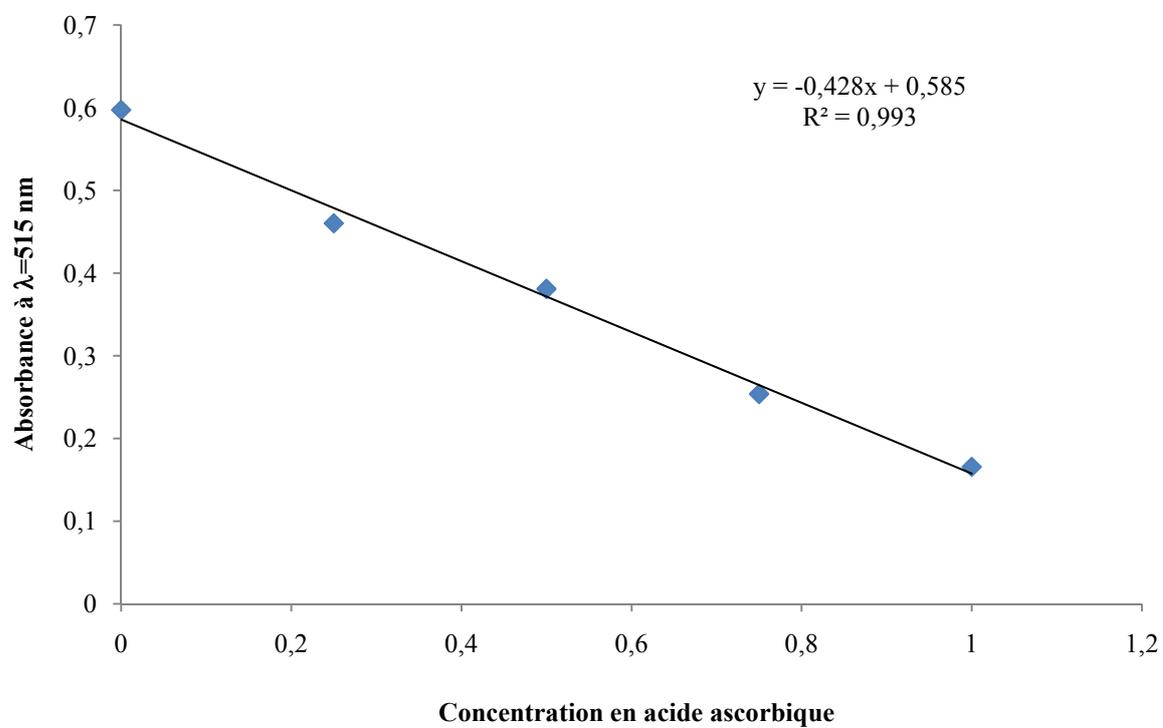
1. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes



2. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux

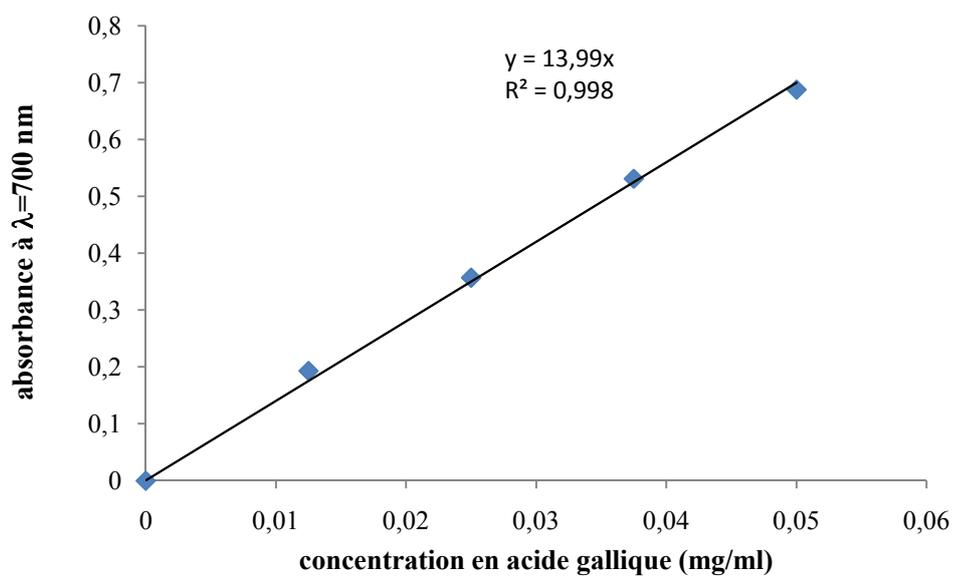
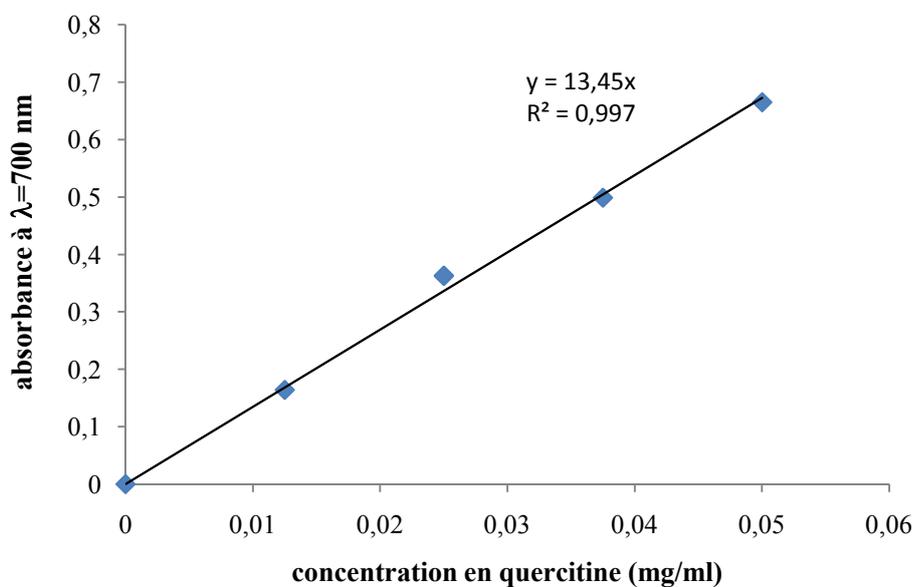


3. courbe d'étalonnage pour le dosage des caroténoïdes

**Annexe X : courbe d'étalonnage pour le dosage de la vitamine C**

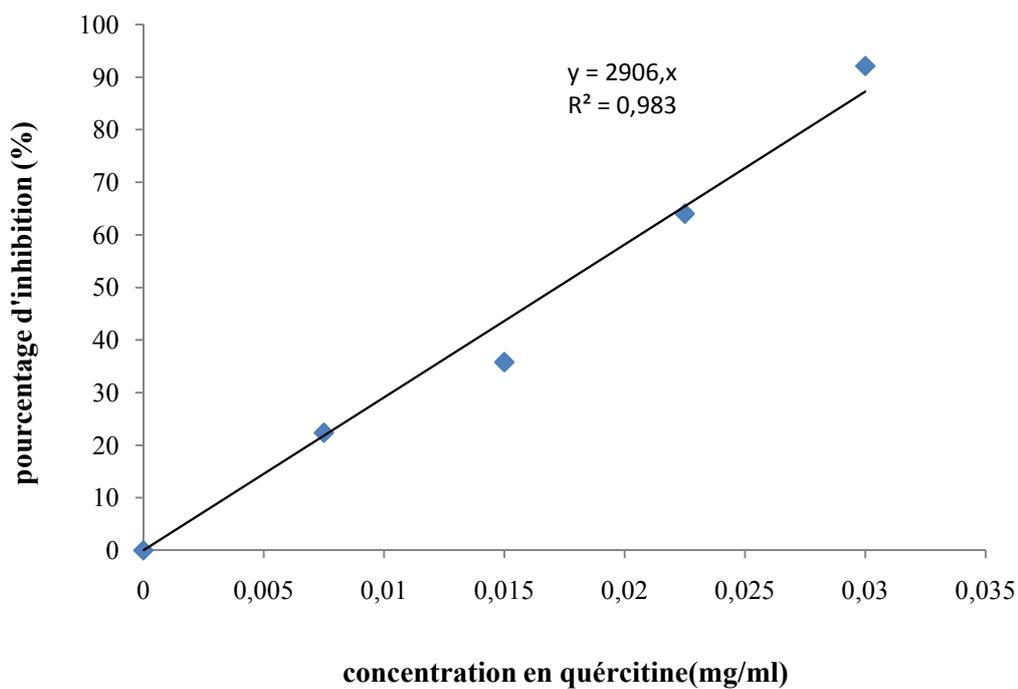
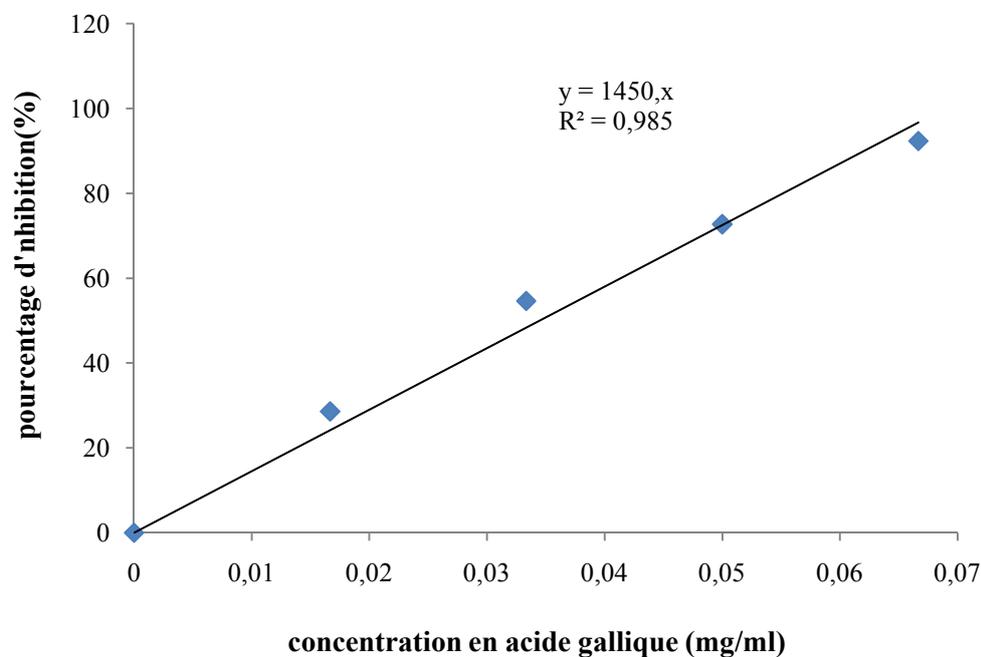
**Annexe XI : Courbe d'étalonnage utilisée pour déterminer l'équivalent d'antioxydants**

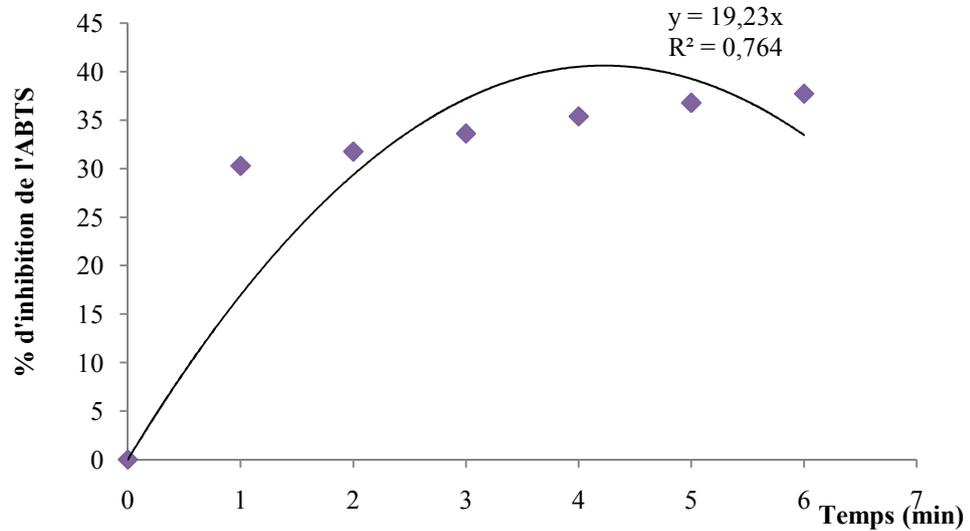
1. Pouvoir réducteur du  $\text{FeCl}_3$  en fonction de la concentration en quercétine et d'acide gallique



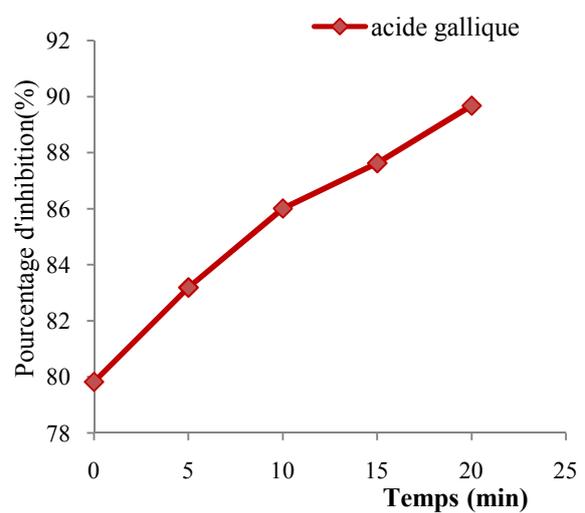
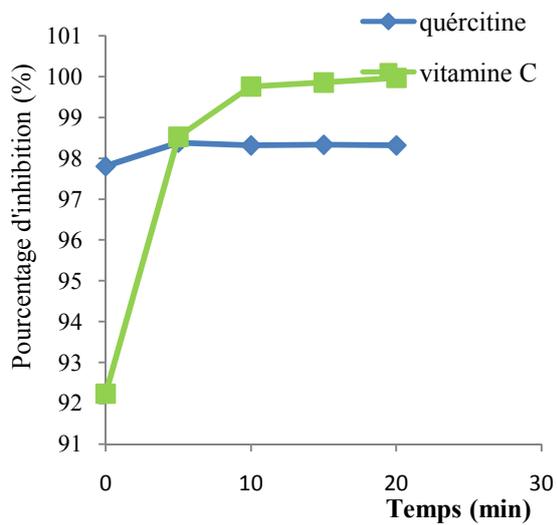
**Annexe XII : Courbe d'étalonnage pour l'évaluation de l'activité anti-radicalaire**

## 1. pouvoir anti-radicalaire mesuré sur DPPH\*

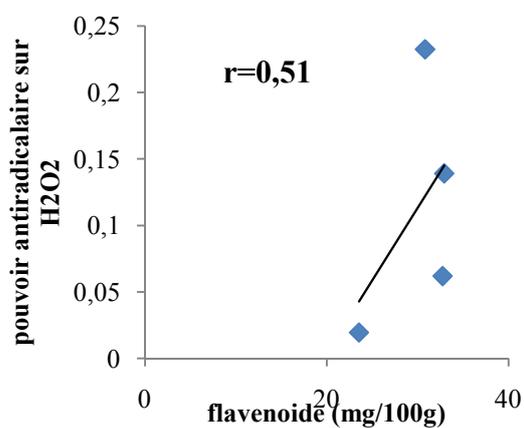
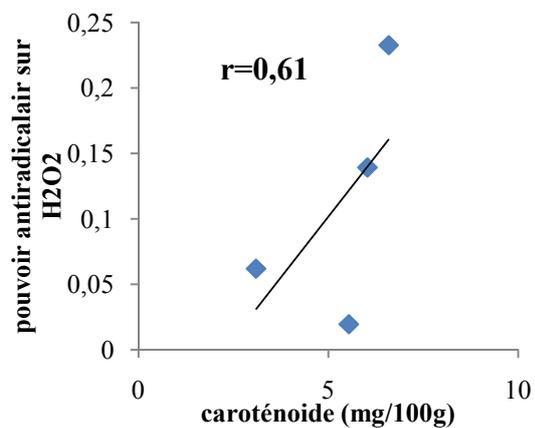
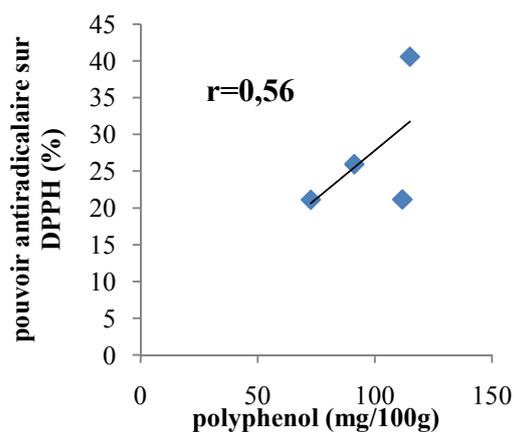
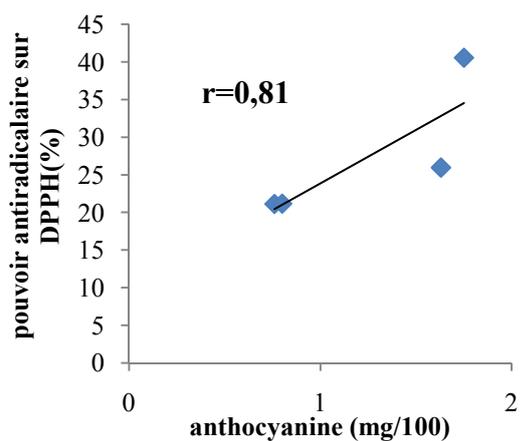
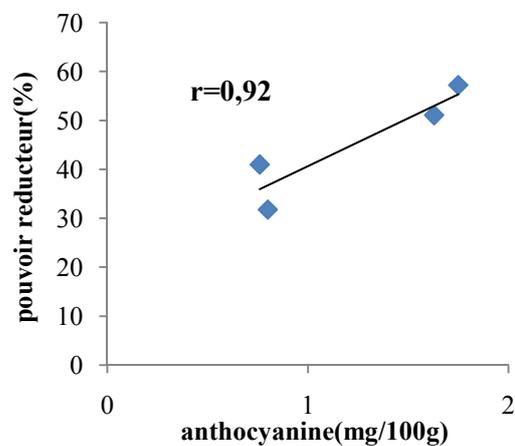
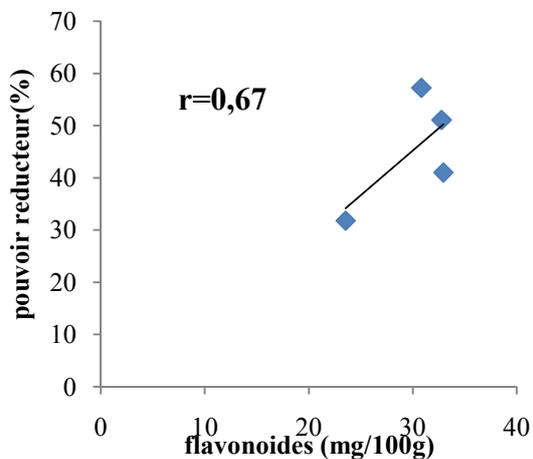


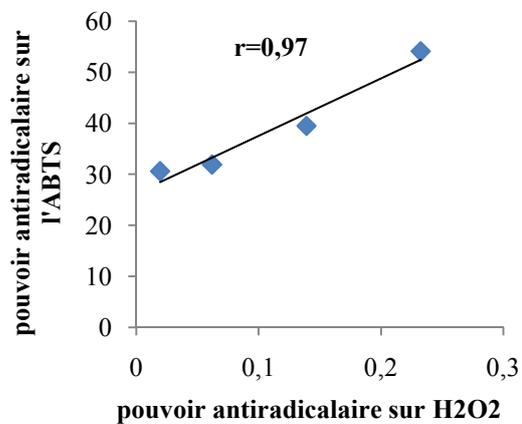
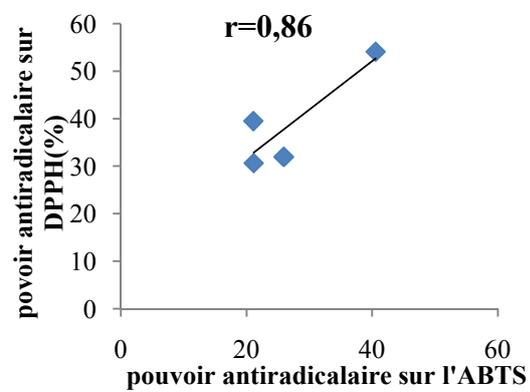
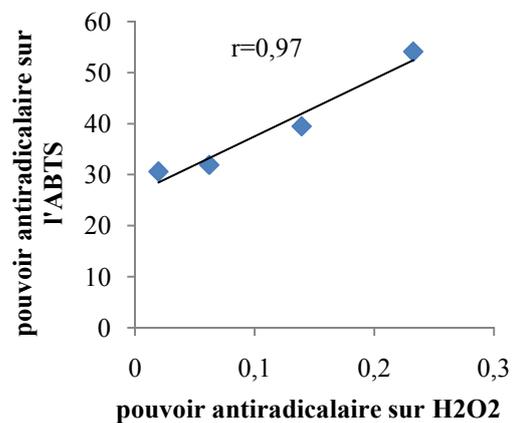
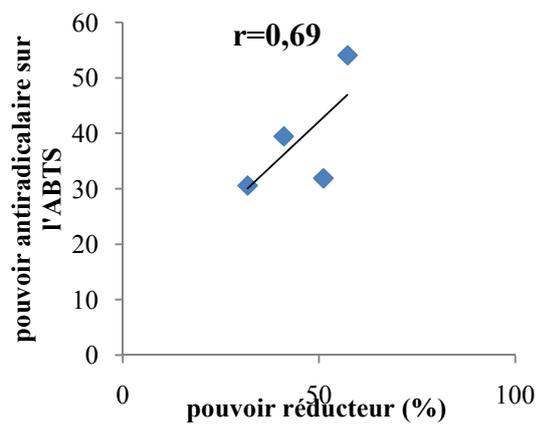
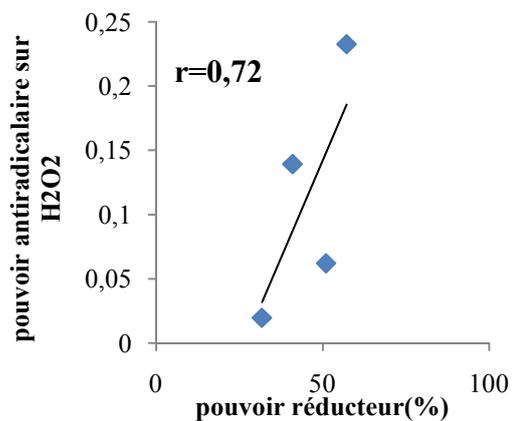
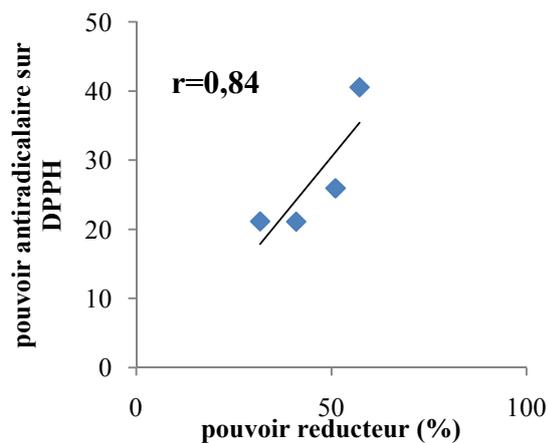
2. pouvoir anti-radicalaire sur l'ABTS<sup>+</sup>

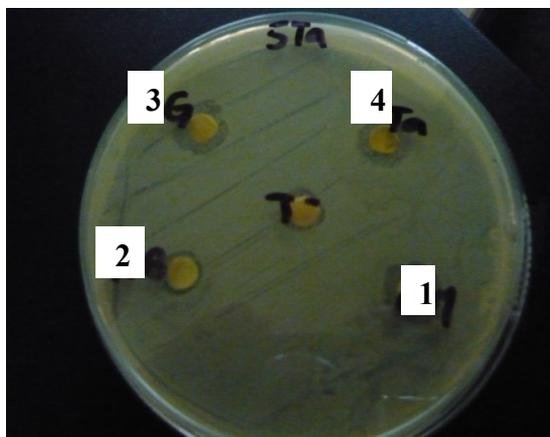
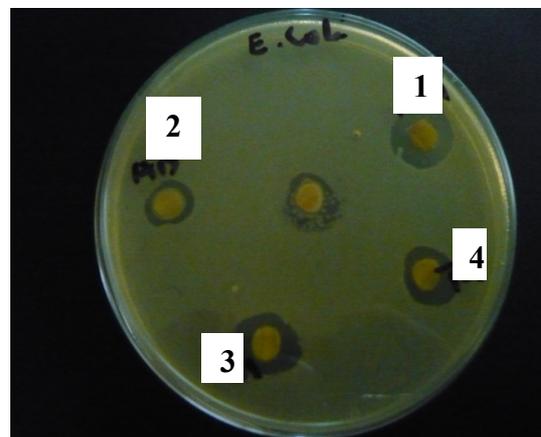
pourcentage d'inhibition du radical ABTS par l'acide gallique

3. pouvoir anti-radicalaire mesuré par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

## Annexe XIII: Corrélation des antioxydants avec les activités antioxydantes





**Annexe XIV: Activité antibactérienne des extraits de quatre variétés de figues étudiées**Effet des quatre variétés de figues sur *E.coli*Effet des quatre variétés de figue sur *S. aureus*

- 1 Variété *Azagagh*
- 2 Variété *Aberkane*
- 3 Variété *Ghoudani*
- 4 Variété *Tahiounte*

## Résumé

L'étude ci présente s'intéresse à étudier la composition biochimique de la figue fraîche (l'humidité, le pH, les sucres totaux, et les cendres) et à quantifier les différents polyphénols extraits de quatre variétés de figue *Ficus carica L*, obtenus par extraction par étage en utilisant l'acétone 80%. Elle s'intéresse également à déterminer leur pouvoir réducteur, anti radicalaire et antimicrobien. Les résultats de l'étude ont démontré que les teneurs en antioxydant des échantillons varient selon les variétés. Les résultats montrent que les quatre variétés de figue étudiées présentent un effet inhibiteur *vis-à-vis* des souches bactériennes (*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*). Le pouvoir réducteur mesuré présente une bonne corrélation avec les teneurs en anthocyanines et en caroténoïdes. Le pouvoir anti-radicalaire *vis-à-vis* le radical DPPH\* présente une bonne corrélation avec les teneurs en anthocyanines et en polyphénols. Cette étude permet de conclure que les figues fraîches mures sont une bonne source d'énergie et d'antioxydants.

**Mots clés :** *Ficus carica*, sucres, cendres, antioxydants, polyphénols, flavonoïdes, anthocyanines, caroténoïdes, Vitamine C.

## Summary

The presents study is interested in studying the biochemical composition of fresh figs (moisture, pH, sugar and ash content) and quantified different polyphenol extracts from four varieties of fruit *Ficus carica L*, extracted with the acetone 80%. It is also interested in determining their reducing power, antiradical and antimicrobial. The study showed that the antioxidant content vary between varieties. The results show that the four fig varieties studied show inhibitory effect against the bacterial strains (*Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*). The reducing power measured in the different extracts correlates well with the levels of anthocyanins and carotenoids. The anti-radical power against the radical DPPH\* correlates well with the levels of anthocyanins and polyphenols. This study concludes that the fresh figs are a good source of energy and antioxidants.

**Keywords:** Fig, sugars, ash, antioxidants, polyphenols, flavonoids, anthocyanins, carotenoids, Vitamin C, *Ficus carica*.