

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



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences Alimentaires

MÉMOIRE D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN CONTRÔLE DE QUALITÉ ET ANALYSE

Thème

«DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DE DEUX
CÉRÉALES : BLÉ DUR ET BLÉ TENDRE».

Présenté par :

M^{lle} BEN CHIBANE Tassadit

Membres du jury :

Présidente : M^{me} FELLA. S

Promotrice : M^{me} OUCHEMOUKH.N

Co- Promoteur : Mr OUCHEMOUKH.S

Examinatrice 1: M^{lle} BRAHMI. F

Examinatrice 2 : M^{me} Boucheffa. N

Année Universitaire : 2012 - 2013

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, de m'avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.

J'exprime d'abord mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à Mme OUCHEMOUKH. N pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique. Sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle m'a accordé m'ont permis de réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer également mes remerciements à Mr OUCHEMOUKH.S pour ses précieux conseils qu'il trouve ici mes sincères remerciements.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme FELLA Samira d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance.

J'exprime mes vifs remerciements à Mme BRAHMI Fatíha et GUENDOUZ Naïma pour l'honneur qu'elles nous ont fait en acceptant d'examiner ce mémoire.



*J*e dédie ce modeste travail, à tout ceux qui je
porte dans mon cœur.

A tous ceux qui sont chers à mes yeux,

A Mes chères parents que DIEU me les
garde.

A tous mes frères et sœurs

A mes belles sœurs

A mon très cher fiancé RIAD et sa famille

A mes deux neveux

A mes copines : Samia, mamou, Meriam, Sakina,
Mima, Kahina .

A, particulièrement NASSIMA et YAMINA, un
énorme MERCI pour vous deux,

A Tous ceux que j'ai oubliés
de citer



Sommaire

| | |
|------------------------|---|
| Liste des abréviations | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | 1 |

Synthèse bibliographique

| | |
|---|---|
| I. Généralités sur le blé | 2 |
| I.1. Définition | 2 |
| I.2. Classification botanique | 2 |
| I.3. Constituants anatomique | 2 |
| I.3.1. Enveloppe | 3 |
| I.3.2. Péricarpe | 3 |
| I.3.3. Testa | 3 |
| I.3.4. Assise protéique | 3 |
| I.3.2. Albumen | 3 |
| I.3.3. Germe | 4 |
| I.4. Description de la plante | 4 |
| I.5. Composition chimique | 5 |
| I.6. Caractéristiques des blés dur et tendre | 6 |
| I.6.1. Blé dur | 6 |
| I.6.2. Blé tendre | 6 |
| I.7. Altération de blé | 7 |
| I.7.1. Altération enzymatique | 7 |
| I.7.2. Altération d'origine mécanique ou physique | 7 |
| I.7.3. Altération d'origine biologique | 7 |
| I.8. Utilisation de blé | 7 |
| I.9. Situation de blé en Algérie | 8 |

| | |
|---|----|
| II. Radicaux libres | 9 |
| II.1. Définition des radicaux libres | 9 |
| II.2. Source des principaux radicaux libres | 9 |
| II.3. Rôles des radicaux libres | 10 |
| II.4. Maladies engendrées par les radicaux libres | 10 |
| II.5. Stress oxydatif | 10 |
| II.6. Oxydation des lipides | 10 |
| II.7. Oxydation des protéines | 10 |
| II.8. Oxydation de l'ADN | 11 |
| III. Antioxydants | 12 |
| III.1. Définition d'un antioxydant | 12 |
| III.2. Principaux antioxydants | 12 |
| III.2.1. Acides phénoliques | 12 |
| III.2.2. Flavonoïdes | 12 |
| III.2.3. Flavonols | 12 |
| III.2.4. Caroténoïdes | 13 |
| III.2.5. Tanins condensés (flavan-3-ols)..... | 13 |
| III.2.6. Acides ascorbiques | 14 |
| III.2.7. Vitamine E..... | 14 |
| III.3. Rôles des antioxydants | 14 |

Matériel et méthodes

| | |
|--|----|
| I. Matériel végétal | 15 |
| II. Extraction du matériel végétal | 15 |
| III. Dosage des antioxydants | 15 |
| III.1. Dosage des caroténoïdes | 15 |
| III.2. Dosage des composés phénoliques | 16 |
| III.3. Dosage des flavonoïdes | 17 |

| | |
|---|----|
| III.4. Dosage des flavonols..... | 18 |
| III.5. Dosage des proanthocyanidines | 19 |
| III.6. Dosage des orthodiphénols..... | 19 |
| IV. Evaluation de l'activité antioxydante..... | 20 |
| IV.1. Chélation des ions de fer | 20 |
| IV.2. Pouvoir scavenger du radical DPPH* | 21 |
| IV.3. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote | 22 |
| IV.4. Réduction du fer ferrique (FRAP) | 23 |
| IV.5. Pouvoir scavenger du radical ABTS ^{•+} | 24 |
| IV.6. Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène | 25 |
| IV.7. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium..... | 26 |
| IV.8. Test de phosphomolybdate..... | 27 |
| IV.9. Activité anti-radical hydroxyle | 27 |
| V. Etude statistique | 28 |

Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| I. Dosage des antioxydants..... | 30 |
| I.1. Dosage des caroténoïdes | 30 |
| I.1. Dosage des composés phénoliques totaux | 30 |
| I.2. Dosage des flavonoïdes..... | 30 |
| I.3. Dosage des flavonls | 30 |
| I.4. Dosage des proanthocyanidines | 31 |
| I.5. Dosage des orthodiphénols | 31 |
| II. Détermination des activités anti oxydantes | 31 |
| II.1. Chélation des ions de fer | 32 |
| II.2. Activité antiradical DPPH* | 32 |
| II.3. Pouvoir scavenger de monoxyde d'azote | 33 |
| II.4. Pouvoir réducteur (test FRAP) | 34 |

| | |
|---|----|
| II.5. Pouvoir scavenger du radical ABTS ^{•+} | 34 |
| II.6. Activité antioxydante contre le H ₂ O ₂ | 35 |
| II.7. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium | 36 |
| II.8. Pouvoir réducteur au phosphomolybdate | 37 |
| II.9. Pouvoir scavenger du radical hydroxyl | 38 |
| Conclusion..... | 39 |

Références bibliographiques

Annexe

Liste des abréviations

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

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AGPI : acides gras polyinsaturé

BHA : butylated hydroxyanisole acid

DO : densité optique

DPPH : 2,2-Diphénil-1-picrylhydrazyl

EAG : équivalent d'acide gallique

E β C : équivalent de β - carotène

EDTA : ethylenediaminetetra acetic

ERN : espèces réactive de l'azote

ERO : espèce réactive de l'oxygène

E Q: équivalent quercétine

FRAP: Ferric Reducting Antioxidant Power assay

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

Mo : Molybdate

NO : Hydroxyde nitrique

NPS: Nitroprusside de sodium

OH : Radical hydroxyle

ROS : Reactives Oxygènes Spécies

SH : Sulfhydrile

8-OHG : 8-hydroxy-guanine

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 01 : Histologie du grain de blé | 03 |
| Figure 02 : Squelette de base des flavonoïdes..... | 11 |
| Figure 03 : Structures chimiques de quelques flavonols..... | 12 |
| Figure 04 : Structure chimique des tanins condensés | 13 |
| Figure 05 : Protocol de préparation des extraits..... | 15 |
| Figure 06 : Protocol de dosage des caroténoïdes | 16 |
| Figure 07 : Mode opératoire de dosage des composés phénoliques totaux | 17 |
| Figure 08 : Mode opératoire de dosage des flavonoïdes..... | 18 |
| Figure 09 : Mode opératoire de dosage des flavonols..... | 18 |
| Figure 10 : Mode opératoire de dosage des proanthocyanidines | 19 |
| Figure 11 : Mode opératoire de dosage des orthodiphénols | 20 |
| Figure 12 : Mode opératoire de la chélation de fer | 21 |
| Figure 14 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire au DPPH [•] | 22 |
| Figure 15 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire contre NO [•] | 23 |
| Figure 16 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire conte FRAP | 24 |
| Figure 17 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire contre l'ABTS ^{•+} | 25 |
| Figure 18 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire H ₂ O ₂ | 25 |
| Figure 19 : Mode opératoire du pouvoir réducteur | 26 |
| Figure 20 : Mode opératoire de l'activité molybdate | 27 |
| Figure 21 : Mode opératoire de l'activité antiradicalaire OH [•] | 28 |

Liste des tableaux

| | |
|--|---|
| Tableau I. Classification du blé | 2 |
| Tableau II : Distribution histologique des principaux constituants du grain du blé..... | 6 |
| Tableau III : Espèces réactive de l'oxygène et de l'azote | 9 |

Introduction

Introduction

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées appartenant, à la famille des poacées dont les graines présentent par leur abondance et leur composition un pouvoir nutritionnel important et un intérêt majeur pour l'alimentation de l'Homme et des animaux. Les graines alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces végétales. Les plus employées sont : le blé, le maïs et l'orge (**REED, 1992**).

Le dysfonctionnement des systèmes de régulation de l'oxygène et de ses métabolites est à l'origine du phénomène de stress oxydant qui est impliqué dans de nombreuses pathologies tels que les maladies cardiovasculaires, les cancers, les complications du diabète ou encore des affections neurologiques dégénératives (**Pincemail, 2007**).

Pour échapper aux conséquences du stress oxydant, il est nécessaire de rétablir l'équilibre oxydants / antioxydants afin de préserver les performances physiologiques de l'organisme. Les antioxydants font actuellement l'objet de nombreuses études, car il pourraient s'avérer utiles dans la prophylaxie et le traitement des maladies dans lesquelles le stress oxydant est incriminé (**Derbel et Ghedira., 2005**).

Ce travail vise à étudié la teneur en antioxydants de quelques variétés de blé et la détermination de leurs activités antioxydantes.

Le travail est initié par une synthèse bibliographique, apportant des généralités sur le blé, les radicaux libres et l'activité antioxydantes des deux variétés de blé. La deuxième partie élucide les méthodes pour l'étude des blés ainsi que les résultats et leurs interprétations.

Partie I

Synthèse

bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le blé

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le blé

I.1. Définition du blé

Le blé est une plante cultivée principalement pour ses graines. Elle appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae* et fait partie du groupe des monocotylédones. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus consommées sont le blé dur et le blé tendre (Feillet, 2000).

I.2. Classification botanique

D'après Doumandji *et al.* (2003), le blé peut être classé comme suite (tableau I) :

Tableau I : Classification du blé (Doumandji *et al.*, 2003).

| Classification | Blé |
|----------------|--|
| Règne | Plantae (Règne végétale) |
| Division | Magnoliophyta (Angiospermes) |
| Classe | Liliopsida (Monocotylédons) |
| S / classe | Commelinidae |
| Ordre | Poales |
| Famille | <i>Poaceae</i> (ex Graminées) |
| S /famille | <i>Triticeae</i> |
| Tribu | <i>Triticeae</i> (Triticées) |
| S / tribu | <i>Triticinae</i> |
| Genre | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum aestivum</i> L. ou <i>Triticum vulgare</i> |

I.3. Constituants anatomiques

Le grain de blé se présente sous forme d'un ellipsoïde allongé, constitué de trois parties essentielles : l'enveloppe, l'albumen et le germe.

I.3.1. Enveloppe

Les enveloppes de la graine et du fruit donnent le son en semoulerie, elles sont d'épaisseurs variables et sont formées de tissus différents (**Godon et Willm, 1991; Feillet, 2000**). Elles représentent 12 à 16% du poids totale du grain et sont constituées de trois couches de cellule superposées (**Feillet, 2000**).

I.3.1.1. Péricarpe

Le péricarpe permet d'éviter les pertes d'eau durant le développement du grain mais n'empêche pas sa pénétration (**Evers et al., 1999**). Il existe deux péricarpes :

-un péricarpe externe d'une épaisseur de 15-30 μm et est constitué de deux tissus composés de cellules mortes : l'épiderme et l'hypoderme.

- un péricarpe interne constitué de cellules tubulaires et de cellules croisées. Il comprend lui même trois couches : l'épicarpe, mésocarpe et l'endocarpe.

I.3.1.2. Testa

La testa est un assemblage pluristratifié décrit comme un ciment très hydrophobe. A l'intérieur de la testa, une ou deux couches de cellules, très compressées riches en lipides, fusionnent avec le film pigmentaire lui même constitué de cellules déstructurées. La testa a un rôle physiologique dans le contrôle de la maturation et de la germination du grain, en agissant comme une barrière à la circulation d'eau, de nutriments et de gaz. Elles constituent l'enveloppe de la graine. La première confer à la graine sa pigmentation et la seconde protège l'endosperme de l'humidité grâce à son caractère hydrofuge (**Miyamoto et Everson, 1958**).

I.3.1.3. Assise protéique (aleurone)

L'assise protéique est riche en matière protéique nutritive, elle se caractérise par sa forte teneur en protéine d'une valeur biologique élevée. Elle renferme 80 % de toute la niacine du grain ainsi que d'autres vitamines du groupe B et est dépourvue d'amidon (**FAO, 1970**). L'assise protéique permet de faire adhérer très fortement les membranes de l'enveloppe sur l'amande (**Godon, 1991**)

I.3.2. Albumen

L'albumen correspond au tissu de réserve, c'est le constituant le plus important du grain et il représente environ 80% de son poids (**Pomeranz, 1988**). Cet albumen est farineux et se compose en moyenne de 76 % d'amidon, de 14 % de protéines et de 2% de lipides. Le

rapport amidon/protéines augmente de façon significative des régions périphériques aux régions centrales du grain (**Abderrakib, 2010**).

I.3.3. Germe

Le germe constitue la future plante et assure l'identité génétique. Il provient de la fusion des gamètes mâles et femelles et représente 2 à 3 % du poids de grain (**Abderrakib, 2010**). Il est formé des coléoptiles, de la gemmule, de la radicule, du coléorhise, de la coiffe et du scutellum (**Feillet, 2000; Jeant et al., 2007**).

La figure montre les différents constituants anatomiques du blé.

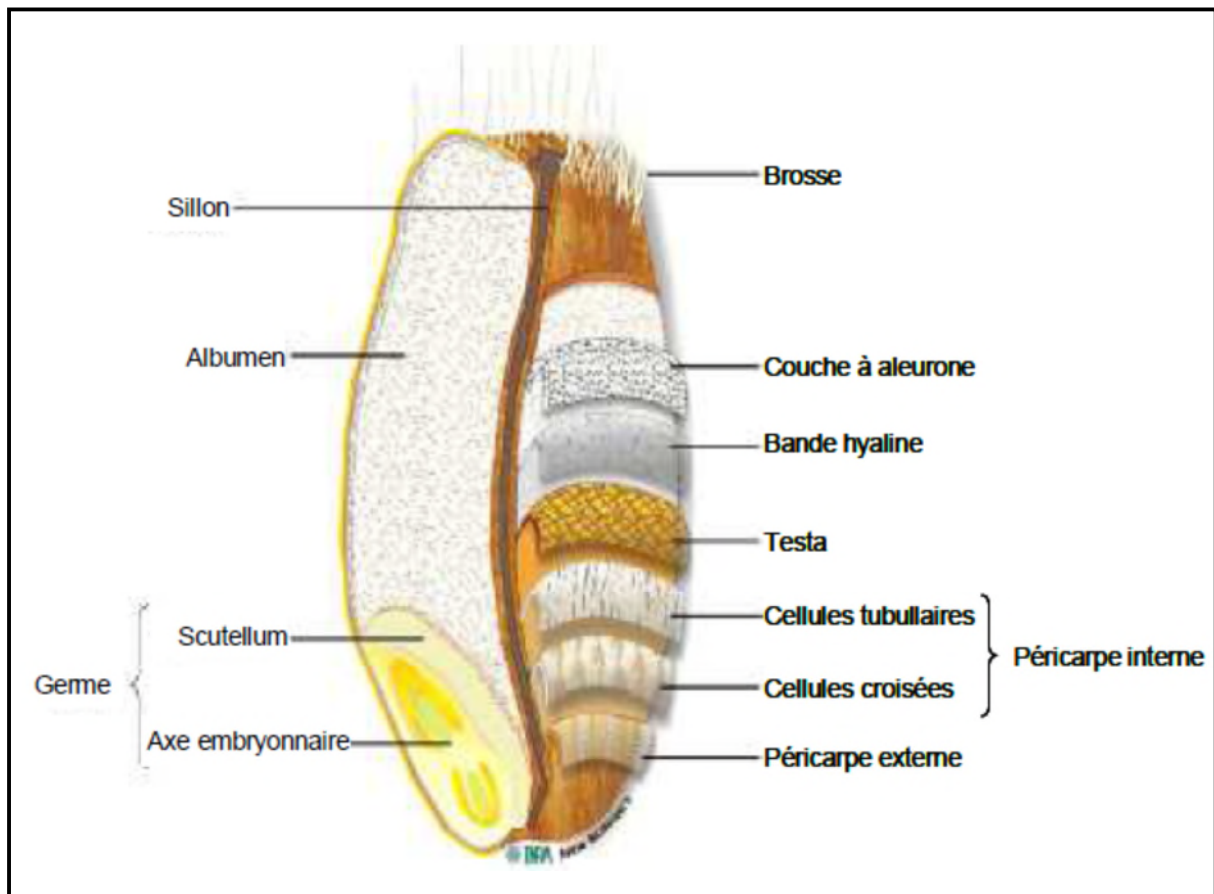


Figure 01 : Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

I.4. Description de la plante

La plante de blé comme toutes les céréales, est un système vivant qui peut être divisé en deux parties: une partie souterraine assurant la communication sol/plante, c'est le système racinaire et une partie aérienne permettant les échanges plante-atmosphère, et notamment le processus de photosynthèse et de transpiration (**Hadria, 2006**). La plante adulte possède un brin maître et une ou deux talles. Chaque tige se termine par des épis blancs, parfois roux,

portant 12 à 15 épillets chacun contient 2 ou 3 fleurs fertiles capables de s'autoféconder, entraînant ainsi la formation d'un grain (**Abderrakib, 2010**).

I.5. Composition chimique

Chacune des parties de graine fournit d'importants nutriments. L'endosperme fournit des glucides, le germe fournit des protéines, des acides gras polyinsaturé (AGPI) et des vitamines du groupes B (**Bourgeois et al., 1996**).

Les graines, qui constituent l'organe de réserve des végétaux, sont donc des corps riches en glucides (65 à 85%). La matière azotée est la deuxième en importance et se retrouve surtout dans le germe. Les graines de blé constituent une source importante de protéines comprise entre 8% et 14% et notamment un faible pourcentage d'acides aminés tels que la lysine, le tryptophane, la valine et la méthionine. Les lipides des céréales ont un rôle limité sur le plan nutritionnel, mais jouent un rôle important sur les qualités de gluten. Quant aux facteurs vitaminique, les grains de blé renferment une quantité importante de vitamines BI, B2, B6 et la vitamine E (**Cheftel et Cheftel, 1977**).

Le germe de blé, en diététique, fournit la majeure partie des vitamines B, hautement spécialisées dans la défense et l'entretien du système nerveux. Il apporte aussi, les vitamines A, C, E (**Armand et German, 1992**).

Le tableau II illustre la distribution des principaux constituants du grain de blé, et les valeurs sont exprimées en (%).

Tableau II : distribution histologique des principaux constituants du grain du blé (Feillet, 2000).

| | Grain | | Péricarpe | | Aleurone | | Albumen | | Germe | |
|-------------------|-------|----|-----------|----|----------|------|---------|----|-------|--|
| | %G | %T | %G | %T | %G | %T | %G | %T | %G | |
| Protéines | 13,7 | 10 | 4,4 | 30 | 15,3 | 12,0 | 73,5 | 31 | 6,8 | |
| Lipides | 2,7 | 0 | 0 | 9 | 23,6 | 2 | 62,9 | 12 | 13,5 | |
| Amidon | 68,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 100 | 0 | 0 | |
| Sucres réducteurs | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,8 | 62,7 | 30 | 37,3 | |
| Pentosanes | 7,4 | 43 | 35,1 | 46 | 43,8 | 1,6 | 18,3 | 7 | 2,9 | |
| Cellulose | 2,8 | 40 | 87,1 | 3 | 7,6 | 0,1 | 3,1 | 2 | 2,2 | |
| Minéraux | 1,9 | 7 | 22,6 | 12 | 43,6 | 0,5 | 22,6 | 6 | 9,7 | |

%G = % du constituant dans le grain.

%T=% du constituant dans le tissu.

I.6. Caractéristiques des blés dur et tendre

I.6.1. Blé dur

Le blé dur est une catégorie de blé cultivée dans les pays de climat chaud et sec. Les grains de blé dur sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides. Ils donnent moins de son que les blés tendres et la farine obtenue, bien que contenant plus de gluten (12 à 14 %), se prêtent moins bien à la panification (anonyme 1, 2013).

I.6.2. Blé tendre

Les grains de blé tendre sont arrondis, les enveloppes sont épaisses, sans transparence. Ils se prêtent particulièrement bien à la mouture ; en effet, lors du passage entre les cylindres, les enveloppes s'aplatissent et s'ouvrent sans se broyer, libérant l'amande et donnant une très

forte proportion de son. Les blés tendres permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten, ayant de bonnes aptitudes pour la panification (Anonyme 1, 2013).

I.7. Altérations de blé

I.7.1. Altérations enzymatiques

Les altérations enzymatiques dues aux enzymes propres aux grains se manifestent de façon variée. Ce sont d'abord des hydrolases, agissant sur les protéines, les lipides et les glucides donnant des produits qui peuvent se dégrader ensuite par autres voies (Multon, 1982). C'est ainsi que les lipases libèrent des acides gras qui sont ensuite oxydés par la lipoxygénase. Les amylases hydrolysent l'amidon en sucres fermentescibles. Il ne faut pas négliger cette altération enzymatique car certains produits peuvent être toxiques tel que les produits de la fermentation (AFNOR, 1986).

I.7.2. Altération d'origine mécanique ou physique

Les altérations d'origine mécanique sont dues à des chocs entraînant des cassures et favorisant les autres causes d'altération. L'utilisation des radiations telles que les rayons gamma et les rayons ultra-violet (UV) peuvent provoquer des altérations radiochimiques tels que la pyrolyse, redistribution de l'eau dans le grain et l'adhésion de l'amidon et des constituants protéiques (AFNOR, 1986).

I.7.3. Altération d'origine biologique

Un lot de grains entreposé comporte inévitablement au moins deux entités vivantes : les grains eux-mêmes et les micro-organismes. De façon non obligatoire, mais cependant fréquente, on y trouve également associés des insectes, des acariens, voire de petits vertébrés (rongeurs, oiseaux) (Multon, 1982). La microflore des grains est banale, à tendance xérophile et cosmopolite. Les bactéries, les levures et les mycètes filamenteux constituent un envahisseur interne et/ou contaminant externe qui font l'objet d'altération biologique (Magan et al., 2003). Les virus paraissent négligeables, et les lichens sont parmi les rares organismes vivants capables de supporter sans dommage une grande siccité : leurs teneurs en eau se situent entre 5 et 40%, contre 75 à 97% pour le reste du monde vivant (Multon, 1982).

I.8. Utilisation du blé

Si le débouché principal reste l'alimentation humaine et animale, il reste aussi, leur utilisation pour les différentes boissons (Alais et al., 2003). Le blé tendre est l'espèce la plus cultivée. Elle est essentiellement utilisée par l'industrie meunière pour la fabrication de

farines destinées à l'alimentation humaine (panification, biscuiterie, pâtisserie, etc.) et animale (sons) (**Duron, 1999**). Le blé dur renferme une forte teneur en protéines (13%). Cette espèce est utilisée d'une part par les semouleries et les industries de pâtes alimentaires et d'autre part, pour en faire des aliments pour les animaux (**Duron, 1999**).

I.9. Situation de blé en Algérie

Sous une surface totale de 937 millions d'hectares en Algérie, seulement 3,3% est utilisé pour l'agriculture dont 38% de ces terres sont occupées par les céréales (**Benbelkacem, 2007**). La production des céréales constitue pour l'Algérie un enjeu capital du fait même de son importance tant sur le plan de l'alimentation que celui de l'agriculture, mais cette production ne couvre pas les besoins nationaux. La production moyenne annuelle de 18 millions de quintaux ne couvre que 50% de la demande nationale, ce qui engendre le recours à l'importation (**Benbelkacem, 2007**).

II. Radicaux libres

II.1. Définition

Les radicaux libres sont des espèces chimiques (atomes ou molécules) qui possèdent un ou plusieurs électrons célibataires (électron non apparié) sur leur couche externe et on les note souvent R° . Ils peuvent être dérivés de l'oxygène (ERO: Espèce Réactive de l'Oxygène) ou d'autres atomes comme l'azote (ERN : espèces réactive de l'azote) ou de chlore (Goudable et Favier, 1997). La présence d'un électron célibataire confère aux radicaux libres une grande réactivité et une courte demi-vie (Valko *et al.*, 2006).

II.2. Source des principaux radicaux libres

Les espèces réactives de l'oxygène ou Reactive Oxygène Spécies (ROS) sont continuellement produits dans la cellule par le processus de transfert d'électron au niveau des mitochondries ou comme produit de certaines enzymes : la xanthine-oxydase, la lipoxygénase et des cycloxygénases. En outre, les ROS peuvent être produits à cause de l'exposition aux facteurs environnement tel que les rayons Ultra Violet (UV) (Masella *et al.*, 2005).

Les principaux radicaux libres rencontrés en biologie sont illustrés dans le tableau III.

Tableau III : Espèces réactives de l'oxygène et de l'azote (Popie et Nesbet, 1954).

| | |
|----------------------|----------------|
| Anion superoxyde | $O_2^{\circ-}$ |
| Radical hydroxyle | $^{\circ}OH$ |
| Oxygène singulet | 1O_2 |
| Monoxyde d'azote | NO° |
| Peroxyde d'hydrogène | H_2O_2 |
| Nitroxyde | NOO° |
| Peroxynitrite | $ONOO^{\circ}$ |
| Radical peroxy | ROO° |

II.3. Rôle des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent être des seconds messagers dans les cellules mammifères (**Thannickal, 2009**). Ils participent à la transduction de signaux cellulaires (des messagers intra et extracellulaires), à l'expression des gènes, à la différenciation cellulaire, à la croissance (**valko et al., 2007**), à la défense immunitaire contre les agents pathogènes (un rôle très important dans la phagocytose des bactéries et parasites par les macrophages ou polynucléaires) (**Swain et al., 2002**), à la destruction par apoptose des cellules tumorales, à la régulation de la dilatation capillaire et au fonctionnement de certaines neurones et notamment ceux de la mémoire de la fécondation de l'ovule (**Favier, 2003**).

II.4. Maladies engendrées par les radicaux libres

Par la création de molécules biologiques anormales et la surexpression de certains gènes, les radicaux libres seront la cause initiale essentielle de plusieurs maladies : cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aigu, œdème pulmonaire et vieillissement accéléré. Les radicaux libres sont aussi des facteurs potentialisant la genèse de maladies plurifactorielles telles le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardio-vasculaires (**Pelli et Lyly, 2003**).

II.5. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est tout simplement un déséquilibre entre la production de radicaux libres et la capacité des mécanismes protecteurs de l'organisme à neutraliser ces composés toxiques avant qu'ils occasionnent des dégâts (**Dracuvà, 2008 ; Nirmal et al., 2008**).

II.6. Oxydation des lipides

Les ERO peuvent attaquer les lipides et plus particulièrement les résidus d'acides gras polyinsaturés des phospholipides facilement oxydables. Ceci conduit à une réaction en chaîne de peroxydase lipidique qui modifie la fluidité et la perméabilité de la membrane et peut aussi altérer le fonctionnement des protéines membranaires (**Koechlin-Ramontsco, 2006**).

II.7. Oxydation des protéines

Les protéines sont sensibles aux attaques radicalaire surtout celles qui comportent un groupement sulfhydryle (SH) et les ponts disulfures. C'est le cas de nombreuses enzymes cellulaires et protéines de transport qui vont ainsi être oxydées et inactivées. Les protéines modifiées par oxydation perdent leurs propriétés biologiques et deviennent beaucoup plus sensibles à l'action des protéases et notamment du protéasome (**Friguet, 2003 et Garait, 2006**).

II.8. Oxydation d'ADN

Bien que l'ADN soit la mémoire de toute la composition biochimique des être vivants, il s'agit d'une molécule très sensible à l'attaque par les ERO (espèces réactives oxygénés), ces derniers réagissent avec les bases purines et pyrimidines ou encore au niveau du désoxyribose, conduisant à leur oxydation ainsi qu'à des coupures mono et double brin de l'ADN (**Favier, 2003**). Ces lésions des acides nucléiques sont susceptibles d'entraîner des mutations ou d'altérer l'expression des gènes. L'un des marqueurs d'une attaque oxydative des acides nucléiques est la présence de 8-hydroxy-guanine (8-OHG) (**Koechlin-Ramonatsco, 2006**).

III. Antioxydants

III.1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant peut être défini comme étant toute substance qui, lorsqu'elle est présente à des faibles concentrations par rapport à ceux d'un substrat produits par les oxydants, les radicaux libres, les métabolites réactifs de l'oxygène, retarde considérablement ou empêche l'oxydation de ce substrat (**Duracková, 2008**).

III.2. Principaux antioxydants

III.2.1. Acides phénoliques

L'acide phénolique est un composé qui possède au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Il est divisé en deux groupes : hydroxybenzoïques et cinnamiques (**Bruneton, 2009**).

III.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone constitué de deux unités aromatiques, de cycle en C₆ (A et B), reliés par une chaîne en C₃ (**figure 02**) (**Bruneton, 1999**).

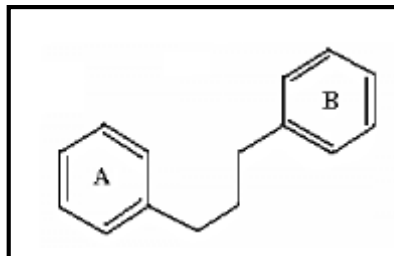


Figure 02 : Squelette de base des flavonoïdes (**Dean, 1963**).

III.2.3. Flavonols

Les flavonols (hydroxy-3 flavone) sont largement répandus et incolores, ils sont caractérisés par la présence d'un groupement carbonyle en position 4 et d'un groupement hydroxyle en position 3. Les flavonols qui possèdent en plus des hydroxydes en 6 ou 8 colorent certaines fleurs au jaune primevère. Parmi les flavonols les plus répandus, on trouve le kaempférol (OH en 4', 5, 7), le quercétol (OH en 3', 4', 5, 7) ces deux flavonols sont incolores; le myricétol est l'isorhamétol (**Alais et Linden, 1997**) (figure 3).

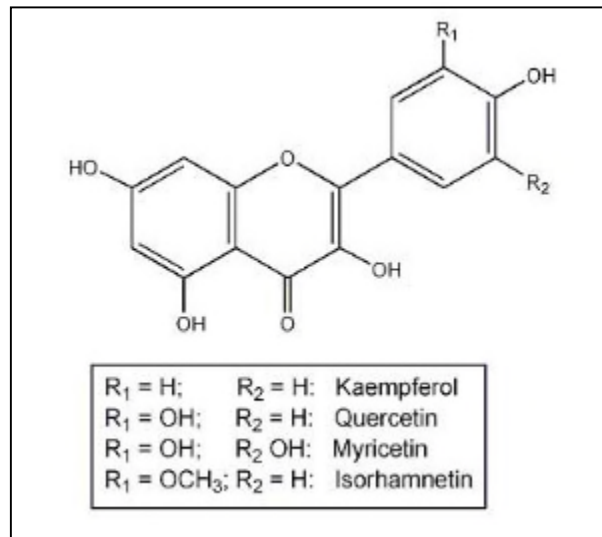


Figure 03 : Structures chimiques de quelques flavonols (Anonyme 2, 2007).

III.2.4. Caroténoïdes

Les caroténoïdes constituent une famille de pigments liposolubles largement répandue dans le règne végétal responsable de la couleur jaune, orange ou rouge des fruits et légumes (Muntean *et al.*, 2008 ; Rodrigez-Amaya, 1997). Grâce à leur longue chaîne carbonée, riche en double liaisons, ils sont d'excellents piègeurs de radicaux peroxy et d'oxygène singulet (Goudable et Favier, 1997).

III.2.5. Tanins condensés (flavan-3-ols)

Les tanins sont des oligomères ou polymères de flavan-3-ols qui ont la propriété de libérer des anthocyanes en milieu acide à chaud par rupture de la liaison inter monomérique (Porter *et al.*, 1986). Les formes naturelles monomériques des flavan-3-ols se différencient par la stéréochimie des carbones asymétriques C₂ et C₃ et par le niveau d'hydroxylation du noyau B (figure 04). On distingue ainsi les catéchines (dihydroxylées) des gallocatéchines (trihydroxylées).

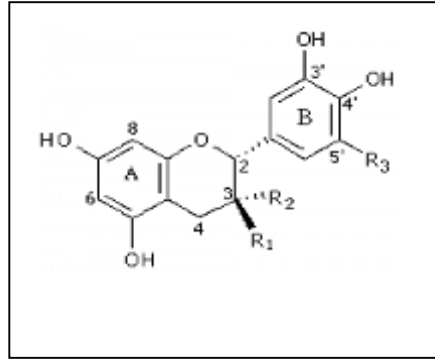


Figure 04 : Structure chimique des tanins condensés (**Guignard, 1996**).

III.2.6. Acide ascorbique

L'acide ascorbique ou la vitamine C, a une structure à six atomes de carbones. Elle est constituée d'un cycle lactone portant une fonction ène-diol et de deux fonctions alcool. Il existe deux formes, lévogyre (L) et dextrogyre (D). Seule la forme lévogyre ou acide L-ascorbique est active. L'élément fonctionnel important est la fonction ène-diol qui, par oxydation, donne naissance à l'acide déhydroascorbique (**Bourgeois, 2003**).

III.2.7. Vitamine E

La vitamine E est un antioxydant important, qui protège les cellules contre les dommages associés aux radicaux libres et par conséquent, prolonge la vie cellulaire tout en ralentissent le processus de vieillissement et la diminution de l'athérosclérose (**Maydani, 2000**).

III. 3. Rôles des antioxydants

Les antioxydants suscitent actuellement beaucoup d'intérêts en raison du bénéfice qu'ils pourraient apporter en terme de prévention des maladies liées au vieillissement, cancer et maladies neurodégénératives (maladie d'Alzheimer) (**Cohen, 2002**).

Partie II

Matériels et méthodes

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

Le présent travail est consacré à l'étude de deux céréales largement utilisées dans l'alimentation humaine, ce sont le blé dur et le blé tendre. Ces deux échantillons sont récoltés au mois d'Août 2012 à TIMEZRIT située à l'Est de la Wilaya de Bejaïa.

Les grains des blés ont fait l'objet et le matériel de cette étude. Dès la récolte, les graines sont lavées, triées puis séchées pour être réduites en poudre. Ensuite, un tamisage est effectué à l'aide d'un tamis pour récupérer les poudres fines qui serviront à l'extraction.

II. Extraction du matériel végétal

La méthode d'extraction utilisée sur les poudres de blé est illustrée dans la figure 05.

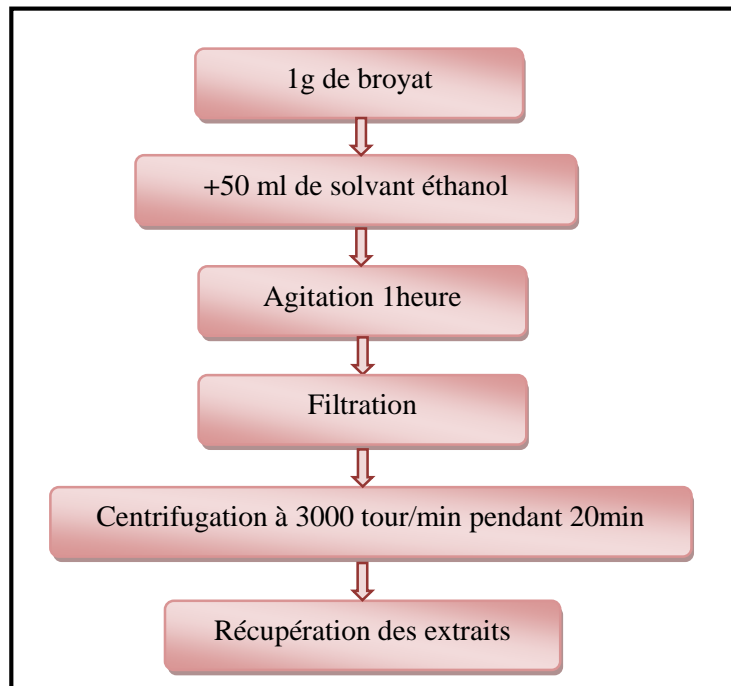


Figure 05 : Protocole de préparation des extraits

III. Dosage des antioxydants

III .1.Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes contiennent dans leurs structures plusieurs doubles liaisons conjuguées qui sont responsables de l'absorption de la lumière par excitation des électrons des liaisons π (Rodriguez-Amaya, 2001). Les teneurs en caroténoïdes sont déterminées selon Sass-Kiss *et al.*, (2005). Le mode opératoire est décrit sur la figure 06.

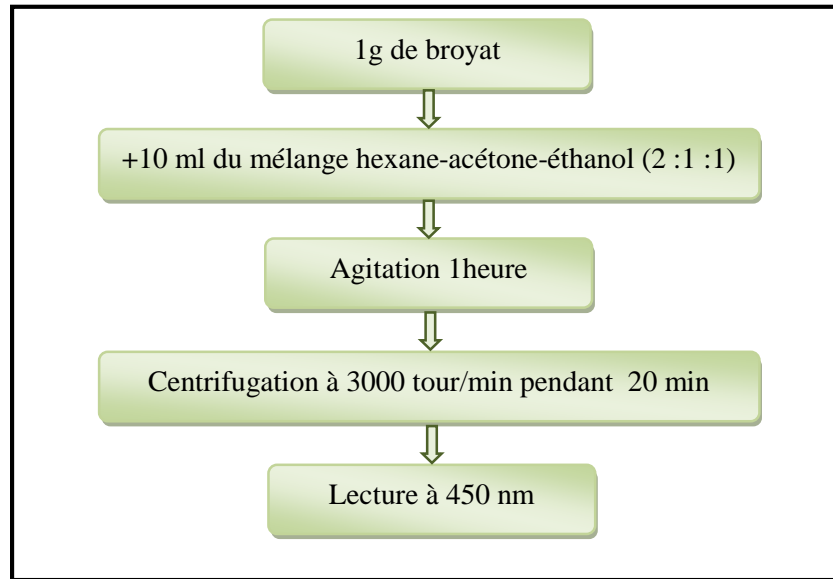


Figure 06 : Protocole de dosage des caroténoïdes (Sass-Kiss *et al.*, 2005).

Les teneurs en caroténoïdes sont déterminées à partir d'une équation de régression linéaire déduite à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la β -carotène selon l'équation suivante : $Y = 293,41X + 0,0044$ (annexe D). Les concentrations sont exprimés en mg équivalent de β -carotène (E β C) /100 g de poudre

III.2. Dosage des polyphénols totaux

Le Folin-Ciocalteu a la capacité d'oxyder les ions phénolates qui résultent de la formation du complexe de carbonate de sodium additionné à la solution d'extrait. On observe une couleur bleu dont l'intensité reflète la concentration des composés phénoliques dans un extrait donné (Djeridane *et al.*, 2006).

Les teneurs en composés phénoliques sont déterminées selon Marinova *et al.* (2005). Le mode de travail est décrit sur la figure 07.

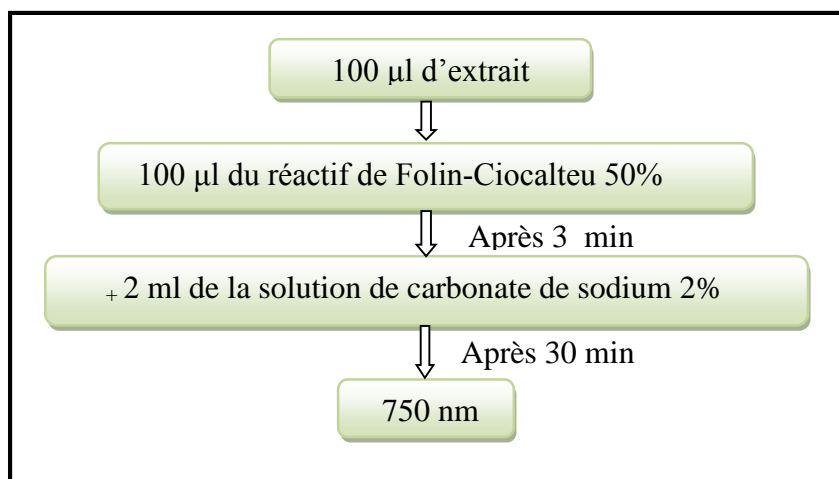


Figure 07 : Dosage des composés phénoliques totaux (Marinova *et al.*, 2005).

Les teneurs en composés phénoliques totaux sont déterminées à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique $Y=0,1483X + 0,0015$ (annexe I) et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG)/100 g de poudre.

III.3. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation des complexes jaunâtres par chélation des métaux Al^{3+} (utilisé sous forme de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$)), par les groupements hydroxyles des flavonoïdes. La coloration ainsi formée est proportionnelle aux taux des flavonoïdes dans le mélange (Bahorun *et al.*, 1996 ; Ribereau-Gayon, 1968).

Les teneurs des flavonoïdes sont déterminées selon le protocole décrit par Djeridane *et al.*, (2006) (figure 08).

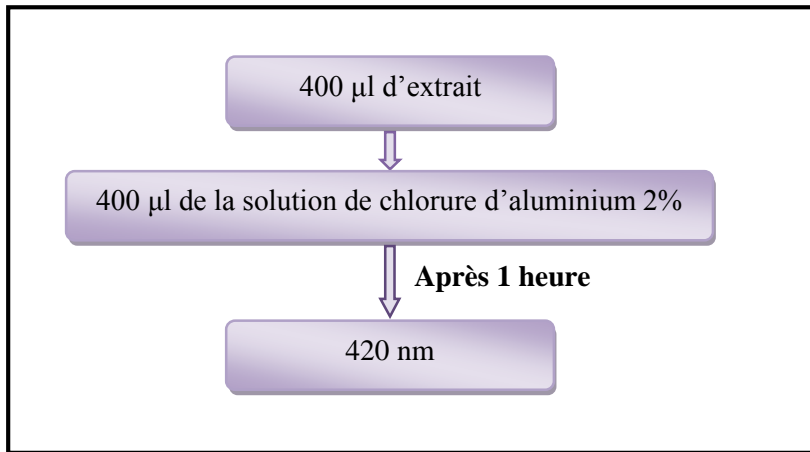


Figure 08: Dosage des flavonoïdes dans les extraits de blés (Djeridane *et al.*, 2006)

Les teneurs en flavonoïdes sont déterminées à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine $Y = 0,1162X - 0,0008$ (annexe I) et les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine (E Q) /100g de poudre.

III.4. Dosage des flavonols

Les teneurs en flavonols sont déterminées selon le protocole décrit par Adedapo *et al.*, (2008) (figure 09).

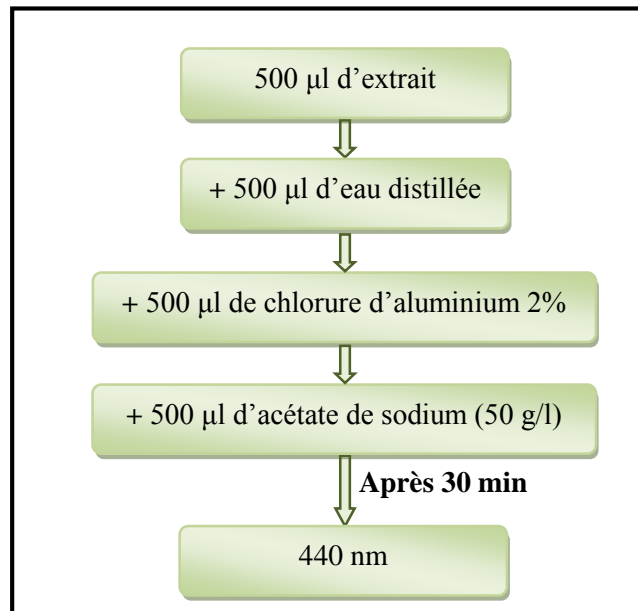


Figure 09 : Dosage des flavonols contenus dans les extraits de blés (Adedapo *et al.*, 2008)

Les teneurs en flavonols sont exprimées à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine $Y = 2,2549X - 0,0003$ (annexe I) et les résultats sont exprimés en mg (E Q) /100g de poudre.

III.5. Dosage des proanthocyanidines

La méthode butanol-HCl est employée pour estimer la quantité des proanthocyanidines présents dans les extraits. Cette méthode est basée sur la dipolymérisation catalysée par une hydrolyse acide des tanins condensés en anthocyanidines (**Manolaraki, 2011 ; Mojca Skerget *et al.*, 2005**).

Les teneurs en proanthocyanidines sont déterminées selon **Maksimovic *et al.*, (2005)**. Le mode opératoire est décrit dans la figure 10.

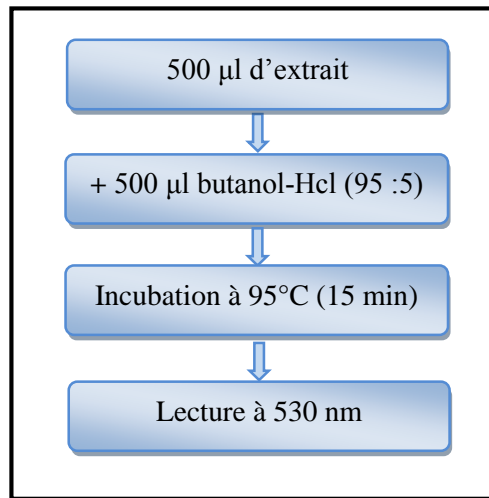


Figure 10: Dosage des proanthocyanidines dans les extraits de blés (**Maksimovic *et al.*, 2005**).

Les teneurs en proanthocyanidines sont déterminées à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec la catéchine $Y=2,078x0,1488$ (**annexe I**) et les résultats sont exprimés en mg équivalents catéchine par 100g de poudre.

III.6. Dosage des orthodiphénols

Les orthodiphénols sont les antioxydants les plus puissants. Leur dosage est basé sur la formation de complexes jaune après réaction des orthodiphénols et des ions molybdates (**Mateos *et al.*, 2001**).

Les teneurs en orthodiphénols sont déterminées selon **Tovar *et al.*, (2002)**. Le mode de travail est décrit dans la figure 11.

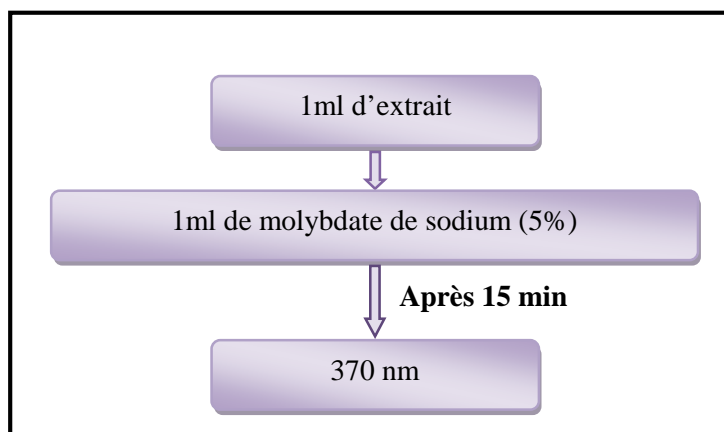


Figure 11 : Mode opératoire de dosage des orthodiphénols (Tovar *et al.*, 2002).

Les teneurs en orthodiphénols sont exprimées à partir d'une équation de régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique $Y = 0,0848X + 0,0087$ (annexe I). Les résultats sont exprimés en mg équivalent EAG/100g de poudre.

IV. Evaluation de l'activité antioxydante

IV.1. Chélation des ions de fer

La ferrozine forme avec les ions ferreux bivalents stables, des complexes rouge ou violet solubles dans l'eau. En présence d'agent chélateur, la formation des complexes est perturbée, entraînant une réduction de sa couleur. La mesure de réduction de la couleur permet donc l'estimation du taux de chélation du fer (Karamac, 2009 ; Gulcin *et al.*, 2010 ; Liu *et al.*, 2011).

Le pouvoir chélateur de fer est déterminé selon protocole décrit par Le *et al.*, (2007). Le mode opératoire est décrit sur la figure 12.

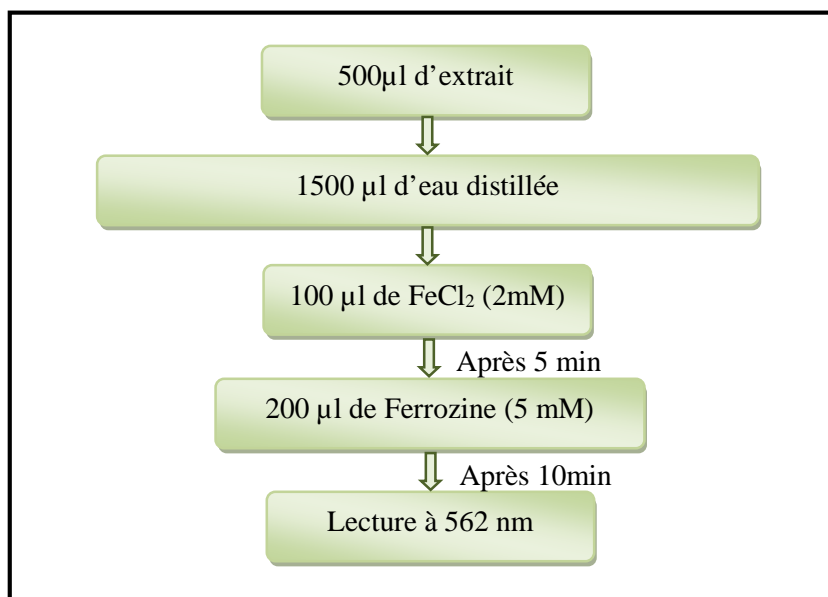


Figure 12 : Mode opératoire de la chélation du fer (Le *et al.*, 2007).

La capacité de chélation de fer est exprimée en pourcentage (%) et elle est déterminée avec la formule suivante :

$$\text{Chélation de fer (\%)} = [(A_c - A_e) / A_c] * 100$$

Où : A_c : Absorbance du contrôle ; A_e : Absorbance de l'échantillon

IV.2. Pouvoir scavenger du radical DPPH

Le 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est pratiquement le radical libre le plus stable en solution (méthanol ou éthanol). Il est caractérisé par une couleur violette et en présence d'un donneur d'hydrogène il se réduit en forme non radicalaire de couleur jaune pale (forme d'hydrazine). Ce passage de la première forme à la deuxième est accompagné d'une diminution de l'absorbance qui peut s'exprimer par le pourcentage de réduction du DPPH (Lee *et al.*, 1986). Le suivi de la décoloration est réalisé par spectrophotométrie à 517 nm (Gulcin *et al.*, 2003 ; Roginsky et Lissi, 2005).

L'activité antiradicalaire (DPPH) est déterminée selon Villano *et al.*, (2006). Le mode opératoire est décrit sur la figure 14.

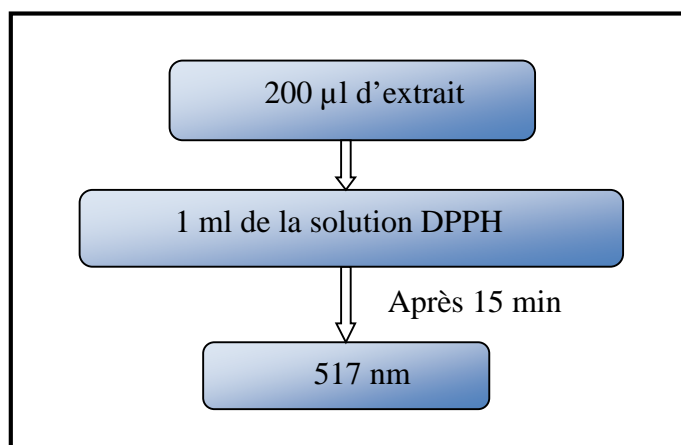


Figure 14: Mode opératoire du pouvoir antiradicalaire (DPPH) (Villano *et al.*, 2006)

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de réduction de radical DPPH^{*} et sont déterminés par la formule suivante :

$$\text{DPPH réduit (\%)} = [(A_b - A_e / A_b)] * 100$$

A_b : absorbance du blanc ; A_e : Absorbance de l'échantillon

IV.2. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote

L'inhibition de radical d'hydroxyde nitrique (NO) produit du nitroprusside de sodium (NPS) dans une solution aqueuse au pH physiologique qui agit l'un sur l'autre avec l'oxygène pour produire les ions de nitrites. Ces derniers sont évalués par la réaction de Griess (Gutierrez et Navarro, 2010).

L'activité anti-radical NO^{*} est déterminée selon protocole utilisé par Gorinstein *et al.*, (2004) (figure 15).

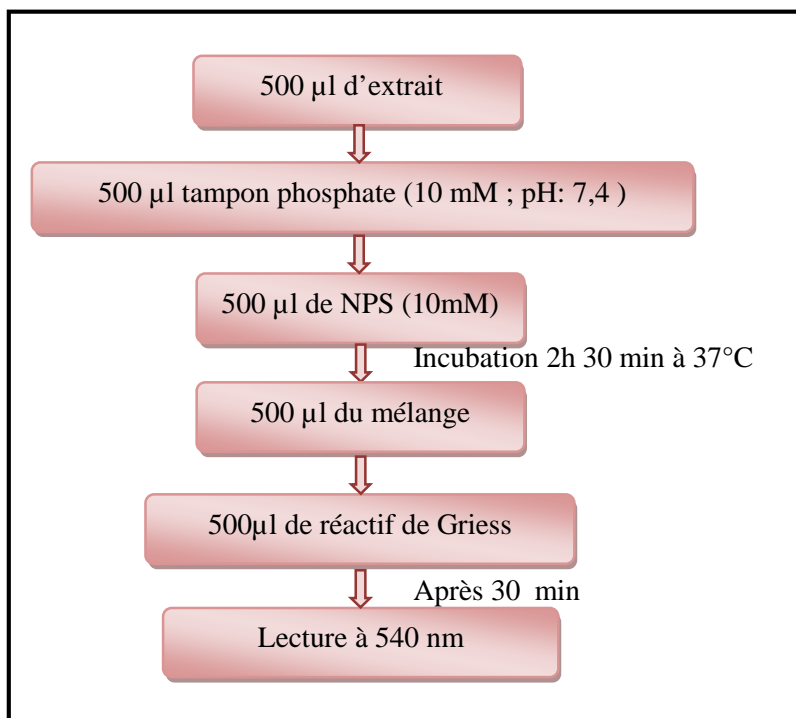


Figure 15 : Mode opératoire du pouvoir scavenger de NO (Gorinstein *et al.*, 2004)

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de réduction du radical NO[•] et sont donnés par la formule suivante :

$$\text{NO réduit} = (\%) = [(A_b - A_e) / A_b] * 100$$

A_b : absorbance du blanc ; A_e : Absorbance de l'échantillon

IV.3. Réduction du fer ferrique (FRAP)

Le complexe tripyridyltriazine ferrique [(Fe(III)TPTZ)₂] se réduit en un complexe tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)₂] en présence d'un antioxydant. Le pouvoir réducteur est relié au degré d'hydroxylation et à la présence des liaisons conjuguées des antioxydants. La réaction se base totalement sur le transfert d'électrons. L'apparition d'une couleur bleu intense (spécifique pour la tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)₂] lors du contact avec les extraits indique la présence des composés antioxydants. Le changement de couleur est mesuré à 593 nm et il est directement relié au pouvoir réducteur des antioxydants (Grigoraş 2012)

Le test FRAP utilisé est celui décrit par Prior *et al.*, (2005). Le mode opératoire est décrit sur la figure16.

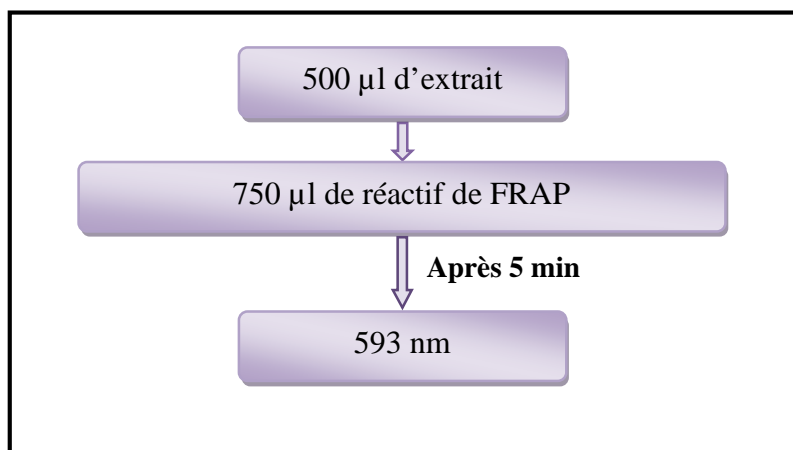


Figure 16 : Mode opératoire de du test de FRAP (Prior *et al.*, 2005).

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de réduction de radical FRAP et sont calculées par la formule suivante :

$$\text{FRAP réduit} = (\%) = [(A_b - A_e) / A_b] * 100$$

A_b : absorbance du blanc ; A_e : Absorbance de l'échantillon

IV.4. Pouvoir scavenger du radical ABTS^{•+}

En réagissant avec le persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$), l'ABTS [acide 2,2'-azino-bis(3-ethylbenz-thiazoline-6-sulphanique)] forme le radical ABTS^{•+}, de couleur bleue à verte. L'ajout d'antioxydants va réduire ce radical et provoquer la décoloration du mélange. Le dosage est réalisé par spectrophotométrie à 734 nm. Cette mesure est proportionnelle à la concentration en antioxydants. La méthode est généralement standardisée par rapport au Trolox (vitamine E sous forme hydrosoluble, dépourvu de chaîne carbonée) (Rolland, 2004 ; Samaniago-Sánchez *et al.*, 2007)

La réduction du radical ABTS^{•+} est déterminée selon Ao *et al.*, (2008). La figure 18 montre les différentes étapes réalisées.

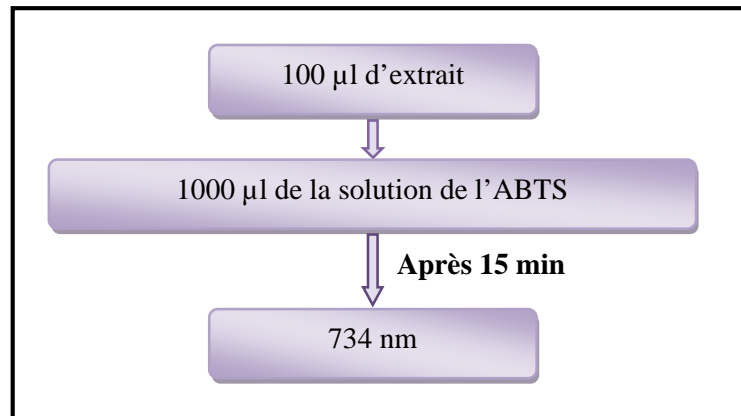
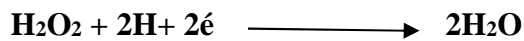


Figure 17 : Mode opératoire de l'activité anti-radical ABTS^{•+} (Ao *et al.*, 2008).

Les résultats sont exprimées en mg Equivalent de trolox /100 g de poudre (**annexe I**).

IV.5. Pouvoir scavenger du peroxyde d'hydrogène

Le principe de la réaction est de neutraliser le peroxyde d'hydrogène par un antioxydant. Ce dernier cède deux atomes d'hydrogène et transforme le H₂O₂ en H₂O selon la réaction suivante (Wettasinghe et Shahidi, 2000) :



Le mode opératoire utilisé est celui décrit par Ruch *et al.* (1989) (figure 18).

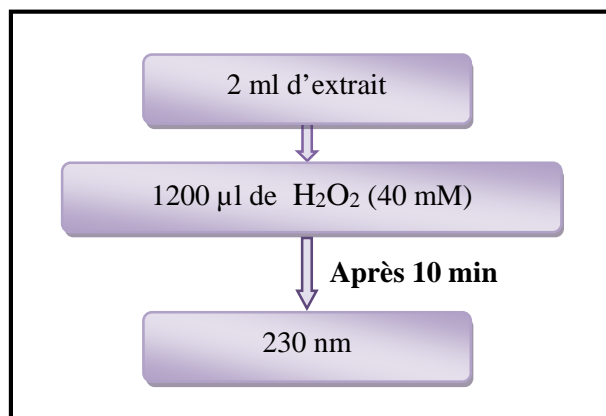


Figure 18 : Mode opératoire du pouvoir scavenger de H₂O₂ (Ruch *et al.*, 1989).

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de réduction de radical H₂O₂ et sont donnés par la formule suivante :

$$\text{H}_2\text{O}_2 \text{ réduit} = (\%) = [(A_b - A_e) / A_b] * 100$$

A_b : absorbance du blanc ; A_e : Absorbance de l'échantillon

IV.6. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium

Le pouvoir réducteur se base sur la réaction d'oxydoréduction dont la réaction du chlorure ferrique (FeCl_3) en chlorure ferreux (FeCl_2) en présence d'un agent chromogène : le Ferricyanure de Potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$] en milieu acidifié par l'acide trichloroacétique (**Ribeiro *et al.*, 2008**).

Le pouvoir réducteur est déterminé selon **Gulcin *et al.*, (2002)** (figure 19).

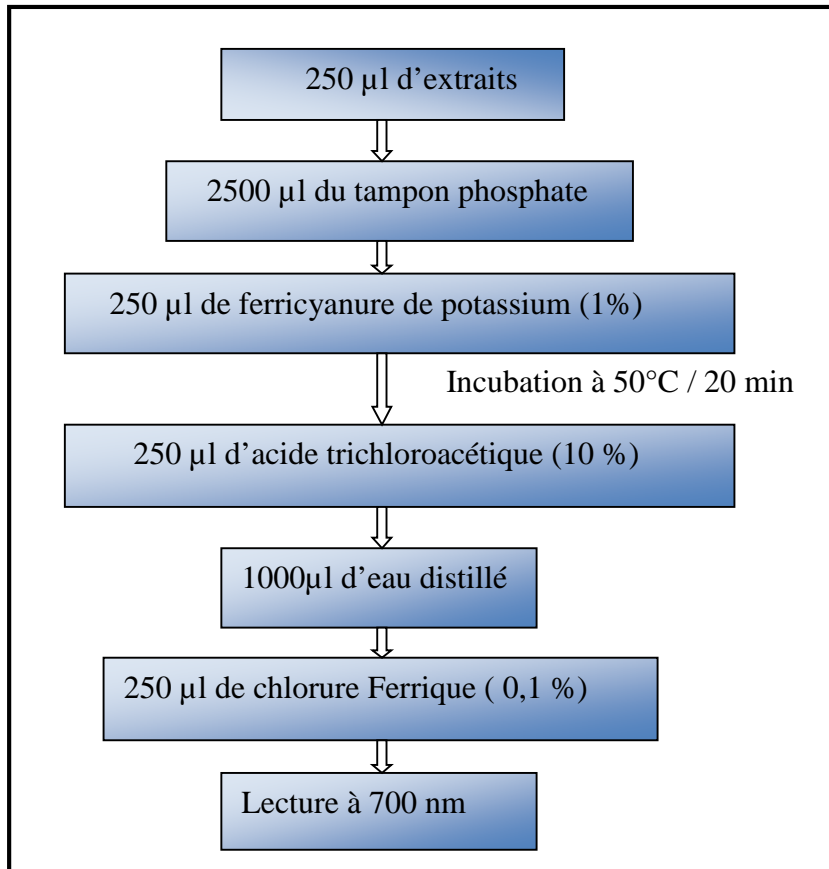


Figure 19 : Mode opératoire du pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium (**Gulcin *et al.*, 2002**)

IV.7. Test de phosphomolybdate

Le test de phosphomolybdate est basé sur la réduction de Molybdate -VI (Mo VI) en Mo (V) par l'extrait qui se traduit par la formation d'un complexe (phosphate /Mo V) d'une couleur verte en milieu acide (Karou, 2005 ; Arabshahi-Dlouee et Urooj, 2007).

Le pouvoir réducteur au phosphomolybdate est déterminé selon Umamaheswari et Chatterjee (2008) (figure 20).

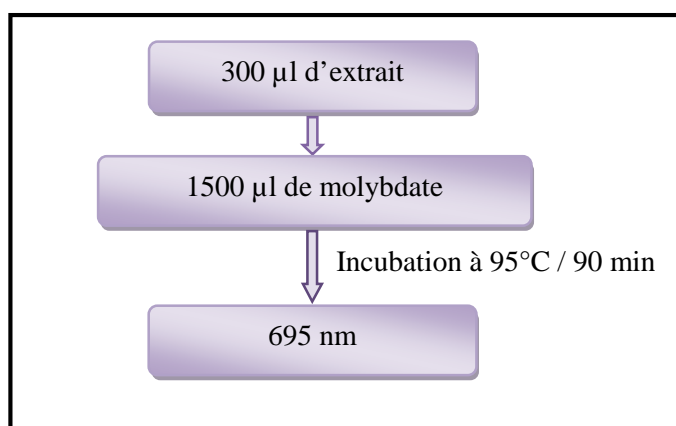


Figure 20 : Mode opératoire du test au phosphomolybdate (Umamaheswari et Chatterjee, 2008)

Le pouvoir réducteur est déduit à partir d'une équation de régression linéaire d'une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique $Y = 4,4401x - 0,0027$ (annexe I). Les résultats sont exprimés en mg EAG/100g de poudre.

IV.8. Activité anti-radical hydroxyle

L'inhibition du radical hydroxyle (OH) est déterminée selon Gu *et al.* (2008). Le mode opératoire est décrit sur la figure 21.

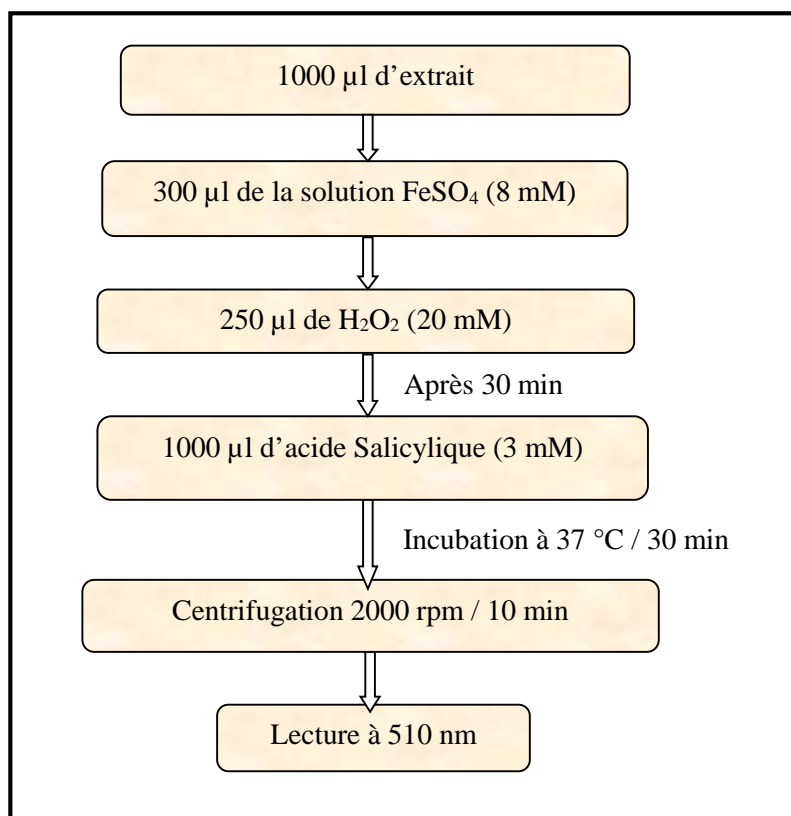


Figure 21 : Mode opératoire de l'activité anti-radical OH[•] (Gu *et al.*, 2008)

Les résultats sont exprimés en pourcentage (%) de réduction du radical OH[•] et sont donnés par la formule suivante :

$$\text{OH réduit} = (\%) = [(A_b - A_e) / A_b] * 100$$

A_b : absorbance du blanc ; A_e : Absorbance de l'échantillon

VI. Etude statistique

Les moyennes des trois essais et les écartypes sont calculés avec Microsoft office Excel 2007. Le traitement des données est fait à l'aide du logiciel STATISTICA. La comparaison des résultats est réalisée par le test student entre deux échantillons et l'analyse de la variance à un seul critère de classification (ANOVA) avec le logiciel (STATISTICA 5.5) entre trois échantillons. Les corrélations entre les paramètres mesurés sont calculées avec statistique élémentaire en utilisant la matrice de corrélation.

Les résultats seront classés par ordre décroissant $a > b > c$. les valeurs obtenues ayant la même lettre ne présentent aucune différence significative et les barres verticales représentent les écarts types.

Partie III

Résultats et discussion

Résultats et discussion

I. Dosage des antioxydants

I.1. Dosage des caroténoïdes

Les résultats obtenus montrent que le blé tendre est plus riche en caroténoïdes que le blé dur avec des concentrations de 0,948 mg (E β C) /100 g et 0,551 mg (E β C) /100 g de poudre respectivement. Le test de student a montré une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les deux variétés.

Selon **Panfili *et al.* (2004)**, les teneurs en β -carorène de blé est 0,15 mg/100g de poudre, ce qui est inférieur trois fois par rapport aux résultats obtenus par le blé dur et inférieur six fois par rapport aux résultats obtenus par le blé tendre. Selon **Anthony *et al.* (2008)**, la teneur en caroténoïdes (1,1 mg/100g de poudre) est supérieur à celle trouvée par la présente étude.

I.2. Dosage des composés phénoliques totaux

Les résultats obtenus à partir des extraits analysés révèlent que le blé dur est plus riche en composés phénoliques totaux que le blé tendre. La teneur en composés phénoliques de blé dur est 4688,615 mg (EAG)/100 g de poudre et celle de le blé tendre est 4426,556 mg (EAG)/100 g de poudre. L'analyse statistique marque une différence hautement significative ($p < 0,1$) entre les deux variétés.

Les résultats obtenus par **Bellebcir (2008)** sont très faibles comparés à celles obtenus dans la présente étude (10,776 mg (EAG)/100g de poudre et celle trouvée par **Abderrahim *et al.* (2012)**, (1000 mg (EAG)/100g de poudre).

I.3. Dosage des flavonoïdes

Le blé tendre est plus riche en flavonoïdes que le blé dur. La teneur de cette dernière est 517,785 mg (E Q) /100g de poudre alors que celle de blé tendre est de 987,521785 mg (E Q) /100g de poudre. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les deux variétés.

I.4. Dosage des flavonols

Le dosage des flavonols a montré que le blé tendre est plus riche en flavonols que le blé dur. La teneur de ce dernier est de 62,993 mg (E Q) /100g de poudre, et celle de blé tendre est 71,677 mg (E Q) /100g de poudre. L'analyse statistique a montré une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les deux variétés.

I.5. Dosage des proanthocyanidines

Les résultats obtenus à partir des extraits analysés révèlent que le blé tendre est plus riche en proanthocyanidines que le blé dur. La teneur en proanthocyanidines de blé tendre est de 143,333 mg équivalent catéchine par 100g de poudre, et celle de blé dur est de 126,833 mg équivalent catéchine par 100g de poudre. L'analyse statistique marque une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les deux variétés de blé.

I.6. Dosage des orthodiphénols

Les résultats des extraits analysés révèlent que le blé tendre est plus riche en orthodiphénols que le blé dur. La teneur en orthodiphénols de blé tendre est de 2108,583 mg EAG/100g de poudre et celle de blé dur est de 962,599 mg EAG/100g de poudre. Une différence très hautement significative ($p < 0,001$) a été marquée entre le blé tendre et le blé dur.

II. Détermination des activités antioxydantes

II.1. Chélation des ions de fer

Les résultats des extraits analysés révèlent que la chélation de fer est de 98,784 % pour l'acide ethylenediaminetetra acetic (EDTA), suivi de celle de blé dur avec un pourcentage 79,092 %, et de 48,339 % pour le blé tendre. Il existe une différence très hautement significative en terme de chélation de fer entre les extraits (**Figure 22**). Des coefficients de corrélation ont été aussi déterminés, une corrélation très hautement significative a été trouvée entre le test à la ferrozine et les caroténoïdes ($r = 0,999$). Il en a de même pour les composés phénoliques totaux ($r = 0,87$).

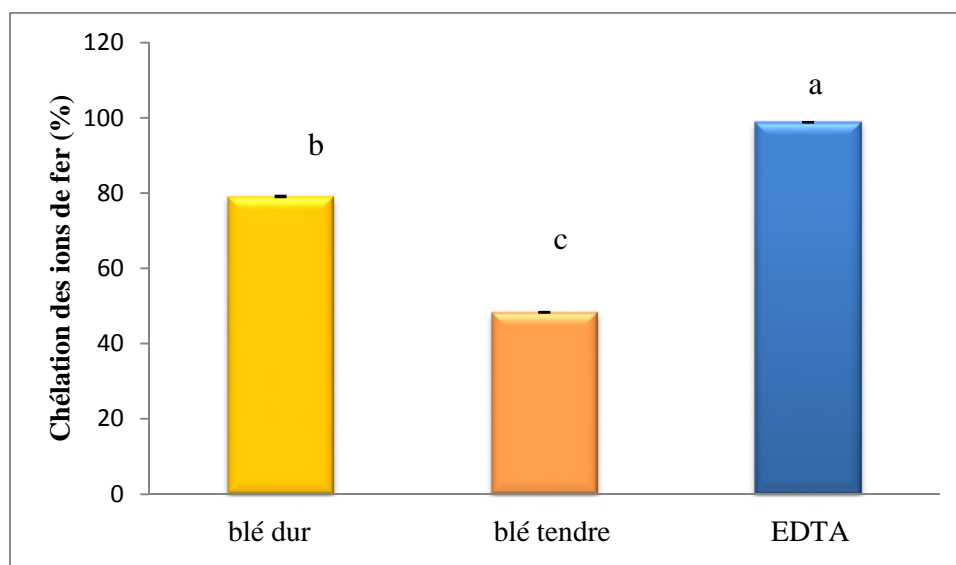


Figure 22 : Chélation des ions de fer par les extraits de blés et l'EDTA

II.2. Activité anti-radical DPPH'

Dans ce test, le pouvoir antiradicalaire le plus élevé est celui de la quercétine avec un pourcentage de (76,522 %) suivi de blé tendre (66,843%) et la valeur la plus faible est attribuée au blé dur (40,325%). L'analyse statistique a révélé pour l'effet de DPPH' une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les échantillons (**Figure 23**). En outre, des corrélations très hautement significative sont trouvées entre l'activité anti-radical DPPH' et les teneurs en proanthocyanidines, flavonoïdes, flavonols et les orthodiphénols avec un même coefficient de corrélation ($r = 0,99$).

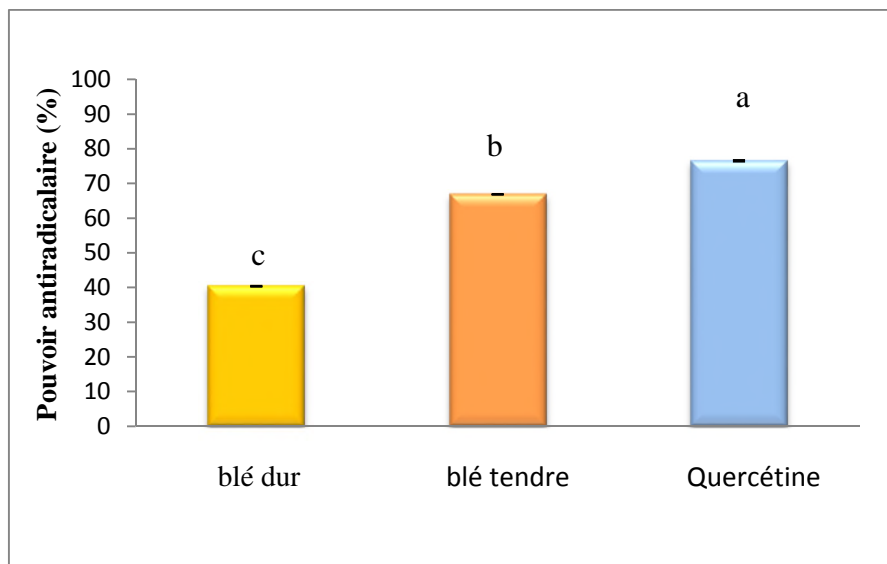


Figure 23 : Pouvoir scavenger du radical DPPH*

II.3. Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote

Les valeurs moyennes de blé tendre et de blé dur à la concentration 0,08 g /ml sont respectivement 63,934 %, 60,086 %, et la valeur la plus faible est celle de la catéchine 48,436 % (**Figure 24**). Les résultats du pouvoir scavenger du monoxyde d'azote ont montré une différence très hautement significatif entre les extraits ($p < 0,001$).

L'activité anti-radical NO^\bullet manifeste une corrélation très hautement significative avec les caroténoïdes ($r = 0,999$) et significative avec les composés phénoliques ($r=0,86$) ce qui renforce l'idée de la contribution positive de ces composés dans l'activité montré par les extraits.

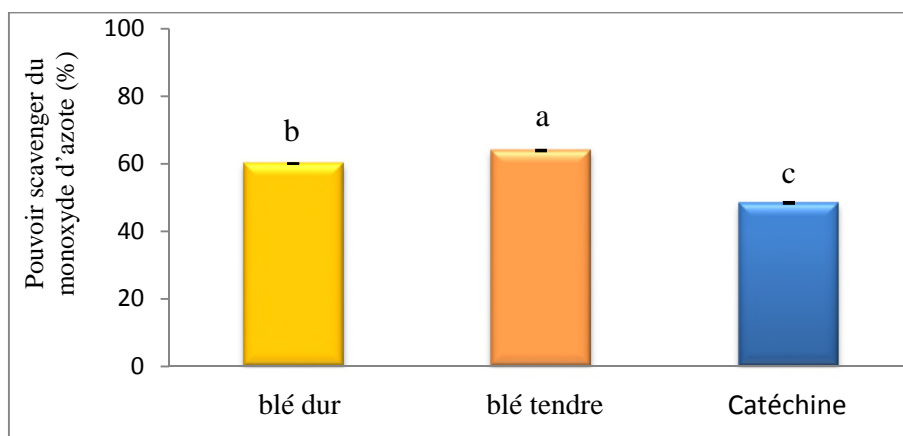


Figure 24 : Pouvoir scavenger du monoxyde d'azote.

II.4. Pouvoir réducteur (test FRAP)

Les résultats des extraits à la concentration 0,08 g /ml, montrent que le pouvoir réducteur le plus élevé est enregistré pour le blé tendre 82,137 % suivi de ce de blé dur 63,812 % (**Figure 25**). L'analyse statistique du pouvoir réducteur a marquée une différence très hautement significatif ($p < 0,001$) entre les extraits.

Le pouvoir réducteur élevé peut être dû aux types d'antioxydants et à la synergie entre ces derniers d'ailleurs une corrélation très hautement significative est montrée avec les proanthocyanidines ($r=0,99$), flavonoïdes ($r=0,99$), flavonols ($r = 0,99$), et les orthodiphénols ($r = 0,999$).

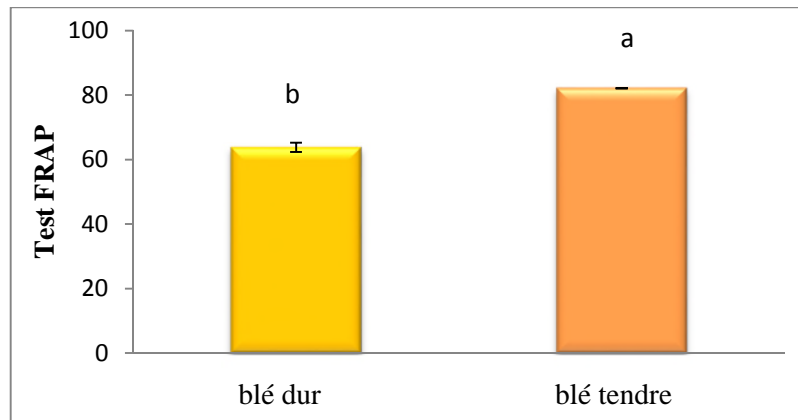


Figure 25 : Pouvoir réducteur du blé dur et du blé tendre.

II.5. Pouvoir scavenger du radical ABTS^{•+}

La figure 26 montre les résultats de l'activité antiradicalaire des extraits et du standard trolox. La valeur la plus élevée est celle du trolox avec un pourcentage de 77,009 %, suivi de blé tendre avec 41,176 %, et la valeur la plus faible est marquée pour le blé dur (40,177 %). L'analyse statistique a révélé une différence hautement significative entre les échantillons ($p < 0,01$) (**figure 26**).

Des coefficients de corrélations sont aussi déterminés entre le pouvoir antiradicalaire et les antioxydants suivants : les flavonols ($r=0,95$) et les flavonoïdes ($r = 0,95$), les orthodiphénols ($r = 0,999$). Ce qui confirme la synergie de ces composés dans l'activité montré par les extraits.

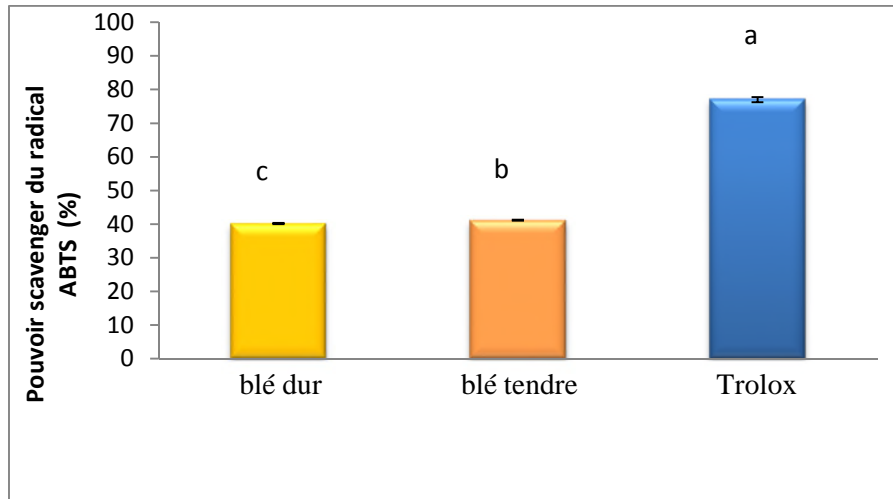


Figure 26 : Pouvoir scavenger du radical ABTS^{•+}

II.6. Activité antioxydante contre le H₂O₂

L'activité antioxydante contre le H₂O₂, marque la valeur la plus élevée pour butylated hydroxyanisole acid (BHA) avec un pourcentage 93,733 % suivi de celle de blé tendre à 66,543 % et celle de blé dur 58,919 % (**figure 27**).

L'analyse statistique de l'activité H₂O₂ a marquée une différence très hautement significative ($p < 0,001$). Les pouvoirs scavenger élevés peuvent être dû à la synergie des antioxydants ou à la composition chimique des extraits, d'ailleurs une corrélation très hautement significative est montrée avec les flavonols ($r = 0,99$) les orthodiphénols ($r = 0,99$), les proanthocyanidines (0,97) et les flavonoïdes ($r = 0,97$).

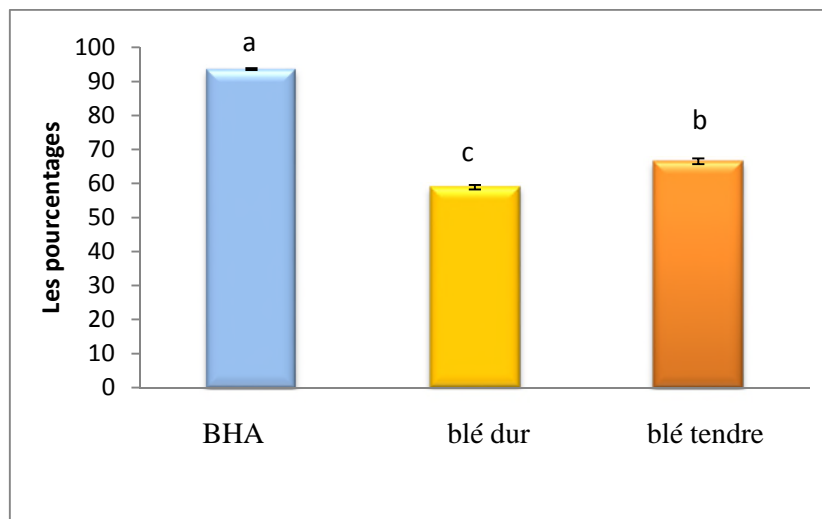


Figure 27 : Activité scavenging de H₂O₂

II.7. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium

Les résultats des échantillons analysés révèlent que le pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium pour le blé tendre est le plus élevé à la concentration 0,08 g/ml suivi de celui de blé dur à la même concentration, le moyen pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium est à la concentration 0,04 mg/ml pour les deux espèces et le plus faible est marqué à la concentration 0,016mg/ml (**Figure 28**).

L'analyse statistique des extraits a révélée pour l'effet de pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium aucune différence significative entre les deux espèces, mais une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les concentrations.

L'effet de pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium élevé est peut être dû à la concentration des antioxydants dans les extraits d'ailleurs des corrélations très hautement significatives entre le pouvoir réducteur et les proanthocyanidines ($r=0,99$), flavonoïdes ($r=0,99$), les flavonols ($r = 0,99$) ainsi que les orthodiphénols ($r = 0,999$) sont obtenues.

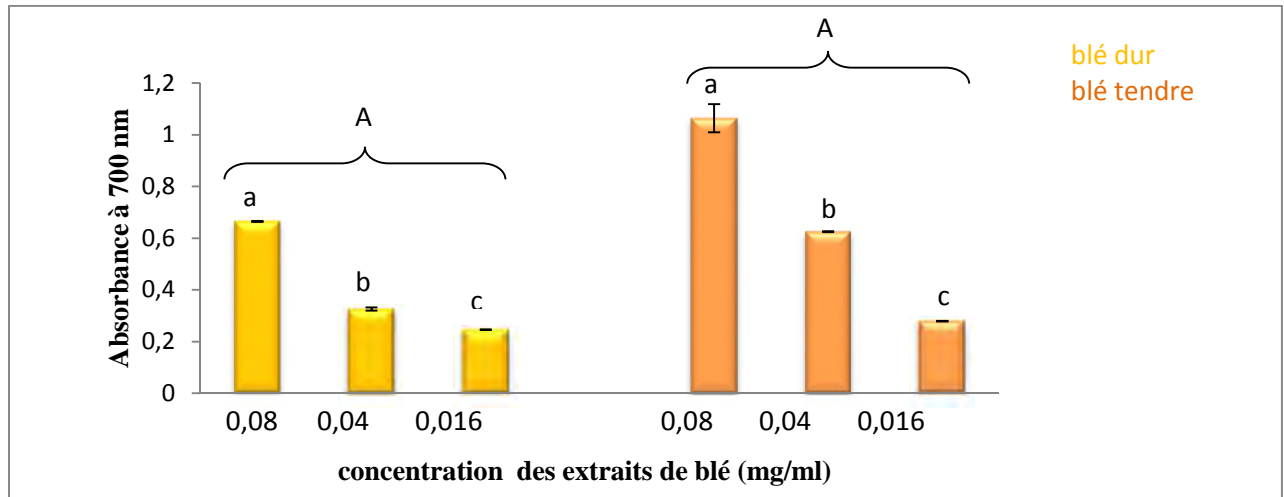


Figure 28 : Effet de la concentration du blé sur le pouvoir réducteur.

II.8. Pouvoir réducteur au phosphomolybdate

Dans ce test, le pouvoir réducteur le plus élevé est observé avec l'extrait de blé tendre avec 159,446 mg (EAG)/100g de poudre suivi de blé dur avec 140,021mg (EAG)/100g de poudre. L'analyse statistique a marqué une différence très hautement significative ($p < 0,001$).

Le pouvoir réducteur au phosphomolybdate a montré une corrélation très hautement significative avec les proanthocyanidines ($r=0,99$), les flavonoïdes ($r=0,99$) et les flavonols ($r = 0,99$) ainsi les orthodiphénols ($r = 0,999$) ce qui justifie la contribution importante de ces composés dans la capacité réductrice observée.

Les résultats obtenus par la présente étude sont inférieurs à ceux trouvés par **Yongchao et al. (2003)**, (430 mg(EAG)/100g de poudre).

II.9. Pouvoir scavenger du radical hydroxyle

Les résultats obtenus pour les extraits dans le test de l'activité antiradicalaire (OH) ont montré la valeur la plus élevée pour le blé tendre avec un pourcentage de 80,556 % suivi de blé dur avec un pourcentage de 79,806 %, et la valeur la plus faible pour la catéchine avec un pourcentage de 34,921 %. Il n'existe pas de différence significative entre le blé dur et le blé tendre. On conclut que le blé tendre est meilleur que le blé dur et la catéchine qui est utilisée comme un standard (**Figure 29**). Aucune corrélation n'a été trouvée entre le pouvoir scavenger du radical hydroxyle et les antioxydants.

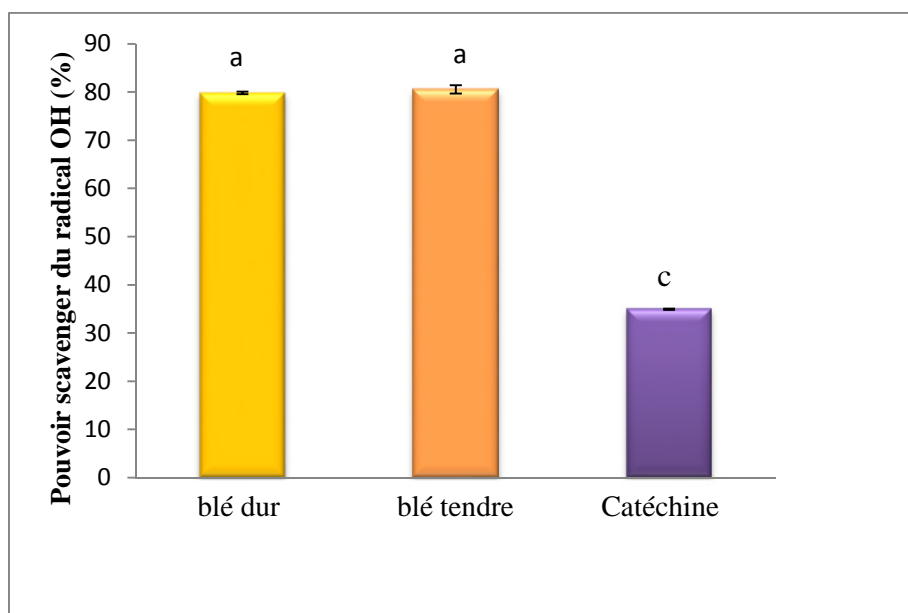


Figure 29 : Pouvoir scavenger du radical OH'

Conclusion

Conclusion

La présente étude a permis le dosage des différents antioxydants (caroténoïdes, composés phénoliques totaux, flavonoïdes, flavonols, proanthocyanidines et orthodiphénols) à partir de deux variétés de blé (blé dur et blé tendre) et l'évaluation de leurs activités antioxydantes.

La variété de blé tendre est plus riche en caroténoïdes, flavonoïdes, flavonols, proanthocyanidine et orthodiphénols tandis que la variété de blé dur riche en composés phénoliques.

Les résultats obtenus révèlent que la variété influence la composition qualitative et quantitative en antioxydants.

Les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante des deux variétés de blé indiquent que le blé tendre présente une meilleure activité contre DPPH[•], NO[•], OH[•], ABTS^{•+}, la réduction du fer ferrique (FRAP), le pouvoir scavenger de H₂O₂, et le pouvoir réducteur au phosphomolybdate, tandis que le blé dur présente une grande réduction de Fer.

Des corrélations très hautement significatives et hautement significatives ont été trouvées entre les activités antioxydantes et les différents antioxydants. En revanche, aucune corrélation n'a été montrée entre le OH[•] et les antioxydants.

En perspective, il est souhaitable :

- D'élargir l'échantillonnage en raison de comparer l'influence de la région géographique.
- De doser les antioxydants et d'évaluation leurs activités antioxydante d'autres céréales.
- D'utiliser d'autres solvants afin d'extraire un maximum de composés phénoliques.
- D'utiliser d'autres méthodes sophistiquées pour mieux identifier et quantifier les composés phénoliques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abderrahim F., Huanatico E., Repo-Carrasco-Valencia R., Arribas S.M., Gonzalez M.C., Condezo-Hoyos L. 2012.** Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, 56 : 410-417
- Abderrakib Z. 2010.** Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales : Rôle du réseau rédoxines système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative, thèse de Doctorat, Université de Toulouse. p.196.
- Adedapo A. A., Jimoh F. O., Afolayan A. J., Masika P. J. 2008.** Antioxidant activities and phenolic contents of the methanol extracts of the stems of *Acokanthera oppositifolia* and *Adenia gummifera*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 54: 1-7.
- AFNOR. 1986.** Céréales et produit céréaliers. Recueil de normes françaises, Lavoisier TEC & DOC, Paris, 2 : 250-263.
- Ao C., Li A., Elzaawely A.A., Xuan T.D., Tawata S. 2008.** Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. Extract. *Food Control*, 19: 940–948.
- Arabshahi-Dlouee S, Urooj, S. 2007.** Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L) leaves. *Food Chemistry*, 102: 1233-1240.
- Alais C., Linden G. 1997.** Biochimie alimentaire. Masson, Paris : 120-125.
- Alais C., Linden, G., Micho. 2003.** Biochimie Alimentaire. Ed. Dunod. p.131.
- Anthony F., Edmond R., Christian R. 2008.** Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-graincereals and cereal products well reflected *in vivo*. *Journal of Cereal Science* 48 : 258-276
- Armand b., German Menard. 1992.** Le blé éléments fondamentaux et transformation. Ed. Quae Amazon France : 29-34.
- Bahorun T., Gressier B., Trotin F., Brunet C., Dine T., Luyckx M., Vasseur J., Cazin M., Cazin J.C et Pinkas M. 1996.** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from nawthern fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneim-Forsch drug Research*. 46:1086-1108.
- Benbelkacem A. 2007.** Les triticales : cultures, performances et différentes possibilités d'utilisation en Algérie. Journée techniques sur la culture du triticale en zone semi aride et son utilisation par les animaux domestique. Thèse doctorat, Oum Elbouagui-Elkhroub, 17-18.

- Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. 1996.** Microbiologie Alimentaire. Tome1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Technique & doc Lavoisier, Paris, p. 672.
- Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. 2003.** Microbiologie Alimentaire. Tome1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Technique & doc Lavoisier, Paris. p. 672.
- Bruneton J. 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier, Paris. p. 1120.
- Bruneton J., Rammal H., Younos C., A.Dicko ., Soulimani R. 2008.** Caractérisation et bioévaluation des polyphénols : nouveaux domaines d'application en santé et nutrition. Phytothérapie, 6 : 71-74.
- Cheftel J.C, Cheftel H., 1977.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Technique et Documentation Lavoisier, Paris : 105-130.
- Cohen, M. 2002.** Stress oxydant, glycation des protéines vieillissements et maladies liées à l'âge. La phytothérapie Européenne, 4 :18-26.
- Dean F. M. 1963.** Naturall occuring Oxygen Ring Compounds, Buttrworths. Londres, 5: 165-80.
- Djiridane A.,Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N. 2006.** Antioxidant activity of som algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food chemistry, 97: 654-660.
- Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B., Salaheddine D., 2003.**Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires : 1-22.
- Duron B.S. 1999.** Le transport Maritime des Céréales. Mémoire de D.E.S.S. Université d'Aix-Marseille. p.81.
- Evers A.D., Blakeney A.B., O'Brien L. 1999.** Cereal structure and composition. Australian Journal of Agricultural Research, 50: 629-650.
- Favier A. 2003.** Le stress oxydant.intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique : 108-115.
- Feillet P. 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA : 58-198.
- Friguet B. 2003.** Le vieillissement moléculaire et cellulaire et ses futurs enjeux. L'actualité chimique : 103-107.

- Garait B. 2006.** Le stress oxydant induit par voie métabolique gazeuse et effet de la glisodin. Thèse doctorat, université Joseph Fourier : 22-23.
- Godon B; Willm C.L. 1991.** Les industries de première transformation des céréales. Collect Agroalimentaire. Lavoisier : 78-91.
- Gorinstein S., Cvickrova M., Machackova I., Haruenkit R., Park Y. S., Jung S T., YamamotoK., Ayala A. L. M., Katrich E., Trakhtenberg. 2004.** Characterization of antioxidant compounds in Jaffa sweeties and white grapefruits .Food chemistry, 84: 503-510.
- Goudable , Favier. 1997.** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Nutrition Clinique et Métabolisme, 11 : 15-20.
- Grigores C.G. 2012.** Valorisation des fruits et des sous produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse : Science. Chimie, Génie de l'environnement. Orléans : Université d'orléans,146-176.
- Gu, H-F., Li, C-M., Xu, Y-J., Hu, W-F. Chen, M-h., Wan Q. 2008.** Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. Food Research International, 41: 208-217.
- Guingard J, 1996.** Biochimie végétale. Lavoisier, Paris: 175-192.
- Gulcin I., Oktay M., Kirecci E., Ku Freviog Lu OI. 2003.** Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*pimpinella anisum* L.). Seed extracts. Food chemistry, 83: 371-382.
- Gulcin I., Huyut Z., Elmastas M., Aboul-Enein H. 2010.** Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. Arabian Journal of Chemistry, 3: 43-53.
- Hadria R. 2006.** Adaptation et spatialisation des modèles strics pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi aride. Thèse de doctorat. university Cadi Ayyad Samlalia-Marrakech, 68-90.
- Jeantet R., Croguennec T., PSchuck P., Gerard B. 2007 :** Science des aliments: Biochimie Microbiologie, procédés produits : 138-159.
- Karamac M. 2009 .** Chelation of Cu (II), Zn (II), and Fe (II) by tannin constituents of selected edible nuts. International Journal Molecular Science, 10: 5485-5497.
- Karou D., Dcko M.H., Simpore J.S., Traore F.S. 2005.** Antioxidant and antibacterial activities of polyphénols from ethnomedicinal plants of Burkina Faso, 4 (8): 823-828.
- Koechlin-Ramonatxo C. 2006.** Nutrition Clinique and metabolism, 20: 165-177.

- Le K. and Chiu, F. Ng. K., 2007.** Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. Food Chemistry, 105: 353-363.
- Lee J. H., Koo N. S., Min D. J., 1986.** Antioxidant protection of phospholipids bilayers by atocopherol, Journal boil Chemistry, 2 (5): 12-14.
- Liu J., Wang C ., Wang Z., Zhang C., Lu S . 2011.** The antioxidant and free-radical scavenging activities of extract and fractions from corn silk (*Zea mays* L.) and related flavones glycosides. Food Chemistry, 126: 261-269.
- Maksimovic V., Beck T., Demirguc-Kunt A. 2005.** Financial and legal Constraints to Firm Growth: Does Firm Size Matter?”. Journal of Finance, 137-177.
- Manolaraki F. 2011.** Propriétés anthelminthiques du sainfoin (*Onobrychis vicifoliae*) : Analyse des facteurs de variation et du rôle des composés phénoliques. Thèse : Science Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition. Institut National Polytechnique de Toulouse, 143-192.
- Marinova D., Ribarova F., Atanassova M., 2005.** Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruit and vegetables. Journal of the University of Chemical Technology and Metal Lurgy, 40 (3):255-260.
- Masella R., Benedetto R.D., Vari R., Filesi C., Giovannini C. 2005.** Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. Journal of Nutritional Biochemistry, 16: 577-586.
- Mateos R., Espartero J.L., Trujillo M., Rios J.J., Leon-Camacho M., Alcludia F., Cert A., Agric J., 2001.** Food Chemistry, 49: 2285.
- Maydani. M. 2000.** Vitamine E and prevention of heart disease in high-risk patients. Nutrition, (58): 278-281
- Miyamoto T, Everson E. 1958.** Biochemical and physiological studies of wheat seed pigmentation. Agronomical Journal, 50: 733-734.
- Mojca S., Petra K., Majda H., Andreja R., Hras b., Marjana S.c., Zeljko K. 2005.** Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities, Food Chemistry, 89:191–198
- Multon J.L. 1982.** Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés-céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique & Documentation Lavoisier, Paris. p. 576.

- Muntean A. 2008.** Caroténoïds and food preparation : the retention of provitamin A Carotenoids in prepared, and Stprod Foods,1-93.
- Nirmal A.S., Bhalke R.D., Jadhav R.S., Tambe V.D. 2008.** Oxidants, antioxidants and oxidative Stress. In A. Gvozdjaková. Edition. *Mitochondrial Medicine*.Ed.Springer Science-Business Media: 50-54.
- Panfili G., Fratianni A., Irano M. 2004.** Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. *Public Health Nutrition*, 52: 6373-6377.
- Pelli K., Lyly.M. 2003.** les antioxydants dans l'alimentation. Institut National de la Recherche Agronomique. VTT Biotechnology Finlande. Ed. Paris, 3: 1-28.
- Pomeranz, Y. 1988.** Chemical composition of kernel structures. *Wheat: Chemistry and technology* : 97-158.
- Porter L. J., Hirtstich L. N., Change B. J. 1986.** The conversion of procyanidins and prodlephinidins to cyanidines and delphenidins, *Phytochemistry*, 25: 223-230.
- Prior R. I., Wu X., Schaich K. 2005.** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *American Chemical Society*, 14:1-13.
- Reed C. 1992.** Development of storage techniques: A historical perspective. In *Storage of Cereal Grains and Their Products*. Edited by D. B, Sauer, St Paul: 143-156.
- Rodriguez A. A. 2001.** Total lipid, cholesterol, and fatty acids of farmed freshwater prawn (*macrobrachium rosenbergii*) and will matine shrimp (*Penaeus brasiliensis*, *Penaeus schimitti*, *Xiphopenaeus kroyeri*). *Journal of food composition and analysis*, 14 (4):359-369.
- Roginsky V, Lessi L. A. 2005.** Review of method to determine chain breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 96: 235-254.
- Rolland Y. 2004.** Antioxydants naturels végétaux. *OCL*. 11: 419-424.
- Ribeiro S.M.R., Barbosa L.C.A., Quiroz J.H., Knodler M., Schieber A. 2008.** Phenollic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica L.*) varieties. *Food Chemistry*, 110: 620-626.
- Ribereau-Gayon P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod, Paris : 6-201.

Ruch R. J., Cheng S. J., Klaunig J. E. 1989. Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. *Carcinogen*, 10: 1003-1008.

Samaniago-Sánchez C., Troncoso-González A. M., Garcia-Parrilla M.C., Quesada-Grandos J.J., López Garcia de la Serrana H., López Martínez M.C. 2007. Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation to the total phenol content. *Anal. Chim. Acta*, 593: 103-107.

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

Surget A., et Barron C. 2005. Histologie du grain de blé, industrie des céréales 145 :4-7.

Swain SD., Rohn TT., Quinn MT. 2002. Neutrophil priming in host defense: role of oxidants as priming agents. *Antioxid redox Signal*, 4: 69-83.

Thannickal VJ. 2009. Oxygen in the evolution of complex life and the price we pay. *Journal of Respiratory Cell Molecular Biology*. 40 (10): 507.

Umamaheswari M. and Chatterjee T. K., 2008. *In vitro* antioxidant activities of the fractions of *Coccinia grandis L.* Leaf extract. *African Journal of traditional Complementary and Alternative Medicine*, 5(1):61-73.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M, Telser J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human diseases. *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*. 39:44-84.

Vermeir W, Nicholson R. 2006. Phenolic compound chemistry: Families of phenolic compound and means of classification. The Netherlands. p. 267.

Villano D., Fernandez-P. M.S., Moya M.L., Troncoso A.M.et Garcia-Parrilla M.C. 2006. Radical scavenging ability of polyphenolics compounds towards DPPH free radical. *Talanta*, 71: 230-235.

Wettasinghe M, Shahidi F. 2000. Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals. *Food chemistry*, 70: 17-26.

Yongchao L., Qin C., Qian L., Wenhua Z., Ruixing Di. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare L.*). *Journal of plant physiology*, 160: 1157-1164.

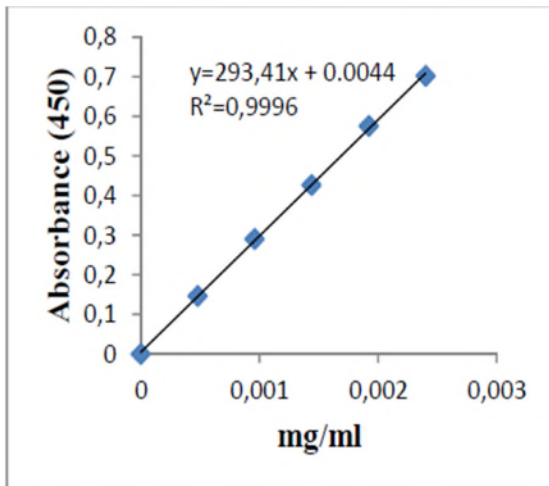
Référence électronique

Anonyme 1, 2013. www.boulangerie.net/mp/infoblefar.html

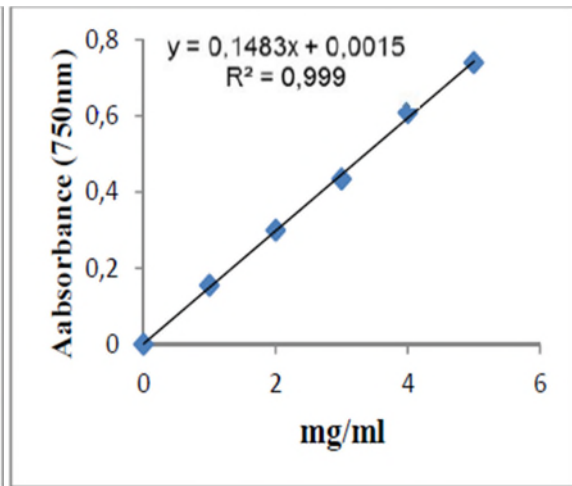
Anonyme 2, 2007. [GNU Free Documentation License](#)

Annexe I : Courbes d'étalonnages des Caroténoïdes (A), composés phénolique (B), Flavonoïdes (C), Flavonols (D), Ortho-diphénols (E), Phosphomolybdate (F) et Proanthocyanidine (G).

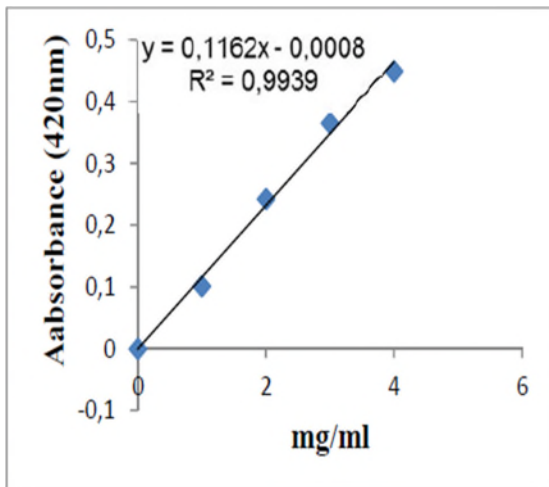
(A)



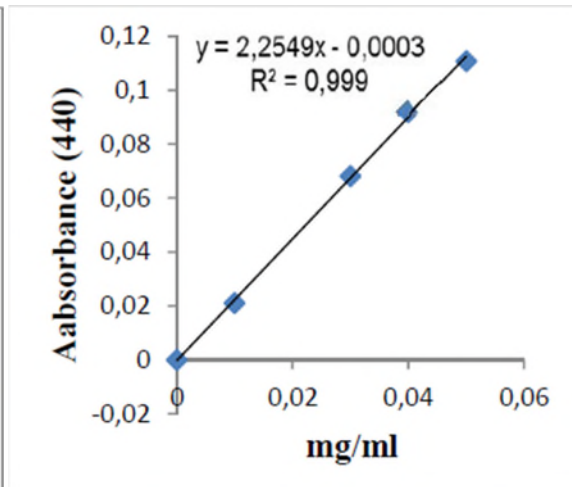
(B)



(C)

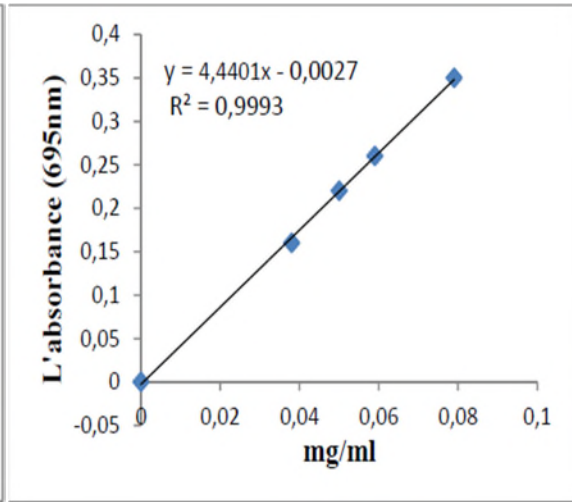
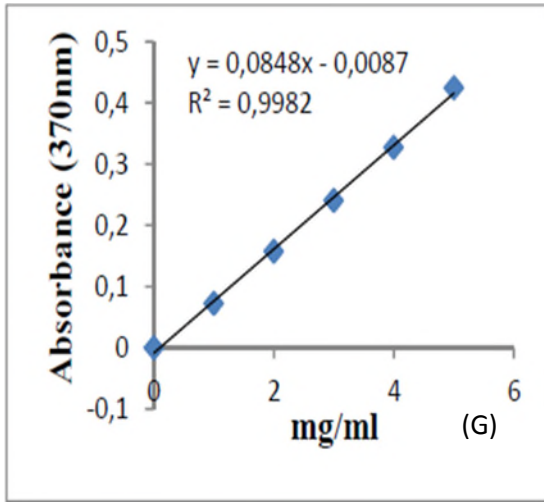


(D)

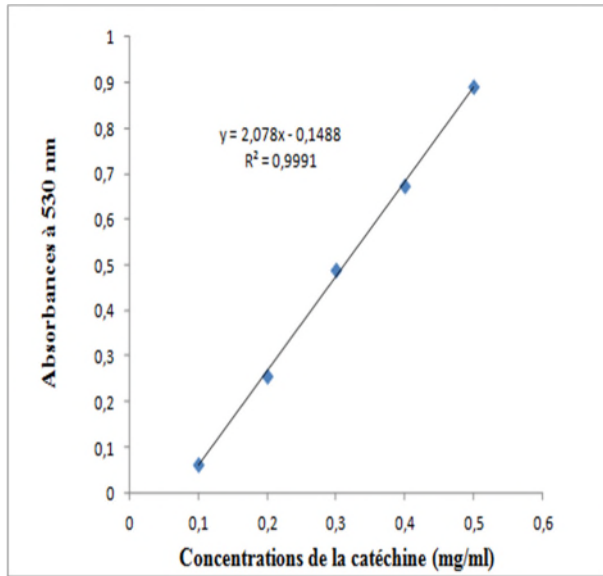


(E)

(F)



(G)



Résumé

Dans la présente étude, les extraits éthanoliques du blé dur et du blé tendre sont étudiés pour leurs teneurs en différents antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, orthodiphénols, proanthocyanidines et caroténoïdes). Leurs activités antioxydantes en utilisant des tests reposant sur le pouvoir scavenger des espèces radicalaires (DPPH[•], ABTS^{•+}, OH[•], NO[•]) et non radicalaire (H₂O₂), le pouvoir réducteur en utilisant les tests au ferricyanure, au phosphomolybdate et le FRAP. Le pouvoir chélateur de fer est aussi déterminé. Les résultats obtenus ont montré que le blé tendre est le plus riche en caroténoïdes, flavonoïdes, flavonols, proanthocyanidines et orthodiphénols (0,948 mg (EβC) /100 g, 987,521 mg (E Q) /100g, 71,677 mg (E Q) /100g, 143,333 mg (EC) /100g, 2108,583 mg EAG/100g, respectivement). Tandis que la variété de blé dur est riche en polyphénols totaux (4688,615 mg (EAG)/100 g de poudre). Le blé tendre manifeste une meilleure activité contre DPPH[•], NO[•], ABTS^{•+}, OH[•], la réduction du phosphomolybdate et le fer ferrique (FRAP), le pouvoir scavenger de H₂O₂, tandis que le blé dur présente une grande réduction de Fer.

Mots clés : Blé dur, Blé tendre, Antioxydants, Activités antioxydantes.

Abstract

In this study, ethanol extracts of durum wheat and wheat common are studied for their different contents of antioxidants (total phenolics, flavonoids, flavonols, ortho-diphenols proanthocyanidines and carotenoids) and antioxidant activities using tests based on the power of radical scavenger species (DPPH[•], ABTS^{•+}, OH[•], NO[•]) and non-radical (H₂O₂), the reducing power tests using ferricyanide, phosphomolybdate and FRAP. The iron chelator power is also determined. The results showed that wheat is the richest in carotenoids, flavonoids, flavonols, proanthocyanidins and ortho (0.948 mg (EβC) / 100 g, 987.521785 mg (E Q) / 100g, 71.677 mg (E Q) / 100g, 143.333 mg (EC) / 100g, EAG/100g 2108.583 mg, respectively), while the variety of durum wheat is rich in phenolic compounds (4688.615 mg (EAG) / 100 g of powder). The wheat shows a better activity against DPPH[•], NO[•], ABTS^{•+}, OH, reduced phosphomolybdate and ferric iron (FRAP), power scavenger of H₂O₂, while durum wheat has a high reduction of iron.

Key words: Durum wheat, Wheat common, Antioxidants, Antioxidant activities.