

**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 des Sciences Alimentaires**

## **Mémoire de Fin de Cycle**

**En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat**

**En Sciences Alimentaires**

### *Thème*

*Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux et l'activité antioxydante de deux espèces de courge (Cucurbita pepo et Cucurbita moschata)*

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : HAMMOUCHE NASSIMA**

**M<sup>elle</sup> : BENOUADFEL FATIMA**

**Membres du Jury:**

**Présidente : M<sup>me</sup> MAOUCHE N.**

**Examinatrice : M<sup>elle</sup> ACHAT S.**

**Examinatrice : M<sup>elle</sup> MEKHOUKHE**

**Promotrice : M<sup>elle</sup> MINDJOU S.**

**Promotion : 2011-2012**



# Remerciements

Louanges à dieu pour nous avoir prêté vie et donné la force pour réaliser ce travail.

Notre gratitude et reconnaissance vont spécialement à notre promotrice M<sup>elle</sup> MINDJOU S pour son suivi et ses précieux conseils.

Nous remercions aussi M<sup>ME</sup> MAAOUCHE N, d'avoir accepté de présider le jury, et M<sup>elle</sup> ACHAT S et M<sup>elle</sup> MEKHOUKHE A, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre gratitude va également à M<sup>ME</sup> BELKHIRI W, M<sup>elle</sup> AKLIL N responsable du labo et à toute l'équipe du laboratoire pour l'aide qu'ils nous ont apporté.

Nous remercions aussi toutes les personnes si nombreuses qui nous ont aidés de près ou de loin pour achever ce travail et l'ensemble des enseignants qui nous ont suivi tout au long du cursus.

NASSIMA et FATIMA.



# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ✓ A mes très chers parents, pour leurs sacrifices, leurs encouragements et leur soutien, eux qui mon guidés durant toutes mes années d'étude vers le chemin de la réussite «PAPA, MAMAN merci pour tout ».
- ✓ A mon fiancé ABDEZZINE qui a toujours été là pour me soutenir et m'encourager et que dieu le garde pour moi ainsi que toute sa famille.
- ✓ A mon unique frère DJELLOUL.
- ✓ A mes sœurs chéries KATIA, SONIA & KHOUKHA ainsi que son adorable fils MAKHLOUF.
- ✓ A mon grand père et ma grand-mère.
- ✓ A toute la famille HAMMOCHE sans oublier quelqu'un.
- ✓ A toutes mes copines de chambre le long de mon cursus universitaire  
(Lynda, Timouch, Sabah...)
- ✓ A tous mes amis (es) : Lynda, Sousou, Amina, Fahima, Samra,...
- ✓ A ma copine et camarade FATIMA ainsi que toute sa famille.
- ✓ A toute la promo SA 2012.
- ✓ A tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail.

A vous tous.

**NASSIMA**

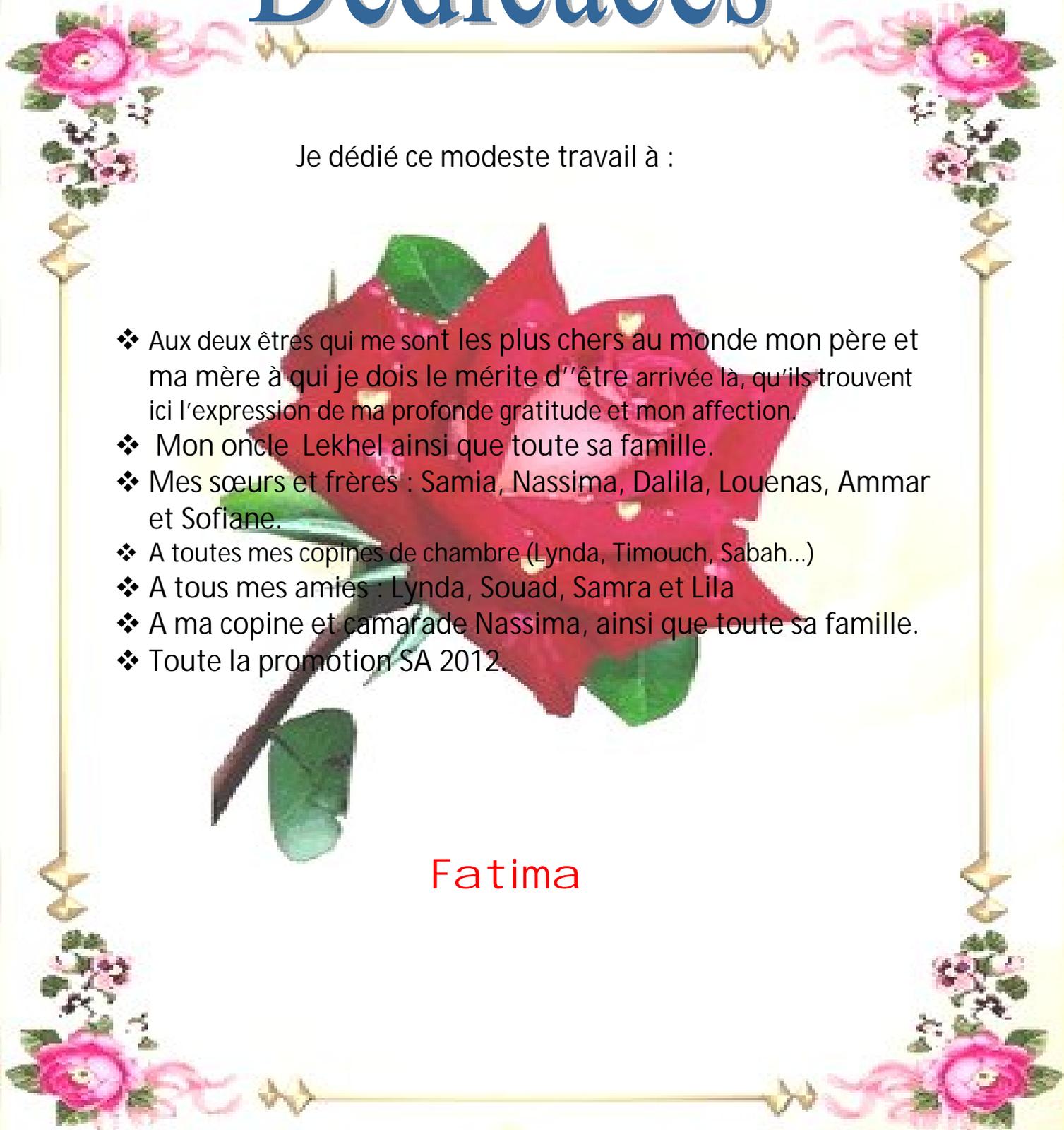


# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde mon père et ma mère à qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection.
- ❖ Mon oncle Lekhel ainsi que toute sa famille.
- ❖ Mes sœurs et frères : Samia, Nassima, Dalila, Louenas, Ammar et Sofiane.
- ❖ A toutes mes copines de chambre (Lynda, Timouch, Sabah...)
- ❖ A tous mes amis : Lynda, Souad, Samra et Lila
- ❖ A ma copine et camarade Nassima, ainsi que toute sa famille.
- ❖ Toute la promotion SA 2012.

Fatima



## Liste des abréviations

**AA** : Acide ascorbique ;

**Abs**: Absorbance ;

**ADN** : Acide désoxyribonucléique ;

**ANOVA** : Analyse de la variance à un facteur ;

**DPPH** : 2-2-diphényl 1-picryl-hydrazy ;

**EAA** : Equivalent Acide ascorbique ;

**EAP** : Equivalent acide phytique ;

**EAG** : Equivalent Acide Gallique ;

**EBC** : Equivalent  $\beta$ -carotène ;

**EAT**: Equivalent acide tannique ;

**EC** : Equivalent catéchine ;

**EQ**: Equivalent quercitine;

**FRAP**: ferric reducing antioxidant power;

**GC-MS**: Gaz Chromatography-Mass Spectrometry (Chromatographie en phase gazeuse);

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

**HPLC**: High-Performance Liquid Chromatography (chromatographie liquide à haute performance);

**Kcal** : Kilocalorie ;

**LSD** : Lest Significant Difference;

**MF**: Matière fraîche ;

**RP-HPLC**: Reverse Phase-High Performance Liquid Chromatography;

**TCA** : Acide trichloracétique.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Les parties de la courge	4
<b>Figure 2</b> : Structures chimiques de quelques caroténoïdes identifiées chez <i>Cucurbita pepo</i> et <i>Cucurbita moschata</i> de la courge récoltées en Autriche	12
<b>Figure 3</b> Structures des acides hydroxybenzoïques identifiés dans l'écorce de <i>Cucurbita pepo</i>	14
<b>Figure 4</b> : Structures des acides hydroxycinamiques, identifiés chez <i>Cucurbita pepo</i>	15
<b>Figure 5</b> : Structures chimiques des flavonoïdes identifiées dans la chair de <i>Cucurbita maxima</i>	17
<b>Figure 6</b> : Structure de la vitamine C identifiée dans la courge	19
<b>Figure 7</b> : Structure chimique de l'acide phytique identifiée dans les graines de <i>Telfairia occidentalis</i> de la courge	20
<b>Figure 8</b> : Structure chimique de $\alpha$ - tocophérol	21
<b>Figure 9</b> : Photos des deux variétés de courge	22
<b>Figure 10</b> : Une coupe longitudinale des deux variétés	23
<b>Figure 11</b> : Taux humidité de deux variétés de courge	27
<b>Figure 12</b> : Teneur en caroténoïdes totaux	28
<b>Figure 13</b> : Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux à partir de la variété Temdewarth	29
<b>Figure 14</b> : Teneur en polyphénols totaux	30
<b>Figure 15</b> : Teneur en flavonoïdes	31
<b>Figure 16</b> : Teneur en tannins condensés (proanthocyanidines)	32
<b>Figure 17</b> : Pouvoir réducteur	33
<b>Figure 18</b> : Corrélation entre le pouvoir réducteur et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c)	34
<b>Figure 19</b> : Activité antiradicalaire (DPPH)	35
<b>Figure 20</b> : Corrélation entre l'activité antiradicalaire (DPPH) et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c)	37
<b>Figure 21</b> : Chélation du fer ferreux	38
<b>Figure 22</b> : Corrélation entre chélation du fer ferreux et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c)	39

# *Introduction*

---

## **Figures en annexes**

### **Annexe I**

<b>Figure 1 :</b> Courbe d'étalonnage des caroténoïdes.	49
<b>Figure 2 :</b> Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.	49
<b>Figure 3 :</b> Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.	50
<b>Figure 4:</b> Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.	50

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I :</b> Les principales espèces et variétés de la courge	5
<b>Tableau II :</b> Les caractères distinctifs entre <i>Cucurbita pepo</i> et <i>Cucurbita moschata</i>	7
<b>Tableau III :</b> La composition de la courge pour 100g de matière fraîche	8
<b>Tableau IV :</b> Les caractéristiques des deux variétés de la courge	22

# Introduction

---

## Sommaire

Introduction.....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur la courge</b>	
1. Historique.....	3
2. Description.....	3
3. Classification.....	3
4. Valeur nutritionnelle.....	8
5. Utilisations.....	8
5.1. Sur le plan alimentaire.....	8
5.2. Sur le plan thérapeutique.....	9
5.3. Autres utilisations.....	9
<b>Chapitre II : Les antioxydants de la courge</b>	
1. Caroténoïdes.....	10
2. Composés phénoliques.....	13
2.1. Acides phénoliques.....	13
2.1.1. Acides hydroxybenzoïques.....	13
2.1.2. Acides hydroxycinnamiques.....	14
2.2. Flavonoïdes.....	16
2.3. Tannins.....	17
2.3.1. Tannins hydrolysables.....	18
2.3.2. Tannins condensés (proanthocyanidines).....	18
2.4. Vitamine C.....	19
3. Autres substances antioxydantes.....	20
3.1. Acide phytique.....	20
3.2. vitamine E (Tocophérol).....	21
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>1. Matériel et méthodes</b>	
1. Echantillonnage.....	22
2. Taux humidité.....	23
3. Dosage des caroténoïdes totaux.....	23
4. Optimisation et l'extraction des polyphénols totaux.....	23
4.1. Optimisation.....	23
4.2. Extraction.....	24

# *Introduction*

---

4.3. Dosage des polyphénols totaux.....	24
5. Dosage des composés phénoliques.....	24
5.1. Dosage des flavonoïdes.....	24
5.2. Dosage des tanins condensés (proanthocyanidines).....	24
6. Détermination de l'activité antioxydante .....	25
6.1. Pouvoir réducteur.....	25
6.2. Activité antiradicalaire sur le radical DPPH.....	25
6.3. Chélation du fer ferreux (test de la ferrozine).....	26
7. Etude statistique.....	26
<b>2. Résultats et discussion</b>	
1. Taux d'humidité.....	27
2. Caroténoïdes totaux.....	28
3. Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux .....	29
4. Les antioxydants de la courge.....	30
4.1. Polyphénols totaux .....	30
4.2. Les flavonoïdes.....	31
4.3. Tannins condensés (proanthocyanidines).....	32
5. Les activités antioxydantes.....	33
5.1. Pouvoir réducteur.....	33
5.2. Activité antiradicalaire (DPPH).....	35
5.3. Chélation du fer ferreux.....	37
Conclusion.....	40
Références bibliographiques.....	42
Annexes.....	49

# Introduction

# Introduction

---

Radicaux libres, stress oxydant, espèces réactives oxygénées sont devenus des termes de plus en plus familiers pour les professionnels de la santé. Le stress oxydant est potentiellement impliqué dans le développement de plusieurs pathologies telles que les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives, cancer, diabète, etc (Berger, 2006).

Une alimentation à base de fruits et légumes peut largement influencer l'action des radicaux libres sur notre organisme. Au cours de ces dernières années, les preuves s'accumulent pour affirmer qu'une augmentation de la consommation de ces derniers est un bon moyen de se protéger contre le stress oxydant. L'effet préventif de ces aliments est dû essentiellement à la présence des molécules antioxydantes dont les polyphénols, les caroténoïdes et certaines vitamines qui s'opposent aux effets négatifs de ces prooxydants (Berger, 2006).

Les recherches actuelles ont montré que la courge est une bonne source d'antioxydants naturels et efficaces tels que les polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes,...), vitamines et caroténoïdes, pouvant intervenir dans le bon maintien de la santé grâce à leurs propriétés anti-inflammatoires, anticancérigènes et antimutagènes (Marek *et al.*, 2008).

Le but de ce travail est d'optimiser l'extraction des polyphénols totaux par 10 solvants de nature et concentration différente à partir de la chair de deux variétés de la courge Temdewarth et Taankikth appartenant aux espèces *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* respectivement, suivi du dosage de quelques antioxydants et une évaluation de quelques activités antioxydantes.

Cette présente étude comprend deux parties principales:

- La première partie de cette étude est consacrée à une synthèse bibliographique comprenant une description de la courge, ses antioxydants et leurs propriétés.
- La deuxième partie est une étude expérimentale qui comprend :
  - ✓ Une optimisation et une extraction des polyphénols à partir de la chair de *Cucurbita pepo* en utilisant 10 solvants : acétone (90, 60, 30%), méthanol (90, 60, 30%), éthanol (90, 60, 30%) (v/v) et eau.

# *Introduction*

---

- ✓ Dosage de quelques antioxydants (caroténoïdes, polyphénols totaux, flavonoïdes et tannins condensés) à partir de la chair de deux variétés Temdewarth et Taankikth appartenant aux espèces *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* respectivement.
- ✓ Evaluation de quelques activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire (DPPH) et chélation du fer ferreux (test de la ferrozine).

# Partie théorique

# Chapitre I :

## Généralités sur la courge

## 1. Historique

Les courges sont toutes originaires d'Amérique, c'était à Cuba que Christophe Colomb les a découvert en 1492 dans les ruines d'anciennes habitations, tandis que Jacques Cartier les a trouvés dans des jardins des Iroquois en 1535, elles sont ensuite introduites en Europe au début de XXI<sup>ème</sup> siècle.

Les courges sont connues depuis plus de 10 000 ans, ces graines ont la faculté de préserver leur pouvoir germinatif, ce qui expliquerait leur dissémination sur toute la zone tropicale du globe.

En Europe, les courges (citrouille, potiron, etc.) ne connurent véritablement leur heure de gloire qu'au XIX<sup>ème</sup> siècle, quant à la courgette son apparition est remarquée après la guerre mondiale (Polese, 2006).

## 2. Description

Les courges appartiennent au genre *Cucurbita*, famille des Cucurbitacées, sont des plantes herbacées plus ou moins rampantes, annuelles ou pérennes, retrouvées dans les régions tempérées chaudes à tropicale.

Leur forme peut varier d'une variété à une autre au sein d'une même espèce. Les fleurs sont généralement unisexuées, souvent portées sur le même pied (espèces monoïques).

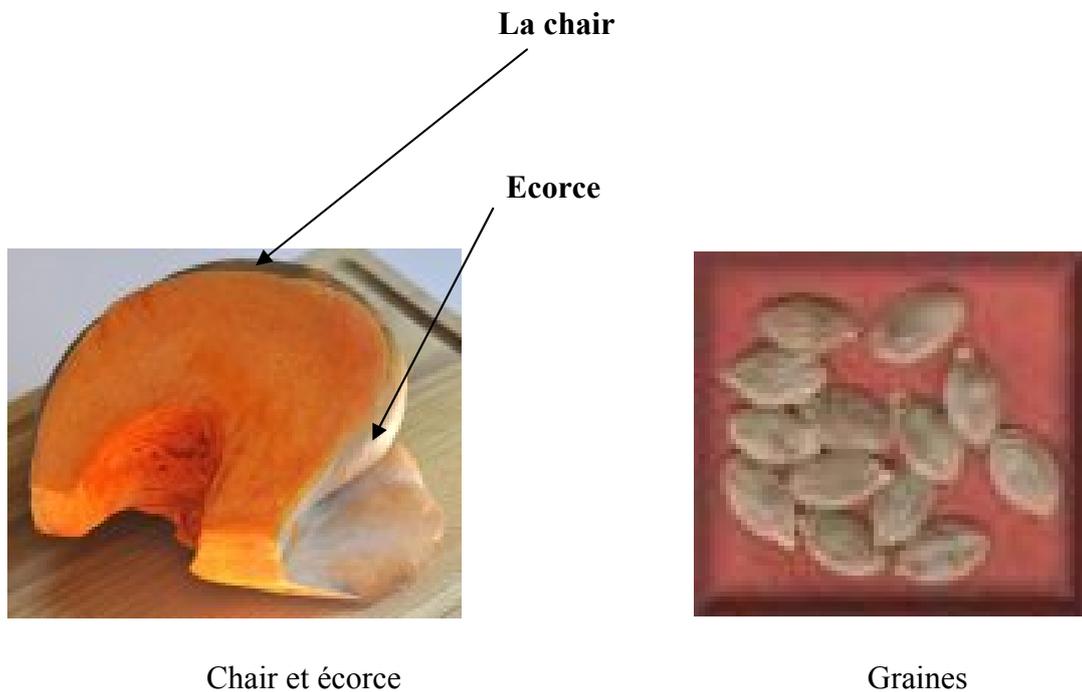
Le fruit est en général une baie, qui peut être protégé par une écorce dure, l'intérieur est charnu et comprend de nombreuses graines (Polese, 2006).

La courge est un fruit dicotylédone, sa couleur orange indique la richesse de la courge en pigments notamment le  $\beta$ -carotène (Caili *et al.*, 2006). La figure 1 illustre les différentes parties de la courge: chair, écorce (a) et graines (b).

## 3. Classification

La famille des Cucurbitacées est représentée par plusieurs genres, les plus importants sont : *Citrulus* (pastèque), *Cucumis* (concombre) et *Cucurbita* (courge) (Djanick et Harry, 2006; Goncalves *et al.*, 2007).

La courge renferme plusieurs espèces et variétés, elle est répartie en deux grandes catégories et cette classification repose sur la durée de conservation.



**Figure 1:** Les parties de la courge (Commission, 1994).

❖ **Les courges d'été**

Les courges d'été sont récoltées avant maturité, elles se conservent moins longtemps que les courges d'hiver (exemple: courgette).

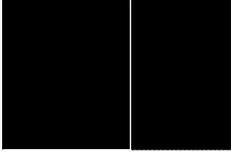
❖ **Les courges d'hiver**

Les courges d'hiver sont récoltées à maturité en automne avec une longue durée de conservation dans des locaux frais, ce qui leur permet une commercialisation jusqu'au printemps (exemples: citrouille, potiron, etc.) (Polese, 2006).

Il existe plusieurs espèces appartenant au genre *Cucurbita*: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita mixta* ou *argyrosperma*, *Cucurbita ficifolia* et *Telfairia occidentalis* Hook. (Caili *et al.*, 2006). Le tableau I représente les principales espèces et variétés de la courge.

**Tableau I:** Les principales espèces et variétés de la courge (Pahud *et al.*, 2006).

Espèces	Variétés	Images
<i>Cucurbita pepo</i>	Spaghetti	
	Pâtisson	
	Citrouille	
<i>Cucurbita moschata</i>	Butternut	
	Muscade de Provence	
<i>Cucurbita maxima</i>	Giraumon	
	Potimarron	
	Potiron	
<i>Cucurbita ficifolia</i>	Courge de Siam	

<i>Cucurbita mixta</i> ou <i>argyrosperma</i>	<b>Green striped cushaw</b>	
	<b>White Cushaw</b>	
<i>Telfairia occidentalis</i> <b>Hook.</b>	<i>Telfairia occidentalis</i> <b>Hook.</b>	

Dans le cadre de cette étude, deux variétés d'espèces différentes (*Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*) ont été choisies pour la réalisation de cette étude.

➤ ***Cucurbita pepo***

*Cucurbita pepo* est une espèce très répandue, elle comprend plusieurs variétés voir la citrouille, courgeron, courgette, courge spaghetti, pâtisson et le patidou. Le fruit est ovale, légèrement lobé et sillonné, de couleur orange (Janick et Harry, 2006).

Le pédoncule est liégeux, cylindrique, souvent sa longueur est inférieure à son diamètre, très dur à maturité mais marqué de cinq côtes longitudinales. Les feuilles sont grandes avec des lobes arrondis (Polese, 2006).

➤ ***Cucurbita moschata***

Selon Polese. (2006). *Cucurbita moschata* est une courge musquée, son pédoncule est dur et anguleux à cinq côtes, il s'élargit au point d'insertion sur le fruit. Ce dernier est souvent aplati et côtelé, ou bien cylindrique et allongé

Les courges musquées sont en général des espèces creuses, leurs feuilles sont vertes marbrées du blanc, entières ou avec des lobes peu prononcés, elles présentent des zones décolorées argentées sur les nervures qui leur permet une protection contre le soleil.

## [Tapez le titre du document]

Ce groupe est subdivisé en deux catégories :

- Les courges en forme de poire plus ou moins allongées jusqu'à 1 mètre de long et les graines se trouvent dans la partie renflée ;
- Les courges en forme de potiron, très côtelées, légèrement aplaties et la chair est d'une couleur orange foncée.

Un ensemble de critères ont été établis, pour distinguer entre les espèces de courges voir la forme des feuilles, pédoncule, la dimension et surtout la couleur des graines (Gagnon *et al.*, 2007). Le tableau II illustre les caractères distinctifs entre *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*.

**Tableau II:** Les caractères distinctifs entre *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata*

(Gagnon *et al.*, 2007).

Espèces	Feuilles	Pédoncules	Graines
<i>Cucurbita pepo</i>	 Profondément découpées, marbrées du blanc.	 Anguleux à cinq côtes ne s'élargit pas au point d'insertion	Petites (7 à 20 mm) de couleur beiges et lisses
<i>Cucurbita moschata</i>	 Entières, cordiformes, marbrées du blanc veloutées	 Anguleux à cinq côtes, nettement élargi au point d'insertion sur le fruit	Petites (10 à 12 mm) aplaties, ovales, de couleur grises brunes à ocre foncé, pelliculeuses, marges fortement marquées et ondulées

En Algérie, les conditions climatiques et la nature des sols sont très favorables pour cultiver toutes les espèces de courge, leur culture couvre une superficie de 8010 hectares avec une production totale de 875 410 quintaux (Benachour, 2008).

Particulièrement en Kabylie, plusieurs variétés et espèces de la courge ont été identifiées en se basant sur les critères cités précédemment, la majorité des variétés caractérisées se rattachent aux espèces suivantes:

- Variété Avouchekouf (*Cucurbita maxima*).
- Variété Taankikth (*Cucurbita moschata*).
- Variété Temdewarth (*Cucurbita pepo*).

Il est possible que d'autres espèces et variétés puissent exister, mais les plus retrouvées et cultivées dans cette région, sont mentionnées ci dessus.

#### 4. Valeur nutritionnelle

La courge est un fruit consommé comme légume, très humide (teneur élevée en eau), pauvre en calories mais riche en caroténoïdes et fibres, elle est une excellente source de vitamines et d'oligoéléments (Pahud *et al.*, 2006).Le tableau III représente la composition de la courge.

**Tableau III:** Composition de la courge dans 100g (Adrian *et al.*, 1995).

Composition	Quantité
Eau (g)	91,5
Protéines (g)	1
Lipides	Traces
Glucides totaux (g)	6,5
Cendres (g)	0,8
Energie (K cal)	25

#### 5. Utilisations

##### 5.1. Sur le plan alimentaire

Les courges sont consommées cuites, leurs fleurs sont également comestibles durant la période d'été et automne, elles sont dégustées en salade mais aussi farcies ou panées. La chair de la courge est utilisée dans plusieurs repas comme les soupes, gratins,

purées, quiches mais également en desserts sucrés, flans, tartes, cakes, confitures ou même chutney, dans les pâtes à pain et gâteaux après cuisson (Commission, 1994).

Elle est incorporée comme additif alimentaire dans plusieurs produits (chips, etc.), et pour la préparation des jus (Rakcejeva *et al.*, 2011).

Les graines sont parfois fermentées et employées comme ingrédient dans certaines préparations (farine de blé) (Caili *et al.*, 2006).

Les fruits de certaines variétés peuvent peser plus de 100 kilos (*Cucurbita pepo*), ces derniers sont destinés pour alimentation du bétail (Duchesne, 2007).

## **5.2. Sur le plan thérapeutique**

La courge est cultivée dans le monde entier, non seulement dans nos régimes alimentaires mais aussi, elle a été employée traditionnellement en médecine dans plusieurs pays, car elle présente de nombreuses propriétés biologiques telles que les activités antidiabétique, antihypertension, antitumorale, antibactérienne, anti-inflammatoire (Caili *et al.*, 2006).

Les graines et ses huiles riches en acides gras mono-insaturés et polyinsaturés sont utilisées pour soulager les troubles bénins de la prostate, ces dernières renferment des composés phytostérols reconnus pour leurs bienfaits sur la santé (Xanthopoulou *et al.*, 2009).

Les graines de la courge sont utilisées pour la fabrication de vermifuge qui permet le soulagement des crampes abdominales et élimination des vers intestinaux (Caili *et al.*, 2006).

## **5.3. Autres utilisations**

Les courges sont utilisées pour la fabrication des instruments de musique, des pièces décoratives et aussi comme récipients pour le transport des boissons (Polese, 2006).

# Chapitre II :

## Les antioxydants de la courge

Les antioxydants sont des substances qui protègent nos cellules des dommages causés par les radicaux libres. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement.

Dans certaines conditions physiologiques, notre système endogène de défense se trouve incapable de réduire toutes les espèces réactives et pour diminuer ces dommages oxydatifs, notre organisme a besoin d'un apport exogène riche en antioxydants, apportés par l'alimentation (Chebil, 2006).

Parmi les aliments associés à cet effet protecteur, les fruits et légumes renferment des substances dotées de propriétés biologiques (antioxydante, etc.), notamment la partie comestible de la courge (chair) qui est une source de plusieurs composés fonctionnels tels que les caroténoïdes, vitamine C et les polyphénols (Rolland, 2004).

### 1. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels de couleur jaune, orange et rouge, généralement retrouvés chez les végétaux (fruit, feuille, fleur), ces pigments jouent un rôle dans la photosynthèse (Evangelina *et al.*, 2001; Basu *et al.*, 2001).

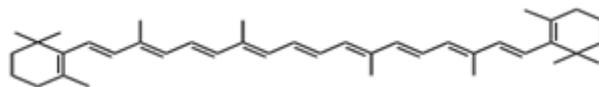
Les caroténoïdes sont des hydrocarbures liposolubles appartenant à la famille des terpènes (tétraterpènes) avec huit doubles liaisons non conjuguées et comprennent 40 atomes de carbone. Selon l'arrangement des doubles liaisons, ils sont repartis en deux classes majeures voir les carotènes et les xanthophylles (Basu *et al.*, 2001).

Les principaux antioxydants de la courge sont représentés par les caroténoïdes, ces derniers sont largement responsables de sa couleur (orangée, etc.), ils jouent un rôle important dans la nutrition et la santé car quelques caroténoïdes comme le  $\beta$ -carotène,  $\alpha$ -carotène et  $\beta$ -cryptoxanthine sont des précurseurs de la vitamine A (provitamines A) (Evangelina *et al.*, 2001).

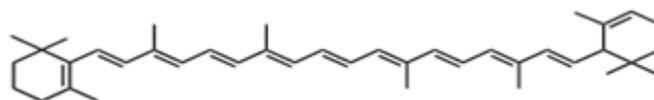
La vitamine A est essentielle pour la croissance, le développement de l'organisme et l'amélioration de la qualité visuelle surtout chez les personnes âgées et les enfants, elle contribue aussi à la prévention et à l'inhibition du développement de certaines tumeurs (Basu *et al.*, 2001; Krinsky et Johnson, 2005).

Le  $\beta$ -carotène est le caroténoïde majoritaire de la courge, composé pigmenté, il est présent naturellement dans les fruits et légumes (Krinsky et Johnson, 2005).

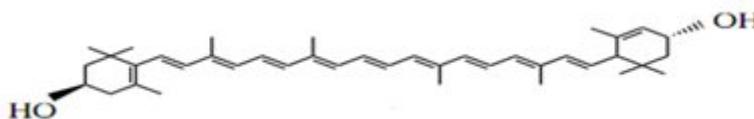
D'après Murkovic *et al.* (2002), les caroténoïdes identifiés dans la chair de deux espèces de la courge récoltées en Autriche sont principalement le  $\beta$ -carotène,  $\alpha$ -carotène, lycopène, lutéine, violaxanthine, flavoxanthine et phytofluène pour *Cucurbita moschata* quant à *Cucurbita pepo*, elle contient le  $\beta$ -carotène,  $\alpha$ -carotène, lutéine et zeaxanthine (figure 2).



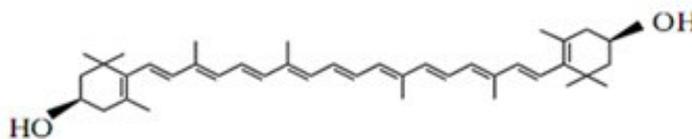
$\beta$  carotène



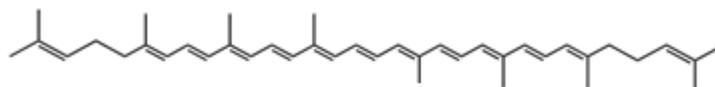
$\alpha$  carotène



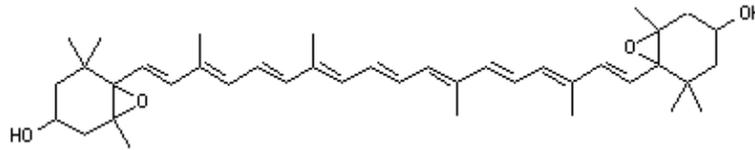
Lutéine



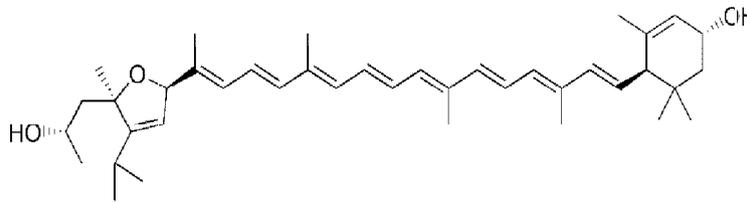
zeaxanthine



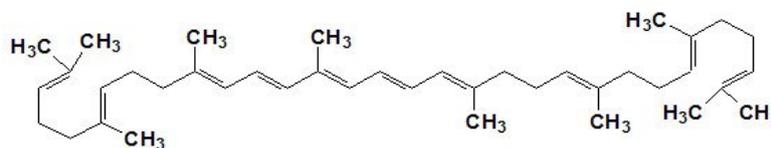
Lycopène



Violaxanthine



Flavoxanthine



Phytofluene

**Figure 2** : Structures chimiques de quelques caroténoïdes identifiés dans la chair de *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* récoltées en Autriche (Krinsky et Johnson, 2005).

- **Propriétés antioxydantes des caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des molécules dotées des propriétés antioxydantes similaires à celles des tocophérols par leur chaîne carbonée riche en doubles liaisons; ils peuvent inhiber la peroxydation des lipides par leur interaction avec les radicaux, ces composés sont d'excellents piègeurs de radicaux peroxydes et d'oxygène singulet (Hadj Salem, 2009).



D'où **Car**: Caroténoïde,  ${}^1\text{O}_2$ : Oxygène singulet,  ${}^3\text{O}_2$ : Oxygène moléculaire.

## 2. Composés phénoliques

Les polyphénols sont des antioxydants très répandus dans le règne végétal, leur structure de base est constituée d'un noyau benzénique lié à une ou plusieurs fonctions hydroxyles libres, ils possèdent plusieurs fonctions biologiques telles que la protection contre le stress oxydatif et les maladies dégénératives (Han *et al.*, 2007).

Les polyphénols sont très nombreux, plus de 8000 structures identifiées; ils sont classés selon la complexité du squelette de base, le degré de modifications de ce squelette et les liaisons avec d'autres molécules, suite à cette différence de structure, les polyphénols sont classés en quatre groupes voir les acides phénoliques, flavonoïdes, tannins et lignines (Schmitt *et al.*, 1998; Han *et al.*, 2007; Hadj Salem, 2009).

### 2.1. Acides phénoliques

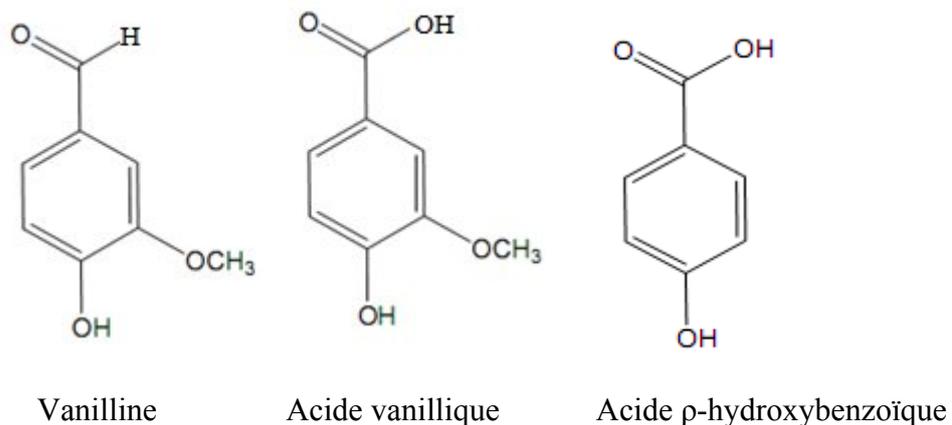
Les acides phénoliques sont des composés organiques qui possèdent au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. La dénomination acide phénolique est réservée aux dérivés des acides benzoïques ( $C_6-C_1$ ) et cinnamiques ( $C_6-C_3$ ) (Bastian, 2006).

Pericin *et al.* (2009), ont constaté que la courge renferme une quantité faible en acides phénoliques;  $4\mu\text{g}/100\text{g}$  MF pour les acides vanillique et syringique,  $5\mu\text{g}/100\text{g}$  MF pour l'acide ferulique,  $10\mu\text{g}/100\text{g}$  MF pour l'acide caféique,  $3\mu\text{g}/100\text{g}$  MF pour les acides coumarique, vanilline et *p*-hydroxybenzoïque.

Les acides phénoliques sont repartis en deux groupes, les acides hydroxybenzoïques et hydroxycinnamiques.

#### 2.1.1. Acides hydroxybenzoïques

Les acides hydroxybenzoïques sont des acides phénoliques dérivés de l'acide benzoïque, caractérisés par la présence d'un groupe carboxyle placé sur un phénol. Les acides phénoliques identifiés dans l'écorce de *Cucurbita pepo* sont la vanilline (combinaison entre un hydroxybenzoïque et un aldéhyde), les acides *p*-hydroxybenzoïque et vanillique (Vermeris et Nicholson, 2006). La figure 3 illustre la structure des acides hydroxybenzoïques identifiés chez *Cucurbita pepo* de la courge.

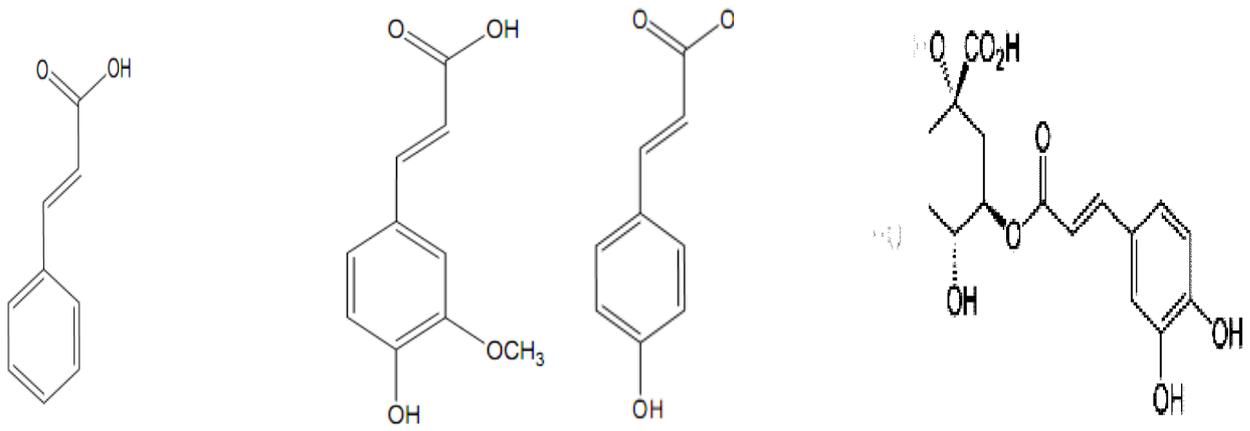


**Figure 3 :** Structures des acides hydroxybenzoïques identifiés dans l'écorce de *Cucurbita pepo* (Pericin *et al.*, 2009).

### 2.1.2. Acides hydroxycinnamiques

Les acides hydroxycinnamiques sont des acides phénoliques dérivés de l'acide cinnamique, généralement ces acides sont sous forme d'esters (Han *et al.*, 2007).

Les acides hydroxycinnamiques identifiés dans la chair et l'écorce de la courge sont illustrés dans la figure 4.

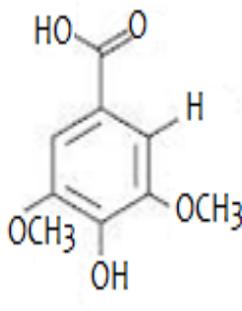


Acide cinnamique

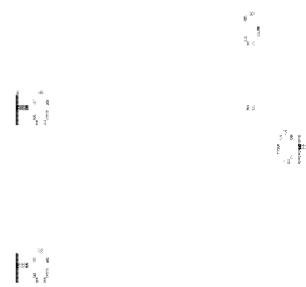
Acide ferulique

Acide p-coumarique

Acide chlorogénique



Acide syringique



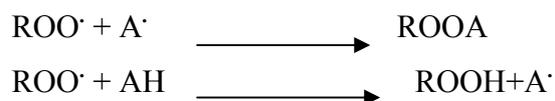
Acide caféique

**Figure 4:** Structures des acides hydroxycinamiques, identifiés chez *Cucurbita pepo*

(Pericin *et al.*, 2009)

• **Propriétés antioxydantes des acides phénoliques**

Les acides phénoliques possèdent un grand pouvoir antioxydant, ils neutralisent les radicaux peroxydes sous forme d'hydroxyperoxyde, ce qui à pour effet de bloquer les réactions d'oxydation (Bastian, 2006).



D'où **ROO<sup>•</sup>**: Peroxyde lipidique, **A<sup>•</sup>**: Antioxydant, **ROOA** : Produit stable, **AH** : Acides phénoliques et **ROOH** : Hydroxyperoxyde.

### 2.2. Flavonoïdes

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, plus de 4000 molécules sont identifiées. Ce sont des pigments essentiels, responsables de la coloration des fleurs, fruits et feuilles (Marfak, 2003; Hadi, 2004).

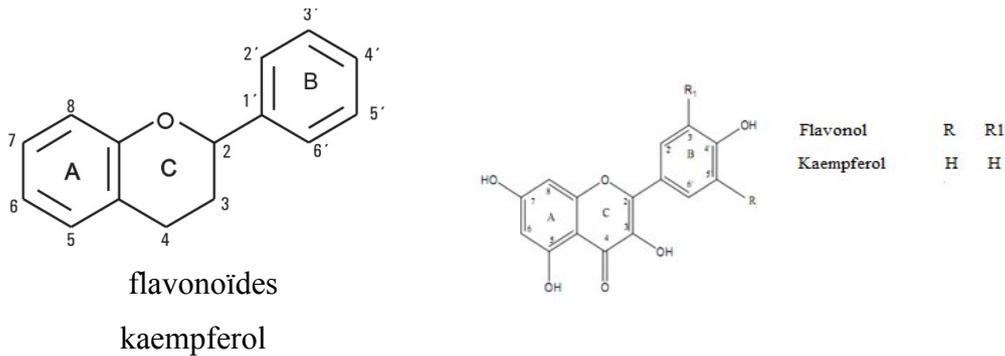
Les flavonoïdes sont des composés complexes dont la structure est constituée de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle oxygéné (Hadi, 2004).

Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes; celles qui sont identifiées chez la courge sont les flavones et flavonols, ces dernières sont des dérivés de 4, 2, 4, 6 tétrahydroxychalcone, elles renferment au moins trois hydroxyphénoliques en C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> et C<sub>7</sub>; les flavones et flavonols peuvent se trouver sous forme libre ou conjugués à des oses.

Les flavonoïdes possèdent un squelette de base identique, composés de quinze atomes de carbones, ils sont constitués de deux cycles benzéniques nommés cycle A et B, reliés à un propyle C<sub>3</sub> qui est complété par une fonction éther formant ainsi un cycle central, appelé cycle C (Marfak, 2003).

Les flavonoïdes identifiés dans la chair de *Cucurbita maxima* sont des flavonols (Kaempférol) (USDA, 2007).

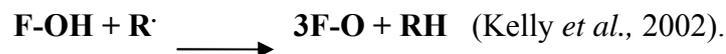
La figure 5 illustre la structure des flavonoïdes (a) et de kaempférol ((b) identifiés chez *Cucurbita maxima* de la courge.



**Figure 5** : Structure chimique des flavonoïdes identifiés dans la chair de *Cucurbita maxima* (Miean et Mohamed, 2000).

- **Propriétés antioxydantes des flavonoïdes**

Le Pouvoir antioxydant des flavonoïdes est essentiellement lié à leur capacité de piéger les espèces réactives de l'oxygène tels que les radicaux superoxydes, hydroxyle, peroxyde, et alkoxyde, particulièrement impliqués dans la peroxydation lipidique et l'inhibition des enzymes responsables de leur production ou par chélation de métaux comme le fer (empêchant la réaction de Fenton) (Fiorucci, 2006; Garcia Perez, 2008; Hadj Salem, 2009).



D'où **F-OH**: flavonoïde, **R**: radicaux libres, **RH**: radical libre stable.

La réaction de Fenton est effectuée comme suit :



D'où **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**: Peroxyde d'hydrogène, **Fe<sup>2+</sup>**: Fer ferreux, **OH·**: Radical hydroxyle, **OH<sup>-</sup>**: Hydroxyle, **Fe<sup>3+</sup>**: Fer ferrique.

### 2.3. Tannins

Les tannins sont des métabolites secondaires présents dans de nombreuses plantes ligneuses et herbacées, ils sont localisés dans les tiges, feuilles, fruits et graines (Zimmer et Cordesse, 1996).

Les tannins sont des polyphénols hydrosolubles dont leur poids moléculaire varie entre 500 et 3000Da, ils se complexent généralement avec les alcaloïdes, polysaccharides et protéines (Han *et al.*, 2007). Les tannins sont subdivisés en deux groupes: tannins condensés et tannins hydrolysables.

### 2.3.1. Tannins hydrolysables

Les tannins hydrolysables sont des esters de sucres (glucose ou xylose) et d'acides phénoliques. Ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (acide ou alcaline) ou enzymatique (Zimmer et Cordesse, 1996).

### 2.3.2. Tannins condensés (proanthocyanidines)

Les proanthocyanidines sont des polymères de flavonoïdes « flavon-3-ols », Ce groupe est le plus retrouvé dans le règne végétal (Zimmer et Cordesse, 1996; Vermerris et Nicholson, 2006).

Selon les travaux réalisés par Chanwitheesuk *et al.* (2005), la teneur en tannins totaux des feuilles de *Cucurbita moschata* récoltée en Thaïlande est égale à 4.48mg EAT/100g, elle est égale à 0,228g EC/100g pour la farine des graines de *Telfiria occidentalis Hook* cultivée au Sudan, d'après Hamed *et al.* (2008) quant Okwu et Ukanwa (2007), ont observé que la teneur des tannins totaux de la chair de *Telfaria Occidentalis Hook* récoltée à Nigéria est faible (0,83mg EAT/100g après huit semaines de plantation). Selon ces résultats les graines de la courge sont riches en tannins par rapport aux feuilles et la chair.

- **Propriétés antioxydantes des tannins**

Les tannins neutralisent les radicaux libres, ces derniers sont des espèces chimiques instables et très réactives qui s'attaquent à l'ADN et perturbent le processus de réplication induisant des mutations, suivies de processus tumoraux (Brunet, 2008).

## 2.4. Vitamine C

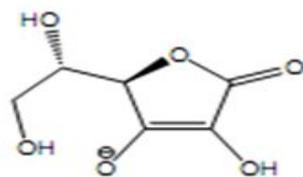
La vitamine C (acide L-ascorbique et acide L- déhydroascorbique) est une molécule hydrosoluble, apportée par notre alimentation essentiellement les fruits parce qu'elle n'est pas synthétisée par notre organisme (Adrian *et al.*, 2003).

L'acide L-ascorbique (AA) est la forme active de la vitamine C, il peut être réversiblement oxydé en acide L-déhydroascorbique.

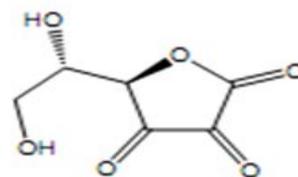
L'acide ascorbique est un antioxydant, très abondant dans les cellules végétales, cet acide intervient dans la croissance, le métabolisme tels que le métabolisme du fer et élimination de plusieurs espèces réactives oxygénées (Hernandez *et al.*, 2005).

La vitamine C protège les enzymes qui catalysent la synthèse du collagène, elle est également impliquée dans la synthèse de la matrice protidique du tissu osseux (synthèse de l'hydroxyproline) (Hadj Salem, 2009).

La courge d'hiver est riche en vitamine C; d'après Mawamba *et al.* (2009), la concentration de la vitamine C pour *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima* et *Cucurbita pepo* est de 9,31 ; 17,51 et 19,13 mg par 100g de la matière fraîche respectivement. La figure 6 illustre la structure de la vitamine C.



Acide L-ascorbique



Acide L- déhydroascorbique

**Figure 6** : Structure de la vitamine C identifiée dans la courge (Nawirska *et al.*, 2009).

- **Propriétés antioxydantes de la vitamine C**

La vitamine C participe à la neutralisation des radicaux libres, ce qui assure une protection contre les agents oxydants toxiques pour la cellule. D'autre part, la vitamine C est utilisée comme additif dans le but de prolonger la durée de conservation des aliments (Hadj Salem, 2009).

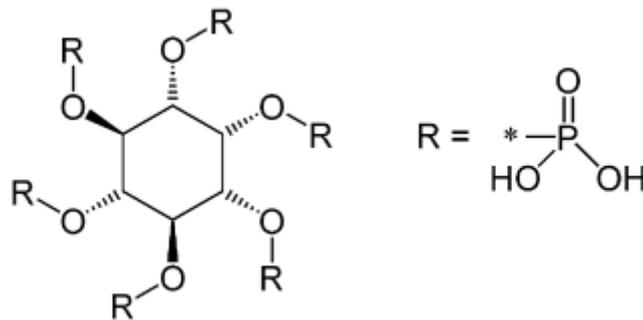
### 3. Autres substances antioxydantes

#### 3.1. Acide phytique

L'acide phytique est l'ester hexaphosphorique de l'alcool hexahydrique méso-inositol cyclique, il est la principale forme de stockage du phosphore dans les tissus végétaux et élaboré pendant la maturation des graines (Adrian *et al.*, 2003; Kumar *et al.*, 2010).

La concentration en acide phytique dans les graines de *Telfairia occidentalis* de la courge est de 13,8mg EAP/100g de la matière fraîche (Fagbemi *et al.*, 2005).

La figure 7 illustre la structure chimique de l'acide phytique identifié dans les graines de *Telfairia occidentalis*.



**Figure 07 :** La structure chimique de l'acide phytique identifié dans les graines de *Telfairia occidentalis* de la courge (Giami, 2003).

- **Propriétés antioxydantes de l'acide phytique**

Les phytates ont la capacité de chélater les ions métalliques et devenir inactif en empêchant la formation du radical hydroxyle (OH) et inhiber la peroxydation lipidique.



# Partie expérimentale

# Matériel et méthodes

## 1. Echantillonnage

Deux variétés de la courge Temdewarth et Taankikth appartenant aux espèces *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* respectivement ont été récoltées durant le mois d'Octobre 2011 à Timezrit. Les caractéristiques de ces deux variétés (échantillons sains, maturation, couleur, forme, nombre de graines, etc.) sont représentées dans le tableau IV et figure 10 et 11.

**Tableau IV** : Les caractéristiques des deux variétés de la courge.

Espèces de la courge	Variétés	Couleur et forme	Nombre de graines	Poids (kg)	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Epaisseur (cm)	Origines
<i>Cucurbita moschata</i>	Taankikth	Crème et Allongée	169	3.52	27.75	43.7	2.7	Timezrit
<i>Cucurbita pepo</i>	Temdewarth	Orange et ronde	278	1.94	62	28.1	2.5	Timezrit



Temdewarth



Taankikth

**Figure9** : Photos des deux variétés de courge.

Après la récolte, la chair est séparée des graines et coupée en petits morceaux pour les deux variétés de la courge.



(a)



(b)

**Figure10** : Une coupe longitudinale des deux variétés: Temdewarth (a) et Taankikth (b).

### 2. Taux d'humidité

Un poids de 5g de la chair des deux variétés a été placé dans une étuve réglée à une température de  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 à 48 heures jusqu'à stabilisation du poids, la teneur en eau est exprimée en pourcentage (%) (Pinelo *et al.*, 2004).

### 3. Dosage des caroténoïdes totaux

La teneur en caroténoïdes est déterminée selon la méthode décrite par Zamora *et al.* (2005), avec quelques modifications.

Un poids de 2,5g de la chair pour les deux variétés de la courge a été additionné d'un mélange de solvants (hexane, acétone et éthanol) à un rapport de 2:1:1 V/V/V suivi d'un broyage puis d'une agitation de 30 minutes. Après centrifugation (3000g/30 minutes), la phase supérieure est récupérée et l'absorbance est mesurée à 450nm.

La concentration des caroténoïdes est exprimée en gramme de Beta carotène par 100g de matière fraîche (g EBC/100g MF) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I, figure 1).

### 4. Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux

#### 4.1. Optimisation

Les polyphénols totaux ont été extraits à partir de la chair de la variété Temdewarth (*Cucurbita pépo*) par 10 solvants. Les solvants utilisés sont: eau, acétone (90, 60 et 30% (V/V), éthanol (90, 60 et 30% (V/V) et méthanol (90, 60 et 30% (V/V).

#### 4.2. Extraction

Un poids de 2g de la chair de courge a été additionné de 20ml du solvant d'extraction (10 solvants), le mélange est broyé suivi d'une agitation pendant une heure et demie. Après centrifugation à 3000g pendant 20 minutes et filtration, les extraits obtenus sont conservés à – 20°C.

#### 4.3. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en composés phénoliques totaux dans les extraits de la courge est déterminée selon la méthode d'Adedapo *et al.* (2008). Une aliquote d'extrait de la chair est additionnée de 5 ml de Folin Ciocalteu et 4 ml de carbonate de sodium suivi d'une incubation pendant 30 minutes à 40°C. L'absorbance a été mesurée à 765 nm.

La concentration en polyphénols totaux des extraits de la courge est exprimée en milligramme par 100g de matière fraîche (mg EAG/100g MF), elle est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage (Annexe I, figure 2).

Après la détermination du solvant qui donne une meilleure teneur en polyphénols totaux, le dosage et une extraction des composés phénoliques ont été effectués pour la variété Taankikth par ce dernier.

### 5. Dosage des composés phénoliques

#### 5.1. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de Djeridane *et al.* (2006). Un volume de 1ml d'extrait de la chair est additionné de 1ml de chlorure d'aluminium (2%). Après 15 minutes d'incubation, l'absorbance est mesurée à 420nm.

Les résultats ont été exprimés en milligramme équivalent quercitine par 100g de matière fraîche (mg EQ/100g MF) à partir de la courbe d'étalonnage (Annexe I, figure 3).

### 5.2. Dosage des tannins condensés (proanthocyanidines)

La teneur en tannins des extraits de la courge pour les deux variétés a été déterminée selon la méthode de Hecimovic *et al.* (2011).

Un volume de 0.5ml d'extrait a été additionné de 3ml d'un mélange de butanol-HCl et 0.1ml de sulfate ferrique, suivi d'un chauffage à 100°C pendant une heure. Après refroidissement, l'absorbance a été mesurée à 550nm. La teneur des tannins condensés a été calculée par la formule suivante :

$$C = \frac{\text{Abs} \cdot M \cdot D}{\epsilon \cdot L}$$

D'où

**D:** Facteur de dilution.

$\epsilon$  : Facteur d'extinction (34700mol/cm.l).

**L:** Chemin optique (1cm).

**Abs:** Absorbance de l'échantillon.

**M:** Masse molaire de la cyanidine (g/mol).

**C:** Concentration (g/l).

Les résultats sont exprimées en milligramme équivalent de cyanidine par 100g de matière fraîche (mg EC/100g MF).

## 6. Détermination de l'activité antioxydante

### 6.1. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des extraits de la courge a été déterminé par la méthode de Benhamou *et al.* (2009). Un volume de 2.5ml d'extrait de la chair a été additionné de 2.5ml du tampon phosphate (0.2M, pH=6.6) et de 2.5ml de ferricyanure de potassium. Après incubation à 50°C pendant 20 minutes, 2.5ml d'acide trichloracétique (TCA) sont ajoutés et suivi d'une centrifugation à 3000g pendant 20 minutes.

Le surnageant est additionné de 2.5ml d'eau distillée et de 0.5ml du chlorure ferrique, l'absorbance a été mesurée à 700nm. Les résultats ont été exprimés en milligramme

équivalent acide ascorbique par 100g de matière fraîche (mg EAA/100g MF) à partir de la courbe d'étalonnage (Annexe I, figure 4).

### 6.2. Activité antiradicalaire sur le radical DPPH

Le potentiel d'inhibition du radical DPPH a été estimé par la méthode de Milardović *et al.* (2006). Un volume de 0.1ml d'extrait de la chair a été additionné de 2.9ml de 2-2-diphényl 1-picryl-hydrazyl (DPPH). Après 30 minutes d'incubation, l'absorbance a été mesurée à 515nm.

Le pouvoir antiradicalaire des extraits de la courge analysés a été exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH, il est calculé comme suit:

$$\text{Pourcentage d'inhibition du radical DPPH (\%)} = [(A_C - A_E) / A_C] * 100$$

D'où:

$A_C$  : Absorbance du contrôle.

$A_E$  : Absorbance d'échantillon.

### 6.3. Chélation du fer ferreux (test de la ferrozine)

La chélation du fer ferreux est déterminé selon la méthode décrite par Gursoya *et al.* (2009), dont laquelle la ferrozine peut quantitativement former un complexe avec le fer ( $Fe^{2+}$ ).

Un volume de 2ml d'extrait de la chair pour les deux variétés de la courge est additionné de 0.2ml de la ferrozine et 0.05ml de chlorure de fer II ( $FeCl_2$ ), suivi d'une incubation de 10 minutes puis d'une mesure de l'absorbance à 562nm.

Le pourcentage d'inhibition de la formation du complexe de ferrozine -  $Fe^{2+}$  a été calculé par l'équation suivante:

$$\text{Pourcentage d'inhibition (\%)} = [(A_C - A_E) / A_C] * 100$$

D'où:

$A_C$ : Absorbance de contrôle.

$A_E$ : Absorbance de l'échantillon

### **7. Etude statistique**

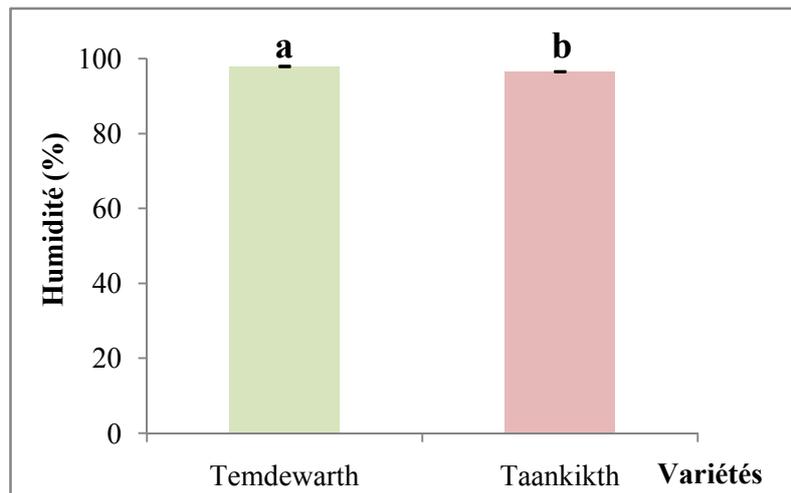
Les composés analysés et les paramètres rapportés sont évalués en trois essais. Une analyse de la variance à un facteur (ANOVA), suivie du test LSD (Lest significant difference) est appliquée à l'aide d'un logiciel (STATISTICA 5.5).

Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité  $p < 0.05$ , afin de mettre en évidence les différences significatives entre les deux variétés de la courge analysées pour chaque paramètre.

# Résultats et discussion

### 1. Taux d'humidité

Les résultats du taux d'humidité pour les deux variétés de la courge révèlent des différences significatives ( $P < 0.05$ ). Les deux variétés Temdewarth et Taankikth présentent une humidité égale à  $97.74 \pm 0,113\%$  et  $96,467 \pm 0,099\%$  respectivement, avec une meilleure teneur en eau pour Temdewarth (figure 12).



**Figure 11:** Taux humidité de deux variétés de courge.

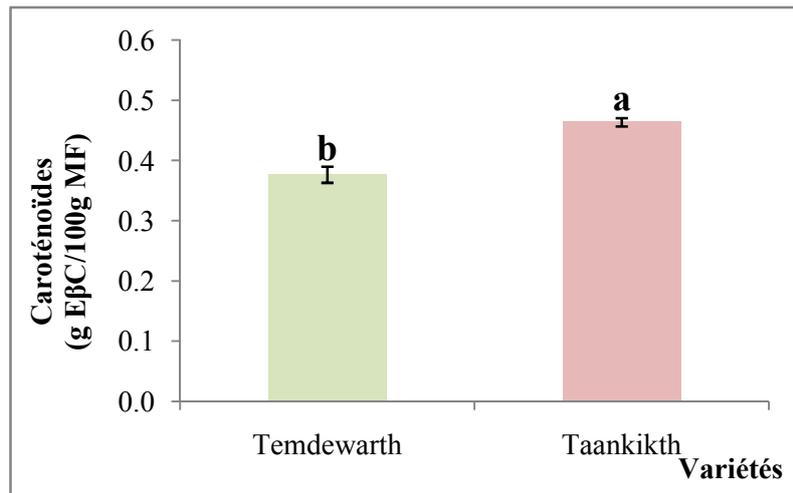
Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

D'après les travaux réalisés par Wangcharoen et Morasuk. (2007) et Jacobo-Valezuela *et al.* (2011), les résultats obtenus concernant le taux d'humidité de la chair pour *Cucurbita moschata* (Decne) récoltée en chine et au Mexique sont égaux à  $86,21 \pm 2,15\%$  et  $85,90\%$  respectivement. Ces taux sont inférieurs à nos résultats, cette différence est probablement due à la variété analysée, origine géographique et le stockage car une conservation prolongée peut provoquer une déshydratation.

Selon les résultats obtenus par Mawamba *et al.* (2009), la teneur en eau pour la chair de *Cucurbita moschata* (Dickinson) et *Cucurbita pepo* (Sacred Indian Rattle) récoltées au Cameroun, après séchage à  $80^{\circ}\text{C}$  pendant 30 min, est égale à  $85,89 \pm 0,02\%$  et  $84,51 \pm 0,23\%$  respectivement. Nos résultats sont supérieurs à ceux observés par ces auteurs, ceci est probablement dû aux variétés testées et au séchage appliqué au préalable qui a conduit à une perte en eau.

### 2. Caroténoïdes totaux

L'étude statistique révèle des différences significatives entre les deux variétés de la courge analysées ( $P < 0.05$ ). La teneur en caroténoïdes obtenue pour les deux variétés Temdewarth et Taankikth est égale à  $0.377 \pm 0.013$  g E $\beta$ C/100g MF et  $0.464 \pm 0.007$  g E $\beta$ C /100g MF respectivement. D'après ces résultats, la variété Taankikth présente une meilleure concentration en caroténoïdes (figure 14).



**Figure 12:** Teneur en caroténoïdes totaux.

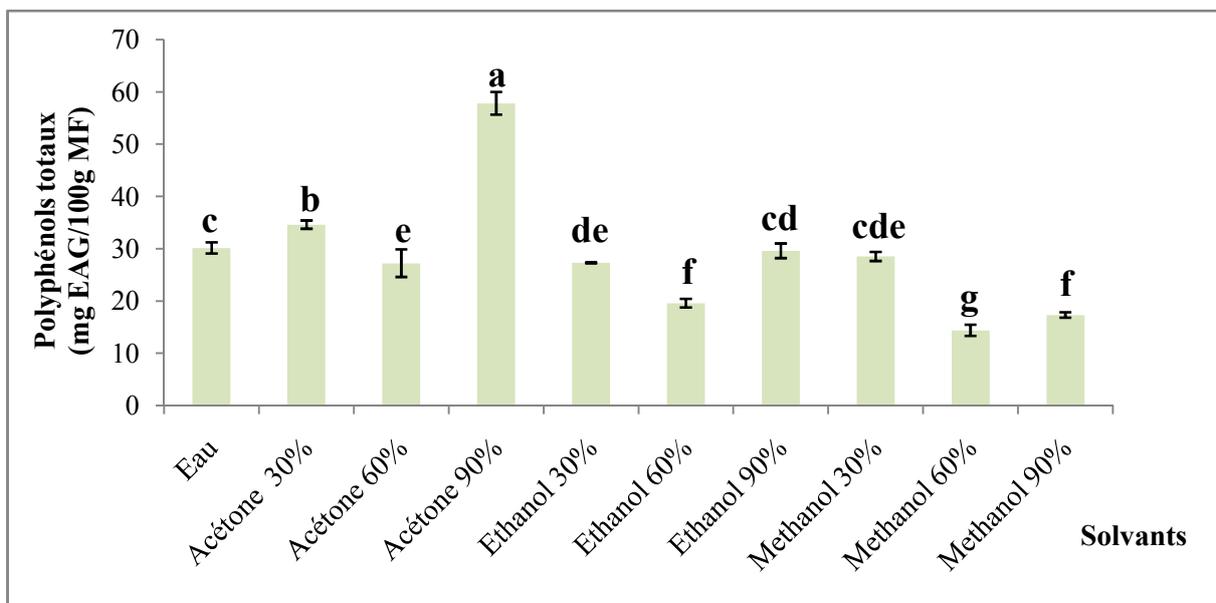
D'après les travaux réalisés par Nawirska-Olsanzaka *et al.* (2011) et Tamer *et al.* (2010), la teneur en caroténoïdes pour *Cucurbita maxima* récoltée en Japon et Türkiye est égale à  $0,074 \pm 0.03$  g E $\beta$ C/100g MF et  $0,0254 \pm 0,16$ g E $\beta$ C/100g MF respectivement. Ces concentrations sont inférieures à nos résultats, selon ces auteurs la teneur en caroténoïdes dans la courge est influencée par les conditions de culture (climat, sol), quant à Jacobo-Valeuzuela *et al.* (2011), le teneur en caroténoïdes obtenue pour la chair de *Cucurbita moschata* récoltée en Mexique est égale à 2,67g E $\beta$ C /100g MF, cette teneur est supérieure à nos résultats. Cette différence est probablement due aux espèces et variétés analysées et origine géographique.

Suite aux résultats obtenus par Dutta *et al.* (2006), la concentration en  $\beta$ -carotène de la chair de la courge récoltée en Inde est égale à 0,0109g E $\beta$ C/100g MF, d'après ces auteurs, le  $\beta$ -carotène constitue le caroténoïde majoritaire de la courge.

### 3. Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux:

Les polyphénols totaux sont extraits à partir de la chair de la variété Temdewarth (*Cucurbita pepo*), en utilisant 10 solvants de nature et concentration différente.

L'étude statistique a révélée des différences significatives entre les solvants ( $P < 0.05$ ), le solvant qui a donné une meilleure teneur en polyphénols est l'acétone 90%, avec une valeur égale à  $57.812 \pm 2.171$  mg EAG/100g MF, suivi de l'acétone 30%, eau, éthanol 90%, méthanol 30%, éthanol 30% et acétone 60% avec des teneurs moyennes égales à  $34.583 \pm 0.790$  mg EAG/100g MF,  $30.131 \pm 1.081$  mg EAG/100g MF,  $29.574 \pm 0.410$  mg EAG/100g MF,  $28.498 \pm 0.869$  mg EAG/100g MF,  $27.273 \pm 0.111$  mg EAG/100g MF et  $27.199 \pm 2.640$  mg EAG/100g MF respectivement quant à l'éthanol 60%, méthanol 90%, et méthanol 60% , les concentrations obtenues sont faibles ( $19.555 \pm 0.836$  mg EAG/100g MF,  $17.292 \pm 0.514$  mg EAG/100g MF et  $14.360 \pm 1.062$  mg EAG/100g MF respectivement) (figure 13).



**Figure 13 :** Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux à partir de la variété Temdewarth.

Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b > c > d > e > f > g$ ).

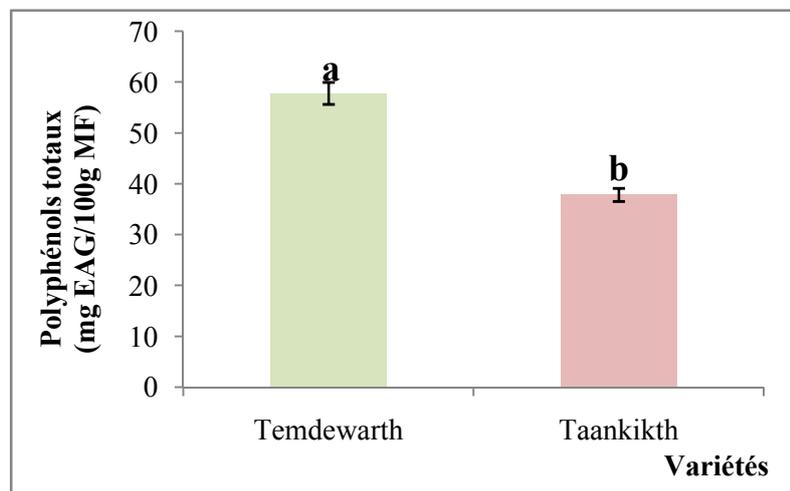
Selon Pinelo *et al.* (2005), quelques facteurs influencent le rendement d'extraction voir la nature chimique des molécules à extraire, la concentration du solvant utilisé, le traitement appliqué.

D'après les travaux de Ghalmi et Ait Amara. (2011), une optimisation a été réalisée pour la détermination du solvant et la température qui donnent une meilleure extraction des polyphénols totaux à partir de deux variétés de la courge Taankikth (*Cucurbita moschata*) et Avouchekouf (*Cucurbita maxima*) récoltées en Kabylie à Azefoune et Bouzeguene respectivement, ces auteurs ont constaté que la teneur élevée en polyphénols totaux est obtenue par des extraits acétoniques mais à des concentrations différentes, 25 et 50 % pour Avouchekouf avec une teneur égale à  $17.12 \pm 6.74$  mg EAG/100g MF et  $18.59 \pm 2.55$  mg EAG/100g MF respectivement et acétone 100 % pour Taankikth avec une teneur égale à  $12.12 \pm 3.53$  mg EAG/100g MF à une température de  $60^\circ\text{C}$ . Ces valeurs sont inférieures à nos résultats, ceci est probablement expliqué par les paramètres évalués (concentration du solvant et température), variétés analysées origine de ses courges.

### 4. Les antioxydants de la courge

#### 4.1. Polyphénols totaux pour les deux variétés de la courge

Les résultats obtenus pour les composés phénoliques totaux sont significativement différents ( $P < 0,05$ ) entre les deux variétés. La meilleure teneur en polyphénols totaux est représentée par la variété Temdewarth avec une valeur égale à  $57,812 \pm 2,171$  mg EAG/100g MF, quant à Taankikth, elle est égale à  $37,849 \pm 1,284$  mg EAG/100g MF (figure 15).



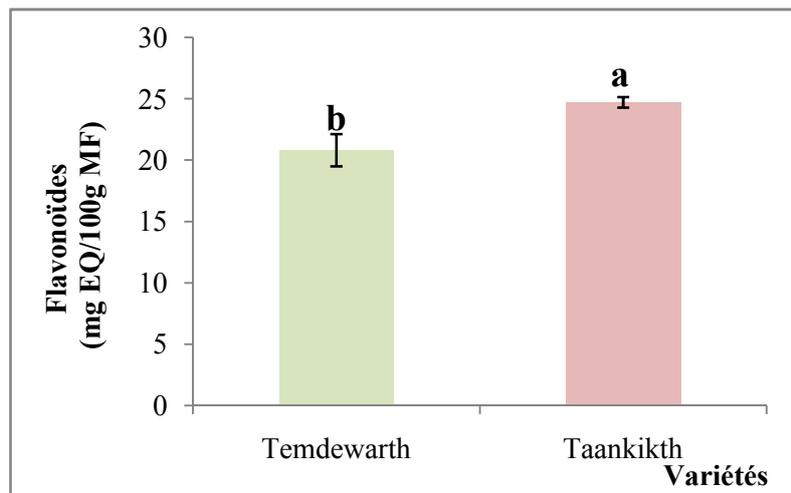
**Figure14 :** Teneur en polyphénols totaux.

Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

D'après une étude menée par Wangcharoen et Morasuk. (2007), sur les plantes culinaires récoltées en Thaïlande, la teneur en polyphénols totaux pour la chair de *Cucurbita moschata* (Decne) est égale à  $24 \pm 0,05$ mg EAG / 100g de la MF, en utilisant l'éthanol 95% comme solvant d'extraction et d'après Nawirska-Olszanska *et al.* (2011), la teneur en polyphénols des extraits méthanoliques (80%) de la chair de *Cucurbita maxima* (Karowita) récoltée en Japon est égale à  $23,64 \pm 0,56$ mg EAG/100g MF. Ces valeurs obtenues sont inférieures à nos résultats, ces variations sont probablement dues aux solvants d'extraction, à la variété de la courge, stade de maturation du fruit et à leur origine géographique.

### 4.2. Flavonoïdes

L'étude statistique a révélée des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les deux variétés de la courge, la meilleure teneur en flavonoïdes est représentée par Taankikth avec une valeur égale à  $24,717 \pm 0,427$ mg EQ/100g MF, tandis que pour Temdewarth, elle est égale à  $20,811 \pm 1,306$  mg EQ /100g MF (figure 16).



**Figure15** : Teneur en flavonoïdes.

Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

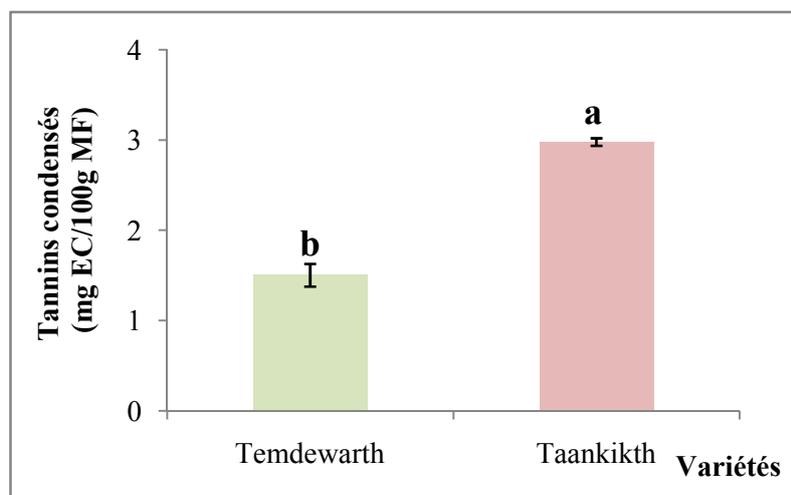
D'après Chun *et al.* (2005), la stabilité des flavonoïdes peut être influencée par les conditions climatiques et le degré de maturité de la courge.

Selon les travaux réalisés par Chun *et al.* (2005), la teneur en flavonoïdes dans la courge est égale à  $1,63$ mg EC /100g de la MF, en utilisant le méthanol 80% comme solvant d'extraction. Cette valeur est inférieure à nos résultats, ceci est probablement dû aux espèces et variétés analysées, stade de maturité, origine géographique et le solvant d'extraction, tandis

que Lugasi *et al.* (2003), ont trouvé que la concentration en flavonoïdes est égale à  $0.874 \pm 0,07$  mg EC/ 100g MF par la méthode RP-HPLC.

### 4.3. Tannins condensés (proanthocyanidines)

La concentration en tannins condensés obtenue révèle des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les deux variétés analysées. La teneur en proanthocyanidines pour Temdewarth et Taankikth est égale à  $1,504 \pm 0,126$  mg EC/100g MF et  $2,980 \pm 0,046$  mg EC/100g MF respectivement. D'après ces résultats la variété Taankikth présente la meilleure teneur en proanthocyanidines (figure 17).



**Figure 16:** Teneur en tannins condensés (proanthocyanidines).

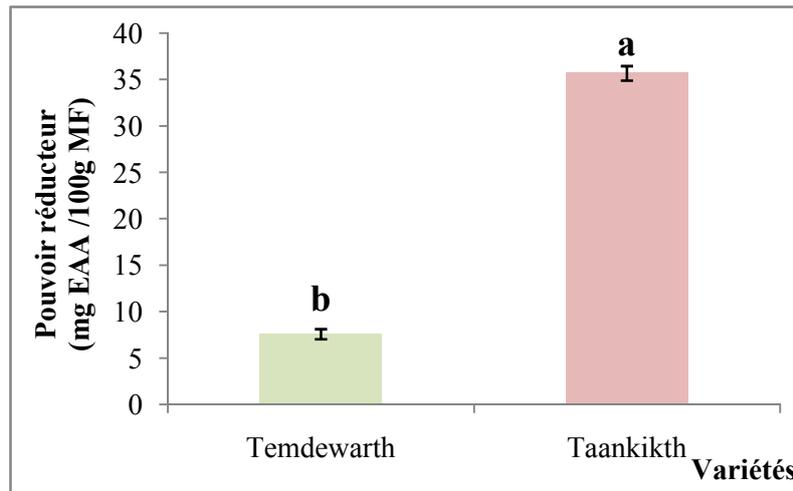
Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

Selon une étude menée par Okwu et Ukanwa. (2007), la teneur en tannins totaux (tannins condensés et hydrolysables) pour la chair de *Telfairia Occidentalis Hook*, récoltée au Niger, après séchage au soleil et broyage est égale  $0,31 \pm 0,20$  mg EAT/100g et  $0,83$  mg EAT/100g, après six et huit semaines de plantation respectivement. Les tannins dosés dans cette présente étude sont les proanthocyanidines. Les valeurs obtenues par cet auteur pour le dosage des tannins totaux sont largement inférieures à nos résultats (tannins condensés), ceci est probablement dû au séchage appliqué au préalable qui a conduit à la dégradation des tannins totaux, le degré de maturité de la courge et aux espèces analysées.

### 5. Les activités antioxydantes

#### 5-1. Pouvoir réducteur

Les résultats du pouvoir réducteur développé par les deux variétés de la courge révèlent des différences significatives ( $P < 0,05$ ). La variété Taankikth présente une meilleure activité ( $35,694 \pm 0,783$  mg EAA/100g MF) quant à Temdewarth, elle est faible avec une valeur égale à  $7,581 \pm 0,541$  mg EAA/100g MF (figure 18).

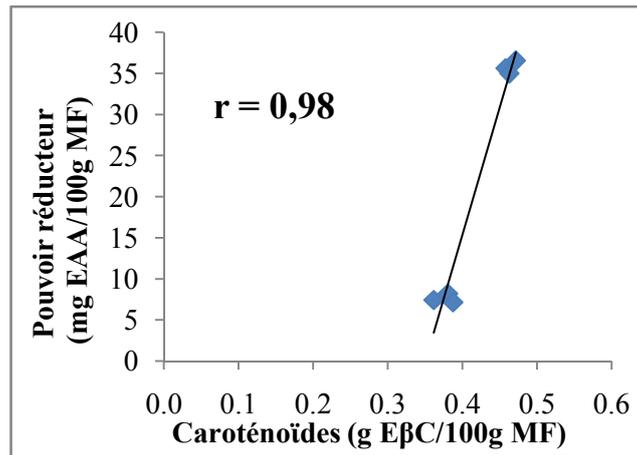


**Figure 17 :** Pouvoir réducteur.

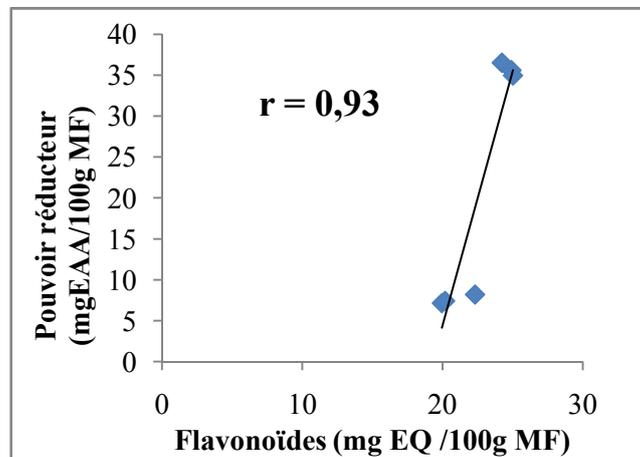
Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

D'après les résultats obtenus par Ghalmi et Ait Amara. (2011), le pouvoir réducteur des extraits acétoniques des deux variétés de la courge à  $60^{\circ}\text{C}$ , est égale à  $3,14 \pm 0,10$  mg EAA/100g MF pour Taankikth avec acétone 100%,  $1,71 \pm 0,70$  mg EAA/100g MF et  $0,53 \pm 0,37$  mg EAA/100g MF pour Avouchekouf avec acétone 50% et 25% respectivement. Ces valeurs sont inférieures à nos résultats. Cette différence est peut être due à la concentration du solvant utilisé, la température appliquée, teneur, nature des antioxydants présents dans la chair de la courge (acides phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes, tannins, etc.) et leur capacité de réduire le fer ferrique du complexe ferricyanure- $\text{Fe}^{3+}$  en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ).

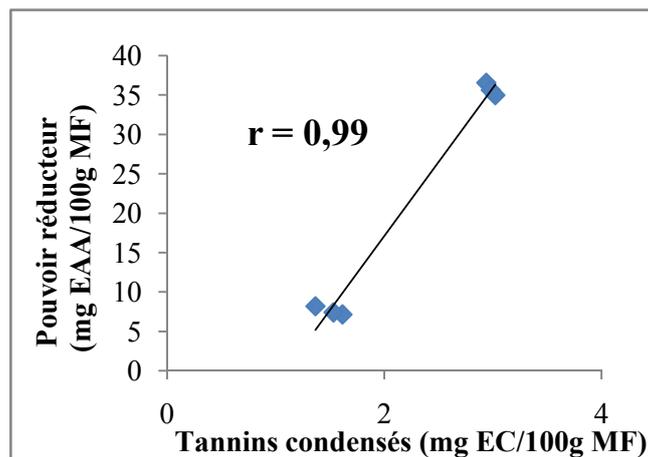
Les résultats obtenus indiquent l'existence d'une corrélation linéaire positive entre le pouvoir réducteur et la teneur en caroténoïdes ( $r = 0,98$ ) (figure 19a), flavonoïdes ( $r = 0,93$ ) (figure 19b) et tannins condensés ( $r = 0,99$ ) (figure 19c).



(a)



(b)

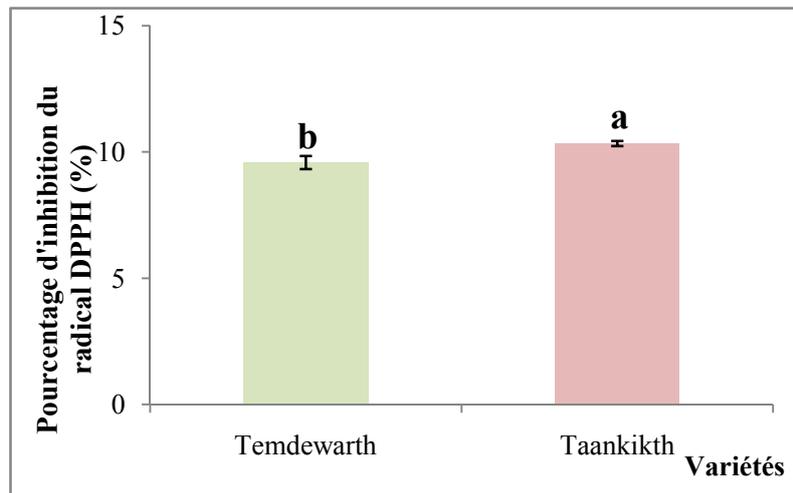


(c)

**Figure 18:** Corrélation entre le pouvoir réducteur et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c).

### 5-2. Activité antiradicalaire (DPPH)

Les résultats obtenus après étude statistique, pour l'activité antiradicalaire (DPPH) révèle des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les deux variétés de la courge analysées, le pourcentage d'inhibition obtenu pour Temdewarth et Taankikth est égale à  $9,651 \pm 0,789\%$  et  $10,271 \pm 0,158\%$  respectivement, avec une meilleure activité pour Taankikth (figure 20).

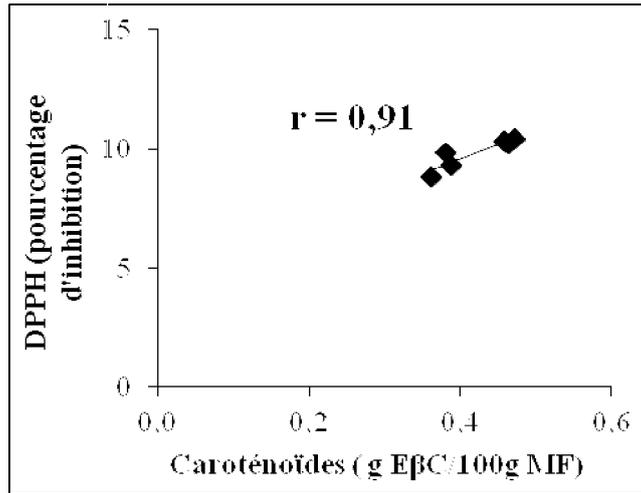


**Figure 19 :** Activité antiradicalaire (DPPH).

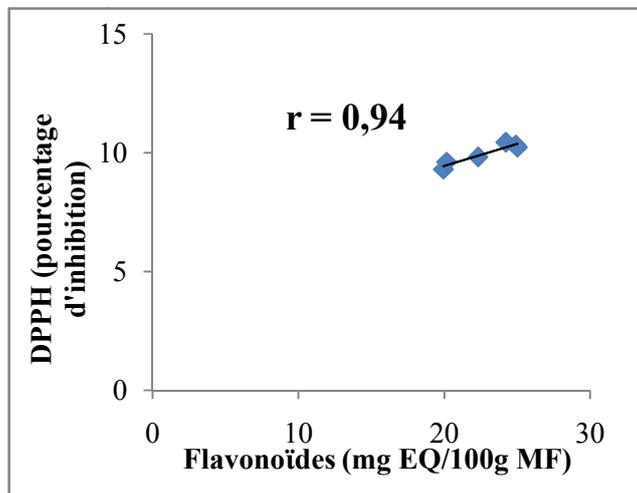
Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

Selon une étude menée par Azizah *et al.* (2009), le pourcentage d'inhibition du radical DPPH pour *Cucurbita moschata* (Decne) récoltée à Malaysia, en utilisant éthanol pur comme solvant d'extraction est égal à  $78,4 \pm 1,7\%$  et d'après Tamer *et al.* (2010), l'activité antiradicalaire développée par *Cucurbita maxima* récoltée en Türkiye est égale à  $41,66 \pm 0,12\%$ . Ces valeurs sont supérieures à nos résultats, ceci est probablement dû aux solvants d'extraction, la nature des antioxydants présents dans la chair de la courge (acides phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes, etc.) et leur capacité de transférer un hydrogène au radical pour le stabiliser.

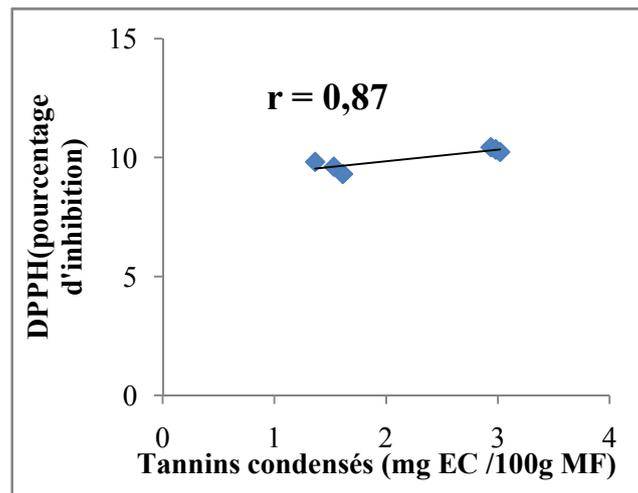
Cette présente étude indique l'existence d'une corrélation linéaire positive entre l'activité antiradicalaire et la teneur en caroténoïdes ( $r = 0,91$ ) (figure 21a), flavonoïdes ( $r = 0,94$ ) (figure 21b) et en tannins condensés ( $r = 0,87$ ) (figure 21c).



(a)



(b)



(c)

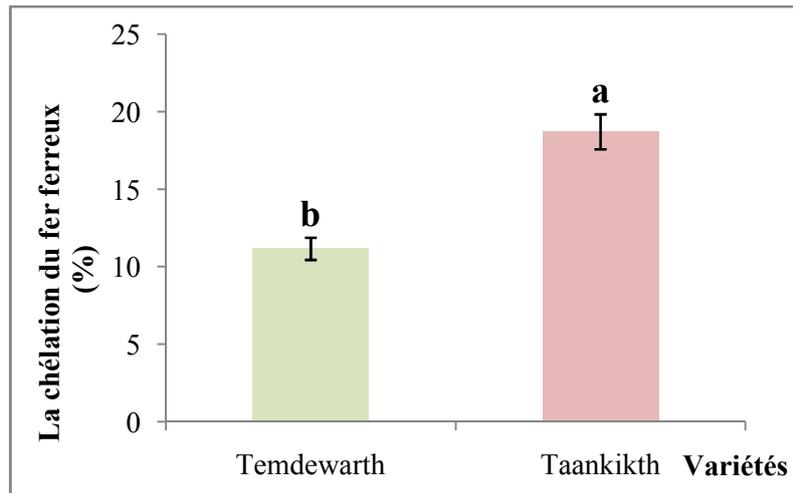
**Figure 20** : Corrélation entre le pourcentage d'inhibition du radical DPPH et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c).

Seyoum *et al.* (2006), ont pu mettre en évidence la relation entre la structure de 52 flavonoïdes (flavones, flavonols, etc.) et leurs capacités de piéger le radical DPPH. D'après les résultats obtenus par ces auteurs, les meilleures propriétés chélatrices développées pour neutraliser le radical DPPH, sont représentées par les flavonoïdes qui renferment des groupements 3',4'-dihydroxy sur le cycle B et/ou un groupement 3-OH sur le cycle C tel que Kaempferol (3, 5, 7,4'-OH).

### 5-3. Chélation du fer ferreux

La capacité chélatrice des extraits acétoniques de la courge pour l'inhibition de la formation du complexe Fe(II)-ferrozine révèle des différences significatives ( $P < 0,05$ ) entre les deux variétés analysées, le pourcentage d'inhibition pour Temdewarth et Taankikth est égal à  $11,177 \pm 0,713\%$  et  $18,748 \pm 0,130\%$  respectivement.

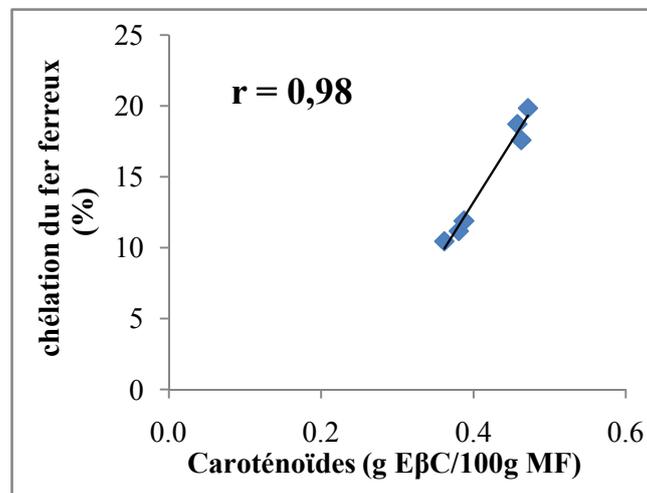
Selon les résultats obtenus dans cette présente étude, la variété Taankikth (*Cucurbita moschata*), renferme des antioxydants dotés d'une meilleure capacité chélatrice du fer ferreux avant qu'il soit complexé par la ferrozine.



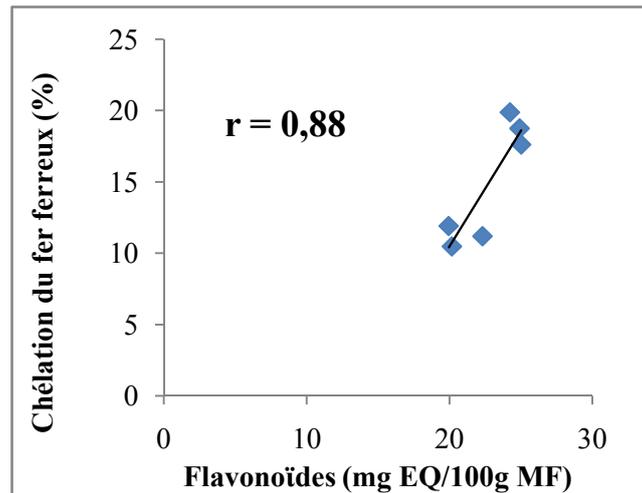
**Figure 21:** Chélation du fer ferreux.

Les résultats qui portent des lettres distinctes sont significativement différents ( $a > b$ ).

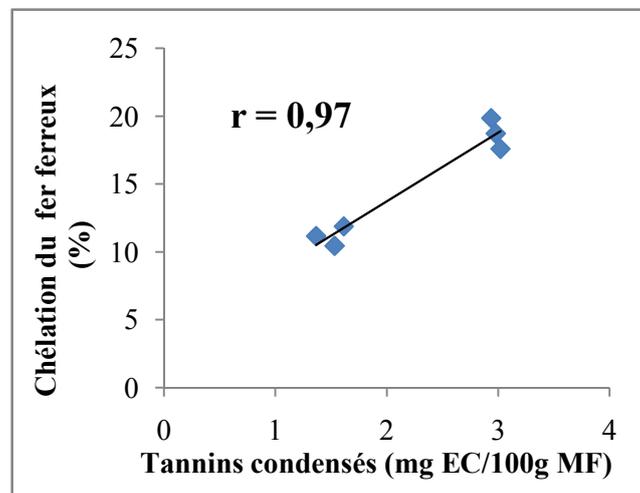
Les résultats obtenus dans cette présente étude, montrent l'existence d'une corrélation linéaire positive entre la chélation du fer ferreux et la teneur en caroténoïdes ( $r = 0,98$ ) (figure 23a), flavonoïdes ( $r = 0,88$ ) (figure 23b) et tannins condensés ( $r = 0,97$ ) (figure 23c).



(a)



(b)



(c)

**Figure 22** : Corrélation entre la chélation du fer ferreux et les caroténoïdes (a), flavonoïdes (b) et tannins condensés (c).

Pour les trois activités étudiées (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire et chélation du fer ferreux), des corrélations positives sont obtenues avec les caroténoïdes, flavonoïdes et les tannins condensés, ceci est probablement expliqué par la concentration et la nature complexe des antioxydants présents dans la courge pour les différentes espèces et variétés voir leur structure et fonction qui contribuent essentiellement dans le piégeage des radicaux et autres ayant des affinités pour le fer, en concurrence avec la ferrozine.

# Conclusion

---

L'objectif de ce présent travail est d'identifier le solvant qui donne une meilleure extraction en polyphénols totaux parmi les 10 solvants utilisés, suivi du dosage de quelques antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, tannins condensés, caroténoïdes) présents dans la chair de deux variétés de courge Temdewarth et Taankikth appartenant aux espèces *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* respectivement et une estimation de quelques activités antioxydantes par évaluation du pouvoir réducteur, activité antiradicalaire (DPPH) et chélation du fer ferreux (test de ferrozine).

Le meilleur solvant d'extraction des composés phénoliques totaux est représenté par acétone 90% (v/v) avec une teneur égale à  $57,812 \pm 2,171$  mg EAG/100g MF pour la variété Temdewarth.

La variété Taankikth présente une concentration élevée en caroténoïdes totaux et flavonoïdes avec une valeur égale à  $0,464 \pm 0,007$  g E $\beta$ C/100g MF et  $24,717 \pm 0,0427$  mg EQ/100g MF respectivement, tandis que la teneur en tannins condensés des deux variétés est faible.

La variété Taankikth a développé les meilleures activités antioxydantes voir le pouvoir réducteur, DPPH et chélation du fer ferreux avec des valeurs égales à  $35,694 \pm 0,783$  mg EAA/100g MF,  $10,271 \pm 0,158\%$  et  $18,748 \pm 0,130\%$  respectivement.

La teneur en caroténoïdes, flavonoïdes et tannins condensés présentent des corrélations linéaires positives avec les activités antioxydantes des extraits des deux variétés de la courge ( $r=0,98$ ,  $r=0,93$  et  $r=0,99$ ) pour le pouvoir réducteur, ( $r=0,91$ ,  $r=0,94$  et  $r=0,87$ ) pour l'activité antiradicalaire et ( $r=0,98$ ,  $r=0,88$  et  $r=0,97$ ) pour l'effet chélateur de la ferrozine respectivement.

D'après les résultats obtenus dans cette présente étude, nous pouvons conclure que la variété Temdewarth a donné la meilleure teneur en polyphénols totaux mais la variété Taankikth présente une meilleure teneur en caroténoïdes, flavonoïdes, tannins et elle a développée des activités (pouvoir réducteur, DPPH et chélation du fer ferreux) importantes ceci est dû à l'efficacité de ses antioxydants.

\*Les polyphénols restent toujours des éléments naturels nécessaires à notre organisme et leurs présence est une protection contre diverses maladies qui peuvent endommager la cellule et pour cela des études doivent être complétées afin d'approfondir ce travail, il serait intéressant de réaliser une optimisation en utilisant d'autres solvants et aussi leur mélange à

---

des rapports bien définis, d'élargir l'échantillonnage à l'échelle nationale, utilisation d'autres variétés et espèces de courge, étude des autres parties du fruit comme les graines et écorce, extraction et de dosage de la vitamine C (acide ascorbique), évaluation d'autres activités antioxydantes (FRAP et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), identifier les composés phénoliques (acides phénoliques, les tannins hydrolysables, tannins condensés, flavonoïdes) et les caroténoïdes contenus dans la courge par d'autres méthodes plus précises telles que HPLC et GC-MS.

Il serait souhaitable, d'étudier d'autres activités biologiques telles que les activités antibactériennes, antifongiques, etc.

# Références bibliographiques

---

## A

- **Adedapo A.A., Jimoh F.O., Afolayan A.J. et Masika P.J.** (2008). Antioxidant activities and phenolic contents of the methanol extracts of the stems of *Acokanthera oppositifolia* and *Adenia gummifera*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*.8:54.
- **Adrian J., Potus J. et Frangne R.** (1995). La science alimentaire de A à Z. 2<sup>ème</sup> Ed. Tec et Doc. Lavoisier. 404.
- **Adrian J., Potus J. et Frangne R.** (2003). La science alimentaire de A à Z. 3<sup>ème</sup> Ed. Tec et Doc. Lavoisier. 404-405.
- **Azizah A.H., Wee K.C., Azizah O. et Azizah M.** (2009). Effet of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*C. moschata*). *Internation Food Research Journal*. 16 :45 -51.

## B

- **Bastian C.** (2006). Extraction, concentration et caractérisation des composés polyphénoliques du café vert. Thèse de doctorat, spécialité : chimie analytique. Haute école valaisanne). 49p.
- **Basu H.N., Delveccchio A.J., Flider F. et Orthoefer F.T.** (2001). Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. *JAOCS*. 78:665-675.
- **Benachour K.** (2008). Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de doctorat en science, spécialité : entomologie appliquée, Université Mentouri de Constantine. 150p.
- **Benhammou N., Atik Bekkara F. et Panovska T.K.** (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus Chimie*.12:1259-1266.
- **Berger M.M.** (2006). Manipulation nutritionnelle du stress oxydant : état des connaissances. *Nutrition clinique et métabolisme*.20 :48-53.
- **Brunet S.** (2008). Analyse des mecanismes d'action antiparasitaire de plantes riches en substances polyphénoliques sur les nématodes du tube digestifs des ruminants. Thèse de Doctorat. Spécialité pathologie et nutrion. Université de Toulouse.p 246.

---

## C

- **Caili F., Huan S. et Quanhong L.** (2006). A review on pharmacological Activities and Utilisation Technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*.61:73-80.
- **Chanwitheesuk A., Teerawutgulrag A. et Rakariyatham N.** (2005). Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food chemistry*.92:491-497.
- **Chebil L.** (2006).Acylation des flavonoides par les lipases de *Candida antarctica* et de *Pseudomonas cepacia* : etude cinetique structurale et conformationnelle. Thèse de doctorat en ingénieur en industrie alimentaire. Institut National polytechnique De Lorraine.5-21p.
- **Chun O.K., Kim D.O., Smith N., Schroeder D., Han J.T. et Lee C.Y.** (2005). Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the science of Food and Agriculture*. 85:1715-1724.
- **Commission du Pacifique Sud.** (1994). Pumpkin.

## D

- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. et Vidal N.** (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*.97:654-660.
- **Duchesne A.N.** (2007). Natural History of the gourds. Paris: Muséum national d'Histoire naturelle. 454p.
- **Dutta D., Dutta A., Raychaudhuri U. et Chackraborty R.** (2006). Rheological characteristics and thermal degradation Kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of Food Gngineering*. 76: 538- 546.

## E

- **Evengelina G., Mentenegro M.A., Nazareno M.A. et Lopez de Mishima Beatriz A.** (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of Argentinian squash (cucurbita moshata).Organo official de la sociedad latinoamericana de nutrition.51.4.

---

## F

- **Fiorucci S.** (2006). Activités biologiques de composés de la famille des flavonoïdes : Approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de doctorat, spécialité : chimie. Université Nice-Sophia Antipolis.209p.
- **Fagbemi T.N., Oshodi A.A. et Lpinmoroti K.O.** (2005). Processing effects on some antinutritional factors and invitro multienzyme protein digestibility( IVPD) of three tropical seeds : Breadnut( *Artocarpusbaltilis*), Casheunut( *Anacardium occidentale*) and Fluted pumpkin( *Telfairia occidentalis*). *Pakistan journal of nutrition*.4:250-256.

## G

- **Gagnon J., Riopel- Meunier J. et Riverain M.** (2007). Encyclopédie libre : Courge.
- **Galmi S. et Ait-Amara K.** (2011).Optimisation de l'extraction des polyphénols totaux et l'activité antioxydante de la courge. (*C. maxima* et *C.moschata*) récoltée en Kabylie. Mémoire de fin de cycle.Spécialité : Bio-procédés, Agro-alimentaire, Nutrition, Toxicologie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia.51p.
- **Garcia-Perez M.E.** (2008). Caractérisation de composés phénoliques des extraits de ramilles du bouleau jaune: Etude de leur capacité antioxydante. Thèse de Doctorat, spécialité : science du bois et du foret,Université Laval Québec. 147p.
- **Gonçalves E.M., Pinheiro J., Abreu M., Brandao T.R.S. et Silva C.L.M.** (2007). Modeling the Kinetics of peroxidase inactivation, color and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima L.*) during blanching.
- **Giami S.Y.** (2003). Nutrition evaluation of germinatif fleuted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1-9.
- **Gursoy N., Sarikurku C., Cengiz M. et Halil Solak M.** (2009). Antioxidant activities, metal content, total phenolics and flavonoides of seven Marchella species. *Food and Chemical Toxicology*.47:2381-2388.

## H

- **Hadi M.** (2004). La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; étude et applications thérapeutique. Thèse de doctorat, spécialité : pharmacochimie, Université Louis Pasteurs. 155p

- 
- **Hadj-Salem J.** (2009). Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acyles de ces molécules par voie enzymatique. Thèse de doctorat, spécialité : procédés biotechnologique et alimentaire. Institut national polytechnique de lorraine. 218p.
  - **Hamed S.Y., Elhassan N.M., Hassan A.B., Eltayeb M.M. et Babiker E.E.** (2008). Nutritional Evaluation and physiochemical properties of processe pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour. *Pakistan Journal of Nutrition*. 7(2):330-334.
  - **Han X., Shen T. et Lou H.** (2007). Dietary polyphénols and their biological significance. *Intenational journal of molecular science*.8:950-988.
  - **Hecimovic I., Belscak-Cvitanovic A., Horzic D. et Komes D.** (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*. 129: 991–1000.
  - **Hernandez Y., Lobo M G. et Gonzalez M.** (2006). Determination of vitamin A in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food chemistry* .96: 654-664.

## J

- **Jacobo-Vanlencuella N., Zazueta-Morales J.D.J., Gallegos-Infante J.A., Aguilar-Gutierrez F., Camacho-Hernandez I.L., Rocha-Guzaman N.E. et Gonzalez-Laredo R.F.**(2011). Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*C. moschata* D). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 39. (1): 34-40.
- **Janick J. et Harry S.** (2006). The cucurbit Images (1515-1518) of the Villa Farnesina, rome. *Annals of botany*.97:165-176.

## K

- **Krinsky N.I. et Gohnson E.J.** (2005). Carotenoid actions and their relation to health and disease molecular aspects of medecine. 26:459-516.
- **Kumar V., Sinha A.K., Makkar H.P.S. et Becker K.** (2010). Dietary roles of phytate and phytase in humain nutrition. *Food chemistry*.120: 945-959.

---

## L

- **Lugasi A., Hovari J., Sagi K.V. et Biro L.** (2003). The role of antioxidant phytonutriente in the prevention of diseases. *Acta Biologica szegediensis*. 47 (1-4): 119 -125.

## M

- **Makkar H.P.S., Sidhuraju P. et Becker A.** (2007). Plant secondary metabolites. *Methods of molecular biology*. Humana press.
- **Marek E., Radzanowska J., Danilcenko H., Jariene E. et Cerniauskiene J.** (2008). Quality of Pumpkin Cultivars in Relation to Sensory Characteristics. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 36 (1): 73-79.
- **Marfak A.** (2003). Radiolyse gamma des flavonoides. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides. Thèse de doctorat, spécialité : biophysique, Université de Limoges. 187p.
- **Mawamba A.D., Gouado I., Leng M., Touridomon I.S. et Mbiado F.T.** (2009). Steamed-dried squashes (C.sp) can contribute to alleviate vitamin 17 deficiency. *American Journal of Food Technology*. 4(4): 170-176.
- **Miean K.H. et Mohamed S.** (2000). Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) content of edible tropical plants.
- **Milardović S., Iveković D. et Grabarić B.S.** (2006). Anovel ampirometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*. 68:175-180.
- **Murković M., Mulleder U. et Neuteufl H.** (2002). Carotenoid content in différent variétés of pumkin. *Journal of food composition and analyses*.15:633-638.

## N

- **Nawirska A., Figiel A., Kucharska A.Z., Sokol-tetowska A. et Biesiada A.** (2009). Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of food engineering*.94:14-20.
- **Nawirska-Olszannuk A., Bie Siada A., Sokol-Letowsk A. et Kucharsk A.Z.** (2011). Content of bioactive compounds and antioxidant capacity of pumpkin puree

---

enriched with Japanese quince, cornelian cherry, strawberry and apples. *Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaire*. 10(1):51-60.

## O

- **Okwu D. E. et Uknawa N. S.** (2007). Nutritive value and phytochemical contents of fluted pumpkin (*Telfaria Occidentalis Hook F*) vegetable grown with different levels of turkey droppings. *African crop science conference proceedings*. 8:1759-1964.

## P

- **Pahud Y., Tardy M. et Meldem M.** (2006). Courge: citrouille et potiron. Edition Cabedita. 2-22p.
- **Parry G., Hao Z., Luther M., Su L., Zhou K. et Yu L.L.** (2006). Characterisation of cold-pressed onion, Parsky, Cardamon, Mullein, Roasted pumpkin, and Milk thistle seed oils. *JAOCS*. 83:847-854.
- **Pericin D., Krimer V., Trivic S. et Radulovic L.** (2009). The distribution of phenolic acids in pumpkin's hull-less seed, skin, oil cake meal, dehulled kernel and hull. *Food Chemistry* 113 : 450–456.
- **Pinelo M., Rubilar M., Sineiro J. et Nunez M.J.** (2004). Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food chemistry*. 85:267-273.
- **Polèse J.M.** (2006). La culture des courges. Edition Artemis. 10-76p.

## R

- **Rakcejeva T., Galoburda R., Cude L. et Strautniece E.** (2011). Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia food science*. 1:441-447.
- **Rolland Y.** (2004). Antioxydants naturels végétaux.

## S

- **Seyoum A., Asres K. et El\_fiky.** (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoides. *phytochemistry*. 67:2058-2070.
- **Schmitt B., Roger L., Krempf M., Cherbut C., Legrand P., Gueguen L., Hercherg S. et Guihot-Joubrel G.** (1998). Nutrition et Santé Innovation Qualité sécurité alimentaire. *Britta Nutrition*. 3.

---

## T

- **Tamer C.E., Inceday B., Yonel S.P., Yonak S. et Utku copur O.** (2010). Evaluation of several quality criteria of low calorie pumpkin dessert. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(1):76-80.

## U

- **USDA.** (2007). Data base for the flavonoid content of selected foods.

## V

- **Vermerris W. et Nicholson R.** (2006). Phenolic compound biochemistry. In families of phenolic compound and means of classification. Ed. Springer. 3-23.

## W

- **Wangcharoen W. et Morasuk W.** (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of some thai culinary plants. *Maejo international journal of science and technology*. 01(02): 100-106.

## X

- **Xanthopoulou M. N., Nomikos T., Fragopoulou E et Antonopoulou S.** (2009). Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International* .42: 641–646.

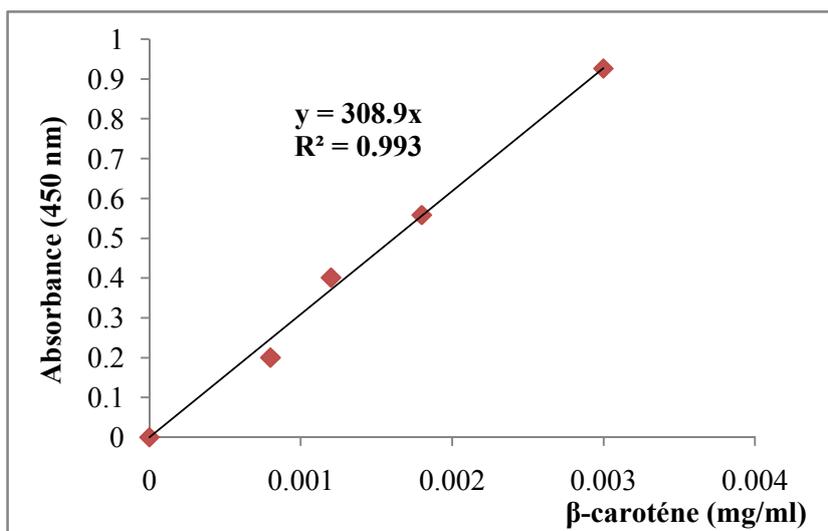
## Z

- **Zamora G.S., Yahina E.M., Brecht J.K. et Gardia A.** (2005). Effects of postharvest hot air treatment on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT*.38:657-663.
- **Zimmer N. et Cordesse N.** (1996). Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *International productions animales*.3 :167-179.

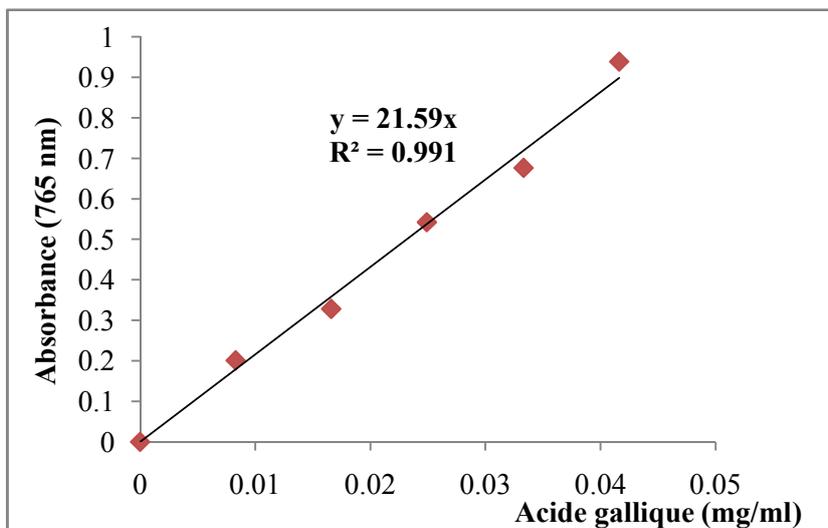
---

# Annexes

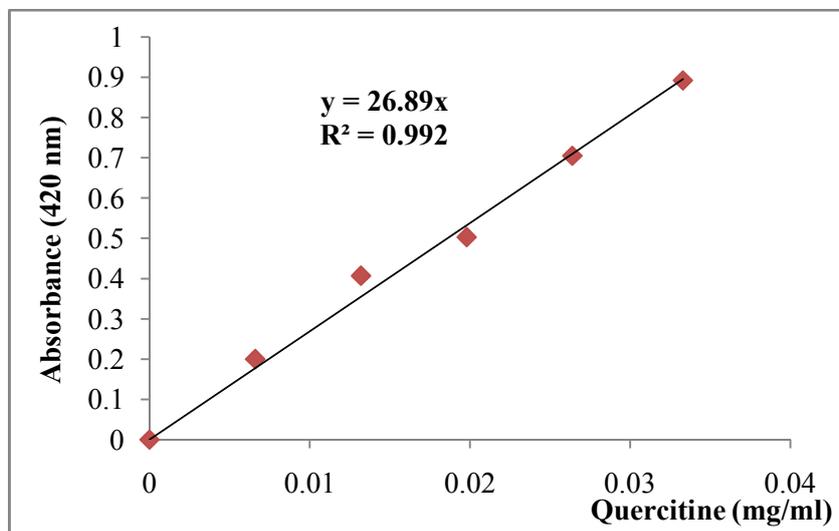
## Annexe I



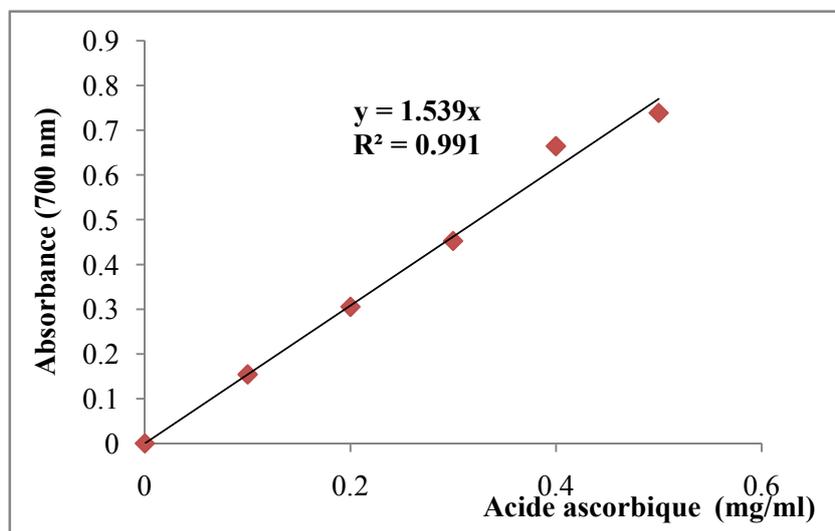
**Figure 1:** Courbe d'étalonnage des caroténoïdes.



**Figure 2:** Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.



**Figure 3:** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.



**Figure 4:** Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur.

---

## Résumé

Cette présente étude est réalisée dans le but de déterminer parmi les dix (10) solvants d'extraction utilisés, le solvant qui donne une meilleure extraction en polyphénols totaux de deux variétés de la courge Temdewarth et Taankikth appartenant aux espèces *Cucurbita pepo* et *Cucurbita moschata* respectivement, récoltées à Timezrit, ainsi le dosage de quelques antioxydants voir les caroténoïdes, les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tannins condensés et l'estimation de quelques activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire et chélation du fer ferreux). L'acétone 90% est le solvant qui a donné une meilleure extraction en polyphénols pour la variété Temdewarth.

D'après les résultats obtenus la variété Temdewarth a donné la meilleure teneur en polyphénols totaux mais la variété Taankikth présente une meilleure teneur en caroténoïdes, flavonoïdes, tannins et elle a développée des activités (pouvoir réducteur, DPPH et effet chélation du fer ferreux) importantes grâce à l'efficacité de ses antioxydants.

**Mots clés :** Courge, Temdewarth, Taankikth, Optimisation, Caroténoïdes, Polyphénols totaux, Flavonoïdes, Tannins condensés, Pouvoir réducteur, DPPH et Chélation du fer ferreux.

## Abstract

This present study is realized with the aim of determining among ten ( 10 ) used solvents of extraction, solvent which gives a better extraction in total polyphenols of two varieties of the squash (Temdewarth and Taankikth), belonging to the species *Cucurbita pepo* and *Cucurbita moschata* respectively, collected to Timezrit, and the dosage of antioxidants see some carotenoids, total polyphenols, flavonoids and condensed tannins, and the estimation of some antioxidant activities (reducing power, scavenging activity and ferrous iron chelation). The 90% acetone is the solvent that gave a better extraction of polyphenols for Temdewarth variety.

From the results obtained Temdewarth variety gave the best total polyphenol content in Taankikth but the variety has better content carotenoids, flavonoids, tannins and has developed activities (reducing power, DPPH, and ferrous iron chelation effect) significant to the efficiency of its antioxidants.

**Keywords:** Squash, Temdewarth, Taankikth, Optimization, Carotenoids, total Polyphenols, Flavonoids, Condensed tannins, Reducing power, DPPH, and Ferrous iron chelation.