

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليدجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم علوم المادة
DEPARTEMENT DES Sciences de la Matière



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la matière
Filière : Chimie
Option : Chimie organique appliquée

Présenté par :

BEN GHOSHI Hamza

SAGGAR Meriem

THEME

**Evaluation du pouvoir antioxydant des extraits des
sons du Blé dur, de l'Orge, de Mermez et de Frick**

Soutenu publiquement le 27 juin 2019 devant le jury composé de :

M ^r . DJERIDANE Amar	Pr	Président
M ^{elle} . MAHFOUDI Reguia	MCB	Examinatrice
M ^{me} . BEN KACHOUA Madjida	MCB	Examinatrice
M ^{me} . HAMIA Chahrazed	MCB	Promotrice

Année Universitaire : 2018- 2019

Remerciements

Nos remerciements s'adressent d'abord à ALLAH le tout puissant pour les chances qui nous ont été offertes pour réaliser ce travail.

Toute œuvre qui résulte d'un effort humain est explicitement ou implicitement toujours le fruit d'une vaste collaboration. Ainsi, que tous ceux qui ont pris une part active dans la réalisation de ce mémoire puissent trouver dans ces lignes l'expression de notre profonde gratitude. En nous exprimant de la sorte.

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été réalisés au sein du laboratoire des sciences fondamentales à l'université Amar Telidji de Laghouat. Ainsi, nous tenons à exprimer une profonde reconnaissance à monsieur le professeur YOUSFI Mohammed directeur du laboratoire des sciences fondamentales, pour nous avoir accueillie durant la réalisation de ce travail et nous a permis de le mener dans de bonnes conditions.

Nous saisissons l'occasion pour adresser tout notre gratitude et notre haute appréciation à Madame HAMIA Chahrazed Maître de conférences à l'université de Laghouat Amar Telidji, qui a dirigé ce travail avec beaucoup de patience et de tolérance, elle ne sera jamais assez pour lui exprimer tout notre reconnaissance pour la confiance.

Notre gratitude va également à Monsieur DJERAIDANE Amar, Professeur à l'Université de Laghouat, pour avoir accepté de jurer notre mémoire et de présider le jury. Nous aimerions le remercier.

Nous remercieront également à Madame BEN KACHOUA Madjida Maître de conférences à l'université de Laghouat Amar Telidji, pour avoir accepté de faire partie de notre jury de soutenance.

Nous souhaitons remercier chaleureusement Melle MAHFOUDI Reguia Maître de conférences à l'école normale supérieure de Laghouat (ENSL), d'avoir accepté d'évaluer ce manuscrit ainsi que d'avoir bien voulu être membre de notre jury de soutenance.

Enfin, on tient à remercier ceux qu'on aura malheureusement oubliés de citer.

Dédicaces

الحمد لله رب العالمين ...

أحمدته تعالى على فضله وتوفيقه وعطاءه في إتمام هذا العمل حمد الحامدين وشكر الشاكرين.

Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de mon cher père.

A ma chère mère que Dieu la garde.

A mes chères frères et sœurs.

A toute ma famille, pour leur aide, même de loin.

*A tous mes amis qui ont répondu présent à chaque fois que j'avais
besoin d'eux.*

BEN GHACHI Hamza

Dédicaces

Au terme de toutes ces années d'étude Je dédie ce modeste travail en

Signe de respect et de remerciement :

A ceux qui ont donné un sens à mon existence, qui m'ont soutenu

Nuits et jours durant tout mon parcours

A vous très chers parents je vous dis merci

A mon cher frère et mes chères sœurs

A tous mes chères amies : Amina, Nadjat...

A toute la promotion chimie organique Appliquée 2019 sans exception

« Que Dieux nous guide tout au long de notre vie »

SAGGAR Meriem

Table des matières

Remerciements	
Liste des notations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
I . Introduction générale	01
II . Matériels et méthodes	04
II.1.Réactifs chimiques et matériel végétal	04
II.1.1. Réactifs chimiques	04
II.1.2. Matériel végétal	04
II.2. Méthodes	06
II.2.1. Préparation des extraits	06
II.2.2. Dosage des phénols totaux	07
II.2.3. Activités antioxydantes des extraits	08
II.2.4. Inhibition de l'activité enzymatique	12
III. Résultats et discussion	14
III.1. Quantification des composées phénoliques	14
III.2. Evaluation de l'activité antioxydant	17
III.2.1. Test au radical DPPH	18
III.2.2. Test de réduction du fer (FRAP)	20
III.3. Inhibition de la HRP	24
IV. Conclusion générale	28
V. Références bibliographiques	30

Liste des abréviations

Abs_{éch}	: Absorbance de l'échantillons.
Abs_t	: Absorbance sans antioxydant.
A_C / E	: Acétone/eau
A_q	: aqueux
BHT	: Butyle d'hydroxy toluène
BHA	: Butyle d'hydroxy an isole
DPPH	: Diphenyle picryl-hydrazyle
EAG	: équivalent en acide gallique
EL-C	: équivalent en L-cystéine
EVC	: Equivalent en vitamine C
EVE	: Equivalent en vitamine E
Ex	: extrait
FRAP	: Pouvoir antioxydant par réduction du fer (Ferric Reducing Antioxidant) Power
HRP	: Peroxydase de raifort (Horseradish Peroxydase)
MeOH/E	: méthanol/eau
MS	: Matière sèche
PAR	: Pouvoir anti radicalaire
PI	: Pourcentage d'inhibition
PR	: Pouvoir réducteur
PT	: Teneur en polyphénols totaux
R (%)	: Rendement %
TPTZ	: 2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine
VCEAC	: Capacité Antioxydante Equivalent en Vitamine C
VEEAC	: Capacité Antioxydante Equivalent en Vitamine E
UV-Vis	: Ultraviolet-Visible
4MC	: 4-Méthyl catechol

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Réactifs chimiques utilisés dans ce travail.	04
Tableau 2 :	Description, classification et photos des céréales investiguées.	05
Tableau 3 :	Rendement d'extraction et teneur en polyphénols totaux des quatre céréales étudiées.	14
Tableau 4 :	VCEAC (mg EVC /100gMS) et VEEAC (mg EVE /100g MS) des extraits par test DPPH.	19
Tableau 5 :	VCEAC (mg EVC /100g MS) et VEEAC (mg EVE /100g MS) des extraits par le test FRAP.	21
Tableau 6 :	Activité enzymatique des extraits de son des céréales par peroxydase en (mg EL-C /100g MS).	25

Liste des figures

Figure 1 :	Schéma explicatif des étapes de préparation des extraits de son des céréales étudiées.	06
Figure 2 :	Courbes cinétiques représentant la variation de la densité optique en fonction du temps dans le test du DPPH.	09
Figure 3 :	Réaction du radical libre DPPH avec l'antioxydant RH.	09
Figure 4 :	Mécanisme réactionnel général associé à la méthode du test FRAP.	10
Figure 5 :	Oxydation du 4- méthylcatéchol (4-MC)-aniline d' H_2O_2 par la HRP.	12
Figure 6 :	Péroxydase HRP en 3D.	12
Figure 7 :	Coubre d'étalonnage de l'acide gallique.	15
Figure 8 :	Histogramme de teneur en polyphénols totaux des extraits exprime en (mg EAG/100g MS).	16
Figure 9 :	Corrélation entre le rendement d'extraction et teneurs en phénol totaux.	17
Figure 10 :	Courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E par le test de DPPH.	18
Figure 11 :	Corrélations entre VCEAC et VEEAC par le test de DPPH et la teneur en phénols totaux.	19
Figure 12 :	Corrélations entre les valeurs de VCEAC VEEAC mesurées par le test DPPH et le rendement d'extraction des sons de céréales.	20
Figure 13 :	Courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E par le test de FRAP.	21
Figure 14 :	Corrélations entre VCEAC et VEEAC par le test de FRAP et la teneur en phénols totaux.	22
Figure 15 :	Corrélations entre les valeurs de VCEAC VEEAC mesurées par le test FRAP et le rendement d'extraction des sons de céréales.	23

Figure 16 :	Corrélation entre le test DPPH et le test FRAP.	23
Figure 17 :	Courbe d'étalonnage de L-Cystéine pour le test enzymatique HRP.	24
Figure 18 :	Corrélation entre l'inhibition de peroxydase et le rendement d'extraction.	25
Figure 19 :	Corrélation entre les teneurs du test enzymatique et les teneurs en phénols totaux.	26
Figure 20 :	Corrélation entre les teneurs d'inhibition de peroxydase et le test DPPH.	27
Figure 21 :	Corrélation entre les teneurs d'inhibition de peroxydase et le test FRAP.	27

Introduction générale

Matériel et méthodes

Résultats et discussion

Conclusion générale

Références bibliographiques

I . Introduction générale

La nutrition est un sujet traditionnel de l'éducation pour la santé. D'après Hippocrate (460-370 avant J.C.) souvent appelé « le père de la médecine » disait : « Que ta nourriture soit ta médecine et ta médecine, ta nourriture ». Une vue d'ensemble sur cet art de guérison qui devient progressivement une science qui permet de mettre en relief les travaux de tous ces médecins qui ont soulagé et soigné d'abord par l'alimentation. (*Merghem. R.2009*).

Depuis plusieurs années, les recherches se multiplient pour renforcer le lien entre le régime alimentaire et la prévention de maladies, de ce fait il a été démontré que les gens qui consomment les légumes, les céréales et les fruits ont moins de risque pour attraper quelques maladies.

Les résultats de certaines études épidémiologiques laissent entendre que la consommation de grains entiers de céréale serait liée à un risque moindre de maladies cardiovasculaires, de diabète, de certains cancers et d'obésité. Ces effets bénéfiques seraient obtenus grâce à la synergie entre les nombreux composants contenus dans les produits céréaliers à grains entiers, tels les fibres, les *antioxydants*, les vitamines et les minéraux. (*Merghem. R.2011*).

Les céréales sont une précieuse source de minéraux, de vitamines, de phytonutriments et phytoconstituants qui ont parfois des activités biologiques d'intérêt pour l'humanité. D'après Merghem,R. (2011) les substances bioactives végétales aujourd'hui intéressent le monde médical, l'industrie pharmaceutique et alimentaire, celles-ci appartiennent essentiellement au groupe des « composés phénoliques ». (*Heller. R, et al.1998*).

Les céréales comme le blé et l'orge constituent de loin la ressource alimentaire irremplaçable la plus importante au monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Le secteur des céréales a une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales. Au début du XXI^e siècle, ils fournissent près de la moitié des calories alimentaires pour l'humanité, ils seront sans doute amenés à jouer un rôle fondamental face aux défis démographiques et environnement (*Alex. S, 2016*).

En application pharmaceutique, cosmétique ou alimentaire, la valorisation et l'industrialisation des substances d'origine végétale est en plein essor. Cet intérêt accru pour ces substances est lié surtout à leurs propriétés d'antioxydants et/ou d'anti-enzymatiques. En santé humaine, il est communément admis que de nombreuses pathologies telles que le vieillissement, les maladies

neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson) (*Glizczynska.S.2006*), cardiovasculaires (Athéroscléroses), cancers et les maladies inflammatoires (*Di.*

M. 2003) sont directement ou indirectement, dues à un déséquilibre dans la balance existant au niveau physiologique entre les radicaux oxygénés ($O_2^{\cdot}$), et les antioxydants (enzymatiques ou non-enzymatiques) suite à un stress oxydatif. Ce déséquilibre en faveur des espèces oxygénées engendre des dommages au niveau cellulaire, qui se traduit par des pathologies pouvant être létales. Afin, de faire face à ces pathologies dues en partie à ces radicaux, des composés antioxydants de synthèses tels que le butyle d'hydroxy toluène (BHT) et le butyle d'hydroxy an isole (BHA) sont utilisés comme principes actifs. Malgré, les résultats encourageants obtenus avec ces antioxydants, il est de plus en plus démontré que leurs utilisations sont susceptibles de manifester des effets secondaires, voir même toxique, notamment une augmentation du risque d'apparition de certaines tumeurs (*Manian et al., 2008*).

Dans l'industrie agroalimentaire, les substances d'origine végétale peuvent être utilisées comme additifs naturels de conservation des denrées alimentaires. Elles sont utilisées comme agents conservateurs et antioxydants pour le maintien de la fraîcheur et la prévention de la dégradation et altération des aliments. L'acide ascorbique (vitamine C) et le tocophérol (vitamine E) étant des antioxydants très employés pour maintenir la couleur des préparations à base des céréales et fruits et légumes et ralentir l'oxydation des huiles et graisses alimentaires. Elles sont aussi utilisées pour amplifier ou améliorer les qualités sensorielles des aliments. (*Bougandoura. N.2013*).

Les substances chimiques de synthèse, par leurs effets nocifs, nuisent à la santé humaine que cela soit en application thérapeutique ou alimentaire. Pour atténuer ou abroger les effets de ces antioxydants de synthèse, plusieurs études ont mis l'accent sur l'utilisation de substances naturels efficaces, sans ou présentant moins d'effets secondaires, issus de plantes notamment ceux des céréales et légumes qui sont considérées comme source, de multiples substances bioactives notamment en composés phénoliques et en vitamines. Ces composés phytochimiques, largement utilisés en thérapeutique comme vasculoprotecteurs, anti-inflammatoires, antiradicaux, antioxydants et inhibiteurs enzymatiques (*Wei. B. 2002*), suscitent un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des industriels de l'agro-alimentaire et même des consommateurs. (*Manach. C, et al. 2006*).

Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé (Bagher Gholivand.2012.). En effet, leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer (*Chen.D, et al. 2004*) des maladies

inflammatoire, cardiovasculaires et neurodégénératives. Ces activités sont attribuées en partie à la capacité de ces composés à réduire les radicaux libres, *ainsi qu'à* leurs affinités de liaison pour une grande variété de protéines dont certains enzymes et récepteurs (**Diankov. A, et al., 2011**).

Les polyphénols sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (**ISANH. R. 2006**).

Les peroxydases sont les enzymes parmi les plus universelles du monde vivant. Dans l'organisme, les peroxydases décomposent notamment les composés peroxydes, toxiques. En chimie et biochimie, les peroxydases sont très utilisées comme objet d'étude et réactifs pour des synthèses. La peroxydase de raifort (HRP) (EC.1.11.1.7) est notamment largement utilisée en biotechnologie comme réactif de détection dans les immuno-essais. (**Alikhani. M, et al. 2009**).

Ce type d'enzyme unique dans les cellules vivantes a notamment pour fonction de décomposer les peroxydes toxiques produits par les stress oxydatifs (peroxydes dérivés de l'oxygène, hydroperoxydes, peroxy-nitriques). Les peroxydases : Certaines interviennent dans le métabolisme de l'iode et sont nécessaires à l'élaboration des hormones thyroïdiennes. D'autres participent au transfert du chlore dans certaines cellules du système immunitaire, permettant ainsi la production d'hypochlorite ClO^- (eau de Javel) servant à la destruction des micro-organismes ingérés. (**Astarita. L, et al. 2003**).

Notre travail consiste à dévoiler la présence ou non de composés phénoliques dans le Blé dur, l'orge, Mermez et du Frick et de déterminer leurs propriétés antioxydante.

Pour réaliser notre objectif, nous avons choisi les céréales suivantes : Orge, Blé dur, Mermez et Frick qui sont récoltées de différentes régions à savoir : Chlef, Laghouat et Biskra.

Notre travail sera réparti en deux parties :

- La première partie est consacrée au matériel et méthodes utilisés dans les différentes manipulations qui s'appuient sur trois axes. Le premier axe est porté sur l'extraction et l'estimation de la teneur en phénols totaux des différents échantillons. Le second axe se concentre sur l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits obtenus, de leur effet scavenger du radical libre DPPH $\cdot$ (test DPPH), leur capacité réductrice (test FRAP). Tandis que le troisième axe se rapporte sur l'inhibition enzymatique de nos extraits vis-à-vis de la peroxydase (HRP).
- La deuxième partie se focalise sur tous les résultats obtenus accompagnés de leur discussion. Enfin, nous achevons ce travail par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus.

II. Matériel et méthodes

II.1. Réactifs chimiques et matériel végétal

II.1.1. Réactifs chimiques

Tous les produits utilisés dans ce travail sont d'un grade analytique élevé (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Réactifs chimiques utilisés dans ce travail.

Produits	Firme
Méthanol, TPTZ (2,4,6-tri(2-pyridyl)-s triazine), Trichlorure de fer, DPPH (2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle), Tocophérol (VE), Acide gallique, 4-méthylcatéchol, Hydrochlorure, réactif de Folin-Ciocalteu, Aniline, peroxydase de raifort (HRP) (EC.1.11.1.7) (150 U/mg type VI-A)	Sigma-Aldrich
Acétone, Hexane	Honeywell
Acide ascorbique, Acétate d'éthyle	Analar Normapur
Acide acétique, acétate de sodium	Prolabo
L.Cysteine	Aldrich
Carbonate de sodium	Pearce

II.1.2. Matériel végétal

Les espèces étudiées sont, le blé dur, le Frick, l'orge et le Mermez, amenées des régions de Bougadir (Chlef), de Zeribet El-Wad (Biskra), d'Al-hajeb (Laghouat) et de Sidi Makhlouf (Laghouat) respectivement durant l'année 2018. Le matériel végétal investigué est séché à l'abri de la lumière et de l'humidité puis broyé à l'aide d'un mortier traditionnel, notre travail était sur la coque extérieure seulement (le son) (*Tableau 2*).

Tableau 2: Description, classification et photos des sons des céréales investiguées.

Description et utilisation	Classification botanique	Photo
Nom : Blé dur. Description : Le grain de blé se présente sous forme d'un ellipsoïde allongé, constitué de trois parties essentielles : l'enveloppe, l'albumen et le germe. L'intérêt thérapeutique : Le blé dur contient des antioxydants qui aident à éliminer les toxines et les radicaux libres de votre corps. En outre, elle contient des composés phénoliques qui aident à éliminer les toxines, les carcinogènes, les radicaux libres, et autres produits chimiques nocifs Présents dans le sang. (Alex. S. 2016).	Régne : Plantae. S. Règne : Tracheobionta. Division : Magnoliophyta. Classe : Liliopsida. Sous. Classe : Commelinidae. Ordre : Poale. Famille : Poaceae. Genre : <i>Triticum</i>. Espèce : <i>Triticum turgidum</i>. (Feillet, 2000).	Son de Blé dur (نخالة القمح الصلب)  Son de Frick (نخالة الفريك) 
Nom : L'orge. Description : Le grain, lors de la récolté et entouré d'une enveloppe et se trouve sur épi, comme le blé. Contient des trois principales parties : Endosperme, enveloppe et germe. L'intérêt thérapeutique : La diminution du risque d'affection cardiaques, et contient d'activité anticancérogènes avec des propriétés anticancéreuses, la consommation plus importante de fibres (le son) et entraîne une diminution du risque de développement d'un diabète. (Salfer G.A et al 2002)	Régne : Plantae. Division : Mognoliophyta. Classe : Liliopsida. Sous. Classe : Cimmelinidae. Ordre : Poale. Famille : Poaceae. Genre : <i>Hordeum</i>. Espèce : <i>Hordeum vulgare</i>. (Feillet, 2000).	Son de L'orge (نخالة الشعير)  Son de Mermez (نخالة المرمز) 

II.2. Méthodes

II.2.1. Préparation des extraits

Après le broyage, une masse bien déterminée de chaque son a été extraite par Soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant afin de la débarrasser des lipides et d'autres substances lipophiles qui peuvent perturber le processus extractif jusqu'à l'épuisement total du soluté dans la matière première. Ensuite, 10g du marc épuisé ont été extraits par ultrason dans trois systèmes de solvants : acétone-eau (70%- 30%), méthanol- eau (80%- 20%) et l'eau 100% pour une durée d'une heure à une température de 60°C. Ensuite chaque mélange est filtré et nous obtenons 12 extraits différents : 4 extraits hydroacétoniques, 4 extraits hydrométhanoliques et 4 extraits aqueux.

Ces extraits sont conservés au frais et à l'abri de la lumière pour être utilisés pour des différentes analyses. Les différentes étapes de l'extraction sont schématisées dans l'organigramme ci-dessous (**Figure 1**).

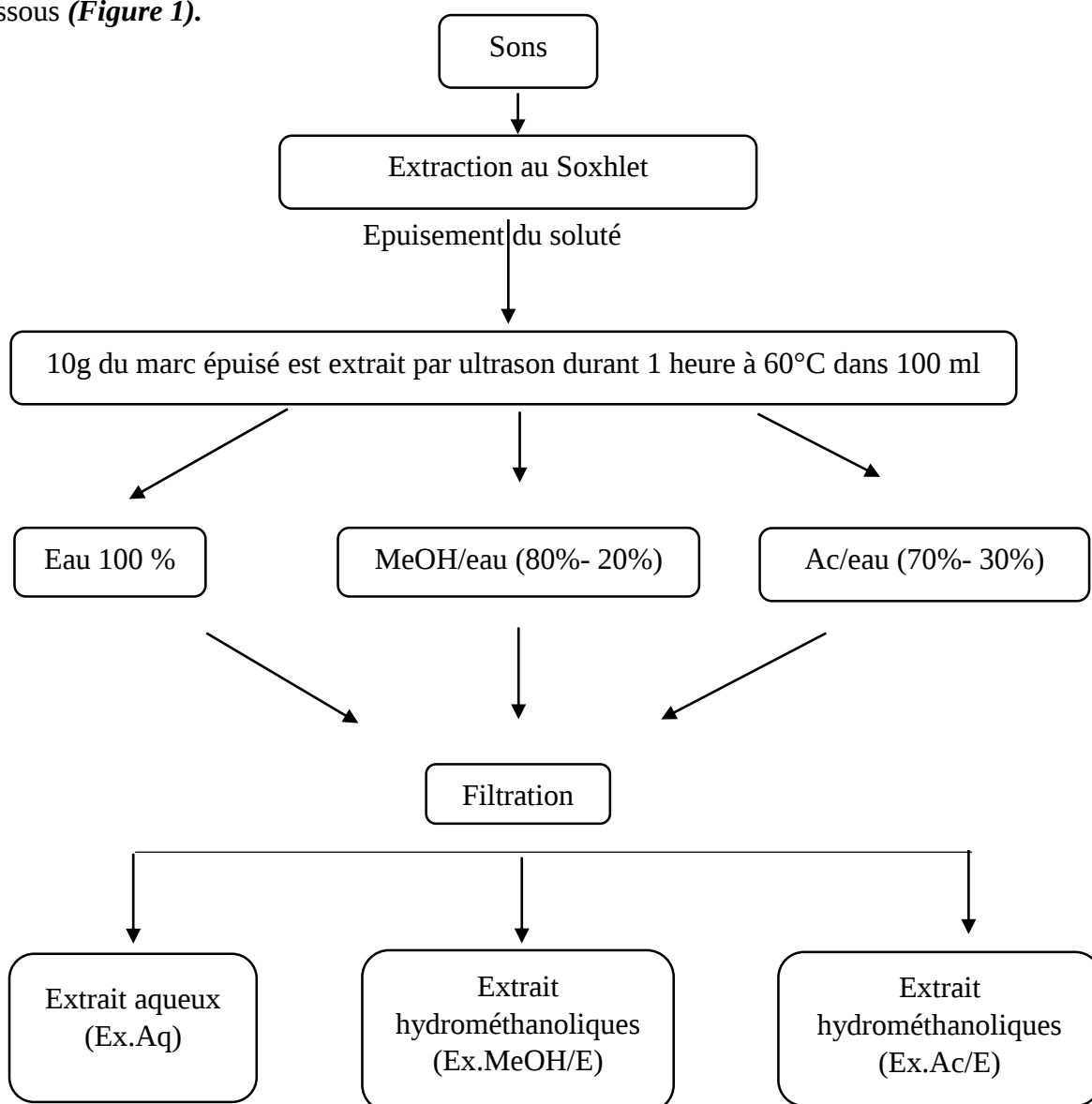


Figure 1 : Schéma explicatif des étapes de préparation des extraits de son des céréales étudiées.

Le rendement de chaque extrait est calculé en utilisant la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_3} \times 100$$

Où :

R (%) : Rendement.

P₁ : Poids du ballon après évaporation.

P₂ : Poids du ballon vide.

P₃ : Poids de la matière végétale au départ.

II.2.2. Dosage des phénols totaux

Les phénols totaux des extraits ont été déterminés selon la méthode de Folin-Ciocalteu (*Singleton.M, et al., 1999*). L'ensemble de ces composés est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu de couleur jaune. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMo₁₂O₄₀) qui sont réduits en milieu alcalin lors de l'oxydation des phénols en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite est proportionnelle au taux de composés phénoliques oxydés et possède une absorption maximale à 760 nm (*Boizot et al., 2006*).

100µl de chaque extrait ont été introduits à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai, suivis de l'addition de 500µl du réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilué). Après incubation pendant 2 minutes, 2 ml de carbonates de sodium Na₂CO₃ à 2% ont été ajoutées, puis les solutions ont été secouées immédiatement et sont maintenues à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante. L'absorbance de chaque solution a été déterminée à 760 nm contre un blanc sur un spectrophotomètre UV-Visible de type Shimadzu-UV-1601. La teneur en composés phénoliques de chaque extrait a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage de l'acide gallique et exprimée en milligrammes par cent grammes de la matière sèche équivalent en acide gallique (mg EAG /100g MS).

II.2.3. Activités antioxydantes des extraits

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés anti oxydantes sont attribuées en partie à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$) et superoxydés ($\text{O}_2\cdot$) (**Bartosz. R. 2003**). Les antioxydants peuvent réduire les radicaux primaires à faibles doses par deux mécanismes majeurs : Par transfert d'électron ou par transfert de proton. Un antioxydant à pouvoir réducteur a la capacité de transférer un électron qui réduira les métaux, les carbonyles et les radicaux. Alors qu'un antioxydant donneur d'atome d'hydrogène présente le pouvoir de piéger les radicaux libres. (**Bougandoura, N. 2012**).

Les tests d'évaluation du pouvoir antioxydant sont basés sur l'un ou/et l'autre des deux mécanismes et compte tenu de la complexité des processus d'oxydation, il n'existe pas de méthode unique qui permettrait de refléter le profil antioxydant d'un échantillon. C'est pourquoi, différents tests de mesure du pouvoir antioxydant sont à effectuer. Dans notre travail, nous avons utilisé trois tests chimiques in vitro à savoir : le test DPPH qui utilise le 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle sous sa forme radicalaire ($\text{DPPH}\cdot$), le test FRAP « Ferric Reducing Antioxydant Power » qui déterminent le pouvoir réducteur (in vitro), et l'inhibition de l'enzyme peroxydas (HRP) (in vivo).

A partir de la valeur de l'absorbance du milieu mesurée en présence de l'extrait antioxydant de la pente de la courbe d'étalonnage de chaque antioxydant de référence, nous avons déterminé les coefficients de l'activité antioxydante des extraits étudiés exprimée en valeur VCEAC (Capacité Antioxydante Equivalent en Vitamine C) et VEEAC (Capacité Antioxydante Equivalent en Vitamine E).

II.2.3.1. Test DPPH

Le 2,2'-di (4-*tert*-octylphényl)-1-picrylhydrazyl ($\text{DPPH}\cdot$) est un radical stable qui absorbe dans le visible (**Molyneux. P, et al, 2004**). La réduction du radical libre $\text{DPPH}\cdot$ par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV-visible, en mesurant la diminution de l'absorbance provoquée par la présence des extraits (**Figure 2**).

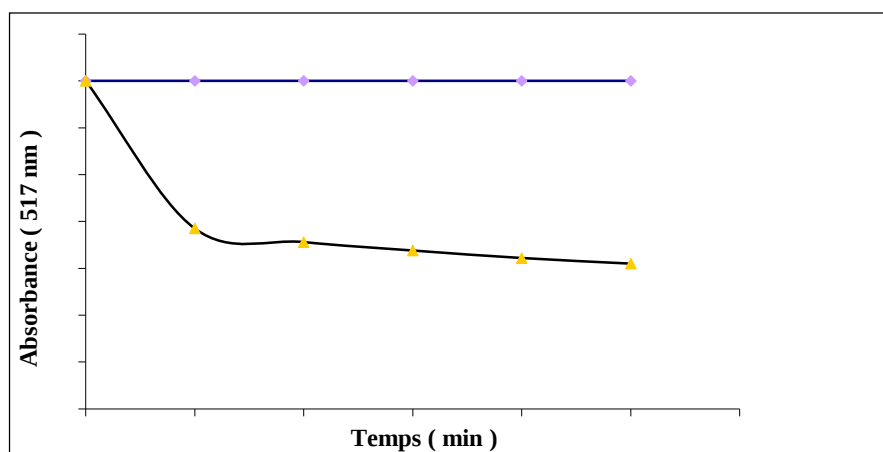


Figure 2 : Courbes cinétiques représentant la variation de la densité optique en fonction du temps dans le test du DPPH.

Le radical DPPH $\cdot$ est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie (**Figure 3**). Ceci permet de suivre la cinétique de décoloration de ce radical à 515-520 nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou d'un extrait de plante peut être déterminé (*Popovici et al., 2009*).

Ce test permet alors, d'obtenir des informations sur le pouvoir antiradicalaire direct de différentes substances de nos extraits.

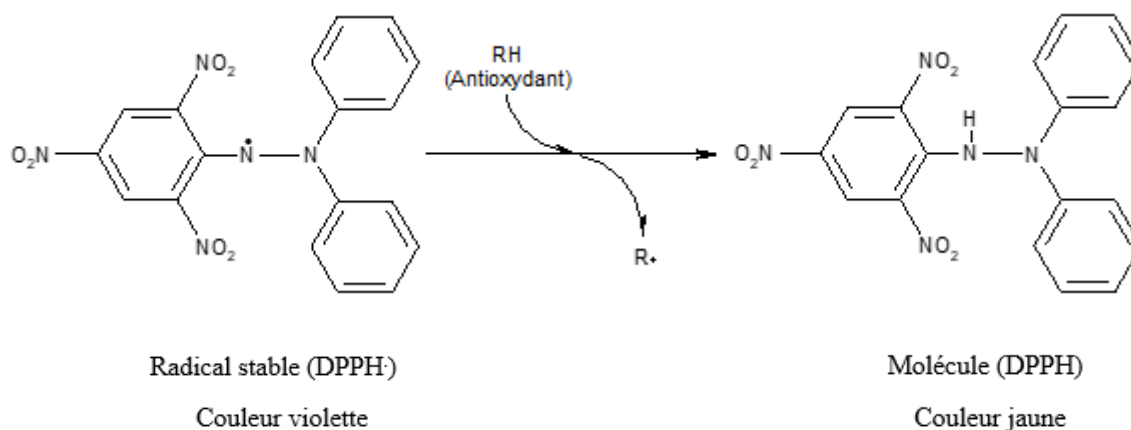


Figure 3 : Réaction du radical libre DPPH avec l'antioxydant RH (*Musa et al., 2016*).

Dans ce test, 100 μ l de chaque extrait est additionné à 1ml d'une solution de DPPH (100 μ M) préparée dans le méthanol. Le mélange réactionnel a été secoué immédiatement, puis il est maintenu à l'obscurité pendant 20 minutes à la température ambiante pour que la réaction

s'accomplisse. L'absorbance du milieu réactionnel a été mesurée à 517 nm contre un blanc sur un spectrophotomètre UV-Visible de type Shimadzu-UV-1601. (Kone, 2009; Atoui et al., 2005).

Les mesures de densités optiques en présence de chaque extrait nous ont permis de calculer le pouvoir antiradicalaire (PAR) et qui est estimé selon l'équation ci-dessous

$$\text{PAR \%} = (\text{Abs}_t - \text{Abs}_{\text{éch}} / \text{Abs}_t) \times 100$$

Où ;

$\text{Abs}_{\text{éch}}$: Absorbance de l'échantillons.

Abs_t : Absorbance sans antioxydant.

II.2.3.2. Test FRAP

Le test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) est une technique qui vise la détermination du pouvoir antioxydant total qui sera interprété et exprimé au moyen de la capacité réductrice des antioxydants.

Le mécanisme associé à cette méthode est représenté dans la (Figure 4). Quand le complexe Fe^{3+} -TPTZ est réduit à la forme Fe^{2+} par un antioxydant dans un milieu acide, une couleur bleue intense avec un maximum d'absorption va être développée à 593 nm. Par conséquent, l'effet antioxydant (pouvoir réducteur) peut être évalué en suivant la formation du complexe Fe^{2+} -TPTZ en employant un spectrophotomètre (Moon. J, et al, 2009).

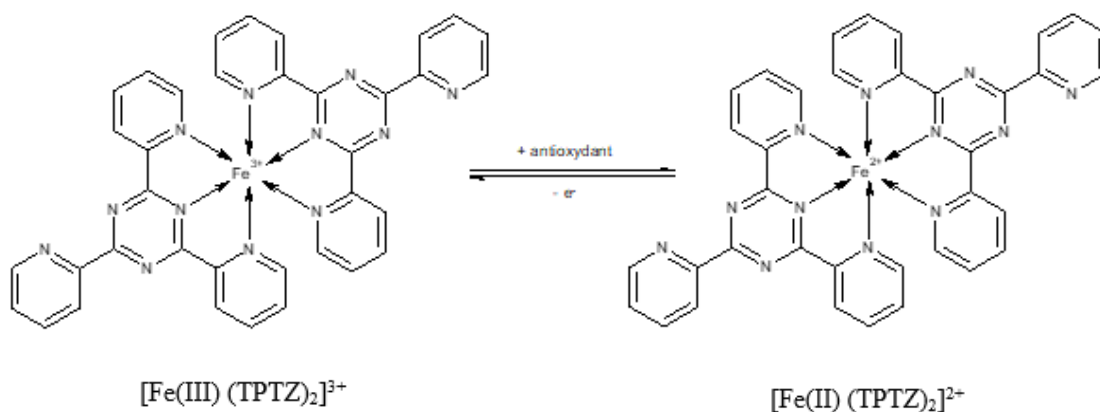


Figure 4 : Mécanisme réactionnel général associé à la méthode du test FRAP.

Une quantité de 50 µl de chaque extrait est additionnée à la solution de FRAP. La solution de FRAP est réalisée en suivant le protocole décrit comme suit :

- Une solution tampon de 300 mM d'acétate, pH = 3.6 [3.1g d'acétate du sodium tri hydraté, plus 16 ml d'acide acétique glacial, dissoutes dans 1 litre d'eau distillée].
- Une deuxième solution, est préparé de 10 mM TPTZ (2, 4, 6-tripyrindyl-s-triazine) et de 40 mM HCl.
- Une solution aqueuse de 20mM de FeCl₃.6 H₂O.

Les trois solutions sont mélangées dans le rapport de (10 :1 :1) (v :v :v) respectivement.

Après incubation à l'obscurité pendant 20 min et à température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 593 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible de type Shimadzu-UV-1601. L'effet antioxydant des différents extraits testés a été exprimé en pouvoir réducteur (PR%) estimé selon l'équation ci-dessous :

$$\text{PR}(\%) = (\text{Abs}_{\text{éch}} / \text{Abs}_{\text{t}}) \times 100$$

Où ;

Abs_{éch} : Absorbance de l'échantillons.

Abs_t : Absorbance sans antioxydant

.

L'évaluation de l'activité antioxydante de nos extraits est faite par rapport à l'acide ascorbique et la vitamine E, antioxydants utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Il est nécessaire de mettre en évidence l'efficacité de ces antioxydants de références à ce test, et cela en traçant des courbes d'étalonnages.

A partir de la valeur de l'absorbance du milieu mesurée en présence de l'extrait antioxydante et de la pente de la courbe d'étalonnage de chaque antioxydant de référence.

II.2.4. Inhibition de la peroxydase (HRP)

Dans notre travail, l'inhibition de la HRP (Horseradish Peroxydase), a été déterminée par une méthode spectrophotométrique modifiée et optimisée en utilisant le 4-méthylcatéchol (4-MC) comme co-substrat de l'enzyme (**Mahfoudi. R, et al, 2017**). L'activité de la peroxydase a été mesurée spectrophotométriquement à 517 nm en suivant l'oxydation de 4-MC-aniline (incolore) en présence d' H_2O_2 en 4-méthyl-5-anilino-o-benzoquinone (couleur rose) (**Figure 5**).

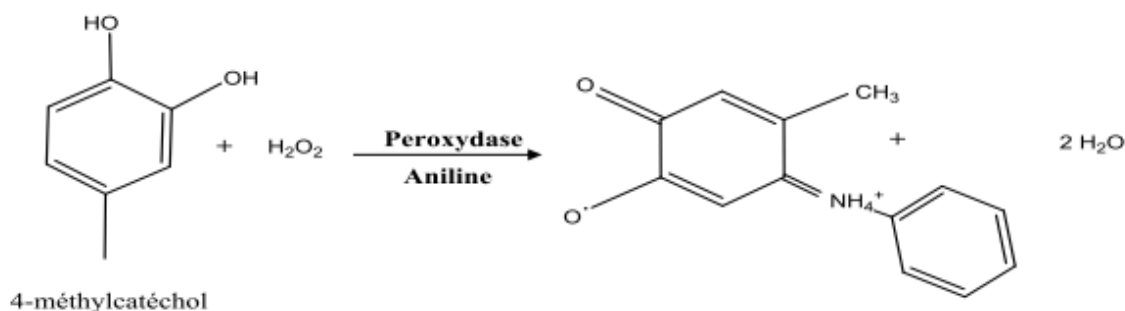


Figure 5 : Oxydation du 4- méthylcatéchol (4-MC)-aniline d' H_2O_2 par la HRP.

Un volume de 100 μl de la HRP (0,02 g/l) (EC.1.11.1.7) a été ajouté à un mélange contenant 500 μl de 4-MC (3 g/l), 500 μl d'aniline (3 g/l) et 100 μl de chaque extrait. Après, la réaction enzymatique est débutée par l'ajout de 100 μl d' H_2O_2 à 1% les mesures de densité optique ont été effectuées à 517 nm après 1 minute d'incubation à température ambiante (22-25°C) en utilisant un spectrophotomètre UV-visible (Schimadzu-UV-1601). L'inhibition enzymatique de chaque extrait a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage de L-cystéine et exprimée en milligrammes par cent grammes de la matière sèche équivalent en L-cystéine (mg EL-C /100g MS).

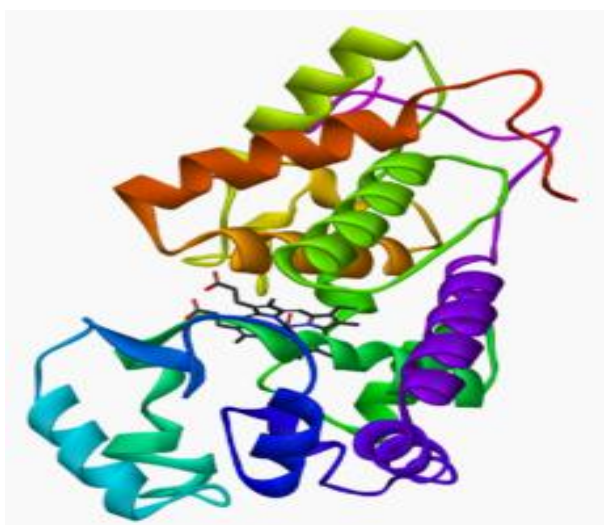


Figure 6 : Peroxydase HRP en 3D.

Le pourcentage d'inhibition de chaque extrait a été calculé comme suit :

$$\text{PI}(\%) = [\text{Abs}_{\text{éch}} / \text{Abst}] \times 100$$

Abst : Absorbance sans antioxydant

Abs_{éch} : Absorbance de l'échantillon.

III- Résultats et discussion

III.1. Quantification des composées phénoliques

Les solvants d'extraction utilisés dans ce travail sont : le mélange hydrométhanolique, un autre hydroacétonique et l'eau. Une étude faite par Djeridane (*Djeridane et al., 2015*) montre que ces solvants sont les plus utilisés pour une meilleure récupération de composés antioxydants. Rappelons que notre travail était sur la coque extérieure seulement (le son). Le séchage de la matière végétale à l'obscurité est recommandé pour éviter sa dégradation causée par les radiations ultraviolettes de la lumière solaire (*Djeridane et al., 2015*). De plus le broyage augmente la surface de contact avec le solvant et facilite sa pénétration à l'intérieur des cellules (*Satyajit, 2016*).

Les résidus de chaque extraction sont pesés pour calculer le rendement. Celui-ci a été exprimé en pourcentage (*Tableau 3*).

Tableau 3: Rendement d'extraction et teneur en polyphénols totaux des quatre échantillons étudiés.

	Frick		Mermez		Orge		Blé dur	
	R(%)	PT	R(%)	PT	R(%)	PT	R(%)	PT
Ex.Aq	12,94	1,163 ±0,009	24,43	1,462 ±0,032	20,05	1,705 ±0,034	4,55	1,064 ±0,013
(Ex.MeOH/ E)	11,67	1,747 ±0,006	27,17	1,787 ±0,023	24,7	1,449 ±0,005	6,83	0,770 ±0,059
(Ex.Ac/E)	10,76	1,566 ±0,052	31,62	2,793 ±0,049	23,61	1,789 ±0,022	5,33	0,762 ±0,005

R (%) : Rendement d'extraction, **PT** : Teneur en polyphénols totaux (mg EAG/100g MS)

Ex : extrait ; **Aq** : Aqueux ; **MeOH/E**: méthanol/eau ; **Ac/E**: Acétone/eau

Les résultats mentionnés ci-dessus montrent que les rendements varient selon la céréale et le solvant d'extraction. Ils varient de 4,55% à 31,62%. Les rendements les plus importants sont enregistrés dans le son de Mermez et son de l'orge. Les systèmes de solvants hydrométhanolique et hydroacértonique s'avèrent les meilleurs extracteurs de composés antioxydants pour le son de mermez et de l'orge, tandis que la valeur la plus faible est trouvée dans l'extrait hydrocétonique et hydrométhanolique et aqueux de son de blé dur puis son de frick. Il est constatable aussi, que les plus faibles quantités en résidu sec ont été aperçues dans les extraits aqueux comparativement aux autres extraits. De ce fait, on peut déduire que les échantillons étudiés referment un matériel riche en composés à caractère polaire.

Des études menées auparavant confirment que le rendement en extrait varie selon la méthode d'extraction, l'origine géographique, la période de la récolte et la durée du stockage de la matière végétale (*Chaouche, 2014*).

La plupart des activités antioxydantes des végétaux sont dues à la présence de composés phénoliques (*Mansouri et al., 2005*). Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode de Singleton et Ross avec le réactif de Folin-Ciocalteu. C'est l'une des méthodes adoptées dans la plupart des travaux concernant les antioxydants naturels. Elle est considérée comme étant la meilleure méthode spectrophotométrique pour la quantification des polyphénols totaux.

La teneur en composés phénoliques de chaque extrait a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (*Figure 7*) et exprimée en milligrammes équivalent en acide gallique (GAE) par gramme de la matière sèche. Ces valeurs représentent la moyenne de trois essais réalisés en parallèle $\pm$ l'écart-type. Les résultats obtenus sont présentés dans le (*Tableau 3*).

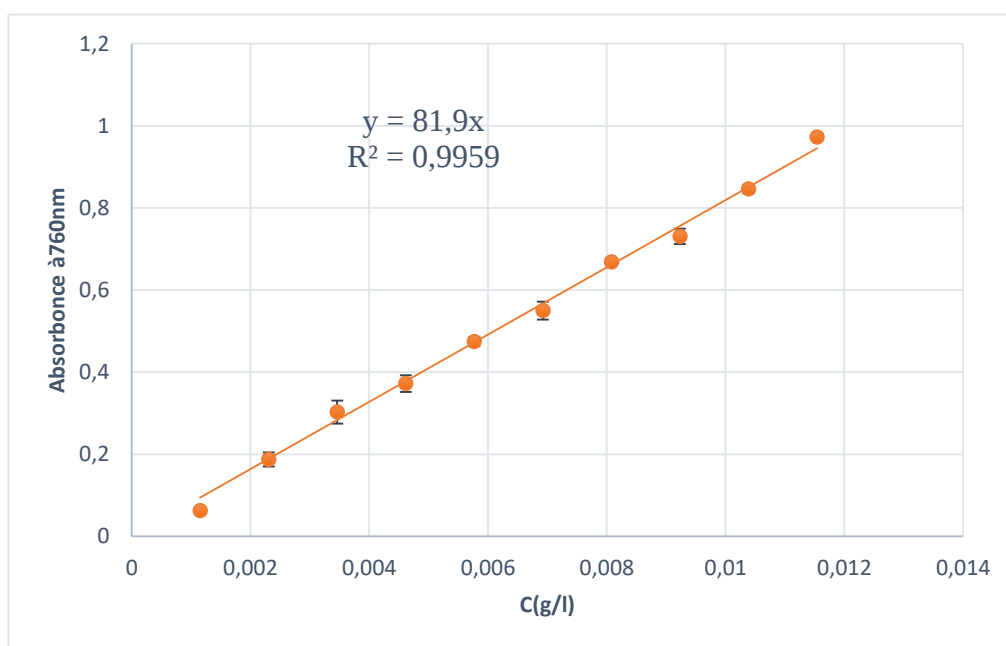


Figure 7 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

D'après la synthèse de l'ensemble des résultats obtenus lors de la quantification des phénols totaux, on constate que les taux en composés phénoliques sont variables et qui s'étalent entre 0,762 et 2,793 mg EAG/100g MS.

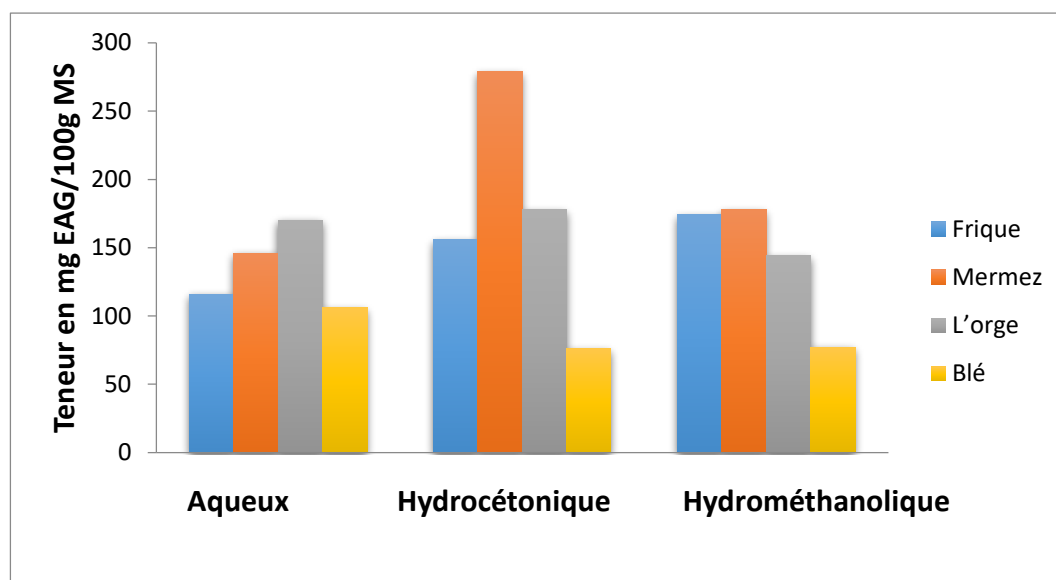


Figure 8 : Histogramme de teneur en polyphénols totaux des extraits exprime en (mg EAG/100g MS).

Les taux des composés phénoliques les plus élevés ont été détectés dans les extraits hydrocétaniques. Tandis que. Les teneurs les plus faibles sont remarquées pour les extraits aqueux (**Figure 8**). En outre, nous avons enregistré que les extraits hydrocétaniques et hydrométhanoliques qui ont donné un rendement le plus important en résidu sec ont offert aussi une teneur importante en phénols totaux. Ce résultat pourra être expliqué par le fait que la polarité des extraits influe sur le type de composés extraits.

Aussi, nous avons constaté que le son de Mermez contient des proportions plus élevées de polyphénols comparativement des autres son étudiées et la même remarque pour le rendement. Ces résultats montrent principalement que les composés phénoliques ne sont pas abondants dans le son de Frick et son de blé dur ce qui revient probablement à la solubilité relative des polyphénols présents dans cette son. En fait, la solubilité des polyphénols est conditionnée par le type de solvant utilisé. Ainsi, pour une haute récupération de polyphénols, l'acétone/eau et méthanol/eau sont les solvants appropriés (**Z. Mohammedi et F. Atik, 2011 ; Z. Wissam et al, 2012 ; W. Aboshora et al, 2014**). D'ailleurs, la répartition inégale des polyphénols dans les différents organes d'une plante a été rapportée par plusieurs auteurs (**V. Rao, 2012 ; F. Gianmaria et al, 2011 ; G. Pace et al, 2014**).

L'inconvénient majeur de ce test est que le réactif du Folin-Ciocalteu n'est pas spécifique aux composés phénoliques, mais il réagit avec tous autres composés qui contiennent un groupement OH comme les sucres, les protéines et les pigments parce qu'une telle extraction ne donne pas que les composés phénoliques (**Djeridane et al., 2007**). De-ce-fait, les valeurs obtenues en phénols

totaux ne représentent pas réellement les teneurs de ces substances dans les sons de céréales investiguées.

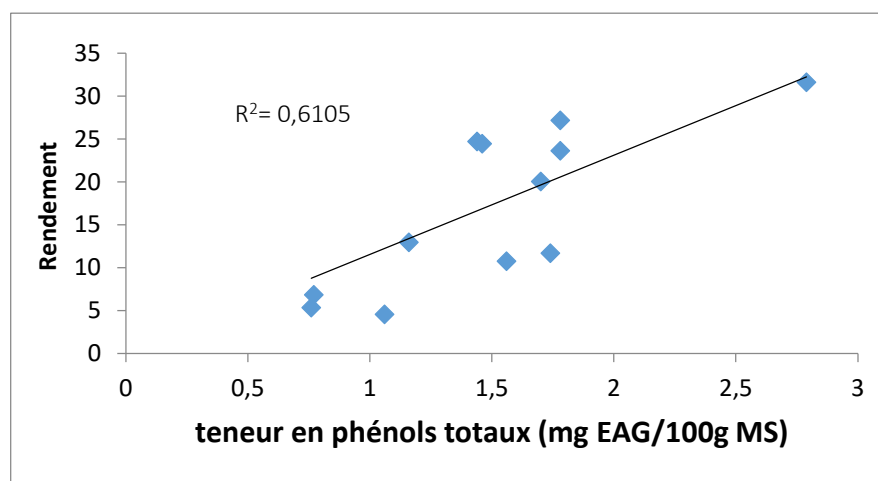


Figure 9 : Corrélation entre le rendement d'extraction et teneurs en phénol totaux.

Dans le but de relier le rendement d'extraction à la teneur en composés phénoliques qui a été mise en évidence par le test de Folin-Ciocalteu, une corrélation positive et significative a été trouvée ($R^2=0,6105$) (**Figure 9**). Cette bonne corrélation montre que 61% du rendement d'extraction est présenté par des composés phénoliques.

III-2- Evaluation de l'activité antioxydante

De ce fait, l'activité antioxydante in vitro de nos extraits a été évaluée par deux méthodes différentes à savoir : le test de l'effet scavenger du radical libre DPPH $\cdot$ et la réduction du fer ferrique par le test FRAP.

Dans un souci de comparaison, nous avons fait le choix d'exprimer les résultats découlants des différents tests de façon homogène en milligramme équivalent en vitamine C et en vitamine E (antioxydants de références) par cent grammes de matière sèche ou tout simplement VCEAC (Vitamine C Equivalent Antioxidant Capacity) et VEEAC (Vitamine E Equivalent Antioxidant Capacity) respectivement. Les valeurs VCEAC et VEEAC les plus élevées correspondent aux activités les plus fortes.

III.2.1. Test au radical DPPH

A l'aide des courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E (**Figure 10**), nous avons évalué l'activité antioxydante des différents extraits exprimée dans le (**Tableau 4**). Ces valeurs représentent la moyenne de trois essais réalisés en parallèle $\pm$ l'écart-type.

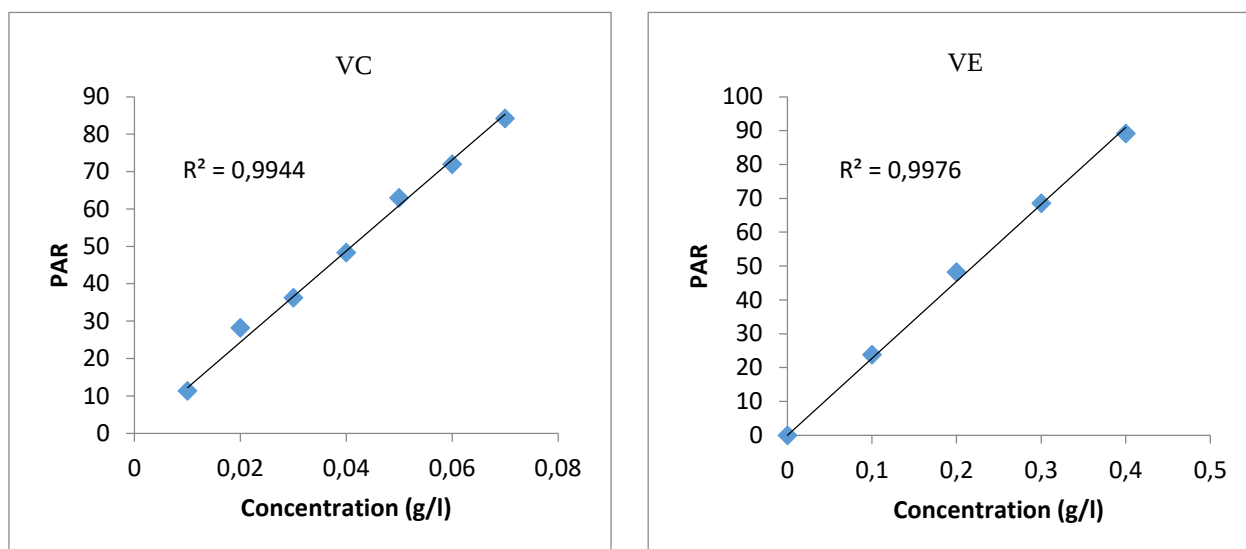


Figure 10 : Courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E par le test de DPPH.

Les résultats mentionnés dans le (**Tableau 4**) présentent l'activité antiradicalaire obtenus par le test DPPH pour tous les extraits qui ont été exprimée en capacité antioxydante équivalente en vitamine C (VCEAC) et vitamine E (VEEAC).

En analysant l'ensemble des résultats mentionnés dans le (**Tableau 4**), il est remarquable que les extraits de sons de Mermez possèdent un potentiel antioxydant important pour tous les systèmes de solvants utilisés comparant aux autres extraits et dont les VCEAC varient entre 61 et 68 (mg EVC /100gMS) et les VEEAC entre 327 et 367 (mg EVE /100gMS) alors que les plus faibles activités (11 mg EVC /100 g MS et 60 mg EVE /100 g MS) sont obtenues pour les extraits de sons de Blé dur. Il est constatable aussi que les extraits hydroacétoniques présentent l'activité antiradicalaire la plus élevée et qui peut être expliqué par la nature des composés peu polaires qui exercent des capacités donatrices de proton remarquables. Tandis que l'activité la plus faible est obtenue avec les extraits aqueux, ceci signifie que la polarité du solvant affecte sa capacité à l'extraire certain groupe de composés antioxydant et influence ainsi l'estimation de l'activité antioxydante. Les études menées par (**Gulçin et al. 2003**) et (**Tepe et al. 2005**), indiquent que le solvant d'extraction a une influence sur l'activité antioxydante des extraits.

Tableau 4 : VCEAC (mg EVC /100gMS) et VEEAC (mg EVE /100g MS) des extraits par test DPPH.

	VCEAC (mg EVC /100gMS)			VEEAC (mg EVE /100gMS)		
	Ex : A.E	Ex : M.E	Ex : Aq	Ex : A.E	Ex : M.E	Ex : Aq
Frick	38 ±0.08	33 ±0.67	18 ±0.22	206 ±0.07	182 ±0.29	97 ±0.37
Mermez	68 ±0.13	66 ±0.34	61 ±0.03	367 ±0.15	357 ±0.05	327 ±0.12
L'orge	64 ±0.16	57 ±0.06	51 ±0.57	344 ±0.02	304 ±0.31	276 ±0.02
Blé dur	20 ±0.11	13 ±0.04	11 ±0.21	110 ±0.21	75 ±0.33	60 ±0.07

Ces analyses indiquent que tous les extraits ont une bonne activité contre le radical DPPH et présentent des différences significatives selon le solvant et l'antioxydant de référence utilisés avec des valeurs en VEEAC cinq (5) fois plus élevées que le VCEAC. Ces activités antioxydantes proviennent probablement de la richesse de ces extraits en composés phénoliques (**Tableau 3**) et qui s'avèrent très efficaces pour le piégeage des radicaux DPPH.

Pour vérifier la validation des résultats obtenus nous avons tracé des courbes qui représentent la variation des valeurs VCEAC et VEEAC en fonction des teneurs en phénols totaux (**Figure 11**).

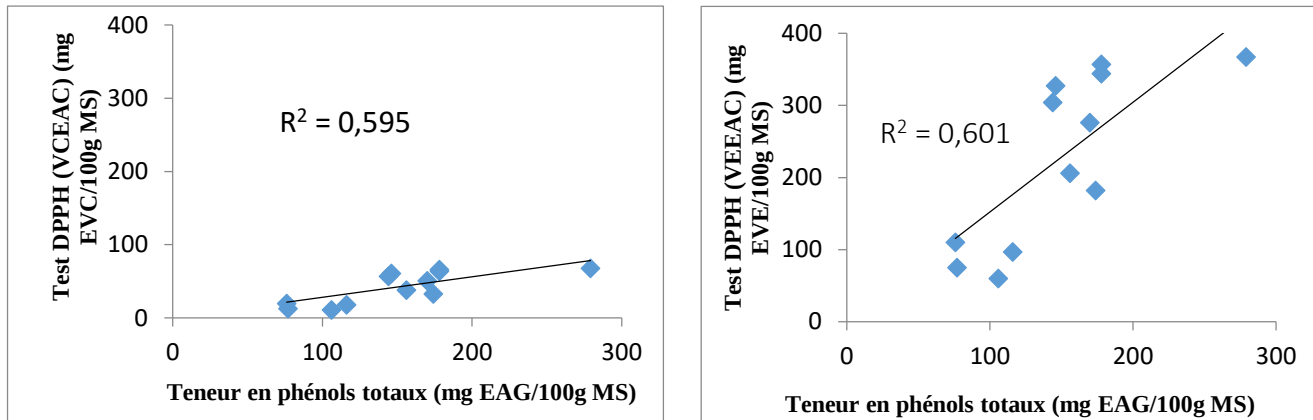


Figure 11 : Corrélations entre VCEAC et VEEAC par le test de DPPH et la teneur en phénols totaux.

Les tracés obtenus reflètent de bonnes corrélations positives ($R^2 = 0.595$ et $R^2 = 0.601$). Cela explique que 59,5% et 60,1% de l'effet antiradicalaire des extraits de sons de ces céréales est attribué à la contribution des polyphénols. Ces résultats confirment que les composés phénoliques sont les responsables de ses potentialités antioxydantes et ils sont en accord avec ce qui est annoncé dans la littérature par plusieurs auteurs (*Amri et al., 2015 ; Guettaf et al., 2016 ; Kalia et al., 2008 ; Katsube et al., 2004 ; Stagos et al., 2012*).

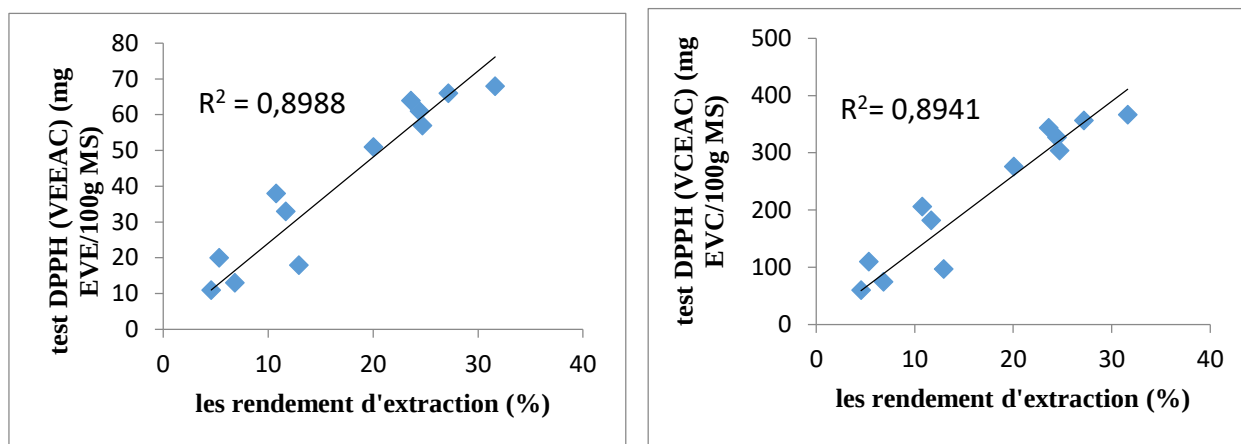


Figure 12 : Corrélations entre les valeurs de VCEAC et VEEAC mesurées par le test DPPH et le rendement d'extraction des sons de céréales.

D'autre coté les résultats obtenus dans le présent travail indiquent l'existence de corrélations linéaires et significatives ($R^2 = 0.89$) entre les VCEAC et les VEEAC avec le rendement d'extraction pour tous le son des céréales (**Figure 12**).

Ces résultats signifient que 89% des matières sèches agissent comme des agents donneurs de protons.

III-2-2- Test de réduction du fer (FRAP)

L'activité réductrice des différents extraits de sons des céréales investigués a été évaluée par le test de FRAP basé sur la capacité des extraits à réduire les ions fer ferrique (Fe^{3+}) en ions de fer ferreux (Fe^{2+}). La réduction du fer ferrique s'accompagne d'un changement de couleur du Brun le bleu vert où on peut mesurer sa densité à 593 nm. L'intensité de la couleur dépend du potentiel réducteur des composés présents dans le milieu réactionnel (*Zou et al., 2004*). Ce test est simple et universel, il peut être appliqué chez les plante et les plasmas et dans différents extraits (aqueux ou organiques).

Les courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E (**Figure 13**), nous ont aidées à évaluer l'activité antioxydante des différents extraits mentionnée dans le (**Tableau 5**). Ces valeurs représentent la moyenne de trois essais réalisés en parallèle $\pm$ l'écart-type.

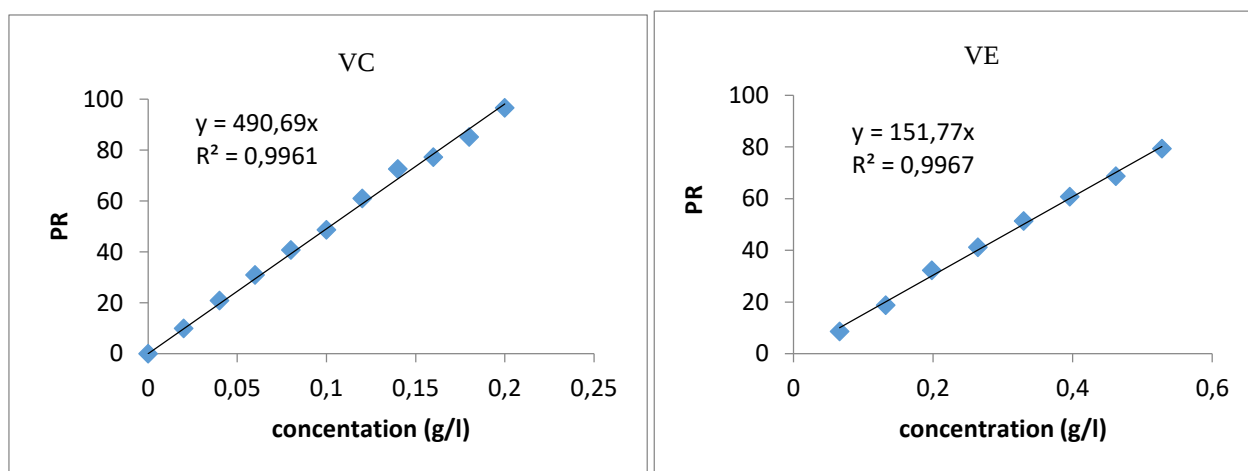


Figure 13 : Courbes d'étalonnages de la vitamine C et la vitamine E par le test de FRAP.

L'ensemble des extraits étudiés révèle des propriétés réductrices intéressantes qui se manifestent les valeurs suivantes : VCEAC allant de 23 à 167 mg EVC/100g MS et VEEAC de 77 à 542 mg EVEC/100g MS (**Tableau 5**).

Parmi les douze extraits testés, l'extrait hydroacétonique de Mermez et l'extrait hydroacétonique d'Orge s'avèrent les plus actifs avec des VCEAC et VEEAC de l'ordre de 167, 157 (mg EVC /100gMv) et 542, 505 (mg EVE /100gMv) respectivement. Par contre l'activité réductrice la plus faible a été affichée pour les extraits hydroacétonique, hydrométhanolique et aqueux du Blé dur. On peut ajouter aussi que toutes les valeurs exprimées en VEEAC de tous les extraits sont trois (3) fois plus élevées que les VCEAC.

Tableau 5 : VCEAC (mg EVC /100gMS) et VEEAC (mg EVE /100g MS) des extraits par le test FRAP.

	VCEAC (mg EVC /100gMS)			VEEAC (mg EVE /100gMS)		
	Ex : A.E	Ex : M.E	Ex : Aq	Ex : A.E	Ex : M.E	Ex : Aq
Frick	70 $\pm$ 0.35	37 $\pm$ 0.11	92 $\pm$ 0.03	226 $\pm$ 0.03	282 $\pm$ 0.26	299 $\pm$ 0.16
Mermez	167 $\pm$ 0.02	138 $\pm$ 0.05	145 $\pm$ 0.08	542 $\pm$ 0.05	447 $\pm$ 0.11	468 $\pm$ 0.19
L'orge	157 $\pm$ 0.07	132 $\pm$ 0.02	124 $\pm$ 0.04	505 $\pm$ 0.11	429 $\pm$ 0.20	403 $\pm$ 0.21
Blé dur	23 $\pm$ 0.09	26 $\pm$ 0.06	31 $\pm$ 0.12	77 $\pm$ 0.02	86 $\pm$ 0.15	101 $\pm$ 0.09

Ainsi, la capacité réductrice des extraits de son des céréales est classée dans l'ordre décroissant suivant :

Mermez > Orge > Frick > Blé dur.

Des corrélations linéaires significatives ($R^2 = 0,63$) ont été trouvées entre les valeurs exprimées en VCEAC et VEEAC du test FRAP en fonction de la teneur en phenols totaux (**Figure 14**) indiquant que le bon effet réducteur de ces extraits est probablement attribué à leur richesse en composés phénoliques.

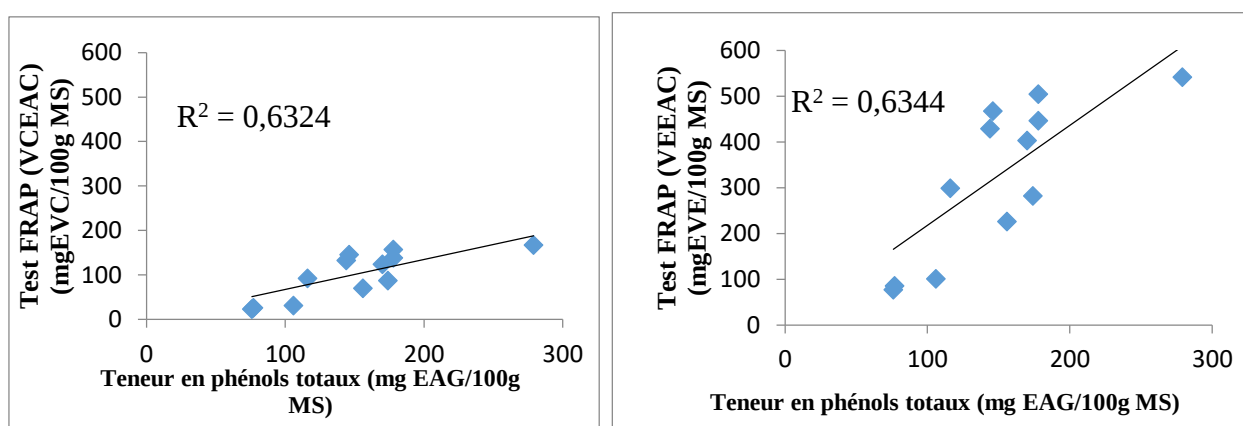


Figure 14 : Corrélations entre VCEAC et VEEAC par le test de FRAP et la teneur en phénols totaux.

L'activité antioxydante attribuée aux polyphénols s'expliquent en partie par leur capacité à complexer des métaux (*Rice. R, et al., 1996 ; Bahorun et al., 2004*) grâce aux molécules portantes de groupements qui servent comme donneur d'électron. Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (*Bougandoura.B, 2013*).

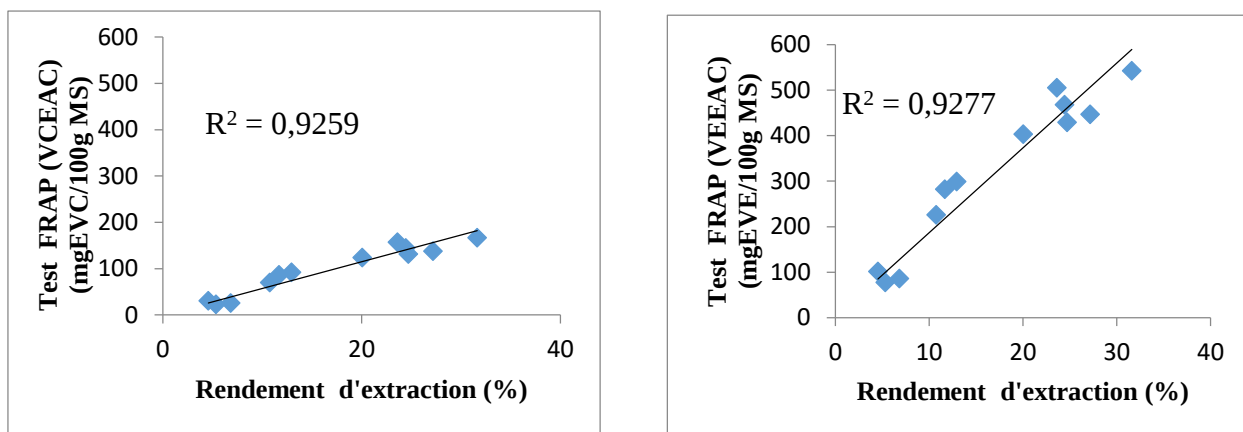


Figure 15 : Corrélations entre les valeurs de VCEAC VEEAC mesurées par le test FRAP et le rendement d'extraction des sons de céréales.

Le présent travail exhibe aussi des corrélations remarquables et significatives ($R^2=0,92$) entre les valeurs de VCEAC et VEEAC mesurées par le test FRAP et le rendement d'extraction des sons de céréales (**Figure 15**). Ce résultat signifie que 92% de chaque matière sèche se comporte comme des agents réducteurs.

En plus, d'autres bonnes corrélations linéaires ont été repérées entre le pouvoir antioxydants mesuré par les deux tests (DPPH et FRAP) pour tous les extraits ($R^2=0,86$ et $R^2=0,87$) (**Figure 16**). Ce résultat suggère que 86% et 87% des agents qui ont fourni un pouvoir antiradicalaire important exposent un statut réducteur aussi fort (*Hayes et al. 2011 ; Singh et al, 2004*).

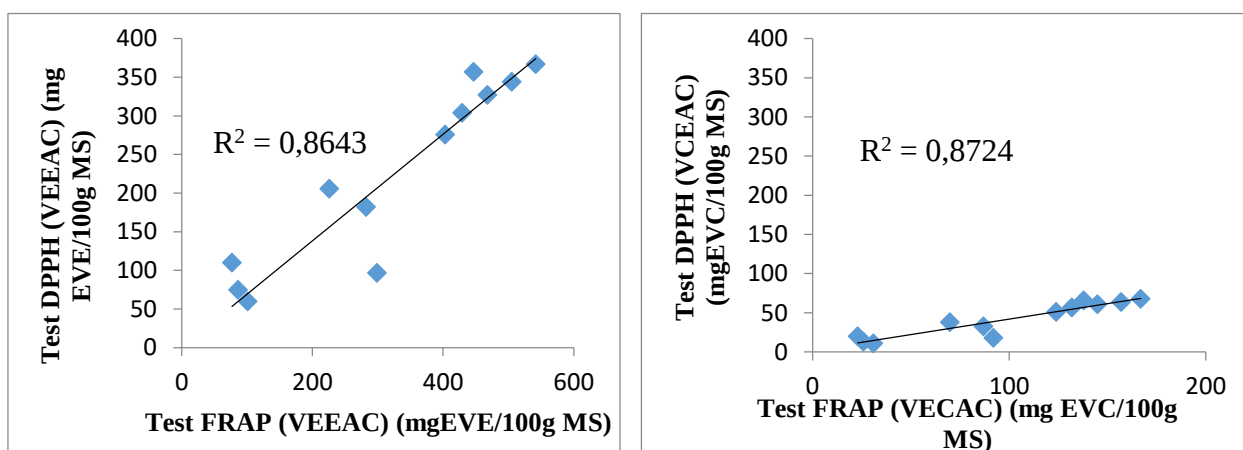


Figure 16 : Corrélation entre le test DPPH et le test FRAP.

III-3- Inhibition de la HRP

Les activités inhibitrices de la HRP (Horseradish Peroxydase) par les extraits de sons de céréales, ont été déterminées par une méthode spectrophotométrique modifiée et optimisée en utilisant le 4-méthylcatéchol (4-MC) comme co-substrat de l'enzyme. Ainsi, l'activité de la peroxydase a été dosée spectrophotométriquement à 517 nm en suivant l'oxydation de 4-MC-aniline (incolore) en présence d'H₂O₂. L'inhibition enzymatique de chaque extrait a été calculée à partir d'une courbe d'étalonnage de L-cystéine (**Figure 17**).

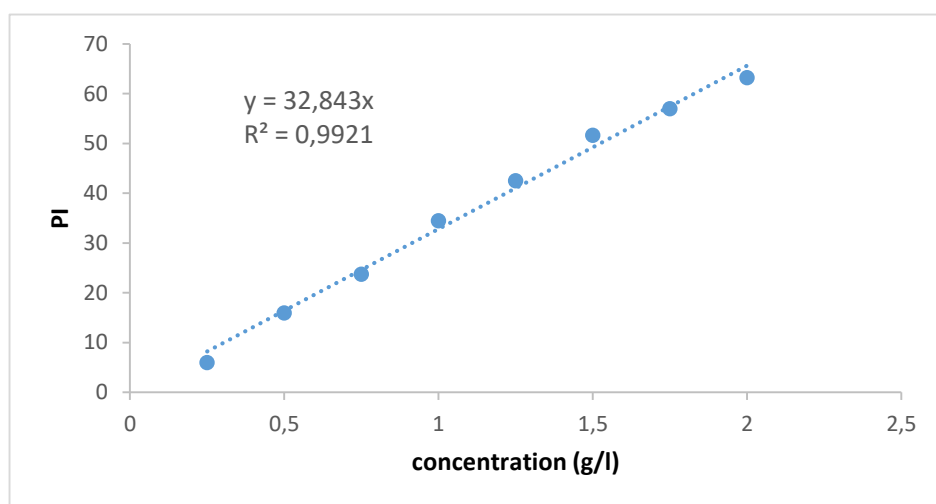


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de L-Cystéine pour le test enzymatique HRP.

Les résultats sont exprimées en milligramme par cent grammes de la matière sèche équivalent en L-cystéine (mg EL-C /100g MS) (**Tableau 6**). Ces valeurs représentent la moyenne de trois essais réalisés en parallèle $\pm$ l'écart-type.

L'efficacité des extraits aqueux, hydrométhanoliques et hydrocétonique de sons des céréales sur la peroxydase, nous laisse observé que le taux d'activité antiperoxydasique diffère selon les extraits utilisés.

Les trois extraits (aqueux, hydrométhanolique et hydrocétonique) de son de céréales étudiés inhibent l'activité peroxydase. Le taux d'inhibition varie selon le son des céréales. Les extraits de son de Mermez, son d'Orge, son de Frick et son de Blé dur présentent des taux d'inhibition de 63 à 1040 mg EL-C/100g MS.

Tableau 6 : Activité enzymatique des extraits de son des céréales par peroxydase en (mg EL-C /100g MS).

Equivalent d'inhibition (mg EL-C / 100g MS)			
	Ex : A.E	Ex : M.E	Ex : Aq
Frick	104 ±0.05	634 ±0.16	220 ±0.31
Mermez	1040±0.07	840 ±0.08	347 ±0.03
L'orge	121 ±0.08	669 ±0.05	272 ±0.12
Blé dur	63 ±0.13	202 ±0.07	113 ±0.08

Les extraits hydroacétonique, hydrométhanolique et aqueux de son de Mermez présente les valeurs les plus élevées avec 1040, 840 et 347 mg EL-C /100g MS respectivement. Notons aussi que les extraits hydrométhanoliques possèdent les activités enzymatiques les plus fortes (202 et 840 mg EL-C /100 g MS) à l'exception de l'extraits hydrométhanolique de Mermez. Par contre, les activités inhibitrices les plus faibles ont été affichées pour les extraits de son de Blé dur.

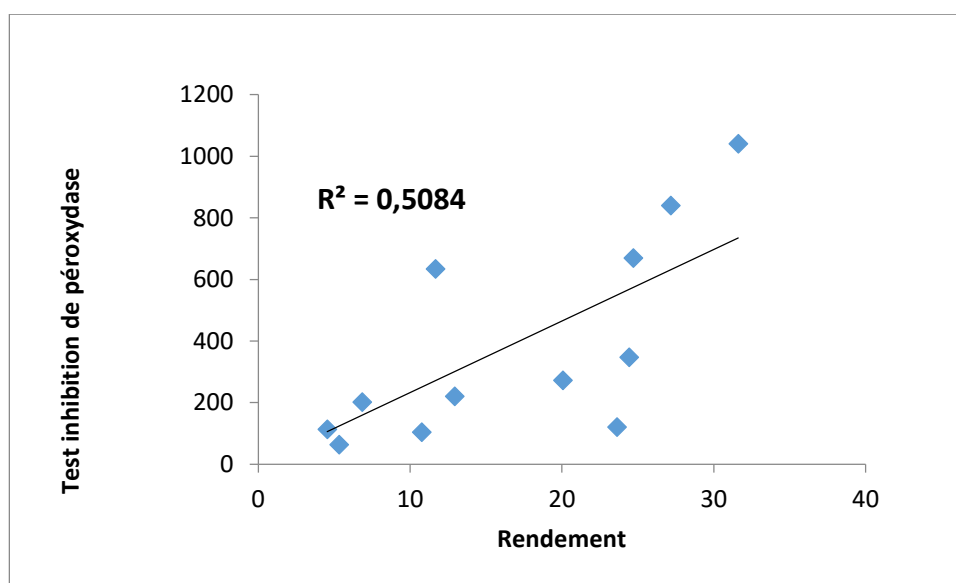


Figure 18 : Corrélation entre l'inhibition de peroxydase et le rendement d'extraction.

Le présent travail indique une corrélation linéaire entre le test d'inhibition de la peroxydase des extraits et leurs rendements d'extraction ($R^2=0.51$) (**Figure 18**).

Par contre, les pouvoirs antiperoxydases ne sont liés qu'avec 45% à la présence des composés phénoliques d'où la régression linéaire établit entre la teneur en phénols totaux et les capacités inhibitrices de la peroxydase donne la corrélation de $R^2 = 0,45$ (**Figure 19**).

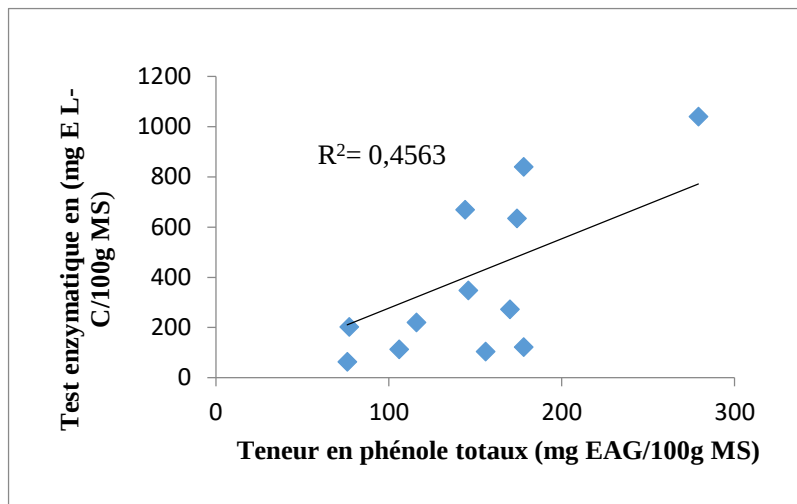


Figure 19 : Corrélation entre les teneurs du test enzymatique et les teneurs en phénols totaux.

Des études menées par (*Mahfoudi et al., 2017 et Kim et al., 2011*) indiquent que la présence et la position des groupements hydroxyles est la plus importante caractéristique pour avoir une bonne activité inhibitrice vis-à-vis de la HRP. Ces constatations nous mènent à conclure que l'activité inhibitrice de nos extraits n'est pas liée directement à la teneur des composés phénoliques mais à des structures bien définies.

Pour dévoiler la relation entre l'activité inhibitrice à la peroxydase et l'activité antioxydante comme une autre étape de compréhension, nous avons tracé la variation inhibitrice du test enzymatique en fonction des valeurs en VCEAC et VEEAC des tests DPPH et FRAP (**Figure 20, Figure 21**). Les tracés révèlent l'existence de corrélations faibles et similaires ($R^2 = 0,36$ et $R^2 = 0,37$). Ces résultats pourraient indiquer que la puissante activité inhibitrice de la peroxydase de tous les extraits de son de céréales étudiés n'est pas due à leurs excellentes activités antiradicalaires prouvés par le test DPPH et les activités réductrices montrés par le test FRAP.

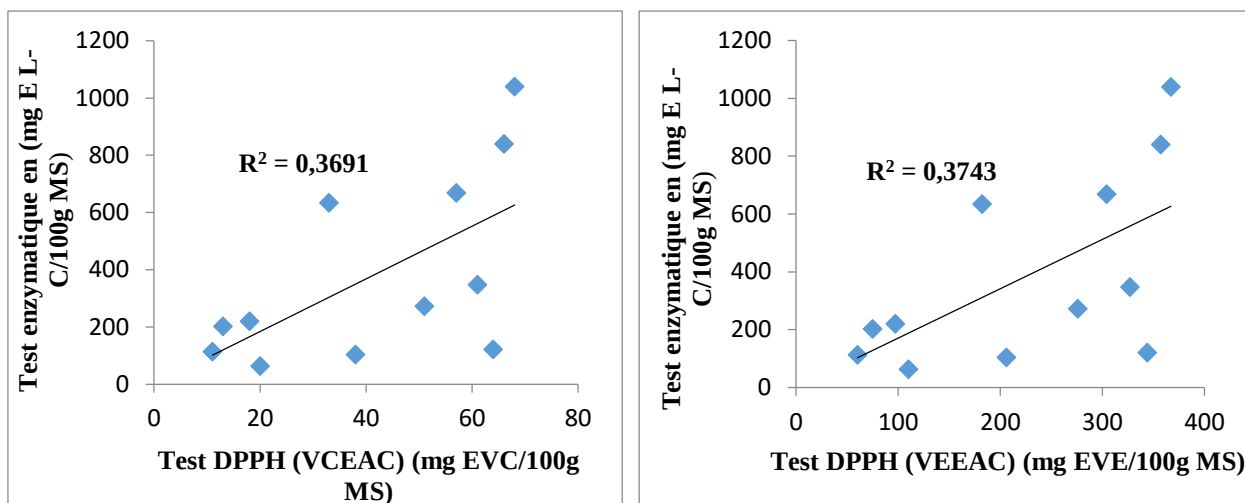


Figure 20 : Corrélation entre les teneurs d'inhibition de peroxydase et le test DPPH.

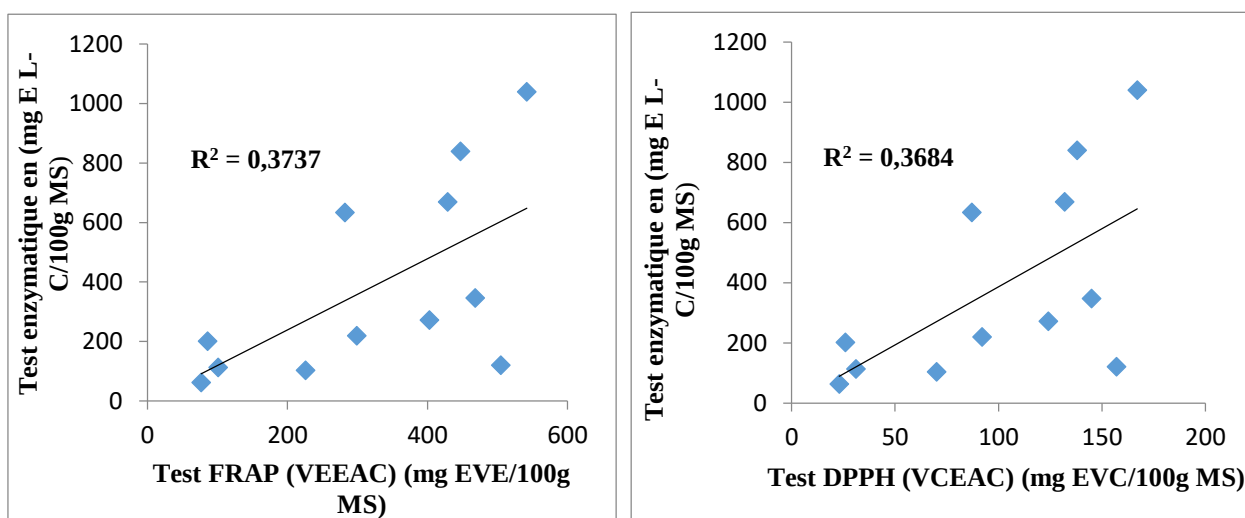


Figure21 : Corrélation entre les teneurs d'inhibition de peroxydase et le test FRAP.

IV- Conclusion générale

L'objectif primordial assigné par cette étude est l'évaluation des propriétés antioxydantes des différents extraits de son des céréales (Blé dur, Orge, Mermez et Frick).

Tout d'abord, les extractions par ultrason des sons de céréales choisis en utilisant 3 systèmes de solvants différents (eau, méthanol/eau et acétone/eau), nous a permis d'obtenir 12 extraits. Les rendements sont variables selon la céréale et le solvant d'extraction, ils varient de 4,55% à 31,62%. Cependant, les extraits hydrométhanolique et hydroacétonique de Mermez ont donné les rendements les plus forts (27,17% et 31,62%) respectivement.

Les teneurs en phénols totaux par le réactif de folin-Ciocalteu sont variables et qui s'étalent entre 0,762 et 2,793 mg EAG/100gMS. La teneur la plus élevée en polyphénols est révélée dans l'extrait hydroacétonique de son de Mermez (2,793 mg EAG/100gMS) suivi par l'extrait de son de l'Orge (1,789 mg EAG/100gMS). Tandis que, la teneur la plus faible a été enregistrée pour l'extrait hydroacétonique de son du Blé dur avec une teneur de 0,762 mg EAG/100gMS.

L'évaluation des capacités antioxydantes des extraits de son de Blé dur, de Mermez, de l'Orge et de Frick a été selon le test de piégeage du radical libre DPPH, le test FRAP et l'étude de l'effet inhibiteur de ces extraits sur l'enzyme HRP (la peroxydase de Raifort).

Les résultats du test DPPH révèlent que les extraits de son de Mermez possèdent un potentiel antioxydant important pour tous les systèmes de solvants utilisés comparant aux autres extraits et dont les VCEAC et VEEAC varient entre 61, 68 mg EVC/100gMS et 327, 367mg EVE/100gMS respectivement. Le pouvoir réducteur (test FRAP) montre aussi que l'extrait hydroacétonique de Mermez et l'extrait hydroacétonique d'Orge s'avèrent les plus actifs avec des VCEAC et VEEAC de l'ordre de 167, 157 mg EVC/100g MS et 542, 505 mg EVE/100g MS respectivement. D'autre part, nous avons évalué l'effet inhibiteur des extraits sur l'enzyme peroxydase. Il a été démontré que la majorité des extraits hydrométhanoliques présentent un effet d'inhibiteur des peroxydases extraites des différents échantillons étudiés. Les extraits hydrométhanoliques présentent la meilleure efficacité inhibitrice (202 à 840 mg EL-C /100gMS) avec néanmoins, une plus grande efficacité pour l'extrait hydroacétonique de son de Mermez avec 1040 mg EL-C /100g MS.

En fin, selon les résultats obtenus dans cette étude, nous pouvons conclure que les extraits de son de Mermez ont une bonne activité antioxydante en particulier l'extrait acétonique qui s'est avéré le plus actif. Son effet antioxydant soit probablement lié à la présence de certaines molécules bioactives. Il est donc intéressant de valoriser cette source végétale par l'application de ces

métabolites dans les domaines pharmacologiques et cosmétiques pour traiter des pathologies liées au stress oxydative et pour retarder le vieillissement cellulaire par exemple.

En perspective, des études complémentaires et approfondies devront être envisagées sur d'autres espèces de céréales pour mieux comprendre l'implication des molécules dans chacune des activités observées. Il serait donc intéressant de procéder à une caractérisation qualitative, des extraits de son des céréales principalement en métabolites de type secondaire comme les polyphénols, et autres. Puis identifier et isoler les principes actifs responsables des effets antioxydant.

V. Références bibliographiques

-A-

- **Atoui, A.K., Mansouri, A., Boskou, G., Kefalas, P. (2005).** Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. *Food Chem.*, 89, 27-36.
- **Alex Simpson, 2016 :** Qu'est-ce que l'agropyre ou herbe de blé ? 4 Bienfaits Nutritionnels Par Camille Thiebaut | dans Compléments Alimentaires | on August 2, 2016.
- **Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., & Weil, J. A. (2004).** Free radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, 84, 551 – 562.
- **Allemana, I., Couvert-Mulot, H., Béranger, C., & Gisserot, O. (2010).** Prise en charge du cancer du sein en cas de récepteurs hormonaux négatifs :Therapeutic options for hormone receptor negative breast cancers. *Hosp Pharm*, 45 (1) : 25-32.
- **Alex Simpson, 2016 :** Qu'est-ce que l'agropyre ou herbe de blé ? 4 Bienfaits Nutritionnels Par Camille Thiebaut | dans Compléments Alimentaires | on August 2, 2016.
- **Amri, O., Elguiche, R., Tahrouch, S., Zekhnini, A. et Hatimi, A. (2015).** Antifungal and antioxidant activities of some aromatic and medicinal plants from the southwest of Morocco. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7(7): 672-678.
- **Alikhani, M., Sharifani, M., Mousavizadeh, S.J., & Azizi, M. (2009).** The antioxidative activity of some essential oils in reducing peroxidase activity and enzymatic browning in some vegetables. *J Agric Sci Nat Resour*, 16 (2): 203-207.
- **Aboshora. W et al. (2014).** Effect of Extraction Method and Solvent Power on Polyphenol and Flavonoid Levels in *Hyphaene Thebaica* L Mart (Arecaceae) (Doum) Fruit and its Antioxidant and Antibacterial Activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13 (12), p 2057-2063.

- **Astarita, L.V., Floh, E.I.S., & Handro, W. (2003).** Changes in IAA, tryptophan and activity of soluble peroxidase associated with zygotic embryogenesis in *Araucaria angustifolia* (Brazilian pine). *Plant Growth Regul*, 39: 113-118.

-B-

- **Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2012).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Bri *Nature Technol*, 9: 14-19.
- **Brand-Williams, W., Cuvelier, M E., Berset, C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28, 25-30.
- **Boizot N., Charpentier J.P (2006)** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le cahier des techniques de l'Inra* : 79-82.
- **Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Goran R., and Igic I. (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae), *Food Chemistry*, 111 :p 925-929.
- **Bagher Gholivand M ; Piryaei M ;(2012).** The antioxidant activity, total phenolics and total flavonoids content of *Bryonia dioica* Jacq. *biologija*. 2012. Vol. 58. No. 3. P. 99–105.
- **Bentabet, N., Boucherit-Otmani, Z., & Boucherit, K. (2014).** Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. *Phytothérapie*, 12, 364 – 371.

-C-

- **Calabro, M.L., Galtieri, V., Cutroneo, P., Tommasini, S., Ficarra, P., & Ficarra, R. (2004).** Study of the extraction procedure by experimental design and validation of a LC

method for determination of flavonoids in Citrus bergamia juice. J Pharm Biomed Anal, 35: 349-363.

- **Chen.D. et al. (2004).** Green tea and tea polyphenols in cancer prevention, Front Biosci, vol. 9, n° 2618.
- **Chaouche T. (2014).** Contribution à l'étude des activités antioxydante et antimicrobiennes des extraits de quelques plantes médicinales. Thèse de doctorat. Université Abou-Bakr-Belkaid Tlemcen, p (39-56).

-D-

- **De Reynal, B., & Multon, J.L. (2009).** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Ed TEC&DOC. Lavoisier, pp : 690.
- **Dransfield, G., Guest, P.J., Lyth, P.L., McGarvey, D.J., & Truscott, T.G. (2000).** Photoactivity tests of TiO₂-based inorganic sunscreens: Part 1: Non-aqueous dispersions. Photochem Photobiol, 59: 1-3 ; 147-151.
- **Di Matteo, V., & Esposito, E. (2003).** Biochemical and therapeutic effects of antioxidants in the treatment of Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and amyotrophic lateral sclerosis. Curr Drug Targets Neurol Disord, 2: 95-107.
- **Diankov, S., Karsheva, M., & Hinkov, I. (2011).** Extraction of natural antioxidant from lemon peels. Kinetics and antioxidant capacity. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 46 (3): 315-319.
- **Djeridane A., Hamdi A., Bensania W., Yousfi M. (2015).** The in vitro evaluation of antioxidative activity, α -glucosidase and α -amylase enzyme inhibitory of naturel phenolic extracts. Diabetes end Metabolic Syndrome : Clinical Research and Reviews 9, 324-331.

-F-

- **Floegel, A., Kim, D., Chung, S., Koo, S.I., & Chun, O.K. (2011).** Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J Food Comp Anal*, 24: 1043-1048.
- **Feillet, P. 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. Pp58-75; 196-198.

-G-

- **Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, M. C., Aberkane, H., Bousselsela, S. M., & OueldMoukhtar. (2015).** Polyph énoles totaux, activités antioxydant et antimicrobienne des feuilles de Marrubium deserti de Noé. *Phytothérapie* 13, 118 – 129.
- **Glizczynska-Swiglo, A. (2006).** Antioxidant activity of water-soluble vitamins in the TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) and the FRAP (ferric reducing antioxidant power) assays. *Food Chem*, 96 (9) : 131.
- **Guettaf, S., Abidli, N., Kariche, S., Bellebcir, L. et Bouriche, H. (2016).** Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous extract of Genista Saharæ (Coss. & Dur.). *Der Pharmacia Lettre* 8 (1):50-60.
- **Gulçin I., (2006).** Antioxydant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). *Toxicology*. 217:213-220.

-H-

- **Hayes, J.E., Allena, P., Bruntona, N., O’Grady, M.N., Kerry, J.P. (2011).** Phenolic composition and *in vitro* antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food Chem*, 126: 948-955.
- **Heller, R., Esnault, R., et Delance, C. (1998).** physiologie végétale 1-nutrition 6ème édition. Dunod. Paris, Pp 289-288

-I-

- **ISANH. (2006).** 3rd international Conference on Polyphenols Application. The International Society for Antioxidants in Nutrition and Health.

-K-

- **Katsube, T., Tabata, H., Ohta, Y., Yamasaki, Y., Anuurad, E. et Shiwaku, K. (2004).** Screening for antioxidant activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay and Folin–Ciocalteu assay. *J Agri Food Chem* 52: 2391–2396.
- **Kalia, K., Sharma, K., Singh, HP. et Singh, B. (2008).** Effects of extraction methods on phenolic contents and antioxidant activity in aerial parts of *Potentilla atrosanguinea* Lodd. and quantification of its phenolic constituents by RP-HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 56: 10129– 10134.
- **Karray-Bouraoui N., Harbaoui F., Rabhi M., Jallali I., Ksouri R., Attia H., Msilini N., Lachaal M. (2011).** Different antioxidant responses to salt stress in two different provenances of *Carthamus tinctorius* L. *Acta Physiol. Plant.* 33, 1435-1444.
- **Ksouri R., Felleh H., Mediche W., Trabelsi N., Mhamdi B., Chaieb K., Bakrouf A., Magné C., Albdelly C. (2009).** Antioxidant and antimicrobial activities of the edible medicinal halophyte *Tamarix gallica* L. and related polyphenolic constituents. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2083-2091.

-L-

- **Lee, H. C., & Klein, B.P. (1989).** Evaluation of combined effects of heat treatment and antioxidant on peroxidase activity of crude extract of green peas. *Food Chem*, 32: 151-158.
- **Lévesque, F., & Seeberger, P.H. (2012).** Continuous-Flow Synthesis of the Anti-Malaria Drug Artemisinin. *Angewandte Chem Int*, 5 (7): 1706-1709.

-M-

- **Masuda, T., Yonemori, S., Oyama, Y., Takeda, Y., Tanaka, T., & Andoh, T. (1999).** Evaluation of the antioxidant activity of environmental plants: Activity of the leaf extracts from seashore plants. *J Agric Food Chem*, 47 : 1749-1754.
- **Mohammedi. Z, Atik. F, (2011).** Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. *International Journal of Pharma and Bio-Sciences*, 1 (2), p 209.
- **Manian, R., Anusuya, N., Siddhuraju, P., & Manian, S. (2008).** The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L. *Food Chem*, 107: 1000-1007.
- **Mahfoudi R., Djeridane A., Benarous K., Gaydou EM., Yousfi M. (2017).** Structure-activity relationships and molecular docking of thirteen synthesized flavonoids as horseradish peroxidase inhibitors. *Bioorganic chemistry* 74, 201-211.
- **Manach C., Scalbert A., Remesy C., Morand C. (2006).** Consommation et disponibilité des polyphénols. In: *Les polyphénols en agroalimentaire*. P. Sarni-Manchado and V. Cheynier (Ed). **Paris, Lavoisier**.361–380.
- **Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E., Kefalas P. (2005).** Phenolics profile and antioxidant activity of the Algerien ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89,411-420.
- **Merghem R (2009).** *Eléments de biochimie végétale*. Edition Bahaeddine: 118-132.

-O-

- **Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307-315.

-P-

- **Prior, R L., Wu, X., Schaich, K. (2005).** Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. Agric. Food Chem., 53, 4290-4302.
- **Ponce, A.G., Del Valle C.E., & Roura S.I. (2004).** Natural essential oils as reducing agents of peroxidase activity in leafy vegetables. LWT Food Sci Tech, 37: 199-204.

-R-

- **Rice-Evans,C,A.,Miller, N.J.,Paganga,G.1996:** Structure antioxydant activity relationships of flavonoids and phenolic acids .Free Radic.Biol.Med.20:933-956.

-S-

- **Shannon, I.M., Kay, E., & Lew, J.Y. (1996).** Peroxidase isoenzymes from horseradish roots. Isolation and physical properties. J Biol Chem, 241: 2166-2172.
- **Singh, N., & Rajini, P.S. (2004).** Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. Food Chem, 85: 611-616.
- **Salfer G.A., Molina-Cano J.L., Savim R., Araus J.L et Romagosa I., 2002-**Barley science Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of yield and Quality.665p.
- **Stagos, D., Portesis, N., Spanou, C., Mossialos, D., Aligiannis, N. et Chaita, E. (2012).** Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. Food and Chemical Toxicology 50: 4115- 4124.
- **Satyagit D., Zahid L., Alexander I. (2006).** Naturel Products Isolation. Humana Press Inc.999 Riveriew Drive, Suite 208, Totowa, New Jersey 07512, 518 p.

-T-

- **Tepe B., Daferera D, Sokmen A., Sokmen M. et Polissiou M. 2005.** Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry*. 90:333-340.

-W-

- **Winston, J.C. (1999).** Health-promoting properties of common herbs. *Am J Clin Nutr*, 70 : 491- 499.
- **Weisburger, J.H. (2002).** Lycopene and tomato products in health promotion. *Exp Biol Med*, 227: 924-927.

-Z-

- **Zhou, P., Smith, N.L., & Lee, C.Y. (1993).** Potential purification and some properties of Monroe apple peel polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem*, 41: 532-536.
- **Zou, Y., Lu, Y., & Wei, D. (2004).** Antioxidant activity of a flavonoid rich extract of *Hypericum perforatum* L. *In vitro*. *J Agric Food Chem*, 52 : 5032-5039.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للأكسدة لنخالة القمح الصلب، الشعير، المرمز و الفريك. تمت معايرة مستخلصات كل من المائية، الهيدروميثانول والهيدروأستيتون لأربعة أنواع من النخالة (نخالة الشعير، نخالة المرمز، نخالة الفريك و نخالة القمح الصلب)، لتحديد فاعليتها المضادة للأكسدة والفاعلية التثبيطية الأنزيمية لها، تم أيضا حساب إجمالي المركبات الفينولية TPC باستخدام فحص Folin-Ciocalteu قمنا بعد ذلك بالبحث عن نشاط المضاد للأكسدة الممكن وذلك باستخدام اختبار كل من DPPH و FRAP، كذلك الفاعلية المثبطة الأنزيمية لأنزيم البيروكسيداز. هذه العينات تمت دراستها لأول مرة فهي تمتلك قيم متقاربة ومنخفضة جدا في إجمالي المركبات الفينولية تتراوح ما بين 0,762 و 2,793 مغ حمض غاليك/100غ من المادة الجافة. اكتشفنا أيضا أن كل من نخالة المرمز ونخالة الشعير لهما نشاط مضاد للأكسدة بنسبة عالية جدا مقارنة بنخالة الفريك ونخالة القمح الصلب في كلا الاختبارين (DPPH و FRAP)، في حين وجدنا أن فاعلية تثبيط أنزيم البيروكسيداز لهذه العينات مرتفعة جدا مقارنة بالمشبط المرجعي L-Cystéine. سمحت لنا هذه النتائج معرفة الدور الذي تلعبه هذه العينات المدروسة من الحفاظ على المواد الغذائية والوقاية من الأمراض التي تسببها الجذور الحرة.

الكلمات المفتاحية : النخالة، إجمالي المركبات الفينولية، النشاط المضاد للأكسدة، DPPH, FRAP, الفاعلية الأنزيمية.

Résumé :

Le présent travail a pour objectifs l'évaluation de l'activité antioxydante du sons Blé dur, de l'Orge, de Mermez et de Frick. Le dosage des extraits aqueux, hydrométhanolique et hydrocétonique pour les quatre types de sons (le son de Mermez, le son de d'Orge, le son de Frick et le son de Blé dur) a été effectué à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu. L'activité antioxydante a été estimée en utilisant deux tests chimiques (DPPH et FRAP) et le potentiel inhibiteur de la peroxydase a été calculé pour tous les extraits. Ces échantillons sont investigués pour la première fois et présentent des teneurs en phénols totaux très proches et faibles, comprises entre 0,762 et 2, 793 mgEAG/100gMS. Nous avons également constaté que le son de Mermez et le son d'Orge présentaient une activité antioxydante très élevée par rapport au son de Frick et son de Blé dur dans les deux tests (DPPH et FRAP), alors que l'inhibition de l'enzyme peroxydase pour ces échantillons s'est montré très fort. Ces résultats nous ont permis de connaître le rôle de ces échantillons dans la prévention des maladies causées par le stress oxydatif.

Mots clés : son, phénols totaux, activité antioxydante, DPPH, FRAP, l'activité enzymatique.

Abstract:

The present work aims at evaluating the antioxidant activity the bran of durum wheat and barley, The Mermez and The Frick. The assay of the aqueous, hydromethanolic and hydroacetic extracts for the four types of bran (Mermez bran, barley bran, Frick's bran and hard wheat bran) was performed using Folin-Ciocalteu's reagent. Antioxidant activity was estimated using two chemical tests (DPPH and FRAP) and the inhibitory potential of peroxidase was calculated for all extracts. These samples are investigated for the first time and show very close and low total phenol contents, between 0.762 and 2.793 mg EAG / 100gMS. We also found that the bran of Mermez and Barley bran had a very high antioxidant activity compared to Frick's bran and hard wheat in both tests (DPPH and FRAP), while the inhibition of Peroxidase enzyme for these samples was very strong. These results allowed us to know the role of these samples in the prevention of diseases caused by oxidative stress.

Key words: bran, total phenols, antioxidant activity, DPPH, FRAP, enzymatic activity

