



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية.

Département des Sciences agronomiques



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

**Etude de l'activité antioxydante chez trois légumineuses
alimentaires (Pois chiche, Lentille et Niébé)**

**Présenté par : Zamit Widad
Mekkas Amel**

Soutenu le : 14/10/2020;

Devant le jury :

Président :	Mme. Kelaleche Haizia	MCB, Univ BBA.
Encadrant :	Mme. Gaad Djouher	MAB, CRBt Constantine
Co-encadrant :	Mme. Tabti Dahbia	MAB, Univ BBA.
Examineur:	Mr. Maamri Khelifa	MCB, Univ BBA.

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

À la fin de ce travail, nous aimerions exprimer notre plus sincère gratitude au Dieu Tout-Puissant pour nous avoir donné le courage, la patience et la volonté d'achever ce travail. Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements aux promoteurs, Mme Gaad Djouher et Mme Tabti Dahbia pour leurs conseils et leur disponibilité.

Un remerciement à madame Kelaleche Haizia. Nous sommes honorés d'avoir accepté de présider le jury.

Nous exprimons notre gratitude et nos sincères remerciements à Mr. Maamri Khelifa pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous tenons également à remercier tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail.

Widad et Amel

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, pour leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse et leur soutien, leur prière tout au long de mes études.

A mes chères frères : Younase et Faical et a ma petite Sœur chaima.

A toute ma famille.

Toutes mes amies particulièrement : Soulaf, Linda, Hanane, Asma, Imane, Widad, Zolikha et Nawal.

Toute la promotion 2020 de master 2 spécialités amélioration des plantes.

Amel

Dédicaces

J'ai le grand plaisir de dédier ce travail.

À ma très chère mère, qui me donne toujours de l'espoir
de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi

À mes frères pour leurs encouragements et leur soutien et
à ma sœur Fadila .

À mon fiancé Rabeh pour son sacrifice afin que rien
n'entrave le déroulement de mes études.

Et à ma belle-mère, qui m'a toujours encouragé avec
ses paroles amiables et gentilles.

À mes meilleurs amies : Linda , Merwa, Khayra,
Ahlem et surtout Meryem Kadri .

À mes chers collègues : toute la promotion
d'amélioration des pentes 2020 surtout ; Lamia
Bourouh, Maadadi Amina , Iman Ben Yahia et Abd
Basset Ragoub .

Et tous qui m'ont aidé à compléter ce travail
En fin je remercie mon binôme Amel Mekkas.

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviation

Introduction.....1

Chapitre I : Généralités sur les légumineuses

1. Généralitéssur les légumineuses.....	3
2. Le niébé [<i>Vignaunguiculata (L.) Walp.</i>].....	3
2.1. Morphologie de niébé.....	3
2.2. Classification.....	4
2.3. Origine et historique.....	4
2.4. Intérêt nutritionnel.....	5
2.5. Facteurs anti nutritionnel.....	5
2.6. Situation économique de niébé dans le monde.....	5
2.7. Situation économique du niébé en Algérie.....	5
3. La lentille (<i>Lens culinaris</i>).....	6
3.1. Morphologie.....	6
3.2. Origine et historique.....	6
3.3. Classification.....	7
3.4. Intérêt nutritionnel.....	7
3.5. Données économique de la lentille dans le monde.....	7
3.6. Données économique de la lentille en Algérie.....	7
4. Le Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>).....	8
4.1. Morphologie.....	8
4.2. Classification.....	9
4.3. Origine et historique.....	9
4.4. Intérêt nutritionnel.....	10
4.5. Les facteurs antinutritionnels.....	10
4.6. Situation économique dans le monde.....	10
4.7. Situation économique en Algérie.....	10

1. Les Radicaux libres.....	11
1.1. Réaction d'oxydoréduction.....	11
1.2. Rupture homolytique.....	11
2. Espèces réactives de l'oxygène.....	11
3. Origine des espèces réactives de l'oxygène.....	11
3.1. Origine endogène.....	11
3.1.1. Chaîne respiratoire mitochondriale.....	11
3.1.2. NADPH oxydase.....	12
3.1.3. Cytochromes P450.....	12
3.1.4. Peroxysomes.....	12
3.1.5. Xanthine oxydas.....	12
3.2. Origine exogène.....	13
4. Le Stress oxydatif.....	13
5. Les Antioxydantes.....	14
5.1. Antioxydante enzymatique.....	14
5.1.1. Superoxy de dismutase (SOD).....	14
5.1.2. Catalase.....	14
5.1.3. Glutathion peroxydase (GPx).....	15
5.2. Antioxydante non enzymatique.....	15
5.2.1. Vitamine C.....	15
5.2.2. Vitamine E.....	15
5.2.3. Caroténoïdes.....	15
5.2.4. Oligoéléments.....	15
5.2.5. Polyphénols.....	16
5.2.5.1. Flavonoïdes.....	16
5.2.5.2. Tanins.....	16
6. Méthodes d'évaluation de la présence d'antioxydantes dans les plantes.....	16
6.1. Présentation du test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).....	16
6.2. ORAC(Oxygen Radical Absorbance Capacity).....	17
6.3. FRAP(Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter).....	17
6.4. ABTS.....	17
6.5. TRAP (Total Radical Trapping Antioxidant Parameter).....	17
7. Pouvoir antioxydant des légumineuses.....	18

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Préparation du matériel végétal utilisé.....	19
2. Méthodes.....	19
2.1. Préparation des extraits.....	19
2.2. Dosage des métabolites secondaires.....	20
2.2.1. Détermination des composés phénoliques totaux.....	20
2.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux.....	20
2.3. Évaluation de l'effet antioxydant des extraits.....	21
2.3.1. Tests de DPPH.....	21
2.3.2. Estimation du pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP).....	21
3. Analyse des données.....	21

Chapitre IV : Etat de l'art

1. Synthèse des travaux sur le Pois chiche.....	22
1.1. Polyphénols totaux.....	22
1.2. Flavonoïdes totaux.....	22
1.3. Tanins condensés.....	22
1.4. Activité antioxydante.....	22
2. Synthèse des travaux sur la lentille.....	23
2.1. Polyphénols totaux.....	23
2.2. Flavonoïdes totaux.....	23
2.3. Tanins condensés.....	23
2.4. Activité anti oxydante.....	24
3. Synthèse des travaux sur le Niébé.....	24
3.1. Polyphénols totaux.....	24
3.2. Flavonoïdes totaux.....	24
3.3. Tanins condensés.....	25
3.4. Activité antioxydante.....	25
4. Synthèse des travaux sur d'autres légumineuses.....	25
4.1. Polyphénols totaux.....	25
4.2. Flavonoïdes totaux.....	26
4.3. Activité anti oxydante.....	26
5. Synthèse des travaux sur Les plantes médicinales.....	27
5.1. Polyphénols totaux.....	27

5.2. Flavonoïdes totaux.....	28
5.3. Activité anti oxydante.....	28
6. Autres espèces.....	29
6.1.Polyphénols totaux.....	29
6.2.Flavonoïdes totaux.....	29
6.3.Activité anti oxydante.....	29
Conclusion générale.....	31
Références bibliographiques.....	32
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau I: Les solution d'extraits a différentes concentrations19
Tableau II: Activité antioxydante totale et le contenu phénolique total de quelques légumineuses alimentaires26
Tableau III: Teneur totale en phénol (TP) et flavonoïde(TF) mg/g poids sec de quelque plantes médicinales.....27

Liste des figures

Figure 1: A/ La plante entière de niébé B/ les graines de niébé.....4
Figure 2: Description morphologique de la lentille : a- Fleur; b- Grain; c- Tige et gousse.....6
Figure 3: Les deux types de Pois Chiche : (1) Desi et (2) Kabuli.....9

Liste des abréviations

ABTS :Ethylbenzène et Acide Thiazoline-6-Sulfonique)
ADN : Acide Desoxyribo-Nucléique
BHT :Butyl Hydroxy Toluène
CAE : Acide Catéchine Equivalents
DPPH : 2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyle
EDTA : AcideÉthylène DiammineTétraacétique
ERN : Espèces Réactives de l'azote
FRAP : Paramètres Antioxydants pour Les Ions Fer Réduits
GAE : EquivalentAcide Gallique
GPx : Glutathion Peroxydase
HCl-EDTA : HCl-(acide éthylène diamminetétraacétique)
MDA :Malondialdéhyde
MS :MatièreSèche
NADH :NcotinamideAdenineDinucléotideHydrogenase
NADPH: Ncotinamide Adenine Dinucléotide Phosphate Hydrogenase
P450: Cytochromes P-450
PE : Phycoérythrine
QE : Quercétine Equivalents
RL : Radical Libre
ROS :Reactive oxygen species (Espèces Réactives de l'oxygène)
SOD :SuperoxydeDismutase
TCA : Acide trichloracétique
TE :Trolox Equivalents
TPTZ : 2,4,6-Tris (2-Pyridyl) -1,2,5-Triazine
TRAP : Paramètres Antioxydants Piégeurs Totaux des Radicaux Libres
ORAC : Capacité D'absorption des Radicaux Oxygène
XD : Xanthine Déshydrogénase
XO : Xanthine Oxydase

L'oxydoréduction est le transfert d'un ou plusieurs électrons d'un atome vers un autre. Ce processus est nécessaire pour la vie en aérobie et pour notre organisme, puisque l'oxygène est l'accepteur ultime d'électrons au niveau de la chaîne respiratoire pour former de l'énergie. Cependant, dans le cas où il y a transfert d'un nombre d'électrons impaires, nous assistons à la formation d'espèces toxiques ayant des électrons célibataires, appelées radicaux libres (Gutteridge, 1993).

Dans des conditions physiologiques, la production de radicaux libres est totalement contrôlée par le système de défense de notre organisme: la balance antioxydant / pro-oxydant est en équilibre. Le stress oxydatif résultera d'une situation où l'organisme ne contrôle plus la présence excessive de radicaux oxygénés toxiques. En d'autres termes, tous les constituants de l'organisme sont en oxydation, ce qui accélère le vieillissement du corps. Outre le vieillissement prématuré, le stress oxydatif peut aussi être à l'origine de nombreuses maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson. Les sources de stress oxydatif peuvent avoir diverses origines endogènes et exogènes. (Haleng *et al.*, 2007).

Les antioxydants sont les remèdes naturels qui permettent de rompre la chaîne de formation des radicaux libres dans l'organisme et de limiter ainsi les effets de vieillissement et dégénération des cellules, engendrés par ces substances. Le corps est capable de produire lui-même ses propres antioxydants, mais quand le taux de radicaux libres est élevé, il est nécessaire d'augmenter la quantité d'antioxydants dans l'organisme. Pour cela, il faut intégrer des aliments aux vertus antioxydantes dans le régime alimentaire.

En effet, les antioxydants sont principalement fournis par les plantes, et ils comprennent des polyphénols, des vitamines et des oligo-éléments. C'est en ce sens que la recherche sur l'activité antioxydante des plantes est devenue très importante aujourd'hui, car on peut retrouver dans les végétaux de puissants antioxydants (Guillouty, 2016).

Les graines de légumineuses constituent une partie essentielle de l'alimentation humaine car elles sont d'excellentes sources de protéines, minéraux, vitamines, fibres alimentaires, d'amidon et les composés bioactifs. Les légumineuses présentent de nombreux avantages pour la santé, ils sont une source importante de polyphénols, qui ont des activités antioxydantes élevées (Singha *et al.*, 2017), et de flavonoïdes, dont le contenu est environ 10 fois plus élevé que celui des oranges (Guggenbühl, 2006).

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer *in vitro* l'activité antioxydante des extraits des graines de trois espèces de légumineuses alimentaires: *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Lens culinaris* et *Cicer arietinum* qui sont largement consommées en Algérie.

Introduction

Ce travail est organisé en trois parties, initié par une synthèse bibliographique mettant l'accent sur les trois légumineuses, le stress oxydatif et l'activité antioxydante. La deuxième partie concerne la méthodologie suivie : L'extraction des polyphénols et l'étude de pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH. Enfin la dernière partie regroupe un état de l'art des travaux déjà réalisés sur la question suivi d'une conclusion générale.

1. Généralités sur les légumineuses

Les légumineuses (Fabaceae) constituent une grande famille qui regroupe des plantes à caractère ornemental, fourragère et alimentaire. Ces dernières se répartissent en 3 groupes : les légumes secs (lentilles, pois secs, pois chiches, haricots secs ...), les oléagineux (arachide, soja ...) et les légumes à gousses (petit pois, haricots verts ...) (Rémond et Walrand, 2017). Elles jouent un rôle très important dans la sécurité alimentaire des pays en développement (Rémond et Walrand, 2017).

Les graines de légumineuses présentent un intérêt nutritionnel : elles sont riches en protéines et apportent en même temps des sucres à digestion lente et des fibres. Elles sont utilisées en alimentation animale et humaine (Combe *et al.*, 1991).

2. Le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Le niébé (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.) est l'espèce de légumineuses la plus cultivée et consommée dans les zones tropicales et subtropicales de l'Afrique, de l'Asie, de l'Europe et d'Amérique. Il est pratiquement disponible durant toute l'année lorsque les autres cultures sont rares (Gbaguidiet *al.*, 2015).

2.1. Morphologie de niébé

Raemakers (2001) In : Mebdoua(2011) a décrit la plante de niébé comme suit :

Les graines: sont lisses ou ridées de couleur blanche, rouge, noir ou marron. La forme est rhomboïde, réniforme, ovulaire, ou sphérique (**Figure 1/B**).

Les feuilles : sont alternées, pétiolées avec trois folioles glabres de forme ovale à lancéolée.

La tige : Elle est plus ou moins longue suivant les variétés et a une section polygonale et épaisse. Elle peut être érigée, semi érigée ou rampante

Les fleurs : sont hermaphrodites de couleurs variées allant du blanc au violet.

Les fruits : sont des gousses renfermant en général 12 graines et dont le nombre par pédoncule floral varie entre 2 à 4.

Selon **Chaux et Foury (1994)**, le système racinaires est relativement pivotant et profond (peut descendre jusqu'à 1,20 m). Cependant on trouve le plus grand nombre de racines entre 0,20 et 0,25 m de profondeur. Il se forme des nodosités sur les radicelles qui renferment des bactéries fixatrices d'azote.

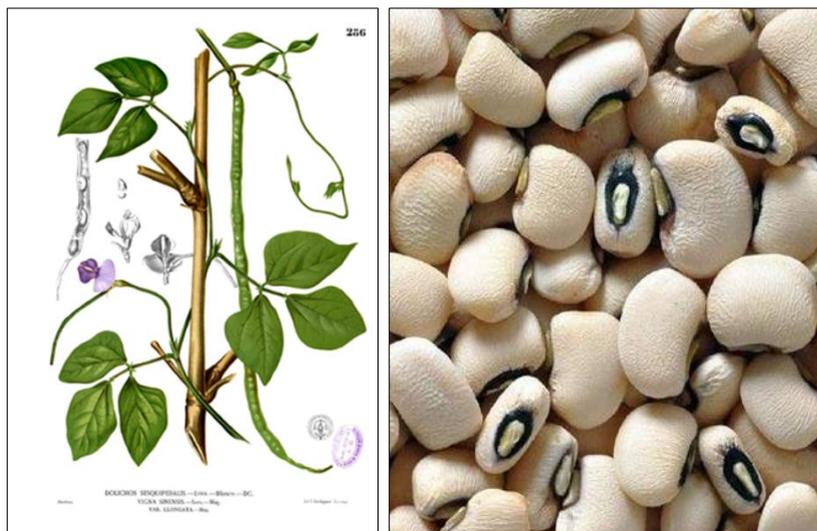


Figure 01 : A/La plante entière de niébé B/ les graines de niébé (Wikipédia.2020,Ganne, 2012).

2.2. Classification

D'après **Baudoin (2001)**, la taxonomie du niébé est la suivante :

Embranchement: Angiosperme.

Classe : Dicotylédone.

Ordre : Léguminosales ou Fabales

Famille : Papilionaceae ou (Fabaceae).

Tribu: Phaseoleae.

Sous tribu : Phaseolinae.

Genre : *Vigna Savi.*

Sous genre : *Vigna.*

Section : *Catiang.*

Espèce : *Vigna unguiculata (L.) Welp.*

2.3. Origine et historique

Le niébé est une espèce diploïde ($2n = 2x = 22$), il est l'une des plus anciennes plantes cultivées par l'homme. L'Afrique serait son centre d'origine, il a été domestiqué par les peuples d'Afrique de l'Ouest il y a 4000 ans (**Pasquet et Fotso, 1994**). Ensuite, propagé dans d'autres parties de l'Afrique par la migration et les routes commerciales. Selon **Baudoin et Maréchal (1985)** ; **Coulibaly et al. (2002)**, le principal centre d'origine

du niébé est le Nigeria. L'Inde est le centre de domestication secondaire du niébé (**Ehlers et Hall, 1997**).

2.4. Intérêt nutritionnel

Le niébé est une légumineuse alimentaire très riche en protéines (environ 20,82 à 25,74 % de matière sèche) mais sa teneur en sucres solubles est faible (799%). Tandis que, la teneur en fibre alimentaire (11,65%) est moins importante comparée à d'autres légumineuses. Comme la plupart des légumineuses alimentaires, la teneur en amidon et en constituants glucidique est élevée (46,99%) alors que, la teneur en lipide est faible (1,54%) (**Carnovale et al., 1989**In : **Mebdoua (2011)**). Le niébé est aussi une bonne source de fer et de zinc (**Gillooly et al., 1983**In : **Mebdoua (2011)**) et est une source importante de vitamines (A, D, E et C), d'acide folique et d'acide nicotinique, de thiamine et de Riboflavine (**Prota., 2004**In : **Mebdoua (2011)**).

2.5. Facteurs anti nutritionnels

La valeur nutritionnelle des graines des légumineuses en général et celle du niébé dépend non seulement de leur teneur en nutriment mais aussi du niveau d'activité des facteurs antinutritionnels qu'elles sont susceptibles de contenir. En effet, les facteurs antinutritionnels sont des substances qui perturbent ou bloquent, après ingestion l'utilisation digestive ou métabolique des nutriments ou plus généralement conduisant à des effets secondaires néfastes souvent par suite de consommation répétée (**Besançon, 1978**).

2.6. Situation économique du niébé dans le monde

La superficie annuelle cultivée dans le monde s'élève à plus de 11,8 millions d'hectares dont 10,7 millions d'hectares en Afrique de l'Ouest, la plus grande zone de production et de consommation de niébé au monde (**Ouali-N'goran et al., 2014**). Les principaux pays producteurs du niébé sont le Nigeria, le Niger, le Burkina Faso, le Ghana, la République-Unie de Tanzanie, le Cameroun et le Kenya (FAOSTAT, 2020).

2.7. Situation économique du niébé en Algérie

En Algérie le niébé est traditionnellement cultivé dans la région de Kabylie, la zone Est d'El Kala et les Oasis de Sahara (**Ghalmi et al., 2010**).

3. La lentille (*Lens culinaris*)

La lentille (*Lens culinaris*) est une espèce annuelle, probablement originaire d'Asie occidentale, d'où elle s'est diffusée vers la Méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe (Brink et Belay, 2006).

3.1. Morphologie

La description morphologique de la lentille (Figure 02), d'après Yadav et al. (2007) est la suivante :

Les feuilles : sont alternes, composées pennées de couleur vert jaunâtre, vert jaune clair, vert terne, vert foncé ou vert bleuâtre foncé. Les stipules sont petites ou parfois absentes.

Les fleurs : sont petites, de couleur blanche, rose, violet, violet pâle, bleu pâle, elles sont portées par de courts pédoncules de 2,5–5,0 cm de long.

Les graines : sont biconvexes, rondes, petites, en forme de lentille de l'œil et pèsent entre 2 et 8 g pour 100 graines. La couleur du testa varie du beige au brun noir, violet et noir. Les cotylédons sont rouges, orange, jaunes ou verts. En fonction de leur taille, les lentilles se divisent en *microsperma* et en *macrosperma*.



Figure 02: Description morphologique de la lentille : a : Fleur ; b : Graines ; c : tige et gousses (Hamadache., 2014 In : Achouri (2018)).

3.2. Origine et historique

La lentille (*Lens culinaris* Medik.) est l'un des plus anciens légumes secs cultivés (Brink et Belay, 2006). Sa culture remonte à 7000 avant JC en Asie. Le centre d'origine de la lentille cultivée se situe au Proche-Orient (Zohary, 1972), d'où elle s'est répandue en Méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe. La lentille est maintenant cultivée dans le monde entier (Chahota et al., 2007).

3.3. Classification

La lentille (*Lens culinaris*) est une espèce annuelle dicotylédone classée d'après **Brink et Belay(2006)** comme suit :

Règne :Plantae

Super division : Spermatophyta

Classe :Magnoliopsida

Sous classes: Rosidae

Ordre :Fabales.

Famille :Fabaceae

Genre :*Lens*

Espèce :*Lens culinaris* Medik

3.4. Intérêt nutritionnel

Les graines de lentilles sont plus riches en protéines (25%), glucides et calories par rapport aux autres légumineuses. Ses graines sont également une bonne source de minéraux essentiels comme le calcium, le phosphore, le fer et vitamine B(**Yadav et al., 2007**).

Les feuilles sèches, les tiges, les enveloppes, les gousses constituent une bonne source d'aliments pour le bétail. Ces résidus contiennent environ 10,2% humidité, 1,8% de matières grasses, 4,4% de protéines, 50% de glucides, 21,4% de fibres et 12,2%. Les graines de lentilles sont également utilisées par l'industrie comme source d'amidon commercial pour les textiles et l'impression (**Yadav et al., 2007**).

3.5. Données économique de la lentille dans le monde

L'Inde, le Canada, la Turquie, l'Australie, le Népal, les États-Unis, le Bangladesh et la Chine sont les principaux producteurs mondiaux de cette culture (**FAOSTAT, 2020**).Le Canada est un important producteur et exportateur de lentilles. Les cinq principaux importateurs de lentilles sont la Turquie, le Sri Lanka, l'Égypte, l'Algérie, la Colombie et l'Espagne. Les principaux exportateurs sont le Canada, l'Inde, l'Australie, la Turquie, les États-Unis et la Chine (**Belaid., 2017**).

3.6. Données économique de la lentille en Algérie

En Algérie, la superficie cultivée en lentille est passée de 26 000 ha en 1969 à 1 500 ha en 1997, avec des rendements fluctuants qui restent très faibles (**Belabid et al., 2000**).

La production de lentille en Algérie est 29663 tonnes durant l'année 2018 (FAOSTAT, 2020).

4. Le Pois chiche (*Cicer arietinum*)

4.1. Morphologie

Racines : Le pois chiche est une espèce rustique par son système racinaire puissant qui se développe dans les deux sens, latéral et pivotant (**Saxena., 1987**). Le système racinaire peut atteindre jusqu'à 2 m de profondeur, mais la majeure partie jusqu'à 60 cm (**Duke, 2012**).

Les feuilles : ont la forme imparipennée glanduleuses-pubescentes avec 3-8 paires de folioles. Elles sont ovales à elliptiques de 0,6-2,0 cm de long, 0,3-1,4 cm de large; le bord est dentelé (**Duke, 2012**).

La tige : est herbacée et devient lignifiée avec l'âge. Comme pour les feuilles, la tige est couverte par des poils uni et pluricellulaires. Selon les génotypes de pois chiche, à une certaine hauteur, la tige se ramifie en deux ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires (**Bouri, 2014**).

Les fleurs : solitaires, parfois 2-3 par inflorescence, axillaire avec des pédoncules de 0,6-3 cm de long, des pédicelles de 0,5-1,3 cm de long, des bractées triangulaire ou tripartite, jusqu'à 2 mm de long; un calice de 7 à 10 mm de long; une corolle blanche, rose, violacée (passant à bleu) ou bleu, de 0,8 à 1,2 cm de long (**Duke, 2012**).

Le fruit : est une gousse de forme globuleuse, renflée, ovale, velue, pendante et portant un bec (**Ladizinsky, 1987**). Elle peut comporter de 1 à 3 graines qui peuvent être lisses ou ridées, arrondies ou irrégulières forme ronde forme ronde à angulaire forme angulaire (**UPOV, 2005**).

Les graines: de 1,4 à 3,5 cm de long et de 0,8 à 2 cm de large, elles sont gonflées glanduleuses et pubescent. La couleur des graines est variable, crème, jaune, marron, noir ou vert, arrondi à obovoïde angulaire (**Duke, 2012**).

Il existe deux types de pois chiche (**Figure 03**) :

Type Desi: Les graines sont caractérisées par des graines petites, ridées, colorées, noires ou rouges Ce pois chiche est cultivé principalement en Asie et représente 85% de la production indienne (**Malhotra et al., 1987**).

Type Kabuli : Les graines sont assez grosses, jusqu'à deux fois la taille des pois, et ont moins de rides que le type Desi. Ce type est cultivé principalement dans le bassin méditerranéen (Singh *et al.*, 1987).



Figure 03 : Les deux types de Pois chiche :(1) Desi et (2) Kabuli (Mahiout, 2017)

4.2. Classification

Selon Bedard *et al.* (2005), le pois chiche est classé comme suit :

Règne : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Cicer*

Espèce : *Cicer arietinum* L.

4.3. Origine et historique

Le pois chiche (*Cicer arietinum*) est une espèce annuelle, autogame diploïde ($2n = 16$). Il est originaire de l'arc du Moyen-Orient et a été domestiqué avec d'autres légumineuses il y a plus de 7 000 ans, notamment les lentilles et les pois (Ladizinsky, 1975).

4.4. Intérêt nutritionnel

Le pois chiche, comme toutes les légumineuses, est un aliment naturellement riche en protéines végétales, en plusieurs vitamines et minéraux et en fibres alimentaires. De plus, il est faible en matières grasses, et comme tous les aliments végétaux, il ne contient pas de cholestérol. Le type Desi contient 51 à 65% de glucides, et le type de Kabuli de 54 à 71% (Mahiout, 2017).

4.5. Les facteurs antinutritionnels

Les facteurs considérés comme ayant des effets anti-nutritionnels incluent en fait le mécanisme de défense des plantes contre les ennemis naturels (insectes, parasites) (Rio, 2016). Le Pois chiche (*Cicer arietinum*) contient des anti-nutriments qui le protègent théoriquement des insectes carnivores comme les fosses de *Sitophilus* (Mouhouche, 2003).

4.6. Situation économique dans le monde

Le pois chiche est la deuxième légumineuse à grains la plus cultivée et récoltée des petits exploitants des régions semi-arides dans le monde (Thudi *et al.*, 2014). Il est cultivé dans plus de 50 pays (89,7% de superficie en Asie, 4,3% de superficie en Afrique, 2,6% de superficie en Océanie, 2,9% aux Américains et 0,4% en Europe). L'Inde est le plus grand producteur de pois chiche (Gaur *et al.*, 2010) représentant un total de 64% de la production mondiale de pois chiches (Mthulisi et Mcebisi, 2020). En 2018, sa production a dépassé 11 millions de tonnes (FAOSTAT, 2020).

4.7. Situation économique en Algérie

L'espèce *Cicer arietinum* occupe une grande place dans les habitudes alimentaires algériennes, elle est de ce fait très demandée par la population. Le pois chiche occupe la deuxième parmi les légumineuses alimentaires après la fève et la féverole (Abdelguerfi-Laouar *et al.*, 2002). La production a atteint 38274 tonnes en 2018 (FAOSTAT, 2020). Cette production reste très faible et les surfaces occupées par cette espèce sont en diminution.

1. Les Radicaux libres

Un radical libre est une molécule (séparée et facilement libérée) qui existe dans certaines cellules et qui possède un seul électron à la périphérie. Les radicaux libres sont électriquement neutres ou ioniques et comprennent des atomes d'hydrogène, des groupes hydroxyle, des anions superoxydes, du peroxyde d'hydrogène, etc. Ils proviennent des effets des rayonnements (lumière, rayons X) qui génèrent de l'énergie et des réactions biochimiques à l'oxygène. S'il n'y a pas de substances capables de neutraliser les cellules (catalase, glutathion, etc.), elles seront très toxiques pour les cellules (**Oueslati, 2017**). La formation des radicaux libres se fait selon :

1.1. Réaction d'oxydoréduction

- **L'oxydation** : les radicaux libres peuvent être formés par oxydation, ce qui désigne par la perte d'un ou plusieurs électrons (**Halliwell et Gutteridge, 2008 In : Dubois(2015)**). Par exemple: $X \rightarrow X^{\circ} + e^{-}$ radical cation.
- **Réduction** : Les radicaux libres peuvent être formés par gain d'un ou plusieurs électrons. Cette réaction est appelée réduction (**Halliwell et Gutteridge, 2008, In : Dubois (2015)**). Par exemple: $Y + e^{-} \rightarrow Y^{\circ}$ radical anion.

1.2. Rupture homolytique

La rupture homolytique donne une liaison covalente donnant deux radicaux libres, chaque atome conserve un électron célibataire (**Halliwell et Gutteridge., 2008 In : Dubois (2015)**).

2. Espèces réactives de l'oxygène

Les espèces réactives de l'oxygène ne sont pas des radicaux libres, mais sont aussi réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux. L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (ROS pour Reactive oxygen species) comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le nitroperoxyde (ONOOH) (**Favier, 2003**).

3. Origine des espèces réactives de l'oxygène

3.1. Origine endogène

3.1.1. Chaîne respiratoire mitochondriale

La production d'énergie (sous forme d'ATP) par de nombreuses formes de vie (animaux, plantes, bactéries), appelée phosphorylation oxydative se fait notamment par l'intermédiaire de chaînes de transport d'électrons présentes dans la membrane interne des mitochondries (**Mazatet et Ransac, 2010**) qui donnent naissance à des intermédiaires

potentiellement réduits, appelés radicaux ou espèces réactives de l'oxygène (ROS). Environ 2 % de l'oxygène consommé au niveau mitochondrial sont transformés en radicaux qui sont contrôlés par des systèmes de défense, les antioxydantes, qui s'adaptent au taux de radicaux présents (Migdal, 2011).

3.1.2. NADPH oxydase

La NADPH oxydase est une enzyme membranaire présente dans toutes les cellules et ayant comme principales fonctions de catalyser les réductions mono électroniques de l'oxygène en utilisant NADPH ou NADH comme donneur d'électrons. Cette enzyme est ancrée au niveau de la membrane cytoplasmique et se définit par des domaines intra- extra-trans-membranaires lui permettant l'interaction avec différents substrats (NADPH, H⁺. NADH, H⁺), sa déposition membranaire lui permet également de libérer des anions superoxydes à l'extérieur ou à l'intérieur de la cellule, qui seront par la suite rapidement convertis en peroxyde d'hydrogène par un phénomène de dismutation spontanée ou enzymatique sous l'action de superoxyde dismutase SOD (Somogyi *et al.*, 2007 ; Trachootham *et al.*, 2008 ; Beaudoux *et al.*, 2005. In Cloutier (2009)).

3.1.3. Cytochromes P450

Ce sont des complexes enzymatiques situés dans la membrane du réticulum endoplasmique ou dans la membrane interne des mitochondries. Ils participent au métabolisme des médicaments et autres xénobiotiques, du cholestérol, de la vitamine D3. Ils catalysent l'oxydation de ces substrats par le dioxygène (Mongens, 2013).

3.1.4. Peroxysomes

Ce sont des organites intracellulaires accomplissant des fonctions métaboliques qui jouent un rôle important dans les transformations énergétiques cellulaires. Ils utilisent l'O₂ et H₂O₂ lors des réactions d'oxydations et permettent la neutralisation des radicaux libres (O₂⁻) très toxiques (Latruffe, 1992).

3.1.5. Xanthine oxydase (XO)

Des études microscopiques des cellules endothéliales humaines ont confirmé non seulement la présence de XO dans le cytoplasme, mais également dans la surface des cellules membranaires de manière asymétrique (Rouquette, 1998. In : Hamlaoui (2014)). C'est une des principales sources de ces radicaux libres (Waud, 1976. In : Hamlaoui (2014)).

La xanthine oxydase/déshydrogénase peut générer O_2^- et H_2O_2 en utilisant comme substrat xanthine ou hypoxanthine et NADH, et jouerait un rôle dans la production des ROS au cours de l'ischémie/ reperfusion (Negre-Salvayre et Salvayre, 2005).

3.2. Origine exogène

L'environnement dans lequel nous vivons tout comme notre mode de vie (l'exposition aux rayons UV, aux ultrasons, aux micro-ondes et à des champs magnétiques, les métaux lourds, le contact avec des agents cancérigènes, le tabagisme, l'alcool, les médicaments et la pollution) sont à l'origine d'une augmentation de la production des ROS dans notre organisme et sont générateurs du stress oxydant (Fearon *et al.*, 2011 ; Squier, 2001 ; Cadenas et Davies, 2000 ; Arteel, 2003. In : Richard (2013)).

4. Le Stress oxydatif

Le stress oxydatif reflète le déséquilibre entre les substances oxydantes activées et les antioxydants corporels. Ceci est dû au mode de vie et au type d'aliments (mauvaise alimentation), de sorte que la production des ROS dans l'organisme augmente anormalement, ce qui entraînera l'apparition de maladies chroniques, vieillissement, etc.). Le stress oxydatif est le résultat d'une diminution des niveaux d'antioxydants et / ou d'une augmentation de la production des ROS. Des concentrations élevées de ROS peuvent être le principal médiateur pour détruire la structure cellulaire, les acides nucléiques, les lipides et les protéines (Pourrut, 2008).

- **Altération des membranes lipidiques :** La chaîne de peroxydation lipidique initiée principalement par les radicaux hydroxyles OH^\cdot affecte l'intégrité de la membrane, sa fluidité, sa perméabilité et peut entraîner sa rupture (Gutteridge et Halliwell, 1990. In : Béguel (2012)).
- **Dommages oxydatifs aux protéines :** ils peuvent provoquer des changements protéiques aux chaînes peptidiques, telles que la scission, l'oxydation spécifique de certains acides aminés et le changement de charge provoquant généralement sa dégradation due à la protéolyse (Freeman et Crapo, 1982). Ils provoquent aussi l'accumulation de protéines oxydées et le vieillissement cellulaire (Dean *et al.*, 1993).
- **Altération de l'ADN :** les dommages oxydatifs de l'ADN par les ROS ciblent les bases azotées ainsi que le groupement « OSE » et se traduisent par des délétions,

des mutations et des cassures simple-brin(**Imlay et Linn, 1988**), et peuvent également empêcher les processus de réparation, de réplication ou encore de transcription de l'ADN. L'ADN endommagé peut coder pour des enzymes non fonctionnelles ou peut entraîner un processus de carcinogenèse (**Béguel, 2012 ; Klaunig et Kamendulis, 2004**).

5. Les Antioxydants

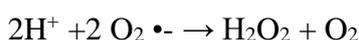
Un antioxydant est une espèce chimique plus ou moins complexe diminuant le stress oxydant au sein de l'organisme. Il peut donc prévenir la synthèse de radicaux libres en inhibant l'initiation des chaînes réactionnelles décrites ci-dessus ou désactiver directement les ROS (**Desmier., 2016**).

L'organisme dispose d'un ensemble complexe de défenses antioxydants. On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est apportée par l'alimentation sous forme de fruits et légumes ; l'autre est endogène et se compose d'enzymes (**Haleng et al., 2007**).

5.1. Antioxydants enzymatiques

5.1.1. Superoxy de dismutase (SOD)

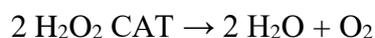
La SOD est une métaloenzyme (enzyme qui possède des ions métallique associés à sa structure protéique), cette enzyme participe à la réaction de dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène et en oxygène (**Théron et Bonnefont-Rousselot, 2005. In : Cloutier (2009)**).



5.1.2. Catalase

La catalase est présente dans la plupart des organismes eucaryotes ou procaryotes. L'activité catalase est réduite par certaines conditions notamment lors de stress thermiques ou osmotiques(**Hertwig et al.,1992**),localisée uniquement dans les peroxysomes (**Tessieret, Marconnet,1995**)

Les catalases sont des enzymes intervenant dans les défenses de la cellule contre le stress oxydant en éliminant les espèces oxygénées réactives et en accélérant la réaction spontanée de dismutation du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) (**Aebi., 1984**).



5.1.3. Glutathion peroxydase (GPx)

La glutathion peroxydase (GPx) est une protéine (contenant 4 atomes de sélénium dans son site actif) présente dans le cytosol, les mitochondries. L'enzyme GPx est capable de détoxifier le peroxyde d'hydrogène et les lipoperoxydes en couplant la réduction de l'hydroperoxyde avec l'oxydation d'un substrat réducteur (Théron et Bonnefont-Rousselot, 2005. In : Oueslati (2017)).

5.2. Antioxydants non enzymatiques

5.2.1. Vitamine C

L'acide ascorbique est un composé antioxydant hydrosoluble qui assure la protection de l'environnement intracellulaire et extracellulaire. Il peut dégrader les radicaux libres d'oxygène qui sont toxiques pour les cellules. Il piège les espèces réactives dérivées de l'oxygène (ROS). L'action antioxydante de l'acide ascorbique est inversement proportionnelle à sa concentration (Misset, 2019).

5.2.2. Vitamine E

En raison de sa capacité à inhiber la peroxydation lipidique, elle est considérée comme un antioxydant. À cet égard, elle participe à la lutte contre la forme active de l'oxygène (ROS) ainsi que de nombreuses autres substances, c'est-à-dire la lutte contre les radicaux libres et les éléments non radicalaires produits lors de la formation de radicaux libres (Cuvelier *et al.*, 2003).

5.2.3. Caroténoïdes

Ils sont des molécules liposolubles produites par les organismes photo-autotrophes (Monaghan et Schmitt, 1932. In : Béguel (2012)) et ils sont capables de réagir avec les radicaux libres par le transfert d'électrons hydrogènes ou par la liaison avec le radical. Ils sont également capables de régénérer la vitamine E et sont eux-mêmes régénérés par la vitamine C (Hermes-Lima, 2005. In : Béguel (2012)).

5.2.4. Oligoéléments

Les oligo-éléments (Cu, Zn, Se, Mn, Fe etc.) ne sont pas des antioxydants en tant que tels, mais agissent comme cofacteurs des enzymes constituant la première ligne de défense face aux attaques oxydatives (Leung, 1998). Il s'agit en réalité de catalyseurs de

ces enzymes. Leur apport par l'alimentation permet donc de maintenir le bon fonctionnement de la machinerie anti-oxydante cellulaire et donc l'équilibre oxydatif (Van Der Werf, 2013).

5.2.5. Polyphénols

Ce sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans tous les végétaux et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques. Les plus représentés sont les flavonoïdes et les tannins (Boizot et Charpentier, 2006).

5.2.5.1. Flavonoïdes

Ce sont des métabolites secondaires possédant une structure avec deux cycles aromatiques liés par trois atomes de carbone. Ils se retrouvent dans les fruits, les légumes, les céréales...etc. La propriété la mieux décrite des flavonoïdes est leur capacité à agir comme antioxydants et protéger l'organisme contre les espèces réactives de l'oxygène (Nijveldt *et al.*, 2001).

5.2.5.2. Tanins

Ce sont des molécules hautement hydroxylées et peuvent former des complexes insolubles avec des glucides et des protéines. Deux sous-classes se distinguent encore parmi les tannins : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (Bravo, 1998).

6. Méthodes d'évaluation de la présence d'antioxydants dans les plantes

Les antioxydants ont une grande diversité moléculaire et combattent les processus d'oxydation de différentes manières. Par conséquent, afin de mesurer l'activité antioxydante d'une molécule, plusieurs tests peuvent être combinés. Le test de radicaux libres DPPH et le test de radicaux libres obtenu à partir d'ABTS sont les plus largement utilisés. On peut également trouver d'autres méthodes pour évaluer la capacité antioxydante telles que la méthode ORAC, TRAP et FRAP (Guillouty, 2018).

6.1. Présentation du test au DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)

Le 2,2-diphényl-1-picryl hydrazylse est caractérisé par sa stabilité en retenant le mouvement des électrons dans la molécule des radicaux libre (Molynex, 2004).

6.2. ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

Le test ORAC (capacité d'absorption des radicaux oxygène) permet d'évaluer la capacité antioxydante d'un échantillon, en fonction de sa capacité à éloigner les radicaux libres. Cette méthode mesure la capacité d'un composé étudié à préserver une sonde de fluorescence de l'oxydation par un radical pyroxyde. La réaction de ce radical avec la sonde de fluorescence s'accompagne d'une perte de la fluorescence. L'effet protecteur d'un antioxydant contre les radicaux pyroxydes est ainsi déterminé par comparaison de la variation de fluorescence en présence ou non d'un composé potentiellement antioxydant (Nadal, 2009). L'avantage de la méthode ORAC est qu'elle est sensible, standardisée et applicable aux antioxydants hydrophiles et lipophiles (Prior *et al.*, 2003 ; Tolba, 2016).

6.3. FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter)

L'évaluation du FRAP est basée sur la réduction des ions fer (Fe^{3+}) en ions fer (Fe^{2+}) par des composés antioxydants. Pour cette méthode, le complexe fer-fer avec 2,4,6-tris (2-pyridyl) -1,2,5-triazine (TPTZ) est coloré en raison de la réduction du fer. La teneur en antioxydant peut être déterminée simplement en mesurant l'absorbance à 595 nm. (Nadal, 2009).

6.4. ABTS

La formation du cation radical ABTS [acide 2,2'-azidobis- (acide 3-éthylbenzothiazolin-6-sulfonique)] est à la base d'une méthode spectrophotométrique qui a été utilisée pour mesurer la substance active antioxydante totale. L'ajout d'antioxydants aux radicaux libres préformés réduira les radicaux libres ABTS dans une certaine mesure, et au fil du temps dépend de l'activité de l'antioxydant, de la concentration de l'antioxydant et de la durée de la réaction (Jarbi, 2018).

6.5. TRAP (Total Radical Trapping Antioxidant Parameter)

La méthode TRAP a été développée par Wayner en 1985 et est basée sur la mesure de l'oxygène consommé lors de la réaction de peroxydation. Cette réaction est provoquée par la décomposition thermique de l'AAPH (dichlorhydrate de 2,2'-azobis-2-méthylpropionamide), qui génère des radicaux peroxyde 235 in situ.

Une électrode à oxygène thermostatée est utilisée pour surveiller la profondeur de l'oxygène. Cependant, l'électrode à oxygène est instable pendant la période de mesure (environ 2 heures par échantillon). Par la suite, la méthode TRAP a été améliorée pour tirer parti de l'augmentation de la chimioluminescence provoquée par la réaction des radicaux peroxy avec le luminol. Ce changement améliore la précision de la méthode et automatise la mesure (**Nadal, 2009**).

7. Pouvoir antioxydant des légumineuses

Les composés phénoliques provenant de parties de plantes comestibles et non comestibles possèdent une activité antioxydante. Ils affichent la capacité d'inhiber ou de retarder l'oxydation des lipides, des protéines et de l'ADN en affectant l'initiation ou la propagation de réactions en chaîne oxydantes (**Halliwell *et al.*, 1992. In : Willett(1994)**).

Les graines de légumineuses appartiennent aux aliments végétaux qui sont généralement riches en composés phénoliques, y compris les tanins condensés. L'activité antioxydante des composés phénoliques extraits de graines de légumineuses a été étudiée à l'aide de plusieurs essais chimiques *in vitro* (**Heimler *et al.*, 2005**).

1. Préparation du matériel végétal utilisé

Ce présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire de "Biochimie" de centre national de recherche en biotechnologie (CRBt)-Constantine. Les échantillons des plantes utilisées proviennent de trois légumineuses alimentaires, produite localement. Il s'agit du niébé (variété saharienne) ; de la lentille (variété locale : Métropole) et du pois chiche (variété commerciale : type Desi). Les graines des trois espèces ont été finement broyées et conservées à l'abri de la lumière et de l'humidité pour des analyses ultérieures.

2. Méthodes

2.1. Préparation des extraits

Une quantité de 0,1 g et 0,5 g de la poudre des trois espèces est mise à macérer dans un mélange de solvants (Acétone/Méthanol/Ethanol/Eau/Acide acétique) sous agitation pendant 24 heures, à 300 tr / min à température ambiante. Le mélange a été extrait pendant 12 à 16 h supplémentaires dans l'obscurité pendant une nuit. L'extrait a été filtré à travers du papier filtre Whatman N°1 dans un entonnoir Buchner. L'extrait récupéré par filtration est soumis à une évaporation sous pression réduite à 45°C dans un rotavapeur (BÜCHI). Ensuite conservée à 4°C jusqu'à son utilisation.

Les différentes doses des solvants utilisés sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau I: Les solutions d'extraits à différentes concentrations

Matériel végétal	Code échantillon	Méthanol		Acétone		Acide acétique		Ethanol		Eau	
		ml	µl	ml	µl	ml	µl	ml	µl	ml	µl
Pois chiche (0,1g) Lentille (0,1 g) Niébé(0,1g)	P1-L1-N1	0	0	0,5	500	0	0	0	0	0,5	500
	P2-L2-N2	0	0	0,8	800	0	0	0	0	0,2	200
	P3-L3-N3	0	0	0,7	700	0,005	5	0	0	0,295	295
	P4-L4-N4	0,65	650	0	0	0,06	60	0	0	0,29	290
	P5-L5-N5	0	0	0	0	0	0	0,7	700	0,3	300
	P6-L6-N6	0,70	700	0	0	0	0	0	0	0,3	300
Pois chiche(0,5) Lentille (0,5 g) Niébé (0,5g)	P1-L1-N1	0	0	2,5	2500	0,025	25	0	0	2,5	2500
	P2-L2-N2	0	0	3,5	3500	0	0	0	0	1,475	1475
	P2-L2-N3	0	0	0,7	700	0,005	5	0	0	0,6	600
	P2-L2-N4	0,85	850,00	0	0	0,1	100	0	0	0,56	560
	P2-L2-N5	0	0	0	0	0	0	1	1000	0,5	500
	P2-L2-N6	1,00	1000	0	0	0	0	0	0	0,5	500

2.2. Dosage des métabolites secondaires

2.2.1. Détermination des composés phénoliques totaux

2.2.1.1. Les Réactifs

- Le réactif Folin-phénol (1: 1 avec H₂O)
- Solution saturée de carbonate de sodium (17,5 g / 50 ml H₂O)

2.2.1.2. Procédure

La teneur des extraits en polyphénols totaux est déterminée selon le protocole rapporté par **Singleton et Rossi (1965)**. L'extrait végétal (0,5 ml) a été évaporé à siccité et le résidu a été dissous dans 6,5 ml de H₂O. 0,5 ml du réactif Folin-phénol a été ajouté et bien agité. Après 5 minutes, ajoutez 1 ml de solution saturée de carbonate de sodium. La couleur bleue formée est lue à 760 nm après 1 heure par rapport à la couleur blanche.

Utiliser 10 à 50 mg d'acide gallique pour préparer une courbe standard. La lecture de l'absorbance se fait grâce à un spectrophotomètre à microplaque Multiskan Spectrum (ThermoLifeSciences) dont le logiciel, par le biais de la gamme étalon, calcule la concentration moyenne des polyphénols présents dans les extraits végétaux en μg équivalent acide gallique. ml^{-1}

2.2.2. Dosage des flavonoïdes totaux

2.2.2.1. Les Réactifs

- Solution NaNO₂ (75 μL)
- 150 μL de 10AlCl₃ 6H₂O
- 0.5 ml de NaOH1M

2.2.2.2. Procédure

Les flavonoïdes totaux ont été déterminés en utilisant une méthode colorimétrique (**Heimleret al., 2005**). Un volume de 0,25 ml des solutions d'extraits à différentes concentrations est ajouté à 1,25 ml d'eau distillé dans une éprouvette, suivie de 75 μL d'une solution NaNO₂. Après 6 minutes, 150 μL de la solution de 10AlCl₃ 6H₂O a été ajoutée après 5 h ajouter 0,5 ml de NaOH. Le mélange a été apporté à 2,5 ml avec l'eau distillé.

L'absorbance a été mesurée à 510 nm par l'utilisation d'un UV-Visible Spectrophotometer (UV 160, Shimadzu, le Japon).

L'acide gallique (20-140 $\mu\text{g}/\text{ml}$) est le standard utilisé pour établir la courbe d'étalonnage à partir de laquelle la concentration des polyphénols totaux des extraits est calculée. Le résultat est exprimé en μg d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (μg EAG/mg d'extrait).

2.3. Évaluation de l'effet antioxydant des extraits

2.3.1. Tests de DPPH

2.3.1.1. Réactifs

- 0,1 mM 2,2-diphényl-1-picryl hydrazyl (DPPH)
- Le méthanol

2.3.1.2. Procédure

L'activité antioxydante a été évaluée par méthode de **Brand-Williams *et al.* (1995)**. En utilisant le radical libre stable 2,2-diphényl-1-picryl hydrazyl et est basée sur la capacité de l'antioxydant à piéger le radical cation DPPH. À 1 ml de l'extrait végétal, 3 ml du réactif DPPH (0,1mM) ont été ajoutés ensuite passés au vortex. Le mélange réactionnel a été incubé à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante et la décoloration de la DPPH a été mesurée par rapport au blanc de réactif à 515 nm.

2.3.2. Estimation du pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP)

2.3.2.1. Réactifs

- 0,2 M Tampon d'acétate de sodium (pH 3,6)
- 10 mM de TPTZ (2,4,6-Tri-(2-pyridal) 5- triazine) dans 40 mM HCl
- 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Solution standard de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Un réactif FRAP fonctionnel a été préparé avant utilisation en mélangeant les solutions ci-dessus dans le rapport de 10:1:1 respectivement

2.3.2.2. Procédure

Cette méthode est basée sur la capacité de l'échantillon à réduire les ions Fe^{+3} en Fe^{+2} en présence de TPTZ. 1,9 ml de réactif FRAP a été incubé à 37 °C pendant 10 minutes après que 100 μl d'échantillon y ont été ajoutés. Les valeurs sont calculées en mesurant l'augmentation de l'absorbance à 593 nm et en la rapportant à une solution étalon d'ions ferreux ou à une solution étalon d'antioxydants.

3. Analyse des données

Les moyennes des tests effectués ont été calculées. Les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification sont faites par le test ANOVA univarié suivi du test de Tukey. Les différences sont considérées statistiquement significatives au seuil de 0,05.

1. Synthèse des travaux sur le Pois chiche

1.1. Polyphénols totaux

Le contenu phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (espèce, variété) et extrinsèques (conditions climatiques) (**Athamenaet al., 2010**). Une étude sur quatre variétés de pois chiche type Desi, a montré que la teneur en composé phénolique variant entre 0,92 et 1,12 mg GAE /g (**Zia Ul Haq et al., 2008**).

Xu et al. (2007) on révélé une teneur de 0,98 mg GAE /g. Cette dernière est inférieure à celles obtenues par **Xu et Chang (2007)** où elles varient entre 1,41 et 1,81 mg GAE / g. Des valeurs élevées (10,84 et 21,9 mg GAE / g) sont obtenus respectivement par **Sreeramaet al. (2012)** et **Zhaoet al. (2014)**.

1.2. Flavonoïdes totaux

De nombreuses études ont montré que la teneur en flavonoïdes chez le pois chiche est variable. Elle varie entre 0,18 et 3.16 mg CAE /g (**Xu et Chang 2007**), et entre 0,79 à 0,99 mg CAE / g (**Zia Ul Haq et al .2008**). Pour **Heiras-Palazuelos et al. (2012)** elle est entre 0,44 et 2,04 mg CAE / g. Cette différence peut être due aux variétés testées, à la différence de région de récolte, aux conditions climatiques, le standard utilisé et type de solvant utilisée.

1.3. Tanins condensés

Dans une étude réalisée par **Sreeramaet al. (2012)**, ils révèlent que la teneur en proanthocyanidines dans le pois chiche est de 5,1 mg CAE /g. Des valeurs entre 0,05 et 1,85 mg CAE /g et entre 0,58 et 0,69 mg CAE / g sont trouvées par **Xu, et Chang (2007)**, et **Zia Ul Haq et al. (2008)** respectivement.

1.4. Activité antioxydante

Plusieurs facteurs influent le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier (**Popovici et al., 2009**).

Dans une étude sur quatre variétés de pois chiche et en utilisant le radical DPPH, l'activité anti-radicalaire varie entre 1,05 à 1,24 $\mu\text{mol TEAC/g}$ (**Zia Ul Haq et al .2008**). Dans une autre étude réalisée par **Xu, et Chang (2007)**, l'activité anti-radicalaire varie entre 0,30 à 2,36 $\mu\text{mol TEAC/g}$, tandis que **Xu et al., (2007)** ont trouvé 1,26 $\mu\text{mol TEAC/g}$.

Le dosage FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) dépend de la réduction de la tri-pyridyltriazine ferrique (Fe (III) -TPTZ) complexe à la tripyridyltriazine ferreuse (Fe (II) - TPTZ) par un réducteur (antioxydant ou autres agents réducteurs) à faible pH. Selon **Zia Ul Haq et al.(2008)**.

La valeur FRAP des extraits antioxydants des quatre variétés de pois chiche varie entre 0,73 et 0,90 mmol Fe²⁺ / g). D'autre part **Xu et al. (2007)** ont trouvé 0,80 mmol Fe²⁺ équivalents/100g et **Xu et Chang (2007)** ont trouvé entre 0,73 et 1,13 mmol Fe²⁺ équivalents/100 g).

Selon **Zia Ul Haq et al.(2008)**, la valeur de l'ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) des extraits antioxydants des quatre variétés de pois chiche varie entre 8,58 et 11,4 µmol TEAC /g. D'autre part **Xu et al. (2007)** ont trouvé 9,26 µmol TEAC /g et **Xu, et Chang (2007)** ont trouvé entre 5,13 et 34,66 µmol TEAC /g

2. Synthèse des travaux sur la lentille

Les lentilles possèdent des niveaux élevés d'antioxydants naturels (**Fernandez-Orozco et al., 2003**).

2.1. Polyphénols totaux

Xu et Chang (2007) dans leur étude sur l'influence du solvant sur le rendement des substances phénoliques et la capacité antioxydante des extraits de quelques légumineuses alimentaires ont trouvé que la teneur en polyphénols chez les extraits de lentille varie entre 1,02 et 7,53 mg GAE /g. D'autres auteurs ont trouvé des valeurs allant de 4,56 à 9,60 mg GAE/g (**Xu et al., 2007 ; Zhang et al., 2015**).

2.2.Flavonoïdes totaux

Selon **Xu et Chang. (2007)**, la teneur totale en flavonoïdes pour différents extraits de la lentille varie entre 0,72 et 2,21 mg CAE /g. Tandis que **Xu et al. (2007)** ont trouvé une teneur variant entre 3,04 et 4,54 mg CAE/g. Dans une étude sur des lentilles rouge et verte, la teneur en flavonoïdes est entre 0,60 et 1,98 mg CAE/ g respectivement (**Zhang et al., 2015**).

2.3.Tanins condensés

Xu et al. (2007) ont trouvé que les lentilles renferment des quantités de tanins condensés allant de 3,73 à 10,20 mg CAE/g. Ces valeurs sont supérieures (0,12 à 8,78 mg CAE /g) par rapport à celles trouvées par **Xu et Chang (2007)**. Dans une étude sur les lentilles rouges et vertes, **Zhang et al. (2015)** ont trouvé des valeurs variant entre 3,00 et

5,82 mg CAE/g et entre 3,36 et 7,80 mg CAE/g pour les lentilles rouges et vertes respectivement.

2.4. Activité anti oxydante

Le test DPPH est le plus utilisé pour évaluer rapidement la capacité d'antioxydants pour transférer les atomes de H labiles en radicaux. Les résultats de l'étude de **Xu et al. (2007)** montrent que l'activité anti-radicalaire chez quelques échantillons de lentilles était entre 19,07 et 19,87 μ mol TEAC/g. Des valeurs variables entre (0,91 et 19,61 μ mol TEAC/g et 23,83 à 35,03 μ mol TE/g ont été trouvées respectivement par **Xu et Chang (2007)** et **Zhang et al. (2015)**.

Selon **Xu et Chang (2007)**, les valeurs FRAP de plusieurs extraits de lentilles varient de 1,08 à 10,65 mmol Fe²⁺ équivalents/100 g. Tandis que **Xu et al. (2007)** et **Zhang et al. (2015)** ont trouvé des teneurs variant entre 8,75 et 12,44 mmol Fe²⁺ équivalents/100g et 18,75 à 34,52 équivalents d'acide ascorbique 1 mol / g respectivement.

Selon **Zhang et al. (2015)**, les valeurs ORAC des extraits de lentilles varient de 105,06 à 168,03 μ mol TE/g. Ces valeurs sont largement supérieures (59,55 à 95,19 μ mol TE/g et 29,66 à 97,66 μ mol TE/g) que celles trouvées par **Xu et al. (2007)** et **Xu et Chang (2007)** respectivement.

3. Synthèse des travaux sur le niébé

3.1. Polyphénols totaux :

Selon **ZiaUIHaq et al. (2013)**, qui a fait une étude sur l'activité antioxydante des extraits de certaines variétés de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp.), la teneur en polyphénols varie entre 11,9 et 19,32 mg GAE / g. Tandis que **Zhao et al. (2014)** ont trouvé une teneur de 15,2 mg GAE /g. **Mokgope (2007)** en travaillant sur les téguments de deux variétés de niébé, il a trouvé des valeurs nettement supérieures (50,2 à 60 mg d'équivalents d'acide tannique / g).

3.2. Flavonoïdes totaux

D'après **Singh et al. (2017)**, la teneur en flavonoïdes selon l'organe testé chez le niébé est de 7,24; 0,09 ; 173,1 et 1383 mg QE/100g respectivement pour la farine du niébé, les cotylédons, la graine entière et les téguments.

3.3. Tanins condensés

Selon **Singh et al. (2017)**, la quantité des tanins condensés est de 41,7 mg CE/g dans le tégument du niébé rouge, 15,8 mg CE/g dans le tégument du niébé chiné et 2,13 mg CE/g dans la farine. Ce qui indique que le tégument est la source principale de tanins. Des valeurs variantes entre 14,9 et 25,4 mg CAE / g ont été trouvées par **ZiaUIHaq et al. (2013)**.

3.4. Activité antioxydante

Les travaux de **ZiaUIHaq et al. (2013)**, ont montré que la capacité anti-radicalaire du niébé contre DPPH • variait de 25,1 à 32,5 μmol de TEAC / g. Le potentiel antioxydant des extraits de graines de niébé a été estimé de leur capacité à réduire TPTZ-Fe³⁺ en complexe TPTZ-Fe²⁺. Les valeurs FRAP du niébé variaient de 13,2 à 19,4 mmol Fe²⁺ / g. La méthode ORAC est couramment utilisée pour estimer l'activité antioxydante des aliments. Les valeurs ORAC allaient de 83,8 à 96,2 μmol Trolox / g

Selon **Singh et al. (2017)** qui ont réalisé une étude sur la composition phénolique et le potentiel antioxydant des graines de légumineuses. Les extraits de différentes variétés de niébé ont une capacité antioxydante élevée, et les valeurs pour les téguments du niébé rouge, les téguments du niébé chiné, la graine entière du niébé noir, les téguments du niébé noir et les cotylédons du niébé noir sont de 112; 211 ; 13,49; 15,47 et 13,94 μmol TE/g respectivement. Une autre étude faite par **Zhao et al. (2014)** pour mesurer l'activité antioxydant in vitro d'extraits de légumineuses communes dont le niébé a montré que cette dernière possédait une capacité antioxydant de 222 U / g.

4. Synthèse des travaux sur d'autres légumineuses

4.1. Polyphénols totaux

Dans une étude sur plusieurs légumineuses alimentaires, **Amarowicz et al. (2004)** ont trouvé des différences dans le contenu en poly phénols comme l'indique le **tableau VI**. Les Haricots type Adzuki présentent le taux de poly phénol le plus élevé tandis que les pois présentent le taux le plus faible

Le taux en polyphénols chez le haricot, le soja et le haricot mungo est de 18,8 ; 18,7 et 17 mg GAE / g respectivement (**Djordjevic et al, 2012**).

Sreeramulu et al. (2009) rapportent que les haricots noirs (*Phaseolus mungo Roxb*) ont les valeurs en contenu phénolique total les plus élevées de 373 et 418 mg GAE / 100 g. Pour **Khang et al. (2011)**, la teneur phénolique des arachides est de l'ordre de 18,21 mg GAE et était considérablement plus élevée que celle des autres légumineuses.

Tableau II: Activité antioxydant totale et le contenu phénolique total de quelque légumineuse alimentaire

Légumineuses	Activité antioxydant totale (mmolTrolox / mg)	Polyphénols totaux (mg GAE / g)
Fève	0,88 ± 0,07	55,9 ± 1,4
Haricot large	0,58 ± 0,04	23,9 ± 0,6
Haricot adzuki	1,76 ± 0,13	89,7 ± 2,2
Haricot rouge	1,49 ± 0,11	55,4 ± 1,4
Pois	0,30 ± 0,02	22,6 ± 0,6

4.2.Flavonoïdes totaux

Le contenu en flavonoïdes totaux chez 3 variétés de soja est de 1,78 ; 0,57 et 0,47 mg RE / g pour le soja noir, jaune et vert respectivement (**Shun-Cheng et al., 2012**). Chez 6 variétés d'arachide, la teneur en flavonoïdes est de 31,68 à 85,17 mg CE / g dans les téguments, de 0,97 à 2,84 mg CE / g dans le noyau et de 0,18 à 0,30mg CE / g dans les cotylédons, ce qui indique que les téguments sont la source principale de flavonoïdes chez les arachides .Le taux en flavonoïdes totaux chez 13 génotypes de féverole varie entre 3,7 et 5,9 mg d'équivalents rutine (RE) / g(**Singh et al., 2017**).

4.3.Activité anti oxydante

Chez les différentes type de légumineuse, l'activité de piégeage des radicaux DPPH sont remarquablement différentes, le haricot rouge avait la valeur la plus élevée (IC50 143,7 µg / ml) tandis que, le soja présentait la plus faible inhibition de la DPPH (CI50 supérieure à la concentration la plus élevée de 200 µg / ml) .

rapportent que le pouvoir antioxydant réducteur ferrique (FRAP) était le plus élevé chez le haricot mungo (24,98 µmol Fe²⁺ / mg) suivi de haricot rouge (19,83 µmol Fe²⁺ / mg), et du soja (8,34 µmol Fe²⁺/ mg). La difficulté de comparaison des données est encore plus évidente avec la méthode FRAP (**Djeridane et al., 2012**).

Les légumineuses qui avaient un DPPH significatif, l'activité des inhibiteurs de radicaux, comme le haricot rouge, a montré un pouvoir réducteur ferrique plus faible. L'activité de piégeage de la DPPH variait de 0,24 à 1,73 mg GAE / g chez des légumineuses actuellement consommés en Inde (**Sreeramulu et al., 2009**).En particulier, les arachides avaient l'activité antioxydant la plus élevée à 32,51%, tandis que les haricots noirs présentaient l'activité antioxydant la plus faible (7,44%). Le pouvoir réducteur des

arachides germées a obtenu une activité maximale (84,48%) par rapport aux autres légumineuses étudiées, alors que l'activité antioxydant la plus faible était chez le haricot mungo (26,45%). Bien que les haricots adzuki aient une activité de piégeage DPPH plus élevée que les haricots noirs et les pois blancs, la capacité de puissance réductrice des haricots adzuki était, en revanche, nettement inférieure à celle des haricots noirs et des pois blancs (Khanget *al.*, 2011)

5. Synthèse des travaux sur les plantes médicinales

5.1. Polyphénols totaux

Selon Öztürket *al.* (2007), le contenu phénolique total des extraits de tige et de racine de rhubarbe (*Rheumribes*), une plante médicinale comestible varie entre 22,68 et 48,66lg PE / mg.

Dans une étude sur plusieurs plantes médicinales, Djeridane *et al.* (2005) ont trouvés les résultats indiqués dans le tableau VII.

Tableau III : Teneur totale en phénol (TP) et flavonoïde (TF) mg/g poids sec de quelques plantes médicinales

Extrait de plante	TP (mg GAE / g ps)	TF (mg RE / g ps)
Anthémis des champs (<i>Anthemisarvensis</i>)	32,32 ± 0,2	13,12 ± 0,1
<i>Artemisia campestris</i>	20,38 ± 0,30	7,46 ± 0,20
Globulaire buissonnante (<i>Globulariaaalpum</i>)	21,54 ± 0,81	4,54 ± 0,09
Armoiseherbe blanche (<i>Artemisia herba-alba</i>)	13,06 ± 0,40	11,31 ± 0,51
Genévrier cade (<i>Juniperusoxycedrus</i>),	12,66 ± 0,41	3,50 ± 0,50
<i>Oudneyaafricana</i>	7,75 ± 0,22	7,66 ± 0,23
<i>Thapsiagarganica</i>	7,63 ± 0,61	4,04 ± 0,42
<i>Thymelaeahirsuta</i>	6,81 ± 0,40	4,95 ± 0,81
Germandrée tomenteuse (<i>Teucriumpolium</i>)	4,92 ± 0,21	4,63 ± 0,10
L'armoise arborescente (<i>Artemisiaarborescens</i>)	3,42 ± 0,50	3,25 ± 0,31

(Djeridane *et al.*, 2005)

D'après, une étude de Cai *et al.* (2003), la teneur en polyphénols chez 112 espèces de plantes médicinales chinoises varie entre 0,22 à 50,3 g GAE/ 100 g. Ces herbes médicinales présentaient une activité antioxydant beaucoup plus forte et contient des niveaux plus élevés de composés phénoliques que les légumes et les fruits communs.

Le contenu phénolique total et de cinq extraits différents, de l'herbe entière de *Marrubium peregrinum* L. (Lamiaceae) ont été déterminées en utilisant des méthodes spectrophotométriques. Le contenu phénolique total variait de 27,26 à 89,78 mg GAE / g de poids sec d'extrait (Stanković,2010).

5.2. Flavonoïdes totaux

Djeridane *et al.*(2005)ont déduit que toutes les plantes présentes dans le tableau VII sont riches en flavonoïdes. Des plantes médicinales chinoises traditionnelles caractérisées par une forte concentration de flavonoïde ont été étudiées (Cai *et al.*, 2003).

La concentration de flavonoïdes dans divers extraits de plantes de l'espèce *M. peregrinum* a été déterminée en utilisant une méthode spectrophotométrie avec du chlorure d'aluminium et la concentration variait de 18,72 à 54,77 mg CAE/g (Stanković, 2010).

5.3. Activité anti oxydante

L'activité antioxydant des plantes médicinales chinoises traditionnelles, comprenant 112 espèces de 50 familles végétales a été étudiées par Cai *et al.*(2003),. La teneur phénolique totale des extraits méthanoliques d'herbes variaient de 46,7 à 17323 équivalent $\mu\text{mol Trolox} / 100 \text{ g poids sec}$.

La mesure de l'activité antioxydant, exprimée en capacité antioxydant équivalente Trolox (TEAC), variait de 9,40 à 33,06 mM d'équivalents Trolox On peut conclure que l'activité antioxydant est également liée à la présence de certains composés phénoliques. Les plantes médicinales algériennes ont montré une activité antioxydant plus forte que les plantes alimentaire ordinaires. Elles sont également de puissantes chrysomèles des racines et peuvent être transformés comme une bonne source d'antioxydants naturels à des fins médicales et commerciales (Djeridane *et al.*, 2005).

L'extrait éthanolique de l'espèce *Artemisia herba* possède toujours une bonne activité antioxydante par rapport à l'extrait d'acétate et l'extrait de chlorure de méthylène. Cette activité est due à sa richesse en molécules polaires à savoir les flavonoïdes glycosylés qui ont été isolés et à d'autres polyphénols (Mehimmedetsi et Rabia, 2018).

Les extraits méthanoliques de *Marrubium peregrinum* ont montré une concentration et une forte activité antioxydante. L'espèce *M. peregrinum* peut être considérée comme un candidat prometteur pour des sources végétales d'antioxydants à haute valeur (Stanković, 2010).

6. Autres espèces

6.1. Polyphénols totaux

Le fruit de l'ananas a été extrait avec de l'acétate d'éthyle, du méthanol et de l'eau, les teneurs phénoliques des extraits en ananas équivalents à l'acide caféique se sont révélées les plus élevées dans le méthanol (51, 1%) suivi de l'acétate d'éthyle (13,8%) et de l'extrait aqueux (2,6%). Le fruit d'ananas est riche en composés phénoliques, il peut fournir une bonne source d'antioxydants (Hossainet al., 2011).

La teneur totale en composés phénoliques dans trois variétés de poivre varie entre 810 et 1430 CAE mg / kg). Les variétés colorées de légumes (oignon rouge, chou rouge et poivron rouge) sont particulièrement riches en phénol composés. L'oignon rouge contient une plus grande quantité des deux phénoliques colorés et incolores que la variété jaune (Stratilet al., 2006).

La teneur phénoliques totales de 28 produits végétaux, dont les graines de tournesol, les graines de lin, le germe de blé, le sarrasin et plusieurs fruits, variait de 169 à 10548 mg CAE / 100 g de produit sec (Veliogluet al., 1998).

6.2. Flavonoïdes totaux

Des extraits de 11 légumes d'origine indonésienne ont été examinés, la teneur en flavonoïdes en mg CAE/ 100 g de poids frais était apparemment rapporté pour *Cosmos caudatus* (52.19), *Polysciaspinnata* (52.19), *Pluchea indica* Less. (6.39), *Nothopanaxscutellarius* (Burm.f.) Merr (5.43), *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. (3.93), *Pileamelastomoides* (Poir.) Bl. (2.27) et *Etilingera elatior* (Jack) R.M.Sm (1.18). (Andarwulan et al., 2010).

La teneur en flavonoïdes chez quelques légumes variaient de 0,3 à 143 mg CAE/ 100 g, avec le niveau le plus élevé trouvé chez *Sauropus androgynus* (L) Merr. (Andarwulan et al., 2010).

Le résultat de la teneur totale en flavonoïdes des extraits d'ananas variait de 39,4 à 55,2 mg de QE/g poids. L'ananas pourrait être une bonne source de composés phénoliques (Hossainet al., 2011). Les échalotes ont une teneur élevée en flavonoïdes (Ismail et al., 2004).

6.3. Activité anti oxydante

Dans une étude réalisée par Ismail et al. (2004), les résultats ne montrent aucune relation entre l'activité antioxydant et le contenu en phénolique totale. Par exemple, le chou avait le plus faible contenu phénolique alors que son activité antioxydante était un

peu plus élevée que le chou frisé qui avait un total phénolique plus élevé. Les épinards avaient un contenu en composés phénoliques beaucoup plus élevé que d'autres légumes bien que son activité antioxydante était inférieure à celle des échalotes. Les résultats de cette étude indiquent que chaque type de légume avait une activité antioxydante différente qui a contribué par différents composants antioxydants, tels que le tocophérol, β -carotène, vitamine C, sélénium ou des composés phénoliques.

Andarwulan et al. 2010) ont montré que *Pluchea indica Less* et *Calciopappus caudatus* avait la plus grande activité antioxydante réductrice par le pouvoir réducteur du cyanure ferrique, DPPH et ABTS. Ces espèces ont été identifiées comme des sources potentiellement riches de flavonoïdes alimentaires et d'antioxydants

Dans une autre étude, des auteurs ont trouvé que le degré d'activité antioxydante est cohérent avec la teneur en composés phénoliques. Le fruit d'ananas est riche en composés phénoliques, qui peuvent fournir une bonne source d'antioxydants (**Hossain et al., 2011**).

Dans des études précédentes, il a été démontré que les légumineuses contiennent des quantités variées de poly phénols et possèdent une large gamme d'activité antioxydante. Pour les trois (3) légumineuses étudiées, le niébé et la lentille contiennent une grande concentration en composé phénoliques et une activité antioxydante plus élevée par rapport au pois chiche. Elles sont caractérisées par une capacité de piégeage des radicaux libres montrant une bonne activité de récupération de DPPH, et de la réduction du pouvoir ferrique. Elles peuvent être utilisées comme compléments alimentaires et comme des antioxydants naturels.

Les résultats des études précédentes fournissent des informations utiles pour la sélection des légumineuses appropriées qui pourraient être utilisées comme sources d'aliments favorables à la santé qui protègent notre organisme contre les radicaux libres et ainsi, ils permettent la prévention contre de nombreuses maladies. Ainsi, les antioxydants seraient efficaces pour abaisser le taux du cholestérol et réduire le risque de maladies cardio-vasculaires.

Des extraits aqueux de l'enveloppe des légumineuses qui sont considéré comme des déchets, pourrait servir d'antioxydants naturels puissants. En outre, les téguments de légumineuses contenant la plus grande proportion de composé phénoliques peuvent être utilisés comme complément alimentaire éventuel ou cosmétique ou en applications pharmaceutiques.

Les plantes médicinales et les autres espèces montrent aussi une bonne source des composés phénoliques, cela explique son utilisation traditionnelle pour traiter des maladies. Ces dernières pourraient donc constituer une alternative à certains additifs synthétiques tels.

A partir de là, nous concluons que nous pouvons compter sur les légumineuse alimentaire comme source importante des poly phénols et les exploiter aussi comme des bio pesticides utiles dans l'agriculture.

A

- **Abdelguerfi L M., Bouzid L., Zine F., Hamdi N., Bouzid L.&Zidouni F. (2001).**Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Béjaia. *Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, **9**, 31-42.
- **Achouri M. A., Abdi A. &Benjabeur M.(2018).** Evaluation de la croissance des plantes de la lentille cultivée en plein champ et caractérisation physiologique de quelques souches nodulant *Lens culinaris*, Master Ecologie Microbienne, Université des Frères Mentouri Constantine 1, 62p.
- **Aebi H. (1984).** Catalase in vitro, *Methods Enzymol*, **105**, 121–126.
- **Amarowicz R., Estrella I., Hernández T., Robredo S., Troszyńska A., Kosińska A. &Pegg,R. B. (2010).**Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*), *Food chemistry*, **121**(3), 705-711.
- **Amarowicz R., Troszyńska A., barylko-pikielna N.I.N.A. &Shahidi F. (2004).** Polyphenolics extracts from legume seeds: correlations between total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency, *Journal of Food Lipids*, **11**(4), 278-286.
- **Andarwulan N., Batari R., Sandrasari D. A., Bolling B. & Wijaya H. (2010).** Flavonoid content and antioxidant activity of vegetables from Indonesia. *Food chemistry*, **121**(4), 1231-1235.
- **Arteel G., Marsano L., Mendez C., Bentley F. & Mc Clain C. J. (2003).** Advances in alcoholic liver disease. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, **17**(4), 625-647.
- **Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., Laroui A. &Khebri S. (2010).** Activiteanti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminumcuminum*L.*Lebanese ScienceJournal* **11**, 69-81.

B

- **Baudoin J.P. & Maréchal R. (1985).** Genetic diversity in *Vigna*. In: Singh SR, Rachie KO (eds) Cowpea research, production, and utilization. Wiley, New York, pp 3–11.
- **Baudoin J.P. (2001).** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotech Agron Soc Env*,**5** (4), 221- 230.
- **Beaudeau J-L. & Vasson M-P. (2005).** Sources cellulaires des espèces réactives de l'oxygène. In : Delattre, J.B., Bonnefont-Rousselot, D, eds. Radicaux libres et stress oxydant. Aspects biologiques et pathologiques. Paris : Lavoisier, 45-86.
- **Béguel J. P. (2012).** Étude de la capacité antioxydante en lien avec la reproduction chez l'huître creuse *Crassostrea gigas* (Doctoral dissertation, Brest).Université de Bretagne occidentale - Brest,187p.
- **Belabid L., Fortas Z., Dalli D., Khiare M. &Amdjad D. (2000).**Flétrissement et pourriture racinaire de la lentille dans le nord-ouest algérien. *Cahiers Agricultures*, **9**(6), 515-518.
- **Belaid D. (2017).** Lentille: méthode de culture. Une fiche technique canadienne. Collection Brochures Agronomique.14P.
- **Besançon P. (1978).** La valeur nutritionnelle des légumes secs et des protéines de légumineuses. *Revue Francaise de Diététique*, **84**, 5-17.
- **Boizot N. & Charpentier J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Cahier des Techniques de l'INRA, 79-82.

- **Bouri A. (2014).** Contribution à l'analyse Génétique et caractères de quelque variété de pois chiche (cicer arietinum) au niveau de wilaya de Tlemcen. Magister en science agronomique et des foret, Université de aboubekerbelkaid ,Tlemcen ,150p.
- **Brand-Williams W., Cuvelier M .E.&Berset C.L.W. T.(1995).**Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, **28**(1), 25-30.
- **Bravo L. (1998)**, « Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance », *Nutrition Reviews*. **56**(11), 317-333.
- **Brink M. &Belay G. (2006).**Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Céréales et légumes secs. *Fondation Prota/Wageningen, Pays-Bas*, 102p.

C

- **Cadenas E. &Davies K. J. (2000).**Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. *Free radical biology and medicine*, **29**(3-4), 222-230.
- **Cai Y., Luo, Q., Sun M., & Corke H. (2004).**Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, **74**(17), 2157-2184.
- **Carnovale E.,Marletta L., Marconi E. & brosio E. (1989).**Nutritional and Haydration properties in Cowpea. cowpea genetic resources. Ed,N,Q.Ng and L.M Monti. 200p.
- **Chahota R. K., Kishore N., Dhiman K. C., Sharma T. R. & Sharma S. K. (2007).** Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micro-macrospore gene pool of lentil (*Lens culinarisMedikus*). *Euphytica*, **156**(3), 305-310.
- **Chaux C. &FouryC. (1994).** Productions légumières. Tome 3. Légumineuses potagères, légumes fruits. Technique et Documentation, 563 P.
- **Cloutier A. (2009).** Effets neuroprotecteurs et modulation du système antioxydant dans le cerveau par l'acide linoléique conjugué (Doctoral dissertation, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique), 122p.
- **Combe E., Achi T., Pion R., Valluy M., Houlier M., Sallas M. &Selle A. (1991).** Utilisations digestive et métabolique comparées de la fève, de la lentille et du pois chiche chez le rat. *Reproduction Nutrition Development*, **31**(6), 631-646.
- **Coulibaly S., Pasquet R.S., Papa R.&Gepts P. (2002).** AFLP analysis of the phonetic organization and genetic diversity of *Vigna unguiculata L. Walp.* Reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. *Theor. Appl Genet*, **104**, 358-366.
- **Cuvelier C., Dotreppe O. & Istasse L. (2003).** Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. Université de Liège B43, Sart-Tilman, 4000 Liège, Belgique. *Ann. Méd. Vét*, **147**, 315-324.

D

- **Dean R. T., Gieseg S. & Davies M. J. (1993).** Reactive species and their accumulation on radical-damaged proteins. *Trends in biochemical sciences*, **18**(11), 437-441.
- **Desmier T. (2016).** Les antioxydants de nos jours: définition et applications (Doctoral dissertation, éditeur inconnu). Université De Limoges, 88P.

- **Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. & Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, **97**(4), 654-660.
- **Djordjevic T.M., Slavica S. Šiler-Marinkovic., Suzana I. & Dimitrijevic-Brankovic S. I. (2011).** Activité antioxydante et contenu phénolique total dans certaines céréales et légumineuses, *Journal international des propriétés alimentaires* **14**(1), 175-184.
- **Dubois B. (2015).** Implication du stress oxydant Dans Plusieurs Affections Du cheval Athlete : Revue Bibliographique. Thèse de doctora de L'Unvarsité Claud-Bernard-Lyon I (Médecine - Pharmacie), 188p
- **Duke J. (2012).** Handbook of legumes of world economic importance, *Springer Science Business Media*, 358p.

E

- **Ehlers J. D. & Hall A. E. (1997).** Cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.). *Field crops research*, **53**(1-3), 187-204.

F

- **FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020).** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>.
- **Favier A. (2003).** Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualité chimique*, **7**, 108-117.
- **Fearon M I., Phillips G., Carr T., Taylor M., Breheny D. & Faux P. S. (2011).** The role of oxidative stress in smoking-related diseases. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, **8**(4), 360-371.
- **Fernandez-Orozco R., Zieliński H., & Piskula M. K. (2003).** Contribution of low-molecular-weight antioxidants to the antioxidant capacity of raw and processed lentil seeds. *Food/Nahrung*, **47**(5), 291-299.
- **Freeman B. A. & Crapo J. D. (1982).** Biology of disease: free radicals and tissue injury. Laboratory investigation. *a journal of technical methods and pathology*, **47**(5), 412-426.

G

- **Ganne A. (page consultée le 13 septembre 2012).** le nouvel Afrika. <https://www.afrik.com/1-afrique-et-son-haricot-magique-le-niebe>.
- **Gbaguidi A. A., Assogba P., Dansi M., Yedomonhan H. & Dansi, A. (2015).** Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(2), 1050-1066.
- **Ghalmi N., Malice M., Jacquemin J. M., Ounane S. M., Mekliche L. & Baudoin J. P. (2010).** Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) landraces. *Genetic resources and crop evolution*, **57**(3), 371-386.
- **Gillooly M., Bothwell T. H., Torrance J. D., MacPhail A. P., Derman D. P., Bezwoda W. R., Mills W. & Charton R. W. (1983).** The effects of organic acids, phytates and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *British Journal of Nutrition*, **49**, 331-342.

- **Guggenbuhl N. (2006).** Les antioxydants a la source. *Bull. Soc. belge Opthalmol*, **301**, 41-45.
- **Guillouty A.(2016).** Plantes médicinales et antioxydants (Doctoral dissertation, Université Toulouse III- Paul Sabatier), 102p.
- **Gutteridge J. M. & Halliwell B. (1993).** Invited review free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence. *Free radical research communications*, **19**(3), 141-158.
- **Gutteridge J. M. & Halliwell B. (1990).** The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. *Trends in biochemical sciences*, **15**(4), 129-135.

H

- **Haleng J., Pincemail J., Defraigne J. O., Charlier C. & Chapelle J. P. (2007).** Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, **62**(10), 628-38.
- **Halliwell B. & Gutteridge J.M.C. (2008).** Free Radicals in Biology and Medicine, Fourth Edition, Oxford University Press, Oxford, 905 p.
- **Halliwell B. (1994).** Free radicals and antioxidants: à personal view. *Nutrition reviews*, **52**(8), 253-265.
- **Halliwell B., Gutteridge J. M., Croix C.E. & Lab Clin MedJ. (1992).** Jun, Radicaux libres, antioxydants et maladies humaines: où en sommes-nous maintenant?, **119** (6): 598-620.
- **Hamadache A.(2014).** Grandes cultures Tome II .Légumineuses alimentaires (pois chichefèves-lentille). Vol 2. pp: 103–105.
- **Hamlaoui I. (2014).** Etude théorique des réactions enzymatiques : Cas de l'inhibition de la xanthine oxydase par de nouvelles chalcones, L'Université Constantine 1 Option : Chimie Théorique, Doctorat en Sciences, 133p.
- **Heimler D., Vignolini P., Dini M. G. & Romani A. (2005).** Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris L.* dry beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**(8), 3053-3056.
- **Heiras-Palazuelos Mar J., Ochoa-Lugo Mirna I., Gutie´Rrez-Dorado Roberto., Lo´ Pez-Valenzuela Jose´ A., Mora-Rochi´N Saraid., N-Carrillo Jorge Mila´., Garzo´ N-Tiznad Jose´ A. & Moc Reyes-Moreno Cuauhte. (2012).** Technological properties, antioxidant activity and total phenolic and flavonoid content of pigmented chickpea (*Cicerarietinum L.*) cultivars, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, February; **64**(1): 69–76.
- **Hermes-Lima M. (2005).** Oxygen in Biology and Biochemistry: Role of Free Radicals, In K. B. Storey (Ed.), *Functional Metabolism: Regulation and Adaptation*. Hoboken, NJ: Wiley-Liss, 319-368.
- **Hertwig B., Streb P. & Feierabend J. (1992).** Light dependence of catalase synthesis and degradation in leaves and the influence of interfering stress conditions. *Plant Physiol*, **100**, 1547-1553.
- **Hossain M. A. & Rahman S. M.(2011).** Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple, *Food Research International*, **44**(3), 672-676.

I

- **Imlay J. A. & Linn S. (1988).** DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science* **240**, 1302-1309.
- **Ismail A., Marjan Z. M. & Foong C. W.(2004).** Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food chemistry*, **87**(4), 581-586.

J

- **Jarbi I, (2018).** Etude de l'activité antioxydante et antihyperglycémiant in vitro d'une nouvelle série des dérivés des pyridazin-3 (2H)-ones. Thèse de Doctorat. Faculté de médecine et de pharmacie, Rabat, Maroc, 125p.
- **Joslyn M.A. (1970).** Ash Content and Ashing Procedures. In: Joslyn, M.A., Ed., Methods in Food Analysis. Physical, Chemical and Instrumental Methods of Analysis, 2nd Edition, Academic Press, New York, 109-140.

K

- **Kanatt Sweetie R., Arjun K. & Arun S.(2011).**Activité antioxydante et antimicrobienne des coques de légumineuses, *Food Research International* **44**(10) 3182-3187.
- **Khang D.T., Dung T. N., Elzaawely A. A. & Xuan T. D.(2016).** Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes, *Foods*, **5**(2), 27.
- **Khanna-Chopra R. & Sinha S.K. (1987).** Chickpea: physiological aspects of growth and yield. In: The Chickpea. 409 pages; CAB International, (Eds. Saxena, M.C., Singh, K.B.), Wallingford, Oxon, UK in BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer Arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse Th. Doct., instit supé agronomique de Chott Meriem –Tunisie. p11,12.
- **Klaunig J.E. & Kamendulis L.M. (2004).** The role of oxidative stress in carcinogenesis. *Annu Rev Pharmacol***44**, 239-267.

L

- **Ladizinsky G.(1987).**Pulse domestication before cultivation. Econ. Bot. in BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer Arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse ; Th. Doct., instit supé agronomique de Chott Meriem –Tunisie. p11.
- **Latruffe N. (1992).**Les peroxyosomes et la prolifération cellulaire ou la prise en considération d'un organite méconnu. *Mitkcinel sciences*,**3**(8), 239-48.
- **Leung F.Y. (1998).** « Trace elements that act as antioxidants in parenteral micronutrition », *The Journal of Nutritional Biochemistry*, **9**(6). 304-307.

M

- **Mahiout D.j.** Contribution à la caractérisation de *Ascochyta blight*(Pass.) Labr., agent causal de l'anthracnose du pois chiche (*Cicer arietinum*L.) et étude de son interaction avec *Medicago truncatula* Gaertn., doctora en science agronomique, université abd-Elhamid ibn badis de mostghanem, 219p.
- **Malhotra R .S., Pundir K .P. & Slinkard A. E. (1987).** Genetic resources of chickpea. 11-34 In :Saxena, M. C. et Singh, K. B. Eds. The chickpea CAB International, Walling- Ford, U. K.

- **Mazat J. P. & Ransac S. (2010).**Le complexe bc1 de la chaîne respiratoire mitochondriale fonctionne selon l'hypothèse du cycle Q de Mitchell-La preuve par une approche stochastique?. *médecine/sciences*, **26**(12), 1079-1086.
- **Mebdoua S. (2011).**Caractérisation physico-chimique de quelques populations de niébé (*Vigna unguiculata L. Walp.*) (Doctoral dissertation). école Nationale Supérieure Agronomique, 83p.
- **Mehimmedetsi R. & Rabia M. (2018).** Pouvoir antioxydant de l'espèce *Artemisia herba alba*, *master Biochimie appliqué*, Université des Frères Mentouri Constantine, 69p.
- **Migdal C. & Serres M. (2011).** Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Médecine /sciences*, **27**(4), 405-412.
- **Misset B. (2019).** Evaluation du statut en vitamine C de patients vus en consultation à l'Unité Transversale de Nutrition du CHU de Limoges et recherche de facteurs associés entre le statut nutritionnel et la carence en vitamine C, Université de Limoges Thèse d'exercice., 169p.
- **Mokgope L. B. (2007).** Cowpea seed coats and their extracts: phenolic composition and use as antioxidants in sunflower oil (Doctoral dissertation, University of Pretoria) South Africa. 111p.
- **Molyneux P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, *Songklanakarin J. sci. technol*, **26**(2), 211-219.
- **Monaghan B. R. & Schmitt F.O. (1932).** The effects of carotene and of vitamin A on the oxidation of linoleic acid. *J Biol Chem* **96**, 387-395.
- **Mongens M. (2013).** Origine et conséquences du stress oxydant (Doctoral dissertation). école Nationale Vétérinaire D'Alfort, 121p.
- **Mouhouche F. & Fleurat-Lessard F. (2003).** Susceptibility of several cultivars of cowpea seeds to the infestation either by the specialised pest, *Callosobruchus maculatus* or an unspecialised pest, *Sitophilus oryzae*. *Sciences des Aliments* **23**, 633-653.
- **Muehlbauer Fred J. & Rajesh P. N. (2008).** Chickpea, a common source of protein and starch in the semi-arid tropics." *Genomics of tropical crop plants*. Springer, New York, NY, 171-186.

N

- **Nadal B. (2009).** Synthèse et Evaluation de nouveaux agents de protection contre les rayonnements ionisants (Doctoral dissertation). Université Paris Sur XI faculté Des Sciences D'Orsay, 277p
- **Negre-Salvayre A. & Salvayre R. (2005).** Effet protecteur des acides gras contre le stress oxydatif: Implication en physiopathologie vasculaire. Oléagineux, Corps gras, Lipides, **12**(5-6), 433-438.
- **Nijveldt R. J., Van Nood E. L. S., Van Hoorn D. E., Boelens P. G., Van Norren K. & Van Leeuwen P. A. (2001).** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American journal of clinical nutrition*, **74**(4), 418-425.
- **Nkhili E. Z. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation: Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Diplôme de doctorat Spécialité: Sciences des Aliments, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, **13-16**. 378p.

O

- **Ouali-N'goran S. W. M., Boga J. P., Johnson F., Tano Y. & Fouabi K. (2014).** Influence of dietary factors of five varieties of beans sold in Côte d'Ivoire on some biological parameters of *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Coleoptera, Bruchidae. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **21**(1), 3251-3262.
- **Oueslati K. (2017).** Caractérisation et modélisation de la production des radicaux libres oxygénés par la chimie de Fenton en milieu mimétique de la viande (Doctoral dissertation de Sciences des aliments, Université Clermont Auvergne), Français, 239p.
- **Öztürk M., Aydoğmuş-Öztürk F., Duru M. E. & Topçu G. (2007).**Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food chemistry*, **103**(2), 623-630.

P

- **Pasquet R. S. & Fotso M. (1994).**Répartition des cultivars de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) du Cameroun: influence du milieu et des facteurs humains. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, **36**(2), 93-143.
- **Popovici C., Ilonka S. & Bartek T. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industrie*.**14**, 25-39.
- **Pottier G. A. (1981).**Flore de la Tunisie ; (2 tomes), 1190 pages.Poorter, H., et J.R. Evans, 1998. in BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer Arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse ; Th. Doct., instit supé agronomique de Chott Meriem –Tunisie. P10.
- **Pourrut B. (2008).** Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*.. Thèse de doctorat. 284p.
- **Prior R. L., Wu X. & 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.
- **Prota. (2004).** Ressources Végétales de l'Afrique tropicale2 : légumes. Fondation PROTA/Backhuys Publishers/CTA, Wageningen, Pays bas, PP : 618-625.

R

- **Raemakers R.M. (2001).** l'agriculture en Afrique tropicale. Ed DGCI Bruxelles, Belgique, pp 368-383.
- **Rémond D. & Walrand S. (2017).** Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé.*Innovations Agronomiques*, INRA, **60**, 133-144.
- **Ren S., Ze-Long L. & Peng W. (2012).**"Composition de proximité et teneur en flavonoïdes et activité antioxydante in vitro de 10 variétés de graines de légumineuses cultivées en Chine." *Journal of Medicinal Plants Research* **6**(2), 301-308.
- **Richard W. (2013).** Nouvelle stratégie de fonctionnalisation de surfaces d'électrodes à base de sels de diazonium: application aux capteurs à antioxydants (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier). *Mécanique, Energétique, Génie civil et Procédés (MEGeP)*, **276** : 35-37.
- **Rio C. (2017).** Les légumes secs, aliments de choix à valoriser. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, **52**(2), 71-77.

- **Rouquette M. (1998).** Xanthine oxidoreductase is asymmetrically localised on the outer surface of human endothelial and epithelial cells in culture, *FEBS. Lett*, 551-960.

S

- **Saxena M. C.(1987)** Agronomy of chickpea. In: Saxena M.C. Singh K.B., eds. The chickpea. Wallingford, UK: CAB International, p 207.
- **Singh B., Singh J. P., Kaur A. & Singh N. (2017).** Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food research international*, **101**, 1-16.
- **Singh B., Singh J. P., Kaur A. & Singh N. (2017).** Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food research international*, **101**, 1-16.
- **Singh H., Kumar J., Smithson J.B. & Haware M. P. (1987).** Complementation between genes for resistance to race 1 of *Fusarium oxyspomm f. sp. ciceri* in chickpea. *Plant pathology*, **36**(4), 539-543.
- **Singleton V.L. & Rosst J.A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Amer. J. Enol.* **16**, 144-158.
- **Slama F. (1998).** Cultures industrielles et légumineuses à graines. (Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe) in BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer Arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse ; Th. Doct., institsupéagronomique de ChottMeriem –Tunisie.p14.15.17.
- **Somogyi A.,Rosta K., Puztai P., Tulassay Z. &NagyG.(2007).** Antioxidant measurements. *Physiol Meas* **28**(4), R 41-55.
- **Squier T. C. (2001).** Oxidative stress and protein aggregation during biological aging. *Experimental gerontology*, **36**(9), 1539-1550.
- **Sreerama Y. N., Sashikala V. B. & Pratape V. M. (2012).** Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension, *Food Chemistry*, **133**(1), 156-162.
- **Sreeramulu D., Reddy C.& Raghunath M.(2009).** Antioxidant activity of commonly consumed cereals, millets, pulses and legumes in India. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, **46**, 112-115.
- **Stankovic M. S.(2011).** Contenu phénolique total, concentration en flavonoïdes et activité antioxydante des extraits de *Marrubiumperegrinum L.*", *Kragujevac J Sci* **33**.2011: 63-72.
- **Stratil P., Klejdus B. & Kubáň V. (2006).** Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods, *Journal of agricultural and food chemistry*, **54**(3), 607-616.

T

- **Tessier F. &Marconnet P. (1995).** Radicaux libres, systèmes antioxydants et exercice : *Science et sports*, **10**, 1-13.
- **Thérond P. &D. Bonnefont-Rousset. (2005).** Systèmes antioxydants endogènes. In : Radicaux libres et stress oxydants. Aspects biologiques et pathologiques (Delattre, J., Beadeux, J.-L., Bonnefont-Rousselot, D., Eds), chap. **4**, 87-111.

- **Tolba I. (2016).** Détermination d'un méta-paramètre pour l'estimation de la capacité antioxydante globale des thés, tisanes et jus, mémoire de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières, 116 p.
- **Trachootham D., Lu W., Ogasawara M. A., Nilsa R. D. & Huang P. (2008).** Redox regulation of cell survival. *Antioxid Redox Signal*, **10**(8) : 1343-74.

U

- **UPOV (Union Internationale pour la Protection des Obtentions Végétales). (2005).** Pois chiche (*Cicer arietinum L.*) ; Principes directeurs pour la conduite de l'examen, de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité; Union Internationale pour la 278 302. Protection des Obtentions Végétales, TG/143/4 ; Original: anglais ; Code UPOV : CICER_ARI ; Genève, 04-06.
- **USDA. (2004).** United States Department of Agriculture.

V

- **Van Der Werf R. (2013).** Evaluation du pouvoir anti-oxydant des aliments: recherche de leurs effets modulateurs sur le stress oxydant dans le cas du diabète (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg). 250p.

W

- **Waud W. (1976).** Purification and properties of the NAD⁺-dependent (type D) and O₂- dependent forms of rat liver xanthine dehydrogenase, *Arch. Biochem. Biophys*, 354-364.
- **Wikipédia. (page consultée le 5 août 2020).** *Vigna unguiculata*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata.
- **Willett W.C. (1994).** Science. Alimentation et santé: que devons-nous manger?, **264** (5158): 532-7.

X

- **Xu B. J. & Chang S. K. C. (2007).** A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of food science*, **72**(2), S159-S166.
- **Xu B. J., Yuan S. H. & Chang S. K. C. (2007).** Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, **72**(2), S167-S177.

Y

- **Yadav S., McNeil D. L. & Stevenson P. C. (2007).** Lentil. Springer Dordrecht, The Netherlands, 471P.
- **Yakes F.M. & Van Houten B. (1997).** Mitochondrial DNA damage is more extensive and persists longer than nuclear DNA damage in human cells following oxidative stress. *Proc Natl Acad Sci USA* **94**, 514-519.

Z

- **Zhang B., Deng Z., Ramdath D. D., Tang Y., Chen P. X., Liu R. & Tsao R. (2015).** Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chemistry*, **172**, 862-872.
- **Zhao Y., Du S. K., Wang H. & Cai M. (2014).** In vitro antioxidant activity of extracts from common legumes. *Food chemistry*, **152**, 462-466.

- **Zia-Ul-Haq M., Ahmad S., Amarowicz R. & De Feo V. (2013).**Antioxidant activity of the extracts of some cowpea (*Vigna unguiculata (L) Walp.*) cultivars commonly consumed in Pakistan. *Molecules*, **18**(2), 2005-2017.
- **ZIA-UL-HAQ M., Iqbal S., Ahmad S., Bhangar M. I., Wiczowski W. & Amarowicz R. (2008).**Antioxidant potential of desi chickpea varieties commonly consumed in Pakistan. *Journal of Food Lipids*, **15**(3), 326-342.
- **Zohary D. (1972).** The wild progenitor and the place of origin of the cultivated lentil: *Lens culinaris*. *Economic Botany*, **26**(4), 326-332.

Résumé :

Dans le présent travail, des extraits ont été préparés, à partir de la poudre des graines de trois légumineuses alimentaires (Niébé, lentille et pois chiche). L'estimation quantitative des flavonoïdes et des phénols totaux a été faite par la méthode colorimétrique et l'évaluation du pouvoir antioxydant a été réalisée en utilisant la méthode du piégeage du radical libre (DPPH). Vu la situation actuelle de COVID, qui n'a pas permis d'achever cette étude, la partie résultats présente un état de l'art des travaux réalisés sur l'activité antioxydante chez les trois légumineuses et d'autres plantes médicinales. Nous avons conclu que le niébé et les lentilles contiennent une forte concentration de composés phénoliques et une bonne source d'activité antioxydante comparée aux pois chiches. D'autres légumes et plantes médicinales sont des sources importantes de composés phénoliques ayant une activité antioxydante naturelle.

Mots-clés : légumineuses alimentaires, activité antioxydante, composés phénoliques, DPPH.

Abstract:

In the present work, extracts were prepared from the powder of the seeds of three pulses (Cowpea, lentil and chickpea). The quantitative of flavonoids and total phenols was estimated by the colorimetric method and the evaluation of the antioxidant power was done using of free radical scavenging (DPPH) method. Because of the current situation of COVID, which did not allow the achievement of this study, the results section presents a state of the art of the work carried out on the antioxidant activity in the three pulses and other medicinal plants. We concluded that cowpeas and lentils contain a high concentration of phenolic compounds and a good source of antioxidant activity compared to chickpeas. Other vegetables and medicinal plants are important sources of phenolic compounds with natural antioxidant activity.

Keywords: pulses, antioxidant activity, phenolic compounds, DPPH.

ملخص :

في هذا البحث تم تحضير مستخلصات من مسحوق بذور ثلاث بقوليات غذائية (اللوبيا ، العدس ، الحمص). تم إجراء التقدير الكمي لمركبات الفلافونويد والفينولات الكلية باستخدام طريقة القياس اللوني وتم تقييم قوة مضادات الأكسدة باستخدام طريقة مسح الجذور الحرة DPPH

ونظراً لحالة كوفيد الحالية التي لم تسمح بإكمال هذه الدراسة، فإن قسم النتائج عبارة عن بعض من الأعمال التي تم إجراؤها على نشاط مضادات الأكسدة في البقوليات الثلاثة والنباتات الطبية الأخرى. خلصنا إلى أن اللوبيا والعدس يحتويان على نسبة عالية من المركبات الفينولية وهما مصدر جيد للنشاط المضاد للأكسدة مقارنة بالحمص. تعتبر الخضروات والنباتات الطبية الأخرى مصادر مهمة للمركبات الفينولية ذات النشاط الطبيعي المضاد للأكسدة

الكلمات المفتاحية: البقوليات، المركبات الفينولية، مضادات الأكسدة، DPPH