

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Microbiologie Appliquée et

Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم: الميكروبيولوجيا التطبيقية

وعلوم التغذية

## Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

### *Thème*

**Impact de cuisson à l'eau sur la teneur et l'activité  
antioxydant des composés phénoliques de pois chiche**

#### Membres de jury :

- ✚ Président : Dr BEKKA F.
- ✚ Examineur : Dr DAIRI S.
- ✚ Encadrante : Dr DJABALI S.

#### Présenté par :

- ✚ M<sup>elle</sup> : ABDELALI Hayat
- ✚ M<sup>elle</sup> : SIFOUR Nadjiba
- ✚ M<sup>elle</sup> : TALEB Samira

Année Universitaire : 2020-2021

Numéro d'ordre (bibliothèque):...

# Remerciement

*Tout d'abord, nous remercions et louons Allah Tout-Puissant pour la force, la santé, et le courage qu'il nous adonné afin de réaliser cette étude*

*Nous tiens à remercier vivement Dr **DJABALI Saliha**, pour ses précieux commentaires constructifs, ses orientations et son suivi pour mener bien cette étude*

*Nos sincères remerciements vont également aux membres de jury qui ont accepté d'examiner et de juger ce travail :*

*Dr, **BEKKA Fahima** qui en fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire et*

*Dr, **DAIRI Sofiane** pour avoir accepté d'examiner ce mémoire*

*Nos remerciements vont également à tous les enseignants de la spécialité contrôle de qualité et tous les responsables de la faculté « sciences de la nature et de la vie »*

*En fin nos remerciements sont dressés plus particulièrement à nos familles ; Nos **pères, mères, sœurs et frères** et nos amis(es) qui ont su nous soutenir, nous encourager, nous aider tout au long des années.*



# Dédicace

*Je dédie ce travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, à ceux qui m'ont soutenu nuits et jours et durant tout mon parcours, à Mes très chers parents:*

*A la personne la plus chère dans ce monde « Mon père **MOHAMMED** pour sa tendresse, son encouragement, son dévouement et son soutien tout au long de ces longues années d'études*

*A la femme qui m'a encouragée, aidée et guidée dans le chemin de la vie « Ma mère **HADA** » source d'amour, et la lumière de ma vie, et qui a attendu avec patience le fruit de sa bonne éducation. C'est grâce à elle et grâce à ses sacrifices que je suis là aujourd'hui*

*À mes très chères sœurs soria, yamina, warda et Abla*

*A tous mes frères Nadir, Ahmed, AHCEN, Riad, Khaled et Hafid*

*Je le dédie aussi à mes très chères amies: Nabila, Hoda, Ahlem, Omaima, Chahira, Iman, Selaf, Nessrine, Nadjiba, Samira et la petite pousin Yasmi*

***A la promotion \*Contrôle de qualité 2021\****

***\*Hayat\****



# Dédicace

*A mes chers parents: la lumière de mes yeux, papa **Mekki** et ma chère mère **Fatima**. Merci pour tout le soutien et l'amour que vous me portez de puis mon enfance, j'espère que vous êtes satisfait de moi.*

*A mes chers frères et sœurs, ma deuxième mère Nadjat, Mon grand frère Abdelrazak et mon petit frère Hamid en témoignage de mon profond amour fraternel, tendresse et gratitude je vous souhaite une vie pleine de bonheur et succès, à la femme de mon frère, Laila, et la petite Nour Al-Yakine.*

*A mon cher fiancé « Nabil », à ma belle-mère Ziloukha, mon beau-père Moukhtar.*

*A mes chers oncles et tantes.*

*A mes amies et sœurs, Samira et Hayat.*

*Je le dédie également à tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu: Ahlem, Mounira, Souad, Rachida et chaima.*

*A la promotion\***Contrôle de qualité 2021\****

***\*Nadjiba\****



# Dédicace

*A l'aide de Allah tout puissant, qui m'atracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce  
modeste travail, le fruit de mes efforts que je dédie:*

*A mes très chers parents; ma mère **Samia** et mon père **Mahfoud**,  
pour leurs sacrifices et leurs encouragements pendant toute ma vie.*

*A vous mes très chères Frères ; Ibrahim et Abdelhakim*

*A mes très chères soeurs; Rahima, Mina, Fatima*

*A toute la famille **Taleb** et **Louadj***

*A tous mes chères amis(es) ; Nihad, Hanane, Houda, Lamia, Bouchra,*

*Layla, Faiza, Nadjiba et Hayat*

*A la promotion\***Contrôle de qualité 2021**\**

***\*Samira\****



**Liste des Abréviations****Liste des Figures****Listes des Tableaux****Introduction .....01****Synthèse bibliographique****Chapitre I : Notions essentielles sur le pois chiche (*Cicer arietinum* .L.)**

<b>I.1. Généralités.....</b>	<b>03</b>
<b>I.2. Taxonomie .....</b>	<b>03</b>
<b>I.3. Caractéristiques botaniques .....</b>	<b>04</b>
<b>I.3.1. Système racinaire.....</b>	<b>04</b>
<b>I.3.2. Feuilles.....</b>	<b>04</b>
<b>I.3.3. Tige.....</b>	<b>04</b>
<b>I.3.4. Fleurs.....</b>	<b>04</b>
<b>I.3.5. Fruits.....</b>	<b>05</b>
<b>I.4. Types de pois chiche .....</b>	<b>05</b>
<b>I.4.1.Type <i>Kabuli</i> (<i>macrosperma</i>) .....</b>	<b>05</b>
<b>I.4.2 .Type <i>Desi</i> (<i>microsperma</i>) .....</b>	<b>05</b>
<b>I.5. Répartition géographique.....</b>	<b>06</b>
<b>I.6. Facteurs limitant la production de pois chiche .....</b>	<b>07</b>
<b>I.6.1. Stress a biotique .....</b>	<b>07</b>
<b>I.6.2. Stress biotique .....</b>	<b>08</b>
<b>I.6.2.1. Maladies.....</b>	<b>08</b>
<b>I.6.2.2. Insectes ravageurs .....</b>	<b>08</b>
<b>I.6.2.3. Nématodes parasites.....</b>	<b>08</b>
<b>I.7. Composition nutritionnelle .....</b>	<b>08</b>
<b>I.7.1. Valeur énergétique.....</b>	<b>09</b>
<b>I.7.2. Protéines et acides aminés.....</b>	<b>09</b>
<b>I.7.3. Lipides et acides gras.....</b>	<b>09</b>

I.7.4. Glucides .....	09
I.7.5. Fibres alimentaires.....	10
I.7.6. Minéraux .....	10
I.7.7. Vitamines .....	10
I.8. Importance de pois chiche.....	11
I.8.1. Importance économique .....	11
I.8.2. Importance sanitaire.....	11
I.8.2.1. Réponse au glucose et à l'insuline .....	11
I.8.2.2. Contrôle du poids .....	12
I.8.2.3. Santé du tractus gastro-intestinal.....	12
I. 8.3. Importance agronomique .....	12
I.9. Situation de la culture de pois chiche .....	13
I.9.1. Dans le monde .....	13
I.9.2. Dans l'Algérie .....	13
I.10. Etapes de cuisson des grains des légumineuses.....	14
I.10.1. Préparation des graines.....	14
I.10.2. Trempage.....	14
I.10.3. Cuisson.....	14
I.10.3.1. Définition.....	14
I.10.3.2. Méthodes de cuissons .....	14

## **Chapitre II : Composés phénoliques et activité antioxydante**

II.1. Généralités.....	16
II.2. Structures et classifications des composés phénoliques .....	17
II.2.1. Acides phénoliques .....	17
II.2.2. Flavonoïdes.....	18
II.2.3. Lignanes (C6-C3).....	20
II.2.4. Tanins.....	20
II.2.4.1. Tanins condensés ou les proanthocyanidines .....	20
II.2.4.2. Tanins hydrolysables .....	21
II.3. Composés phénoliques du grain de pois chiche.....	21
II.4. Activités biologiques des polyphénols .....	22
II.4.1. A l'échelle humaine.....	22
II.4.1.1. Propriétés antioxydantes et pro-oxydantes.....	22
II.4.1.2. Propriétés anti-inflammatoires .....	23

<b>II.4.1.3.</b> Propriétés anticancéreuses .....	23
<b>II.4.1.4.</b> Propriétés antidiabétiques .....	23
<b>II.4.1.5.</b> Propriétés antimicrobiens.....	24
<b>II.4.2.</b> A l'échelle de la plante .....	24
<b>II.5.</b> Activité antioxydante des polyphénols des légumineuse .....	25
<b>II.6.</b> Biosynthèse des composés phénoliques .....	25
<b>II.6.1.</b> Voie de Shikimate .....	25
<b>II.6.2.</b> Voie des phénylpropanoïdes .....	26
<b>II.6.3.</b> Voie de l'acide malonique.....	26
<b>II.7.</b> Interaction des polyphénols avec d'autres macromolécules.....	26
<b>II.7.1.</b> Interactions polyphénols-protéines .....	26
<b>II.7.2.</b> Interactions polyphénols-polysaccharides .....	26
<b>II.7.3.</b> Interactions polyphénols-protéines-polysaccharides.....	27

**Chapitre III : Etudes antérieures traitant l'impact de la cuisson sur la teneur et l'activité  
Antioxydant des composés phénoliques du pois chiche**

<b>III.1.</b> Evaluation de la teneur des composés phénoliques de pois chiche avant et après cuisson.....	28
<b>III.1.1.</b> Flavonoïdes .....	28
<b>III.1.2.</b> Polyphénols totaux.....	29
<b>III.1.3.</b> Tanins.....	30
<b>III.1.4.</b> Acides phénoliques.....	30
<b>III.1.5.</b> Impact de l'activitéantioxydante .....	31
<b>III.1.5.1.</b> Pouvoir antiradicalaire du DPPH•.....	31
<b>III.1.5.2.</b> Evaluation du pouvoir réducteur «FRAP» .....	32
<b>III.1.5.3.</b> Méthode ABTS <sup>•+</sup> .....	32
<b>Conclusion</b> .....	34
<b>Références bibliographiques</b> .....	35
<b>Résumé</b>	



**Abs** : Absorbance  
**ABTS** : 2-Azobis-ethylBenzoThiazoline-6-Sulphonique  
**AC** : Acide Caféique  
**ADN** : Acide Désoxy Nucléique  
**AGMI** : Acides Gras Mono-Insaturés  
**AGPI** : Acides Gras Poly -Insaturés.  
**AGS** : Acides Gras Saturés.  
**APC** : Antioxydant Pectine Catéchine  
**ASS** : Afrique Subsaharienne  
**CAT** : Catalase  
**COX** : Cyclo-Oxygénase  
**DMACA** : Dé-Méthyl-Amino-Cinnam-Aldéhyde  
**DPPH** : 2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazil  
**EAA** : Equivalents d'Acide Ascorbique  
**EC** : Equivalent de Catéchine  
**ERO** : Espèces Réactives de l'Oxygène  
**EQ** :Equivalent de Quercétine  
**EAG** :Equivalent d'Acide Gallique  
**FA** : Féruic Acid  
**Fa** : Fibres Alimentaires  
**FRAP**: Ferric Reducing Antioxidant power  
**GSH**: Glutathion  
**HPLC**: High Performance Liquid Chromatography  
**LDL-C** : Lipoprotéines de Densité Légère-Cholestérole  
**LOX** : lipoxygénase  
**MDA** : Malondialdéhyde  
**MS** : Matière Sèche  
**NOS** : Oxyde Nitrique Synthèse  
**Rpm** : Révolution par minute  
**PS** : Poids Sec  
**SOD** : Super-Oxyde Dismutase  
**TAH** :Transfert d'Atomes d'Hydrogène  
**TC** : Tanin Condensé  
**TE** : Transfer d'Electron  
**TFA** : Teneur en Fibres Alimentaires.

**TGA : Tri Acyl Glycéride**

**TPS : Tampon Phosphate Salin**

**TPTZ : 2, 4, 6-Tri (2-Pyridyl) -s-TriaZine**

**USDA : United Statés Département of Agriculture**

**UV : Ultra-Violet**

## Liste des Figures

<b>Figure 01</b> : Graine de pois chiche ( <i>Cicer arietinum.L.</i> ).....	<b>05</b>
<b>Figure 02</b> : Types de cultivars de pois chiche.....	<b>06</b>
<b>Figure 03</b> : Répartition globale des zones de pois chiches.....	<b>06</b>
<b>Figure 04</b> : Production de pois chiches à l'échelle Nationale.....	<b>07</b>
<b>Figure 05</b> : Structure de base d'un phénol.....	<b>16</b>
<b>Figure 06</b> : Structure chimique de trois types d'acides phénoliques.....	<b>18</b>
<b>Figure 07</b> : Structures de l'enchaînement benzo- $\gamma$ -pyrone.....	<b>19</b>
<b>Figure 08</b> : Structure chimique de lignane.....	<b>20</b>
<b>Figure 09</b> : Structure chimique de tanins condensés .....	<b>21</b>
<b>Figure 10</b> : Structure de tanins hydrolysables.....	<b>21</b>
<b>Figure 11</b> : Quelques propriétés des composés phénoliques. ....	<b>22</b>

**Liste des Tableaux**

<b>Tableau 01</b> : Composition nutritionnelle pour 100g de pois chiche sec et cuit.....	<b>08</b>
<b>Tableau 02</b> : Principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 à 2017.....	<b>13</b>
<b>Tableau 03</b> : Composés phénoliques dans les plantes.....	<b>17</b>
<b>Tableau 04</b> : Classification des flavonoïdes.....	<b>19</b>
<b>Tableau 05</b> : Teneur en flavonoïde avant et après cuisson de graine de pois .....	<b>28</b>
<b>Tableau 06</b> : Teneur en composés phénoliques de pois chiche avant et après cuisson des grains.....	<b>29</b>
<b>Tableau 07</b> : Teneur en tanins avant et après cuisson des grains.....	<b>30</b>
<b>Tableau 08</b> : Valeur d'acide hydroxybenzoïque avant et après cuisson.....	<b>31</b>
<b>Tableau 09</b> : Valeur d'acide hydroxycinnamiques avant et après cuisson.....	<b>31</b>
<b>Tableau 10</b> : Activité antioxydante des composés phénoliques du pois chiche.....	<b>32</b>
<b>Tableau 11</b> : Activité antioxydante avant et après cuisson de graine de pois chiche.....	<b>32</b>

# *Introduction*

Le développement agricole est impératif pour améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition, les légumineuses sont des sources alimentaires importantes pour réduire la faim et lutter contre la malnutrition (**Brilhante et al., 2021**).

Au cours des dernières années, l'évolution vers les aliments à base de plantes a largement augmenté la prise de conscience mondiale de l'importance nutritionnelle des légumineuses et leur rôle crucial dans l'agriculture durable (**Wainaina et al., 2021**).

Parmi les légumineuses; le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est la troisième légumineuse produite dans le monde après les haricots secs et les féveroles (**Manickavasagan et Thirunathan, 2020**). C'est une plante annuelle dérivé de la famille des *Fabacées*. Elle est principalement cultivée dans les régions tempérées et semi-arides (**Rachwa-Rosiak et al., 2015**).

Le pois chiche représente une bonne source de glucides, protéines, acides gras insaturés tels que l'acide linoléique et l'acide oléiques, vitamines et minéraux. Il contient également des facteurs antinutritionnels (**Hirdyani, 2014**).

Les polyphénols font partie de la classe de métabolites secondaires la plus répandue dans la nature avec des structures chimiques variables. Ils sont très importants pour la conservation des aliments ainsi que la défense de systèmes vivants contre le stress oxydatif (**Castellano et al., 2012**). Ces antioxydants jouent un rôle important dans la prévention de la progression des maladies chroniques telles que le cancer et les maladies cardiaques (**Roy et al., 2007**).

Les principales sources alimentaires de polyphénols sont les fruits, les légumes et les plantes, , mais les légumineuses contribuent également à l'apport en polyphénols . Il convient de souligner que les pois chiches contiennent des quantités importantes de flavonoïde (**Aguilera et al., 2011**).

La plupart des légumineuses soient de précieuses sources de polyphénols, ils ne sont généralement pas consommés crus. Au lieu de cela, ils passent par certaines étapes de traitement, par exemple, la cuisson, le chauffage, le séchage, la fermentation qui affectent leur contenu et leur biodisponibilité (**Arfaoui., 2021**). L'effet de ces traitements et principalement, l'effet de la cuisson dans l'eau sur la capacité antioxydant et la teneur en polyphénols n'a pas été largement étudié.

Dans ce contexte, nous essayerons de présenter une étude bibliographique qui montre l'effet de la cuisson dans l'eau bouillante sur le profil phénolique de pois chiche. Le choix de cette espèce est dû à leurs vertus nutritionnelles. Pour atteindre cet objectif, nous avons jugé utile de structurer le manuscrit comme suite :

- Le premier chapitre introductif, évoquant des définitions, classification, valeur nutritionnelle du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et traite le mode de cuisson d'une manière générale.
- Le deuxième chapitre évoquant des définitions, classification et activités biologiques des polyphénols.
- Enfin, nous terminons par l'exploitation et l'explication des résultats qui ont été déjà publiés par des chercheurs sur l'impact de la cuisson à l'eau sur la teneur en composés phénoliques et leur activité antioxydant dans le pois chiche.

*Synthèse*  
*Bibliographique*



*Chapitre I*  
*Notions essentielles*  
*sur le pois chiche*  
*(Cicer arietinum L.)*

## I.1. Généralités

Les légumineuses à grains jouent un rôle important dans la sécurité nutritionnelle de millions de végétariens dans les pays en développement (Swamy et al., 2020). Elles appartiennent à la famille des *Fabacées* (Bremer et al., 2009).

Le terme « légumineuses » est divisé en trois principales catégories :

- ✓ Les légumineuses oléagineuses (arachide, soja),
- ✓ Les légumineuses protéagineuses, qui se subdivisent en légumineuses fraîches (haricot, pois) et légumineuses sèches (lentille, pois sec, haricot sec, niébé et pois chiche)
- ✓ Les légumineuses fourragères (Didinger et Henry., 2021).

Le pois chiche commun (*Cicer arietinum* L.) est originaire du Moyen-Orient il y a environ 7500 ans (Zhao et al., 2021). Il existe deux principaux types de pois chiche, à savoir le *Desi* et le *Kabuli*, que l'on appelle simplement le gramme brun et le gramme blanc (Kashif et al., 2021), et un troisième type, désigné comme intermédiaire ou en forme de pois (Sharma et al., 2013). Le pois chiche a une biodisponibilité protéique élevée, et contient 18 à 25 % de fer et une quantité élevée en vitamines hydrosolubles, ce qui en fait un substitut de la viande (Kashif et al., 2021).

## I.2. Taxonomie

*Cicer* L. est membre de la tribu *Cicereae*, sous-famille *Faboideae* ou *Papilionoideae*, famille *Fabaceae* ou *Leguminosae* (Toker et al., 2014).

Le nom *Cicer* est d'origine latine, dérivé du mot grec "kikus" qui signifie force ou puissance (Singh et Diwakar., 1995). Ce genre possède 40 espèces avec une espèce sauvage provisoire « *C. flexuosum* Lipsky », 9 espèces annuelles avec lesquelles on classe le pois chiche (*C. arietinum* L.) et 32 espèces pérennes (Toker et al., 2014).

Le pois chiche a aussi beaucoup de noms différents comme garbanzo en espagnol, pois chiche en français, Kichar ou Chicher en Allemand et Gram ou Bengal gram en Anglais (Singh et Diwakar., 1995). Le pois chiche porte aussi le nom de 'Nakhut' ou 'Nohut' en Turquie, Roumanie, Bulgarie, Afghanistan et dans les régions adjacentes de la Russie (VanderMaesen., 1987).

La classification de pois chiches selon United States Département of Agriculture (USDA) est comme suit :

**Règne** : Plantae

**Sous-règne** : Tracheobionta

**Super division** : Spermatophyta

**Division** : Magnoliophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Rosidae

**Ordre** : Fabales

**Famille** : Fabaceae

**Sous-famille** : Papilionacées

**Genre** : *Cicer*

**Espèce** : *Cicer arietinum* L. (USDA., 2008).

### I.3. Caractéristiques botaniques

#### I.3.1. Système racinaire

Au fur et à mesure de la maturation de la plante, on observe la substitution des tissus périphériques par une couche de liège. Les racines de la plante ont une association symbiotique avec les *Rhizobium* et qui forment des structures spécialisées appelées nodules racinaires, qui aident à fixer l'azote atmosphérique. Ainsi, cette culture peut être incluse dans la rotation des cultures partout où les cultures céréalières à racines peu profondes ne sont cultivées que toute l'année afin de maintenir la fertilité du sol (Ravneet et Kamlesh., 2021).

#### I.3.2. Feuilles

Les feuilles sont composées pennées avec 3-8 paires de folioles, le long d'un rachis central ou simples (unifoliolées) avec un limbe à une seule feuille (Muehlbauer et Rajesh., 2008). Les stipules sont les excroissances à la base du pétiole de la feuille. Chez le pois chiche, elles mesurent 3-5 mm de long et 2-4 mm de large. La surface externe de la plante est couverte de poils glandulaires (surface pubescente), sauf la corolle (Ravneet et Kamlesh., 2021).

#### I.3.4. Tige

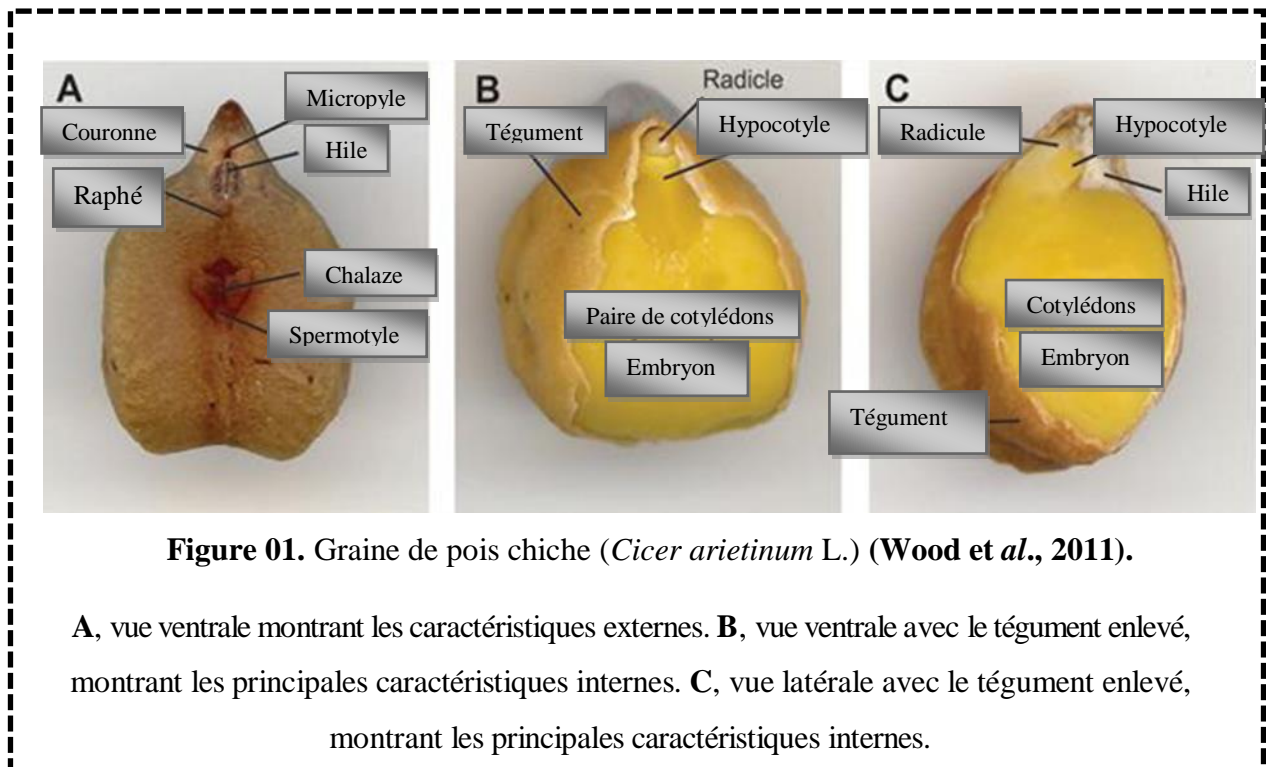
Les tiges de la plante de pois chiche sont ramifiées, érigées, quadrangulaires, côtelées, velues, herbacées et vertes. Elles sont généralement classées en branches primaires, secondaires et tertiaires (Ravneet et Kamlesh., 2021).

#### I.3.5. Fleurs

Les fleurs sont zygomorphes, solitaires et articulées (Leport et al., 2006), généralement de couleur blanches, bleues ou mauves et le calice sub-gibbeux (Ladizinsky et Abbo., 2015). La précocité de la variété, la date et la densité du semis et des techniques culturales sont des facteurs limitant l'apparition des premières fleurs (Leport et al., 2006). La plante se caractérise par une floraison massive mais le taux de nouaison est faible et varie de 28 à 37 % respectivement, chez les types *Kabuli* et *Desi* (Mahiout., 2017).

### I.3.6. Fruits

Le fruit sont des gousses, de forme ovale et réniformes, renferme en générale 1 à 2 graines, par fois 3 graines plus ou moins arrondies portant un bec (terminé en pointe), Elles n'éclatent pas durant la maturité (Soltani et al., 2006). La région interne de l'enveloppe de la graine de pois chiche est appelée "région parenchymateuse", qui se différencie encore en hypoderme extérieur et le parenchyme interne (Figure01) (Ravnet et Kamlesh, 2021).



### I.4. Types de pois chiche

Il existe deux types distincts de pois chiche, le "*Kabuli*" (également connu sous le nom de *Macrosperma*) et le "*Desi*" (également connu sous le nom de *Microsperma*) qui diffèrent par leur distribution géographique et leur type de plante (Figure02) (Purushothaman et al., 2014).

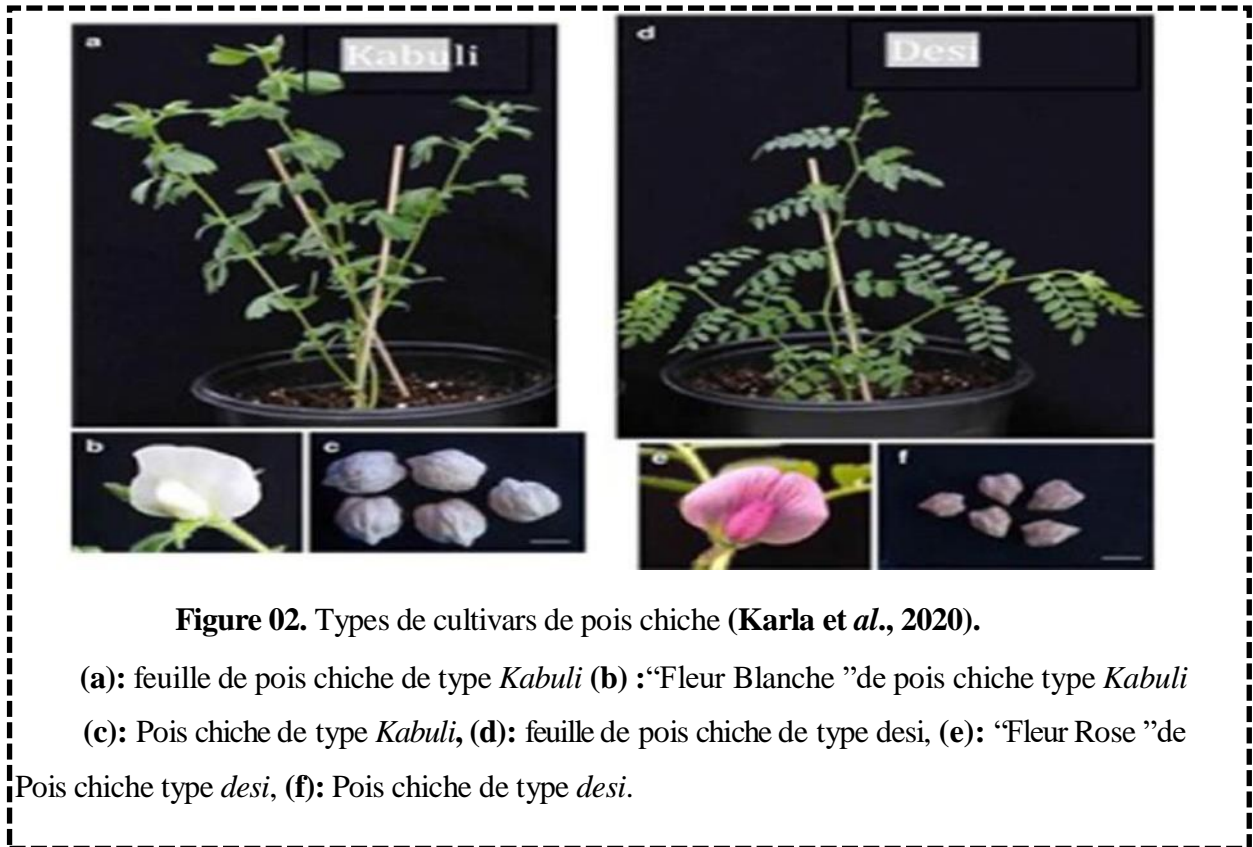
#### I.4.1. Type *Kabuli* (*Macrosperma*)

Les pois chiches *Macrosperma* vient des fleurs blanches, un tégument fin et une surface de graine lisse, mais sans pigmentation anthocyanique sur la tige, et des graines relativement grosses et de couleur crème. Ils sont largement cultivés dans le monde, notamment en Asie occidentale, en Afrique du Nord, en Amérique du Nord et en Europe (Zhang et al., 2020).

#### I.4.2. Type *Desi* (*Microsperma*)

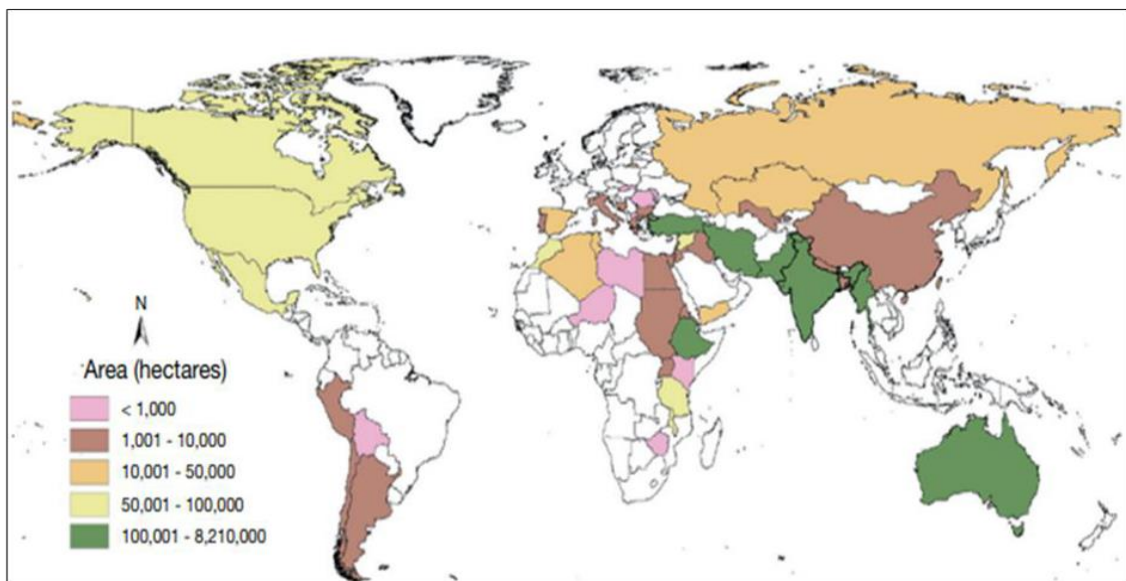
Les pois chiche *Microsperma* vient des fleurs roses, une pigmentation anthocyanique sur les tiges et un tégument coloré et épais, et de petites graines de différentes couleurs, Ils sont principalement

cultivés en Asie et en Afrique (Zhang et al., 2020).



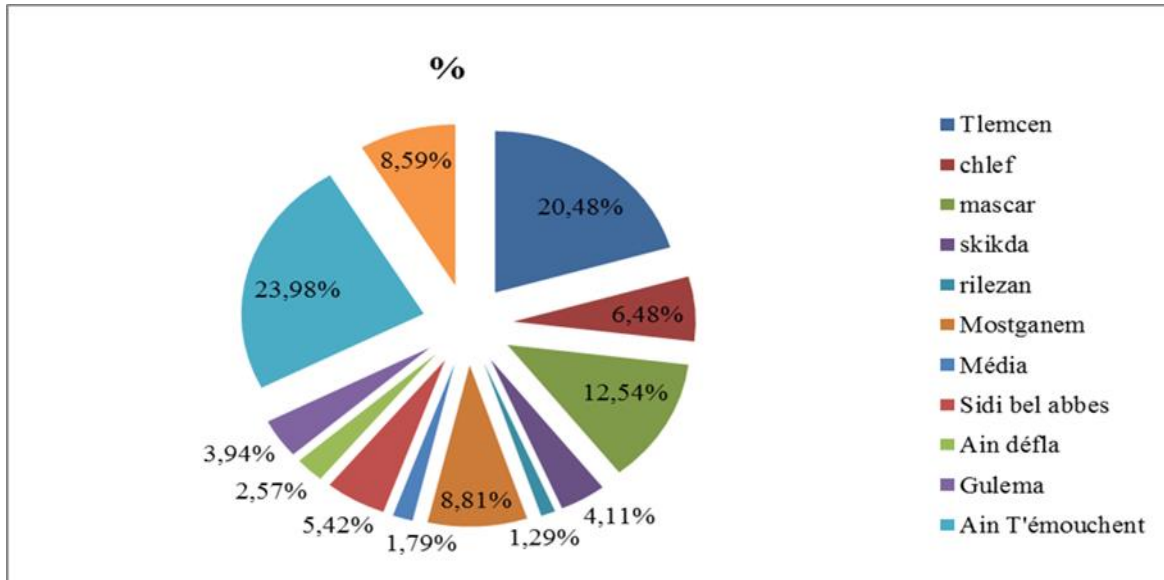
### I.5. Répartition géographique

La culture de pois chiche est largement répandue dans le sous-continent indien, au Moyen-Orient, en Afrique de l'Est, en Amérique du Nord et dans la région méditerranéenne. Il est utilisé en la Chine, le Pakistan, l'Inde, le Mexique, la Turquie, l'Éthiopie et les États-Unis (Figure03) (Xiaoyan et al., 2021)



Le Pois chiche est célèbre en Algérie, comme c'est le cas dans tous les autres pays méditerranéens. Il apparaît que la région Nord de l'Algérie englobe la majorité des superficies cultivées en légumineuses alimentaires, avec plus de 52,83% pour la région Nord-Ouest. Le pois chiche est cultivé dans les zones littorales et les plaines intérieures (**Zine-Zikara et al., 2015**).

La figure 04 représente les wilayas qui cultivent le pois chiche en Algérie.



**Figure 04.** Production de pois chiche à l'échelle Nationale (**Zine-Zikara et al., 2015**).

## I.6. Facteurs limitant la production de pois chiche

### I.6.1. Stress abiotique

À l'échelle mondiale, la sécheresse est le stress abiotique le plus grave pour la productivité du pois chiche et le facteur le plus important d'instabilité du rendement dans les principaux pays producteurs comme l'Asie et l'Afrique, où le pois chiche est principalement cultivé comme culture pluviale sur humidité résiduelle (**Millán et al., 2015**).

Les températures sous-optimales pour le pois chiche peuvent être classées en deux groupes, c'est-à-dire les contraintes de température basse et élevée puisque le pois chiche se développe bien à des températures comprises entre 15 et 29°C (**Imtiaz et al., 2011**).

Le refroidissement (entre 0 et 12 ° C), la congélation (en dessous de 0°C) et les températures glaciales (- 10°C) affectent négativement les pois chiche entraînant des avortements de fleurs. Le déséquilibre nutritionnel (carences en macronutriments et en micronutriments) et la salinité représentent aussi autres facteurs qui influencent la production de pois chiche par affection de certains processus parmi les quelles la fixation de l'azote (**Toker et al., 2014**).



## I.6.2. Stress biotique

Le potentiel de rendement de pois chiche est souvent limité par divers stress biotiques, y compris les maladies fongiques et virales, les insectes, les nématodes et les mauvaises herbes (Li et al., 2015).

### I.6.2.1. Maladies

Parmi les maladies, qui conduisent à une réduction globale de la production annuelle de pois chiches, les maladies fongiques suivies par les maladies virales et bactériennes (Gurjar et al., 2011). Les principales maladies sont l'Ascochytose (*Ascochyta blight*), la Fusariose (*Fusarium oxysporum f. Sp. Ciceri*), la pourriture phytophthoréenne des racines (*Phytophthora medicaginis*) et la moisissure grise botrytis (*Botrytis cinerea*) (Rasool et al., 2015).

### I.6.2.2. Insectes ravageurs

Les principaux ravageurs sont le foreur des gousses *Helicoverpa* (*Helicoverpa armigera* et *Helicoverpa punctigera*) et lamineuse des feuilles (*Liriomyza cicerina*) (Rasool et al., 2015).

### I.6.2.3. Nématodes parasites

Les nématodes parasites des plantes signalés dans les principales zones de culture du pois chiche comprennent le nématode réniforme (*Rotylenchulus reniformis*), les nématodes à galles (*Meloidogyne spp*), Les nématodes des racines (*Pratylenchus spp*) et les nématodes kystiques (*Heterodera spp*). On estime qu'ils entraînent des pertes de rendement annuelles de 14% (Materne et al., 2011).

## I.7. Composition nutritionnelle

Le pois chiche *Cicer arietinum* L, est considéré comme l'une des légumineuses les plus nutritives pour l'homme ; la valeur nutritive est importante grâce à ses grains qui sont riches en composé organique et minéral (Tableau01) (Rio., 2017).

**Tableau 01.** Composition nutritionnelle pour 100 g de pois chiche sec et cuit (Didier et Stéphane ., 2017).

Composition organique (en100g)		Composition minérale ( en100g)	
Pois chiche sec	Pois chiche cuit	Pois chiche sec	Pois chiche cuit
Protéines(g) 20,5	Protéines (g) 8,9	Fer (mg) 4,31	Fer (mg) 2,89
Lipides(g) 6.0	Lipides (g) 2,6	Zinc (mg) 2,76	Zinc (mg) 1,53
Glucides(g) 63,0	Glucides (g) 27,4	Calcium (mg) 57	Calcium (mg) 49
Fibre(g) 12,2	Fibre (g) 7,6		
Énergie (kcal ) 378	Énergie (kcal) 116		

### I.7.1. Valeur énergétique

Les valeurs énergétiques pour le pois chiche ont été rapportées à 14-18 MJ/kg (334-437Kcal/100g) pour les types *Desi* et 15-19 MJ/kg (357-446 Kcal/100 g) pour les types *Kabuli*. Les types *Kabuli* ont généralement des valeurs énergétiques légèrement supérieures à celles des types *Desi* cultivés dans des conditions identiques (Wood et Grusak., 2007).

### I.7.2. Protéines et acides aminés

Les principales protéines trouvées dans les pois chiches sont les glutéines, les prolamines, l'albumine et la globuline (Rachwa-Rosiak et al., 2015). La concentration en protéines varie généralement entre 160 et 300 g kg<sup>-1</sup> pour le type *Desi* et entre 120g et 290 g kg<sup>-1</sup> pour le type *Kabuli* (Książak et Bojarszczuk ., 2020). Cette légumineuse est riche en acides aminés essentiels tels que l'isoleucine, lysine et tryptophane (Alajaji et El-adawy., 2006).

### I.7.3. Lipides et acides gras

La composition et les quantités élevées en acides gras insaturés font de pois chiche une légumineuse spéciale, adapté aux applications nutritionnelles (Zia-ul-Haq et al., 2008). Le pois chiche est composé de 66% d'acides gras polyinsaturés (AGPI), 19 % d'acides gras mono insaturés (AGMI) et environ 15% d'acides gras saturés (AGS) (Carbas et al., 2021).

### I.7.4. Glucides

Le grain de pois chiche se caractérise par une teneur élevée en monosaccharides, disaccharides et oligosaccharides (Rachwa-Rosiak et al., 2015). Les glucides totaux dans les grains de pois chiche sont jus qu'à 62% et la proportion majeure est d'amidon (Kaur et al., 2019).

- **Monosaccharides**

Les plus courants sont le glucose (0,7%), le fructose (0,25%), le ribose (0,1%) et le galactose (0,05%) (Jukanti et al., 2012).

- **Disaccharides**

Les plus abondants sont le saccharose (1-2%) et le maltose (0,6%) (Wood et Grusak, 2007).

- **Oligosaccharides**

Les oligosaccharides sont généralement définis comme des polymères composés de 2 à 4 monosaccharides. Le pois chiche *Desi* contient de 0,4 à 2,8% et le pois chiche *Kabuli* de 1,2 à 3,9%. Les oligosaccharides les plus importants du pois chiche ont le raffinose (2,2%), le stachyose (6,5%), le cicérito (13,1%) et le verbascose (0,4%) (Wood et Grusak, 2007).



- **Polysaccharides**

Les polysaccharides sont des polymères de poids moléculaire élevé, présents sous forme d'hydrates de carbone de stockage (par exemple, l'amidon) ou d'hydrates de carbone structurels (par exemple, la cellulose). La teneur totale en amidon des graines de pois chiches a été rapportée à environ 525 g/kg MS, environ 35% de l'amidon total est considéré comme de l'amidon résistant et les 65% restants comme de l'amidon disponible. Les types *Kabuli* ayant plus de sucres solubles (saccharose, glucose et fructose) par rapport aux types *Desi* (Jukanti et al., 2012).

### **I.7.5. Fibres alimentaires**

Les fibres alimentaires (Fa) sont la partie non digestible des aliments végétaux dans l'intestin grêle de l'Homme. Ils sont composés de poly/oligosaccharides, de lignine et d'autres substances végétales. La teneur totale en fibres alimentaires (TFA) du pois chiche est de 18-22 g pour 100 g de graines brutes de pois chiche, ce dernier a la plus grande quantité de Fa parmi les autres légumineuses (Kaushal et al., 2017).

Les teneurs en fibres solubles et insolubles sont respectivement de 4 à 8 g et de 10 à 18 g / 100 g de graines de pois chiche type *Desi* et *Kabuli*, respectivement. La faible teneur en fibres dans les coques de pois chiche peut être attribuée à la difficulté de séparer la coque des cotylédons lors de la mouture et le broyage (Kaushal et al., 2017).

### **I.7.6. Minéraux**

La graine de pois chiche crue (100 g) fournit en moyenne 5,0 mg de fer, 4,1 mg d'azote, 4,5 mg de phosphore, 4,1 mg de zinc, 138 mg de magnésium, et 160 mg de calcium. Environ 100 g de graines de pois chiche permet de couvrir les besoins quotidiens en fer (1,05 mg/jour chez l'Homme et 1,46 mg/jour chez la femme) et en zinc (4,2 mg/jour chez l'Homme et 3,0 mg /jour chez la femme) et 200 g peuvent satisfaire celui de magnésium (260 mg/jour chez l'Homme et 220 mg/jour chez la femme) (Kaushal et al., 2017).

### **I.7.7. Vitamines**

Le pois chiche contient des quantités considérables de la vitamine E et de la vitamine B9 à raison de 11,2 et 206,5 mg/100 g pour le type *Desi* et 12,9 et 299,0 mg/g pour le type *Kabuli*. Il s'agit d'une bonne source d'acide folique couplée avec des quantités plus modestes de vitamines hydrosolubles telles que la riboflavine B2 (*Desi* :0,21 mg /100g, *Kabuli* :0,26 mg /100g ), l'acide pantothénique B5 (*Desi* :1,01mg/100g, *Kabuli* : 1,02mg /100g) et la pyridoxine B6 (*Desi* : 0,30mg/100g, *Kabuli* : 0,38 mg /100g), ces niveaux sont similaires ou supérieurs à ceux observés dans d'autres légumineuses (Jukanti et al., 2012, Ravneet et Kamlesh., 2021).

## **I.8. Importance de pois chiche**

### **I.8.1. Importance économique**

Le pois chiche est la troisième légumineuse à grains produite (10,1 millions de tonnes/ans), après les haricots communs (21,5 millions de tonnes/ans) et les pois (10,4 millions de tonnes/ans) (**Houasli et al., 2014**).

Le pois chiche est une culture à faible coût. Il a un grand potentiel économique dans l'Afrique subsaharienne (ASS), où il ne représente actuellement qu'environ un demi-million d'hectares sur les quelque 12 millions d'hectares de terres de production totale de pois chiches dans le monde (**Asnake et al., 2020**). La majeure partie de la production étant centrée en Inde et la superficie consacrée au pois chiche a augmenté ces dernières années et s'élève à environ 13,5 millions d'hectares (**Muehlbauer et Sarker., 2017**).

Plus de 1,3 million de tonnes de pois chiche entrent dans les marchés mondiaux chaque année pour compléter les besoins des pays incapables de répondre à la demande par la production nationale. L'Inde, l'Australie et le Mexique sont les principaux exportateurs (**Muehlbauer et Sarker., 2017**).

Le pois chiche a un marché restreint et volatil. Une augmentation persistante de la demande de pois chiches en Asie et en Afrique a entraîné une augmentation des importations (**Merga et Haji., 2019**).

### **I.8.2. Importance sanitaire**

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), est une légumineuse importante cultivée et consommée dans le monde entier (**Kishor et al., 2017**), notamment dans les pays afro-asiatiques (**Sajad et al., 2020**). Il présente de nombreux avantages :

#### **I.8.2.1. Réponse au glucose et à l'insuline**

Les glucides de pois chiche sont digérés à un rythme très lent (**Mamta et al., 2021**) donc, les pois chiches ont un indice glycémique bas (**Wallace et al., 2016**). La glycémie postprandiale est l'un des facteurs liés aux maladies chroniques. L'ajout de la farine de pois chiches grillés améliore non seulement la réponse glycémique postprandiale, mais réduit également considérablement l'indice glycémique et la charge glycémique du pain blanc (**Shishehbor et Saki-Malehi., 2017**).

Le pois chiche a été utilisé comme médicament traditionnel pour le traitement et la prévention de nombreuses maladies, en particulier le diabète de type 2, l'hyperlipémie, la bronchite, etc. (Haji-Akber et al., 2019).

### **I.8.2.2. Contrôle du poids**

En général, les régimes riches en fibres, faibles en densité énergétique et en charge glycémique et modérés en protéines sont considérés comme particulièrement importants pour le contrôle du poids. Les consommateurs de pois chiches étaient 53 % moins susceptibles d'être obèses et 51 % moins susceptibles d'avoir un taux de glucose élevé (Wallace et al., 2016). Cette impulsion est constituée d'une quantité riche en protéines et de fibres qui aident à réduire la sensation de faim et les fringales afin que les gens puissent manger en toute sécurité des aliments malsains et aident à minimiser le problème de prise de poids (Mamta et al., 2021).

### **I.8.2.3. Santé du tractus gastro-intestinal**

Des études humaines sur les pois chiches rapportent des améliorations globales de la santé intestinale caractérisées par une fréquence accrue de défécation, une facilité de défécation et une consistance plus molle des selles lors d'un régime de pois chiches par rapport à un régime habituel (Wallace et al., 2016). Les légumineuses contiennent des composantes qui tendent à provoquer des lourdeurs digestives et des ballonnements. C'est pourquoi il est important de bien les cuisiner. Il est nécessaire de les faire cuire longuement de façon à ce que la chaleur rende inoffensifs la plupart des enzymes qui gênent la digestion (El-Naggar et al., 2019).

### **I.8.3. Importance agronomique**

Le pois chiche est une culture de grande valeur pour les agriculteurs. Les pois chiches australiens sont réputés pour leur haute qualité et sont généralement très demandés dans le monde en raison de bonnes pratiques agricoles et de normes strictes de qualité des grains (Wood et Scott., 2021).

C'est une légumineuse présentant des nodosités racinaires hébergeant des bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et le restituer au sol (Kichou., 2003). Cela conduit à l'enrichissement du sol en azote, renforçant sa fertilité et améliorant les rendements. La fertilité des sols va favoriser l'installation des autres plantes présentant un intérêt écologique par le recouvrement des zones arides et semi arides. Cet apport d'azote limite le recours aux engrais chimiques, ce qui réduit le coût de production et la pollution de l'environnement (Boulbaba et al., 2009).

## I.9. Situation de la culture de pois chiche

### I.9.1. Dans le monde

La production mondiale de pois chiche a connu une croissance constante au cours de la dernière décennie (Xing et al., 2020). La majorité de la production étant concentrée en Asie du Sud et en particulier l'Inde; c'est le plus grand pays producteur de pois chiche, avec 69,21 % de la production mondiale totale puisqu'il contribue à 70,57 % de la superficie mondiale totale. Hors l'Inde, la productivité la plus élevée du pois chiche est observée en Australie (4.876.693 Tn/H), suivie du Myanmar (2.790.562 Tn/h) et de l'Éthiopie (2.307.096 Tn/h) (Merga et Haji., 2019). Les autres principaux pays producteurs de pois chiches sont le Pakistan, Turquie, Iran, Canada et États-Unis (Tableau 02) (Gaur et al., 201

**Tableau 02.** Principaux pays producteurs du pois chiche durant l'année 2014 à 2017 (Merga et Haji., 2019).

Pays	Région	Superficie (H)	Production (Tn/H)
Asie du sud	Inde	8.927.600	41.827.500
	Myanmar	374.765	2.790.562
	Pakistan	959.027	2.145.445
Europ	Italie	12.577.4	97.779
	Russie	212.555.2	998.293
	Espagne	39.346.6	182.766
Amérique du Nord	Canada	64.991.2	546.700
	U.S.I	125.703.6	963.523
Asie de l'Ouest	Turquie	381.728	2341.000
	Iran	505,829.4	1.199.901
Afrique	Éthiopie	237,182	2.307.096
	<b>Algérie</b>	<b>27,925.5</b>	<b>145.905</b>
	Malawi	62,922.4	196.405
	<b>Australie</b>	650,528.8	4.876.693

### II.9.2. Dans l'Algérie

L'espèce *Cicer arietinum* L. occupe une grande place dans les habitudes alimentaires algériennes, elle est de ce fait très demandée par la population (Abdelguerfi-Laouar et al., 2001). La production de pois chiche en Algérie à présenter une hausse importante après 2008, année durant laquelle on enregistre les chiffres les plus bas depuis le début du 21ème siècle. En 2013, nous remarquons une légère baisse des superficies emblavées mais ceci est resté sans répercussion sur la production qui n'a pas cessé d'augmenter. En 2014, les superficies consacrées au pois chiche sont

plus importantes, ce qui donne lieu à une meilleure production (35.118 Tn /H en 2014 contre 34.980 Tn/H en 2013) (Mahouit., 2017).

## **I.10. Etapes de cuisson des grains de légumineuses**

### **I.10.1.Préparation des graines**

Cette étape consiste à faire un nettoyage intensif des graines par élimination des parties non comestibles et les corps étrangers comme les feuilles, racines, tiges et toute matière solide telle que les morceaux de sable.

### **I.10.2. Trempage**

Le pois chiche est connu pour être une légumineuse difficile à cuisiner. Le trempage dans l'eau ou des sels alcalins est un prétraitement de cuisson qui permet de raccourcir le temps de cuisson (Aharon et al., 2011). De plus, le trempage élimine certains composés non nutritifs, qui peuvent être partiellement ou totalement solubilisé et éliminé avec la solution de trempage jetée (Chenoll et al., 2009). Généralement, les légumineuses sont trempées dans un rapport pondéral de 1 : 4 (graine : eau) entre 16 et 24 heures (Serventi., 2020). Pendant le trempage, l'eau pénètre dans les granulés d'amidon (Pathan et al., 2021). Cependant, il diminue également les niveaux de composés bioactifs et l'activité antioxydante de ces aliments (Aharon et al., 2011).

### **I.10.3. Cuisson**

#### **I.10.3.1.Définition**

La cuisson est une opération qui consiste à chauffer un aliment à un certain niveau pendant un certain temps et dans un environnement bien défini (Bimbenet et al., 2002). Les graines de pois chiches sont généralement cuites pour produire une texture acceptable pour le consommateur et d'améliorer la qualité nutritionnelle de la graine (Chenoll et al., 2009). Le temps de cuisson des légumineuses varie selon le type de légumineuse et si les graines ont été trempées, séchées, ou non traitées avant cuisson (Drulyte et Orlie., 2019 ; Serventi., 2020).

#### **I.10.3.2.Méthodes de cuisson**

Par rapport aux graines de pois chiche entières, les graines décortiquées contiennent des quantités plus élevées de glucides, de protéines et de vitamines avec une concentration plus faible de fibres alimentaires et donc une valeur nutritionnelle globale plus élevée (Sajad et al., 2020).

- **Cuisson dans l'eau**

La cuisson dans l'eau est la méthode de traitement thermique la plus simplement utilisée pour cuire les aliments dans un liquide bouillant sur un brûleur chaud et dans un récipient en acier inoxydable (Agbo et al., 2019).

- **Cuisson à la vapeur**

La cuisson à la vapeur met l'aliment en contact direct avec la chaleur en supprimant le phénomène d'osmose. Elle s'effectue à l'aide d'une couscoussière où la vapeur d'eau permet une cuisson homogène et conserve la saveur et la valeur nutritionnelle des aliments cuits (**Turkmen et al., 2005**). Elle est en revanche plus longue que la cuisson dans l'eau bouillante (**Dauté et al., 2001**).

- **Cuisson sous pression**

La cuisson sous pression est une méthode de traitement domestique courante utilisant l'apport à haute énergie pour raccourcir le temps de traitement (**Drulyte et Orlie., 2019**).

- **Autres méthodes**

#### **Cuisson par extrusion**

L'extrusion est une méthode de traitement thermique non traditionnelle, s'est développée rapidement au cours de la dernière décennie. La cuisson par extrusion de légumineuses permettrait de réduire les facteurs antinutritionnels et donc d'améliorer la qualité nutritionnelle à moindre coût que d'autres systèmes de chauffage (cuisson, autoclavage, etc.) (**Batista et al., 2010**).

- **Torréfaction**

La torréfaction est l'une des étapes de traitement thermique pour améliorer la saveur, la couleur et la texture et l'acceptabilité globale du produit (**Bagheri et al., 2016**). La torréfaction de légumineuses à des températures élevées provoque une élimination plus rapide de l'eau, réduit l'activité de l'eau, augmente le croustillant, modifie les propriétés antioxydantes et fonctionnelles, améliore la durée de conservation et augmente l'acceptation du produit par les consommateurs (**Jogihalli et al., 2017 A**).

*Chapitre II*

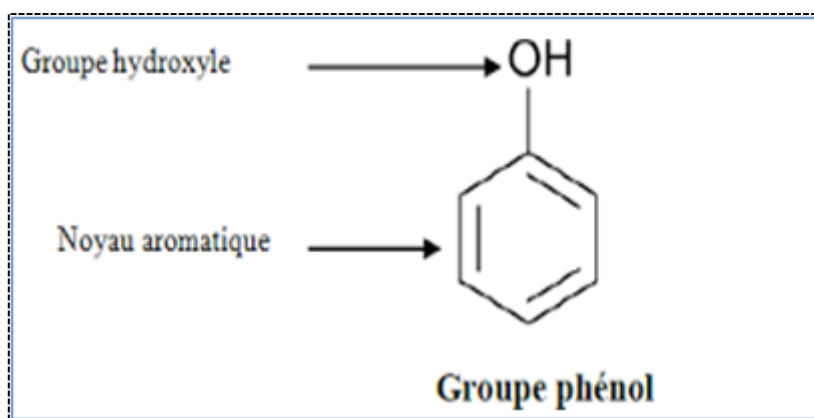
**Composés Phénoliques et  
Activité Antioxydant**

## II.1. Généralités

Les composés phénoliques, sont des composés organiques présents dans toutes les plantes en tant que métabolites secondaires à des concentrations variables (**Lund., 2021**). Ils contiennent un groupement hydroxyle (-OH) lié directement à un groupement hydrocarboné aromatique (Figure 05) (**Tsimogiannis., 2019**).

Des études épidémiologiques, ont indiqué que la consommation régulière d'aliments riches en composés phénoliques (fruits, légumes, céréales complètes, vin rouge, thé) est associée à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives et de certains cancers (**Huange., 2007**).

Les métabolites secondaires forment également une caractéristique importante pour nos plantes alimentaires (goût, couleur, odeur, etc.) et nos plantes ornementales (**Verpoorte., 2002**).



**Figure 05.** Structure de base d'un phénol (**Mello., 2015**).

De plus, les composés phénoliques peuvent se trouver dans la matrice alimentaire sous trois formes différentes (**Perez-Perez et al., 2021**) :

- ✓ Les composés phénoliques libres liés superficiellement par des interactions hydrophobes, des ponts hydrogènes ou des forces électrostatiques.
- ✓ Composés phénoliques conjugués liés aux protéines et aux sucres par des liaisons faibles similaires aux phénols libres.
- ✓ Composés phénoliques liés de manière covalente par des liaisons ester ou éther à la paroi cellulaire avec des composants tels que la cellulose, l'hémicellulose, la lignine, la pectine et les protéines structurelles (**Perez-Perez et al., 2021**).



## II.2. Structures et classifications des composés phénoliques

Les polyphénols identifiés dans les pois chiches sont des composés biologiquement actifs (Mahbub., 2021). Le pois chiche contient, des acides phénoliques tels que l'acide gallique, l'acide caféique, l'acide vanillique, l'acide coumarique et férulique (Domínguez-Arispuro et al., 2017), ainsi que des flavonoïdes (Heiras-Palazuelos et al., 2013).

La structure des composés phénoliques va du simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire, et ils peuvent être classés en fonction de leurs blocs de construction biosynthétiques ou leur squelette carboné (Goleniowski et al., 2013), ou en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée à un noyau benzénique (Chira et al., 2008).

**Tableau 03.** Composés phénoliques dans les plantes : Catégories (Vermirris., 2008).

Classe	Structure
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phénoliques simples</li> <li>• Acides phénoliques et composés apparentés</li> <li>• Acétophénonnes et acides phénylacétiques</li> <li>• Acides cinnamiques, aldéhydes cinnamyliques, alcools Cinnamylique</li> <li>• Flavonoïde et isoflavonoïde</li> <li>• Benzophénones xanthonnes, stilbènes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C6</li> <li>• C6-C1</li> <li>• C6- C2</li> <li>• C6-C3</li> <li>• C6-C3-C6</li> <li>• C6-C1-C6 , C6-C2-C6</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quinones</li> <li>• Lignanes, néolignanes</li> <li>• Lignine</li> <li>• Tanins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C6, C10, C14</li> <li>• (C6-C3)<sub>2</sub></li> <li>• (C6-C3) n</li> <li>• (C6-C3-C6)n</li> </ul>

Par conséquent, ils sont classés en quatre grand groupe : Acides phénoliques, stilbènes, lignanes et flavonoïdes (Colomer et al., 2017).

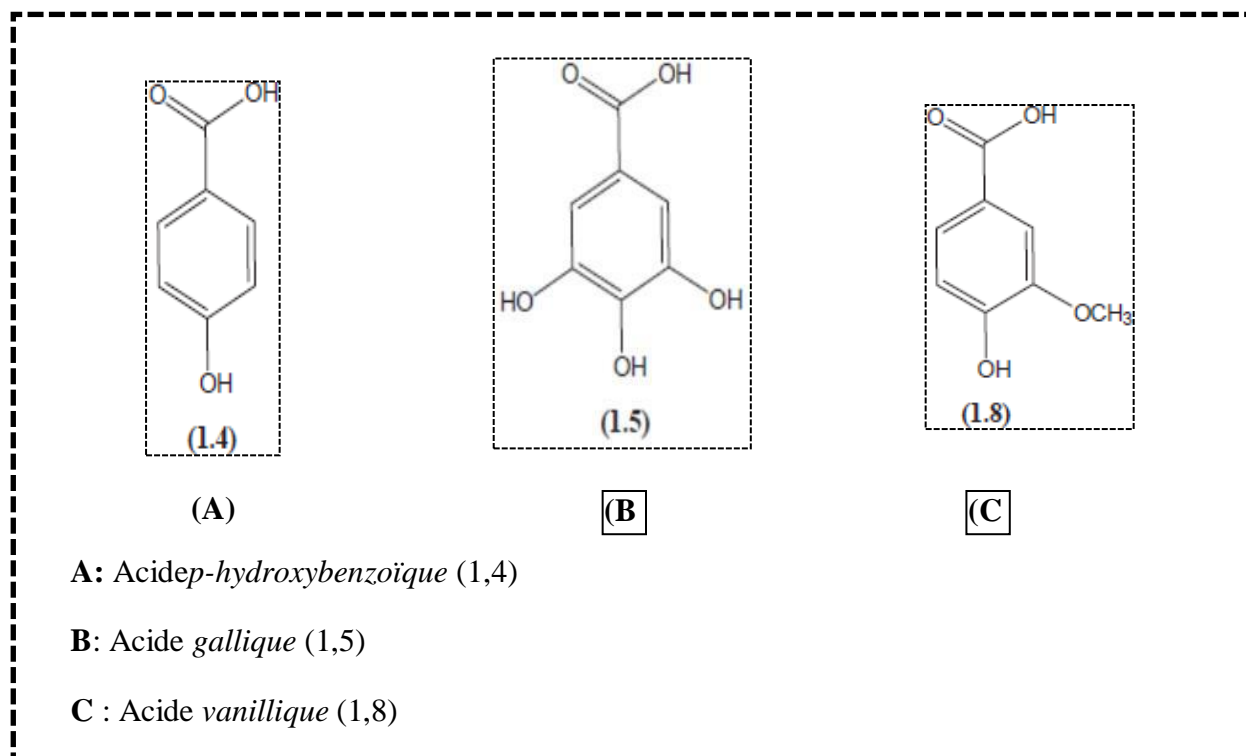
### II.2.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont largement distribués dans le règne végétal (Alamgir., 2018). Les acides phénoliques sont des molécules de signalisation importantes dans les interactions plantes-microorganismes, par exemple, l'acide salicylique, et peuvent améliorer l'absorption des

nutriments et protéger contre les infections (De-Camargo et al.,2019).

Les acides phénoliques comprennent des dérivés d'acide hydroxybenzoïque tels que les acides gallique et vanillique et les dérivés d'acide hydroxycinnamique tels que l'acide caféique (figure 06) (Singh et al., 2017).

➤ Exemple des acides phénoliques

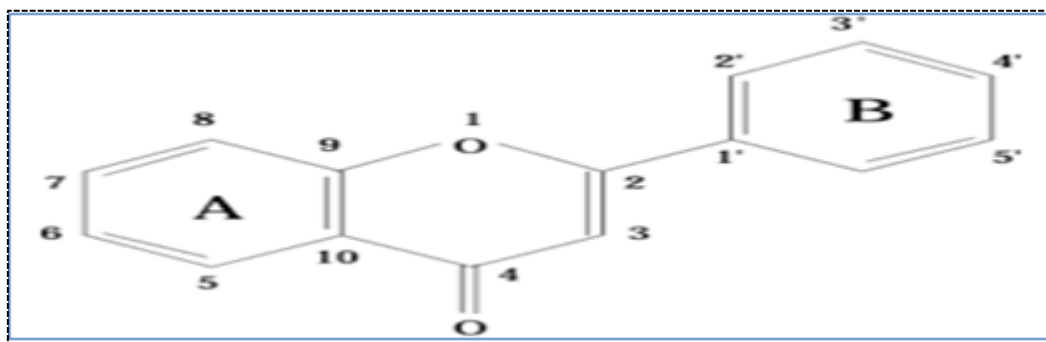


**Figure 06.** Structure chimique de trois types d'acides phénoliques (Vermirris., 2008).

### II.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire dont la structure chimique dépend d'un squelette à 15 atomes de carbone, contenant deux cycles aromatiques liés par un cycle pyranne hétérocyclique (C6-C3-C6) (Figure07) (Lone et al.,2020).

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires des plantes sous la forme de pigments anthocyaniques rouges, bleus et violets (Yilmaz., 2006 ; Prochazkova., 2011), qui sont dérivés de la réaction de condensation d'un acide cinnamique avec trois groupes malonyl-CoA (Yilmaz., 2006).



**Figure 07.** Structure de l'enchaînement benzo- $\gamma$ -pyrone (Ghedera., 2005).

Tous les flavonoïdes dérivent de l'enchaînement benzo- $\gamma$ -pyrone (Ghedera., 2005). Ainsi, la famille des flavonoïdes est divisée en deux groupes, les flavonoïdes à pont ouvert et à pont fermé, tandis que les flavonoïdes à pont fermé se distinguent en outre en deux sous-groupes (Tsimogiannis., 2019).

Selon Lone et al., 2020, la classification des flavonoïdes est la suivante (Tableau 04) :

**Tableau 04.** Classification de flavonoïdes (Lone et al., 2020).

Groupe	Structure	Exemple
Flavone		<b>Apigénine</b>
		Lutéoline
Flavonol		<b>Kaempferol</b>
		Quercétine
Flavanone		<b>Hespéritine</b>
		Naringénine
Flavanol		<b>Épicatéchine</b>
		Catéchine
Anthocyanidine		<b>Cyanidine</b>
		Peonidine

Les feuilles et les tiges de pois chiche *Cicer arietinum* L, contiennent les pigments flavonol : kaempférol-3-(malonylglucoside) et kaempférol 3 (apiosylmalonylglucoside). La teneur totale en flavonoïdes du pois chiche, varie considérablement entre les lignées ayant des téguments colorés (noir, rouge, marron, vert, rubigineux, gris, jaune, crème ou beige) (Lim ., 2011).

### II.2 .3. Lignanes (C6-C3)

Le terme "Lignane" a été introduit pour la première fois par Haworth (1948). Ils sont des dimères ou oligomères, localisés dans les tiges ligneuses et dans les graines (Vermirris., 2008).

Les lignanes c'est un groupe de composés phénoliques présents dans tout le règne végétal. Structuellement, les lignanes consistent en deux unités de phénylpropane liées entre elles par des liaisons  $\beta, \beta$ . Chez les plantes, les lignanes sont biosynthétisés le long de la voie des phénylpropanoïdes ( Mukherjee., 2019). Ils peuvent être formés par le processus de condensation de deux acides cinnamiques par le biais du carbone  $\beta$  de la chaîne aliphatique (Figure 08) (Basu et Mukherjee., 2018).

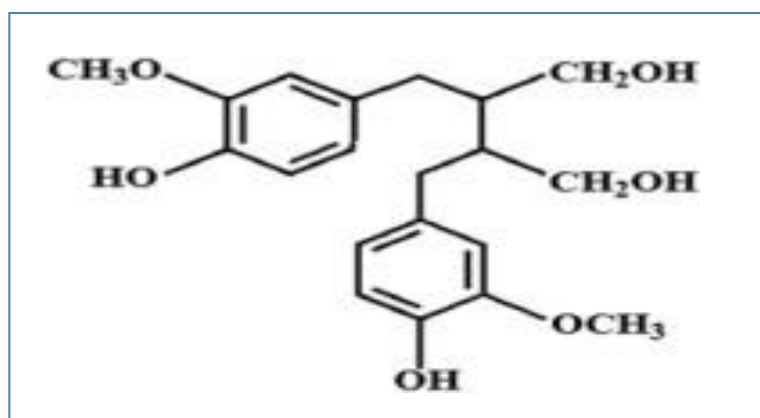


Figure 08. Structure chimique de lignane (Colomer et al., 2017).

### II.2.4. Tanins

Les tanins sont présents dans le tégument de la graine de pois chiche (Sajad et al., 2020). Ces composés sont un groupe hétérogène de composés polyphénoliques hydrosolubles de haut poids moléculaire (500-3000 Daltons) avec jusqu'à 20 groupes hydroxyle (Smeriglio et al., 2016). Les tanins peuvent être classés en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Smeriglio et al., 2016).

#### II.2.4.1. Tanins condensés ou les proanthocyanidines

Les proanthocyanidines sont formés par la liaison du C-4 d'une catéchine (flavan-3-ol) avec le C-8 ou C-6 de la catéchine monomère (Figure 09). Ces tanins sont formés par la condensation

successive des éléments constitutifs individuels, avec un certain degré de polymérisation entre eux et plus de cinquante blocs étant atteint généralement liés par C-C (4-8ou 6-8) et parfois par des liaisons C-O-C avec une grande diversité structurale (Smeriglio *et al.*, 2016).

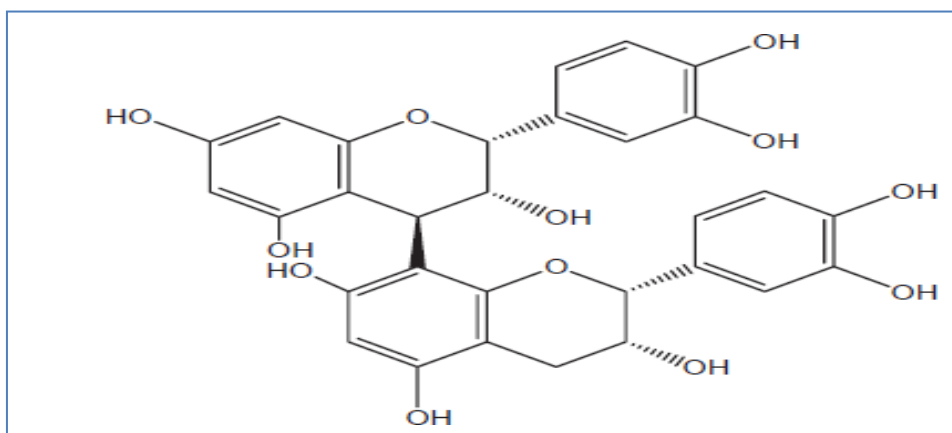


Figure 09. Structure chimique de tanins condensés (Vermirris., 2008).

#### II.2.4.2. Tanins hydrolysables

Peuvent être divisés en gallotanins, qui fournissent du sucre et de l'acide gallique lors de l'hydrolyse, et des ellagitanins, qui lors de l'hydrolyse ne donnent pas seulement du sucre et de l'acide gallique, mais également de l'acide ellagique (Figure 10) (Smeriglio *et al.*, 2016).

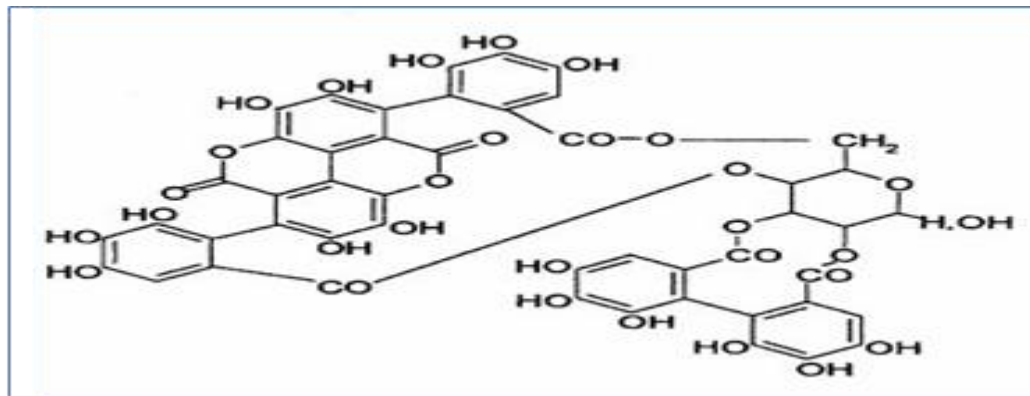


Figure10. Structure de tanins hydrolysable (Hassanpour *et al.*, 2011).

### 3. Composés phénoliques du grain de pois chiche

Les légumineuses sont considérées comme une bonne source de polyphénols bien que les teneurs en polyphénols totaux soient très variables suivant les genres et les espèces : d'environ 100 mg à 200 mg équivalent acide gallique /100g de matière sèche dans le pois chiche (Mouquet-Rivier *et al.*, 2019).

Les grains de pois chiche contiennent une large gamme de composés phénoliques : flavonols, glycosides de flavone, proanthocyanidines oligomériques et polymériques (Sánchez-

**Magana et al ., 2014).** Les pois chiches contiennent des isoflavones telles que la Biochanine sous formes libres (Biochanine A et B) et celles liées à d'autres composés (glycosides de Biochanine) ; la teneur en isoflavones représente le pourcentage le plus élevé des composés phénoliques identifiés (**Heiras-Palazuelos et al ., 2013).**

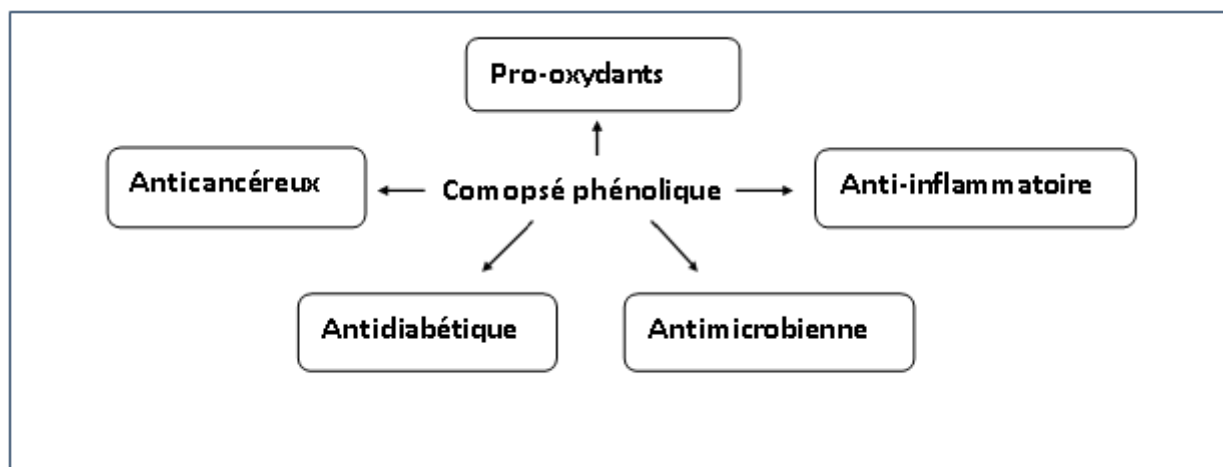
Quelques chercheurs ont conclu que les légumineuses de couleur foncée et pigmentée (y compris les pois chiches) ont tendance à avoir un contenu phénolique plus élevé que les variétés de couleur claire. D'autres enquêteurs ont constaté que les graines de pois chiches avec un enrobage coloré présentaient plus d'activité antioxydante, ce qui les rend plus attrayant comme aliments fonctionnels (**Domínguez-Arispuro et al., 2018).**

#### II.4. Activités biologiques des polyphénols

Les polyphénols jouent de multiples rôles essentiels dans la physiologie végétale et ont des propriétés saines potentielles sur l'organisme humain (**Daglia., 2012).**

##### II.4.1. A l'échelle humaine

Les polyphénols des graines de légumineuse sont un rôle dans la prévention et la gestion de nombreux problèmes sanitaires (Figure 11) (**Balwinder et al., 2020).**



**Figure 11.**Quelque propriétés des composés phénoliques (**Balwinder et al., 2020).**

##### II.4.1.1. Propriétés antioxydantes et pro-oxydantes

Du fait de leur structure chimique, les polyphénols sont capables de piéger certaines espèces radicalaires et de chélater les métaux de transition, catalyseurs d'oxydation. Il a été donc suggéré que les polyphénols diminuent le stress oxydant susceptible de créer des dommages moléculaires et cellulaires et d'induire diverses pathologies et contribue à améliorer les lipoprotéines sériques et à promouvoir la santé vasculaire (**Amiot et al., 2009, Balwinder et al., 2020).** Les flavonoïdes et d'autres composés phénoliques jouent un rôle important sur le plan physiologique et alimentaire et

augmentant ainsi la résistance naturelle du corps aux dommages d'oxydation (**Djordjevic et al., 2011**).

Les substances polyphénoliques également présentent une activité pro-oxydante dans certaines conditions. de nombreux polyphénols en présence de Cu + peut se lier à l'ADN, conduisant à une dégénérescence de l'ADN dans des cellules telles que les lymphocytes le même effet peut être visible en présence de certains polyphénols sans Cu + en fonction de leur concentration (**Abdel-Moneim et al., 2020**). Cette activité pourrait être l'un des mécanismes importants pour leurs propriétés anticancéreuses et chimiopréventives (**Azmi et al., 2006**)

### **II.4.1.2. Propriétés Anti-inflammatoires**

Il existe une mine d'informations sur la capacité des polyphénols alimentaires à exercer des activités anti-inflammatoires piégeant les espèces réactives de l'oxygène (ERO), ainsi qu'a l t é r a n t l'expression des gènes comme les cytokines pro-inflammatoires, la lipoxgénase (LOX), l'oxyde nitrique synthase (NOS) et cyclo-oxygénase (COX) (**Magnone et al., 2020**). La production de (ERO) est associée au stress oxydatif et l'oxydation des protéines qui, à son tour, explique l'induction de la voie inflammatoire, Par conséquent, l'interruption du processus oxydatif atténue le déclenchement d'une cascade inflammatoire (**Magnone et al., 2020**).

### **II.4.1.3. Propriétés Anticancéreuses**

La principale caractéristique des cellules cancéreuses est la prolifération cellulaire incontrôlée ; donc, actuellement l'inhibition de cette prolifération cellulaire est une stratégie pertinente pour traiter le cancer. Par conséquent, la découverte de nouveaux agents anticancéreux dans des sources naturelles comme la graine de pois chiche pourraient être une alternative pour la prévention et le traitement du cancer (**Juárez et al., 2020**).

Les polyphénols jouent leur rôle anticarcinogène en prévenant les changements cancérigènes via la réduction des impacts négatifs du stress oxydatif sur les protéines, les lipides et les dommages à l'ADN causés par les radicaux d'oxygène. Ils inhibent également la prolifération des cellules cancéreuses; par exemple, les anthocyanes peuvent inhiber les enzymes de transmission du signal (enzymes kinases) et ainsi empêcher la cellule de se diviser en différentes étapes de son cycle (**Abdel-Moneim et al., 2020**).

### **II.4.1.4. Propriétés antidiabétiques**

L'une des propriétés les plus importantes des polyphénols identifiés est son effet préventif contre les complications du diabète, y compris la rétinopathie , la néphropathie et la neuropathie (**Bahadoran et al., 2013**). Les effets antidiabétogènes et cytoprotecteurs des composés phénoliques

notamment les flavonoïdes se traduit par un effet significativement positif sur l'insulino-sécrétion des cellules  $\beta$  et la glycémie. Cet effet est dû au pouvoir antioxydant et cytoprotecteur des composés phénoliques se traduisant par la réduction de la production du Malondialdéhyde (MDA) en empêchant donc la lipoperoxydation et la normalisation du niveau cytosolique des systèmes antioxydants (Superoxyde dismutase (SOD), Catalase (CAT) et Glutathion (GSH)) ( **Kebièche et al., 2011**).

### II.4.1.5. Propriétés antimicrobiennes

Les polyphénols représentent une source prometteuse d'agents antibactériens, leur mécanisme d'action est assez diversifié, ciblant la paroi cellulaire, la membrane lipidique, les récepteurs membranaires et les canaux ioniques ( **Álvarez-Martínez et al., 2020**).

Les plantes sont connues comme sources de composés antimicrobiens puissants, y compris les flavonoïdes ( **Tagousop et al., 2018**). Deux peptides antifongiques désignées cicérine et arietine ont été isolés à partir de graines de pois chiche ( **Ye et al., 2002**). Ces peptides présentaient un poids moléculaire d'environ 8,2 et 5,6 k Da, respectivement. L'ariétine a montré une activité antifongique plus élevée contre *Mycosphaerella arachidicola*, *Fusarium oxysporum* et *Botrytis cinerea* ( **Lim., 2011**).

### II.4.2. A l'échelle plante

Les composés phénoliques sont principalement liés à la défense des plantes contre le stress biotique et abiotique ( **De-Camargo., 2018**). Les flavonoïdes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques sont parmi les composés phénoliques les plus importants pour faire face à l'infection par des agents pathogènes, Ils jouent un rôle central dans la défense de l'hôte principalement en raison de leur effet sur la lignification de la paroi cellulaire, l'activité antimicrobienne, la modulation des hormones végétales impliquées dans les voies de signalisation de défense et le piégeage des espèces réactives de l'oxygène singlet l'implication de composés antifongiques préformés tels que le résorcinol (lipides phénoliques) ( **Araujo et al., 2016**).

La lignine et son métabolisme jouent un rôle important dans la croissance et le développement des plantes. En tant que polymère phénolique complexe, la lignine améliore la rigidité de la paroi cellulaire végétale, les propriétés hydrophobes et favorise le transport des minéraux à travers les faisceaux vasculaires de la plante ( **Liu et al., 2018**). De plus, la lignine est une barrière importante qui protège contre les ravageurs et les agents pathogènes. Le métabolisme de la lignine participe également à la résistance à divers stress environnementaux ( **Liu et al., 2018**).



De plus, les tanins hydrolysables sont des molécules anti-herbivores connues, qui agissent en précipitant les protéines du tube digestif des insectes, altérant ainsi les fonctions enzymatiques tout en réduisant la digestibilité des protéines ingérées. Les acides phénoliques sont des molécules de signalisation importantes dans les interactions plantes- microbes, par exemple, l'acide salicylique (De-Camargo., 2019).

### II.5. Activité antioxydante des polyphénols des légumineuses (pois chiche)

Les antioxydants sont des composés possédant une activité de piégeage des radicaux libres, une activité de chélation des métaux de transition et/ou une capacité d'extinction de l'oxygène singul (Heiras-Palazuelos et al., 2013). L'utilisation des antioxydants est un moyen efficace pour minimiser ou prévenir l'oxydation des lipides dans les produits alimentaires (Sánchez- Magana et al., 2014).

Le pois chiche contient des composés d'intérêt biologique avec un potentiel antioxydant, et le type *Kabuli* cru a montré une excellente activité antioxydante et une teneur élevée en phénols (Perez-Perez et al., 2021).

### II.6. Biosynthèse des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont principalement fabriqués à l'aide des voies de l'acide Shikimique et des pentoses phosphates via le métabolisme des phénylpropanoïdes (Singh et al., 2020).

#### II.6.1. Voie de Shikimate

Conduisant après transamination et désamination aux acides cinnamiques et à leurs dérivés et celles de l'acétate conduisant aux polycétoesters ou polyacétates (malonate) (Chira et al., 2008). Elle produit des composés aromatiques, tels que la tyrosine, le tryptophane et le phénylalanine (De Camargo et al., 2018).

La majorité des polyphénols dérive directement de la voie Shikimate (Collin et Crouzet., 2011), les carbones fixés par les plantes passent par la voie du Shikimate, Cette dernière lie le métabolisme des carbohydrates à la voie de biosynthèse des composés aromatiques en conduisant à la synthèse de la structure de base « le noyau aromatique ». Dans une succession de sept étapes métaboliques le phosphoénolpyruvate (un intermédiaire de la glycolyse) et l'érythrose-4-phosphate (un intermédiaire de la voie des pentoses phosphates) sont convertis en chorismate, le précurseur des acides aminés aromatiques, Ces derniers sont à l'origine des composés phénoliques (C6-C1) formant les tanins hydrolysables et la chalcone, qui est la molécule de base de tous les flavonoïdes et tanins condensés (De-Camargo., 2018).

### II.6.2. Voie des phénylpropanoïdes

Cette voie conduit directement à la formation des acides hydroxycinnamique, *p*-coumarique, caféique, férulique et sinapique. Bien que la formation de composés particuliers (alcaloïdes, coumarines.etc.) puisse passer par des voies différentes, la désamination de la phénylalanine est une première étape primordiale de la biosynthèse de l'immense majorité des composés phénoliques naturels. La désamination de la phénylalanine conduit à la formation de l'acide cinnamique, molécule non encore phénolique (le premier phénylpropane formé) mais qui est directement à l'origine de la séquence biosynthétique, généralement dénommée voie des phénylpropanoïdes, permettant le lien entre le métabolisme primaire du shikimate et le métabolisme secondaire des phénylpropanoïdes (De-Camargo., 2018).

### II.6.3. Voie de l'acide malonique

Cette voie conduit à la formation de peu d'acides phénoliques, elle consiste à la polymérisation de l'acétyl-CoA, produit issu des processus cataboliques de la glycolyse et de la  $\beta$ -oxydation, en malonate. C'est à travers cette voie que s'effectue la cyclisation des chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités « Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl- CoA carboxylase. De plus, la diversité structurale des composés polyphénoliques, due à cette double origine biosynthétique est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée de deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte, « les flavonoïdes» (Martin et Andrantsitohaina., 2002).

## II.7. Interaction des polyphénols avec d'autres macromolécules

### II.7.1. Interactions polyphénols-protéines

Les anthocyanes peuvent être stabilisés par des protéines et les tannins associés aux protéines entraînent une perception d'astringence. Les polyphénols sont également capables d'agir comme inhibiteurs. Dans le domaine alimentaire, les polyphénols sont responsables de caractères organoleptiques comme la couleur et la flaveur. Tous ces effets sont le résultat d'interactions non-covalentes, c'est-à-dire réversibles. En revanche, dans certaines conditions de pH et de température, les interactions entre les polyphénols et les protéines peuvent également entraîner la formation d'adduits par l'intermédiaire de liaisons covalentes (irréversibles) (Baxter et al., 1997 ; De Freitas et Mateus., 2001).

### II.7.2. Interactions polyphénols-polysaccharides

Les interactions entre les polyphénols et les polysaccharides sont de plus en plus étudiées car elle ont un impact sur l'extraction des polyphénols de la matrice alimentaire (des fruits et

légumes), mais également sur l'extraction des polysaccharides, sur le brunissement enzymatique et sur la bioaccessibilité des polyphénols une fois la matrice déstructurée (Missang *et al.*, 1993 ; Cheynier., 2005).

### II.7.3. Interactions polyphénols-protéines-polysaccharides

Comme il a été montré dans les parties précédentes, les polyphénols sont capables de relier aux protéines ou aux polysaccharides. Ces trois macromolécules peuvent interagir ensemble, ce qui a été étudié soit par l'effet des polysaccharides sur la formation des complexes polyphénols-protéines, soit par l'effet des complexes protéines-polysaccharides sur les polyphénols. Les polysaccharides sont capables d'entrer en compétition avec les protéines pour se lier aux polyphénols (Luck *et al.*, 1994).

*Chapitre III*  
*Etudes Comparative de*  
*Quelque résultat*

### III.1. Evaluation de la teneur des composés phénoliques avant et après la cuisson

#### III.1.1. Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été déterminé par spectrophotométrie selon la méthode utilisant la solution de chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) et les résultats ont été exprimés en mg équivalents quercétine /g de matière sèche (Jogihalli et al., 2017 B).

Les résultats obtenus par Deorukhkar et Ananthanarayan (2021) et Rani et Khabiruddin (2016) sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau05.** Teneur en flavonoïdes avant et après cuisson des grains de pois chiche.

Variétés	Etat cru Mg EQ/g	Etat cuit mg EQ/g	Références
<i>Kabuli</i>	19mg	9.5mg	(Deorukhkar et Ananthanarayan., 2021)
<i>Desi</i>	3.63mg	3.44mg	(Rani et Khabiruddin., 2016)

#### ✓ Etat cru

D'après ce tableau, il ressort que la teneur en flavonoïdes enregistrée par Rani et Khabiruddin (2016) pour la variété *Desi* (3.63mg EQ/g), est nettement plus faible que celle obtenue par Deorukhkar et Ananthanarayan (2021) pour la variété *Kabuli* (19 mg EQ/ g). Cette différence pourrait être attribuée en partie aux génotype (Garzón-Tiznado et al., 2012), positions géographiques des plants utilisés (Khalil, 2001), l'emplacement et l'année de croissance, et le stockage post- récolte (Zia-Ul-Haq et al., 2008).

#### ✓ Etat cuit

D'après ces résultats, nous remarquons que la variété *Kabuli* a enregistré une teneur en flavonoïdes (9.5 mg EQ/g) supérieure à celle enregistrée dans la variété *Desi* (3.44 mg EQ/g).

Les résultats obtenus indiquent que les teneurs en flavonoïdes des deux variétés étudiées ont été diminuées lors de la cuisson des grains, donc la cuisson a un impact négatif sur la teneur en flavonoïdes pour les deux variétés.

En effet, en se référant à la littérature, ces composés se localisent dans les vacuoles et peuvent exister sous forme d'hétérosides dans lesquels un ou plusieurs groupements hydroxyles sont combinés à des sucres, la présence de cette fraction osidique rend les flavonoïdes très solubles dans l'eau ce qui explique les résultats relatifs aux flavonoïdes (Nayak et al., 2015).

### III.1.2. Polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de FolinCiocalteu et la teneur a été calculé et exprimé en mg équivalent acide gallique par g de matière sèche(mg EAG/g) (**Nontasan et al., 2021**).

Les résultats obtenus par **Arevalo et al.(2020)**et **Khandelwal et al.(2010)**sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 06.** Teneur en composés phénoliques de pois chiche avant et après cuisson des grains.

Variétés	Eat cru mg EAG/g	Etat cuit mg EAG/g	References
<i>Kabuli</i>	333.3	308.5	<b>(Arevaloetal.,2020).</b>
<i>Desi</i>	274.5	198.2	<b>(Khandelwaletal.,2010).</b>

#### ✓ Etat cru

Selon ces deux études, nous avons observé une différence dans la teneur en composés phénoliques entre les deux variétés étudiées. Les résultats obtenus par **Arevalo et al.(2020)** sont plus élevés par rapport aux résultats de **Khandelwalet al.(2010)**.

**Zielinski (2002)** explique que la variation du contenu phénolique est attribuée à beaucoup de facteurs comprenant le génotype, les pratiques agronomiques, le niveau de maturité à la moisson, les endroits d'entreposage et les conditions climatiques et géographiques après récolte.

#### ✓ Etat cuit

D'après les résultats cités au-dessus, on remarque que la teneur en composés phénoliques de la variété *Kabuli* obtenue par **Khandelwal et al. (2010)**, est inférieure à celle de la teneur en composés phénoliques de la variété *desi* obtenue par **Arevalo et al.(2020)**. Ainsi, la cuisson exerce un impact négatif sur la teneur en polyphénols totaux des pois chiche étudiés.

**Mittal et al.(2012)**, ont ajouté que la réduction de la teneur en polyphénols pendant le traitement thermique est probablement liée à leur nature thermolabile et leur complexations avec d'autres substances hydrosolubles. Cette perte pourrait être due aux liaisons existant entre le groupe hydroxyle des composés phénoliques et les groupes de récepteurs qui forment l'ensemble des complexes. D'autres travaux supposent que la diminution apparente en polyphénols pendant la

cuisson n'est pas due à une diminution réelle en polyphénols, mais à un changement de la solubilité ou de la réactivité avec des composés chimiques.

### III.1.3. Tanins

Les tanins ont été quantifiés à l'aide du réactif DMACA (p-d méthyl aminocinnam aldéhyde) et les résultats ont été exprimés en équivalent catéchine (Margier *et al.*, 2018).

Les résultats obtenus par Avola *et al.* (2012) et Bulbula et Urga (2018) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 07. Teneur en tanins avant et après cuisson des grains.

Variétés	Etat crumgEC/g	Etat cuitmgEC/g	Références
<i>Desi</i>	175.23	174.37	(Bulbula et Urga., 2018)
<i>Kabuli</i>	323	27	(Avola <i>et al.</i> , 2012)

#### ✓ Etat cru

D'après ce tableau, la teneur obtenue par Avola *et al.* (2012), est plus élevée par rapport à la teneur obtenue par Bulbula et Urga (2018). Cette différence pourrait être attribuée à des facteurs intrinsèques comme la constitution génétique (Sharma *et al.*, 2018), et à des facteurs extrinsèques tels que l'intensité de la lumière (Setchell et Cole, 2003), le stade de maturité, les facteurs climatiques et les traitements technologiques (Bulbula et Urga, 2018).

#### ✓ Etat cuit

D'après ces résultats, il ressort que la teneur en tanins obtenue par Bulbula et Urga (2018), est nettement plus élevée par rapport à celle obtenue par Avola *et al.* (2012) avec un effet négatif de la cuisson sur la teneur en tanins.

La réduction de la teneur en tanins après cuisson pourrait être due à la réduction de l'extractibilité des tanins, en augmentant leur polymérisation, ce qui a donné des valeurs plus faibles (Van der Poel *et al.*, 1992).

### II.1.4. Acides phénoliques

Selon Liu *et al.* (2020), le dosage des acides phénoliques a été effectué par la chromatographie liquide à haut performance et les résultats obtenus ont été exprimés en ( $\mu\text{g/g}$  matière sèche).

Les résultats obtenus par **Aguilera et al. (2011)** sont présentés dans le tableau 08

**Tableau08.** Teneur d'acide hydroxybenzoïque (Acide p-hydroxybenzoïque) avant et après cuisson.

Variétés	Etat cru (µg/g)	Etat cuit (µg/g)	Référence
<i>Sinaloa</i>	6.01	1.77	<b>(Aguilera et al., 2011)</b>
<i>Castellano</i>	13.39	4.99	

**Tableau09.** Teneur d'acide hydroxycinnamiques (Acide trans-p-coumarique) avant et après cuisson.

Variétés	Etat cru (µg/g)	Etat cuit (µg/g)	Référence
<i>Sinaloa</i>	0.10	0.10	<b>(Aguilera et al., 2011)</b>
<i>Castellano</i>	0.07	0.02	

✓ **Etat cru**

Une différence inter variétale a été enregistrée pour la teneur en acides phénoliques hydroxybenzoïque et hydroxycinnamique. Cette différence peut être attribuée à des différences dans les antécédents génétiques (**Quintero-Soto et al., 2018**).

✓ **Etat cuit**

Après cuisson des grains, les teneurs en acides phénoliques ont été diminuées pour les deux variétés. Cette différence pourrait être due à la localisation de ces acides au niveau de la graine, ainsi à la liaison des acides phénoliques aux glucides ou aux protéines (**Aguilera et al., 2011**).

### III.1.5. Impact de l'activité antioxydant

Selon **Parikh et Patel (2018)**, l'activité antioxydante des graines de légumineuses peut être évaluée par diverses méthodes de dosage, tels que :

#### III.1.5.1. Pouvoir anti radicalaire du DPPH•

Le DPPH• (2,2-Diphényl-1-picryl hydrazyl) est un radical libre stable ayant une absorbance maximale à 517 nm dans le méthanol. Il est utilisé pour déterminer l'activité antioxydant des composés naturels et son dosage est principalement basé sur une réaction de transfert d'électrons et l'abstraction d'atomes d'hydrogène (**Kaur et al., 2019**).

Le pourcentage de décoloration DPPH de l'échantillon a été calculé selon l'équation (**Gujral et al., 2013**).



$$AA\% = [1 - (\text{AbsÉchantillon} = 30 / \text{AbsContrôle} / \text{Abs contrôle} = 0)] \times 100$$

**AA%** : Pourcentage d'activité antioxydant

**Abs contrôle** : Absorbance de contrôle.

**Abs Échantillon** : Absorbance d'échantillon

### III.1.5.2. Evaluation du pouvoir réducteur « FRAP »

La méthode de la réduction du fer est basée sur la réduction de fer ferrique en sel de fer par les antioxydants qui donnent la couleur bleu (Padhi et al., 2017).

Le pourcentage de pouvoir réducteur de fer est calculé par la réaction suivant :

$$\text{Pouvoir réducteur de fer (\%)} = [(A_0 - A_1 / A_0)] \times 100.$$

**A<sub>0</sub>** : est l'absorbance de FeCl<sub>3</sub>.

**A<sub>1</sub>** : est l'absorbance de FeCl<sub>3</sub> solution en présence de l'extrait (Lafarga et al., 2019).

### III.1.5.3. Méthode ABTS<sup>•+</sup>

C'est l'un des tests les plus utilisés pour la détermination de la concentration des radicaux libres. Il est basé sur la neutralisation d'un radical - cation résultant de la mono électronique oxydation du chromophore synthétique 2,2'- azino-bis (3-éthylbenzothiazoline -6- sulfonique acide) (ABTS<sup>•+</sup>).

Ces trois tests sont généralement classés comme les méthodes basées sur le transfert d'électrons (ET), bien que les dosages DPPH et ABTS puissent également agir dans les réactions de transfert d'atomes d'hydrogène (HAT) (Gallego et al., 2021).

Les résultats obtenus par plusieurs auteurs Han et Baik (2008); Gujral et al. (2013). et Arevalo et al. (2020) sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 10.** Activité antioxydant des composés phénoliques du pois chiche.

Méthode	Etat cru %	Etat cuit %	Référence
DPPH	12.3	7.5	(Gujralet al., 2013).

**Tableau 11.** Activité antioxydant des composés phénoliques du pois chiche.

Méthodes	Etat cru	Etat cuit	Référence
ABTS	4.1	3.00	(Hanet Baik., 2008).
FRAP	7.5	8.2	(Arevalo et al., 2020)

✓ **Etat cru**

D'après ces tableaux, on constate une différence entre les résultats obtenus par **Han et Baik (2008)**, **Gujral et al.(2013)**et **Arevalo et al.(2020)**.

**Miliauskas et al. (2004)** ont montré qu'un antioxydant efficace dans un test n'est pas forcément efficace dans un autre est c'est notre cas où l'activité anti radicalaire mesurée par le test de DPPH est différente de celle mesurée reformulé par le test de l'ABTS.+ et la méthode FRAP.

Les différences entre les activités de piégeage des radicaux DPPH. et ABTS.+ peuvent être attribuées aux milieux réactionnels. L'analyse DPPH. est classiquement conduite dans un solvant polaire, tandis que l'analyse ABTS.+ est réalisée dans des conditions aqueuses. Les deux radicaux peuvent se résoudre différemment, leur taille moléculaire est différente.

Le radical ABTS. + doit être formé au départ, alors que le DPPH. est vraiment un radical stabilisé en lui-même. De plus, ils pourraient également avoir des affinités différentes contre d'autres composés présents dans les échantillons. Peut-être aussi des glucides, des lipides etc. Ils n'ont pas de forte spécificité vis-à-vis des composés phénoliques.

✓ **Etat cuit**

A la lecture de ces résultats, la cuisson semble avoir un impact positif sur l'activité antioxydante évaluée par le test FRAP et un impact négatif sur l'activité antioxydant évaluée par le test DPPH et ABTS<sup>+</sup>

La réduction de la capacité antioxydant est attribuée à la diminution de la teneur phénolique selon **Joghalli et al. (2017) (B)**, Ces résultats sont également en accord avec ceux rapportés par **Xu et Chang (2008)** et **Han et Baik(2008)** qui ont constaté que le traitement thermique diminuait l'activité de piégeage des radicaux libres dans les légumineuses.

De plus, de nombreux antioxydants peuvent réagir lentement ou même ne pas interagir avec le DPPH, en raison de l'inaccessibilité stérique, qui est un déterminant majeur de la réaction (**Gallego et al., 2021**).

A partir des résultats obtenus par le test **FRAP**, l'augmentation de l'activité antioxydant après cuisson pourrait être due aux groupements hydroxyles des composés phénoliques. Un autre facteur est l'affinité des composés pour le radical ou la technique (**Perez-Perez et al., 2021**).

# *Conclusion*

La cuisson des aliments est un processus qui permet la transformation de la nourriture et de la rendre plus digeste. D'un autre côté, elle peut modifier la valeur nutritionnelle et la qualité sensorielles des aliments.

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet de la cuisson dans l'eau bouillante sur le profil phénolique et l'activité antioxydant de deux variétés de pois chiche *kabuli* et *Desi*.

D'après les travaux analysés, l'étude de l'effet de la cuisson sur les composés phénoliques et l'activité antioxydant dans le pois chiche, avant et après la cuisson Cette étude nous a permis d'émettre les résultats suivants :

- Impact négatif de la cuisson sur la teneur en composés phénoliques totaux, en Flavonoïdes, et en tanin pour toutes les variétés.
- La cuisson à un impact positif sur le pouvoir réducteur FRAP pour la variété étudiée.
- Impact négatif de la cuisson sur l'activité anti radicalaire DPPH et l'ABTS pour L'échantillon étudié.

La cuisson peut diminuer la quantité de quelques nutriments contenus dans les fruits et les légumes. Cependant, certains aliments, peuvent, au contraire, contenir encore plus d'antioxydants après avoir été cuit. En effet, la cuisson des aliments a parfois des effets inattendus sur les nutriments.

*Références*  
*Bibliographique*

-A -

- Abdelguerfi-Laouar, M., Bouzid, L., Zine, F., Hamdi, N., Bouzid, L., et Zidouni, F. (2001).** Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Bejaia. *Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, 9, 31-42.
- Abdel-Moneim, A. E., Shehata, A. M., Alzahrani, S. O., Shafi, M. E., Mesalam, N. M., Taha, A. E., et Abd El Hack, M. E. (2020).** Le rôle des polyphénols dans la nutrition des volailles, *Journal de physiologie animale et nutrition animale*. Doi: [10.1111 / jpn.13455](https://doi.org/10.1111/jpn.13455).
- Agbo, A. E., Gbogouri, G. A., N'zi, J. C., Kouassi, K., Fondio, L., et Kouame, C. (2019).** Evaluation des pertes en micronutriments et en oxalates au cours de la cuisson à l'eau et à la vapeur des feuilles d'épinard Malabar (*Basella alba*) et de celosie (*Celosiaargentea*), *Agronomie Africaine*, 31(2), 100-110.
- Aguilera, Y., Dueñas, M., Estrella, I., Hernández, T., Benitez, V., Esteban, R. M., et Martín-Cabrejas, M. A. (2011).** Phenolic profile and antioxidant capacity of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) as affected by a dehydration process, *Plant foods for human nutrition*, 66(2), 187-195.
- Aharon, S., Hana, B., Liel, G., Ran, H., Yoram, K., Ilan, S. et Shmuel, G. (2011).** Teneur en phénols totaux et activité antioxydant du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) affectées par les conditions de trempage et de cuisson. *Sciences de l'alimentation et de la nutrition*, 2(7), 7  
Doi:[10.4236/fns.2011.27099](https://doi.org/10.4236/fns.2011.27099)
- Alajaji, S. A., et El-Adawy, T. A. (2006).** Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(8), 806-812.
- Alamgir, A. N. M. (2018).** Secondary Metabolites : Secondary Metabolic Products Consisting of C and H ; C, H, and O ; N, S, and P Elements; and O/N Hetero cycles, *Therapeutic Use of Medicinal Plants and Their Extracts*, 2, 165–309. Doi : [10.1007/978-3-319-92387-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92387-1_3)
- Álvarez-Martínez, F. J., Barrajón-Catalán, E., Encinar, J. A., Rodríguez-Díaz, J. C., et Micol, V. (2020).** Antimicrobial capacity of plant polyphenols against gram-positive bacteria: A comprehensive review, *Current medicinal chemistry*, 27(15), 2576-2606.
- Amiot, M. J., Riollet, C., et Landrier, J. F. (2009).** Polyphénols et syndrome métabolique : Polyphenols and metabolic syndrome, *Médecine des maladies métaboliques*, 3(5), 476-482
- Araujo, L., Bispo, W. M. S., Rios, J. A., Fernandes, S. A., et Rodrigues, F. Á. (2016).** La biosynthèse des alcaloïdes et des phénoliques augmente la résistance de la mangue à l'infection par *Ceratocystisfimbriata*. *Bragantia*, 75 (2), 199-211. Doi: [10.1590 / 1678-4499.261](https://doi.org/10.1590/1678-4499.261).

- Arevalo, I., Guzmán-Maldonado, S. H., Sanchez, S. M. M., et Acosta-Gallegos, J. A. (2020).** Steaming and toasting reduce the nutrimental quality, total phenols and antioxidant capacity of fresh kabuli chickpea (*Cicer arietinum*. L.), *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(4), 628-634.
- Arfaoui, L. (2021).** Dietary Plant Polyphenols: Effects of Food Processing on Their Content and Bioavailability, *Molecules*, 26(10), 2959.
- Asnake, F., Haile, D., et Seid A. (2020).** Tapping the Economic Potential of Chickpea in Sub-Saharan Africa, 11(10), 1707.
- Azmi, A. S., Bhat, S. H., Hanif, S., et Hadi, S. M. (2006).** Les polyphénols végétaux mobilisent le cuivre endogène dans les lymphocytes périphériques humains conduisant à une rupture oxydative de l'ADN : un mécanisme putatif des propriétés anticancéreuses, *Lettres FEBS*, 580(2), 533-538.

### -B-

- Bagheri, H., Kashaninejad, M., Ziaifar, A. M., et Aalami, M. (2016).** Nouvelle méthode hybride infrarouge-air chaud pour le grillage des noyaux d'arachide, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 106–114. [Doi: 10.1016 / j.ifset.2016.08.014](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.08.014).
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., et Azizi, F. (2013).** Dietary polyphenols as potential nutraceuticals in management of diabetes: a review, *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 12(1), 43. [Doi :10.1186/2251-6581-12-43](https://doi.org/10.1186/2251-6581-12-43).
- Balwinder, S., Jatinder, P. S., Amarbir, K., Amritpal, et Narpinder, S. (2020).** Antioxidant Profile of Legume Seeds, *Agriculture Reviews*, 45(71-95).
- Basu, S., et Mukherjee, M. (2018).** Natural Products and Their Role to Combat Microbial Infection, *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. [Doi:10.1016/b978-0-12-803581-8.113955](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.113955).
- Batista, K. A., Prudêncio, S. H., et Fernandes, K. F. (2010).** Changes in the Functional Properties and Antinutritional Factors of Extruded Hard-to-Cook Common Beans (*Phaseolus vulgaris*, L.), *Journal of Food Science*, 75(3), 286–290. [Doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01557.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01557.x).
- Baxter, N., Lilley, T., Haslam, E., et Williamson, M. (1997).** Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. *Biochemistry*, 36(18), 5566-5577
- Benbrook, C. M., (2005).** Elevating antioxidant levels in food through organic farming and food processing, Washington, DC: Organic Center.
- Bimbenet, J. J., Duquenoy, A., et Trystram, G. (2002).** Génie des procédés alimentaires : des bases aux applications, édition DUNOD, Paris, bottonash lactates, *Science of the Total Environment*, 333(1-3), 209-216.

**Boulbaba, L., Bouaziz, S., Mainassara, Z. A., Mokhtar, H., et Mokhtar, L. (2009).** Effets de la fertilisation azotée, de l'inoculation par *Rhizobium* sp, et du régime des pluies sur la production de la biomasse et la teneur en azote du pois chiche. *BASE*.

**Bremer, B., Bremer, K., Chase, M., Fay, M., Reveal, J., Soltis, D., Soltis, P., et Stevens, P. (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Periodical An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III*, Botanical Journal of the Linnean Society, 161, 105–121.

**Brilhante, M., Varela, E., P Essoh, A., Fortes, A., Duarte, M. C., Monteiro, F., et Romeiras, M. M. (2021).** Lutter contre l'insécurité alimentaire aux îles du Cabo Verde : les valeurs nutritionnelles, agricoles et environnementales des espèces de légumineuses , *Aliment*, 10 (2), 206.

**Bulbula, D. D., et Urga, K. (2018).** Study on the effect of traditional processing methods on nutritional composition and antinutritional factors in chickpea (*Cicer arietinum*), *Cogent Food & Agriculture*, 4(1) .

-C-

**Carbas, B., Machado, N., Pathania, S., Brites, C., Rosa, E. A., et Barros, A.I. (2021).** Potentiel des légumineuses : valeur nutritionnelle, propriétés bioactives, produits alimentaires innovants et application d'outils écologiques pour leur évaluation, *Food Reviews International*, 1-29.

**Castellano, G., Tena, J., et Torrens, F. (2012).** Classification of phenolic compounds by chemical structural indicators and its relation to antioxidant properties of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *environment*, 2, 6.

**Chenoll, C., Betoret, N., et Fito, P. (2009).** Analysis of chickpea (var. “*Blanco Lechoso*”) rehydration. Part I, Physicochemical and texture analysis, *Journal of Food Engineering*, 95(2), 352–358. Doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.05.014.

**Cheyrier, V., Trousdale, E., Singleton, V., Salgues M., et Wylde R. (2005).** Characterization of 2-S-glutathionyl caftaric acid and its hydrolysis in relation to grapewines, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(2), 217-221.

**Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., et Teissedre, P. L. (2008).** Grape phenolics. *Phytotherapie*, 6(2), 75.

**Collin S., et Crouzet J. (2011).** Polyphénols et procédés: transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués, Lavoisier, 5.

**Colomer, R., Sarrats, A., Lupu, R., et Puig, T. (2017).** Natural Polyphenols and their Synthetic Analogs as Emerging Anticancer Agents, *Current Drug Targets*, (18), 145-157.

-D-



- Daglia, M. (2012).** Polyphénols comme agents antimicrobiens, *Opinion actuelle en biotechnologie*, 23(2), 174-181. Doi : [10.1016/j.copbio.2011.08.007](https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007).
- Dauté, C. M., Barrot, L., Chevalier, P. (2001).** Produits végétaux riches en carotènes, Fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays Sahéliens, 30.
- De Camargo, A. C., Schwember, A. R., Parada, R., Garcia, S., Marostica-Junior, M. R., Franchin M., et Shahidi, F.(2018).** Opinion on the hurdles and potential health benefits in value-added use of plant food processing by-products as sources of phenolic compounds, *International journal of molecular sciences*, 19(11), 3498.
- De Camargo, A. C., Favero, B. T., Morzelle, M. C., Franchin, M., Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L. A., et Schwember, A. R. (2019).** Le pois chiche est-il un substitut potentiel du soja? Bioactifs phénoliques et avantages potentiels pour la santé, *Journal international des sciences moléculaires*, 20(11), 2644. Doi: [10.3390/ijms20112644](https://doi.org/10.3390/ijms20112644).
- De-Freitas, V., et Mateus, N. (2001).** Structural features of procyanidin interactions with salivary proteins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 940-945.
- Deorukhkar, A., et Ananthanarayan, L. (2021).** Effect of thermal processing methods on flavonoid and isoflavone content of decorticated and whole pulses. *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 465-473.
- Didier, R., et Stéphane, W. (2017).** Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques, INRAE*, 60.
- Didinger, C., et Thompson, H.J. (2021).** Defining Nutritional and Functional Niches of Legumes: A Call for Clarity to Distinguish a Future Role for Pulses in the Dietary Guidelines for Americans. *Nutrients*, (13), 10. Doi: [org/10.3390/nu13041100](https://doi.org/10.3390/nu13041100).
- Djordjevic, T. M., Šiler-Marinkovic, S. S., Dimitrijevic-Brankovic, S. I. (2011).** Antioxidant activity and total phenolic content in some cereals and legumes, *International Journal of Food Properties*, 14(1), 175-184.
- Domínguez-Arispuro, D.M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Milán-Carrillo, J., León-López, L., Gutiérrez-Dorado, R., et Reyes-Moreno, C. (2018).** Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented Desi chickpea (*Cicer arietinum*. L.) seeds, *Journal of food science and technology*, 55(2), 638-647.
- Drulyte, D., Orlien, V. (2019).** The effect of processing on digestion of legume proteins, *Foods*, 8(6), 224.
- E -
- El-Naggar, S. A., El-Said, K.S., Othman, S., Mansour, F., Kabil, D. I., et Khairy, M.H. (2019).** Cooking with EDTA reduces nutritional value of *Vicia faba* beans, *Biotechnology Reports*, 22.

-G-

- Garzón-Tiznado, J. A., Ochoa-Lugo, M. I., de Jesús Heiras-Palazuelos, M., Domínguez-Arispuro, D. M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Gutiérrez-Dorado, R., et Reyes-Moreno, C. (2012).** Acceptability properties and antioxidant potential of Desi chickpea (*Cicer arietinum*.L.) cultivars, *Food and Nutrition Sciences*, 3(9), 1281.
- Gallego, M., Arnal, M., Barat, J. M., et Talens, P. (2021).** "Effect of cooking on protein digestion and antioxidant activity of different legume pastes" *Foods*, 10.1, 47.
- Gaur, P. M., Jukanti, A. K., et Varshney, R. K. (2012).** Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies, *Agron J*, 2, 199-221. [Doi:10.3390/agronomy2030199](https://doi.org/10.3390/agronomy2030199).
- Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique, *Phytotherapie*, 3(4), 162-169. [Doi:10.1007/s10298-005-0096-8](https://doi.org/10.1007/s10298-005-0096-8).
- Goleniowski, M., Bonfill, M., Cusido, R., et Palazón, J. (2013).** Phenolic Acids. *Natural Products*, 1951–1973. [Doi:10.1007/978-3-642-22144-6\\_64](https://doi.org/10.1007/978-3-642-22144-6_64).
- Gujral, H. S., Sharma, P., Gupta, N., et Wani, A. A. (2013).** Antioxidant properties of legumes and their morphological fractions as affected by cooking, *Food science and biotechnology*, 22(1), 187-194.
- Gurjar, G., Mishra, M., Kotkar, H., Upasani, M., Soni, P., et Tamhane-VGupta, V. (2011).** Major biotic stresses of chickpea and strategies for their control, *Pests and Pathogens: Management Strategies*, 87.

-H-

- Haji-Akber, A., Yanhua, G., Abulimiti, Y., Qingling, M., et Zhen C. (2019).** Beneficial role of chickpea (*Cicer arietinum*.L.) functional factors in the intervention of metabolic syndrome and diabetes mellitus. In: *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*, Academic Press, 615-627.
- Han, H., et Baik, B. K. (2008).** Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum*. L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing." *International journal of food science & technology*, 43(11), 1971-1978.
- Hassanpour, S., MaheriSis, N., et Eshratkhah B. (2011).** Plants and secondary metabolites (Tannins): A Review.
- Heiras-Palazuelos, M. J., Ochoa-Lugo, M. I., Gutiérrez-Dorado R., López-Valenzuela, J. A., Mora-Rochín, S., Milán-Carrillo, J., et Reyes-Moreno, C. (2013).** Propriétés technologiques, activité antioxydante et teneur totale en phénol et en flavonoïdes des cultivars de pois chiches

pigmentés (*Cicer arietinum*. L.), *Journal international des sciences de l'alimentation et de la nutrition*, 64 (1), 69–76. Doi: [10.3109 / 09637486.2012.694854](https://doi.org/10.3109/09637486.2012.694854).

**Hirdyani, H. (2014)**. Nutritional composition of Chickpea (*Cicer arietinum*. L.) and value added products-a review. *Indian Journal of Community Health*, 26 (Supp 2), 102-106

**Houasli, C., Nasserlhaq, N., Elbouhmadi, K.,Mahboub, S., et Sripada, U. (2014)**. Effet du stress hydrique sur les critères physiologiques et biochimiques chez neuf géotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L), *Revue Nature et Technologie*, 6(2), 3.

**Huang, Z., Wang, B., Eaves, D. H., Shikany, J. M., et Pace, R. D. (2007)**. Phenolic compound profile of selected vegetables frequently consumed by African Americans in the southeast United States, *Food Chemistry*,103(4),1395–1402. Doi:[10.1016/j.foodchem.2006.10.077](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.077).

### -I-

**Imtiaz, M., Malhotra, R. S., et Yadav, S. S. (2011)**. Genetic Adjustment to Changing Climates: Chickpea. In: R. R. Yadav SS, Hatfield JL, Lotze-Campen H, Hall A (Ed.), *Crop Adaptation to Climate Change*, Oxford: Wiley, 251-268.

### -J-

**Juárez, C. M. F., Cid-Gallegos, M. S., Meza, M. O. G., et Jiménez, M. C. (2020)**. Biological Activities of Chickpea in Human Health (*Cicer arietinum*. L), A Review, *Plant Foods for Human Nutrition*,12.

**Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., et Chibbar, R. N. (2012)**. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum*. L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), 11-26. Doi:[10.1017/s0007114512000797](https://doi.org/10.1017/s0007114512000797).

**Joghalli, P., Singh, L., Kumar, K.,et Sharanagat V. S. (2017)(a)**. Nouvelle torréfaction continue de pois chiches (*Cicer arietinum*): étude des caractéristiques physico-fonctionnelles, antioxydantes et de torréfaction, *LWT*, 86, 456-464. Doi: [10.1016 / j.lwt.2017.08.029](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.029).

**Joghalli, P., Singh, L., et Sharanagat, V. S. (2017)**. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*), *LWT-Food Science and Technology*, 79, 223-233.

### -K-

**Karla, A., Acevedo Martinez Mary, M.; Yang Elvira Gonzalez de Mejia. (2020)**. Technological properties of chickpea (*Cicer arietinum*): Production of snacks and health benefits related to type-2diabetes. *comprehensive reviews in food science and food safety*, 1–26.

- Kashif, R., Akhtar, M., Kaiser, L. C., Irfan, R., Muhammad-Afzal, Z., Amer, H., Zeeshan, Q., et Muhammad-Jahanzaib, K. (2021).** Identification of operative dose of NPK on yield enhancement of Desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum. L.*) in diverse milieu, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23, 1063-1068.
- Kaur, K., Grewal, S. K., Gill, P. S., et Singh, S. (2019).** Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential," *Journal of food science and technology*, 56(4), 1864-1876.
- Kaushal, K., John, D., Snehlata, T., Anoop, S., et Bhole, S. R. (2017).** Nutritional Composition of Chickpea (*Cicer arietinum*) Milk: *International Journal of Chemical Studies*, 5(4).
- Kebièche, M., Lakroun, Z., Mraïhi, Z., et Soulimani, R. (2011).** Effet anti diabétoène et cytoprotecteur de l'extrait butanolique de *Ranunculus repens* L, et de la quercétine sur un modèle expérimental de diabète alloxanique, *Phytothérapie*, 9(5), 274-282.
- Khalil, M. M. (2001).** Effect of soaking, germination, autoclaving and cooking on chemical and biological value of guar compared with fababeans, *Food/Nahrung*, 45(4), 246-250.
- Khandelwal, S., Udipi, S. A., et Ghugre, P. (2010).** Polyphenols and tannins in Indian pulses: Effect of soaking, germination and pressure cooking, *Food Research International*, 43(2), 526-530.
- Kichou, T. S. H. (2003).** Effet de la température sur la fixation et l'assimilation de l'azote chez le pois chiche, *Céréaliculture revue technique et scientifique de ITGCn* 40.
- Kishor, K., David, J., Tiwari, S., Singh, A., et Rai, B. S. (2017).** Nutritional Composition of Chickpea (*Cicer arietinum*) Milk, *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 1941-1944.
- Książak, J., et Bojarszczuk, J.(2020).** L'effet de la méthode de culture et de la forme botanique sur le rendement en graines et la composition chimique des pois chiches (*Cicer arietinum . L.*) cultivés en système biologique, *Agronomie*, 10(6), 801.

-L-

- Ladizinsky, G., et Abbo, S.(2015).**The Search for Wild Relatives of Cool Season Legumes,*Plant Science*, Doi : [10.1007/978-3-319-14505-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14505-1_2).
- Lafarga, T., Villaró, S., Bobo, G., Simó, J., et Aguiló-Aguayo, I. (2019).** Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in cooked pulses, *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5), 1816-1823.
- Leport, L., Turner, N. C., Davies, S. L., et Siddique, K. H. M.(2006).** Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy*, 24 (3), 236-246.
- Li, H., Rodda, M., Gnanasambandam, A., Aftab, M., Redden, R., Hobson, K., et Slater, A. T. (2015).** Breeding for biotic stress resistance in chickpea: progress and prospects.

- Lim, T. K. (2011).** *Cicer arietinum*. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, 601-613.
- Liu, Q., Luo, L., et Zheng, L. (2018).** Lignines: biosynthèse et fonctions biologiques chez les plantes, *Journal international des sciences moléculaires*, 19 (2), 335. [Doi:10.3390 / ijms19020335](https://doi.org/10.3390/ijms19020335)
- Liu, Y., Ragaee, S., Marcone, M. F., et Abdel-Aal, E. S. M. (2020).** Composition of phenolic acids and antioxidant properties of selected pulses cooked with different heating conditions. *Foods*, 9(7), 908.
- Lone, R., Shuab, R., et Kamili, A. N. (2020).** Plant phenolics in Sustainable Agriculture, 1,596. [Doi : org/10.1007/978-981-15-4890-1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1).
- Luck, G., Liao, H., Murray, N., Grimmer, H., Warminski, E. E., Williamson, M. P., et Haslam E. (1994).** Polyphenols, astringency and proline-rich proteins. *Phytochemistry*, 37(2), 357-371.
- Lund, M. N. (2021).** Reactions of plant polyphenols in foods: Impact of molecular structure, *Trends in Food Science &Technology*, 112, 241-251.

-M-

- Magrone, T., Magrone, M., Russo, M. A., et Jirillo, E. (2020).** Recent advances on the anti-inflammatory and antioxidant properties of red grape polyphenols: In vitro and in vivo studies. *Antioxidants*, 9(1), 35.
- Mahbub, R., frrancis, N.,Blanchard, C., et santhakumar, A. (2021).** The anti-inflammatory and antioxidant properties of chickpea hull phenolic extracts, *Food Bioscience*. 40,100-850.
- Mahiout, D., (2017).** Contribution à la caractérisation de *Ascochyta blight* (Pass.) Labragent causal de l'antracnose du pois chiche (*Cicer arietinum*. L.) et étude de son interaction avec *Medicago truncatula* Gaertn. Thèse du doctorat, Université Abd El Hamid Ibn Badis de Mostaganem, Protection des végétaux, 219.
- Mamta, R., Prakash, H. G., et Shashi, B. (2021).** Evaluation of the Nutritional Quality and Health Benefits of Chickpea (*Cicer arietinum*. L.) by using New Technology in Agriculture (Near Infra-red spectroscopy-2500), *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 40(1),123-126.
- Manickavasagan, A., Thirunathan, P. (2020).** Aperçu de la production. Légumineuses , 55.
- Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., Du-Chaffaut, L., et Reboul E. (2018).** Nutritional Composition and Bioactive Content of Legumes: Characterization of Pulses Frequently Consumed in France and Effect of the Cooking Method. *Nutrients*, 10(11), 1668. [Doi:10.3390/nu10111668](https://doi.org/10.3390/nu10111668).
- Martin, S., et Andriantsitohaina, R., (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium, In : *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*. Elsevier Masson, 51(6), 304-315.

**Materne, M., Leonforte, A., Hobson, K., Paull, J., et Gnanasambandam, A. (2011).** Breeding for improvement of cool seas on food legumes, In: Pratap A, Kumar J (eds), *Biology and Breeding of Food Legumes*, CAB International, 49-62.

**Merga, B., et Haji, J. (2019).** Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade, *Cogent Food & Agriculture*, 5(1).Doi:10.1080/23311932.2019.1615718décembre 2016.

**Mouquet-Rivier, V., et Amiot, M. J. (2019).** Les légumineuses dans nos assiettes : que nous dit l'asscience ? Nutriments et composés bioactifs. *Innovations Agronomiques*, Inrae, 74, 203-213.

**Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., et VanBeek, T. A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.

**Millán, T., Madrid, E. J. I., Cubero, M., Amri, P., Castro., et Rubio, J.(2015).** Chickpea, In: De Ron, A.M. (Ed.), Grain Legumes. Springer New York, 85-109.

**Missang, C., Massiot, P., Baron, A., et Drilleau, J.(1993).**Effect of oxidative browning of apple pulp on the chemical and enzymatic extraction of cellwall polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 20(2), 131-138.

**Mittal, R., Nagi, H. P. S., Sharma, P., et Sharma, S. (2012).** Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour, *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 180.

**Muehlbauer, F. J., et Sarker, A., (2017).** Economic Importance of Chickpea: Production, Value, and World Trade. In R. K. Varshney, M. Thudi& F. Muehlbauer (Eds.), *The Chickpea Genome*, Cham: Springer International Publishing, 5-12.

**Muehlbauer, F. J., et Rajesh, P. N. (2008).** Chickpea, a common source of protein and starch in the semi-arid tropics, In *Genomics of tropical crop plants*. Springer, New York, NY, 171-186.

**Mukherjee, P. K., (2019).** High-Performance Liquid Chromatography for Analysis of Herbal Drugs, *Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs*, 421-458. Doi:10.1016/b978-0-12-813374-3.00010-7.

-N-

**Nayak, B., Liu, R. H. et Tang, J., (2015).**Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (7), 887- 918. doi.org/10.1080/10408398.2011.654142.

**Nontasan, S., Chottanom, P., et Moongngarm, A. (2021).** Mélatonine, ses précurseurs, teneur en phénolique totale et activité antioxydante dans les légumineuses germées dans des conditions normales et saines, *Journal of sustainability science and management*, 16 (2), 53-66.



-P-

**Padhi, E. M., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R., et Ramdath, D. D. (2017).** Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity, *Journal of Functional Foods*, 38, 602-611.

**Parikh, B., et Patel, V. H. (2018).** Total phenolic content and total antioxidant capacity of common Indian pulses and split pulses, *Journal of food science and technology*, 55(4), 1499-1507.

**Pathan, F. L., Deshmukh, R. R., et Annapure, U. S. (2021).** Soaking plasma processed chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. *Legume Science*.

**Perez-Perez, L. M., Huerta-Ocampo, J. Á., Ruiz-Cruz, S., Cinco-Moroyoqui, F. J., Wong-Corral, F. J., Rascón-Valenzuela, L. A., et Del-Toro-Sánchez, C. L.(2021).**Evaluation of Quality, Antioxidant Capacity, and Digestibility of Chickpea (*Cicer arietinum. L. cv Blanoro*) Stored under N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Atmospheres. *Molecules*, 26 (9), 2773.

**Prior, R. L., Wu, X., et Schaich, K. (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.

**Procházková, D., Boušová, I., et Wilhelmová, N.(2011).** Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids, *Fitoterapia*, 82(4), 513–523. Doi:10.1016/j.fitote.2011.01.018.

**Purushothaman, R., Upadhyaya, H. D., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., et Krishnamurthy, L. (2014).** Les pois chiches Kabuli et Desi diffèrent dans leur exigence pour la durée de reproduction, *Field Crops Research*, 163, 24–31. Doi: 10.1016 / j.fcr.2014.04.006.

-Q-

**Quintero-Soto, M. F., Saracho-Peña, A. G., Chavez-Ontiveros, J., Garzon-Tiznado, J.A., Pineda-Hidalgo, K. V., Delgado-Vargas, F., et Lopez-Valenzuela, J. A. (2018).** Profils phénoliques et leur contribution à l'activité antioxydante de génotypes de pois chiche sélectionnés des collections du Mexique et de l'ICRISAT, *Aliments végétaux pour la nutrition humaine*, 73(2), 122-129.

-R-

**Rachwa-Rosiak, D., Nebesny, E., et Budryn, G. (2015).** Chickpeas composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1137-1145.

**Rani, S., et Khabiruddin, M. (2016).** Phytochemical properties of processed chickpea varieties of Haryana (India). *Oriental Journal of Chemistry*, 32(5), 2803.

**Rasool, S., Abdel-Latef, A., et Ahmad, P. (2015).** Chickpea: role and responses under abiotic and biotic stress. *Legumes under environmental stress: yield, improvement and adaptations*, 67-79.

**Ravneet, K., et Kamlesh, P. (2021).** Technological, processing and nutritional aspects of chickpea (*Cicer arietinum*)-A review, *Trends in Food Science & Technology*, 109, 448–463. [Doi:org /10.1016/j.tifs.2021.01.044](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.044).

**Rio C., (2017).** Les légumes secs, aliments de choix à valoriser, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52(2), 71–77. [Doi: 10.1016/j.cnd.2016.11.006](https://doi.org/10.1016/j.cnd.2016.11.006).

**Roy, M. K., Takenaka, M., Isobe, S., et Tsushida, T., (2007).** Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment, *Food Chemistry*, 103(1), 106–114. [Doi:10.1016/j.foodchem.2006.08.002](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.002).

-S-

**Sajad, A., Sofi, Kh., Muzaffar, S., Ashraf, I., Gupta, S., et Ahmad, M. (2020).** Chickpea. *Pulses*, 55-76.

**Sánchez-Magana, L. M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Gutiérrez-Dorado, R., Ayala-Rodríguez, A. E., Valdez-Ortiz, A., Milán-Carrillo, J., et Reyes-Moreno, C. (2014).** Bioconversion à l'état solide du pois chiche (*Cicer arietinum*. L.) By *Rhizopus oligosporus* pour améliorer le contenu phénolique total, l'activité antioxydante et la fonctionnalité hypoglycémique. *Journal international des sciences de l'alimentation et de la nutrition*, 65(5), 558–564.

**Serventi, L. (2020).** Up cycling Legume Water: from waste water to food ingredients, 179. [Doi : 10.1007/978-3-030-42468-8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42468-8).

**Setchell, KD et Cole, S. J. (2003).** Variations des niveaux d'isoflavones dans les aliments à base de soja et les isolats de protéines de soja et problèmes liés aux bases de données sur les isoflavones et à l'étiquetage des aliments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (14), 4146-4155.

**Sharma, S., Upadhyaya, H. D., Roorkiwal, M., Varshney, R. K., et Gowda, C.L. L. (2013).** Chickpea. *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement*, 81–111. [Doi :10.1016/b978-0-12-397935-3.00004-9](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-397935-3.00004-9).

**Sharma, S., Singh, A., Sharma, U., Kumar, R., et Yadav, N. (2018).** Effect of thermal processing on anti nutritional factors and in vitro bioavailability of minerals in desi and kabuli cultivars of chickpea grown in North India. *Legume Research: An International Journal*, 41(2), 267-274.

**Shishehbor, F., et Saki Malehi, A. (2017).** Roasted Chickpea Flour Decreases Glycemic Index and Glycemic Load of White Bread, *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 19(1), 10-17.



**Siddique, K. H. M., et Krishnamurthy, L. (2016).** Chickpea: Agronomy. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* Oxford: Academic Press, 216-222.

**Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., et Singh, N. (2017).** Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review, *Food Research International*, 101, 1–16. [Doi:10.1016/j.foodres.2017.09.026](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026).

**Singh, B., Singh, G. P., Kaur, A., Kaur, A., et Singh, N. (2020).** Antioxidant Profile of Legume Seeds, *Sustainable Agriculture Reviews*, 45, 71-95.

**Singh, F., et Diwakar, B. (1995).** Chickpea Botany and Production Practices, Skill Development Series no, 16. *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru*, 502, 324.

**Smeriglio, A., Barreca, D., Bellocco, E., et Trombetta, D. (2016).** Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: occurrence, dietary intake and pharmacological effects, *British Journal of Pharmacology*, 174(11), 1244–1262. [Doi:10.1111/bph.13630](https://doi.org/10.1111/bph.13630).

**Soltani, A., Hammer, L., Torabi, B., Robertson, M. J., et Zeinali, E. (2006).** Modeling chickpea growth and development: Phenological development, *Field Crops Research*, 99, 1-13.

**Swamy, S. G., Raja, D. S., et Wesley, B. J. (2020).** Susceptibility of stored chickpeas to bruchid infestation as influenced by physico-chemical traits of the grains, *Journal of Stored Products Research*, 87, 101583. [Doi:10.1016/j.jspr.2020.101583](https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101583).

### -T-

**Tagousop, C. N., Tamokou, J. D., Ekom, S. E., Ngnokam, D., et Voutquenne-Nazabadioko, L. (2018).** Antimicrobial activities of flavonoid glycosides from *Graptophyllum grandulosum* and their mechanism of antibacterial action. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1). [Doi:10.1186/s12906-018-2321-7](https://doi.org/10.1186/s12906-018-2321-7).

**Toker, C., Uzun, B., Ceylan, F.O., et Ikten, C. (2014).** Chickpea. In: *Alien Gene Transfer in Crop Plants*, A. Pratap and J. Kumar Eds., Springer, Dordrecht, (2), 121-151.

**Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S., (2005).** The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4), 713–718.

**Tsimogiannis, D., et Oreopoulou, V. (2019).** Classification of Phenolic Compounds in Plants, *Polyphenols in Plants*, 263–284. [Doi:10.1016/b978-0-12-813768-0.00026-8](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813768-0.00026-8).

-U-

**USDA, (2008)**, plante profile of *Cicer arietinum* (chickpea), United states departement of agriculture (USDA), natural ressources conservation services (NRCS). *Plant database*.

-V-

**Van der Poel, A. F. B., Gravendeel, S., Van Kleef, D.J., Jansma, H. J.M. et Kemp, B. (1992)**. Tannin-containing faba beans (*Vicia faba L.*): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, (36) ,205-214.

**Ven der Maesen, L. J. G. (1987)**. Origin, history and taxonomy of chickpea. In: Saxena, K.B. (Ed), the chickpea, CAB International. Walling ford, Oxon, UK, MCaS.

**Vermerris, W., et Nicholson, R. (2008)**. Families of Phenolic Compounds and Means of Classification. *Phenolic Compound Biochemistry*, 1-34. [Doi:10.1007/978-1-4020-5164-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5164-7_1).

**Verpoorte, R., Contin, A. et Memelink, J. (2002)**. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites, *Phytochemistry Reviews*, 1(1), 13–25. [Doi:10.1023/a:1015871916833](https://doi.org/10.1023/a:1015871916833).

- W-

**Wallace, T.C., Murray, R., et Zelman, K. M. (2016)**. The nutritional value and health benefits of chickpeas and hummus. *Nutrients*, 8(12), 766.

**Wainaina, I., Wafula, E., Sila, D., Kyomugasho, C., Grauwet, T., Van Loey, A., & Hendrickx, M. (2021)**. Thermal treatment of common beans (*Phaseolus vulgaris L.*): Factors determining cooking time and its consequences for sensory and nutritional quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

**Wood, A. J. J., et Scott, F. J. (2021)**. Economic impacts of chickpea grain classification: how seed quality is Queen’ must be considered alongside ‘yieldis King’ to provide a princely income for farmers, *Crop and Pasture Science* ,72(2) ,136-145.

**Wood, J. A., et Grusak, M. A. (2007)**. Valeur nutritionnelle du pois chiche, Sélection et gestion du pois chiche, 101-142

**Wood, J.A., Knights, E.J., et Chocty, M. (2011)**. Morphology of Chickpea Seeds (*Cicer arietinum. L.*): Comparison of desi and kabuli Types, *Nutritional of Journal plant Science*, 172 (5): 632-643.

**-X-**

**Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Smid, E. J., et Schutyser, M. A. (2020).** Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid-state fermentation, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102-269.

**Xu, B., et Chang, S. K. (2008).** Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes, *Food chemistry*, 110(1), 1-13.

**-Y-**

**Ye, X. Y., Ng, T.B., et Rao, P. F. (2002).** Cicerin and arietin, novel chickpea peptides with different antifungal potencies, *Peptides*, 23(5), 817–822.

**Yilmaz, Y. (2006).** Novel uses of catechins in foods, *Trends in Food Science & Technology*, 17(2), 64-71.

**-Z-**

**Zhang, J., Chen, W., Shang, Y., Guo, C., Peng, S., et Chen W. (2020).** Biogeographic distribution of chickpea rhizobia in the world, *Molecular Aspects of Plant Beneficial Microbes in Agriculture*, 235–239. [Doi:10.1016/b978-0-12-818469-1.00020-1](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818469-1.00020-1).

**Zhao, X., Sun, L., Zhang, X., Wang, M., Liu, H., et Zhu, Y. (2021).** Nutritional components, volatile constituents and antioxidant activities of 6 chickpea species, *Food Bioscience*, 41, 100964.

**Zia-ul-haq, M., Iqbal, S., Ahmad, S., Bhanger, M. I., Wiczowski, W., et Amarowicz, R. (2008).** Antioxidant potential of desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan, *Journal of Food Lipids*, 15(3), 326-342.

**Zielinski, H., (2002).** Peroxyl radical-trapping capacity of germinated legume seeds. *Nahrung*, (46), 100-104.

**Zine-Zikara, F., Bouzid, L., & Yekkour, A. (2015).** Le pois chiche en Algérie : Situation, potentialité et perspective, *Recherche Agronomique*, 27, 35-47.

---

**THEME : Impact de la cuisson à l'eau sur la teneur et l'activité antioxydante des composés phénoliques de pois chiche.**

**PRESENTE PAR :**

**ENCADRANT**

**DATE DE SOUTENANCE**

**ABDEALI Hayat  
SIFOUR Nadjiba  
TALEB Samira**

**Mme. DJABALI Saliha**

**14/09/2021**

---

**Résumé**

Le pois chiche constitue une part importante de l'alimentation humaine. Il est considéré comme étant une bonne source de protéines, de fibres et renferme des quantités considérables en antioxydants qui sont considérés comme des composés bioactifs bénéfiques à la santé humaine.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'influence de la cuisson dans l'eau sur la teneur et l'activité antioxydante des composés phénoliques de deux variétés de pois chiche (*Kabuli* et *Desi*).

L'étude comparative de la composition phénolique de pois chiche avant et après cuisson à l'eau indique qu'il y avait un effet négatif de cuisson sur la teneur de ces composés et leurs activités antioxydantes.

**Mots clés :** pois chiche, composés phénoliques, activité antioxydante, cuisson

---

**Abstract**

Chickpeas constitute an important part of the human diet. It is considered to be a good source of protein, fiber and contains considerable amounts of antioxidants which are considered to be bioactive compounds .beneficial to human health

The objective of this study is to demonstrate the influence of cooking in water on the content and antioxidant activity of phenolic compounds in two varieties of chickpea (*Kabuli* and *Desi*).

The comparative study of the phenolic composition and antioxidant activity of chickpeas before and after cooking in water indicates that there was a negative effect of cooking on the content of these compounds and their antioxidant activities.

**Keywords:** chickpea, phenolic compound, antioxidant activity, cooking

---

**الملخص**

يشكل الحمص جزءاً مهماً من النظام الغذائي للإنسان. يعتبر مصدرًا جيدًا للبروتين والألياف ويحتوي على كميات كبيرة من مضادات الأكسدة التي تعتبر مركبات نشطة بيولوجيًا ومفيدة لصحة الإنسان. الهدف من هذه الدراسة هو توضيح تأثير الطبخ في الماء على محتوى ونشاط مضادات الأكسدة للمركبات الفينولية في نوعين من الحمص (كابولي وديسي).

تشير الدراسة المقارنة للتركيب الفينولي للحمص قبل وبعد الطهي في الماء إلى وجود تأثير سلبي للطهي على محتوى هذه المركبات وأنشطتها المضادة للأكسدة.

**كلمات مفتاحية:** الحمص، مركب الفينول، النشاط مضاد للأكسدة، الطبخ

---