

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

Université Abderrahmane Mira Bejaia  
Faculté des sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Physico-chimique

Mémoire en vue d'obtention du diplôme de  
*Master en Biochimie Appliquée*

# Thème

**Teneurs en antioxydants et activités  
antioxydantes de quelques variétés de  
confitures industrielles**

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup>: HEBBACHE Ibtissam

M<sup>elle</sup> : SEBKHI Sara

**Membres de Jury :**

Président : M<sup>r</sup> HAMOUM M.

Promoteur : M<sup>r</sup> OUCHEMOUKH S.

Examineurs : M<sup>me</sup> KADJI H.

M<sup>elle</sup> BOUCHEFFA S.



# REMERCIEMENTS

Tout d'abords, nous tenons à remercier le « **BON DIEU** » le tout puissant qui nous a procuré la patience, courage et volonté afin de réaliser ce modeste travail.

Au terme de la réalisation de ce travail, nous remercions vivement notre promoteur M<sup>f</sup> OUCHMOUKH Salim d'avoir accepté de nous encadrés, ainsi que pour ses conseils, son orientation et sa gentillesse afin permette le bon déroulement de notre travail.

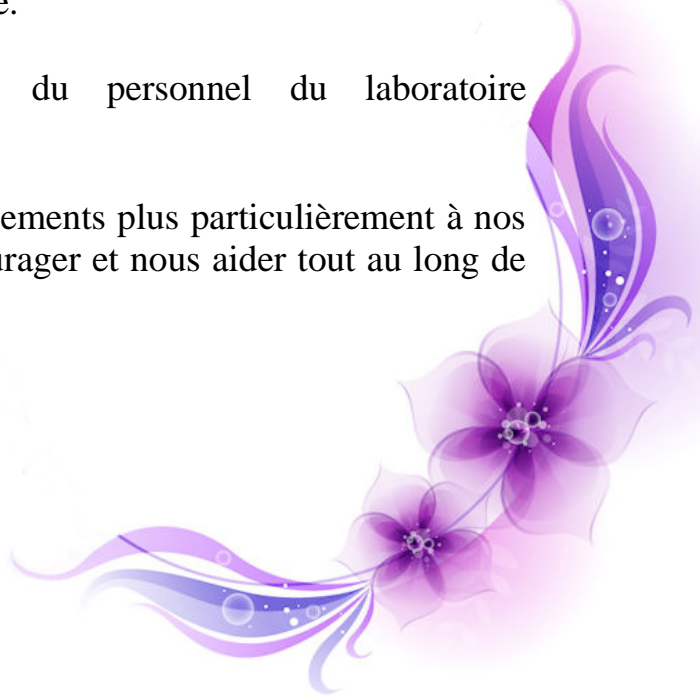
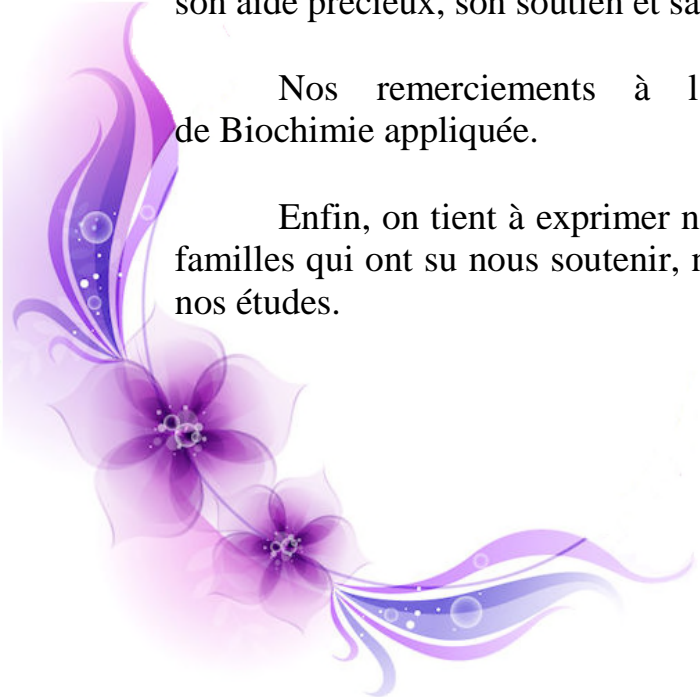
Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à M<sup>r</sup> HAMOUM M. pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider notre jury, ainsi pour sa sympathie.

Nous tenons également à remercier M<sup>me</sup> KADJI H. et M<sup>elle</sup> BOUCHEFA S. d'avoir acceptés d'examiner notre mémoire et pour toutes les remarques qui ne feront qu'améliorer la qualité de cet ouvrage.

Nous exprimons nos remerciements les plus vifs à M<sup>me</sup> KADJI H. et pour son aide précieux, son soutien et sa gentillesse.

Nos remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire de Biochimie appliquée.

Enfin, on tient à exprimer nos remerciements plus particulièrement à nos familles qui ont su nous soutenir, nous encourager et nous aider tout au long de nos études.



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents pour leurs affections leurs  
Soutien, eux qui mon guidés durant toutes mes années*

*D'étude **DERRADJI** et **SALIMA**.*

*Mes frères Samir, Rafik, Salim que j'admire*

*Ma sœur bien aimée Sissi.*

*Mon fiancé Mebarek que j'aime et qui est mon ange gardien,*

*Qui m'encourager et que dieu le garde pour moi.*

*Ma belle sœur adorable Donia.*

*Mon Beau père et ma belle mère Djelloul et Hanifa.*

*A toute ma famille.*

*Mes copines Myriam, Katia, Siham, Narimane, Souad et Fatima.*

*A ma binôme Sara et sa famille.*

*Toute la promotion de BPC 2012/2013.*

*A tous ceux que j'estime beaucoup.*

*H. Ibtissam*



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents, pour leurs sacrifices, leurs encouragements et leurs soutien, eux qui mon guidés durant toutes mes années d'étude vers le chemin de la réussite.*

*Mon cher fiancé Khoudir qui a toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager, que dieu le garde pour moi.*

*Mes deux frères Nassim et lounis.*

*Ma sœur daouia et son mari idir.*

*Mes belles sœurs soussou et anissa.*

*Toutes mes copines en particulier Sabrina et Karima.*

*Toute ma famille et belle famille.*

*Toute la promotion de biochimie appliquée 2012/2013.*

*S. Sarah*



## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction ..... 1

### Synthèse bibliographique

#### Chapitre I : les fruits et leurs antioxydants

I. Figues.....	3
I.1. Généralité.....	3
I.1.1. Variétés et description .....	3
I.1.2. Production mondiale.....	4
I.2. Composition chimique .....	5
I.3. Divers produits à base des figues .....	6
II- Mûres .....	7
II.1. Généralité .....	7
II.1.1. Variétés et description .....	7
II.1.2. Production mondiale.....	8
II.2. Composition chimique .....	9
II.3. Divers produits à base des mûres .....	10
III. Abricots.....	10
III.1. Généralité.....	10
III.1.1. Variétés et description.....	10
III.1.2. Production mondiale .....	11
III.2. Composition chimique .....	12
III.3. Divers produits à base l'abricot .....	13
IV- Fraises.....	13
IV.1. Généralité .....	13
IV.1.1. Variétés et description .....	13
IV.1.2. Production mondiale.....	15
IV.2. Composition chimique.....	15

IV.3. Divers produits à base des fraises .....	16
V. Antioxydants des fruits .....	17

## **Chapitre II : les confitures**

II.1. Historique.....	27
II.2. Définition.....	27
II.3. Types de confitures .....	27
II.4.Constituants .....	28
II.4.1. Fruits .....	28
II.4.2.Glucides.....	29
II.4.3.Pectine .....	29
II.4.4. Acides organiques .....	30
II.4.5. Autres ingrédient .....	30
II.5. Gélification.....	31
II.6. Etapes de fabrication industrielle .....	32
II.7. Composition chimique .....	34
II.8. Production mondiale.....	36

## **Partie expérimentale**

### **Matériel et méthodes**

I. Echantillonnage.....	38
II.Extraction et dosage des antioxydants.....	38
II.1. Extraction .....	38
II.2. Composés phénoliques totaux .....	40
II.2.1. Dosage des composés phénoliques.....	40
II.2.2. Dosage des flavonoïdes et flavonols .....	40
II.2.3. Dosage des proanthocyanidines .....	41
II.2.4. Dosage des ortho -diphénols .....	41
II.3. Dosage de l'acide ascorbique .....	41
III. Détermination des activités antioxydantes.....	42
III.1. Pouvoir antiradicalaire .....	42

III.1.1. Pouvoir antiradicalaire contre le DPPH .....	42
III.1.2. Activité anti radicalaire contre l'ABTS .....	43
III.2. Pouvoir réducteur .....	44
III.3 Méthode au phosphomolybdate .....	44
IV. Analyse statistique .....	44

## Résultats et discussion

I. Teneurs en antioxydants .....	46
I.1. Composés phénoliques totaux .....	46
I.2 Flavonoïdes .....	47
I.3.Flavonols.....	48
I.4. Ortho-diphénols .....	49
I.5. Proanthocyanidines.....	50
I.6 :L'acide ascorbique .....	51
II. Activités antioxydantes .....	52
II.1. Activité anti-radicalaire contre le DPPH.....	52
II.2 Activité anti-radicalaire avec l'ABTS.....	53
II.3 Pouvoir réducteur .....	55
II.4 Réduction du phosphomolybdate .....	56
III Corrélation .....	58
III.1. Corrélation entre les différents antioxydants .....	58
III.2. Antioxydants et activités antioxydants .....	59
III.3. Relation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et phosphomolybdate.....	61
III.4. Relation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur.....	61
IV. Nuage de points.....	63
Conclusion .....	64
Références bibliographiques .....	66
Annexe	

## Liste des abréviations

**ABTS** : acide 2,2'-azobis (ethylbenzothiazoline-6-sulfonique).

**CAT** : catalase.

**DCPIP**: 2, 6-dichlorophenolindophenol.

**DPPH** : radical 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

**MS** : Matière Sèche.

**EAG** : Equivalant d'acide gallique.

**TPM** : Tours par Minute.

**DPPH** : Diphényl Picryl Hydrazyl.

**ABTS** : Acide 2,2'- azinobis (3 enthlbenzothianzoline-6-sulfonique).

**ET** : Equivalent de Trolox.

**ANOVA** : Analysis of one Vaiance.

**EQ** : Equivalent de quercétine.

**EC** : Equivalent de catéchine.

**Nm** : Nanomètre.

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

**ha** : hectare

**FAB** : Fabrication

**EXP** : Expiration



## Liste des tableaux

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
<b>I</b>	Production des figues dans le monde	5
<b>II</b>	Valeur nutritive de figue fraiche	6
<b>III</b>	Composition chimique des mûres	9
<b>IV</b>	Situation mondiale de la culture d'abricotier en 2006	11
<b>V</b>	Valeur nutritive pour 100 g d'Abricot cru	12
<b>VI</b>	Description de principales variétés de fraisiers utilisées dans la fabrication des confitures	14
<b>VII</b>	production mondiale de la fraise	15
<b>VIII</b>	Composition chimique de la fraise	16
<b>IX</b>	Principales familles de composés phénoliques présents dans les fruits	19
<b>X</b>	La teneur en pectines de quelques fruits	29
<b>XI</b>	Composition chimique de la confiture	35
<b>XII</b>	Production de la confiture (1997-2006)	36
<b>XIII</b>	Production de la confiture en Algérie (1997-2004)	37
<b>XIV</b>	Echantillons de confitures analysés	39

## Liste des figures

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
<b>01</b>	Coupe transversale du synconuim d'une figue	04
<b>02</b>	Schéma et photo du fruit du mûrier	08
<b>03</b>	production mondiale des mûres	08
<b>04</b>	Principaux composés naturels possédant des propriétés antioxydantes	17
<b>05</b>	Structure de phénol simple (A) et l'acide gallique (B)	18
<b>06</b>	structure de base des différents flavonoïdes	20
<b>07</b>	Structures chimiques de l'épicatéchine et la rutine	21
<b>08</b>	Structure chimique des ortho-diphénols	21
<b>09</b>	Structure chimique d'anthocyanidine	22
<b>10</b>	Structure chimique générale des proanthocyanidines	23
<b>11</b>	Effet scavenger de l' $\alpha$ -tocophérol sur le radical peroxy	25
<b>12</b>	La formule semi-développée de l'acide ascorbique (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> )	25
<b>13</b>	Structure d'acide polygalacturonique	30
<b>14</b>	Schéma générale de fabrication des confitures	32
<b>15</b>	Photographie des échantillons de confitures analysés	38
<b>16</b>	Réduction de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique (A) et 2,6 DCPIP en dérivé réduit (B)	42
<b>17</b>	Structure du DPPH (radical libre et non radical )	43
<b>18</b>	Formation et piégeage du radical ABTS <sup>•+</sup> par un antioxydant donneur de H <sup>•</sup> .	43
<b>19</b>	Teneur en composés phénoliques totaux des variétés de confiture	46
<b>20</b>	Teneur en flavonoïdes des variétés de confiture	47
<b>21</b>	Teneur en flavonols des variétés de confiture	48

<b>22</b>	Teneur en ortho- diphénols des variétés de confiture	49
<b>23</b>	Teneurs en Proanthocyanidines des variétés de confiture	50
<b>24</b>	Teneurs en acide ascorbique des variétés des confitures	51
<b>25</b>	Pouvoir anti-radicalaire au DPPH des variétés des confitures	54
<b>26</b>	Activité anti-radicalaire avec l'ABTS des variétés des confitures	54
<b>27</b>	Le pouvoir réducteur des variétés des confitures	55
<b>28</b>	Réduction du phosphomolybdate des variétés des confitures	56
<b>29</b>	Corrélation entre les composés phénoliques et les ortho-diphénols (A), les composés phénoliques et les flavonoïdes (B), les flavonoïdes et flavonols (C) et entre les flavonoïdes et les ortho-diphénols (D)	58
<b>30</b>	Corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur avec les composés phénoliques	59
<b>31</b>	Corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur avec les ortho-diphénols	60
<b>32</b>	Corrélation entre les composés phénoliques et l'activité au phosphomolybdate	60
<b>33</b>	corrélation entre la teneur en pro-anthocyanidines et l'activité au phosphomolybdate	60
<b>34</b>	corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et l'activité antioxydante au phosphomolybdate	61
<b>35</b>	corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur	62
<b>36</b>	Cercle de corrélation des paramètres des variétés de confitures étudiées	62
<b>37</b>	Nuage de point des différentes variétés de confitures étudiées	63

# Introduction

## Introduction

Les termes antioxydants et radicaux libres sont des termes populaires utilisés par les nutritionnistes et autres professionnels de la santé. Ces dernières années ont vu apparaître un débordement d'informations sur le rôle du stress oxydatif dans le déclenchement d'un certain nombre de maladies graves, telles que certains cancers, les maladies cardio-vasculaires et les maladies dégénératives liées au vieillissement, ainsi que sur le rôle thérapeutique possible des antioxydants dans ces maladies (Pelli *et al.*, 2003).

Les antioxydants peuvent stopper ces réactions en chaîne en se combinant aux radicaux libres et en inhibant ainsi leur action. Le stress oxydatif a été mis en cause dans la pathogenèse de nombreuses maladies humaines graves, sachant qu'il est la cause de ces maladies.

L'importance des légumes, des fruits, des légumineuses et des baies pour une alimentation saine est incontestable. L'une des raisons possibles pour lesquelles ils présentent des caractéristiques favorisant une bonne santé, est la présence de différents antioxydants dans les plantes comestibles, tels que les vitamines C et E, les caroténoïdes, le sélénium, les folates et les composés phénoliques, y compris les flavonoïdes. Les caroténoïdes, le sélénium, les folates et les vitamines C et E sont des nutriments, alors que les flavonoïdes et autres composés végétaux similaires ne sont pas importants sur le plan nutritionnel, mais peuvent, par exemple, avoir un rôle significatif dans le système de défense antioxydant du corps humain (Pokorny *et al.*, 2001).

Les fruits et leurs dérivés sont une source majeure des antioxydants. Ces composés démontrent une grande capacité de capture des radicaux libres et de prévenir des maladies chroniques, cardio et cérébro-vasculaires, oculaires, neurologiques et certains types de cancers (Iacopini *et al.*, 2008). Au cours de ces dernières années, l'intérêt des antioxydants naturels et leurs répercussions sur la santé humaine et nutrition a considérablement augmenté.

Les confitures, entre autres dérivés de fruits, sont une alternative viable à l'exploitation économique des fruits, elles ajoutent de la valeur aux fruits et promeuvent l'accès à ses mandants bénéfiques toute au l'an de l'année.

Ces dérivés peuvent présenter un avantage en raison de l'augmentation de consommation des fruits durant toute l'année, permettant d'une meilleure façon d'augmenter l'apport en antioxydants.

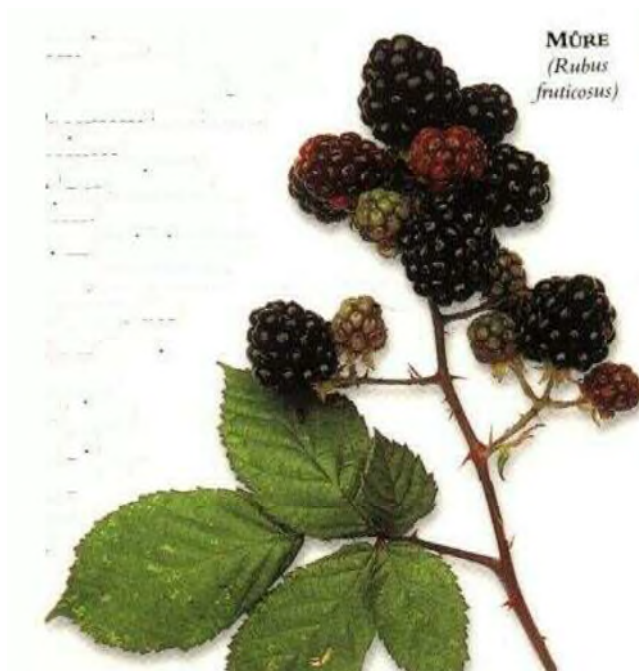
Le but de la présente étude est l'extraction, le dosage des antioxydants et la détermination de l'activité antioxydante de dérivés de quelques fruits ; confitures de mûres, de figues, de fraises et de abricots.

Dans ce travail deux parties ont été traitées. La première concerne une synthèse bibliographique où sont présentés en premier lieu, généralités, variété et description, production mondiale, composition chimique, divers produits à base des fruits et les antioxydants des fruits. Le deuxième chapitre traite les généralités sur les confitures.

La deuxième partie est l'étude expérimentale qui vise à déterminer la teneur en différents antioxydants (acide ascorbique et composés phénoliques totaux), ainsi l'activité antioxydante estimée par méthodes différentes (pouvoir réducteur, activités antiradicalaires et méthode au phosphomolybdate) de quelques variétés de confitures industrielles.

# Chapitre I

## LES FRUITS



**MÔRE**  
(*Rubus fruticosus*)



## Chapitre I : Les fruits et leurs antioxydants

### I. Figues

#### I.1. Généralités

La figue est un fruit très anciennement connu dans le monde, cité dans le coran, il est originaire du moyen orient (Sud Arabique) où le figuier sauvage et les caprifiguiers se retrouvent encore et neutralisé dans plusieurs régions et surtout celles du pourtour du bassin méditerranéen. Ce dernier fournit l'essentiel de la production mondiale, estimée à un million de tonnes, dont 27 % est produit par la Turquie.

Le figuier, nommé *Ficus carica*, a un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait du figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie. Cette espèce a été cultivée par les phéniciens, les syriens, les égyptiens et les grecs dans tout le bassin méditerranéen au point où l'on pense que c'est une indigène à ces milieux (Oukabli, 2003).

#### I.1.1. Variétés et description

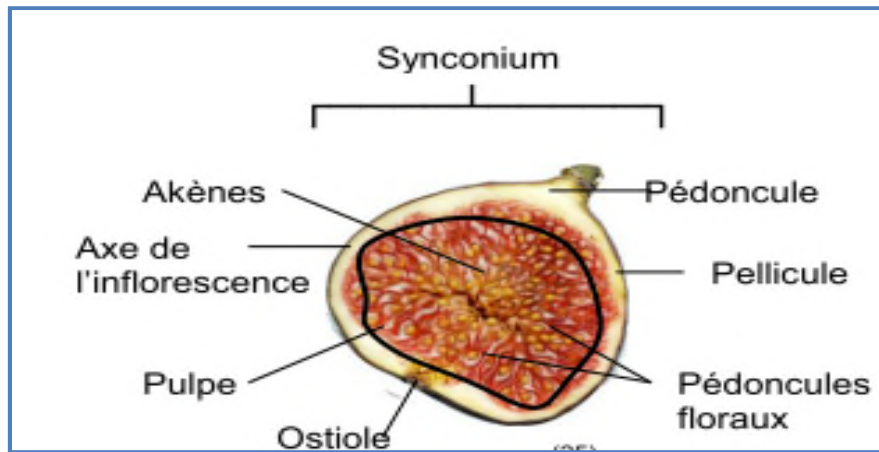
Le figuier (*Ficus Carica*) appartient à la famille des Moracées dont la spécificité est celle de contenir du latex. D'ailleurs, ce latex apparaît près du pédoncule lorsque la figue est mûre. La figue n'est pas un vrai fruit, mais un réceptacle charnu (le synconium) qui abrite un grand nombre de petites graines (akènes). Lorsque la fécondation se fait, le réceptacle gonfle et les fleurs deviennent les petites graines qui forment le fruit. Actuellement, certaines espèces n'ont plus besoin de pollinisation, ce qui en facilite sa culture (fig. 1).

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.

Il existe plus de 700 variétés de figues. Les plus courantes sont la figue noire (sucrée et plutôt sèche), la figue verte (juteuse et a la peau fine) et la figue violette (plus sucrée, plus juteuse, plus fragile) (Haesslein *et al.*, 2008).

Le figuier est un arbre de forte capacité de régénération végétative et de forte productivité. Il produit les fruits sans production de fleurs visibles. Sa production est de deux types: figues de première récolte ou figues fleurs (El-bacor) et figues de 2ème récolte ou figues d'automne.





**Figure 1** : Coupe transversale du synconium d'une figue (Haesslein *et al.*, 2008).

Pour le figuier, l'opération de caprification (pollinisation) est nécessaire, chez certaines variétés, pour assurer le développement des figues d'automne et obligatoire pour produire des figues à sécher (Oukabli et Mamouni, 2008). La caprification est assurée par le figuier mal, le caprifiguier, grâce à un insecte, le *Blastophaga psenes*.

### I.1.2. Production mondiale

Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, la Turquie produit près d'un quart de la production mondiale (FAOSTAT, 2007). Les cinq plus grands pays producteurs représentent plus de 60 % de la récolte totale (tableau I).

En Algérie, le verger figuicole occupe une superficie de 45.790 ha et compte plus de 7.600.000 figuier, environ 6.000.000 figuier sont concentrés dans les seuls arrondissements de la Kabylie (12.450 ha à Bejaia et 5.389 ha à Tizi-Ouzou) (Mard, 2008).

**Tableau I** : Production des figes dans le monde (FAOSTAT, 2007).

<b>Position</b>	<b>Pays</b>	<b>Production (T)</b>
<b>01</b>	Turquie	210152
<b>02</b>	Égypte	170000
<b>03</b>	Iran	88000
<b>04</b>	Algérie	63883
<b>05</b>	Maroc	61606
<b>06</b>	États-Unis	47800
<b>07</b>	Syrie	41086
<b>08</b>	Espagne	40000
<b>09</b>	Brésil	23225
<b>10</b>	Tunisie	22000

## I.2. Composition chimique

La figue joue un rôle équilibrant dans l'alimentation, grâce à sa teneur élevée en glucides assimilables (glucose et fructose) et son faible apport en lipides et l'absence de cholestérol. Elle est une excellente source de vitamines et de fibres alimentaires.

Avec une teneur en minéraux de l'ordre de 700 mg/100 g, la figue se place parmi les fruits frais ayant la densité micro nutritionnelle la plus élevée (tableau II).

**Tableau II** : Valeur nutritive de la figue fraîche par 100 g (Vinson, 1999).

Composition	Valeurs
Calories (Kcal)	283,00
Protéine (g)	3,14
Glucide (g)	49,00
Fibre (g)	12,21
Potassium (mg)	609,00
Fer (mg)	3,07
Sodium (mg)	12,26
Calcium (mg)	133,00
Phosphore (mg)	232,00
Magnésium (mg)	17,00
Cuivre (mg)	0,10
Sélénium (mg)	0,20
Zinc (mg)	0,20
Vitamine A (IU)	9,76
Vitamine C (mg)	0,68

### I.3. Divers produits à base des figues

La figue est consommée le plus souvent à l'état sec ou transformée en confitures, marmelades, ainsi en jus et liqueurs. En Tunisie, une eau-de-vie appelée boukha est produite à base des figues locales. Le sirop de figue est administré dans les pharmacies lors de problèmes de constipation en raison de ses vertus laxatives.

## II. Mûres

### II.1. Généralités

La mûre désigne le fruit d'un arbre (*Morus*) qui est cultivé en Europe, aux États-Unis et en Asie pour ses baies, de même que pour l'élevage du ver à soie. Ainsi le mot mûre désigne également les fruits de plusieurs sous-arbrisseaux épineux du genre *Rubus*. Ce mot est généralement synonyme de ronce. Mais ce dernier appartient plutôt au langage scientifique. Le mot « ronce » est apparu en 1175, il vient du latin classique *rûmex* qui signifie « dard » en référence aux épines de la plante.

Les baies ont été les premiers aliments à être consommés par nos ancêtres chasseurs-cueilleurs, bien avant les grains et les herbes. On a retrouvé des vestiges de mûres dans les plus anciennes habitations humaines, excavées en Europe (Dauzat *et al.*, 1971).

Le genre *Rubus* est originaire de l'Asie Mineure, d'une région qui correspond aujourd'hui à la Turquie. Il existe plus d'une centaine de mûres, sans compter les nombreux cultivars que les humains ont créés. La mûre de Boysen, la mûre de Logan et la mûre de Young, sont aujourd'hui largement cultivées en divers endroits du globe. (Toussaint-Samat, 1987).

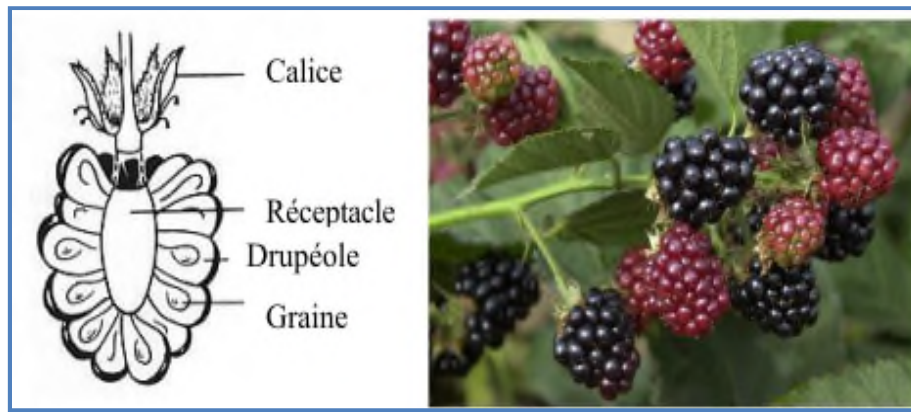
#### II.1.1. Variétés et description

La mûre est un fruit noir qui pousse en bordure des forêts et dans les champs abandonnés. Tandis qu'ailleurs, le mot mûre désigne le fruit du mûrier (*Morus alba* ou *Morus rubra*, de la famille des Moracées) (Marie-Victorin, 2001).

La mûre (blackberry, terme anglais et ronce, terme français), désigne le fruit d'un arbuste du genre *Rubus*. Plus particulièrement, de la famille des Rosacées, du genre *Rubus* et du sous-genre *Eubatus*. Il y a un grand nombre d'espèces, mais celles qui semblent avoir un meilleur potentiel pour la culture au monde, sont *Rubus setosus*, *Rubus canadensis* et *Rubus allegheniensis* (Rousseau *et al.*, 2003).

La mûre est une plante de type arbustive, bisannuelle, qui peut avoir ou ne pas avoir d'épines. Les jeunes pousses végétatives de première année partent de la base du plant et se lignifient au cours de l'été (Louws *et al.*, 1994).

Le fruit est composé de plusieurs carpelles (fig. 2) tous libres les uns des autres, mais ils restent liés au réceptacle charnu, ce qui le différencie des framboises. En ce qui a trait au port de la plante il existe des variétés dites rampantes, semi-dressées, ou encore dressées.



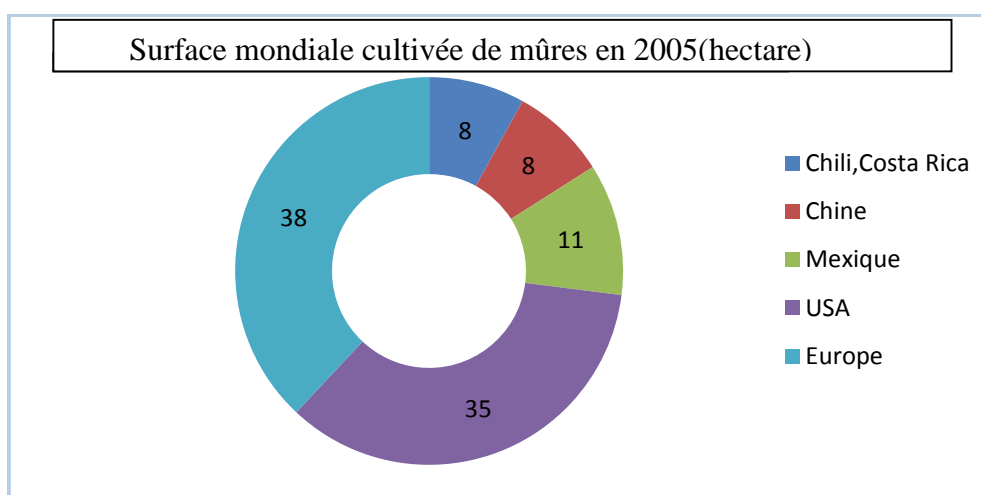
**Figure 2** : Schéma et photo du fruit du mûrier (Moore *et al.*, 1990).

### II.1.2. Production mondiale

Très peu de données sont disponibles relativement à la production des mûres. L'étude a montré que les mûres sauvages représentent une part importante de la production mondiale avec 8.000 hectares et 13460 tonnes récoltées en 2004 (Strik *et al.*, 2008).

L'Europe est le principal producteur de mûres avec 7.692 hectares de mûres commercialement cultivées en Europe, la Serbie représente 69% de la zone dans l'Europe et également le plus grand producteur au monde (fig. 3).

En Algérie, n'existe aucune zone de production de mûres commerciales cultivées, malgré la disponibilité des surfaces importantes des mûres sauvages.



**Figure 3** : Production mondiale de mûres (Strik *et al.*, 2008).

## II.2. Composition chimique

Les mûres sont des fruits remplis d'éléments essentiels et bénéfiques. Elles sont généralement des sources pauvres en vitamines, mais fournissent des quantités utiles en acide ascorbique et vitamine E. Ils fournissent également une source utile de fibres. La teneur en minéraux est également faible, avec une prédominance de potassium et de calcium et avec de faibles teneurs en protéines et des traces d'acides aminés (Tableau III)

**Tableau III :** Composition chimique des mûres (Anonyme 1).

<b>Eléments</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Calories</b>	33 Kcal
<b>Protéines</b>	1,1 g
<b>Glucides</b>	7,3 g
<b>Lipides</b>	0,4 g
<b>Fibres alimentaires</b>	4,0 g
<b>Potassium</b>	123 mg
<b>Fer</b>	0,5 mg
<b>Sodium</b>	1 mg
<b>Calcium</b>	22 mg
<b>Magnésium</b>	15 mg
<b>Phosphore</b>	17 mg
<b>Vitamine C</b>	16 mg
<b>Vitamine A</b>	8 EAR
<b>Béta- carotène</b>	97 mcg

## II.2. Divers produits à base de mûre

Les mûres sont commercialisées comme des fruits frais. Elles sont aussi utilisées principalement pour une utilisation dans les industries de la restauration, de traitement pour les obturations et les arômes camemberts. Elles sont transformées en produits congelés, séchés ou en conserve ou transformés en confitures, gelées et jus de fruits pour répondre à diverses exigences des marchés et des consommateurs.

## III. Abricots

### III.1. Généralités

L'abricot est un fruit à noyaux du genre *Prunus* originaire de Chine. Des abricotiers sauvages poussent dans la chaîne de montagnes des Tian shan, d'Asie centrale et dans diverses régions de Chine ainsi qu'en Corée et au Japon (Shiu-ying, 2005).

L'introduction de l'abricotier au Proche-Orient s'est faite à travers l'Iran et l'Arménie, aux alentours du premier siècle avant notre ère (Zohary, 2012). En Afrique du nord, il en existe plusieurs variétés, deux (paviot et rosé) en Algérie dans le seul massif de l'Aurès, l'une à N'Gaous, ouest de l'Aurès, l'autre à Menaâ au centre de l'Aurès (wilaya de Batna). La variété de Menaâ est unique au Monde par sa blancheur et sa tâche rouge (Bahlouli, 2009).

#### III.1.1. Variétés et description

L'abricotier est une espèce assez exigeante en froid hivernal (700 à 1000 heures en dessous de 7,2 °C) (FAO, 2007). Il fleurit juste après l'amandier et avant le pêcher. Il est assez sensible au gel hivernal, mais les bourgeons floraux peuvent résister à des températures de -16 à -24 °C quand ils sont dormants (Legave *et al.*, 2006).

L'abricot, fruit ou drupe de l'abricotier, est caractérisé par une peau veloutée, une chair charnue, peu juteuse, sucrée, parfumée et de couleur jaune orangée. Il se sépare aisément en suivant le sillon médian. Le noyau s'enlève facilement de la chair. C'est un fruit fragile, sensible aux manipulations et aux transports. Le degré de maturité de l'abricot est apprécié par le parfum et la souplesse du fruit. La couleur n'est pas un critère fiable, car certaines variétés "rougissent" bien avant d'être mûres.

Le fruit pour la consommation en frais est très fragile et doit être cueilli deux à quatre jours avant maturité et très tôt le matin ou le soir. Le fruit supporte une vingtaine de jours de conservation à - 0,5 °C et 85 % d'humidité (Audubert *et al.*, 1989).

### III.1.2. Production mondiale

Aujourd'hui, la plus grande production d'abricots se concentre dans les pays méditerranéens (Turquie, Espagne, Syrie, Grèce, France), ainsi qu'en Iran et au Pakistan avec plus de 200 000 de tonnes/pays pour l'année 2006 (tableau IV).

En Algérie, l'abricotier possède une place privilégiée dans la vie des agriculteurs, vue la superficie qu'il occupe et son importance dans le marché national, c'est l'espèce fruitière la plus cultivée devant le pommier, le poirier et le pêcher. Les vergers d'abricotiers constituent l'une des meilleures richesses de l'Algérie, notamment de la wilaya de M'Sila qui constitue l'une des régions les plus productives. Elle occupe la deuxième place à l'échelle nationale derrière la wilaya de Batna avec une superficie qui est passée de 2 386 ha en 1994 à 6 310 ha en 2004 (Bahlouli *et al.*, 2008).

**Tableau IV:** Situation mondiale de la culture d'abricotier en 2006 (FAO 2007).

Pays	Production (t)	Superficie (ha)
Turquie	370 000	64 000
Iran	285 000	32 000
Italie	244 048	19 287
Pakistan	215 000	29 000
Algérie	110 000	40 000



### III.2. Composition chimique

L'eau est le plus important constituant des abricots (de 80 à 90 %). Les autres éléments alimentaires importants sont le potassium, le phosphore, le calcium, et le magnésium Mg (tableau V).

**Tableau V** : Valeur nutritive pour 100 g d'Abricot cru (Nutrient Data Laboratory 2010).

Composition	Valeurs
Calories (Kcal)	45,90
Protéine (g)	1,40
Glucide (g)	9,20
Fibre (g)	2,00
Potassium (mg)	241,00
Fer ( $\mu$ g)	390,00
Sodium (g)	0,98
Calcium (mg)	13,40
Phosphore (mg)	16,60
Magnésium (mg)	8,70
Cuivre ( $\mu$ g)	50,00
Zinc ( $\mu$ g)	100,00
Vitamine C (mg)	5,30
B-carotène ( $\mu$ g)	330,00
Vitamine E (mg)	0,75

### III.3. Divers produits à base de l'abricot

L'abricot peut être consommé frais, séché ou sous forme de jus, de marmelade, de compotes et de confiture. Son contenu en fibres, en antioxydants et en plusieurs autres nutriments fait de l'abricot un fruit particulièrement intéressant pour la santé.

## IV. Fraises

### IV.1. Généralités

Les fraises poussaient dès la plus haute antiquité à l'état sauvage en Amérique et en Asie ainsi que dans les zones Sub-alpines d'Europe occidentale (Darrow, 1966).

Les fraisiers sauvages ou cultivés appartiennent tous au genre *Fragaria* de la famille des Rosacées. Il existe de nombreuses espèces indigènes, celles-ci formant une série polyploïde dont la filiation est encore méconnue et dont le génome de base est constitué de 7 chromosomes ( $n=7$ ). Les espèces octoploïdes ( $2n=56$ ), *Fragaria chiloensis* Duch., *Fragaria ovalis* Rydb et *Fragaria virginiana* Duch provenant des Amériques, qui sont de par leurs croisements spontanés, à l'origine des fraisiers à gros fruits cultivés actuellement sous le nom de *Fragaria X ananassa* Duch (Desjardins, 2003).

#### IV.1.1. Variétés et description

Le fraisier est une plante herbacée vivace à rhizomes écailleux produisant des stolons qui s'enracinent et forment de nouvelles plantes (Desjardins, 2003). Ses feuilles sont généralement alternes et basilaires. Elle produit habituellement des fleurs blanches avec cinq bractéoles, sépales et pétales. Elle comporte 20 étamines qui entourent la base du réceptacle.

Le fruit multiple comporte de nombreux petits carpelles individuels akène (Ce sont les akènes qui produisent une hormone permettant au faux-fruit de grossir (Risser *et al.*, 1997), portés sur un réceptacle hémisphérique ou conique qui s'accroît jusqu'à devenir à la maturité une masse pulpeuse, juteuse, délicieuse au goût.

Il existe principalement 3 classes de cultivars La première classe comprend le fraisier conventionnel. La deuxième catégorie est le fraisier à jour neutre. Il diffère du fraisier conventionnel par ses exigences photopériodiques moins strictes nécessaires à l'initiation des boutons floraux, car il n'est pas influencé par la longueur du jour.

Finalement, la troisième classe est le fraisier remontant qui produit seulement au printemps et à l'automne. Cependant, la culture de ce dernier est très marginale en comparaison aux deux autres (Desjardins, 2003).

Ils existent présentement environ 600 variétés différentes de fraisiers et ils varient entre eux selon plusieurs critères dont la taille, la texture, la saveur, la couleur, la résistance aux maladies, la période de production et le niveau en éléments nutritifs (tableau VI).

**Tableau VI :** Description de principales variétés de fraisiers utilisés dans la fabrication des confitures (Lareault, 2006).

Variété	Fructification	Description du fruit	Utilisations
Annapolis	hâtive	moyen à gros, rouge clair	frais, congélation
Veestar	hâtive	moyen, orange rouge à rouge, fermeté moyenne, très bonne saveur	Frais, confiture
Chambly	mi-saison	gros, rouge foncé, ferme, très bon	frais, congélation, confiture
Glooscap	mi-saison	moyen à gros, rouge à rouge foncé, fermeté moyenne	frais, congélation, confiture
Honeoye	mi-saison	gros, rouge, fermeté moyenne	frais, congélation
Jewel	mi-saison	gros, rouge, ferme	frais, confiture
Joliette	mi-saison	gros, rouge, fermeté moyenne	frais, congélation, confiture
L'Acadie	mi-saison	gros, rouge, ferme	frais, congélation, confiture
Oka	mi-saison	gros, rouge, fermeté moyenne, très bonne saveur	confiture, congélation
Bounty	tardive	moyen, rouge foncé, fermeté moyenne, saveur excellente	frais, confiture

#### IV.1.2. Production mondiale

La culture des fraises est l'une des productions fruitières les plus répandues dans le monde. Les principaux pays producteurs en 2008 étaient les États-Unis, l'Espagne, la Turquie, le Mexique, la Corée, la Pologne, l'Égypte, le Japon, l'Italie et l'Allemagne. Ces pays représentaient environ 70% de la production mondiale (FAOSTAT, 2011).

Le choix de ou des variétés est déterminant dans la production de la fraise. Evidemment, elles ne sont pas toutes disponibles en Algérie, notamment pour des raisons climatiques. Cependant, il existe tout de même un bon nombre de variétés conventionnels qui répondent à un éventail de besoins assez variés.

**Tableau VII :** production mondiale de la fraise (FAOSTAT, 2011).

Pays	Quantité de production (1000 tonnes)
MED.	966
USA	1 053
Espagne	308
Russie	217
Corée	202
Turquie	200
Japon	196
Pologne	185
Italie	147
Allemagne	147

#### IV.2. Composition chimique

La fraise regorge de vitamine C (antioxydants), de vitamine A (sous forme de précurseur, le  $\beta$ -carotène), de glucides, de protéine et de fibres. Elle est riche en oligo-éléments, sous forme de sels de potassium, sodium, de calcium, du magnésium, du fer, de calcium et de phosphore (Tableau VIII).

**Tableau VIII** : Composition chimique de la fraise (Anonyme 1).

Eléments	Valeurs
Calories (Kcal)	27,0
Protéines (g)	1,0
Glucides (g)	6,0
Fibres alimentaires (g)	1,9
Fer (mg)	0,4
Potassium (mg)	129,0
Sodium (mg)	1,0
Calcium (mg)	13,0
Magnésium (mg)	11,0
Phosphore (mg)	20,0
Vitamine C (mg)	49,0
Vitamine A (EAR)	1,0
$\beta$ - carotène (mcg)	6,0

### IV.3. Divers produits à base de fraise

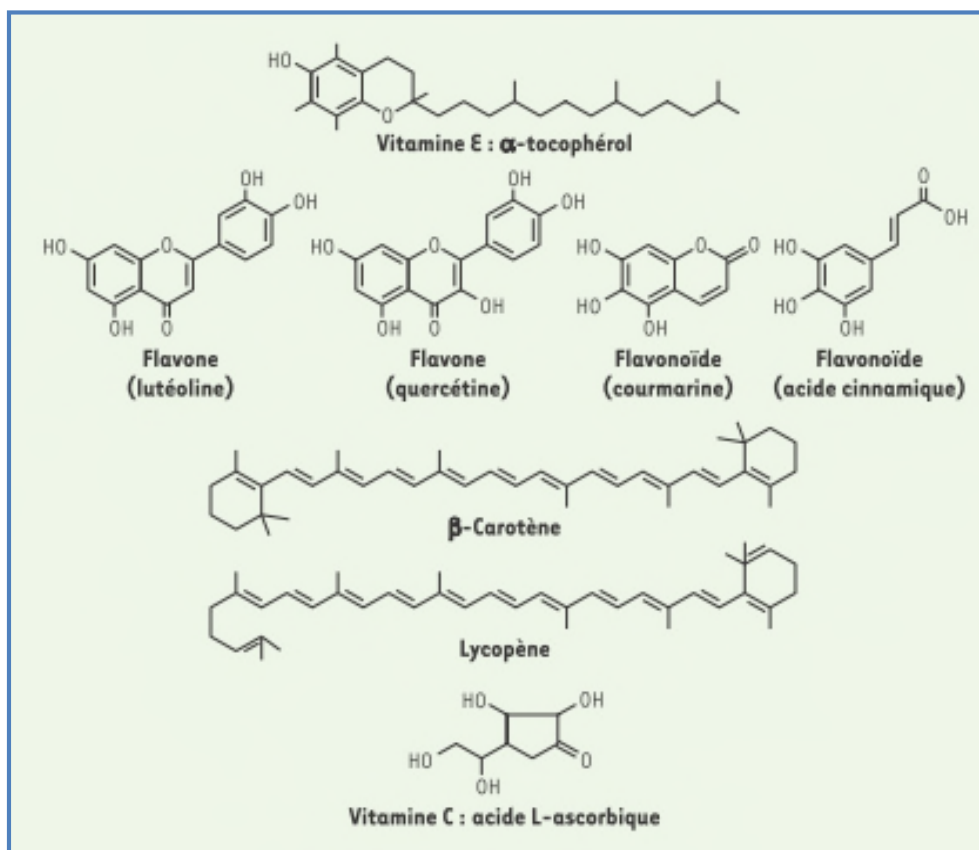
Les fraises sont consommées principalement comme des fruits frais. En outre, de nombreux autres produits à base de fraise existent tels que jus, nectar, purée et le concentré de jus ainsi de la confiture qui sont largement consommés dans le monde.

## V. Antioxydants des fruits

Les antioxydants sont des composés chimiques qui réduisent ou neutralisent l'oxydation des cellules. Les fruits apportent des substances antioxydantes bénéfiques pour la protection cardio-vasculaire ou la prévention de certains cancers. Ce sont les caroténoïdes, la vitamine E, la vitamine C et diverses molécules phénoliques. Les végétaux contiennent de nombreuses molécules de type polyphénols. Ces derniers sont présents en quantités importantes dans les fruits (cassis, fraises, abricots mûres, figes, cerise, pomme...).

Les flavonoïdes sont susceptibles de neutraliser les radicaux libres, d'exercer un rôle de protection cardio-vasculaire. La consommation régulière de fruits ou dérivés de fruits protège l'organisme, grâce à un éventail de micronutriments bénéfiques pour la santé.

Selon la densité en micronutriments, l'alimentation est plus ou moins protectrice. D'où vient tout l'intérêt d'une alimentation variée, contenant suffisamment de légumes et de fruits (fig. 4).

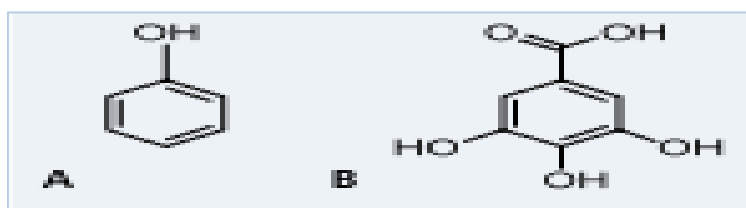


**Figure 4:** Principaux composés naturels possédant des propriétés antioxydantes (Moure *et al.*, 2001)

## I. Composés phénoliques

Les produits comestibles ou non comestibles d'origine végétale contiennent une large gamme de composés phénoliques tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins qui possèdent des activités antioxydantes (Liyana *et al.*, 2006).

Les composés phénoliques (8000 molécules connues) sont une des principales classes de métabolites secondaires des plantes. Leurs structures et fonctions sont très diverses. Ils possèdent, au minimum, un cycle aromatique portant un à plusieurs groupes hydroxyles (fig. 5).



**Figure 5 :** Structure de phénol simple (A) et l'acide gallique (B) (Mehinagic *et al.*, 2011).

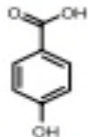
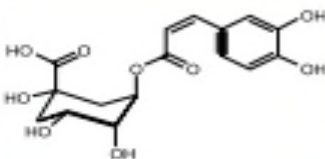
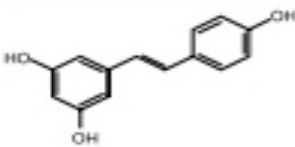
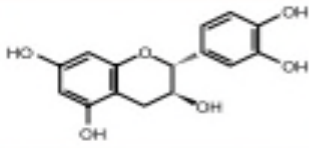
Les acides phénoliques (acide gallique) représentent les formes les plus simples et les tanins, les formes les plus polymérisées de plus de 30000 Dalton.

Les fruits sont unanimement considérés comme une plus grande source d'acides phénoliques que les légumes et les autres aliments. Les fruits contiennent entre 1 et 2 grammes de composés phénoliques par 110 grammes de poids frais (Macheix *et al.*, 1990).

Les principaux polyphénols présents dans les fruits sont les acides phénols (dérivés de l'acide benzoïque ou cinnamique), les stilbénoloïdes et les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins condensés (Boizot *et al.*, 2006) (tableau IX).

Les composés phénoliques sont les composants responsables de la couleur, la saveur et de l'arôme des fruits frais, des fruits et de leurs produits (Caliskan *et al.*, 2011).

**Tableau IX :** Principales familles de composés phénoliques présents dans les fruits (Mehinagic *et al.*, 2011).

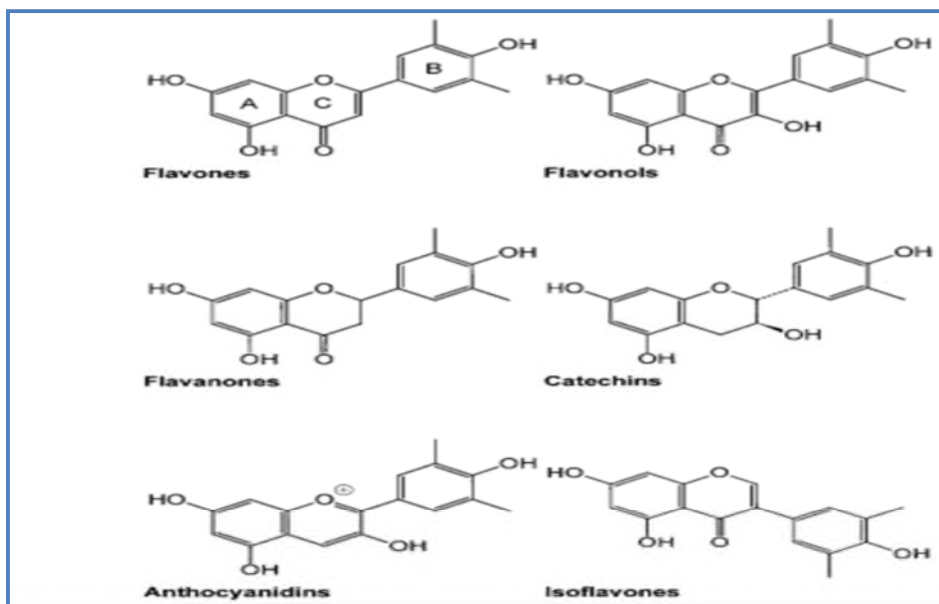
Famille	Exemple	Formule	Fruits - source
Acides hydroxy-benzoïques	Acide parahydroxy-benzoïque		Fraises
Acides hydroxy-cinnamiques	Acide cis-5-O-caféylquinique (acide chlorogénique)		Pruneaux, pommes
Stilbénoides	Trans-resvératrol		Raisin
Flavonoïdes	(+)-catéchine		Raisin

## 1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes, que l'on appelle aussi parfois des bioflavonoïdes, sont des métabolites secondaires des plantes dont la plupart ont une action antioxydante à des doses que l'on retrouve normalement dans les fruits. Les flavonoïdes englobent une gamme large et diversifiée de dérivés phénoliques hydrosolubles. Certains d'entre eux affichent des couleurs très vives (Charles *et al.*, 2005).

On les retrouve dans les vacuoles des cellules des plantes, et ils sont classifiés selon le degré d'oxydation de leur noyau pyranique (un des éléments de leur structure chimique). Il existe environ une douzaine de classes reconnues de flavonoïdes, dont les flavonols et les flavones (surtout des pigments jaunes dans le règne végétal), les flavanones et les isoflavones (isoflavanones et les anthocyanes) (Ramos, 2007) (Fig. 6).



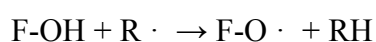


**Figure 6** : structure de base des différents flavonoïdes (Hollman *et al.*, 1999)

Les flavonoïdes sont les composés les plus étudiés, incluant un grand nombre de molécules qui peuvent avoir des activités biologiques diverses (Hidalgo *et al.*, 2009). Ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes telle que la tyrosine kinase et de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, suggérant qu'ils pourraient exercer plusieurs activités biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, vasculo-protectrices, anti-hépatotoxiques, antiallergiques, anti-inflammatoires, antiulcéreuses et même anticancéreuses (Ghedira, 2005).

Les flavonoïdes inhibent la formation des radicaux libres par la chélation des métaux de transition,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{+}$  qui amplifient la formation des ERO (Fernandez *et al.*, 2002 ; Moridani *et al.*, 2003) et ils inhibent l'action de certaines enzymes qui provoquent le stress oxydatif telle que la xanthine oxydase qui catalyse la réaction de transformation de l'hypo xanthine en xanthine, et cette dernière en acide urique (Da Silva *et al.*, 2004).

Les flavones et catéchines sont les meilleurs flavonoïdes qui protègent l'organisme contre les espèces réactives de l'oxygène. Les flavonoïdes réagissent avec de nombreux radicaux libres super-oxydes, peroxydes, alkoxydes et hydroxydes. L'élimination de ces radicaux se fait par transfert d'hydrogène de la fonction alcool (Nijveldt *et al.*, 2001) :

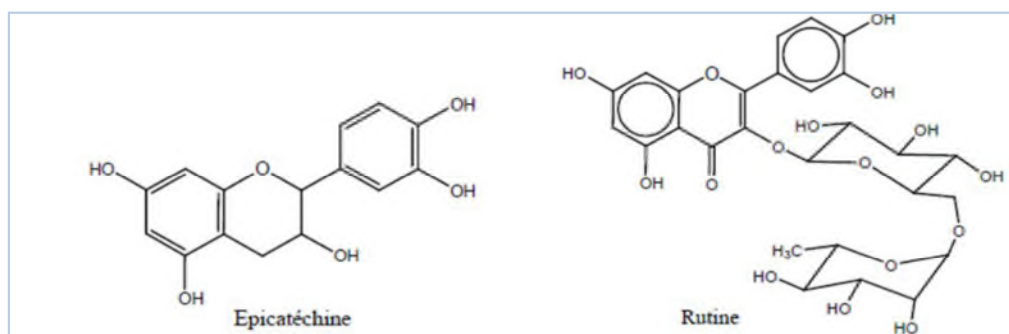


Où  $\text{R} \cdot$  : Radical superoxyde, peroxyde, alkoxyde ou hydroxyde ; F-OH : flavonoïde.

Le radical F-O $\cdot$  généré est plus stable que le radical réduit.

Selon l'étude menée par Veberic *et al.* (2008), la figue de la région méditerranéenne contient plusieurs flavonoïdes dont la catéchine, l'épicatéchine, la quercétine et la rutine qui représente la plus grande quantité (Fig. 7).

Les abricots sont les fruits les plus riches en catéchines, avec une teneur de 250 mg/kg de poids frais. La mûre contient des flavonoïdes qui donnent les pigments rouges et noirs à ces petits fruits.

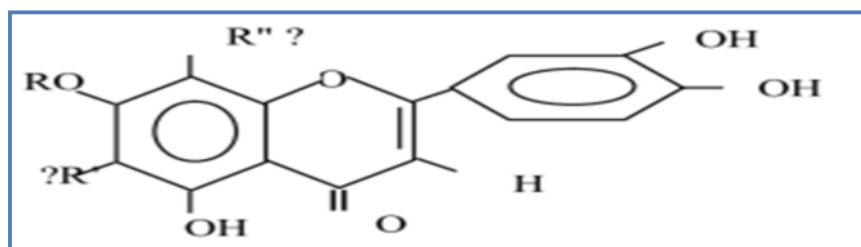


**Figure 7** : Structures chimiques de l'épicatéchine et la rutine (Pokorny *et al.*, 2001).

### 1.3. Ortho-diphénols

Les ortho-diphénols représentent un groupe important parmi les polyphénols et sont caractérisés par la fonction O-dihydroxyle dans le noyau catéchol (fig. 8).

Ils exercent une activité antioxydante meilleure que celle des composés para-hydroxylés (tyrosol) ou mono-hydroxylés, grâce à la présence d'un groupement hydroxyle donneur d'électrons en position ortho qui réduit l'énergie de dissociation de la liaison O-H, favorisant ainsi le transfert de l'atome d'hydrogène sur le radical peroxy. Ce sont également de puissants chélateurs de métaux (Visioli *et al.*, 1998 ; McDonald *et al.*, 2001) .



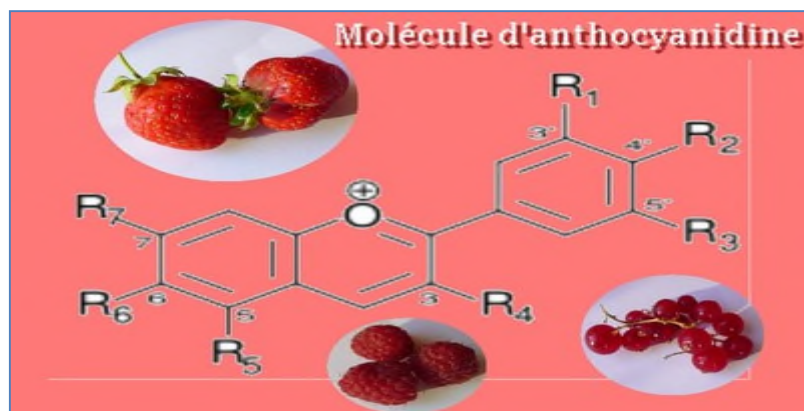
**Figure 8** : Structure chimique des ortho-diphénols (Akroum, 2006).

## 1.4. Anthocyanines

Les anthocyanes sont des molécules appartenant à la famille des flavonoïdes qui confèrent leurs couleurs aux fruits et aux légumes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange (Gould *et al.*, 2009). Bien que certains d'entre eux soient incolores, ils se caractérisent par une structure de base du cation favilium (Malien *et al.*, 1999). Les anthocyanines changent de couleur en fonction de leur pH. La teneur en cyanidine, l'anthocyanidine la plus abondante, dans les aliments est généralement proportionnelle à l'intensité de la couleur de l'aliment et peut atteindre 24 mg/kg de poids frais. La concentration augmente à mesure que le fruit mûrit et est plus élevée dans la peau et la pelure des fruits et légumes.

Plusieurs études suggèrent que les anthocyanines ont un effet bénéfique dans les traitements de nombreuses maladies de microcirculation résultante de la fragilité des capillaires. Les pigments peuvent aussi prévenir l'accumulation du cholestérol responsable de l'athérosclérose (Zheng *et al.*, 2010).

Bien que les anthocyanines expliquent seulement environ 5 % de tout le contenu des Polyphénols, ils contribuent à 36% de la capacité antioxydante (Rodov *et al.*, 2012). Des anthocyanines sont principalement concentrées dans la peau de figue, la mûre et la fraise déterminent leurs couleurs (Solomon *et al.*, 2006) (Fig. 9).



**Figure 9:** Structure chimique d'anthocyanidine (Castaneda *et al.*, 2009).

Des études plus récentes réalisés par Del Caro et Piga (2008) ont identifié la présence de différents pigments: la cyanidine 3-rhamnoglucoside, cyanidine 3,5-diglucoside (11 %), cyanidine 3-glucoside (11 %) et pelargonidine 3-rhamnoglucoside (3 %). Duenas *et al.*, (2008), ont identifié plus de 15 anthocyanines dans la figue, dont la cyanidine 3-rutinoside qui est la plus abondante

suivit de la cyanidine 3-glucoside, cyanidine 3,5-diglucoside, et la pelargonidine 3-rutinoside qui sont répartis de manière inégale dans la peau et dans la pulpe.

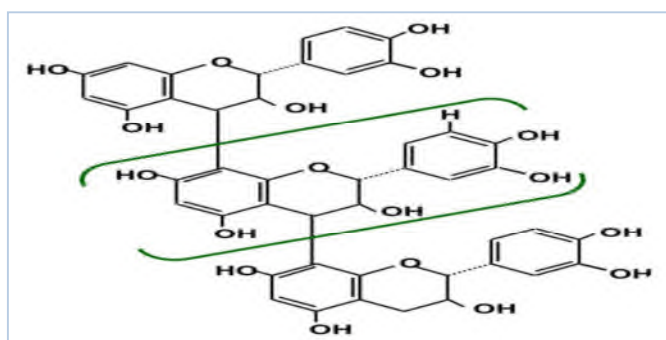
Des recherches ont été faites au Maryland pour déterminer l'activité antioxydante de six cultivars de mûres. Elles ont démontré que cette activité était en relation directe avec la teneur en anthocyanines, les mûres présentaient un haut taux d'anthocyanes (Jiao *et al.*, 2000). Jiao *et al.* (2000) ont prouvé que l'activité antioxydante diffère selon le cultivar, dû à des teneurs différentes en anthocyanines et composés phénoliques. Malgré tout, une tendance allègue qu'en général la mûre serait riche en antioxydants (Heinonen *et al.*, 1998).

### 1.5. Proanthocyanidines

Les proanthocyanidines sont également connues sous le nom de tanins condensés. Ils sont utilisés depuis l'antiquité par l'homme pour le traitement des peaux d'animaux. Ces composés ont une importance économique et écologique considérable, ils sont responsables en présence des protéines contenues dans la salive, de la production d'un goût astringent caractéristique de bon nombre de fruits. À mesure que le fruit mûrit, cette astringence diminue de façon proportionnelle aux variations du taux de proanthocyanidines. Les tanins condensés sont les polyphénols les plus répandus dans les plantes et également dans le régime humain (Crozier *et al.*, 2010).

Les proanthocyanidines se présentent sous de nombreuses formes, et que leur stade de polymérisation évolue continuellement avec le mûrissement du fruit. Il est difficile d'en mesurer la teneur totale dans les aliments (fig. 10).

Ils constituent la deuxième classe de composés phénoliques la plus abondante dans la nature après les lignines (Bravo *et al.*, 2008). Les proanthocyanidines diffèrent entre eux par le degré d'hydroxylation du cycle B des monomères qui les constituent et qui sont habituellement liés par des liaisons C-C et occasionnellement par C-O-C, entre le C4 de l'unité supérieure et le C8 de l'unité inférieure (Williamson *et al.*, 2010).



**Figure 10** : structure chimique générale des pro-anthocyanidines (Verriès, 2011).

## 2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes 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 (Rodriguez-Amaya, 2001 ; berthet et costesec, 2006). Il existe deux grandes classes de caroténoïdes : les carotènes et les xanthophylles (Beliveau, 2009).

Les fruits et les légumes fournissent la plupart des caroténoïdes du régime alimentaire humain. Le  $\alpha$ -carotène, le  $\beta$ -carotène, la b-crypto xanthine, la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>), sont les caroténoïdes les plus communs dans les fruits. Certains d'entre eux ont des propriétés pro vitaminiques A à des degrés variables tels que les carotènes dont la forme la plus active est le bêta-carotène (forme trans) qui est le précurseur alimentaire importante de vitamine A (Xu *et al.*, 2006), devenant ainsi le rétinol à l'intérieur du corps humain (Belitz *et al.*, 1997). Outre sa fonction de pro-vitamine A, la signification fonctionnelle de ce caroténoïde est également due à son action antioxydante (Bushway, 1986), il a la capacité de se transformer en vitamine A, ainsi que la cryptoxanthine, et leurs dérivés (Couplan, 1998 ; Vierling, 2008 ; Nishino *et al.*, 2009).

Les figues contiennent de petites quantités de caroténoïdes. Le caroténoïde le plus abondant de la figue fraîche est le lycopène, suivi de la lutéine et du bêta-carotène. L'abricot contient principalement du bêta-carotène, un caroténoïde contribuant largement à sa couleur orangée (Ruiz *et al.*, 2005), ainsi qu'une petite quantité de lycopène (Mangels *et al.*, 1993).

## 3. Vitamines antioxydantes

Une vitamine est une substance indispensable à notre organisme, à des doses infimes. A l'exception de la vitamine D, nous sommes incapables de les synthétiser nous-mêmes, il est donc obligatoire de les trouver dans notre alimentation quotidienne. Des apports insuffisants en vitamines provoquent à plus ou moins long terme des perturbations biologiques plus ou moins graves. (De Kesel *et al.*, 2006). Il en existe 2 vitamines antioxydantes :

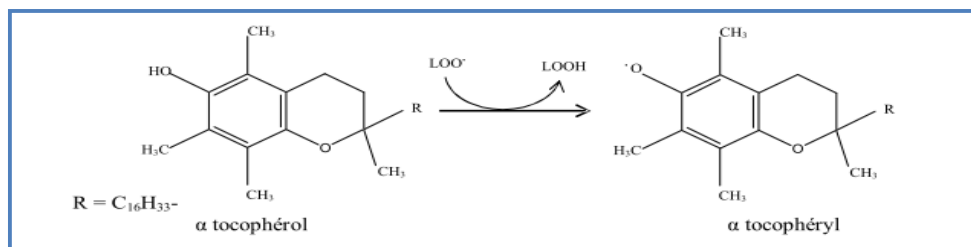
### 3.1. Vitamine E

Le terme vitamine E correspond à deux groupes de molécules appartenant aux composés phénoliques de nature lipophile : les tocophérols et les tocotriénols. Seuls les tocophérols présentent une activité antioxydante significative (Papas, 1998 ; Gao *et al.*, 2002 ; Cuvelier *et al.*, 2003).

La structure chimique des tocophérols contient un cycle chromanol mono-, di-, ou triméthylé auquel se trouve rattachée une chaîne carbonée latérale (chaîne phytyle) saturée de 16

atomes de carbone. Les tocophérols diffèrent entre eux par le nombre et l'arrangement des groupements méthyles autour du cycle benzène du noyau chromanol (Niki *et al.*, 1985 ; Cuvelier *et al.*, 2003). Les fruits contiennent des quantités faibles, à l'exception des mûres (4,3 mg/100 g) (Cuvelier *et al.*, 2003).

Le tocophérol majeur présent dans les tissus des mammifères est l' $\alpha$  tocophérol suivi du  $\gamma$ -tocophérol. La vitamine E présente un effet « scavenger » sur les radicaux peroxyde et alkoxyde (fig. 11) (Niki *et al.*, 1985 ; Pincemail, 2004).

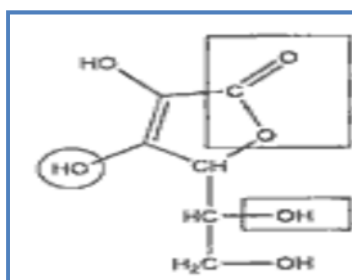


**Figure 11:** Effet scavenger de l' $\alpha$ -tocophérol sur le radical peroxyde (Pincemail, 2004).

### 3.2. Vitamine C

La vitamine C ou acide ascorbique est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur, aux ultraviolets et à l'oxygène (Olivier, 2004). Elle est caractérisée essentiellement par l'existence de trois degrés d'oxydation différents : la forme réduite ou ascorbate, la forme semi-réduite ou monooxydée (monodéhydro- ascorbique) et la forme oxydée ou acide déshydro-ascorbique. L'ascorbate est probablement l'antioxydant hydrosoluble le plus efficace dans le plasma (Chan *et al.*, 1999) (fig. 12).

La vitamine C est nécessaire à la synthèse des vaisseaux sanguins et des muscles. Elle favorise l'absorption du fer présent dans les aliments. Elle intervient dans plusieurs mécanismes hormonaux. Elle joue également un rôle dans l'élimination des substances toxiques. Enfin, elle a des propriétés anti-oxydantes, c'est-à-dire qu'elle limite les effets néfastes des radicaux libres (De Kesel *et al.*, 2006).



**Figure 12 :** La formule semi-développée de l'acide ascorbique (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>).

C'est un excellent piègeur des radicaux libres et peut protéger divers substrats biologiques (protéines, acides gras, ADN) de l'oxydation. Elle joue aussi un rôle fondamental, en régénérant la vitamine E à partir de sa forme radicalaire tocophéryl (Walingo, 2005).

La vitamine C est très fragile en solution, et peut être détruite au contact de l'air, par la lumière ou la chaleur, d'où son utilisation fréquente en tant qu'antioxydant (Guilland *et al.*, 2007).

# Chapitre II

## Les confitures





## Chapitre II : Les confitures

### II.1. Historique

Le mot confiture vient du verbe confire du latin *conficer* qui veut dire préparer. Connue depuis la haute antiquité, notamment en Mésopotamie et en Egypte, la confiture est un mélange obtenu à partir du fruit et du miel. La confiture a longtemps été le seul moyen de conserver et de profiter des fruits durant toute l'année, en particulier des plus fragiles tels que les baies.

Au moyen Age, on attribuait à la confiture des vertus curatives, des recettes et leurs applications pour la santé sont apparues. A cette époque, le miel et le sucre coutent chers, elle est alors considérée comme étant un mets de luxe réservée au noble.

Au début de XIX siècle, grâce à la découverte du sucre de la betterave, la confiture se développe et se banalise est devient à la porté d tout le monde (Sophie et Sabulard, 2012).

### II.2. Définition

La confiture est le produit préparé à partir de fruit entier ou en morceaux, de pulpe et/ou de purée concentrée ou non concentrée, d'une ou plusieurs sortes de fruits, mélangés avec des denrées alimentaires lui conférant une saveur sucrée, jusqu'à l'obtention d'une consistance adéquate (Codex alimentaire, 2009).

### II.3. Types de confitures

D'après André (2012). Il en existe plusieurs types :

- **La confiture (proprement dite)** est un mélange porté à la consistance gélifiée appropriée, de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Elle doit contenir au minimum 55 % de sucres et 35 % de fruits, voire moins pour certains fruits.
- **La confiture extra** est un mélange de sucres et de pulpe d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Elle doit contenir au minimum 45 % de fruits voire moins pour certains fruits.
- **La gelée** est un mélange suffisamment gélifié de sucres et du jus et/ou d'extraits aqueux d'une ou de plusieurs espèces de fruits. La quantité de jus et/ou d'extrait aqueux utilisée n'est pas inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture (35 %), tandis que celle de la gelée extra ne peut pas être inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture extra (45 %).

- **La marmelade** : est le mélange d'eau, de sucres, et d'un ou plusieurs produits obtenus à partir d'agrumes : pulpes, purées, jus, extraits aqueux et écorces. La quantité d'agrumes minimale est de 20 %.

## **II.4. Constituants**

En plus des fruits, la confiture contient du sucre ou un autre agent édulcorant (adouçissant), de la pectine, des acides organiques et de l'eau. En milieu favorable, le sucre et l'acide modifient physiquement la pectine, et en forment une gelée dans laquelle le fruit se tient en suspension. Il faut régler soigneusement le pH pour réaliser la gélification. De fait, il faut doser exactement tous les ingrédients pour obtenir une confiture ayant la consistance voulue.

### **II.4.1. Fruits**

La matière première utilisée pour la fabrication de la confiture est le fruit, sachant que la connaissance de sa composition est essentielle pour mener à la préparation d'une bonne confiture. Les fruits sont généralement composés de 70 à 90 % d'eau et de sels minéraux, de 10 à 25 % de sucre (saccharose, fructose et glucose), des acides organiques (acide citrique, malique et tartrique), des vitamines, des lipides, des protéines et de la pectine qui est contenue dans la paroi cellulosique des fruits. Cette pectine est variable selon la maturité et le type de fruits (tableau X) (Latrasse, 1986).

**Tableau X** : Teneur en pectines de quelques fruits (Anonyme 2).

Le fruit	Pectines : en % de fruit frais	taux
Pomme	0,5 - 1,6	Teneurs supérieures à 1,5 % Fruits très riches en pectines
Citron	2,5 - 4,0	
Orange	3,5 - 5,5	
Abricot	1,0	Teneurs voisines de 1 % Fruits riches en pectines
Prune	0,9	
Poire	0,5	Teneurs comprises entre 0,5 et 1 % Fruits moyennement riches en pectines
Mûre	0,7	
Fraise	0,6 - 0,7	
Cerise	0,3	Teneurs inférieures à 0,5 % Fruits pauvres en pectines
Pêche	0,1 - 0,5	

#### II.4.2. Glucides

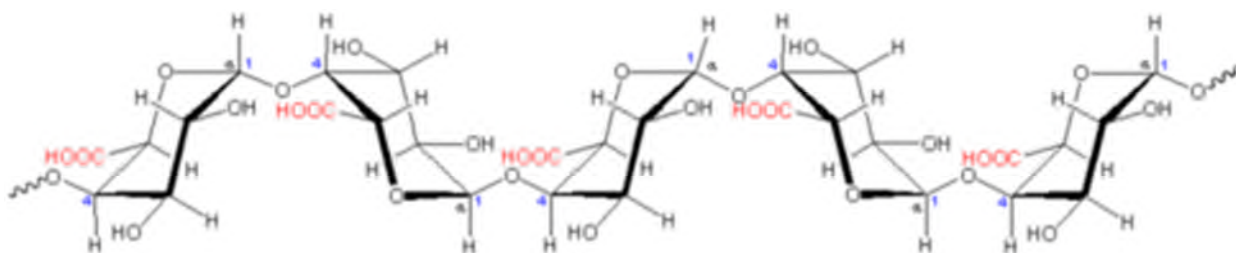
Le sucre le plus utilisé est le sucre cristallisé de canne ou de betterave (saccharose) à gros cristaux (Multon, 1992). Sous l'action de la chaleur et de l'acidité des fruits, 35 à 40 % du saccharose des confitures sont transformés en sucre inverti qui est une combinaison de glucose et de fructose, ce qui évite la cristallisation des confitures. D'autres glucides peuvent être utilisés tels que : le fructose, le sucre roux, le sirop de glucose, le sirop de fructose ainsi que le miel (Latrasse, 1986).

#### II.4.3. Pectine

La pectine est un hétéropolysaccharide à teneur élevée en acide galacturonique (fig. 13), c'est un polymère à longues chaînes pouvant renfermer jusqu'à plusieurs centaines de monomères d'acide galacturonique dont la fonction acide  $-\text{COOH}$  peut être transformée par de l'alcool méthylique ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) en fonction ester  $-\text{COOCH}_3$

Les pectines sont définies par leur degré d'estérification (ou de méthylation). Elles peuvent être des pectines hautement méthoxylées ou HM dont le degré de méthylation est supérieur à 50 %, des pectines faiblement méthoxylées ou FM dont le degré de méthylation est compris entre 5 et 50 %, ou des acides pectiques dont le degré de méthylation est inférieur à 5 %.

Si le fruit ne contient pas assez de pectine, on doit lui ajouter de la pectine obtenu à partir de jus de pomme ou d'agrumes (Anonyme 1).



**Figure 13:** Structure d'acide polygalacturonique (Rega *et al*, 2002).

#### II.4.4. Acides organiques

Les acides citrique, malique et tartrique sont indispensables dans la fabrication des confitures. Ils empêchent le développement des micro-organismes et permettent l'inversion du saccharose ainsi que la mise des pectines en solution (pour la formation d'un gel) (Latrasse, 1986).

#### II.4.5. Autres ingrédients

- Les herbes, les épices, les noix et les vins spiritueux qui font partie d'une liste limitative peuvent être ajoutés.
- L'acide L-ascorbique E300 peut être utilisé comme antioxydant à raison de 300 mg/kg au maximum.
- Les émulsifiants (mono et diglycérides d'acide gras E471) sont utilisés à raison d'un maximum de 200 mg/kg.

## II.5. Gélification

La prise en gelée ou gélification correspond à la formation d'un réseau tridimensionnel de chaînes de pectines avec piégeage des molécules d'eau. Pour cela, le polymère pectique est libéré par la chaleur de ses associations dans le fruit. Ces associations se font par liaison hydrogène avec d'autres chaînes de pectines ou avec des celluloses ou des protéines. Ainsi, les molécules sont plus mobiles, leurs mouvements augmentent sous l'effet de la température.

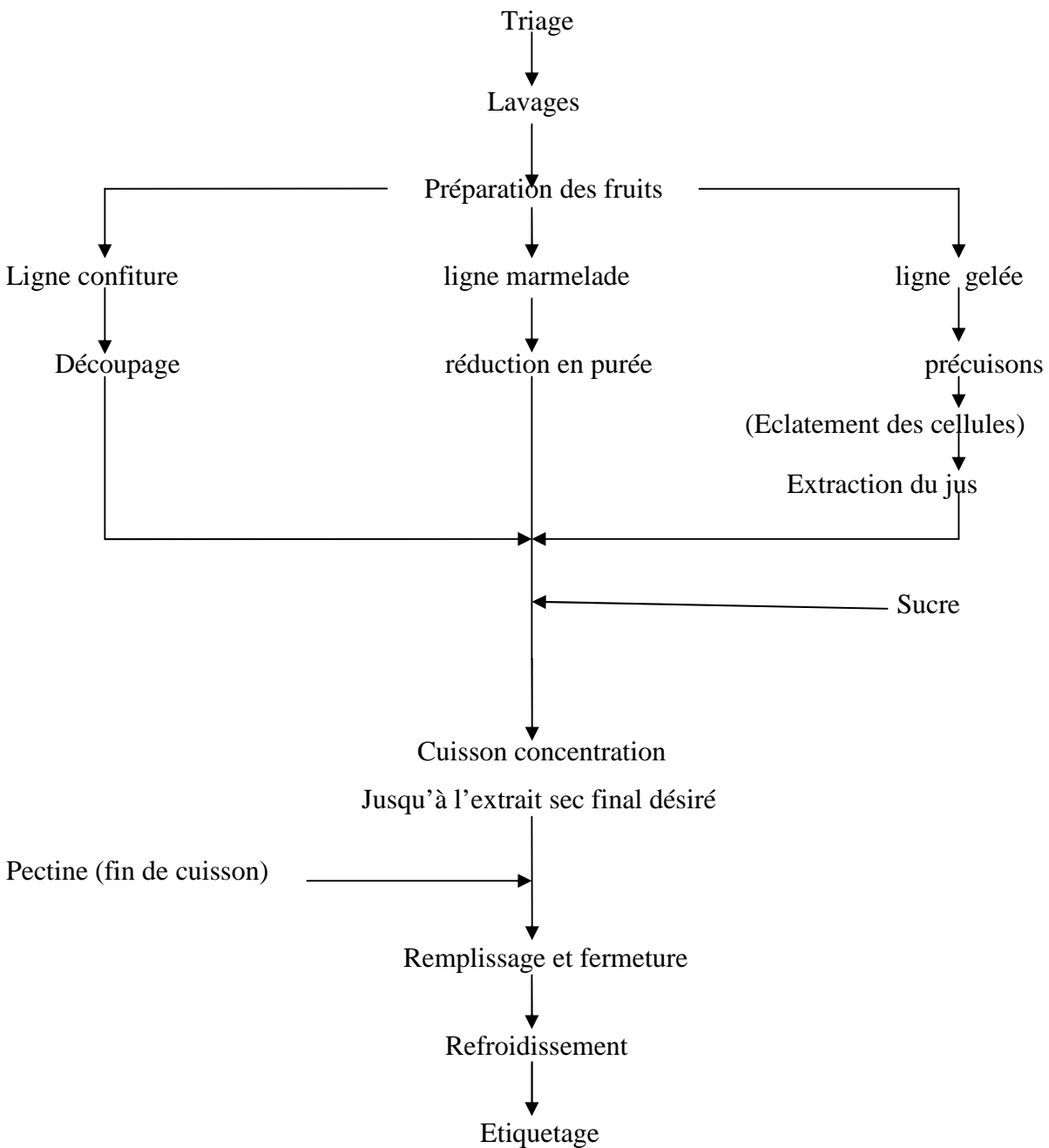
Au cours du refroidissement, l'agitation moléculaire diminue et permet les interactions entre les macromolécules qui s'associent peu à peu et après l'obtention d'une structure rigide, on dit que « la confiture a pris ». Les conditions de gélification varient selon le degré de méthylation des pectines :

- Dans le cas des pectines hautement méthylées, la gélification nécessite la formation des liaisons hydrogène entre les chaînes de pectines, elles seront apportées par des molécules de saccharose (de 55 à 67 % de saccharose) qui vont en absorbant l'eau favoriser les interactions entre les chaînes. En outre, elles sont plus aptes à former des liaisons hydrogène dans un milieu acide, de pH compris entre 2,5 et 3,5 d'où l'ajout classique de jus de citron dans les confitures pour les faire prendre.

- Dans le cas des pectines faiblement méthylés, les fonctions acide COOH sont facilement dissociées en COO<sup>-</sup> et H<sup>+</sup> et de ce fait il se formera un nombre important de charges négatives ce qui rend leur association beaucoup plus difficile ainsi leur rapprochement sera favorisé en ajoutant des cations divalents comme le calcium Ca<sup>2+</sup> : ces ions forment des ponts entre les charges négatives localisées des molécules.

## II.6. Etapes de fabrication industrielle

Les étapes de fabrication des trois types de confitures sont les mêmes. La seule différence réside dans la préparation des fruits avant cuisson (fig. 14) (CTA, 1990).



**Figure 14:** Schéma générale de fabrication des confitures (CTA, 1990).

- **Triage**

Le triage assure l'élimination des éléments hétérogènes pouvant nuire à la bonne conservation de l'ensemble des fruits (feuilles, pédoncule ...).

Des fruits mûrs et des fruits qui ne sont pas encore arrivés au stade de pleine maturité peuvent être utilisés. Les fruits de maturités différentes ne doivent pas être traités ensemble car les fruits non totalement mûrs sont riches en pectine et en acides organiques et ont une texture plus résistante. Ceci permet de réduire les quantités d'additifs dans les confitures et confèrent un meilleur aspect au produit fini. Cependant, les fruits trop mûrs doivent être écartés car ils se désagrègent à la cuisson et entraînant une gélification déficiente.

- **Lavage**

Le lavage s'effectue après passage à l'eau par immersion, qui a pour objectif l'élimination des particules de terre et de matière végétale étrangère. Il permet également d'entraîner les résidus superficiels de produit de traitement et d'éliminer la contamination microbienne naturelle (Raoulte, 1987).

- **Préparation des fruits**

La préparation des fruits comprend les opérations d'équeutage, d'épluchage, d'épépinage ou de dénoyautage et de précuisson éventuelle des fruits fermes et longs à ramollir. Elle concerne les fruits non totalement mûrs, ou certains fruits mûrs mais à chair ferme comme la pomme et l'ananas. Les fruits subiront en outre un prétraitement spécifique selon la ligne de transformation vers laquelle ils seront dirigés:

- confitures: les fruits de grosse taille seront découpés en morceaux et les petits fruits peuvent être laissés entiers.
- marmelades: les fruits seront réduits en purée par broyage ou précuisson prolongée dans très peu d'eau jusqu'à désagrégation de la pulpe.
- gelées: le jus des fruits est extrait par pressage, broyage ou centrifugation après précuisson dans très peu d'eau pour provoquer l'éclatement des cellules du fruit et faciliter l'expression du jus.

- **Cuisson**

La cuisson est l'étape la plus importante dans le processus de fabrication des confitures, elle permet de les cuire et de modifier leurs goûts de façon contrôlée, de pasteuriser le mélange (inhiber

le développement des microorganismes par la chaleur) et de dissoudre la pectine des fruits et le sucre (ce qui va provoquer son inversion partielle 30 à 40 %).

- **Refroidissement**

Les récipients doivent être refroidis rapidement à l'air et laissés au repos jusqu'à refroidissement complet afin de stopper la cuisson, ce qui permet une bonne gélification et évite la dégradation des pectines ainsi que la surcuisson qui pourra entretenir un brunissement ou un goût de surcuisson.

- **Conditionnement**

Le conditionnement consiste à remplir des récipients (métallique ou en verre) à chaud pour assurer une autopasteurisation du contenu et protéger la recontamination par les moisissures ou les levures.

- **Etiquetage**

L'étiquetage des confitures permet de garantir que les consommateurs disposent de toutes les informations nécessaires concernant le produit, la composition, la date de fabrication, la date limite de conservation ...etc afin de protéger leur santé et leurs intérêts.

## **II.7. Composition chimique**

En dehors d'apporter des glucides à une teneur élevée de 70 g/100 g de confiture, l'intérêt nutritionnel de la confiture est assez faible suite à la cuisson qui détruit la quasi-totalité des vitamines (teneur variable selon la variété du fruit). En revanche, la confiture garde la plupart des minéraux du fruit d'origine dont la teneur du potassium est dominante (112 mg/100 g de confiture). De même, une partie des antioxydants résistent à la cuisson, protégée par le sucre. Des traces de protéines sont présentes avec des teneurs 0,6 et 0,1 g /100 g de confiture, respectivement (Tableau XI) (Mohtadji-lamballais, 1989).



**Tableau XI :** Composition chimique de la confiture (teneur pour 100 de confiture)  
(Mohtadji-lamballais, 1989).

<b>Calories</b>	272 calories
<b>Eau</b>	29 g
<b>Glucides</b>	70 g
<b>Proteines</b>	0,6 g
<b>Lipides</b>	0,1 g
<b>Les minéraux</b>	
<b>Sodium</b>	16 mg
<b>Potassium</b>	112mg
<b>Calcium</b>	12 mg
<b>Fer</b>	10 mg
<b>Phosphore</b>	20 mg
<b>Les vitamines</b>	
<b>Vitamine B1</b>	0,01 mg
<b>Vitamine B2</b>	0,0 mg
<b>Vitamine PP</b>	0,2 mg
<b>Vitamine C</b>	2 mg
<b>Vitamine D</b>	0,0 mg

## II.8. Production mondiale

La production de la confiture dans le monde varie d'un pays à un autre et d'une année à une autre et ceci est dû à différents facteurs.

Le Brésil a une forte production qui a atteint en 2004 une quantité de 317962 milliers de tonnes, sachant que ce pays est fortement envahi par les investisseurs étrangers qui importe plusieurs produits brésiliens comme les confitures. La France est le leader de la production, qui a atteint en 2001 une production de 399000 milliers de tonnes.

La chine produit très peu de confitures, des quantités qui varient seulement de 47 à 70 milliers de tonnes, malgré la force économique du pays et la présence d'une très grande population (tableau XII).

**Tableau XII :** Production de la confiture (1997-2006) unité millier tonne (Industrial Commodity Statistics Yearbook, 2009).

Pays années	France	Brésil	Chine	Egypte
1997	155900	/	70	3329
1998	160300	/	60	/
1999	159500	/	66	9507
2000	295860	110225	60	8777
2001	399604	123000	60	26426
2002	382817	131272	49	30508
2003	340783	219125	47	45912
2004	341782	317962	/	19125
2005	342369	219568	/	29540
2006	/	228736	/	17611

La production de la confiture en Algérie est presque constante en différentes années. En 1997, elle a produit 8780 milliers de tonnes, on remarque une différence de quelque augmentations ou diminution au cours des années suivantes avec la quantité maximale de production en 1998 de 13101 milliers de tonnes (tableau XIII).

**TableauXIII:** Production de la confiture en Algérie (1997-2004) unité millier de tonne (Industrial Commodity Statistics Yearbook, 2009).

Année	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Production	8780	13101	9823	9467	8701	9231	11254	8534

# Partie expérimentale



# **Matériel et méthodes**

## Matériel et méthodes

### I. Echantillonnage

La présente étude est réalisée sur quatre types de confitures de fruits (mûre, fraise, figue et abricot). Chaque type à deux variétés de marque différente et leurs caractéristiques sont regroupées dans le tableau XIV. Les échantillons sont achetés dans des superettes de différents endroits de la ville de Bejaïa. Chaque échantillon pèse environ 500 g (fig. 15).



Figure 15 : Photographie des échantillons de confitures analysés.

### II. Extraction et dosage des antioxydants

#### II.1. Extraction

La méthode d'extraction adaptée est celle de Mau *et al.* (2005). Une quantité de 5 g de confiture de chaque échantillon est ajouté à 40 ml de solvant (éthanol 50 %). Le mélange subit une sonication pendant 10 min, puis une agitation pendant 10 min. ce mélange est centrifugé à 3000t/10 min. Le surnageant (l'extrait) est récupéré à l'aide de micropipette.

Tableau XIV : Echantillons de confitures analysés (fruits, marques, fabrication/expiration, photos).

fruits	Marques	Ingrédients	Fab /Exp	Photos
Figues	Tunas <b>FIG1</b>	Figue, sucre, pectine, glucose Acide citrique	06/08/2012 06/08/2014	
	Cevitale <b>FIG2</b>	Figue, sucre, acidifiant, vanille.	29/11/2011 29/11/2014	
Mûres	Eva <b>M1</b>	Fructose, mûres, pectine de fruits, acide citrique	07/05/2010 07/05/2014	
	Tunas <b>M2</b>	Fruit naturel, glucose, pectine, Acide citrique	27/02/2012 27/02/2014	
Abricots	Sabri <b>A2</b>	Fruit, sucre, conservateur E202, pectine, Acide citrique	31/05/12 31/05/14	
	Izdiher <b>A1</b>	Abricots, sucre, pectine, épaississants	27/01/2013 25/01/2016	
Fraises	Sicam <b>FR1</b>	Pulpe de fraise, pectine, sucre, épaississant, acide citrique, acidifiant	25/06/2012 24/06/2015	
	Sabri <b>FR2</b>	Fraise, sucre, pectine, acide citrique	29/10/2012 29/10/2014	

### II.2. Composés phénoliques totaux

#### II.2.1. Dosage des composés phénoliques

Le réactif de Folin-Ciocalteu, mélange de l'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ), est réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (Lapornik *et al.* 2005).

La teneur en phénols totaux est estimée selon la méthode de Marinova *et al.* (2005). cent  $\mu$ l d'extrait sont mélangés avec 100  $\mu$ l du réactif de Folin-Ciocalteu (50 %). Après 3 min, 2 ml de la solution de carbonate de sodium (2 %) sont additionnés. Le mélange est laissé pendant 30 min et l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 750 nm. Les concentrations en ces substances ont déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage avec l'acide gallique (annexe 3). Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par 100 g.

#### II.2.2. Dosage des flavonoïdes et flavonols

Les flavonoïdes présentent un noyau catéchol où deux groupements C=O et OH ont la capacité de former des chélates avec les ions métalliques tels que le fer et l'aluminium, qui remplace un ou deux protons au niveau de composé (Dangless, 2006).

Le dosage des flavonoïdes et des flavonols est réalisé selon la méthode utilisée par Djeridane *et al.* (2006). Les flavonoïdes en présence du chlorure d'aluminium donnent un complexe jaunâtre, par chélation de l'ion aluminium ( $Al^{3+}$ ), qui est proportionnel à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait. Un volume de 450  $\mu$ l d'extrait est ajouté à 450  $\mu$ l de la solution du chlorure d'aluminium (2 %). Après 15 min, l'absorbance est lue à 420 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine (EQ) /100 g (annexe 3).

Les flavonols sont également dosés par la méthode de Djeridane *et al.* (2006) utilisant le chlorure d'aluminium (2 %). Un volume de 500  $\mu$ l d'extrait est additionné à 500  $\mu$ l d'eau distillée et 500  $\mu$ l de chlorure d'aluminium (2 %) et 500  $\mu$ l d'acétate de sodium (50 g/l). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est lue à 440 nm. Les résultats sont exprimés en mg EQ/100 g (annexe 3).



### II.2.3. Dosage des proanthocyanidines

La teneur en Proanthocyanidines est déterminée selon la méthode décrite par Vermirris et Nicolson (2006). Un volume de 1 ml de la solution de sulfate de fer est ajouté à 200 µl d'extrait. Le mélange est incubé à 95 °C pendant 15 min. L'absorbance est lue à 530 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de catéchine (EC) par 100 g (annexe 3).

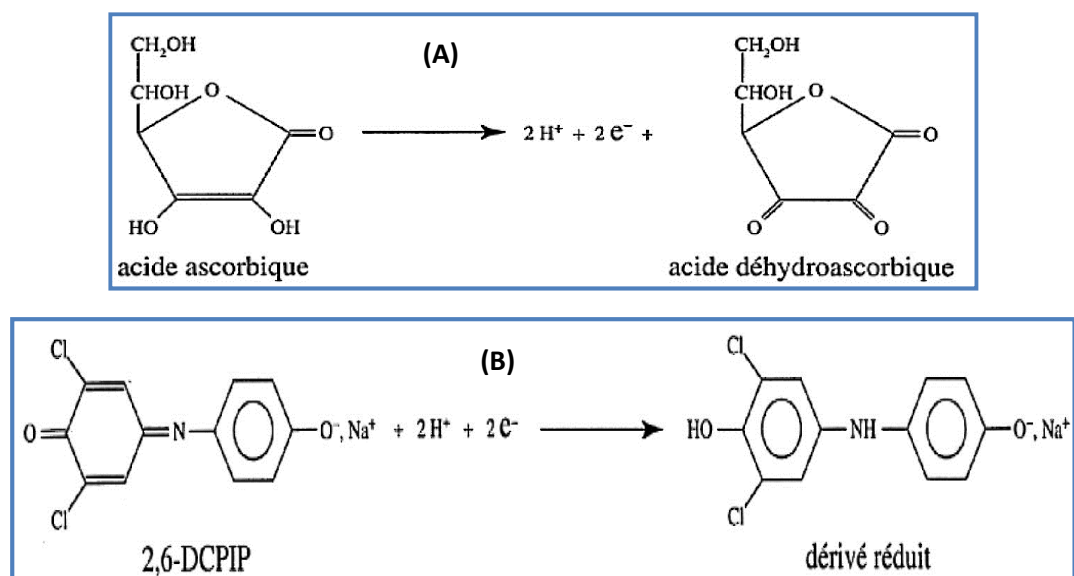
### II.2.4. Dosage des ortho -diphénols

Un volume de 2 ml de molybdate de sodium (5 %) est additionné à un volume de 200 µl d'extrait. L'absorbance est lue après 15 min d'incubation à 370 nm. La teneur en ortho-diphénols est exprimée en mg EAG/100 g (annexe 3).

### II.3. Dosage de l'acide ascorbique (Vit C)

Le dichloro-2, 6-phénolindophénol (DCPIP) permet d'oxyder la vitamine C en milieu acide. La solution de DCPIP, de couleur bleue à pH > 7, devient rose à pH < 7 après réduction de cette molécule (Ball, 1997). L'estimation de la teneur en acide ascorbique est réalisée par la méthode de Mau *et al.* (2005) modifiée. Un volume de 900 µl de DCPIP est ajouté à 100 µl d'extrait. Après 15 secondes, l'absorbance est lue à 515 nm par un spectrophotomètre UV-Visible. Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe standard en utilisant l'acide L-ascorbique (EAA) et les résultats sont exprimés en mg EAA/100 g (fig. 16, annexe 3).





**Figure 16 :** Réduction de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique (A) et 2,6 DCPIP en dérivé réduit (B).

### III. Détermination des activités antioxydantes

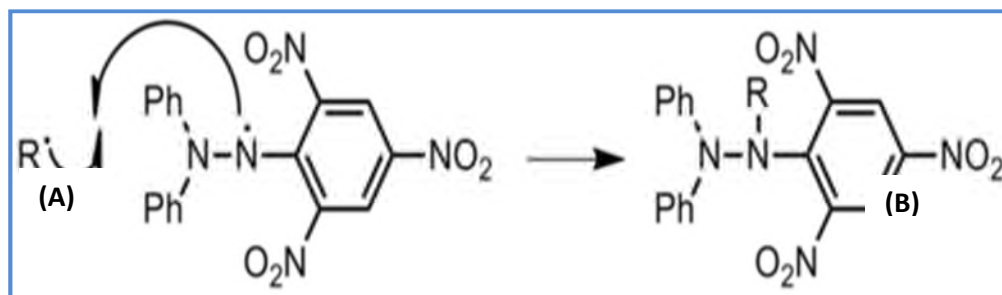
#### III.1. Pouvoir antiradicalaire

##### III.1.1. Pouvoir antiradicalaire contre le DPPH

Le radical 2-2-diphényl 1-picryl-hydrazil (DPPH<sup>•</sup>) est stable, il ne peut pas se dimériser, comme la plupart des radicaux libres, à cause de l'encombrement stérique autour de l'atome d'azote porteur de l'électron célibataire.

Toutefois, ce radical peut être réduit par un transfert d'hydrogène qui provient des différents antioxydants qui se trouvent dans le milieu réactionnel. La réaction de réduction du DPPH provoque la diminution de l'intensité de la couleur (Molyneux, 2004).

Selon la méthode décrite par Villano *et al.* (2006), 1 ml de la solution méthanolique de DPPH est ajouté à 100 µl d'extrait. Après 15 min, l'absorbance est lue à 517 nm. Les résultats sont exprimés en mg EAG/100 g (fig. 17, annexe 3).



A: Diphenylpicrylhydrazyl (radical libre)

B: Diphenylpicrylhydrazine (non radicalair)

Figure 17 : Structure du DPPH (Molyneux 2004).

### III.1.2. Activité anti radicalaire contre l'ABTS

L'ABTS (2; 2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6-sulfonat) est mis en solution aqueuse avec du potassium persulfate pour générer le radical. Ce dernier est stable, une fois est formé l'antioxydant pur ou l'échantillon ajouté et la diminution de l'intensité de la couleur bleu-vert du radical cationique traduit son interaction avec un électron ou un hydrogène provenant de l'échantillon antioxydant (Arts *et al.*, 2004).

Le pouvoir anti-radicalaire contre le radical ABTS est déterminé selon la méthode utilisée par Ao *et al.* (2008). Un volume de 1 ml de la solution d'ABTS est ajouté à 100 µl d'extrait. Le mélange est tenu à température ambiante. Après 15 min, l'absorbance est lue à 734 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent de Trolox (ET)/100 g (fig. 18, annexe 3).

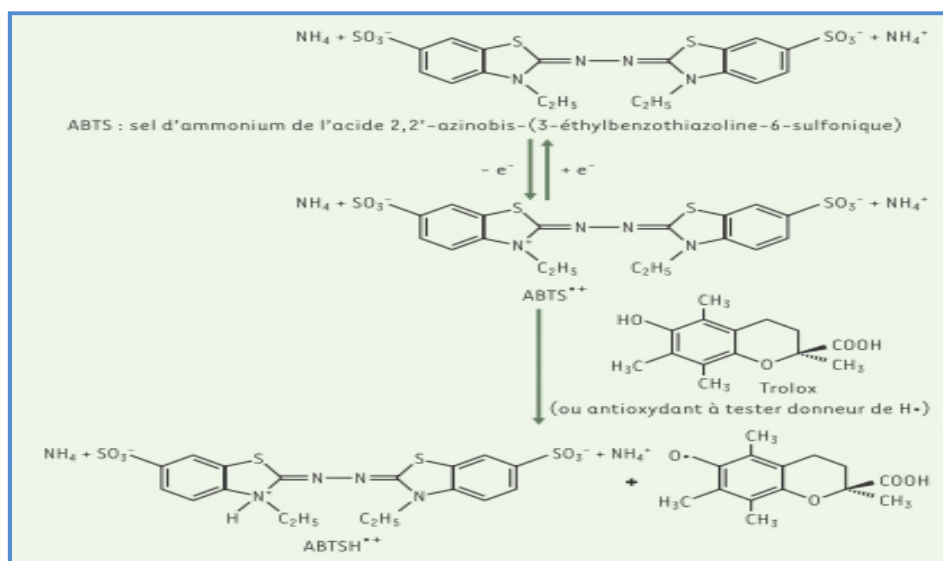


Figure 18 : Formation et piégeage du radical  $ABTS^{\bullet+}$  par un antioxydant donneur de  $H^{\bullet}$  (Lien, 1999).

### III.2. Pouvoir réducteur

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

Le pouvoir réducteur est estimé par la méthode de Li et Lin (2010). Un volume de 500  $\mu\text{l}$  d'extrait est additionné à 500  $\mu\text{l}$  de tampon phosphate (0,2 M ; pH 6,6) et 500  $\mu\text{l}$  de ferricyanure de potassium (1 %). Après incubation à 50 °C pendant 20 min, 500  $\mu\text{l}$  d'acide trichloracétique (10 %) sont ajoutés au mélange. Cinq cent  $\mu\text{l}$  de surnageant est récupéré dans un tube à essai et 400  $\mu\text{l}$  d'eau distillée et 100  $\mu\text{l}$  de chlorure ferrique (0,1 %) sont additionnées. L'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 min d'incubation. L'augmentation de l'absorbance indique une augmentation du pouvoir réducteur. Le pouvoir réducteur est déterminé par référence à la courbe d'étalonnage et les résultats sont exprimés en mg EAG /100 g (annexe 3).

### III.3 Méthode au phosphomolybdate

La méthode au phosphomolybdate est basée sur une simple réduction du molybdate, qui donne un complexe de couleur verdâtre (Jayaprakasha, 2008).

L'activité antioxydante est déterminée selon la méthode rapportée par Ramalakshmi *et al.* (2008). Un volume de 1 ml de solution du phosphomolybdate (ammonium heptamolybdate 4 mM, acide sulfurique 0.6 M, phosphate disodique 28 mM) est additionné avec 100  $\mu\text{l}$  d'extrait. Le mélange est incubé à 90 °C pendant 1 h. La lecture est faite à 695 nm. La capacité antioxydante est exprimée en mg E AG/100 g (annexe 3).

## IV. Analyse statistique

Toutes les manipulations ont été réalisées en double à l'exception de la teneur en composés phénoliques, flavonoïdes, flavonols et le pouvoir réducteur qui sont la moyenne de 3 essais. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type. Comme pour les données et graphes, ils ont été soumis à des analyses à l'aide Microsoft ® Office Excel 2007. La comparaison des résultats est réalisée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA) avec le logiciel << STATISTICA 5.5 >> entre les variétés de confitures. Les corrélations entre les paramètres mesurés sont calculées avec statistique élémentaire en utilisant la matrice de corrélation.

## Matériel et méthodes

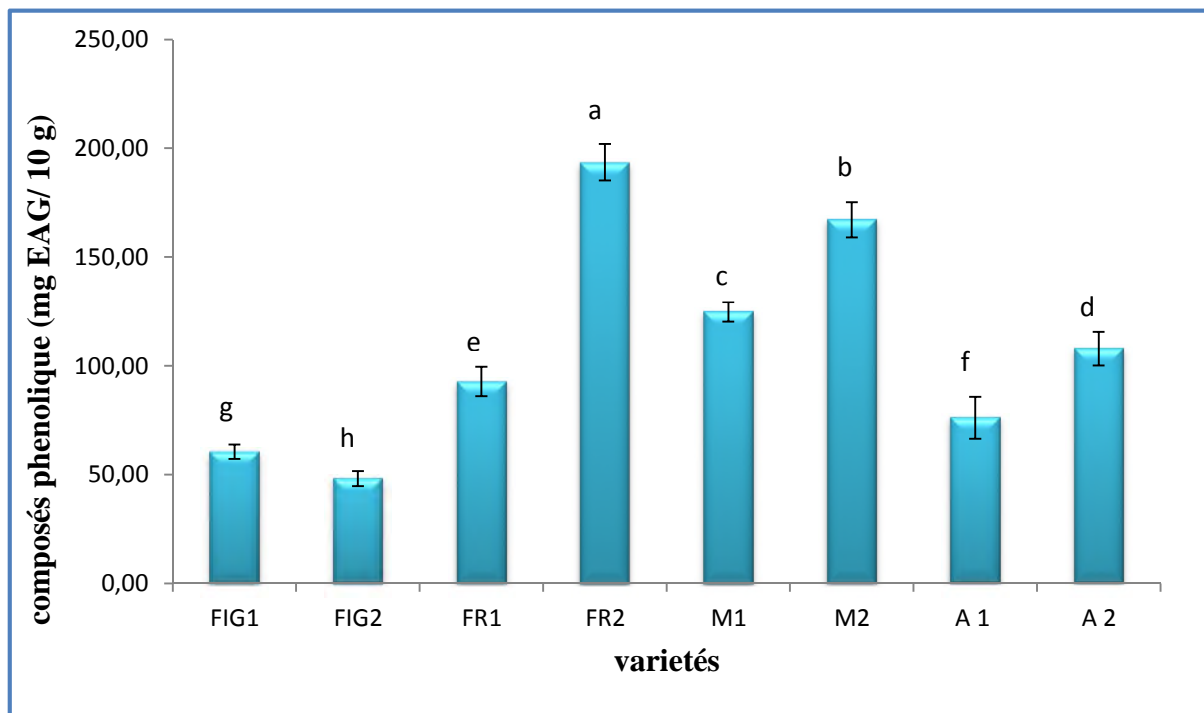
Les résultats sont classés par ordre décroissant :  $a > b > c > d > e > f > g$ . Les valeurs obtenues portant la même lettre ne présentent aucune différence du point de vue statistique et les barres verticales représentent les écart-types.

# Résultats et discussion

## I. Teneurs en antioxydants

### I.1. Composés phénoliques totaux

La figure 19 représente les teneurs en polyphenols totaux des variétés de confiture étudiées.



**Figure 19 :** Teneur en composés phénoliques totaux des variétés de confiture.

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents. Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écart-type (n=3).

L'ensemble des résultats des extraits éthanoliques obtenus varient de  $48,13 \pm 3,4$  à  $193,59 \pm 8,34$  mg d'EAG/100 g de produit.

L'échantillon de couleur foncé FR2 (confiture de fraise Sabri) contient la teneur la plus élevée en polyphenol totaux (193,59 mg/100 g), suivi dans un ordre décroissant par les échantillons M2 (Tunas), M1 (Eva), A2 (Sabri), FR1(Sicam), A1(Izdihar) et FIG1(Tunas) avec des valeurs 167,08 ; 124,78 ; 107,90 ; 92,77 ; 76,11 et 60,43 mg EAG/100 g de produit, respectivement. L'échantillon de couleur clair FIG2 (Cévital) présente le plus faible taux, 48,13 mg EAG/100 g).

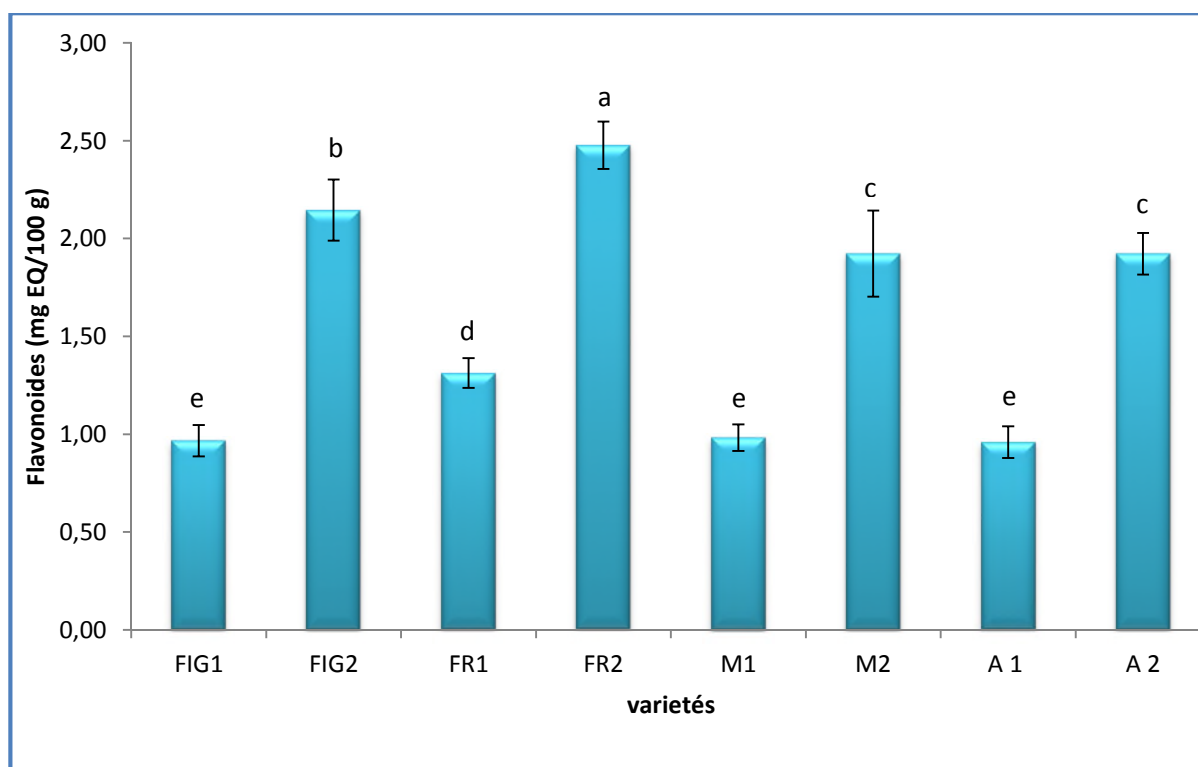
Ces résultats sont différents par rapport à ceux rapportés par plessi *et al.* (2007) (310-510 mg EAG/100 g) concernant les confitures de fraise, ceci est peut être dû à la méthode de préparation des confitures. .

L'étude statistique montre qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en composés phénoliques totaux des différents échantillons étudiés. Cette différence entre les échantillons de fruits distincts (ex : confiture fraise et confiture mure) est en relation avec le type ou la variété du fruit d'origine et sa maturité.

Au cours de la production de confiture, les fruits subissent un long chauffage. La température influence de manière significative sur la teneur en substances phénoliques (Viguera *et al.*, 1999), ce qui explique la différence entre la valeur enregistrée dans les échantillons issus du même type de fruit d'origine (confiture de fraise Sicam et Sabri (FR1 et FR2)).

## I.2 Flavonoïdes

Les concentrations en flavonoïdes sont représentées dans la figure 20.



**Figure 20:** Teneur en flavonoïdes des variétés de confiture.

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents. Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écart-type ( $n=3$ ).

La teneur la plus élevée en flavonoïdes est enregistrée pour l'échantillon FR2 (Sabri) ( $2,48 \pm 0,12$  mg EQ /100 g) ; la plus faible est attribuée aux échantillons FIG1, M1 et A1 qui ne diffèrent pas significativement ( $0,96 \pm 0,08$  ;  $0,97 \pm 0,08$  et  $0,98 \pm 0,07$  mg EQ /100 g). Les résultats



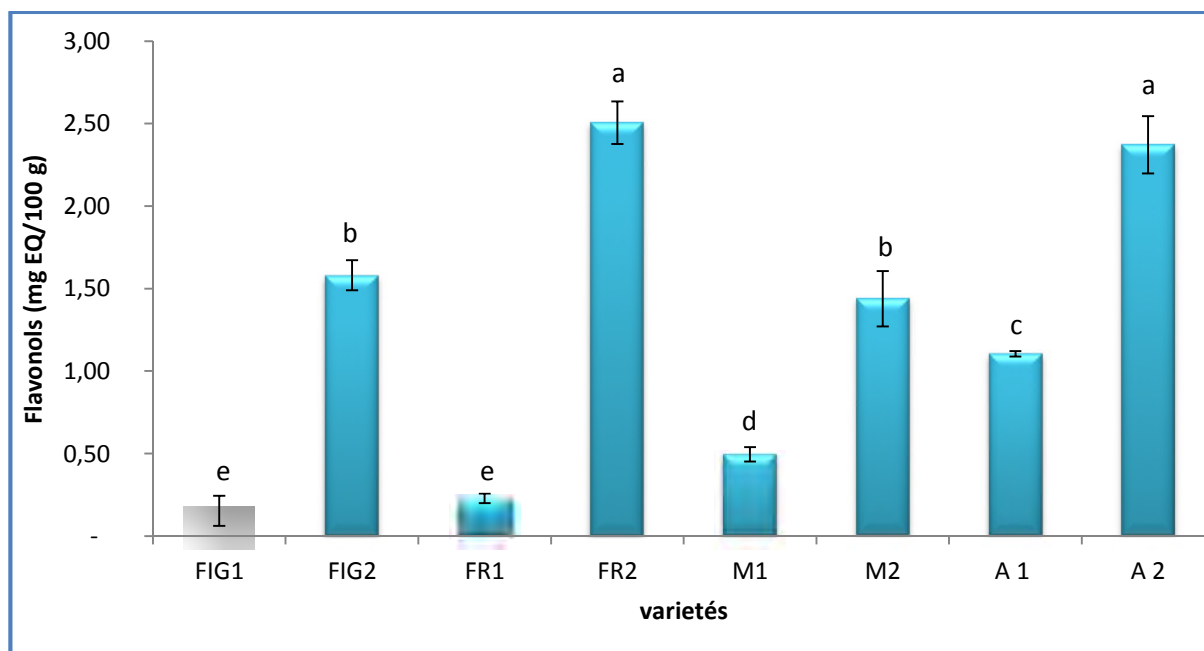
des échantillons M1 et A1 présentent aussi le même taux de 1,92 mg EQ/100 g. cependant, le reste des échantillons présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ).

Les résultats obtenus par Danijela *et al.*, (2009) sur les confitures de fraise sont plus faibles que ceux de la présente étude (0,70 - 0,75 mg EQ/100 g).

Le traitement des fruits conduit à une diminution de la concentration des flavonoïdes (Tsao *et al.*, 2006). Les variations des teneurs en flavonoïdes des variétés de la présente étude sont dues au traitement des fruits de confiture et aux différentes conditions de stockage (Igual *et al.*, 2013).

### I.3. Flavonols

Les teneurs en flavonols des variétés étudiés sont données dans la figure 21.



**Figure 21** : Teneur en flavonols des variétés de confiture.

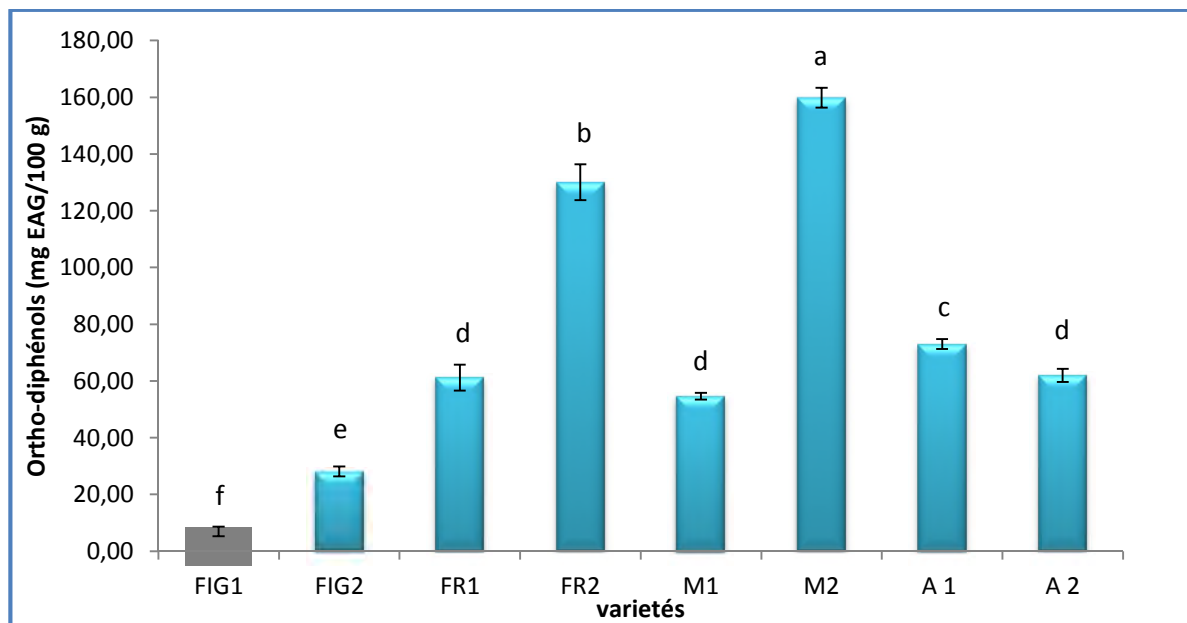
Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents. Chaque valeur représente la moyenne ± écart-type (n=3).

Les variétés A2 (Sabri) et FR2 (Sabri) sont les deux échantillons les plus riches en flavonols avec des valeurs similaires de  $2,36 \pm 0,17$  et  $2,50 \pm 0,13$  mg EQ/100 g, respectivement. En revanche, les échantillons FR1 (Sicam) et FIG1 (Tunas) enregistrent le taux le plus faible avec une même teneur ( $0,15 \pm 0,09$  et  $0,23 \pm 0,03$  mg EQ/100 g, respectivement). Les résultats des autres variétés sont de 0,50 ; 1,10 ; 1,43 et 1,58 mg EQ/100 g pour les échantillons M1, A1, M2 et FIG2

respectivement, qui présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ). Ceci est dû aux différentes conditions de stockage et de température.

### I.4. Ortho-diphénols

La figure 22 montre les concentrations en ortho-diphénols des variétés de confitures étudiées.



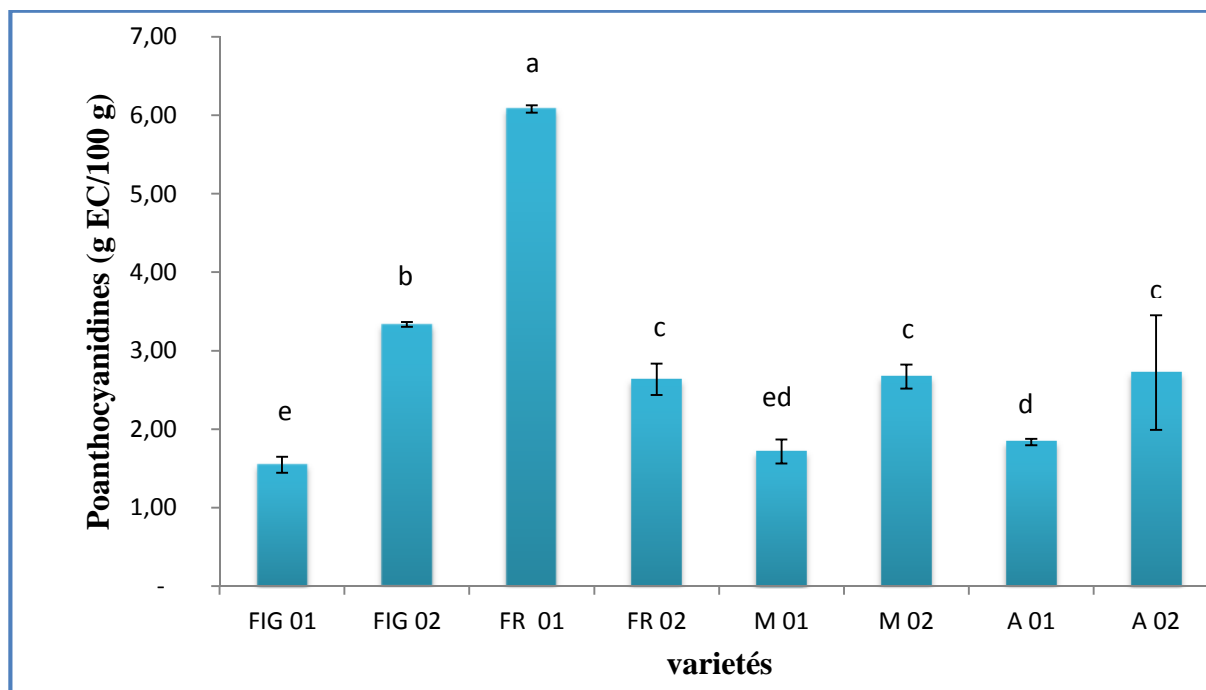
**Figure 22:** Teneur en ortho- diphénols des variétés de confiture.

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents. Chaque valeur représente la moyenne ± écart-type (n=2).

Ces teneurs varient de  $6,93 \pm 1,73$  à  $159,84 \pm 3,46$  mg EAG/100 g pour les échantillons FIG1 (Tunas) et M2 (Tunas), respectivement. L'étude statistique révèle qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en ortho- diphénols des différents échantillons étudiés, excepté les échantillons M1, FR1 et A2 qui présentent des teneurs similaires  $54,64 \pm 1,15$  ;  $61,16 \pm 4,61$  et  $61,68 \pm 2,31$  mg EAG/100 g, respectivement. Les données disponibles sur la teneur en ortho-diphenols sont limitées.

## I.5. Proanthocyanidines

La figure 23 représente les teneurs en proanthocyanidines des variétés de confiture étudiées.



**Figure 23 :** Teneurs en Proanthocyanidines des variétés de confiture

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents. Chaque valeur représente la moyenne ± écart-type (n=2).

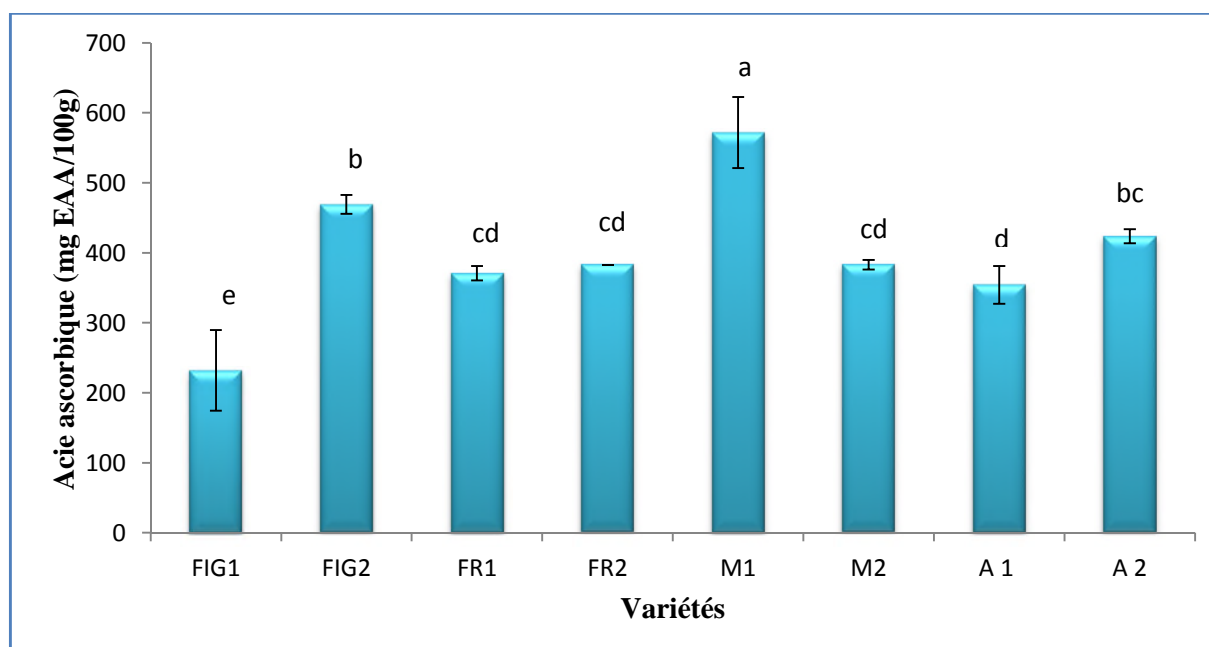
La FR1(Sicam) est l'échantillon le plus riche en proanthocyanidines ( $6,08 \pm 0,05$  g EC /100g) et présente une différence significative par rapport aux autres échantillons de confitures analysées. En revanche les échantillons FR2, M2 et A1 ne présentent pas de différence significative, ils ont des teneurs de ( $2,64 \pm 0,2$ ;  $2,67 \pm 0,15$  et  $2,72 \pm 0,22$  g EAG/100 g, respectivement). Les échantillons M1 et FIG1 enregistrent les taux les plus faibles :  $1,71 \pm 0,15$  et  $1,55 \pm 0,1$  mg EC /100 g, respectivement.

L'étude statistique révèle qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les teneurs en proanthocyanidines de certains échantillons étudiés. Les données disponibles sur les concentrations en tanins condensés sont limitées.

## I.6. Acide ascorbique (Vit C)

L'acide ascorbique est largement utilisé dans les industries alimentaires comme ingrédient ou additif à propriétés antioxydantes. Il a un rôle antioxydant multiple : il inhibe le brunissement enzymatique par la réduction des o-quinones et protège certains composants oxydables comme les folates. En outre, il est connu par ses effets anti-radicalaire et réducteur des métaux de transition (Willcox *et al.*, 2003).

Les résultats du dosage de l'acide ascorbique obtenus pour les variétés de confitures analysées varient de  $232,09 \pm 57,52$  (FIG 1) à  $571,84 \pm 50,76$  mg/100 g (M1) (fig. 24).



**Figure24** : Teneurs en acide ascorbique des variétés des confitures.

Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différents :  $a > b > bc > cd > d > e$ . Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écart-type (n=2).

Les teneurs en acide ascorbique de toutes les variétés présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ), exceptées les variétés FR1, FR2 et M2 qui contiennent  $370,85 \pm 10,15$  ;  $382,82$  et  $382,82 \pm 6,77$  mg/100 g, respectivement.

L'étude réalisée par Patras *et al.* (2009) sur la teneur en acide ascorbique de confiture de fraise a révélé une teneur qui varie de 128,6 à 429,0 mg/100 g et qui englobe les concentrations des variétés de FR1 (370,85 mg/100 g) et FR2 (382,82 mg/100 g).

La stabilité de l'acide ascorbique est nettement influencée par la température où la température de stockage optimale pour la confiture est de 4 ° C (Ochoa *et al.*, 1999).

Il a également été démontré que la teneur en acide ascorbique contenu dans les confitures diminue de manière significative au cours de la fabrication et stockage de la confiture (Suutarinen *et al.*, 2002). L'acide ascorbique ainsi que d'autres facteurs comme le stockage, la température, le pH, le peroxyde d'hydrogène, la structure et la concentration des anthocyanes et cultivars affectent la couleur des confitures (García-Viguera *et al.*, 1998, 1999; Garzon *et al.*, 2002; Özkan *et al.*, 2002; Wicklund *et al.*, 2005).

## II. Activités antioxydantes

### II.1. Activité anti-radicalaire contre le DPPH

L'activité anti-radicalaire, basée sur la réduction du radical DPPH, estime le taux de neutralisation du radical par les constituants des variétés de confitures. Elle est très utilisée du fait de sa rapidité et de sa reproductibilité.

Les résultats obtenus de l'activité anti-radicalaire des variétés étudiées sont représentés dans la figure 25. Les variétés de confitures FR2 et M2 ( $57,45 \pm 1,19$  et  $56,76 \pm 1,11$  mg EAG/100 g) présentent des activités anti-radicalaires très élevées et diffèrent significativement des autres variétés, ceci est probablement dû à leurs richesses en polyphénols totaux et en flavonoïdes. Par contre, la variété du FIG1 ( $5,03 \pm 0,44$  mg EAG/100 g) et FIG2 ( $7,97 \pm 0,74$  mg EAG/100 g) présentent les activités anti-radicalaires les plus faibles.

Les variétés M1 et FR1 présentent respectivement un pouvoir anti-radicalaire moyen de  $19,79 \pm 1,11$  et  $11,66 \pm 0,22$  mg EAG/100 g.

Les variétés A1 et A2 présentent un pouvoir anti-radicalaire similaire d'environ  $13,05 \pm 0,07$  et  $13,26 \pm 0,07$  mg EAG/100 g, respectivement.

L'activité antiradicalaire au DPPH de différentes variétés de confitures analysées présente généralement une différence significative ( $p < 0,05$ ). Ils sont classés par ordre croissant comme suit : FIG1 < FIG2 < A1 = A2 < FR1 < M1 < M2 < FR2.

La capacité anti-radicalaire est proportionnelle aux teneurs des polyphénols présentes dans les différents variétés (Vaquero *et al.*, 2007 ; Li *et al.*, 2009 ; Scan *et al.*, 2010). Les taux de pouvoir anti-radicalaire des variétés étudiées ne correspondent pas à leurs teneurs totales en phénols totaux mais correspondent plutôt aux taux en flavonoïdes.

La réduction de l'activité antioxydante au cours du traitement et de stockage des confitures peut réduire les effets bénéfiques des antioxydants pour la santé. L'exposition à l'oxygène, la lumière et la chaleur peuvent réduire l'activité antioxydante, alors qu'une haute résistance de la couleur des variétés FR2, M2 et M1 est le signe d'une grande capacité antioxydante totale des ces confitures (Lindley, 1998; Nicoli *et al.*, 1999 ; Kalt *et al.*, 2000).

## II.2. Activité anti-radicalaire avec l'ABTS

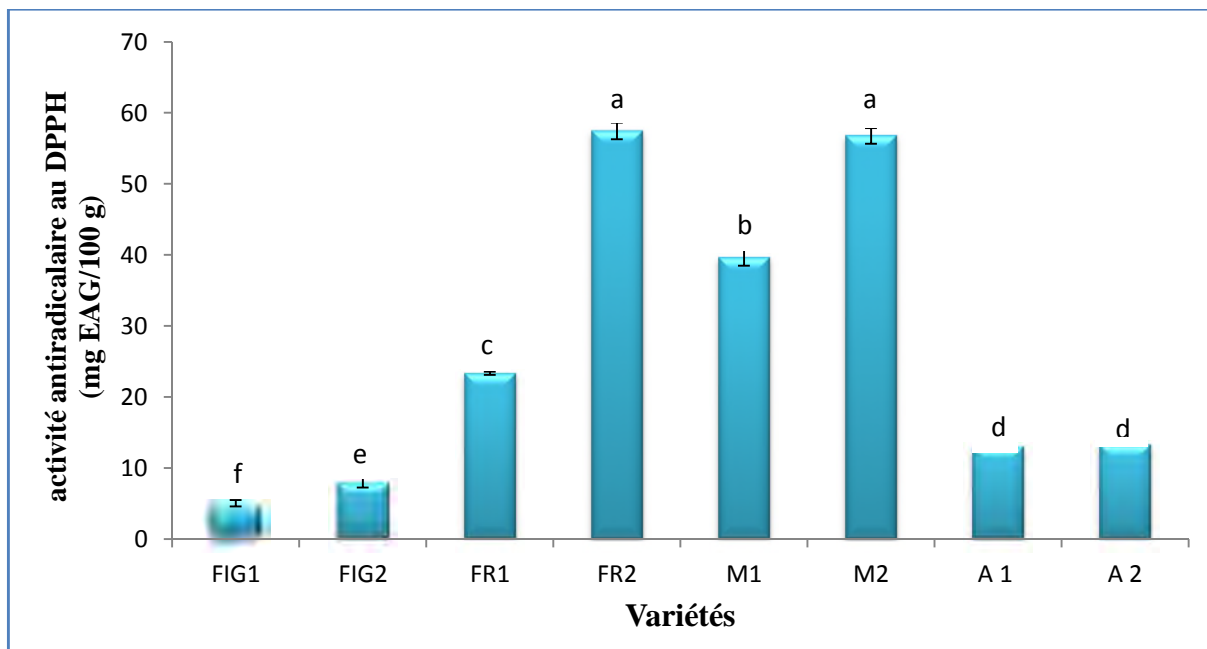
Le radical  $ABTS^{*+}$  (absorbant à 734nm) est formé par arrachement d'un électron  $e^-$  à un atome d'azote de l'ABTS. En présence de Trolox (ou d'antioxydant donneur de  $H^*$ ), l'atome d'azote concerné piège un  $H^*$ , conduisant à l' $ABTS^+$ , ce qui entraîne la décoloration de la solution (Lien *et al.*, 1999 ).

L'activité anti-radicalaire par l'ABTS des différentes confitures de fruits étudiées varie de  $13,12 \pm 0,14$  (FIG1) à  $114,15 \pm 2,2$  mg ET /100 g (FR2). Les résultats obtenus de l'activité anti-radicalaire des variétés de confitures étudiées sont représentés dans la figure 26.

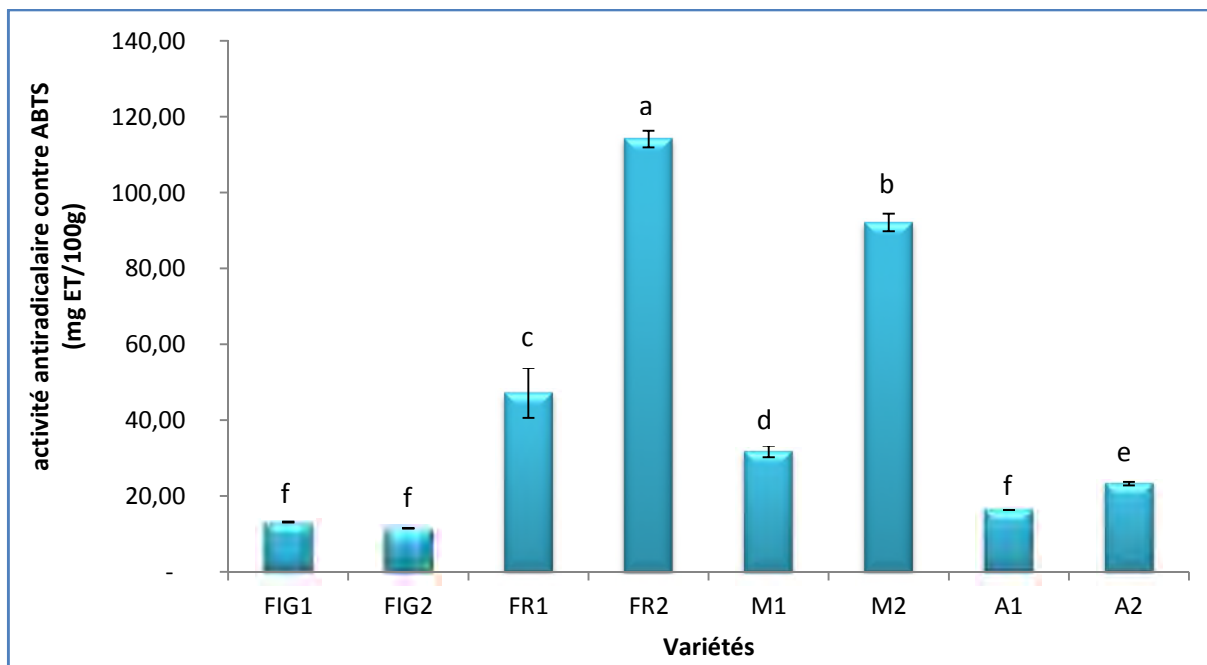
Les variétés de confitures FR2 et M2 présentent une activité anti radicalaire élevée et elle est distincte significativement par rapport aux autres variétés. Les variétés A1 (16,42 mg ET/100 g), FIG1 (13,12 mg ET/100 g) et FIG2 ( $11,49 \pm 0,05$  mg ET/100 g) ont la plus faible activité anti radicalaire et présentent aucune différence significative.

La variété FIG1 a un très faible pouvoir antioxydant comparé à FR2 et ceci probablement est dû à leur composition chimique, essentiellement en leur teneur en flavonoïdes et autres composés phénoliques.

Selon l'analyse statistique, les résultats obtenus présentent une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans leur activité anti-radicalaire avec ABTS, excepté A1, FIG1 et FIG2 qui sont similaires. Les mûres présentent une activité antioxydante élevée (Hager *et al.*, 2008 ; Siriwoharn *et al.*, 2004).



**Figure 25 :** Pouvoir anti-radicalaire au DPPH des variétés des confitures.



**Figure 26 :** Activité anti-radicalaire avec l'ABTS des variétés des confitures.

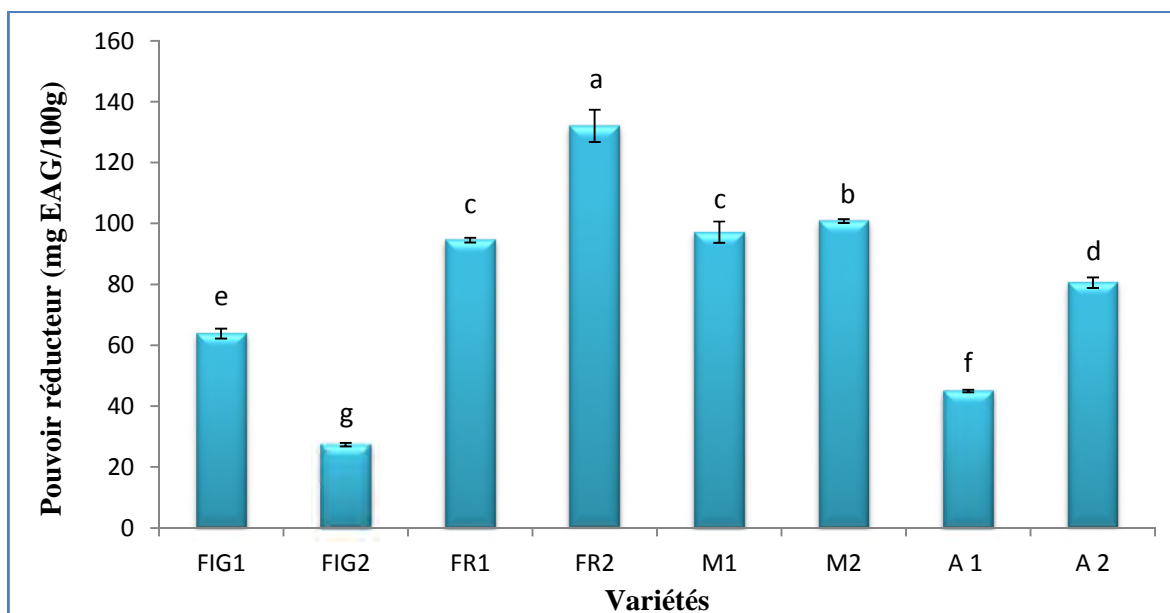
Les valeurs portant des lettres différentes sont significativement différents :  $a > b > c > d > e > f$ .  
Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écart-type (n=2).

### II.3. Pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron, permettant ainsi de bien apprécier l'activité antioxydante de l'extrait testé.

De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Huang *et al.*, 2002 ; Bourgou *et al.*, 2007 ; Li *et al.*, 2009).

La figure 27 montre que le pouvoir réducteur des variétés de confitures analysées varie de  $27,35 \pm 0,56$  (FIG2) à  $132,09 \pm 5,31$  mg EAG/100 g (FR2). L'étude statistique montre des différences significatives ( $p < 0,05$ ) entre les variétés analysées dans leur capacité réductrice.



**Figure 27** : Le pouvoir réducteur des variétés des confitures.

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents :  $a > b > c > d > e > f > g$ .  
Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  écart-type ( $n=3$ ).

L'activité antioxydante dépend de la teneur des polyphénols (Lobo *et al.*, 2009 ; Al-mamary *et al.*, 2002) mais il existe une différence significative de pouvoir réducteur entre les variétés de confitures avec celui de la variété FR2 ( $132,09$  mg EAG/100 g). Ce dernier présente la capacité réductrice la plus élevée.

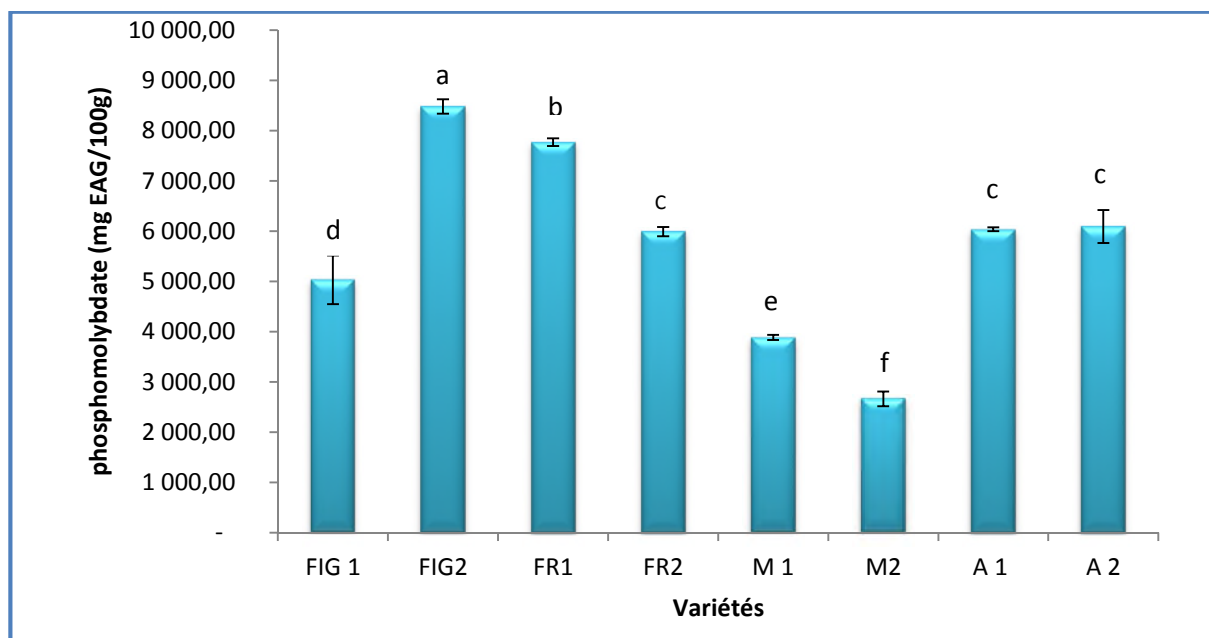
Il existe aucune différence significative entre la variété M1 et FR1 avec une teneur de  $97,16 \pm 3,48$  et  $94,57 \pm 0,78$  mg EAG/100 g, respectivement.



Le pouvoir réducteur des variétés des confitures sont classés par ordre croissant comme suit : FIG2 < A1 < FIG1 < A2 < FR1 = M1 < M2 < FR2. Ceci s'explique par l'influence de plusieurs facteurs sur le pouvoir réducteur tels que la composition phénolique et le type de polyphénols (Estevinho *et al.*, 2008 ; Kùçùk *et al.* , 2007 ; Al-mamary *et al.*, 2002). Il est bien connu aussi que le type et la position des substituants phénoliques ont une influence considérable (Kùçùk *et al.*, 2007 ; Al-mamary *et al.*, 2002).

## II.4. Réduction du phosphomolybdate

La figure 28 récapitule les résultats obtenus concernant l'activité antioxydante au phosphomolybdate. Cette activité antioxydante varie de 2661,56±53,51 (M2) à 8477,65±145,24 mg EAA/100 g (FIG2).



**Figure 28 :** Réduction du phosphomolybdate des variétés des confitures.

Les résultats portant des lettres différentes sont significativement différents : a > b > c > d > e > f.  
Les valeurs représentent les moyennes±écart-types (n=2).

L'analyse statistique de la variance révèle en général une différence significative ( $p < 0,05$ ). Aucune différence n'est observée entre les trois variétés de confitures A2, A1 et FR2 en leurs capacités antioxydantes. La variété FIG2 (8477,65 mg EAG/100 g) présente la capacité antioxydante la plus élevée, suivie dans un ordre décroissant par les variétés FR1, A2, A1, FR2, FIG1, M1 et M2 avec des valeurs de 7769,55 ; 6088,51 ; 6034,46 ; 5985,81 ; 3883,16 et 2661,56 mg EAG/100 g, respectivement.

Les résultats de la présente étude montrent que le pouvoir réducteur est proportionnel à la teneur en composés phénoliques des variétés de confitures étudiées.

Plusieurs études ont attribué la capacité réductrice à d'autres molécules autres que les composés phénoliques telles que l'acide ascorbique ou les caroténoïdes. Slusarczyk *et al.* (2009) et Jayaprakasha *et al.* (2008) ont montré que l'activité antioxydante peut être affectée par de nombreux facteurs entre autres la structure des composés phénoliques et les interactions synergiques avec divers antioxydants. En outre, elle peut également être affectée par la méthode d'analyse utilisée et les conditions d'extractions (Slusarczyk, 2009 ; Abrantes *et al.*, 2007).

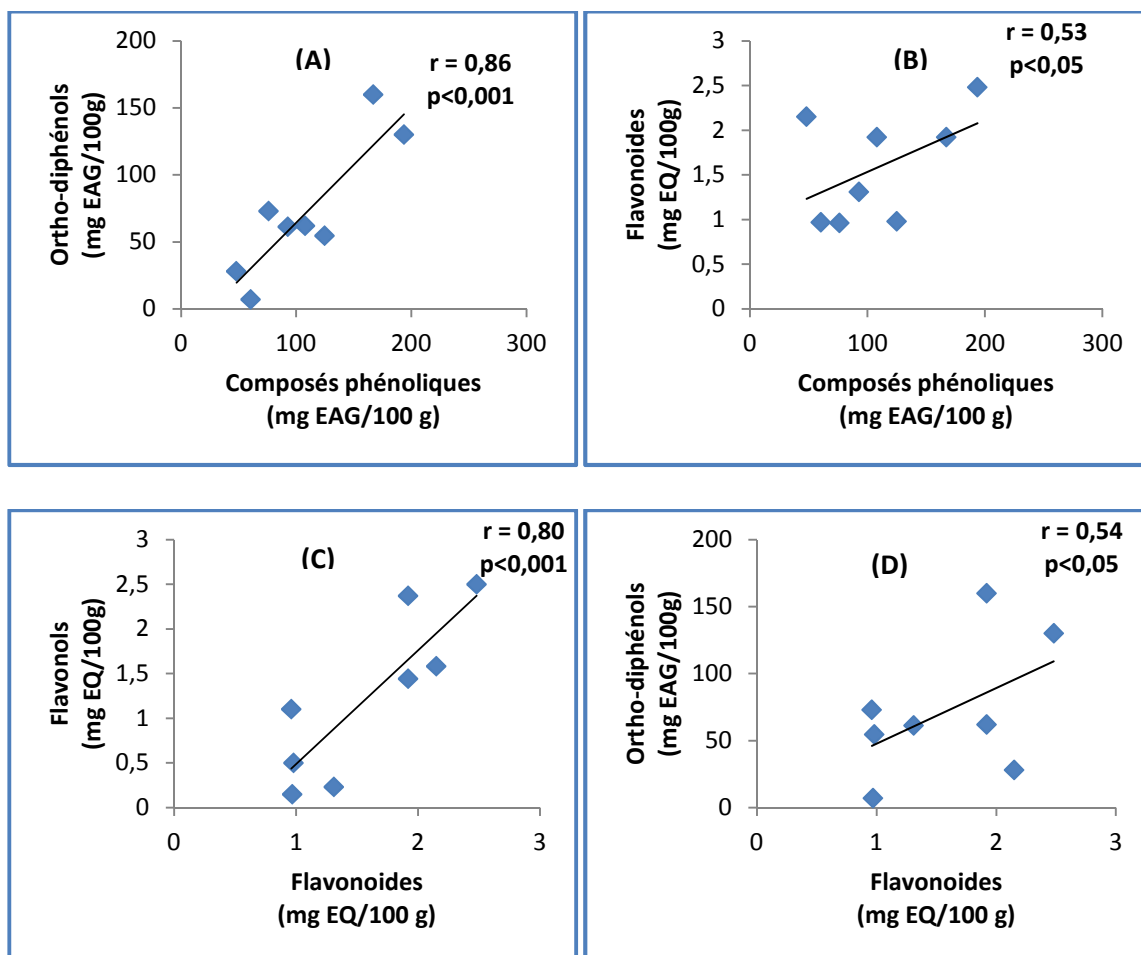


### III Corrélation

#### III.1. Corrélation entre les différents antioxydants

L'analyse statistique des résultats de la présente étude indique l'existence d'une corrélation significative entre les teneurs en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes et entre les flavonoïdes et les ortho-diphénols avec des coefficients de corrélation 0,53 et 0,54 respectivement (fig. 29).

D'autres corrélations hautement significatives ( $p < 0,001$ ) sont aussi enregistrées entre les composés phénoliques et les ortho-diphénols et entre les flavonoïdes et les flavonols avec des coefficients de 0,86 et 0,80, respectivement. Ceci est aussi indiqué dans le cercle de corrélation où les composés phénoliques sont situés au voisinage des ortho-diphénols et les flavonoïdes à côté des flavonols comme il est démontré par la figure 36.

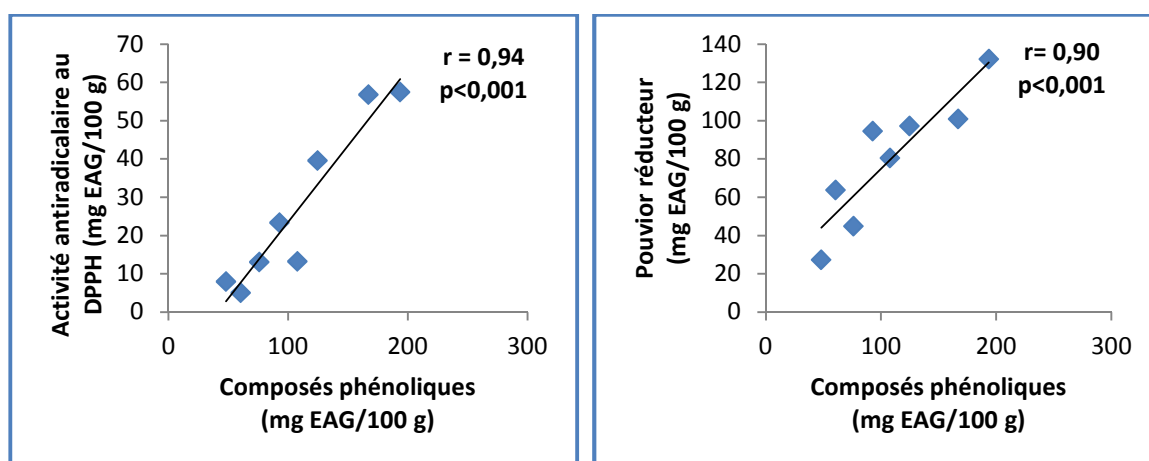


**Figure 29** : Corrélations entre les composés phénoliques et les ortho-diphénols (A), les composés phénoliques et les flavonoïdes (B), les flavonoïdes et flavonols (C) et entre les flavonoïdes et les ortho-diphénols (D).

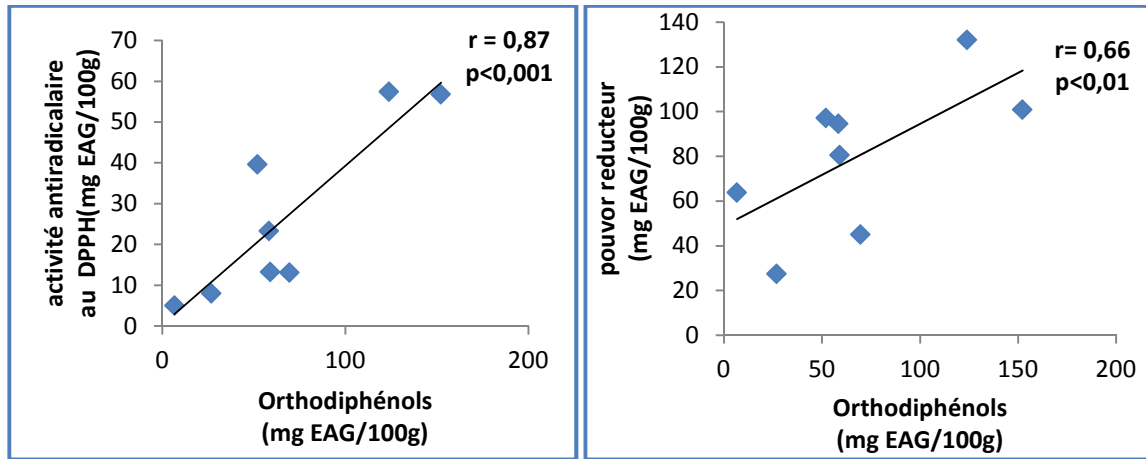
### III.2. Antioxydants et activités antioxydants

Plusieurs études ont démontré l'existence des corrélations entre les antioxydants et les activités antioxydantes. Les matrices de corrélation montrent les coefficients de corrélation obtenus et révèlent l'existence de corrélations très hautement significatives entre les composés phénoliques des variétés de confitures et leur pouvoir réducteur et l'activité anti radicalaire en utilisant le DPPH avec des coefficients de 0,90 et 0,94, respectivement (fig. 30). Ce qui explique que ces capacités antioxydantes sont fortement liées aux polyphénols car il n'existe pas de corrélation entre l'activité antiradicalaire au DPPH et du pouvoir réducteur avec la vitamine C ou les classes individuelles des phénols totaux (flavonoïdes, flavonols, pro-anthocyanidine) excepté les ortho-diphénols qui manifestent une corrélation très hautement significative avec l'activité anti radicalaire contre le DPPH ( $r = 0,87$ ) et une corrélation hautement significative avec le pouvoir réducteur ( $r = 0,65$ ) (fig. 31). Ces corrélations sont prouvées par le cercle de corrélation ou la répartition de DPPH, pouvoir réducteur, composés phénoliques et orthodiphénols est clairement démontrée (fig. 36).

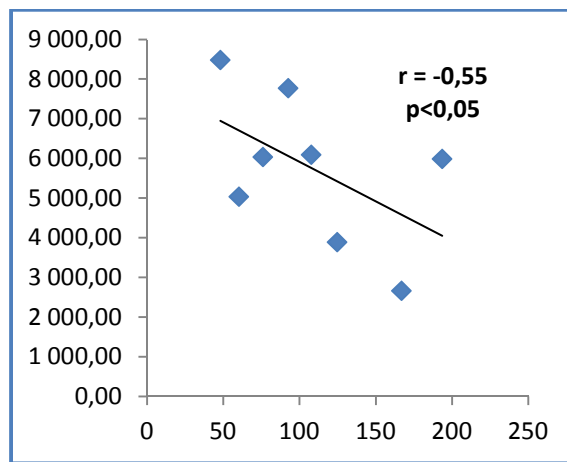
En revanche, les composés phénoliques semblent contribuer de manière inverse avec la méthode au phosphomolybdate qui présentent un coefficient de corrélation significatif ( $p < 0,05$ ;  $r = -0,55$ ) (fig. 32). Par conséquent, leurs emplacements dans le cercle de corrélation sont très éloignés l'un par rapport à l'autre.



**Figure 30:** Corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur avec les composés phénoliques.

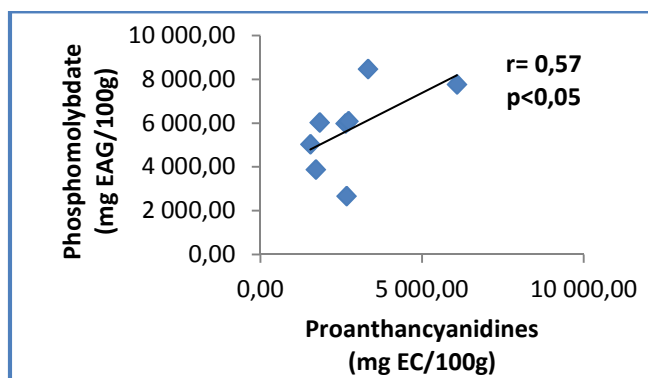


**Figure 31 :** Corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur avec les ortho-diphénols.



**Figure 32 :** Corrélation entre composés phénoliques et l'activité au phosphomolybdate.

La matrice et le cercle de corrélation montrent que les proanthocyanidines présentent une corrélation positive significative ( $p < 0,05$ ) avec la méthode au phosphomolybdate des variétés des confitures analysées avec un coefficient de corrélation 0,57.



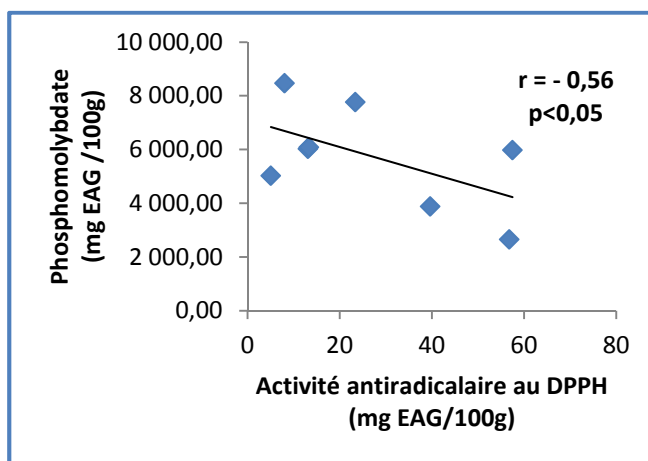
**Figure 33 :** Corrélation entre la teneur en proanthocyanidines et l'activité au phosphomolybdate.

### III.3. Relation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et l'activité au phosphomolybdate

Les deux méthodes d'estimation de l'activité antioxydante (la méthode au DPPH et l'activité antioxydante au phosphomolybdate) montrent une corrélation négative significative  $p < 0,05$  avec un coefficient de corrélation de  $r = -0,56$  (fig. 34). La capacité réductrice au phosphomolybdate est attribuée à d'autres molécules autres que les composés phénoliques, tels que l'acide ascorbique ou les caroténoïdes et la méthode au DPPH est attribuée à la teneur en phénols totaux. Cette corrélation négative est indiquée par la figure 36 par l'éloignement remarquable de ces deux activités antioxydantes.

### III.4. Relation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et le pouvoir réducteur

La figure 35 ainsi le cercle de corrélation montrent qu'il existe une corrélation très hautement significative avec un coefficient de corrélation de 0,83 entre les deux méthodes de mesure de l'activité antioxydante, l'activité anti radicalaire contre le DPPH et le pouvoir réducteur. Cette corrélation est expliquée par le fait que ces deux méthodes utilisent des mécanismes d'action similaire qui sont le transfert d'hydrogène et d'électron, respectivement, et la présence des molécules ayant des propriétés anti radicalaire et réductrice.



**Figure 34:** Corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et l'activité antioxydante au phosphomolybdate.

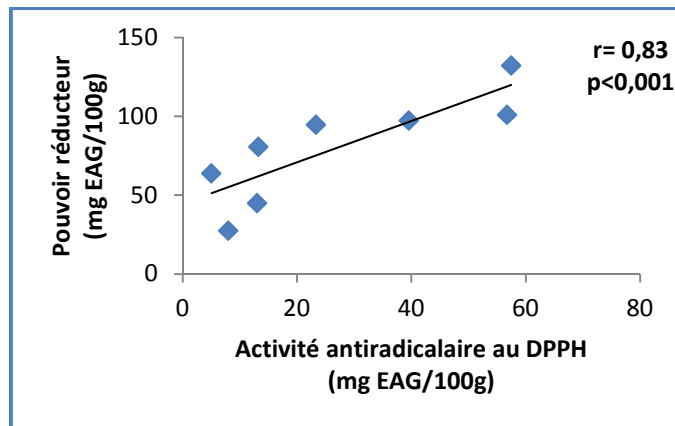


Figure 35 : corrélation entre l'activité anti radicalaire au DPPH et pouvoir réducteur.

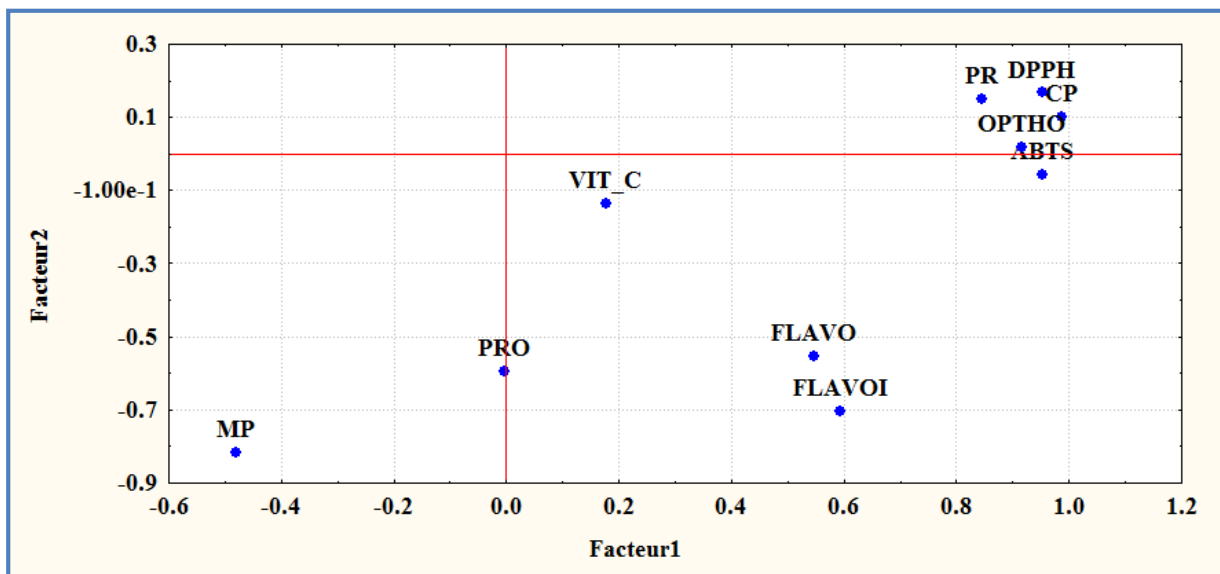
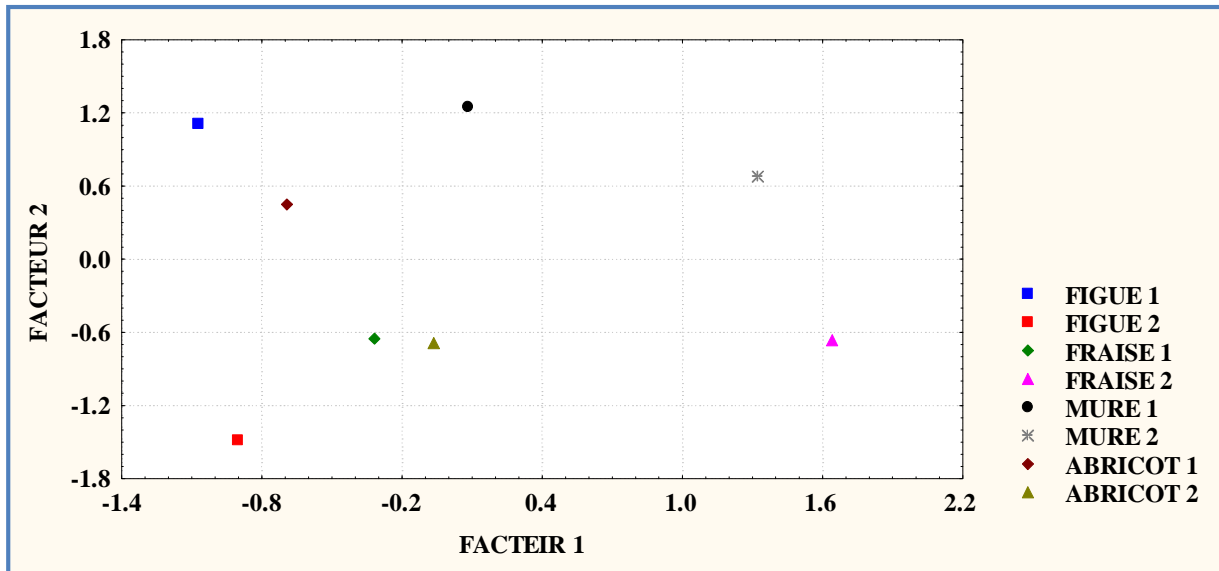


Figure 36 : Cercle de corrélation des paramètres de variétés de confitures étudiées.



#### IV. Nuage de points

La figure représente le nuage de points des variétés de confitures étudiées qui inclut la répartition des groupes qui présentent les mêmes caractéristiques et même similitudes (fig. 37).



**Figure 37** : nuage de points des différents échantillons de confitures.

La confiture de mure Tunas et la confiture de fraise Sabri (MURE 2 et FRAISE 2) présentent des résultats élevés, rapprochés l'un par rapport à l'autre et éloignés par rapport au reste des résultats des autres variétés. Les extraits de ces deux échantillons possèdent des caractères en communs : ils ont les couleurs les plus foncées, présentent les teneurs les plus élevées en composés phénoliques totaux et possèdent de meilleures activités antioxydantes.

Les extraits les plus clairs des confitures de figue Tunas et Cevital (FIGUE 1 ET FIGUE 2) présentent des concentrations plus faibles en composés phénoliques totaux et manifestent des résultats faibles en antioxydants et activités antioxydantes. Par conséquent, ils sont rapprochés l'un par rapport à l'autre sur le graphe du nuage des points.



# Conclusion

## Conclusion

La présente étude a permis le dosage des différents antioxydants (composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, proanthocyanidines, orthodiphénols et la vitamine C) de quatre types de confitures commerciales (confitures de mure, de fraise, d'abricot et de figue) dont chaque type à deux variétés de marque différentes et l'évaluation de leurs activités antioxydantes par quatre méthodes différentes.

L'activité antioxydante varie en fonction de la composition en composés phénoliques des variétés étudiées. L'analyse statistique a révélé que la confiture de fraise de la marque Sabri (FR2) et de mure Tunas (M2) ont manifesté les teneurs les plus élevées en phénols totaux et les meilleures activités antioxydantes par le pouvoir réducteur et activités antiradicalaire contre l'ABTS et le DPPH. Par contre, le potentiel antioxydant en utilisant le phosphomolybdate le plus élevé est attribué à la confiture de figue de la marque Cévitall (FIG2) qui a enregistré la teneur la plus faible en composés phénoliques. Ceci signifie que ces substances ne sont pas le seul paramètre influençant sur l'activité antioxydante par la réduction du phosphomolybdate mais l'acide ascorbique et les caroténoïdes jouent aussi un rôle important.

Des différences significatives sont observées entre les teneurs en antioxydants des variétés étudiées causés par de différents paramètres tels que les conditions de stockage, la température et le type de fruit d'origine de la confiture. Les teneurs en phénols totaux, flavonoïdes, flavonols orthodiphénols et proanthocyanidines varient entre  $48,13 \pm 3,4$  et  $193,59 \pm 8,34$  mg EAG/100 g;  $0,96 \pm 0,08$  et  $2,48 \pm 0,12$  mg EQ /100 g;  $0,15 \pm 0,09$  et  $2,50 \pm 0,13$  mg EQ /100 g;  $6,60 \pm 1,65$  et  $152,28 \pm 3,30$  mg EAG/100 g et 1,55 à 6,08 g EC/100 g, respectivement.

L'intensité de la couleur des extraits influence significativement sur la teneur en composés phénoliques. Les taux les plus élevés sont attribués aux extraits de couleurs les plus foncés suivis par un ordre décroissant des extraits les moins foncés et des extraits les plus clairs.

La matrice de corrélation a révélé la présence des corrélations très hautement significatives entre les composés phénoliques totaux et les activités antioxydantes (DPPH et pouvoir réducteur) et entre les ortho-diphénols et le pouvoir réducteur. Des corrélations très hautement significatives sont aussi observées entre les antioxydants, composés phénoliques et ortho-diphénols, flavonoïdes et flavonols.

Il serait souhaitable d'élargir et d'approfondir la présente étude par :

- L'étude de l'activité antioxydante et dosage des antioxydants des confitures ainsi du fruit d'origine de cette dernière et mener une étude comparative entre les deux.
- Le dosage des antioxydants des confitures artisanales.
- L'étude de l'influence des additifs sur la confiture.
- L'étude sur d'autres dérivés de fruit tel que la compote.
- Le dosage qualitatif des composés phénoliques de plusieurs variétés de confiture par chromatographie liquide à haute performance.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographique

- ✚ **Adrian J., Frangne R. and Potus S.J. (1995).** *La science alimentaire de A à Z.* Technique et documentation-Lavoisier.
- ✚ **Akroum S. (2006).** Etude des propriétés biochimiques des polyphénols et tannin issus de *Rosmarinus officinalis* et *Vicia faba*. Mémoire de magister. Université Mantouri Constantine, p. 91.
- ✚ **Albert D., Dubois J. and Mitterand H. (1971).** *Nouveau dictionnaire étymologique et historique.* Librairie Larousse.
- ✚ **Al-Mamry M., Al-Meeri A. and Al-Habori M. (2002).** Antioxidant activities and total phenolics of different. *Nutrition Research*, 22, 1041-1047.
- ✚ **André P. (2012).** Les confitures. Edition Artemis. P, 27.
- ✚ **Ao C., Li A., Elzaawely A.A., Xuan T.D. and Tawata S. (2008).** Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. Extract. *Food Control*, 19, 940–948.
- ✚ **Arts M.J.T.J, Dallinga J.S., Voss H.R., Haenen G.R.M.M and Bast A. (2004).** A new approach to assess the total antioxidant capacity using the TEAC assay. *Food chemistry*, 88, 567- 570.
- ✚ **Audubert C. and Lichou J. (1989).** ‘*L’abricotier*’, Ed. J. Granier, C.T.I.F.L, Paris, 368 p.
- ✚ **Bahlouli F., Tiaiba A. and Slamani A. (2009).** Etude des différentes méthodes de séchage d’abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M’Sila. *Revue des énergies renouvelables*, 61-66.
- ✚ **Belitz H. D. Wieser H. and Seilmeier W. (1990).** Characterization of ethanol-extractable reduced subunits of glutenin separated by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Cereal Science*, 12(1), 63-71.
- ✚ **Béliveau R. Annabi B., Lachambre M. P., Plouffe K. and Moundjian R. (2009).** Propranolol adrenergic blockade inhibits human brain endothelial cells tubulogenesis and matrix metalloproteinase-9 secretion. *Pharmacological Research*, 60(5), 438-445.
- ✚ **Benbrook C. M. (2005).** Accroître la teneur en antioxydants des aliments grâce à l’agriculture et à la transformation alimentaire biologiques. *The Organic Center. Biotechnologie*, 19(4), 1047-1053.

- ✚ **Berthet B., Smaoui-Damak W., Rebai T. and Hamza-Chaffai A. (2006).** Does cadmium pollution affect reproduction in the clam « *Ruditapes decussatus* » A one-year case study. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143(2), 252-261.
- ✚ **Boizot N., and Charpentier, J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA, Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques*, 79-82.
- ✚ **Bourgou S., ksouri R., Bellila A., Skandrani I., Falleh H. and Marzouk B. (2007).** Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendos Biologies*, 331, 48-55.
- ✚ **Bravo L. and Mateos R. (2008).** Analysis of flavonoids in functional foods and nutraceuticals. In: Hurst J., «Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals ». 2nd Edition, CRC Press. p. 155-156.
- ✚ **Çaliskan O. and Polat A. (2011).** Fruits characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 115,306-367.
- ✚ **Castaneda-Ovando A., Pacheco-Hernandez Ma. D.L., Paez-Hernandez Ma. E., Rodriguez J.A. and Galan Vidal C.A. (2009).** Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113, 859-871.
- ✚ **Chan A. C., Chow C. K. and Chiu D. (1999).** Interaction of antioxidants and their implication in genetic anemia. In *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine*, Vol. 222, No. 3, p. 274-282.
- ✚ **Codex alimentaire. (2009).** Norme du codex pour les confitures, gelées et marmelades. Codex standar 296. p 1-10.
- ✚ **Couplain F. (1998).** Guide nutritionnel des plantes sauvages et cultivées. Edition : Delacheaux et Nestlé. Paris, France. p14-104.
- ✚ **Crozier A., Del Rio D., Michael N. and Clifford C. (2010).** Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Molecular Aspects of Medicine*, 31, 446-467.
- ✚ **Cuvelier C., Dotreppe O. and Istasse L. (2003).** Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 147, 315-324.
- ✚ **Da Silva S. L., Da Silva A., Honório K. M., Marangoni S., Toyama M. H. and Da Silva A. B. F. (2004).** The influence of electronic, steric and hydrophobic properties of flavonoid compounds in the inhibition of the xanthine oxidase. *Journal of Molecular Structure*, 684, 1-7.



- ✚ **Dangles O. and Brouillard, R. (1992).** Polyphenol interactions. The copigmentation case: thermodynamic data from temperature variation and relaxation kinetics. Medium effect. *Canadian Journal of Chemistry*, 70, 2174 – 2189.
- ✚ **Dangles O. (2006).** Propriétés chimiques des polyphénols. In « les polyphénols en agroalimentaire ». édition tec & doc.
- ✚ **Danijela B., Branka L. and Verica D. (2009).** Free Radical Scavenging Activity and Phenolic Content in Strawberry Fruit and Jam, *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*, 74(3), 155-159.
- ✚ **Darrow G.M. (1966).** The Strawberry: History, Breeding and Physiology The Strawberry: History, Breeding and Physiology [en ligne]. Disponible à <http://www.nal.usda.gov/pgdic/Strawberry/darpubs.htm> (page consultée le 2 Avril 2013).
- ✚ **De Kesel M., Hautier P., Tinant B. and Vander Borcht C. (2006).** Vis ta mine, Didactique spéciale en sciences naturelles SC2321, UCL, 1.
- ✚ **Del Caro A. and Piga A. (2008).** Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L). *European Food Research and Technology*, 226, 715-719.
- ✚ **Desjardins Y. (2003).** Fraises et framboises. Dans Note de cours Horticulture PTT 12380. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, *Université Laval*, Québec, Canada, p 16-01 à 16-40.
- ✚ **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. and Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97, 654-660.
- ✚ **Duenas M., Perez-Alonso J.J., Santos-Buelga C. and Escribano-Bailon T. (2008).** Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L). *Journal of Food Composition and Analysis*.
- ✚ **FAO, 'Annuaire de la Production'**, Ed: FAO, Rome, 2007.
- ✚ **FAOSTAT (2011)** Food and agricultural commodities production. In <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. FAO. (Page consultée le 1 mars 2013)
- ✚ **Fernandez M.T., Mira M.L., Florencio M. H. and Jennings K.R. (2002).** Iron and copper chelation by flavonoids : an electrospray mass spectrometry study. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 92, 105-111.
- ✚ **Fernando Vallejo, Marín J.G., Francisco A. and Tomás-Barberán. (2012).** Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.), *Food Chemistry*, 130, 485-492.
- ✚ **Gao R., Stone W. L., Huang T., Papas A. M. and Min Qui. (2002).** The uptake of tocopherols by RAW 264.7 macrophages. *Nutrition Journal*, 1, 2.

- ✚ **García-Viguera C., Zafrilla P., Artés F., Romero F., Abellán P. and Tomás-Barberán F. A. (1999).** Colour stability of strawberry jam affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64(2), 243 – 247.
- ✚ **Garzon G. A. and Wrolstad R. E. (2002).** Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4), 1288 – 1299.
- ✚ **Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique, *Phytothérapie*, 4, 162-169.
- ✚ **Giove R. M. and Abis S. (2007).** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes, *Les notes d'analyse du CIHEAM*, (23) ,4-14.
- ✚ **Gould E. S. and Dhar B. B. (2009).** Electron transfer. Part 166. Reactions of Ti (II)(aq) with oxidants having strongly positive potentials. *Inorganica Chimica Acta*, 362(1), 185-188.
- ✚ **Guilland J.C. and Le Moel G. (2007).** Vitamine C, cahier de formation en biologie médicale n°38. Edition BIOFORMA, p.176-187.
- ✚ **Haesslein D. and Oreiller S. (2008).** Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Haute Ecole De Santé de Genève, Filière Nutrition et Diététique.
- ✚ **Hager T. J. and Howard L. R. (2006).** Processing effects on carrot phytonutrients. *Horticultural Science*, 41, 74-79.
- ✚ **Heinonen I. M., Meyer A. S. and Frankel E. N. (1998).** Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46(10), 4107 – 12.
- ✚ **Hidalgo M., Sanchez S.M. and Pascual T. (2009).** Flavonoid- flavonoïde interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food chemistry*, 121,691-696.
- ✚ **Hollman P. C. H. and Katan M. B. (1999).** Dietary Flavonoids: Intake, Health Effects and Bioavailability, *Food and Chemical Toxicology*, 37, 937-942.
- ✚ **Hu, S. Y. (2005).** *Food plants of China*. Chinese University Press.p .844 .
- ✚ **Huang D., Ou B., Hampsch-Woodill M., Flanagan J. A. and Deemer E.K. (2002).** Analysis of antioxidant activity of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study.
- ✚ **Igual M., Garcia-martinez E., Camacho M. and Martinez-Navarrete N. (2013).** Jam processing and storage effects on B-carotene and the content of flavonoids in grapefruit. *Journal of functional foods*, 5, 736-744.
- ✚ **Industrial Commodity Statistics Yearbook. (2009).** Physical quantity data. Volume 1.
- ✚ **Jayaprakasha G.K., Girenavar B. and Patil B.S. (2008).** Antioxidant capacity of pummel and navel oranges: Extraction efficiency of solvents in sequence. *Food Science and Technology*, 41, 376-384.

- ✚ **Jiao S., and Hu X. (2000).** Effect of micropore size distribution induced heterogeneity on binary adsorption kinetics of hydrocarbons in activated carbon. *Chemical engineering science*, 55(9), 1533-1544.
- ✚ **Kalt W., McDonald J. E. and Donner H. (2000).** Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blue-berry products. *Journal of Food Science*, 65, 390–393.
- ✚ **Ksouri R., Fellah H. and Abdely C. (2006).** Contenu en polyphénols et activité anti oxydantes d'une halophyte, *Tamarix gallica* L. Actes du séminaire international « les plantes parfums, Aromatique et Médicinales ». p, 307-310
- ✚ **Kuçuk M., Kolayli S., Karaoglu S., Ulusoy E., Baltaci C. and Candan F. (2007).** Biological activities and chemical composition of three honey of different types from Anatolia. *Food chemistry*, 100, 526-534.
- ✚ **Labo A.P., Garcia Y.D., Sanchez J.M., Madrera R.R. and Valles B.S. (2009).** Phenolic and antioxidant composition of cider. *Journal of food composition and analysis*, 22,644-648.
- ✚ **Lapornik B., Prošek M. and Wondra A.G. (2005).** Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71, 214–222.
- ✚ **Lareault L. (2006).** Fraisières Remontants- Tableau comparatif .Disponible à [http://www.lareault.com/fraisières\\_remontants.html](http://www.lareault.com/fraisières_remontants.html) (page consultée le 23 janvier 2013).
- ✚ **Latrasse A. (1986).** Les petits fruits et leur valorisation industrielle. p, 66-69.
- ✚ **Legave J.M. and Richard J.C. (2006).** 'Inheritance of Floral Abortion in Progenies of 'Stark Early Orange' Apricot', Proceedings 12th ISHS, Apricot Culture, p. 127 - 130.
- ✚ **Li C. C. and Lin E. S. (2010).** Antiradical capacity and reducing power of different extraction method of *Areca catechu* seed. *African Journal of Biotechnology*, 9(46), 7831-7836.
- ✚ **Li H., Wang X., Li Y., Li P. and Wang H. (2009).** Polyphenolic compound and antioxidant properties of selected china wines. *Food chemistry*, 112, 454-460.
- ✚ **Lien E. J., Ren S., Bui H. H. and Wang R. (1999).** Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(3), 285-294.
- ✚ **Liyana-Pathirana C. M., Shahidi F. and Alasalvar C. (2006).** Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chemistry*, 99(1), 121 – 128.
- ✚ **Louws F. J. and Dale A. (1994).** La culture des mûres et des framboises noires et pourpres. *Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. Fiche technique. AGDEX*, 234(20), 5.
- ✚ **Macheix J. J., Fleuriet A. et Billot J. (1990).** Boca Raton, FL, CRC Press.

- ✚ **Malien C.A. and Amiot-Carlin M.J. (1999).** Pigment phénolique-structure, stabilité, marché des colorants naturel et effets sur la santé. In : les polyphénols en agroalimentaire. *Science et Techniques Agroalimentaires*, p. 297-318.
- ✚ **Mangels A.R., Holden J.M., Beecher G.R., Forman M.R. and E. Lanza. (1993).** 'Carotenoid Content of Fruits and Vegetables: an Evaluation of Analytic Data', *Journal of American Dietetic Association*, 93, p. 284 – 296.
- ✚ **Marc F., Davin A., Deglene-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud, M. and Fritsch, P. (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *M/S: Médecine sciences*, 20(4), 458-463.
- ✚ **Marie-Victorin, F. (2001).** Flore Laurentienne, 3e éd. (mise à jour et annotée par L. Brouillet et I. Goulet). *Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal*. p. 1093.
- ✚ **Marinova D., Ribarova F. and Atanassova M. (2005).** Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruit and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40 (3), 255-260.
- ✚ **Mau J. L., Tsai S. Y., Tseng Y. H. and Huang S. J. (2005).** Antioxidant properties of hot water extracts from « Ganoderma tsugae » Murrill. *LWT-Food science and Technology*, 38(6), 589-597.
- ✚ **Mc Donald S., Prenzler P.D., Antolovich M. and Robards K. (2001).** Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry*, 73, 73-84.
- ✚ **Mehinagic E., Bourles E. and Jourjon F. (2011).** Composés des fruits d'intérêt nutritionnel: impact des procédés de transformation sur les polyphénols. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture et Horticulture*, 43(6), 364.
- ✚ **Ministère de l'agriculture et du Développement Rurale. (2008).** Données de la filière figuicole.
- ✚ **Mohtadji-lamballais C. (1989).** Les aliments. Edition MALOINE. p, 143.
- ✚ **Molyneux P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science Technology*, 26 (2), 211-219.
- ✚ **Moore J.N. and Skirvin R.M. (1990).** Blackberry Management. p. 214-220. In: Small fruit crop management. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- ✚ **Moridani M. Y., Pourahmad J., Bui H., Siraki A. et O'brien P. (2003).** Dietary flavonoid iron complexes as cytoprotective superoxide radical scavengers. *Journal of Free Radical Biology and Medicine*, 34 (2), 243-253.

- ✚ **Moure A., Cruz J. M., Franco D., Domínguez J. M., Sineiro J., Domínguez H., ... and Parajó J. C. (2001).** Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72(2), 145-171.
- ✚ **Multon J. (1992).** Les fonctions des sucres et leurs produits de substitution. Edition Lavoisier. p. 7.
- ✚ **Nicoli M., Anese M. and Parpinel M. (1999).** Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 94–100.
- ✚ **Nijveldt R. J., Nood E., Hoorn D., Boelens P., Norren K. and Leeuwen P. (2001).** Flavonoids: a review of probable action and potential applications. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74, 418-425.
- ✚ **Niki E., Kawakami A., Saito M., Yamamoto Y., Tsuchiya J. and Kamiya Y. (1985).** Effect of Phytyl Side Chain of Vitamin E on Its Antioxidant Activity. *The Journal of Biological Chemistry*, 260 (4), 2191-2196.
- ✚ **Nishino H., Murakoshi M., Tokuda H. and Satomi Y. (2009).** Cancer prevention by carotenoids. *Archive of Biochemistry and Biophysics*, 483, 165-168.
- ✚ **Nutrient Data Laboratory. (2010).** « USDA Database for Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, release 2 », *Nutrient Data*.
- ✚ **Ochoa M. R., Kessler G. A., Vullioud B. M. and Lozano J. E. (1999).** Physical and chemical characteristics of raspberry pulpstorage effect on composition and colour. *Food Science and Technology*, 32, 149 – 154.
- ✚ **Oukabli A. (2003).** Le Figuier : un patrimoine génétique diversifié à exploiter. INRA, *Transfert de technologie en agriculture*, 106, 1114-0852.
- ✚ **Özkan G., Kuleaoan H., Çelik S., Göktürk R.S. and Ünal O. (2007).** Screening of Turkish endemic *Teucrium montbretii* subsp. *Pamphylicum* extracts for antioxidant and antibacterial activities. *Food control*, 18, 509-512.
- ✚ **Papas A. M. (1998).** Vitamin E : Tocopherols and Tocotrienols. In : « Antioxidant Status, Diet, Nutrition, and Health » Ed. CRC Press. p. 189-210.
- ✚ **Patras A., Brunton N. P., Tiwari B. K. and Butler F. (2009).** Stability and degradation kinetics of bioactive compound and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1245-1252.
- ✚ **Pelli K., and Lyly M. (2003).** Les antioxydants dans l'alimentation. *Institut national de la recherche agronomique*.
- ✚ **Piga A., Caro D. A. and Agabbio M. (2003).** Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruit. *Food Science & Technology*, 36, 257 – 262.

- ✚ **Piga A., Del C. A. and Corda G. (2003).** From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3675 – 81.
- ✚ **Pincemail J. and Defraigne J-O. (2004).** Les antioxydants : Un vaste réseau de défenses pour lutter contre les effets toxiques de l’oxygène. Symposium « Antioxydants et alimentation ». Institut Danone: 1-2. maladies cardiovasculaires.
- ✚ **Plessi M., Bertelli D. and Albasini A. (2007).** Distribution of metals and phenolic compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. *Food chemistry*, 100, 419–427.
- ✚ **Pokorny J., Yanishlieva N. and Gordon M. (2001).** Antioxidants in food. Ed. Woodhead Publishing CRC Press. p. 168, 236.
- ✚ **Ramalakshmi K., Rahath K. L. and Jagan M. R L. (2008).** Antioxydant potential of low-grade coffee beans. *Food Research International*, 41(1), 96-103.
- ✚ **Ramos S. (2007).** Effect of dietary flavonoids on apoptotic pathway related to cancer chemoprevention. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18, 427-442.
- ✚ **Raoulte M. (1987).** Transformation des fruits : jus, confiture, fruits sec. P : 57-75.
- ✚ **Rega B., Guichard E. and Voilley A. (2002).** Flavour release from pectin gels: effects of texture, molecular interactions and aroma compounds diffusion. *Sciences des aliments*, 22(3), 235-248.
- ✚ **Risser G. and Navatel J.C. (1997).** La fraise : plants et variétés, éditions CTIFL.
- ✚ **Rodov V., Vinokur Y. and Horev B. (2012).** Brief postharvest exposure to pulsed light stimulates coloration and anthocyanin accumulation in fig fruit (*Ficus carica* L.), *Postharvest Biology and Technology*, 68, 43-46.
- ✚ **Rodriguez-Amaya. (2001).** A guide to carotenoid analysis in foods. *International Life Sciences Institute Press*. 1-71.
- ✚ **Rousseau H. and D. Bergeron. (2003).** Native Plant Development Program. *Acta Horticulturae*.
- ✚ **Rousseau, H., & Bergeron, D. (2002).** Native plant development program. In *XXVI International Horticultural Congress: Berry Crop Breeding, Production and Utilization for a New Century 626*, p. 375-380.
- ✚ **Ruiz D. and Egea J. (2005).** ‘Characterization and Quantitation of Phenolic Compounds in New Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Varieties’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (24), p. 44 -52

- ✚ **Sacan O. and Yanardag R. (2010).** Activité d'antioxydant d'antiacetylcholineesterase de cardon (beta ciclavugaris de variétés de L. *Toxicologie de nourriture de produit chimique*, 48, 1275-1280.
- ✚ **Scalbert A. and Williams G. (2000).** Dietary intake and bioavailability of polyphenols. Chocolate: modern science investigates an ancient medicine. *Journal of Nutrition*, 130(8S), 2073S – 2085S.
- ✚ **Siriwoharn T., Wrolstade R.E., Finn C.E. and Pereira C.B. (2004).** Influence of Cultivar, Maturity, and Sampling on Blachberry (Rubus L. Hybrids) Anthocyanins, Polyphenolics, and antioxidant Properties. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 52, 8030.
- ✚ **Slusarczyk S., Hadjnos M., Skalicka-Wozniaak K. and Matkowski A. (2009).** Antioxidant activity of polyphenols from lycopuslucidus turcz. *Food chemistry*, 113, 134-138.
- ✚ **Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Altman A., Kerem Z. and 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, 20, 7717-7723.
- ✚ **Sophie A. and Sabulard. (2012).** Confiture inratable: Des recettes gourmandes et vraiment faciles. Edition Leduc.s. p, 11.
- ✚ **Strik B.C., Finn C.E., Clark J.R. and Pilar Bañados M. (2008).** Production mondiale de mûres. *Acta Hort.* 777, 209-218.
- ✚ **Suutarinen J., Honkapää K., Heiniö R.-L., Autio A., Mustranta S., Karppinen S., et al. (2002).** Effects of calcium chloride-based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *Journal of Food Science*, 67(2), 884 – 893.
- ✚ **Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). (1990).** Conservation des fruits à petite échelle. In conservation par le sucre. *Dossier technique n° 14.* Genève (Suisse).
- ✚ **Toussaint-Samat, M. (1987).** Histoire naturelle et morale de la nourriture. Paris: Bordas.
- ✚ **Tsao R., Khanizadeh, S. and Dale, A. (2006).** Designer fruits and vegetables with enriched phytochemicals for human health. *Canadian journal of plant science*, 86(3), 773-786.
- ✚ **Vaquero R.M.J., Alberto M.R. and Manca de Nadra M.C. (2007).** Antibacterial effect of phenolic compound from different wines. *Food control*, 18, 93-101.
- ✚ **Veberic R., Colaric M. and Stampar F. (2008).** Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (Ficus carica L.) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106, 153- 157.
- ✚ **Vermerris W. and Nicholson R. (2006).** Phenolic compound chemistry: Families of Phenolic Compound and Means of Classification. *The Netherlands.* p, 267.

- ✚ **Verriès C. (2011).** Influence du stress hydrique sur l'accumulation des flavonoïdes, Copenhague, CNISF Section Danoise.
- ✚ **Vierling E. (2008).** Aliments et boisson : filières et produits 3<sup>ème</sup> édition. P236.
- ✚ **Viguera G., Zafrilla C. and Barberan T. (1999).** Influence of processing and storage conditions in strawberry jam color. *Food Science and Technology International*, 6, 487–492.
- ✚ **Villano D., Fernandez-P. M.S. Moya M.L., Troncoso A.M. and Garcia-Parrilla M.C. (2006).** Radical scavenging ability of polyphenolics compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71, 230-235.
- ✚ **Vinson J.A. (1999).** The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, 44, 2, 82-87 49-Visioli et Galli.
- ✚ **Visioli F. and Galli C. (1998).** Olive oil phenols and their potential effects on human health. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 4292-4296.
- ✚ **Walingo M. (2005).** Role of vitamin C (ascorbic acid) on human health. *African Journal of Food Agriculture and Nutritional Development*, 5, 11-14.
- ✚ **Wicklund T., Rosenfeld H. J., Martinsen B. K., Sundfør M. W., Lea P., Bruun T., Blomhoff R. and Haffner K. (2005).** Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *Food Science and Technology*, 38 (4), 387 – 391.
- ✚ **Willcox J. K., Catignani G. L. and Lazarus S. (2003).** Tomatoes and cardiovascular health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 43, 1-18.
- ✚ **Williamson G., Poquet L. and Clifford M.N. (2010).** Bioavailability of Flavonols and Phenolic Acids. In: Fraga C.G., « Plant Phenolics and Human Health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology », 978-0-470-28721-7.p, 51-53.
- ✚ **Xu J., Tao N., Liu Q. and Deng X. (2006).** Presence of diverse ratios of lycopene/ b-carotene in five pink or red-fleshed citrus cultivars. *Scientia Horticulturae*, 108, 181–184.
- ✚ **Yanishlieva N., Pokorný J. and Gordon M. (2001).** *Antioxidants in food: practical applications*. CRC Press.
- ✚ **Youdim K. A. and Joseph J. A. A. (2001).** possible emerging role of phytochemicals in improving age-related neurological dysfunctions: a multiplicity of effects. *Free Radic. Biol Med* 30(6), 583-594. 3-15.
- ✚ **Yousfi H. Tahiri.H. El Amrani A. and Sarghini C. H. (2007).** Etude de l'effet antioxydant des anthocyanes de l'olive, du raisin rouge, du chou rouge et le la fraise. *Congrès international de biochimie*, 9-12.
- ✚ **Zheng L., Qiuhong P., Xiangyun C. and Changqing D. (2010).** Optimization on Anthocyanins Extraction from Wine Grape Skins Using Orthogonal Test Design, *Food Science. Biotechnoogie*, 19(4), 1047-1053.



- ✚ **Zohary D., Hopf M. and Weiss E. (2012).** Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. OUP Oxford.

### **Autres références**

**Anonyme 1 : Santé Canada. (2010).** Fichier canadien sur les éléments nutritifs. [Consulté le 3 janvier 2013]. <http://www.santecanada.gc.ca/fcenenligne>.

**Anonyme 2 : Union des industries chimiques (UCI)** la chimie des confitures.  
[www.extpdf.com/2-2-chimie-pdf.html](http://www.extpdf.com/2-2-chimie-pdf.html)

# Annexes

## **Annexe 1 : matériel et réactifs utilisés**

### **Matériels utilisés**

- Bain marie (MAMMERT).
- Balance de précision (BP 310 P).
- Centrifugeuse (NUVE).
- Etuve (MEMMERT, 40 °c).
- Etuve (BINDER).
- Barreaux magnétiques (PHYWE).
- Spectrophotomètre UV-VIS (SHIMADZU, 1240 MINI).

### **Réactifs utilisés**

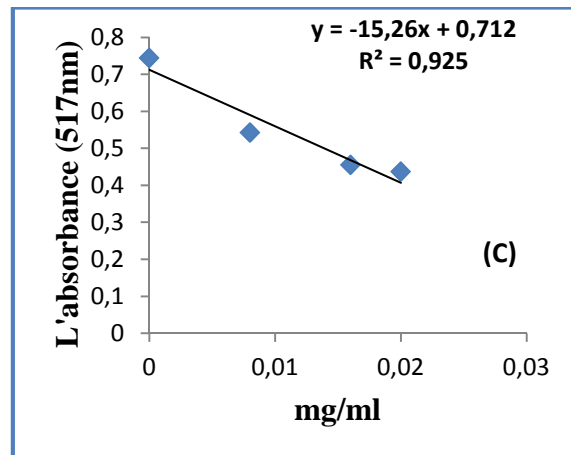
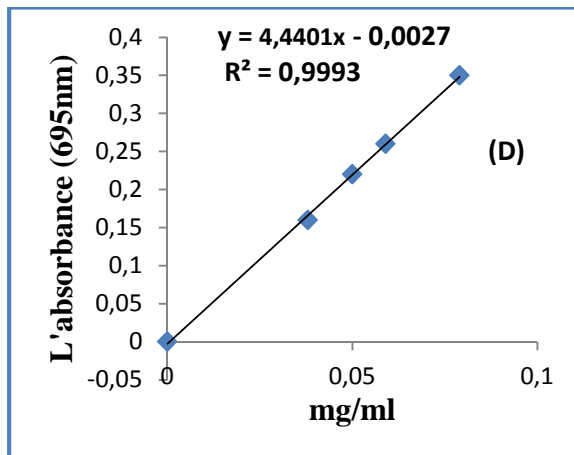
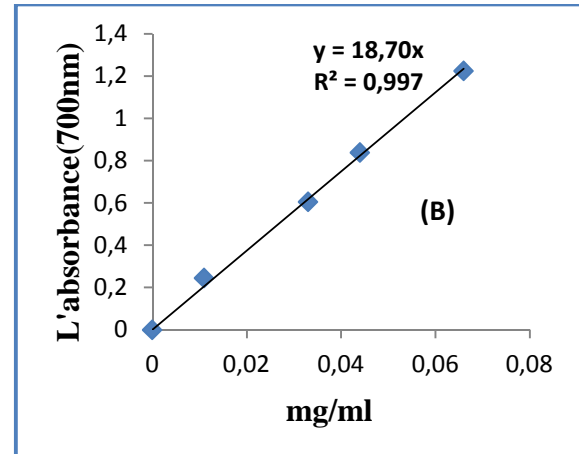
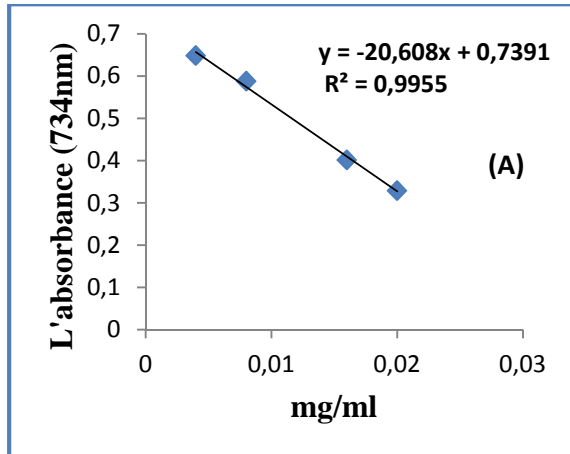
- Ammonium heptamolybdate (biochem, chemopharma).
- Carbonate de sodium,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (biochem, chemopharma).
- Chlorure d'aluminium.
- Molybdate de sodium dihydrate ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , FW).
- Acétate de sodium.
- Butanol – HCL.
- Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Phosphate disodique.
- Chlorure ferrique,  $\text{FeCl}_3$  (PROLABO).
- DPPH (PROLABO).
- Ferrocyanure de potassium,  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ .
- Folin ciocalteu (PROLABO).
- Le solvant d'extraction éthanol 50 % (PROLABO).
- Solution ABTS.
- Potassium persulfate.
- Standards utilisés : Acide gallique, Acide ascorbique, Quercétine, Catéchine et Trolox.

## Annexe 2 : matrice de corrélation

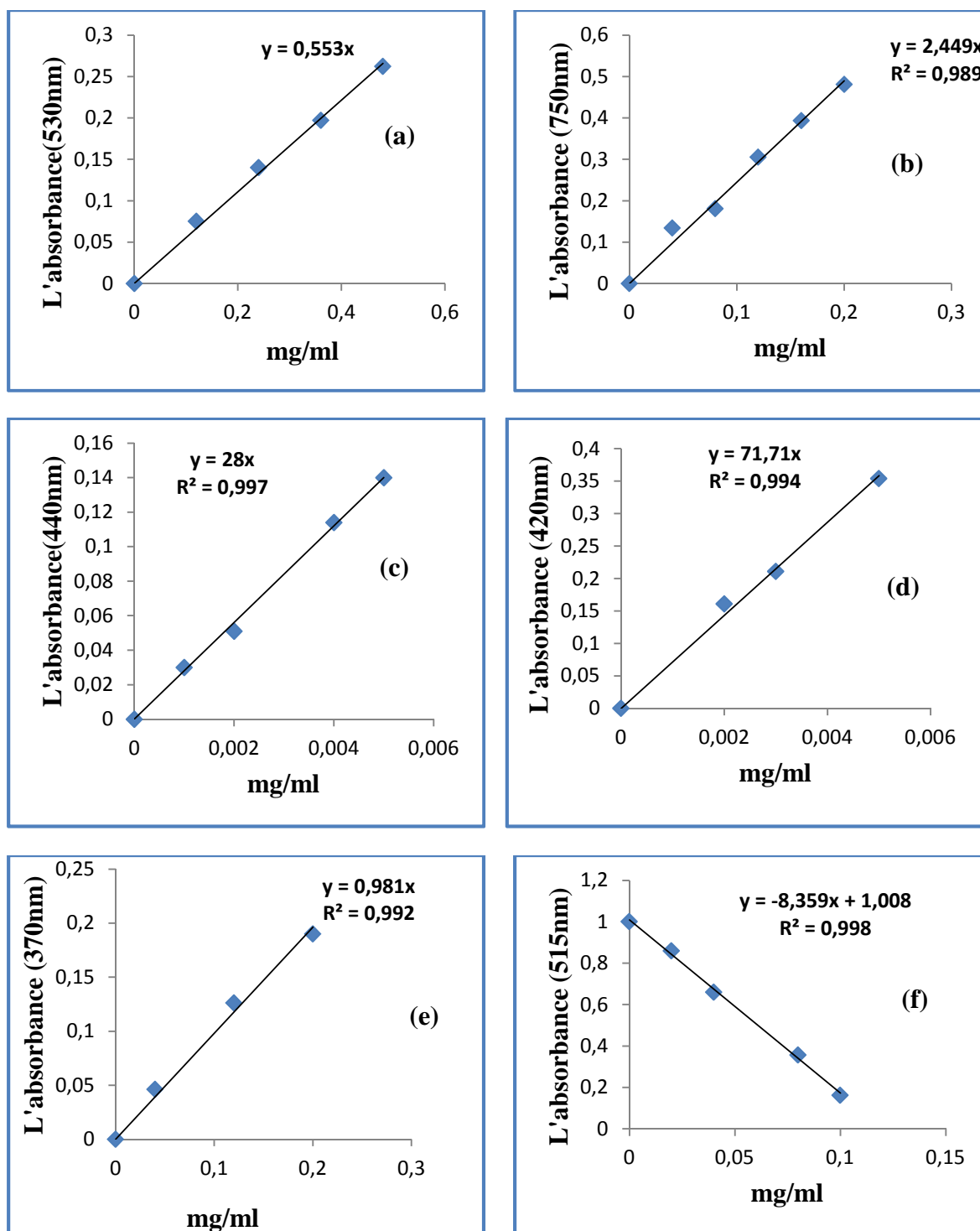
Corrélations (new.sta)										
STAT. ELEMENT.	Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$ N=16 (Suppression des observ. à VM)									
Variable	PROANT HO	DPPH	ABTS	VIT_C	POUVOIR R	COMPOSÉ É	FLAVON OL	FLAVON OI	ORTHO	PHOSPHO O
PROANTHO	1,00	-,01	,06	,01	,13	-,07	-,13	,21	,04	,57
DPPH	-,01	1,00	-,15	,26	,83	,94	,29	,46	,87	-,56
ABTS	,06	-,15	1,00	,14	-,25	-,04	,35	,09	,24	-,06
VIT_C	,01	,26	,14	1,00	,08	,19	,17	,09	,07	-,03
POUVOIR	,13	,83	-,25	,08	1,00	,90	,24	,35	,66	-,44
COMPOSÉ	-,07	,94	-,04	,19	,90	1,00	,48	,53	,86	-,55
FLAVONOL	-,13	,29	,35	,17	,24	,48	1,00	,80	,47	,10
FLAVONOI	,21	,46	,09	,09	,35	,53	,80	1,00	,54	,18
ORTHO	,04	,87	,24	,07	,66	,86	,47	,54	1,00	-,48
PHOSPHO	,57	-,56	-,06	-,03	-,44	-,55	,10	,18	-,48	1,00

Corrélations (new.sta)										
Suite...	Corrélations significatives marquées à $p < ,01000$ N=16 (Suppression des observ. à VM)									
Variable	PROANT HO	DPPH	ABTS	VIT_C	POUVOIR R	COMPOSÉ É	FLAVON OL	FLAVON OI	ORTHO	PHOSPHO O
PROANTHO	1,00	-,01	,06	,01	,13	-,07	-,13	,21	,04	,57
DPPH	-,01	1,00	-,15	,26	,83	,94	,29	,46	,87	-,56
ABTS	,06	-,15	1,00	,14	-,25	-,04	,35	,09	,24	-,06
VIT_C	,01	,26	,14	1,00	,08	,19	,17	,09	,07	-,03
POUVOIR	,13	,83	-,25	,08	1,00	,90	,24	,35	,66	-,44
COMPOSÉ	-,07	,94	-,04	,19	,90	1,00	,48	,53	,86	-,55
FLAVONOL	-,13	,29	,35	,17	,24	,48	1,00	,80	,47	,10
FLAVONOI	,21	,46	,09	,09	,35	,53	,80	1,00	,54	,18
ORTHO	,04	,87	,24	,07	,66	,86	,47	,54	1,00	-,48
PHOSPHO	,57	-,56	-,06	-,03	-,44	-,55	,10	,18	-,48	1,00

Corrélations (new.sta)										
Suite...	Corrélations significatives marquées à $p < ,00100$ N=16 (Suppression des observ. à VM)									
Variable	PROANT HO	DPPH	ABTS	VIT_C	POUVOIR R	COMPOSÉ É	FLAVON OL	FLAVON OI	ORTHO	PHOSPHO O
PROANTHO	1,00	-,01	,06	,01	,13	-,07	-,13	,21	,04	,57
DPPH	-,01	1,00	-,15	,26	,83	,94	,29	,46	,87	-,56
ABTS	,06	-,15	1,00	,14	-,25	-,04	,35	,09	,24	-,06
VIT_C	,01	,26	,14	1,00	,08	,19	,17	,09	,07	-,03
POUVOIR	,13	,83	-,25	,08	1,00	,90	,24	,35	,66	-,44
COMPOSÉ	-,07	,94	-,04	,19	,90	1,00	,48	,53	,86	-,55
FLAVONOL	-,13	,29	,35	,17	,24	,48	1,00	,80	,47	,10
FLAVONOI	,21	,46	,09	,09	,35	,53	,80	1,00	,54	,18
ORTHO	,04	,87	,24	,07	,66	,86	,47	,54	1,00	-,48
PHOSPHO	,57	-,56	-,06	-,03	-,44	-,55	,10	,18	-,48	1,00

**Annexe 3 : courbes d'étalonnages**

**Annexe 3 : courbes d'étalonnage d'ABTS (A), de pouvoir réducteur (B), de DPPH (C) et de phosphomolybdate (D).**



**Annexe 3** : courbes d'étalonnages de Proanthocyanidines (a), phénols totaux (b), Flavonols (c), Flavonoïdes (d), Ortho-diphénols (e), Vit C (f).

## **Résumé**

Le monde moderne a pris conscience sur l'importance des produits naturels tels que les fruits et leurs dérivés, les confitures qui font partie de ces derniers sont des produits connus pour leurs excellent apport énergétique et leurs effets bénéfiques vis-à-vis de la santé. Cette étude a pour but l'estimation des taux des principaux antioxydants (composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, ortho-diphénols, pro-anthocyanidines et vitamine C) des variétés différentes de confitures : confitures de mûres, de figues, d'abricots et de fraises. En plus, l'évaluation de l'activité antioxydante par la mesure du pouvoir réducteur par la réduction de  $\text{FeCl}_3$  et du molybdate ainsi que la mesure de l'activité anti-radicalaire via la neutralisation du DPPH et ABTS a été déterminée. Les teneurs des différentes variétés de confitures sont incluses entre 48,13 et 193,59 mg EAG/100 g pour les composés phénoliques totaux ; 0,96 et 2,48 mg EQ /100 g pour les flavonoïdes ; 0,15 et 2,50 mg EQ /100 g pour les flavonols ; 60 et 152,28 mg EAG/100 g pour les ortho-diphénols ; 1,55 à 6,08 g EC/100 g pour les pro-anthocyanidines et 232,09 et 571,84 mg/100 g pour la Vit C. Les résultats obtenus indiquent que la variété de confitures FR2 (Sabri) et M2 (Tunas) ont les concentrations la plus élevées en polyphénols, flavonoïdes et orthodiphénols. En plus elles ont l'activité au DPPH, ABTS et pouvoir réducteur les plus élevés.

Le taux le plus important en acide ascorbique (Vit C) est attribué aux confitures FR1 (Sicam) et M1 (Eva), par conséquent ont l'activité au phosphomolybdate la plus importante.

En outre, il existe une corrélation très hautement significative entre les composés phénoliques des variétés de confitures et leur pouvoir réducteur et l'activité anti radicalaire en utilisant le DPPH avec des coefficients de 0,90 et 0,94, respectivement. Ainsi entre deux méthodes de mesure de l'activité antioxydante, l'activité anti radicalaire contre le DPPH et le pouvoir réducteur avec un coefficient de corrélation de 0,83. D'autres corrélations hautement significatives sont aussi enregistrées entre les phénols totaux et les ortho-diphénols et entre les flavonoïdes et les flavonols avec des coefficients de 0,86 et 0,80, respectivement.

**Mots clés :** dérivés des fruits, confitures, antioxydants & activités antioxydantes.

## **Abstract**

The modern world has realized the importance of natural products such as fruit products, jams that are part of the latter are known for their excellent energy supply products and their beneficial effects to the health . This study aims to estimate rates of antioxidants (total phenolics, flavonoids, flavonols, ortho-diphenols, proanthocyanidins and vitamin C) for different varieties of jams; blackberries, figs, apricots and strawberries. In addition to the evaluation of the antioxidant activity by measuring the reducing power by reducing  $\text{FeCl}_3$  and molybdate and the extent of the anti-radical activity via the neutralization of DPPH and ABTS. The contents of the various selections from jams are included between 48.13 and 193.59 mg g EAG/100 for phenolic compounds, 0.96 and 2.48 mg EQ / 100 g flavonoids, 0.15 and 2.50 EQ mg / 100 g for flavonols, 60 and 152.28 mg g EAG/100 for ortho-diphenols, 1.55 to 6.08 g EC/100 for proanthocyanidins and 232.09 and 571.84 mg/100 g for Vit C. the results indicate that the variety of jams FR2 (Sabri) and M2 (Tunas) have the highest concentrations of polyphenols, flavonoids and orthodiphenols and they Have more activity in the DPPH, ABTS and higher reducing power. The higher rate of ascorbic acid (Vit C) is attributed to jam FR1 (Sicam) and M1 (Eva), by consequence they have largest activity in the phosphomolybdate. In addition, there is a very highly significant correlation between phenolic compounds varieties of jams and reducing power and anti-radical activity using the DPPH with coefficients of 0.90 and 0.94, respectively. Thus between two methods of measuring antioxidant activity, antiagainst DPPH radical and reducing power with a correlation coefficient of 0.83 activity. Other highly significant correlations were also found between phenolic compounds and ortho-diphenols and between flavonoids and flavonols with coefficients of 0.86 and 0.80, respectively.

**Key words:** derived from fruits, jams, antioxidants & antioxidant activities.