

MAST-041-03 / 03

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou-Bakr Belkaid - Tlemcen-

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

Département de Biologie

Laboratoire des Produits Naturels

LAPRONA

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de master en Biologie

Option

Physiologie cellulaire et physiopathologie

Par

M^{lle} SAYAH Hanane

Thème



| | |
|---------------------|-----------|
| Inscrit Sous le N°: | 7118 |
| Date de: | |
| Code: | 01-09-013 |

Le Pouvoir antioxydant des polyphénols de l'espèce Pennisetum glaucum (millet) du Sud d'Algérie

Soutenu le 11 /06/2013 devant le jury composé de



| | | | |
|----------------|------------|------------|-----------------------|
| M. BAGHDAD Ch. | MCB | Président | Université de Tlemcen |
| Mme BELARBI M. | Professeur | Promotrice | Université de Tlemcen |
| M. BENAMAR Ch. | MCB | Examineur | Université de Tlemcen |

Année Universitaire : 2012-2013

Dédicaces

Au nom du DIEU clément et miséricordieux et que le salut de DIEU, soit sur son prophète MOHAMED

Je dédie ce travail, tout d'abord à mes parents qui m'ont soutenu

Tout au long de mes études par leur dévouement et abnégation.

A mon cher mari

Vous êtes mon bonheur

A mes sœurs et mes frères

Vous êtes ma joie, ma fierté, et mon soutien

A Melle GHANEMI Fatima Zohra

A tous ma grande famille

Vous êtes magnifiques



Remerciements

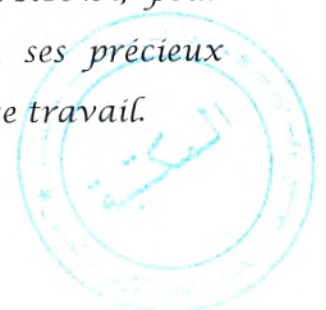
Ce travail de recherche a été effectué au Laboratoire des Produits Naturels (LAPRONA) de l'Université Abou-Bakr BELKAID-TLEMCEM, sous la direction de madame BELARBI MERIEM.

Je tiens particulièrement à remercier mon encadreur Madame BELARBI MERIEM, Professeur au département de Biologie et Vice Doyenne de la Post Graduation à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université AbouBakrBelkaid Tlemcen, pour ses conseils, ses commentaires et sa bienveillance. Qu'elle soit assurée de ma profonde gratitude pour m'avoir guidée et aidée tout au long de la réalisation de ce mémoire. Son dynamisme pour la recherche des produits naturels a été pour moi une source de motivation.

Je tiens à exprimer ma très grande considération et ma vive reconnaissance à Monsieur BAGHDAD Chokri, Maître de conférences « B » au département de Biologie moléculaire et cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, au Laboratoire des Produits Naturels de l'Université Abou-BakrBelkaid Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

J'exprime mes vifs remerciements à M. BENAMAR Chaïd, Maître de conférences « B » au département de Biologie moléculaire et cellulaire à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou-BakrBelkaid Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail malgré ses multiples occupations.

Je tiens à remercier Monsieur NaniAbdelhafid, Maître assistant « A » à l'université d'Adrar, et doctorant au sein du laboratoire LAPRONA, pour sa participation dans la réalisation de la partie pratique, ses précieux conseils et son aide constante tout au long de la réalisation de ce travail.



Je remercie Melle GHANEMI Fatima Zohra, pour les nombreux services qu'ils m'ont rendus durant la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance, sans oublier tous ceux dont l'aide et les conseils m'ont été si utiles.

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à tous mes collègues d'études et à tous les membres du Laboratoire des Produits Naturels LAPRONA.



Résumé :

L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause, en raison des risques toxicologiques potentiels. Désormais, de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels sont recherchées.

Notre travail vise à étudier le pouvoir antioxydant des polyphénols et flavonoïdes extraits d'une espèce végétale à savoir : le millet (*Pennisetum glaucum*).

Après avoir effectué des extractions sélectives des polyphénols et des flavonoïdes nous avons procédé à leurs dosages. Les teneurs ont été estimées à 151,4 mg/100 g pour les polyphénols totaux et 16,035 mg/100g (phase acétate d'éthyle) 678,494 mg/100g (phase n-butanol) pour les flavonoïdes. Dans une dernière étape nous avons testé *in vitro* leurs activités antioxydantes puis nous avons réalisé une comparaison des différentes EC₅₀ avec des antioxydants de références, les résultats obtenus étaient selon l'ordre suivant : l'Acide ascorbique > BHA > flavonoïdes (phase acétate d'éthyle) > BHT > flavonoïdes (phase n-butanol) > polyphénols. On peut donc considérer que le millet est une bonne source d'antioxydants naturels.

Mots-clés: millet, polyphénols, flavonoïdes, pouvoir antioxydant, DPPH.

Summary:

The use of synthetic antioxidant molecules is currently challenging because of potential toxicological risks. Now, new plant sources of natural antioxidants are sought.

Our work aims to study the antioxidant polyphenols and flavonoids extracted from a plant species namely millet (*Pennisetum glaucum*).

After making selective extraction of polyphenols and flavonoids we conducted dosages. Their contents were estimated at 151.4 mg/100 g for total polyphenols and 16,035 mg/100g (ethyl acetate phase) 678.494 mg / 100g (Phase n-butanol) for flavonoids. In a last step we tested their *in vitro* antioxidant activities and we made a comparison of different EC₅₀ with antioxidant references, the results were in the following order: the ascorbic acid > BHA > flavonoids (ethyl acetate phase) > BHT > flavonoids (Phase n-butanol) > polyphenols. We can therefore be considered as millet is a good source of natural antioxidants.

Keywords: millet, polyphenols, flavonoids, antioxidant capacity, DPPH.

ملخص:

استخدام الجزيئات المضادة للأكسدة الاصطناعية يمثل تحدياً في الوقت الراهن بسبب المخاطر السمية المحتملة. حالياً وسعت مصادر نباتية جديدة من مضادات الأكسدة الطبيعية.

يهدف عملنا لدراسة مادة البوليفينول المضادة للأكسدة ومركبات الفلافونويد المستخرجة من الأنواع النباتية وهي الدخن (*Pennisetum glaucum*).

بعد إجراء استخراج انتقائية من البوليفينول والفلافونويد أجرينا فحوصات الخاصة بهم . وقدرت المحتوى الإجمالي للبوليفينول و الفلافونويد 151.4مغ/100مل و 678.494مغ/100مل (بيوتانول-Nالمرحلة) 16.035مغ/100مل (المرحلة خلات الإيثيل)

على الترتيب.

في الخطوة الأخيرة اختبرنا في الأنشطة المضادة للأكسدة المختبر، ونحن إجراء مقارنة EC50 من المواد المضادة للأكسدة المختلفة .

كانت النتائج في الترتيب التالي حامض الاسكوريك <BHA> مركبات الفلافونويد إيثيل المرحلة خلات <BHT> مركبات بيوتانول-N. البوليفينول < الفلافونويد

ولذلك يمكن أن نعتبر أن الدخن هو مصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية

كلمات البحث الدخن، البوليفينول، الفلافونويد، ومضادات الأكسدة DPPH

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1. Principales classes de composés phénoliques..... | 4 |
| Tableau 2: Propriétés biologiques des quelques poly phénols dans l'organisme..... | 13 |
| Tableau 3: Classification botanique du mil..... | 18 |
| Tableau 4 : Comparaison entre les teneurs en polyphénols de quelques espèces de céréales | 33 |
| Tableau5 : EC50 des extraits méthanoliques de millet en comparaison avec les IC50 des extraits de références | 37 |
| Tableau 6: Les propriétés antioxydants de farines de blé et de céréales à grains entiers..... | 39 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1. Exemples d'acide phénoliques..... | 5 |
| Figure 2. Structure de base des flavonoïdes..... | 6 |
| Figure 3 : Structures chimiques des flavanones et flavanonols..... | 7 |
| Figure 4 : Mécanisme de formation d'espèces réactives par l'acide gallique, métabolite du propylgallate..... | 11 |
| Figure 5 : Formation des espèces oxygénées activées (EOA)..... | 15 |
| Figure 6 : Déséquilibre de la balance entre pro-oxydant et antioxydant..... | 16 |
| Figure 7 : les grains de millet frais..... | 17 |
| figure 8 : les grains de millet broyés | 17 |
| Figure 9 : panicule de millet..... | 18 |
| Figure 10 : Production mondiale du mil (année 2008). Les vingt premiers pays producteurs sont représentés. Source de données : FAO, 2011.21..... | 20 |
| Figure11 : les macronutriments dans le millet en comparaison avec : blé, riz, sorgho et le maïs. | 21 |
| Figure 12 : Micronutriment du millet en comparaison avec :blé, riz, sorgho et le maïs.. | 22 |
| Figure13 : test DPPH des extraits méthanolique..... | 29 |
| Figure 14: Teneur en matière sèche des grains de millet..... | 31 |
| Figure15 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux ... | 33 |
| Figure16 : Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes..... | 35 |
| Figure17: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH..... | 36 |
| Figure 18 : Pouvoir d'inhibition du DPPH(%) par rapports aux concentration(mg/ml) | |

de l'acide ascorbique , BHA et BHT respectivement.....36

Figure 19 :Pouvoir d'ihibition du DPPH(%) par rapport aux concentration(mg/ml) de polyphénols et flavonoides(phase acétate d'ethyle et n-butanol) de millet.....38



Liste des unités et des abréviations

% : pour cent

°C : degré Celsius

g : gramme

g/L : gramme par litre

h : heure

L : litre

LDL : Low Density Lipoprotein

M : molaire

Mml/L : millimoles par litre

mol : mole

Mol/L : mol par litre

MS : matière sèche

RF : réactif de Folin-Ciocalteu

s : seconde

V/V: volume/volume

AcOEt : Acétate d'éthyle

DO : Densité optique

MeOH : Méthanol

mg : Milligramme

min : Minutes

ml : Millilitre

n-BuOH : n- butanol

nm : Nanomètre

µg : Microgramme

AlCl₃ : Trichlorure d'Aluminium

BHA : Butyle hydroxyanisole

BHT : Butyle hydroxytoluène

DPPH : 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

EAcOEt : La fraction de l'acétate d'éthyle

En-BuOH : La fraction du n-butanol

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

ATPase Ca²⁺ : Pompe calcium

AMP : Adénosine monophosphate

ATP : Adénosine triphosphate

Φ : phase

Table des matières

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Table des matières

PARTIE I : Synthèse bibliographique

Introduction

| | |
|--|----------|
| I -Les polyphénols | 3 |
| 1-Généralités..... | 3 |
| 2-Classification des polyphénols..... | 3 |
| a-acides phénolique | 5 |
| b- Les flavonoïdes..... | 6 |
| c- Tanins | 7 |
| d- Lignines | 7 |
| 3-Importance des polyphénols | 7 |
| 4-Propriétés thérapeutiques des polyphénols | 8 |
| a- Etudes épidémiologiques et propriétés biologiques in vitro..... | 8 |
| b- Effet anti-allergique | 9 |
| c- Effet anti-inflammatoire | 9 |
| d- Effet anti-ulcère | 10 |
| e- - Effet anti-cancer | 10 |
| f- Autres activités biologiques | 10 |
| g- Propriétés pro-oxydantes des polyphénols | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 5-Rôle et intérêt des composés phénoliques | 12 |
| II - Stress oxydatif..... | 14 |
| 1-Stress oxydant- Espèces oxygénées réactives..... | 14 |
| PARTIE II :Matériels et méthodes | |
| Chapitre I : matériel biologique..... | 17 |
| 1-Préparation du matériel biologique végétal..... | 17 |
| 2- généralités sur Le mil | 17 |
| *Le mil dans le monde | 19 |
| 3-L'effet du mil sur la santé | 22 |
| Chapitre 2:Méthodes utilisés..... | 23 |
| 1- Détermination du taux d'humidité..... | 23 |
| a-Principe..... | 23 |
| b-Mode opératoire..... | 23 |
| c- Expression des résultats..... | 24 |
| 2-Dosages des phénols totaux | |
| a-Extraction des poly phénols | 24 |
| b-Préparer une gamme d'étalon | 25 |
| c-Dosage des polyphénols..... | 25 |
| d-Expression des résultats..... | 25 |
| 3-dosage des flavonoïdes..... | 25 |
| a-extraction des flavonoïdes..... | 25 |
| b-Dosage des flavonoïdes..... | 27 |
| 4-Pouvoir antioxydant :..... | 29 |

| | |
|---|----|
| a-Méthode de piégeage du radical libre DPPH | 29 |
| b-Expression des résultats | 30 |

PARTIE III :Résultats et Discussion

| | |
|---|----|
| Résultats et discussion | 31 |
| 1-Taux de la matière sèche | 31 |
| 2-Teneur en phénols totaux | 32 |
| 3-Teneur en flavonoïdes..... | 34 |
| 4-Evaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de piégeage du radical libre DPPH..... | 35 |
| Conclusion | 40 |
| Résumé | 41 |
| Références bibliographiques | 43 |

Introduction

Depuis l'antiquité, les produits naturels, notamment ceux d'origine végétale ont toujours été une source importante d'agents thérapeutiques. Actuellement, environ 25-30% de tous les médicaments disponibles pour le traitement des maladies sont dérivés de produits naturels (des plantes, des animaux, des bactéries et des champignons). En dépit de cela, dans les dernières décennies, principalement en raison de l'avancée de la chimie de synthèse, la recherche sur les produits naturels dans l'industrie pharmaceutique a connu un lent déclin (**Boldi, 2004**).

Toutefois, des données récentes de l'industrie pharmaceutique montrent que, pour certaines maladies, les produits naturels représentent toujours une source extrêmement précieuse pour la production de nouvelles entités chimiques, car ils représentent des structures privilégiées choisies par les mécanismes d'évolution sur une période de millions d'années (**Newman et al., 2003**).

D'un autre côté, les espèces réactives de l'oxygène (ROS) libérées par l'organisme humain, au cours des diverses attaques sont éliminées ou piégées par des molécules douées de propriétés antioxydantes. Leurs rôles dépassent de loin celui de simples piègeurs ou de suppresseurs de radicaux libres, ils sont efficaces dans la prévention et/ ou dans le traitement des affections parasitaires et non parasitaires.

En effet, On retrouve des antioxydants dans toutes les plantes, ils sont qualifiés de métabolites secondaires. Ces composés présentent plusieurs propriétés pharmacologiques, parmi lesquelles, nous citerons les propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires, vasodilatatrices, anti-cancérigènes, anti-thrombiques, anti-athérogéniques, anti-pyrétiques, analgésiques, etc. (**Gómez et al., 2006 ; Muanda et al., 2009**).

L'Algérie recèle d'un patrimoine végétal important par sa richesse et sa diversité dans les régions côtières, les massifs montagneux, les hauts-plateaux, la steppe et les oasis sahariennes ; on y trouve plus de 3000 espèces végétales. Parmi ces ressources naturelles les plantes aromatiques et médicinales occupent une large place et jouent un grand rôle dans l'économie nationale. Elles sont utilisées dans différents domaines : industrie alimentaire, conserverie, pharmaceutique, et phytothérapie (**Duraffourd et al., 1997**).

Parmi les végétaux qui connaissent aujourd'hui une grande importance nutritionnelle se démarquent les céréales, et dont plus particulièrement le millet communément connu sous le nom de « Bechna », qui attire beaucoup l'intention grâce à ses effets thérapeutiques. Cette

Introduction

céréale très cultivée dans les régions arides et semi-arides d'Afrique et de l'Inde, constitue la base de l'alimentation des millions de personnes vivant dans ces régions. Produite sur 26 millions d'hectares pour la consommation humaine (**Rai et al., 2007**), cette céréale sert également de plante fourragère en Europe et aux Etats-Unis.

La consommation régulière des grains entiers, fruits, et légumes en plus d'une activité physique appropriée donne des résultats positifs pour la santé en réduisant un certain nombre de maladies relatives à l'âge telles que le diabète, les maladies cardio-vasculaires et quelques types de cancer. Il est signalé aussi que seule la composition phytochimique des céréales complète les bienfaits des fruits et légumes une fois consommé ensemble (**Shahidi et Naczk, 2004**).

Le présent travail a pour but de déterminer la teneur en poly phénols et flavonoïdes des grains de millet ainsi que d'évaluer le pouvoir antioxydant de ces composés par la méthode de piégeage du radical libre DPPH. Il s'articule autour de trois parties :

La première partie, est une synthèse bibliographique qui a pour objet :

- La présentation des polyphénols, leur rôle biologique, leur importance nutritionnelle ainsi que leurs effets thérapeutiques.
- La mise au point du stress oxydant après avoir rappelé quelques généralités sur les radicaux libres et les systèmes de défenses anti-oxydants, endogènes et exogènes.

La deuxième partie est consacrée au travail expérimental, elle est présentée comme suit:

- Extraction sélective des polyphénols et des flavonoïdes du millet
- Dosage des extraits obtenus par spectrophotométrie
- Evaluation *in vitro* de l'effet antioxydant de ces extraits par la méthode du piégeage du radical libre DPPH.

Dans la troisième partie, nous discuterons les résultats obtenus lors de cette étude et notre travail est achevé par une conclusion et des perspectives.

I- Les polyphénols :

1-Généralités :

Les polyphénols constituent une famille de molécules très largement répandues dans le règne végétal. On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Les polyphénols sont des métabolites secondaires, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance, ou la production (Yusuf, 2006). L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toutes substances chimiques possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyles (Bloor, 2001).

Un nombre considérable de ces composés sont formés de deux noyaux benzéniques reliés par un hétérocycle de type pyrane. Ces composés diffèrent les uns des autres par la position des substitutions sur les noyaux, par la nature de l'élément central et par la position, la nature et le nombre de molécules de sucre fixées ainsi que par la nature de la liaison hétérosidique.

Les polyphénols sont des produits de la condensation de molécules d'acétyl-coenzyme A et de phénylalanine. Cette biosynthèse a permis la formation d'une grande diversité de molécules qui sont spécifiques d'une espèce de plante, d'un organe, d'un tissu particulière.

2-Classification des polyphénols :

Une classification de ces substances a été proposée par Harborne en 1980 (Tableau 1). (Harborne, 1980). On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base.

Trois principales classes sont largement répandues :

- Les acides phénoliques (acides hydroxybenzoïques, acides hydroxycinnamiques).
- Les flavonoïdes.
- Les tanins et lignines

Plus rares, les coumarines, les stilbènes qui ne seront pas décrits en détail dans ce manuscrit.

Synthèse bibliographique

Tableau 1. Principales classes de composés phénoliques (Macheix, 2006)

| Squelette carboné | Classe | Exemple | Origine |
|------------------------|--|---|---|
| C6 | Phénols simple | Catéchol | Nombreuses espèces |
| C6-C1 C6-C3 | Acides hydroxybenzoïques Acides hydroxycinnamiques, Phenylpropenes Coumarines Isocoumarines Chromones | p-hydroxybenzoïque E Acide caféique, acide férulique Myristicin, eugénol Scopolétine Myristicine, eugénol Eugénine | Epices, fraise Pomme de terre, Pomme, citrus |
| C6-C4 | Naphtoquinones polyphénols | Juglone, plumbagine | Noix |
| C6-C1-C6 | Xanthones | Mangiférine | |
| C6-C2-C6 | Stilbènes Anthraquinones | Resvératrol Anthraquinones | Vigne |
| C6-C3-C6 | Flavonoïdes, isoflavonoïdes | Quercétine, cyanidine, daidzéine | Fruit, légumes, fleurs, soja, pois |
| (C6-C3) ₂ | Lignanes Neolignanes | Pinorésinol Eusidérine | Pin |
| C6-C3-C6) ₂ | Biflavonoides | Amentoflavone | |



Synthèse bibliographique

| | | | |
|------------|------------------|--|------------------------------------|
| (C6-C3)n | Lignines | | Bois, fruits à noyaux, raisin, kak |
| (C6-C3-C6) | Tanins condensés | | |

a-acides phénolique :

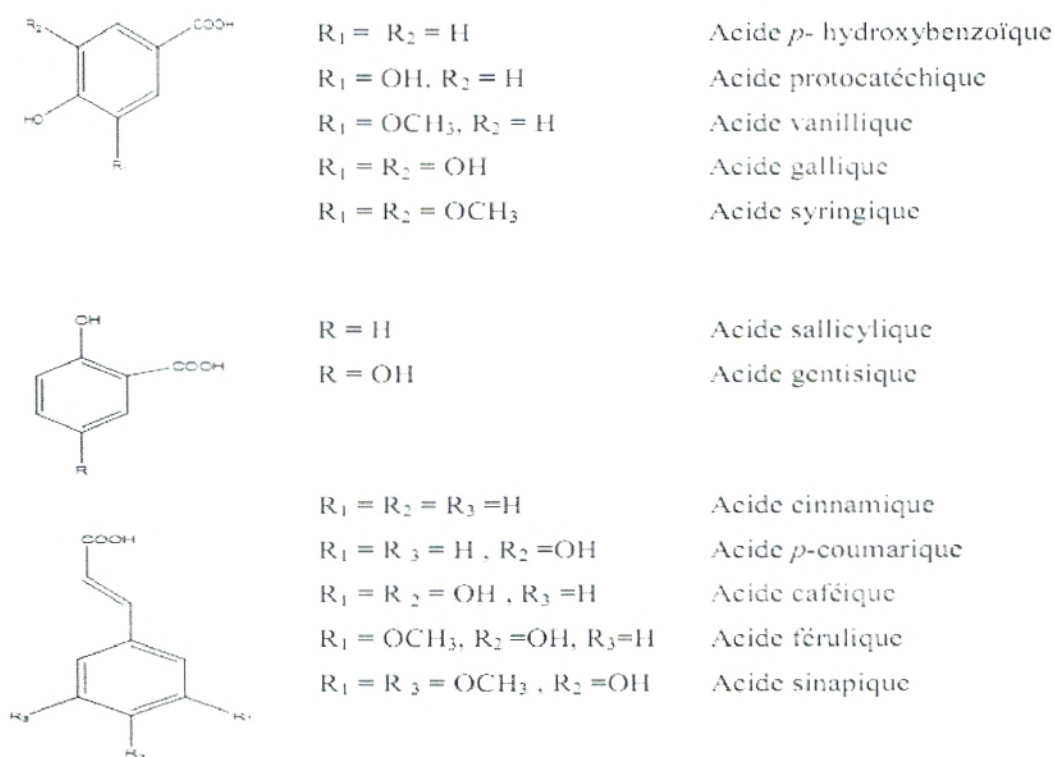


Figure 1. Exemples d'acide phénoliques

Les acides hydroxycinnamiques peuvent exister sous deux formes : diastéréoisomères (présence de la double liaison de la chaîne latérale) : *cis* (*Z*) et *trans* (*E*). Les formes *trans* sont les plus abondantes, car thermodynamiquement plus stables. Les acides hydroxycinnamiques sont naturellement présents associés avec diverses molécules provenant de voies métaboliques différentes. On les trouve sous forme :

- d'esters avec des acides-alcools, dont le plus commun est l'acide quinique. L'acide 5-caféoylquinique est l'acide chlorogénique, composé très répandu dans le règne végétal et l'alimentation;

- d'esters glycosidiques (sucres liés à la fonction acide);
- d'hétérosides (sucres liés à la fonction phénolique).

b- Les flavonoïdes

Le terme flavonoïdes désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Certains sont des pigments quasi-universels des végétaux. Les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes des molécules dont les plus importants sont les flavones, les flavonols, les flavanols, les flavanones, les dihydroflavanols, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les auronnes et les anthocyanes. Ces divers composés se rencontrent à la fois sous forme libre ou sous forme de glycosides. On les trouve, d'une manière très générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organe : racine, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruits (NKHILI, 2009).

Plusieurs milliers de molécules ont été identifiées à ce jour. Ainsi nous en absorbons chaque fois que nous consommons un aliment d'origine végétale. Ils ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones « 2-phényl-1-benzopyrane », constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B), reliés par un cycle pyranique central (Figure 2)(NKHILI, 2009).

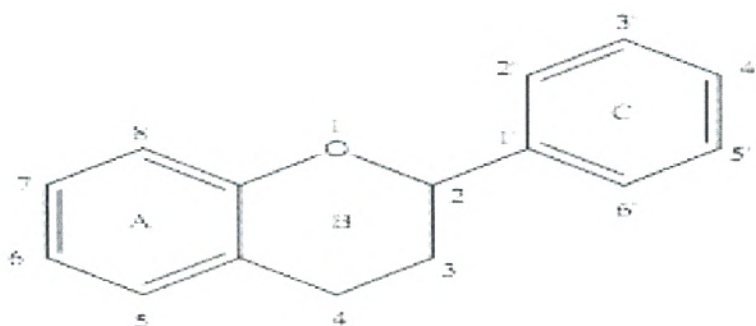


Figure 2. Structure de base des flavonoïdes

Les composés de chaque sous-classe se distinguent par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles libres, méthylés ou glycosylés) sur les deux cycles aromatiques A et B et le cycle central C. La biosynthèse des flavonoïdes se fait à partir d'un précurseur commun, la 4,2',4',6'tétrahydroxychalcone

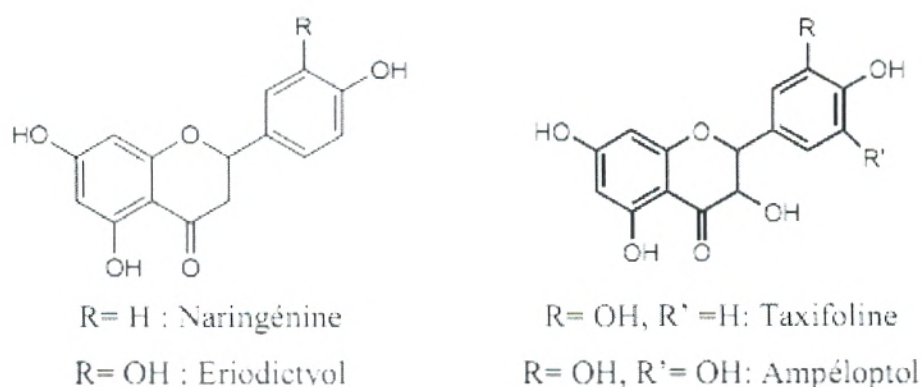


Figure 3 : Structures chimiques des flavanones et flavanonols

c- Tanins :

Ils représentent un groupe hétérogène assez difficile à définir de façon rigoureuse et concise car il n'y a pas de structure chimique de base. Leurs structures chimiques sont en effet variées et rassemblées en famille en fonction d'activités communes.

De ce fait, toute classification chimique des tanins est forcément arbitraire. Cependant, on se réfère souvent à une distinction entre tanins hydrolysables et tanins condensés.

- Tanins hydrolysables : ils sont constitués par une molécule de sucre (le glucose le plus souvent) estérifiée par l'acide gallique ou un de ses dérivés (acide ellagique, chébulique ou valonique). Ils sont facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique.
- Tanins condensés : ce sont des produits de la polymérisation de flavan-3-ols (catéchines) et flavan-3,4-diols (leucoanthocyanidines). Ils sont aussi désignés aussi sous le nom de « tanins catéchiques » et ne sont hydrolysables que dans des conditions fortement acides (**Edwin Haslam., 1996**).

d- Lignines :

Ces composés de haut poids moléculaire contribuent à former, avec la cellulose et les dérivés hémicellulosiques, la paroi des cellules végétales. Ce sont des polymères tridimensionnels résultant de la condensation (copolymérisation) de trois alcools phénylpropéniques. (**Edwin Haslam., 1996**)

3-Importance des polyphénols :

Synthèse bibliographique

Les composés phénoliques jouent un rôle important dans la qualité organoleptique des fruits et légumes, utilisés frais ou après transformation industrielle comme antioxydant.

Les principaux mécanismes d'activité antioxydante sont:

- Le piégeage direct des EOR ;
- L'inhibition des enzymes impliquées dans le stress oxydant et la chélation des traces métalliques responsables de la production des EOR;
- La protection des systèmes de défense antioxydants. Les polyphénols peuvent agir selon ces divers mécanismes(Halliwell, 1994).

4- Propriétés thérapeutiques des polyphénols:

a- Etudes épidémiologiques et propriétés biologiques *in vitro* :

Les propriétés biologiques des polyphénols sont essentiellement établies *in vitro* et découlent de leur activité réductrice (effets anti- voire pro-oxydants) et de leur affinité pour une grande variété de protéines (enzymes, récepteurs, facteurs de transcription).

L'une des premières propriétés reconnue aux flavonoïdes est d'être «veino-actifs» c'est-à-dire ayant la capacité de diminuer la perméabilité des capillaires sanguins et de renforcer leur résistance.

De nos jours, les propriétés des polyphénols sont largement étudiées dans le domaine médical où on leur reconnaît des activités anti-virales, anti-tumorales, anti-inflammatoires, anti-allergiques et anti-cancéreuses. Ils ont également des actions positives sur l'obésité, le diabète, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson. Les catéchines du thé sont des inhibiteurs de l'angiogénèse *in vitro*(NKHILI, 2009).

Les activités biologiques des polyphénols ont souvent été évaluées *in vitro*, avec des protéines purifiées, des extraits cellulaires et des cellules entières en culture. Les propriétés biologiques des métabolites conjugués majoritairement présents dans le sang et les tissus ont en revanche été très peu étudiées, faute de disposer des standards commerciaux.

La signification de ces effets biologiques dans le domaine de la nutrition humaine est encore loin d'être établie d'autant qu'ils mettent presque toujours en jeu les formes natives ou aglycones de polyphénols et non pas les formes conjuguées circulantes. Pour progresser dans la démonstration *in vivo* des effets santé des polyphénols, une meilleure connaissance de la

Synthèse bibliographique

biodisponibilité des polyphénols (leur devenir après absorption éventuelle au travers de la paroi intestinale) et une combinaison d'études cliniques pertinentes est indispensable. Le développement récent de nouveaux outils et méthodes pourrait permettre des avancées importantes dans les années à venir. C'est notamment le cas de la nutriginomique qui vise à mettre en évidence les gènes dont l'expression est régulée (à la hausse ou à la baisse) par les composants de l'alimentation. La difficulté réside ensuite dans l'analyse et l'interprétation de ces données biologiques complexes (NKHILI, 2009).

b- Effet antiallergique :

Ces effets sont attribués à l'influence des flavonoïdes sur la production de l'histamine. En effet, les flavonoïdes inhibent les enzymes, telles que l'AMP cyclique phosphodiesterase et ATPase Ca^{2+} -dépendante, responsables de la libération de l'histamine à partir des mastocytes et des basophiles. Par exemple, l'ATPase Ca^{2+} -dépendante dégrade l'ATP produisant ainsi de l'énergie afin de faciliter l'absorption du calcium par les membranes cellulaires, ce qui favorise la libération de l'histamine stockée dans les vésicules. En inactivant cette enzyme, la quercétine a montré un potentiel d'action supérieur à celui du cromoglycate de sodium utilisé comme médicament en empêchant la libération de l'histamine et d'autres substances endogènes qui causent l'asthme (Di Carlo *et al.*, 1999).

c - Effet anti-inflammatoire :

Sous l'action de la cyclooxygénase et la lipoxygénase, l'acide arachidonique est métabolisé respectivement en prostaglandines et leucotriènes induisant ainsi des phénomènes inflammatoires. Une étude de Landolfi et son groupe a montré que certains polyphénols sont capables de modifier le métabolisme de l'acide arachidonique dans les plaquettes (Landolfi, 1984). Les effets de la quercétine et de la myricétine sont dose-dépendants. A de fortes concentrations, ils inhibent la cyclooxygénase et la lipoxygénase. Cependant, à de faibles concentrations, seule la lipoxygénase est affectée. En revanche, d'autres flavonoïdes tels que l'apigénine et la chrysin agissent principalement sur l'activité de la cyclooxygénase. La phagocytose qui accompagne une infection virale ou bactérienne est suivie d'une production d'espèces oxygénées réactives par les neutrophiles, ce qui va promouvoir l'inflammation. D'une manière générale, les espèces radicalaires, quelles que soient leurs origines, peuvent induire des dommages tissulaires, favoriser le processus de vieillissement, voire être à l'origine de certaines pathologies telles que le cancer et l'athérosclérose (Ward, 1994). Il est

Synthèse bibliographique

intéressant de noter que de nombreux flavonoïdes sont capables de contrer cette production d'espèces oxygénées par les neutrophiles (**Limasset et al., 1993**).

d - Effet anti-ulcéreux:

Dans des expériences réalisées sur des rats, il a été démontré que la quercétine et la naringénine jouent un rôle important dans la réduction de l'ulcère et la protection des cellules gastriques. Il a été suggéré que la quercétine exerce son activité via un mécanisme complexe impliquant la production du mucus, le piégeage des radicaux libres et également l'inhibition de la production leucotriènes (**Di Carlo et al., 1999**).

D'autres études ont permis d'établir une relation étroite entre les propriétés anti-ulcéreuses de la quercétine, la naringénine, la rutine et le kaempférol, et la production de PAF (Platelet Activating Factor) qui est un agent ulcérogène potentiel (**Izzo, 1996**). En effet, il s'est avéré que la réduction des dommages gastro-intestinaux est due probablement à l'inhibition du PAF par ces flavonoïdes.

e - Effet anti-cancéreux :

Présente dans tous les types de thé et en particulier dans le thé vert, la catéchine a montré une activité anti-tumorale (**Bracke et al., 1991**). Une telle activité est attribuée à la capacité de ce flavonoïde à inactiver l'action de la P-glycoprotéine qui est impliquée dans la résistance phénotypique des cellules cancéreuses (**Jodoin et al., 2002**). La croissance cellulaire peut être inhibée également par d'autres mécanismes, à savoir : la stabilisation du collagène, l'altération de l'expression des gènes et la réduction des radicaux libres (**Limasset et al., 1993**). En effet, la catéchine augmente la résistance du collagène (**Scutt et al., 1987**) et inhibe l'activité de la collagénase (**Makimura et al., 1993**). Les flavonoïdes ont montré des effets protecteurs contre les cancers de la prostate, du côlon et du poumon (**Duthicq et al., 2000**).

f- Autres activités biologiques :

Les flavonoïdes peuvent aussi prévenir le développement du diabète en inhibant l'enzyme aldose réductase. **Ong et Khoo** ont rapporté que la myricétine possède un effet hypoglycémiant chez des animaux diabétiques (**Ong et al., 2000**). Certains flavonoïdes peuvent inhiber l'athérosclérose et par conséquent réduire le risque des maladies cardiovasculaires (**Goodarzi et al., 2006**). Les effets anti-viraux des flavonoïdes ont été également démontrés (**Chu et al., 1992**).

g- Propriétés pro-oxydantes des polyphénols :(Kessler *et al.*,2002)

Certains polyphénols particulièrement réducteurs peuvent manifester une activité pro-oxydante en entrant dans des cycles redox qui génèrent des EOR. Par exemple, l'acide gallique est capable de réduire Fe^{3+} en Fe^{2+} , ou Cu^{2+} en Cu^{+} , et ainsi d'enclencher la réaction de Fenton avec formation du radical hydroxyle (**Figure 4**) (Kobayashiet *al.*, 2004). Le peroxyde d'hydrogène nécessaire à la réaction est produit par autoxydation des ions de basse valence. Par leurs effets pro-oxydants, certains flavonoïdes peuvent promouvoir la dégradation oxydante de l'ADN.

La signification biologique de ces effets pro-oxydants est dépendante de la présence d'ions du fer libres, c'est-à-dire non liés aux protéines.

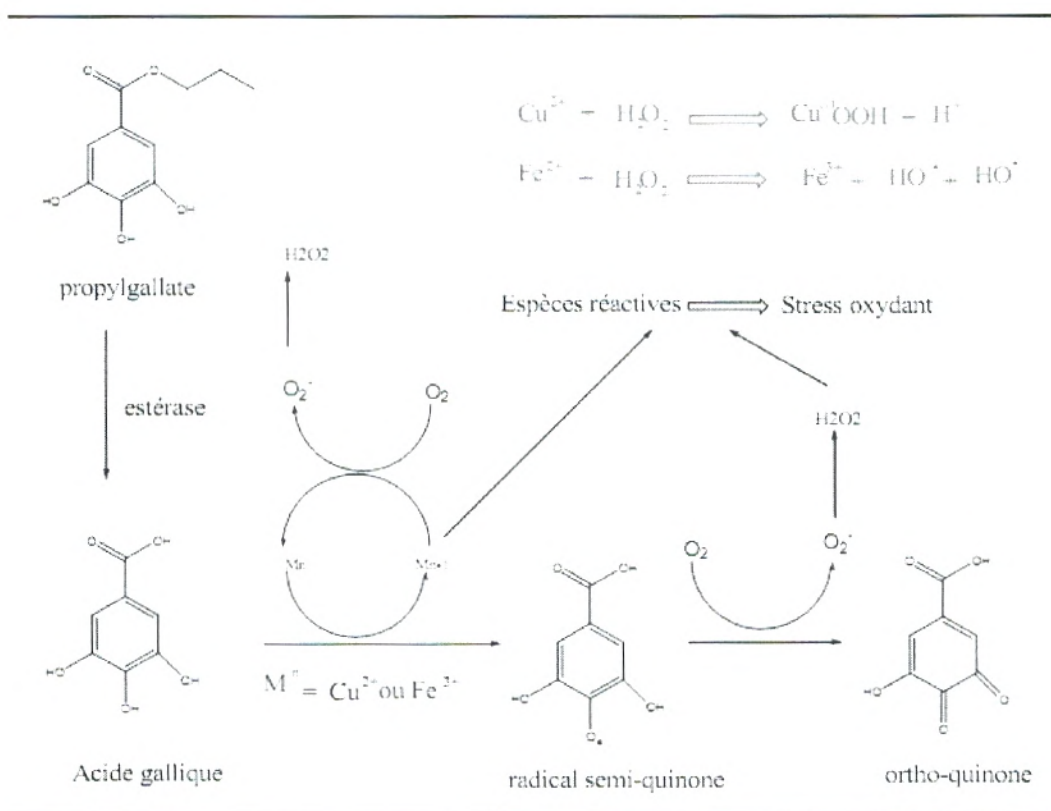


Figure 4 : Mécanisme de formation d'espèces réactives par l'acide gallique, métabolite du propylgallate(Kobayashiet *al.*,2004).

De plus, des effets indésirables ont été rapportés suite à l'administration de doses pharmacologiques chroniques de polyphénols excédant la dose moyenne absorbée *via* l'alimentation (Cook *et al.*, 1996). Ainsi, des cas de défaillance rénale, anémie, fièvre et réaction cutanée ont été relevés pour des doses allant de 1 à 1,5 g de flavonoïdes par jour.

Synthèse bibliographique

5-Rôle et intérêt des composés phénoliques :

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (Fleuriet *et al.*, 2005). Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protègent nos artères contre l'athérosclérose et réduisent la thrombose (caillots dans les artères). Les exemples de quelques composés phénoliques et de leurs activités biologiques sont récapitulés dans le **tableau 2**.

Tableau 2: Propriétés biologiques des quelques poly phénols dans l'organisme.

| Polyphénols | Activités biologiques | Auteurs |
|--|---|---|
| Acides phénols (cinnamiques et benzoïques) | Antibactériennes, antiulcéreuses, antiparasitaires antifongiques, antioxydantes | Sannomiya <i>et al.</i>, 2005 ; Gurbuz <i>et al.</i>, 2009. |
| Coumarines | Protectrices vasculaires, anti-inflammatoires, antiparasitaires analgésiques et anti œdémateuses | Ito <i>et al.</i>, 2005; Smyth <i>et al.</i>, 2009. |
| Flavonoïdes | Antitumorales, antiparasitaires, vaso, dilatoires, antibactériennes, anti carcinogènes, anti-inflammatoires, analgésiques, hypotenseurs, antivirales, diurétiques, ostéogène, antioxydantes, anti-atherogéniques, antithrombotique, anti-allergique | Wollgast, 2000; Hitara, 2009 ; Tripoli, 2007; Li, 2008 ; Rao, 2009 ; Vafeiadou, 2009 ; Sutradhar, 2008 ; Choi, 2009 ; Maurya <i>et al.</i>, 2009 ; Raimundo, 2009 ; Shonet <i>et al.</i>, 2009 |

Synthèse bibliographique

| | | |
|-----------------------------------|--|---|
| Anthocyanes | Protectrices capillaro-veineux, anti oxydant | Bruneton, 1993 |
| Proanthocyanidines | Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, antitumorales, antifongiques et anti-inflammatoires | Masquelier <i>et al.</i>, 1979 |
| Tannins galliques et caté-chiques | Antioxydantes | Okamura <i>et al.</i>, 1993 ; Kubata <i>et al.</i>, 2005 |
| Lignanes | Anti-inflammatoires, analgésiques | Kim <i>et al.</i>, 2009 |
| Saponines | Antitumorale, anticancérigène,... | Nebeling, 2002 |
| Phytostérols | Agent de protection contre l'hormone dépendant du cancer de colons | Nebeling, 2002 |

I- Stress oxydant

1-Stress oxydant- Espèces oxygénées réactives :

En conditions physiologiques, le dioxygène, élément indispensable à la vie, produit au niveau de la mitochondrie des espèces oxygénées réactives (EOR) particulièrement toxiques pour l'intégrité cellulaire. Ces EOR, dont font partie les radicaux libres, sont dotées de propriétés oxydantes qui les amènent à réagir, dans l'environnement où elles sont produites, avec toute une série de substrats biologiques (lipides, protéines, ADN, glucose, ...). Longtemps considérés comme des agents toxiques responsables de dysfonctions et de mort cellulaires, il est actuellement admis que les EOR sont de véritables messagers secondaires impliqués dans l'expression et la régulation des fonctions de prolifération et de mort cellulaire. De plus, ils sont des médiateurs inflammatoires impliqués dans diverses pathologies neurodégénératives ou vasculaires telles que l'athérosclérose ou l'hypertension (**Dhalla,2000**).

Les cellules génèrent divers types d'EOR de réactivités différentes. L'ion superoxyde $O_2^{\bullet-}$ et le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 représentent une classe peu active. $O_2^{\bullet-}$ peut capter un H^+ pour donner HO_2^{\bullet} ($pK_a \approx 5$) qui serait la forme réactive de $O_2^{\bullet-}$ capable d'initier la peroxydation lipidique. $O_2^{\bullet-}$ peut se dismuter en H_2O_2 et O_2 (réaction spontanée ou catalysée par la superoxyde-dismutase), réagir avec NO^{\bullet} pour former l'anion peroxy-nitrite $ONOO^-$, un oxydant puissant, ou réduire les ions de métaux de transition. $O_2^{\bullet-}$ est produit notamment par réduction monoélectronique de O_2 dans les mitochondries, par la NADPH oxydase, une enzyme des macrophages qui participe à la destruction des virus et bactéries, ou par la xanthine oxydase, une enzyme du métabolisme des purines. (**Griendling KK. et coll., 2000**).

Le radical hydroxyle HO^{\bullet} est l'une des espèces chimiques les plus oxydantes et peut attaquer très rapidement la plupart des molécules biologiques. HO^{\bullet} est produit par réduction monoélectronique de H_2O_2 par les ions métalliques de basse valence comme Fe^{2+} ou Cu^+ , libres ou complexés (hème) (réaction de Fenton), (**Yung-Zhong Fang et al.,2002**). Le dioxygène singulet 1O_2 peut être généré par excitation de 3O_2 en présence de photosensibilisateurs mais aussi par des processus chimiques (par exemple, la réaction de H_2O_2 avec ClO^-). 1O_2 est très réactif et peut par exemple s'additionner rapidement sur des doubles liaisons carbone-carbone. Les différents processus de formation des radicaux libres sont schématisés dans la **figure 5**. (**Patel RP. et coll.,2000**).

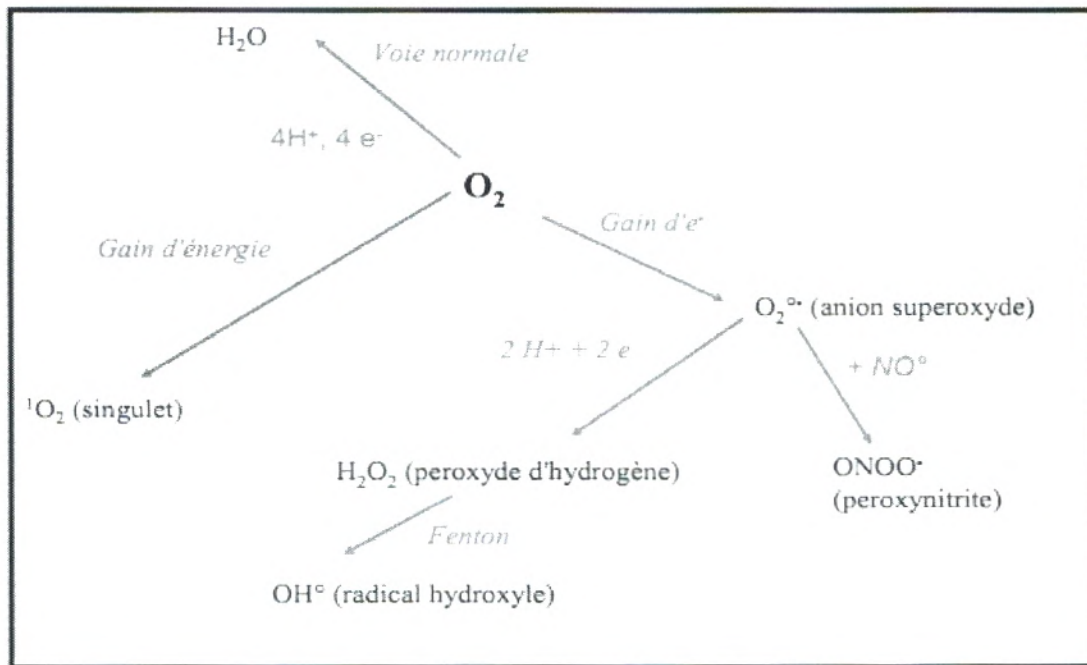


Figure 5 : Formation des espèces oxygénées activées (EOA)

Les EOR sont également générées sous l'effet d'oxydants environnementaux. En effet, la pollution (exemple: oxydes d'azote), l'absorption d'alcool ou de certains médicaments (exemple: catécholamines), l'exposition prolongée au soleil et le tabagisme sont d'autant de situations qui provoquent une surproduction d'EOR dans notre organisme, susceptibles de dépasser nos défenses antioxydantes naturelles (superoxydedismutase, catalase, glutathion peroxydase et autres enzymes antioxydantes), provoquant ainsi des dégâts cellulaires. C'est le stress oxydant. En outre, l'alimentation actuelle n'est pas suffisamment riche en produits végétaux (fruits, légumes et produits dérivés) qui nous apportent une grande variété d'antioxydants (polyphénols, caroténoïdes, vitamines C et E...) qui peuvent agir en complément de nos défenses naturelles. Le stress oxydant peut être d'origine accidentelle comme des inflammations, exposition à des radiations et xénobiotique pro-oxydants, ou génétique (déficit dans l'expression d'enzymes de défense antioxydante). De manière générale, le stress oxydant se définit comme étant le résultat d'un déséquilibre entre la balance des pro-oxydants et les systèmes de défenses (antioxydants), avec comme conséquence, l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour la cellule (**Figure 6**).

L'exposition chronique au stress oxydant peut favoriser l'apparition de cancers et maladies cardiovasculaires. (NKHILI, 2009).

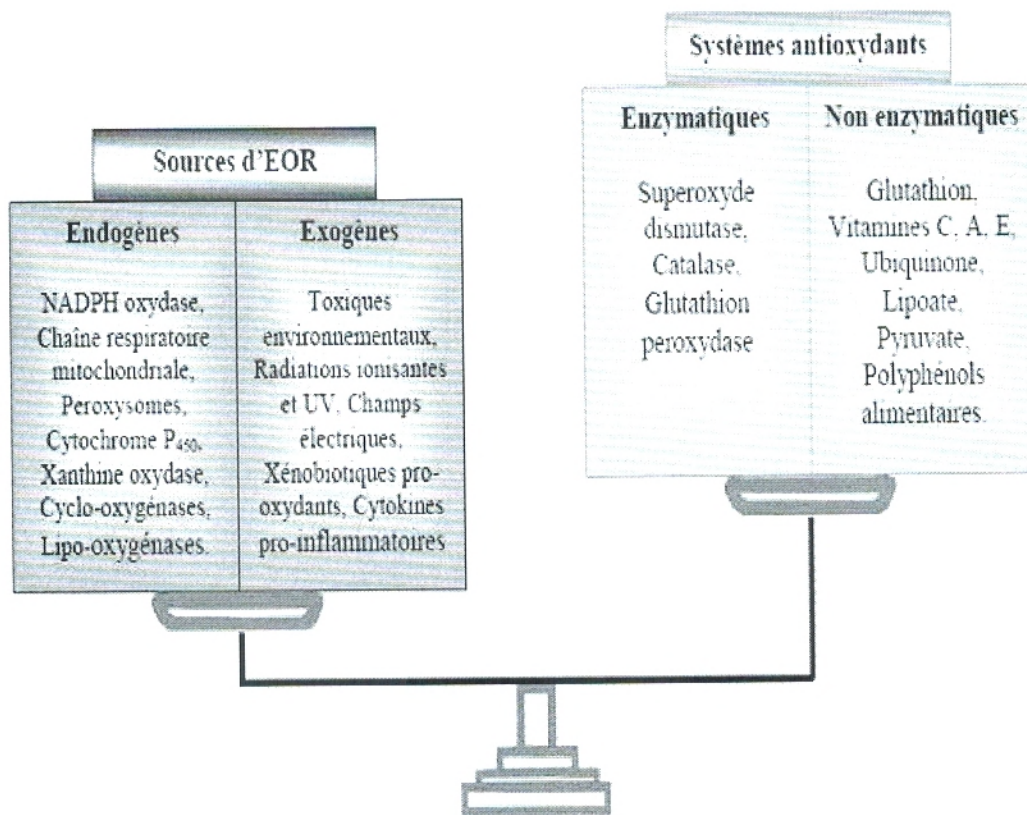


Figure 6 : Déséquilibre de la balance entre pro-oxydant et antioxydant

Chapitre I : matériel biologique

1-Préparation du matériel biologique végétal

Notre choix s'est porté sur une céréale consommée par la population du sud d'Algérie, appartenant à la famille des Poacées (graminées), appelée le « mil perlé » connue sous le nom vernaculaire (Bechna). Les panicules ont été récoltées au stade de maturité d'une exploitation située à la région d'Aougrou (120 Km du nord d'Adrar et 70 Km du sud de Timimoune). Au laboratoire, les grains ont été récupérés par la suite et séchés à l'air libre puis conservés dans des flacons en verre après avoir broyé pour des analyses ultérieures.

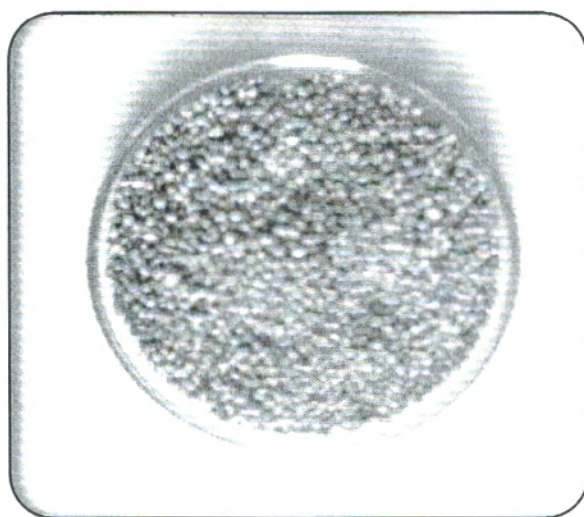


Figure 7 : les grains de millet frais



Figure 8 : les grains de millet broyés

2- Généralités sur le mil :

Le nom commun mil désigne au sens large plusieurs espèces de graminées, dont entre autres *Pennisetum glaucum*, *Eleusine coracana*, *Panicum miliaceum*, *Setaria italica*, *Echinochloa crusgalli* (ICRISAT and FAO 1996, Larousse Agricole 2002).

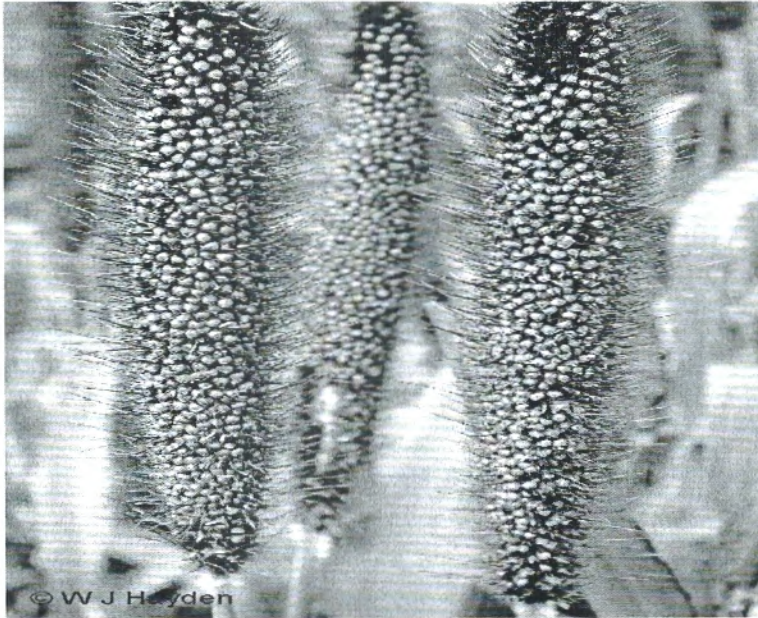


Figure 9 :panicule de millet

Cette espèce est diploïde, avec un génome composé de $2n=14$ chromosomes. Son mode de reproduction est sexué, avec une fécondation principalement allogame et anémophile. Elle a été très probablement domestiquée en Afrique de l'Ouest, puis diffusée en Afrique et en Asie (Oumar *et al.*, 2008). L'aire de répartition actuelle couvre différentes régions du monde; les surfaces cultivées les plus importantes se trouvent au Sahel. Les pays sahéliens comme le Niger, le Nigéria et le Mali constituent, après l'Inde, les plus grands producteurs de mil à l'échelle mondiale (Figure 7).

Tableau 3: Classification botanique du mil.

| Critère botanique | Classification |
|-------------------|----------------------------|
| Règne | Plantae |
| Division | Magnoliophyta |
| Classe | Liliopsida |
| Ordre | Cyperales |
| Famille | Poaceae |
| Sous-famille | Panicoideae |
| Tribu | Paniceae |
| Genre | <i>Pennisetum</i> |
| Espèce | <i>glaucum</i> (L.) R. Br. |

Le mil est connu sous différents noms vernaculaires dans le monde.

français: mil, petit mil, mil perlé, mil à chandelle, mil d'Égypte, penicillaire; anglais: pearl millet, cat-tail millet bulrush millet, spiked millet, candlemillet; Pays Arabes : dochn ou duchn(**Van Damme, 2003**).

***Le mil dans le monde :**

Le mot mil prête à confusion. Certains auteurs regroupent dans les mils les sorghos (plantes essentiellement fourragères) et les 'petits' mils ou millets, plantes généralement destinées à l'alimentation humaine. On réserve habituellement le nom de mil à cette dernière catégorie, appelé souvent encore 'petite céréale' (**De Wet, 1995**). En réalité, ces 'mils' comportent au total neuf genres botaniques.

Parmi ces mils, l'espèce de loin la plus importante est *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., le 'mil à chandelle' ou 'mil pénicillaire'.

En Europe, les mils étaient cultivés pour leurs grains servant à l'alimentation humaine. Ils ont néanmoins progressivement perdu toute leur importance. Mais en Afrique, en Inde et dans d'autres pays de l'Extrême-Orient, le mil a été maintenu en culture et sert toujours à la nourriture de nombreuses populations. C'est une céréale de première importance pour toute la zone sahélienne, ainsi que dans une bonne partie de l'Inde où les rendements mondiaux moyens les plus élevés sont obtenus.

C'est la céréale la plus tolérante à la sécheresse. Elle est cultivée dans des régions où la pluviosité annuelle se situe entre 150 et 800 mm. Sa culture couvrait plus de 33,39 millions d'hectares en 2002, qui se répartissent principalement dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique avec 20,6 millions d'hectares cultivés pour une production de 13,6 millions de tonnes, et de l'Inde où la production du mil atteint 6,15 millions de tonnes sur une superficie de 9 millions d'hectares (**FAO, 2003**).

En Afrique, 70% de la production provient de l'Ouest du continent. Les principaux pays producteurs sont, par ordre d'importance décroissante : le Nigéria, le Niger, le Burkina, le Tchad, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. En Afrique de l'Est, le Soudan et l'Ouganda sont les plus gros producteurs, alors qu'en Afrique australe les cultures traditionnelles et donc celle du mil ont quasiment disparu (**Grema, 2002**).

En Inde, où le mil arrive au quatrième rang des céréales après le riz, le blé et le maïs, sa culture est importante dans les états du Rajasthan, du Gujarat et du Haryana (**Govindan et Russell, 2003**). Comme en Afrique sahélienne, il joue un rôle majeur pour les populations locales dans les régions où les conditions climatiques ne permettent ni au sorgho, ni au maïs, ni au riz de se développer normalement (**Weltzien et al., 1997**).

Le mil a été introduit dans d'autres régions du globe comme les États-Unis (EU), l'Australie, etc. En 1857, le mil est introduit aux EU. Il y constitue vite une plante fourragère appréciée. Il est devenu dans les états du Sud, en particulier en Géorgie, grâce aux excellents travaux de la station de Tifton, la plante fourragère annuelle d'été la plus cultivée (**TJAI, 2003**). Sa culture occupe annuellement en Géorgie près de 40.000 ha. Au Nebraska, il est cultivé pour le grain destiné à l'alimentation des volailles et des porcs (**Weltzien et al., 1997**). Le mil est aussi cultivé dans les pays d'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie, Libye et le Maroc) et en Espagne (**Vietmeyer, 1996**).

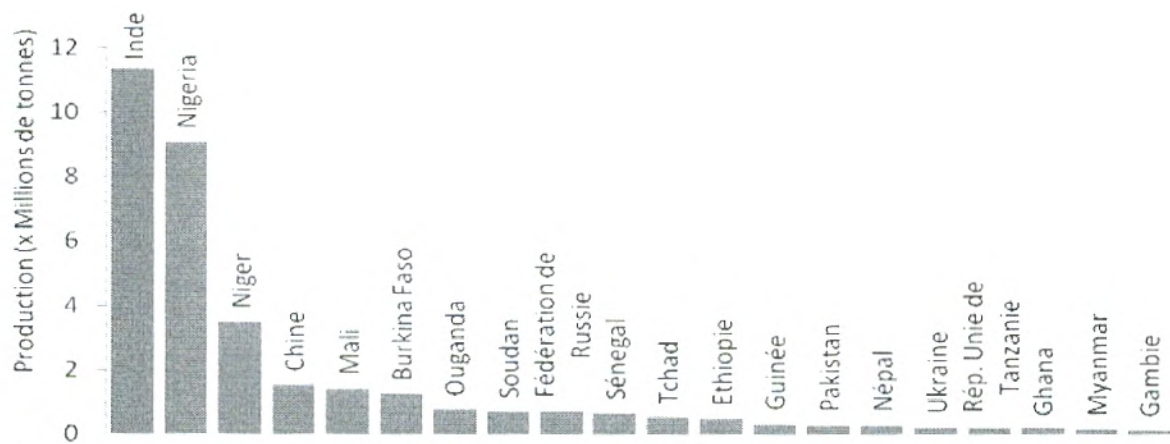


Figure 10: Production mondiale du mil (année 2008). Les vingt premiers pays producteurs sont représentés (**FAO, 2011**).

Le mil a des grains très nutritifs qui se distinguent par des teneurs élevées en protéines, sans tannins et une valeur énergétique plus élevée que le maïs et le sorgho (**Klopfenstein et Hosney, 1995**).

D'après **Singh et al. (1987)** cités par **Rai et al. (1997)**, le grain du mil est constitué de 67% d'amidon, 11% de protéines et 5% de lipides. D'autres constituants chimiques du mil figurent dans le **tableau 2** avec leurs valeurs de concentration moyenne.

Matériel et méthodes

Le millet perlé est une riche source d'énergie (361 kcal/100 g) par rapport à d'autres céréales de consommation courante tels que le blé (346 kcal/100 g), le riz (345Kcal/100g) le maïs (125 kcal/100 g) et le sorgho (349Kcal/100g) selon la valeur nutritive des aliments indiens (NIN, 2003).

La teneur en glucides du mil est de 67,5 g/100 g, selon la valeur nutritive des aliments indiens (NIN, 2003).

La teneur en protéines du mil est comparable à celle du blé (11.6 vs 11.8 g/100g) la valeur Nutritive des aliments indiens (NIN, 2003). Il dispose d'un acide aminé mieux que le sorgho, il est pauvre en lysine, tryptophane, thréonine et les acides aminés contenant du soufre.

Le mil est plus riche en matières grasses (5 mg/100 g, NIN 2003) par rapport à la plupart des céréales ,75% des acides gras sont insaturés (Rooney, 1978), ce qui lui donne une teneur plus élevée en n-3 les acides gras des autres céréales.

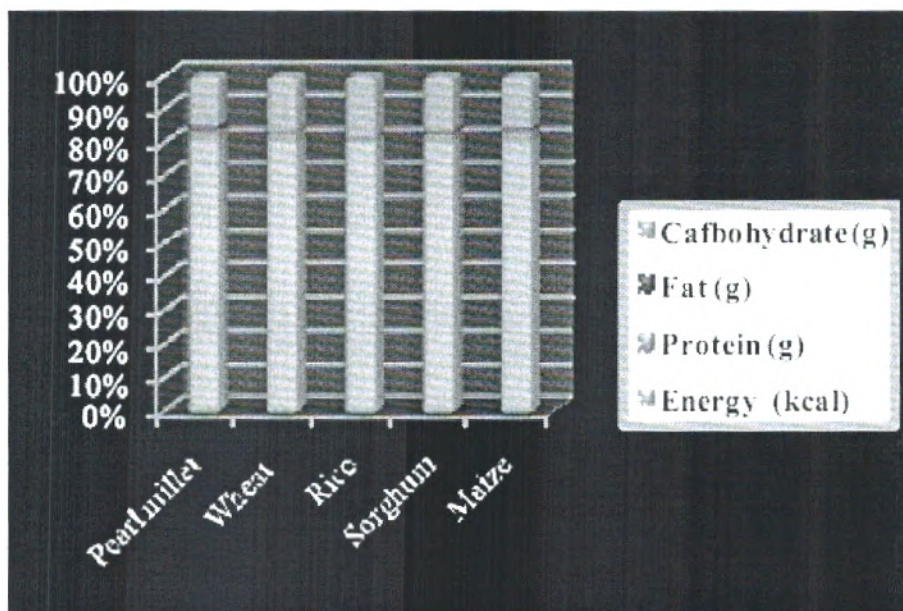


Figure11 : les macronutriments dans le millet en comparaison avec : blé, riz, sorgho et le maïs.

Le millet perlé contient divers micronutriments essentiels nécessaires à l'organisme. La Teneur en minéraux globale du mil est de 2,3 mg/100g qui est élevé par rapport aux céréales de consommation courante.Elle est riche en vitamines B, le potassium, le phosphore, le magnésium, le fer, le zinc, le cuivre etmanganèse (NIN, 2003).

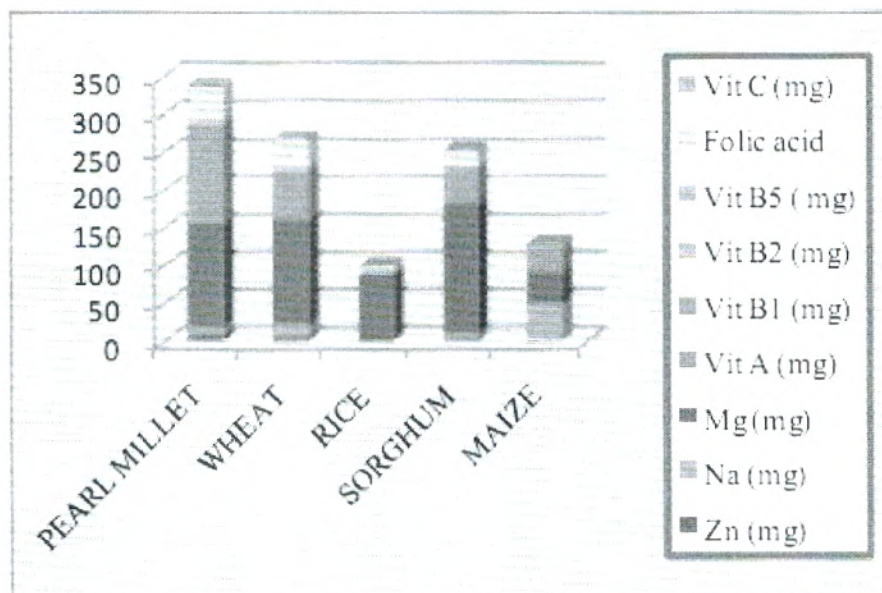


Figure12 : Micronutriments du millet en comparaison avec :blé, riz, sorgho et le maïs.

3-L'effet du mil sur la santé :

Le millet perlé contient une quantité élevée de fer (8mg/100g) et de Zinc (3.1mg/100g), (NIN, 2003) qui peut aider à augmenter le taux d'Hb. Cependant, la présence de plusieurs non-nutriments tels que les phytates et les polyphénols peut diminuer la biodisponibilité du fer.

La teneur élevée en fibres (1.2g/100g) du mil (NIN 2003) peut être largement utilisé pour préparer des aliments sains pour les personnes qui ont besoin d'alimentation riche en fibres, en particulier, il est utile dans l'obésité et le traitement des problèmes de constipation.

Le millet perlé contient niveau élevé de savoir les composés phénoliques antioxydants et peut avoir des propriétés anticancéreuses. (Huang et Ferraro, 1992).

Chandrasekara et Shahidi(2011) ont montré que l'extrait phénolique de millet indigène expose les activités d'inhibition supérieures contre l'oxydation du cholestérol LDL et des liposomes que celle du mil. Ils ont démontré que les grains décortiqués de mil et coques inhibées scission de l'ADN, le cholestérol LDL, l'oxydation des liposomes et de la prolifération des cellules HT-29 d'adénocarcinome

Le mil est une céréale sans gluten est le seul grain ses propriétés alcalines après la cuisson qui est idéal pour les personnes souffrant d'allergie au blé. (www.icrisat.org).

Chapitre II : Méthodes utilisés

1- Détermination du taux d'humidité : (Audigiét *al.*, 1980) :

La détermination du taux d'humidité est réalisée sur les échantillons frais.

a-Principe

La détermination de la teneur en eau a été effectuée par une dessiccation de l'échantillon dans une étuve isotherme de 103 à 105°C jusqu'à une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placés dans un dessiccateur.

b-Mode opératoire

- Les vases de tare ont été séchés à l'étuve pendant 30 min à 103°C avec couvercles inclinés ;
- Après refroidissement dans un dessiccateur durant 20 à 30 min, les vases de tare ont été pesés avec les couvercles (P1);
- Dans chaque vase, 2 g de l'échantillon moulu ont été introduit, l'ensemble a été pesé avec les couvercles fermés (P2) ;
- Après un étuvage de 3 h à 105°C avec couvercles inclinés puis refroidissement dans un dessiccateur pendant 15 min, les vases de tare sont pesés, ensuite ils sont remis à couvercles inclinés dans l'étuve durant 1 h à 105°C ;
- Après refroidissement comme précédemment, les vases de tare sont pesés (P3) ;
- La différence entre deux pesées doit être inférieure à 2 mg, si non l'opération est renouvelée jusqu'à poids constant.

c-Expression des résultats

Le taux d'humidité du millet exprimé en pourcentage est calculé selon la formule suivante:

P1 : masse en g du vase de tare.

P2 : masse en g de la prise d'essai avant séchage.

P3 : masse en g de la prise d'essai après séchage

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = [(P2-P3) / (P2-P1)] \times 100$$

2-Dosages des phénols totaux :(Liyana-Pathirana *et al.*, 2006)

a-Extraction des polyphénols :

Sur agitateur magnétique, laisser pendant 2h, 2g de l'échantillon + 40 mL du mélange MeOH-acétone-eau (7:7:6, V/V/V) ;

Centrifuger à 4000 g durant 20 min.

- Récupérer le surnageant et réextraire le culot avec 40 mL du mélange pendant 2 h ;
- Centrifuger et réunir les deux extraits,
- Si l'échantillon n'est pas dégraissé, faire un dégraissage en mélangeant l'extrait à volume égale avec l'hexane (Chiremba *et al.*, 2012) dans une ampoule à décanter puis récupérer la phase inférieure.
- Evaporer à sec et récupérer l'échantillon avec 6ml de méthanol .

b-Préparation d'une gamme d'étalonnage:

- Dissoudre 3 mg d'acide gallique dans 10 mL d'éthanol ; c'est la solution mère d'une concentration 0,3 mg/mL ;
- A partir de la solution mère préparer 2 mL des concentrations suivantes : (0,21-0,105-0,075-0,06-0,045-0,024) mg/mL en ajustant chaque fois à 2 mL avec EtOH

c-Dosage des polyphénols :(Folin-Ciocalteu, 1927).

La courbe d'étalonnage est tracée (en prenant l'acide gallique comme étalon) dans le but d'être une référence pour le dosage des polyphénols totaux. La gamme d'étalonnage est effectuée de la façon décrite. L'absorbance a été lue au bout de 30 min à 20 °C à 765 nm et la courbe d'étalonnage a été élaborée. 1 mL d'extrait méthanolique de poudre de plante (10 g / L) a été mélangé avec les mêmes réactifs (1 mL de l'extrait + 5 mL Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois) + 4 mL Na₂CO₃ (7,5%)), et après 1h, l'absorbance a été mesurée pour la détermination des composés phénoliques des extraits. La teneur totale des composés phénoliques dans les extraits méthanoliques en équivalents de l'acide gallique (GAE) a été calculée par la formule ci-dessous.

d-Expression des résultats :

$$C = c \times V/m$$

Matériel et méthodes

C : La teneur en phénols totaux (mg d'acide gallique/ g de matière sèche).

c : La concentration de l'acide gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml).

V : Volume de l'extrait méthanolique ou aqueux (ml).

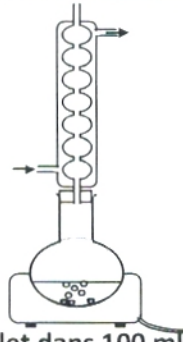
m : Le poids de la matière sèche (g).

3-Dosage des flavonoïdes:(Ardestaniet al., 2007)

a-Extraction des flavonoïdes:(Bekkaraet al., 1998)

Après une décoction de 15 g de millet dans 100 mL MeOH/eau (80/20) pendant 2 h ou 1h30 (3 heures s'il le faut) nous avons filtré avec du coton puis un papier filtre ensuite, nous avons évaporé ensuite la phase organique (MeOH) à 60°C. Les résidus secs obtenus après évaporation du filtrat méthanolique de millet ont été repris dans une ampoule à décanter et épuisés successivement avec d'acétate d'éthyle (AcOEt) et butanol (n-BuOH). Les résidus secs ont été repris dans 6ml de méthanol puis conservés à basse température. Ces derniers étant la phase d'acétate d'éthyle et la phase n- butanol respectivement selon le schéma suivant :

Matériel et méthodes



Faire une décoction de 15 g de millet dans 100 mL MeOH/eau (80/20) pendant 2 h ou 1h30 («3h s'il le faut»)



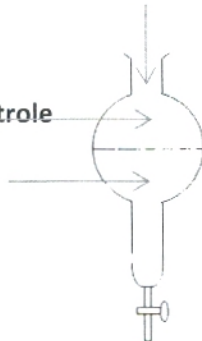
Filtrer avec du coton puis papier filtre

Centrifuger si nécessaire

Evaporer la phase organique (MeOH) à 60°C

Dichlorométhane ou éther de pétrole

Phase aqueuse



Dépigmentation

Eliminer la phase organique et fractionner la phase aqueuse avec l'acétate d'éthyle

Evaporer la phase organique entre 45 et 50°C

Garder la phase organique (le cas échéant pour évaporation ultérieure) et fractionner la phase aqueuse avec n-butanol

Évaporer entre 60 et 70°C et garder la phase aqueuse pour la vérification

NB : évaporer dans des ballons à fond plat ou dans des erlenmeyers

b-Dosage des flavonoïdes:(Ardestani ,et al A., (2007))

Principe :

Les groupements hydroxyles des flavonoïdes forment un complexe avec le trichloride d'Aluminium.

Mode opératoire :

Nous avons pris 700 μ l de l'extrait méthanolique (extrait sec dans 6 mL) ajoutant 2ml de eau distillée ,150 μ LNaNO₂ à 15% après 6minutes on ajoute 150 μ L AlCl₃, 6H₂O à 10% encore 6minutes et on ajoute 2 mLNaOH à 4% ensuite on complète le volume à 5 ml, 15 min à l'obscurité on l'absorbance lu à510 nm contre un blanc. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine par gramme de la matière végétale sèche (mg CEQ/g).

Préparation de l'étalon :

La courbe d'étalonnage a été établie comme suit :

À partir d'une solution mère de catéchine0,4mg/mL, nous avons préparé des dilutions de différentes concentrations : (0,36-0,28-0,2-0,12-0,08-0,04) mg/mL. Puis 500 μ L de chaque concentration a été traitée avec la même procédure décrite ci-dessus pour l'échantillon. Selon le schéma suivant :

Matériel et méthodes

500 μ L (nous avons pris 700 μ L) de l'extrait méthanolique (extrait sec dans 6 mL)



+ 2 ml d'eau distillée



+ 150 μ L NaNO₂ à 15%

6 min

150 μ L AlCl₃, 6H₂O à 10%

6 min

+ 2 mL NaOH à 4%



Compléter le volume à 5 ml

15 min à l'obscurité

Lecture contre un blanc à 510 nm

Expression des résultats :

La teneur en flavonoïdes, est déterminée à partir d'une équation de la régression linéaire déduite de la courbe d'étalonnage et exprimée en milligramme équivalent de catéchine par 100g de matière sèche

Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine par gramme de la matière végétale sèche (mg CEQ/g).

4-Pouvoir antioxydant :

a-Méthode de piégeage du radical libre DPPH :(Sanchez-Moreno *et al.*, (1998))

Principe :

Pour évaluer l'activité antioxydante, nous avons utilisé la méthode du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) selon le protocole décrit par Sanchez-Moreno *et al.*, (1998).

Dans ce test les antioxydants réduisent le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune, le di-phénylpicrylhydrazine, dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons.

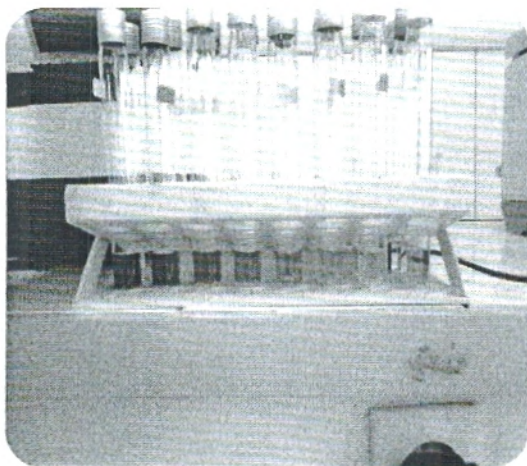


Figure13 : Test du DPPH des extraits méthanolique

Mode opératoire :(Siriratand Jelena,2010)

100 μ l de chaque solution méthanolique des extraits à différentes concentrations ou de standard (acide ascorbique,BHA,BHT) sont ajoutés à 3 ml de la solution méthanolique du

Matériel et méthodes

DPPH (0,004g/100ml). En parallèle, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 100µl de méthanol avec 3 ml de la solution méthanolique de DPPH.

La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 517nm après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à la température 30°C.

Le contrôle positif est représenté par une solution desantioxydants standards : l'acide ascorbique, BHA, BHT dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

b-Expression des résultats :(Siriratand Jelena,2010)

Le pourcentage de réduction du radical libre DPPH est exprimé par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Abs \ c - Abs \ e) / Abs \ c] \times 100$$

Abs c : Absorbance du contrôle

Abs e : Absorbance de l'échantillon testé

Pour chaque extrait nous avons déterminé la valeur EC₅₀ qui est la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du DPPH (**Samarthet *al.*, 2008**).

Résultats et discussion :

1-Taux de la matière sèche :

L'appréciation de la teneur en matière sèche repose sur la détermination du taux d'humidité contenue dans l'échantillon à analyser, cette humidité qui reste un indice très important, donne une idée sur la qualité de notre échantillon, elle accélère la germination et favorise le développement des microorganismes lors du stockage.

L'analyse du taux d'humidité du millet a révélé une faible proportion estimée à 9.81%. A partir de cette valeur nous avons pu déterminer le pourcentage en matière sèche (MS) qui a été estimée à 90.19% d'environ, une valeur très proche à celle déterminée par **Nani (2011)** et **Rahal-Bouziane et al. (2006)** qui a été estimée à 91.18% et 92% respectivement.

D'après **Balland (1907)** cité par **Cerighelli (1955)** le taux d'humidité chez le millet est entre 11% et 14% qui est supérieur à ce qu'on a trouvé, cela est probablement liée à la date de récolte des échantillons.

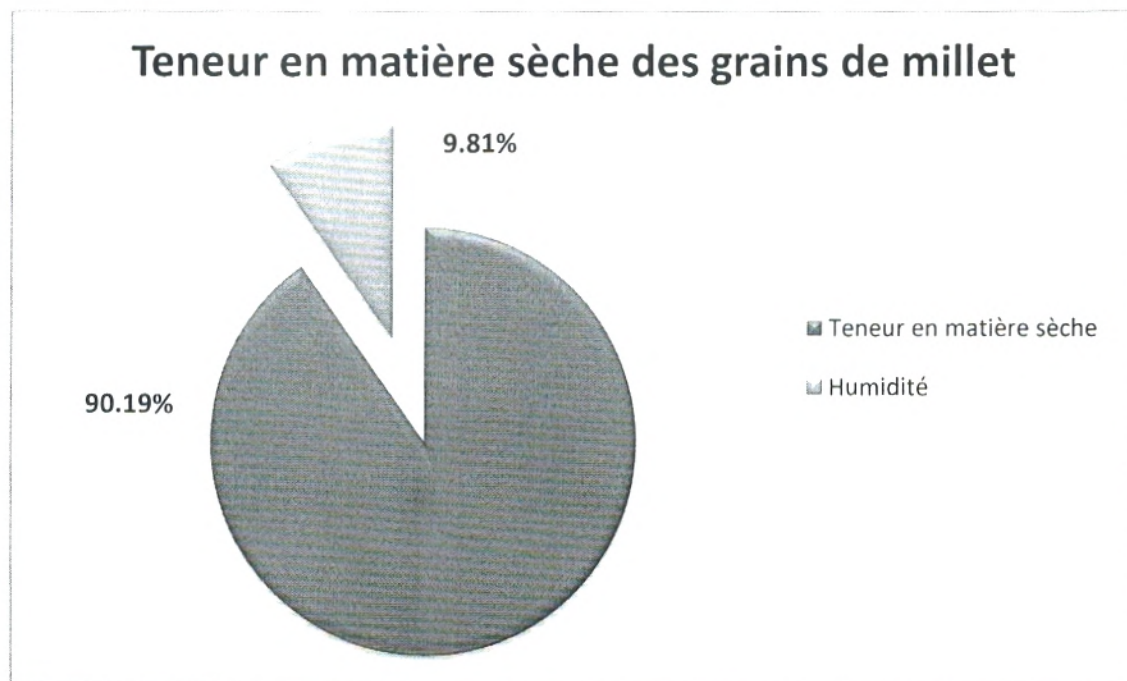


Figure 14: Teneur en matière sèche des grains de millet

2-Teneur en phénols totaux :

Le contact entre le solvant et la matière végétale à analyser a pour but de libérer les polyphénols présents dans les cellules par rupture du tissu végétal est par diffusion (**Hayouni et al., 2007**). Nous pouvons déduire de cela que la productibilité de l'extraction est fonction de la granulométrie, du solvant utilisé mais aussi du type du tissu végétal, en d'autres termes, de la partie étudiée de la plante.

La méthode d'extraction doit permettre l'extraction complète des composés d'intérêt et doit éviter leur modification chimique. L'eau, les mélanges aqueux de l'éthanol, du méthanolet de l'acétone sont généralement utilisés pour l'extraction (**Turkmen et al., 2007**).

Nombreuses études ont montré qu'un solvant à 80% méthanol, est très efficace pour extraire les composés phénoliques et autres substances polaires dans les céréales (**Przybylski et al., 1998 ; Zielinski et Kozłowska, 2000**).

Yu et Dahlgren (2005), soulignent que l'acétone aqueuse est plus efficace que le méthanol aqueux.

Notre choix s'est porté sur la méthode d'extraction de **Liyana-Pathirana et Shahidi (2006)** qui a pour principe de réunir ces deux solvants avec de l'eau. Cette méthode a été adoptée afin d'optimiser l'extraction des polyphénols.

Le dosage des polyphénols totaux du millet a été effectué par la méthode spectrophotométrique au réactif de Folin-Ciocalteu.

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide gallique par milligramme de la matière végétale sèche (mg ACG/g), en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Résultats et Discussion

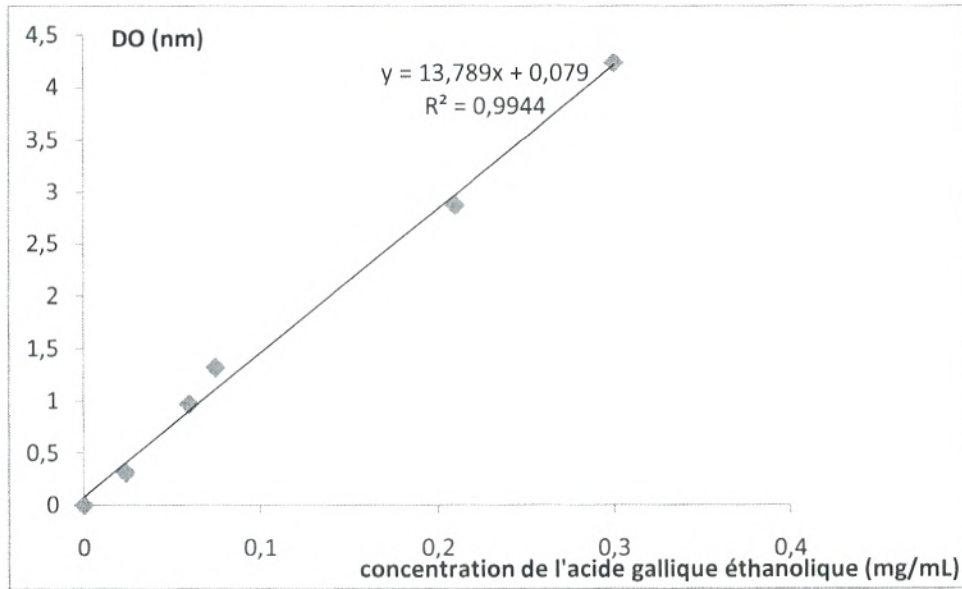


Figure15: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux

Notre étude a révélé une teneur moyenne en polyphénols estimée à 151,4 mg/100 g qui est nettement supérieure à la valeur maximale de 138,7 mg/100 g déterminée par **Ragaee et al. (2006)**. Cette différence est probablement due à la méthode d'extraction car ces derniers ont utilisé comme solvant d'extraction le méthanol à 80%.

Et d'après **Nambiar et al. (2011)** les phénols totaux dans les échantillons crus de millet variaient entre 268,5–420 mg/100g de poids sec selon les espèces étudiées presque deux fois plus que la valeur qu'on a trouvé. Cette différence est probablement liée à la variété et la région.

Cette céréale s'avère être riche en polyphénols comparée à d'autres céréales comme le blé dur, blé tendre, l'orge et le seigle. Tandis que le sorgho est pratiquement quatre fois plus riche en polyphénols que le millet (4,128mg/g) équivalent acide gallique selon le tableau suivant :

Tableau 4 : Comparaison entre les teneurs en polyphénols de quelques espèces de céréales (**Ragaee et al., 2006**).

| Céréales | Phénols totaux en équivalent d'acide gallique (mg/g) |
|------------|--|
| Blé dur | 0,562 ± 0,28.8 |
| Blé tendre | 0,501 ± 0,25.5 |
| Orge | 0,879 ± 0,24.0 |
| Seigle | 1,026 ± 0,16.9 |

Résultats et Discussion

| | |
|--------|----------------|
| Millet | 1,387 ± 0,13.3 |
| Sorgho | 4,128 ± 0,09.3 |

D'après (Bravo, 1998 ; Chauhan *et al.*, 1986) les composés phénoliques sont généralement présents dans les grains de céréales ce qui confirme l'importance nutritionnelle et thérapeutique du millet.

3-Teneur en flavonoïdes:

La raison principale pour laquelle on a choisi cette classe de polyphénols, réside dans le fait que les flavonoïdes constituent la classe polyphénolique la plus importante, avec plus de 5000 composés déjà décrits (Gomez-Caravaca *et al.*, 2006).

De plus Daniel *et al.* (2012) désigne que la teneur en polyphénols spécialement les flavonoïdes dans le millet est très élevée ce qui approuve encore une fois la qualité nutritive de cette céréale.

Selon (Elâgoun, 2003) l'acétate d'éthyle est utilisé pour l'extraction des flavonoïdes aglycones ou flavonoïdes mono O- glycosides et partiellement di-O-glycosides, tandis que le n-butanol est utilisé pour l'extraction des flavonoïdes di-O-glycosides et tri-glycosides et C-glycosides.

Le dosage des flavonoïdes a été effectué par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium (AlCl₃).

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent catéchine par gramme de la matière végétale sèche (mg CEQ/g) en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de la catéchine .

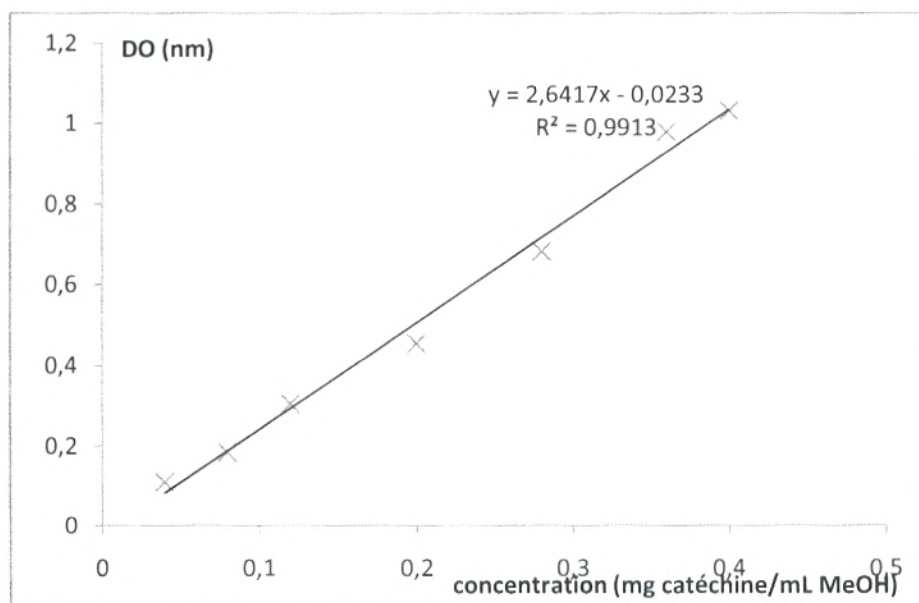


Figure16: Courbe d'étalonnage de la catéchine pour le dosage des flavonoïdes

Après extrapolation sur la courbe d'étalonnage de la catéchine, nous avons trouvé une teneur en flavonoïdes estimée à :

- Phase acétate d'éthyle : 0,16035mg/g de matière humide
- Phase n-butanol : 6,78494mg/g de matière humide

Ces résultats rejoignent ceux trouvés par **Daniel et al. (2012)** qui a trouvé une valeur de 0,9% des flavons dont la tricine, 7-OMe luteolin et acacetin.

La présence de flavonoïdes, comme tricine, acacetin, 3, 4 Di-OMelutéoline, et 4-OMe tricine, indiquer l'efficacité chemopréventive du millet (**Nambiar et al., 2011**).

Des études montrent que La tricine est abondante dans le millet, l'avoine et le blé. La tricine a des effets anticancéreux dans l'intestin inférieur (**Strail et al., 2006**) un effet relaxant sur les muscles lisses des tissus intestinaux, plus des effets antioxydants puissants (**Robert, 2009**), une activité antihistaminique puissante (**Bichoff et al., 1964**).

4-Evaluation du pouvoir antioxydant par la méthode de piégeage du radical libre DPPH

Le radical DPPH• est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**Bozin et al., 2008**).

Résultats et Discussion

L'activité antioxydante des différents extraits de millet vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée spectrophotométriquement en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires (Majhenic *et al.*, 2007).

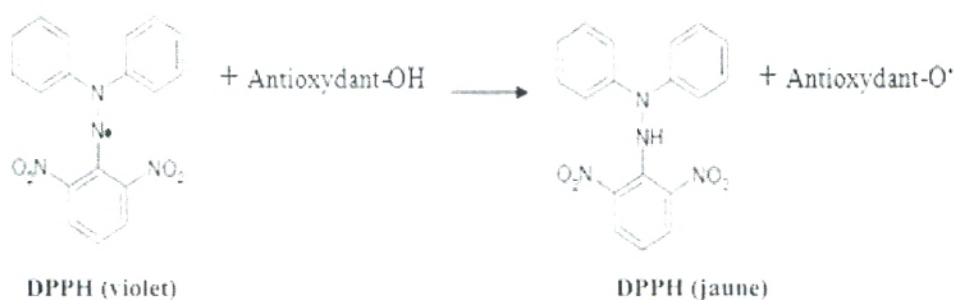
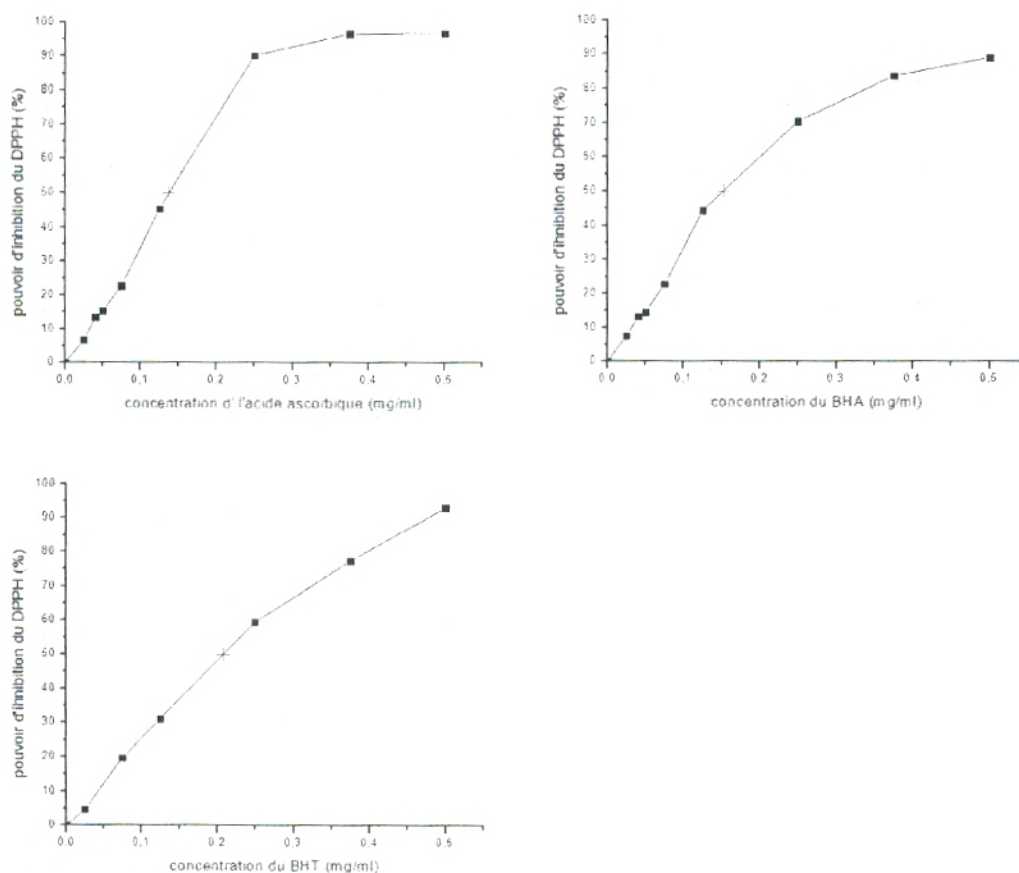


Figure17: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH

Dans cette étude, nous avons choisi d'étudier l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique des polyphénols et deux fractions ; acétate d'éthyle et n-butanol des flavonoïdes de l'espèce étudiée, en comparaison avec l'Acide ascorbique, BHA et BHT.



Résultats et Discussion

Figure 18 : Pouvoir d'inhibition du DPPH (%) par rapports aux concentration (mg/ml) de l'acide ascorbique , BHA et BHT.

Les résultats peuvent être exprimés en tant que : pourcentage de l'activité anti-radicalaire ou en pourcentage de DPPH restant ou peuvent également être exprimés en utilisant le paramètre EC_{50} , qui est défini comme la concentration du substrat qui cause une perte de 50% de l'activité de DPPH (Markowicz *et al.*, 2007).

On déduit que les extraits de polyphénols, flavonoïdes (Phase n-butanol et Phase acétate d'éthyle) de notre échantillon ont des pouvoirs antioxydants selon cette comparaison des EC_{50} : acide ascorbique (0,1375 mg/ml) > BHA (0,1529 mg/ml) > fraction d'acétate d'éthyle de millet (0,1622 mg/ml) > BHT (0,2086 mg/ml) > fraction n-butanol de flavonoïdes de millet (0,8299 mg/ml) > extrait de polyphénols de millet (1,9342 mg/ml).

| L'antioxydant | Acide ascorbique | BHA | BHT | Polyphénols de millet | Flavonoïdes ϕ n-butanol | Flavonoïdes ϕ acétate d'éthyle |
|-----------------|------------------|--------|--------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| EC_{50} mg/ml | 0.1381 | 0.1529 | 0.2086 | 1,9342 | 0,7385 | 0.1622 |

Tableau5 : EC_{50} des extraits méthanoliques du millet en comparaison avec les EC_{50} des antioxydants de références.

Nos résultats exprimés en tant que pourcentage de l'activité anti-radicalaire révèlent que tous les extraits testés ainsi que l'Acide ascorbique, BHA et BHT pris comme références.

Les polyphénols du millet ont un pouvoir d'inhibition de radical libre DPPH atteint 95,1% à une concentration de 6,3mg/ml et commence à diminuer proportionnellement jusqu'à 15% à 0,63mg /ml selon la **figure 17**.

Pour Les flavonoïdes le pouvoir d'inhibition du radical libre DPPH atteint 93,4% à une concentration de 2,26 mg/ml et diminue jusqu'à 9,91% à une faible concentration de 0,11 mg/ml (**figure17**).

Résultats et Discussion

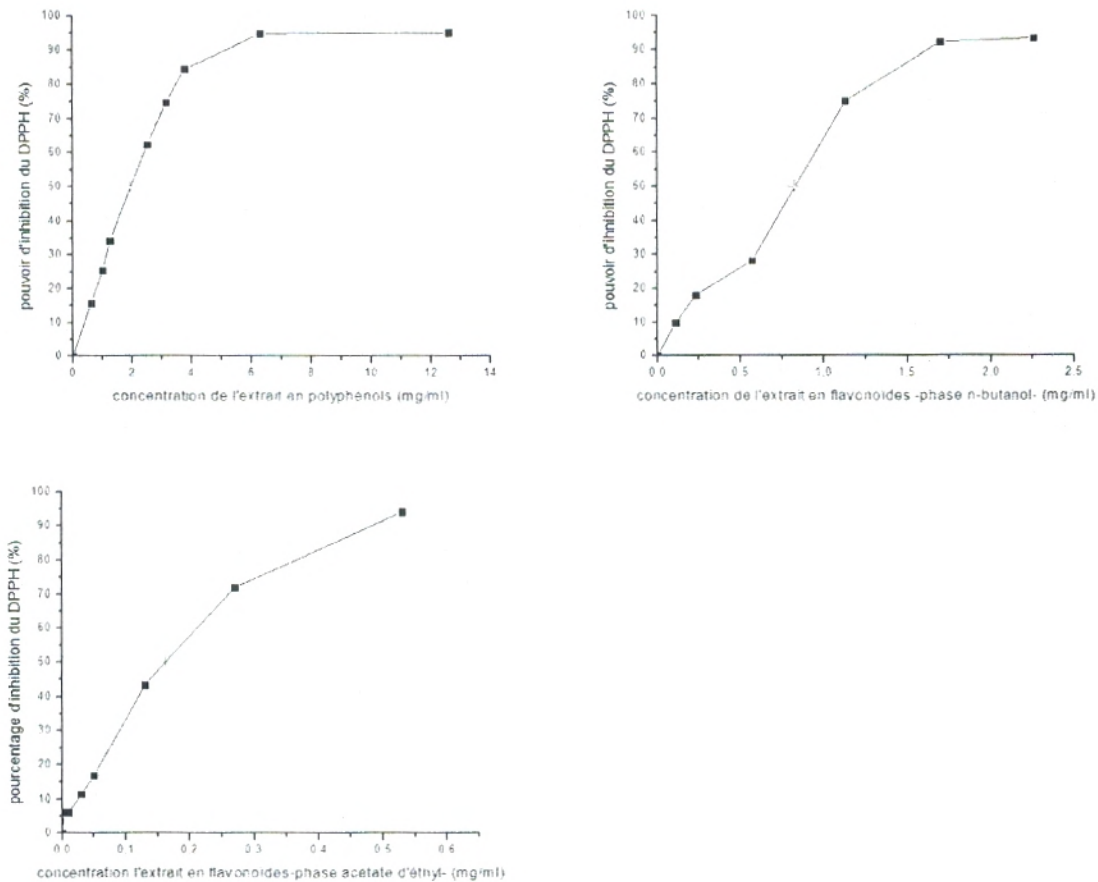


Figure 19: Pouvoir d'inhibition du DPPH(%) par rapport aux concentrations (mg/ml) de polyphénols et flavonoïdes (phase acétate d'éthyle et n-butanol) de millet

Cela ne dévalorise en rien la qualité des polyphénols du millet ; selon **Watanabe (1999)** l'activité antioxydante des phénols de millet et leurs avantages pour la santé ont également été signalés. Par exemple, dans le millet japonais, l'activité antioxydante de la lutéoline est presque égale à celle de la quercétine, mais l'activité de tricine était inférieure à la lutéoline.

Selon les travaux de **Hua li et al. (2008)** sur l'activité anti radicalaire des grains de pépins de raisin (antioxydants de référence) qui ont estimé l' EC_{50} de 3,35-11,8 mg/ml, sachant que l' EC_{50} des polyphénols du millet (1,9342 mg/ml), on peut dire que ces derniers ont un pouvoir antioxydant élevé.

D'autre part **Nambiar et al. (2011)** montrent que La présence de flavonoïdes, comme tricine, acacétin, 3, 4 Di-OMelutéoline, et 4-OMe tricine, indique l'efficacité chemopréventive du millet.

Résultats et Discussion

De plus les flavonoïdes exercent des effets antioxydants plus que la vitamine C, la vitamine E, le sélénium et le zinc. Des études épidémiologiques ont montré que l'apport en flavonoïdes est inversement liée à la mortalité par maladie coronarienne et à l'incidence des crises cardiaques, et que certains flavonoïdes peuvent protéger les LDL de l'oxydation et de prévenir l'athérosclérose. En outre, un grand nombre de plantes médicinales contiennent des flavonoïdes, qui ont été rapportés par de nombreux auteurs comme ayant des actions antibactériennes, anti-inflammatoires, antiallergiques, antimutagènes, antiviraux, anticancéreux, anti-thrombotique, et vasodilatatrices (**Middleton *et al.*, 2000**).

De même les résultats de **Ragae *et al.*, 2006** confirment que le millet a une forte capacité de piégeage du radical libres DPPH dans un laps de temps de 10 minutes néanmoins le sorgho reste l'antioxydant le plus efficace, et ceci selon le tableau ci-dessous :

| Céréales | Capacité de piégeages du radical libres DPPH pendant 10 minutes $\mu\text{mol/l}$ |
|-------------------|---|
| Blé dur | 4.33 ± 0.17 |
| Blé tendre | 4.17 ± 0.17 |
| Orge | 21.00 ± 0.83 |
| Seigle | 12.17 ± 0.50 |
| Millet | 23.83 ± 0.67 |
| Sorgho | 195.8 ± 8.82 |

Tableau 6: Les propriétés antioxydants de farines de blé et de céréales à grains entiers.

Conclusion

La découverte de ressources naturelles du règne végétal reste capitale pour la mise au point de nouveaux remèdes thérapeutiques. Ces dernières années, il y a eu un intérêt croissant pour l'utilisation des antioxydants naturels. De nombreux chercheurs ont été intéressés par les composés biologiquement actifs isolés des extraits de plantes.

La présente étude a porté sur l'espèce *Pennisetum glaucum* (le millet) qui appartient à la famille de *Poacées* (graminées), une des plus importantes familles dans la flore algérienne. Elle a permis de mettre en évidence la présence et l'importance des polyphénols et des flavonoïdes.

Le dosage des phénols totaux de l'extrait méthanolique a révélé une teneur considérable dans le millet (151,4 mg/100g) par rapport à d'autres céréales. D'autre part, le dosage des flavonoïdes a révélé une teneur de 0,16035 mg/g et 6,78494 mg/g de matière humide (phase acétate d'éthyle et phase n-butanol respectivement). Il est à noter que la teneur de la fraction n-butanol de flavonoïdes est largement supérieure à celle de l'acétate d'éthyle.

L'étude du pouvoir antioxydant de nos extraits par la méthode de piégeage du radical libre DPPH s'est montrée modérée dont les valeurs de EC_{50} sont classées dans l'ordre croissant suivant: acide ascorbique (0,1375 mg/ml) > BHA (0,1529 mg/ml) > fraction d'acétate d'éthyle de millet (0,1622 mg/ml) > BHT (0,2086 mg/ml) > fraction n-butanol de flavonoïdes de millet (0,8299 mg/ml) > extrait de polyphénols de millet (1,9342 mg/ml).

On peut donc déduire de cette étude que le millet est riche qualitativement en polyphénols principalement en flavonoïdes, une exploitation de leurs propriétés antioxydantes implique une recherche plus poussée de ses principes actifs.

Un travail complémentaire s'impose en vue de :

- Utiliser diverses méthodes telles que FRAP et Béta carotène pour évaluer le pouvoir antioxydant ;
- Approfondir les études sur d'autres composés (les tannins) et l'étude de leur pouvoir antioxydant ;

Il serait aussi intéressant de tester les différentes molécules isolées (extraits de polyphénols et flavonoïdes) *in vivo* sur différents modèles biologiques, afin de trouver une application thérapeutique des molécules actives isolées.

Références Bibliographiques

- Andrews D.J., J.F. Rajewski & S.C. Mason (1998).** Grain Pearl Millet, A new crop being developed at UNL. Extended vision, January/February 1998 edition. University of Nebraska-Lincoln, <http://ardc.unl.edu/jan98.htm>: 2pp.
- Anoma Chandrasekara and Fereidoon Shahidi (2011).** Bioactivities and Antiradical Properties of Millet Grains and Hulls. *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59, 9563–9571.
- Ardestani, A., Yazdanparast, R. (2007).** Inhibitory effects of ethyl acetate extract of *Teucrium polium* in vitro protein glycoxydation, *Food and Chemical Toxicology*, 45, 2402–2411.
- Audigié CL, Figarelle J, Zons Zani. (1980).** Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris. pp 88-97.
- Bekkara F., Jay M., Viricel M.R. (1998).** Distribution of phenolic compounds within seed and seedlings of two *Vicia faba* cv differing in their seed tannin content, and study of their seed and root phenolic exudation, *Journal Plant and Soil*, 203, 27-36.
- Bichoff EM, Livingston AL, Booth AN. (1964)** Tricin from alfalfa: Isolation and physiological activity. *J. Pharm Sci.* 53, 1411–1412.
- Bloor S. J., (2001).** Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. *Methods Enzymol* 2001;335:3-14.
- Boldi A.M., (2004).** Libraries from natural product-like scaffolds. *Current Opinion in Chemical Biology* 8: 281 - 286.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., Ijic, R. (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae), *Food Chemistry*, 111, 925–929.
- Bracke M., Vyncke B., Opdenakker G., Foidart J.M., De Pestel, G., Mareel, M., (1991).** Effect of catechins and citrus flavonoids on invasion in vitro. *Clin. Exp. Metastasis.*, 9, 13-25.
- Bravo L. (1998).** Polyphenols Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 56, 317-333.

Références bibliographiques

Bruneton J, (1993). Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales. Paris, France: Lavoisier. 278 - 279p.

Cerighelli R. (1955). Cultures tropicales (tome I): plantes vivrières. Librairie J-B. Baillière& Fils, 19, Haute feuille: 635 pp.

Chauhan BM, Sumeja N, Bhatc N. (1986). Nutritional value and fatty composition of some high yielding varieties of bajra. Bulletin of Grain Technology. 21, 41-42.)

Chiremba C., John R.N. Taylor, Lloyd W. Rooney, Trust Beta. (2012). Phenolic acid content of sorghum and maize cultivars varying in hardness. Food Chemistry, 1-8Cook N. C. & Samman S., 1996. J. Nutr. Biochem., 7, 66-76.

Choi H J., Kim J H., Lee CH., Ahn Y J. Song J H., Baek, SH., Kwon DH., (2009). Antiviral activity of quercetin 7- rhamnoside against porcine epidemic diarrhea virus. Antiviral Research 81: 77 - 81.

Chu S.C., Hsieh Y.S., Lin J.Y., (1992). Inhibitory effects of flavonoids on moloney marine leukemia virus reverse transcriptase. J. Nat. Prod. 1992;55:179–183.

De Wet J.M.J. (1995). Minor cereals. Pages 202-207 in J. Smartt & N. W. Simmonds. (éds). Evolution of crop plants. Longman scientific & technical.

Dhalla N.S., Temsah R.M., Netticadan T., (2000) Role of oxidative stress in cardiovascular diseases. J. Hypertens, 18, 655-73

Di Carlo G., Mascolo N., Izzo A.A., Capasso F., (1999). Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. **Life Sci.** 1999;65:337–353.

Dugas, A.J., Castaneda-Acosta, J., Bonin, G.C., Price, K.L., Fischer, N.H., Winston, G.W. (2000). Evaluation of the total peroxy radical-scavenging capacity of flavonoids: structure-activity relationships, Journal Nat Prod, 63, 31-327.

Duraffourd C., Lapraz J-C., Chemli R. ;(1997). La plante médicinale de la tradition à la science. 1er congrès Intercontinental. Tunis. Ed. Granche. Paris, 222.

Duthie G. G., Duthie S. J., Kyle J. A. M., (2000). Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. **Nutr Res Rev.** 2000;13:79–106. 45.

Références bibliographiques

- **Edwin Haslam., (1996).** Natural Polyphenols (Vegetable Tannins) as Drugs: Possible Modes of Action (Citations: 163) . J. Nat. Prod ,59, 205-215.
- **Elâgoun, S. (2003)** (LAMIACEAE) فصل و تحديد منتوج الايض الثانوي الفلافونويدي لنبته طبية تنتمي الى العائلة الشفوية و دراسة التاثير المضاد للبكتيريا شهادة ماجستير قسنطينة
FAO(2003).Pennisetumamericanum(L.)Leeke:<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/DATA/pf000297.htm>
- **Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., (2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes pp 121-216.
- **Folin, O., &Ciocalteu, V. (1927).**On tyrosine and tryptophane determination in proteins. Journal of Biological Chemistry, 27, 627–650.
- **Fukai K., Ishigami T., Hara Y., 1991.** J. Agric. Biol. Chem., 55, 1895-1897
- **Gómez - Caravaca A. M, Gómez - Romero M, Arráez - Román D, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A., (2006).** Advances in the analysis of phenolic compound in products derived from bees. Journal of Pharmacology and Biomedicine Analysis 41: 1220 - 34.
- **Goodarzi M. T., Zali F., Malakooti M., Safari M. R., Sadeghian S., (2006).**Inhibitory Activity of flavonoides on the lenaldosereductase of healthy and diabetic ratsActa.MedicaIranica , 44, 41-45.
- **Govindan A. & C. Russell (2003).**India Grain and Feed Annual 2003. USDA, Global Agriculture Information Network, Foreign Agricultural Service, GAIN Report # IN 3012: 23pp.
- **Grema A.K. (2002).** Productivity of pearl millet-cowpea intercrops in North East Nigeria. Institute of water and environment, © Cranfield University: <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/students/grema.htm>
- **Griending K.K, Sorescu D, Ushio-Fukai M., 2000.** Circ. Res., 86, 494-501.
- **Gurbuz I., Yesilada E., Ito S., (2009).** An anti-ulcerogenic flavonoldiglucoiside from Equisetum palustre L. Journal of Ethnopharmacology 121: 360 -365.
- **Halliwell B.(1994).**Free radicals and antioxidants: A personal view. **Nutr.Rev.** 1994;52:253–265.

Références bibliographiques

Harborne J.B., (1980). Plant Phenolics: Encyclopedia of Plant Physiology, New series, vol 8, 329-402.

Hayouni, E.A, Abedrabba, M ., Bouix, M., Hamdi, M., (2007).The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. Food Chem. (in press).

Hitara T., Fujii M., Akita K., Yanaka N., Ogawa K., Kuroyanagi M., Hongo D., (2009). Identification and physiological evaluation of the components from Citrus fruits as potential drugs for anti-obesity and anticancer. Bioorganic & Medicinal Chemistry 17: 25-28.

Hua Li, Xiaoyu Wang, Peihong Li, Yong Li, Hua Wang (2008). Comparative Study of Antioxidant Activity of Grape (*Vitis vinifera*) Seed Powder Assessed by Different Methods. Journal of Food and Drug Analysis, 16 (6), 67-73.

Huang, M. T., and Ferraro, T., (1992). Phenolics compounds in food and cancer prevention. In: Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II, ACS Symposium Series, 507, 8-34.

ICRISAT and FAO (1996). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics; Food and Agriculture Organization of the United Nations. The world sorghum and millet economies: facts, trends and outlook.

Ito C., Itoigawa M., Onoda S., Hosokawa A., Ruabgrungsi N., Okuda T., Tokuda H., Nishino H. Furukawa H., (2005). Chemical constituents of *Murrayasia mienensis*: three coumarins and their anti-tumor promoting effect. Phytochemistry 66: 567 -572.

Izzo A.A., (1996). . PAF and the digestive tract Rev. J. Pharm. Pharmacol., 48, 1103-1111.

Jodoin J., Demeule M., Béliveau R., (2002). Inhibition of the multidrug resistance p-glycoprotein activity by green tea polyphenols. J. Biochem. Biophys. Acta, 1542, 149-159..

Kessler M., Ubeau G., Jung L. (2002). Anti- and pro-oxidant activity of rutin and quercetin derivatives J. Pharm. Pharmacol, 55, 1-11.

Kim J Y., Lim H J., Lee D Y., Kim D H., Jeon R., Ryu J H., (2009). In vitro anti-inflammatory activity of lignans isolated from *Magnolia fargesii*. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 19: 937 -940.

Références bibliographiques

Klopfenstein C.F. & R.C. Hoseney(1995).Nutritional properties of sorghum and the millets.Pages 125-169 in David A V Dendy (éds). Sorghum and millets chemistry and technology. American association of cereal chemists, Inc. St Paul, Minnesota, USA.

Kobayashi H., Oikawa S., Hirakawa K. Kawanishi S., (2004). Metal-mediated oxidative damage to cellular and isolatedDNA by gallic acid, a metabolite of antioxidant propyl gallate.

Kubata BK., Nagamune K., Murakami N, Merkel P., Kabututua Z., Martin SK., Kalulug TM., Mustakuk H., Hoshida M., Ohnishi-kameyama M., Kinoshita T., Duszenko M., Uradea Y., (2005). Kola acuminata proanthocyanidins: a class of anti-trypanosomal compounds effective against trypanosome brucei. International Journal for Parasitology 35: 91- 103.

Landolfi R., Mower R.L., Steiner M., (1984).'Modification of platelet function and arachidonic acid metabolism by bioflavonoids', **BiochemPharmacol**, **33.1525- 1530**.

Larousse Agricole (2002). Direction: Marcel Mazoyer. Edition Larousse, Montréal, Québec, 2002; p. 419-420.

Li F., Awale S., Tezuka Y., Kadota S., (2008). Cytotoxic constituents from Brazilian red propolis and their structure- activity relationship. Bioorganic & Medicinal chemistry 16: 5434 - 5440.

Limasset B., Doucen C., Dore J. Ch., Ojasoo T., Damon M., de Paulet A. C., (1993).Effects of flavonoids onthe release of reactive oxygen species bystimulating human neutrophils: multivariate analysis of structure-activity relationships Biochem. Pharmacol., 46, 1257-1271.

Liyana-Pathirana, C. M., &Shahidi, F. (2006).Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 1256–1264.

M. Daniel., MammenDenni .,DipaChauhan(2012). Polyphenols, phospholipids and fixed oil composition of pearl millet [Pennisetumglaucum (L.) R. Br.] ,International Journal of Pharmacy &Life Sciences ,1.

Macheix J.J., Fleuriet A., Sarni-Manchado P., (2006). Les Polyphénols en agroalimentaire, Lavoisier, 1-28.

Majhenic L., kerges M.S., Knez Z. ;(2007).Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. Food Chemistry, 104, 1258–1268.

Références bibliographiques

Makimura M., Hirasawa M., Kobayashi K., Indo, J., Sakanaka S., Taguchi T., Otake

Markowicz Bastos, D. H., Saldanha, L. A., Catharino, R. R., Sawaya, A.C.H. F., Cunha, I B.S., Carvalho, P. O. Eberlin, M. N. (2007). Phenolic Antioxidants Identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green Tea (*Cameliasinensis*) Extracts. *Molecules*. 12: 423-432.

Masquelier J, Dumon M et Dumas J, (1979). Stabilisation des collagènes par des oligomères procyanidoliques. *Acta thérapeutique* 1, 101-104 p.

Maurya R, Gupta P, Chand K, Kumar M, Dixit P, Singh N, Dube A., (2009). Constituents of *Tinosporasinensis* and their antileishmanial activity against *Leishmaniadonovani* 23: 1134-43.

Middleton E Jr, Kandaswami C, Theoharides T (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol. Rev.* 52, 673-751.

Muanda N. F., Koné D., Dicko A., Soulimani R., Younos C., (2009). Phytochemical composition and antioxidant capacity of three Malian Medicinal plant parts. *ECAM* doi:10.1093/ecam/ nep109: 1 - 8.

Muta. Res., 558, 111-120.

Nambiar VS (2011). Pearl millet project-Gujarat-Mid term result dissemination seminar. Palanpur. Banaskantha. 2011 18-19 April.

Nani A., (2011). Etude de quelques effets métaboliques de millet « pennisetum glaucum » chez des rats diabétiques, pp 35 .

Nebeling L., (2002). Phytochemicals, the color of a Healthy Diet. Health Promotion Research Branch National Cancer Institute, Maryland.

Newman D.J., Cragg G.M., Snader K.M., 2003. Natural products as sources of new drugs over the period 1981 – (2002). *Journal of Natural Products* 66: 1022 - 1037.

NIN., (2003) .Nutritive value of Indian Foods, Ed Gopalan and Deosthale, National Institute of Nutrition, Hyderabad, Okamura H, Mimura A, Yakou Y, Niwano M, Takahara Y, 1993.

Références bibliographiques

Antioxidant activity of tannins and flavonoids in *Eucalyptus rostrata*. *Phytochemistry* 33: 557-561.

NKHILIEz-zohra,(2009). Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant .Thèse Doct.Université Caid Ayyad –Faculté des sciences Semlalia -

Ong K.C., Khoo H.E.,(2000). Effects of myricetin on glycemia and glycogen metabolism in diabetic rats *Life Sci.*, 67, 1695-1705..

Oumar I, C Mariac, JL Pham, and Y Vigouroux (2008). Phylogeny and origin of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L] R. Br.) as revealed by microsatellite loci. *Theor Appl Genet* 117: 489-497.

Patel R.P., Moellering D., Murphy-Ullrich J., Jo H., Beckman J.S., Darley-Usmar V.M., 2000 *Free Radical. Bio. Med.*, 28 , 1780-1794.

Przybylski R, Lee YC, & Eskin NA. (1998). Antioxidant and radical scavenging activities of buckwheat seed components. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 75: 1595–1601.

Ragace S, El-Sayed M, Abdel-Aal & Maher N. (2006). Antioxydant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food chemistry*, 98: 32-38.

Ragace S., El-Sayed M. A-A, Noaman M.,(2006) .Antioxydant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 98 (2006) 32–38.

Rahal-Bouziane H, Mossab-Bouaboud K, Kharsi M. (2006). Fourrages Cultivés des oasis du Touat, Gourara et Tidikelt : caractéristiques ethnobotaniques, morphologiques et valeur alimentaire. pp39.

Rai K.N., S. Appa Rao & K.N. Reddy (1997). Pearl millet. Pages 243-258 in D. Fucillo, L. Stapleton (éds), *Biodiversity in trust*. Cambridge University Press.

Raimundo N., Shadel G S., (2009). A “radical” mitochondrial view of autophagy related pathology. *Aging Journal* 1: 354 - 356.

Références bibliographiques

Rao Y K., Fang S H, Hsieh S C, Yeh T H, Tzeng Y M., (2009). The constituents of *Anisomelesindica* and their anti-inflammatory activities. *Journal of Ethnopharmacology* 121: 292 - 296.

Références bibliographiques:

Robert. Seven potent natural cures in your kitchen. *Natural Cures report* (2009).

Rooney, L.W.,(1993). Sorghum and pearl millet lipids. *Cereal Chemistry*, 1978, 55: 584–590.
S.,1993. *J. Periodontol*, 64, 630-636.

Samarth R.M., Panwar M., Soni A., Kumar M., Kumar A.:(2008).Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extract *Food Chemistry*, 106, 868-873.

Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura-calixto F. ; (1998).A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols.*Journal Sci. Technology International*, 8, 121-137.

Sannomiya M., Fonseca V B., Da silva M A., Rocha LRM. Dos Santos L C, Hiruma-Lima C A., Britoc A R M S, Vilegas W., (2005). Flavonoids and antiulcerogenic activity from *Byrsonimacrassa* leaves extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 1- 6.

Scutt A., Meghji S., Canniff J.P., Harvey W. ,(1987).**Stabilisation of collagen by betel nut polyphenols as a mechanism in oral submucous fibrosis.***Experientia.*, 43, 391- 393

Shahidi F., Naczk M. (2004). Phenolics in food and nutraceuticals. Boca Raton, FL: CRC press. pp. 1–82.

Shon H Y, Son K H, Kwon C S, Kang S S. ,(2004). Antimicrobial and cytotoxic activity of 18 prenylated flavonoids isolated from medical plants: *Morusalba* 229 *EchinosopharakoreesisNakai*. *Phytomedecine* 11: 666 - 672.

Singh S.D., S. Ball & D.P. Thakur (1987).Problems and strategies in the control of downy Mildew.Pages 161-172 in J.R. Witcombe& Seth R.Beckerman (éds). *Proceeding of the international pearl millet workshop*.ICRISATPatancheru, Andra Pradesh 502 324, India.

Sirirat Dand Jelenap.(2010).bacterial inhibition and antioxidant avtivity of kefir produced from thajasmin rice milk. *Asian network for scientific information.biotechnology* 9(3). 332-337 .

Références bibliographiques

Smyth T; Ramachandran V. N.; Smyth W. F., (2009). A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *International journal of antimicrobial agents* 33: 421 - 426.

Strail P, Klejdus B, Kuban V. (2006). Determination of total content of phenolics compounds and their antioxidant activity in vegetables— Evaluation of spectrophotometric methods. *J. Agric. Food Chem.* 54, 607–616.

Sutradhar R K., Rahman A K M., Ahmad M U., Bachar S C., (2008). Bioactive flavones of *Sidacordifolia*. *Phytochemistry Letters* 1: 179 - 182.

Thomas Jefferson Agricultural Institute (TJAI) (2003). Pearl Millet A New Grain Crop Option for Moisture Limited Conditions, <http://www.jeffersoninstitute.org/overviews/millet.shtml>: 7pp.

Tripoli E., Guardia M L Giammanco S. Di Majo D. Giammanco M., (2007). Review Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: *Food chemistry* 104: 466 - 479.

Turkmen, N., Velioglu, Y. S, Sari, F., Polat, G. (2007). Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules.* 12:484-496.

Vafeiadou K., Vauzour D., Lee H Y., Rodriguez- Mateos A., Williams R. J., Spencer JPE., (2009). The citrus flavonone naringenin inhibits inflammatory signaling in glial cells 3 and protects against neuroinflammatory injury. *Archives of Biochemistry and Biophysics* doi: 10.1016/j.abb.

Van Damme P., (2003). Communication personnelle. Laboratoire* tropical and subtropical Agriculture and Ethnobotany*. Fakulteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Vakgroep Plantaardige Productie. Coupure links 653 B-9000 Gent België, E-mail: Patrick.VanDamme@ugent.be.

Vanisha S Nambiar, Neha Sareen, Mammen Daniel, Erick B Gallego., (2012). Flavonoids and phenolic acids from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) based foods and their functional implications, *Functional Foods in Health and Disease*, 252 of 264.

Références bibliographiques

Vietmeyer N.D.,(1996). Lost crops of Africa. National academy press Washington, D.C. volume 1, Grains: 329pp.

Ward J., (1994). . Free Radicals, antioxidants and preventive geriatrics.Austr.J. Physic., 23, 1297-301

Watanabe, M. (1999).Antioxidative phenolic compounds fromJapanese Barnyard Millet (Echinochloautilis) grains. Journal ofAgricultural and Food Chemistry, 47, 4500–4505.

Weltzien R.E., M.L. Whitaker & M. Dhamotharan(1997).Diagnostic Methods for breeding pearl millet with farmers in Rajasthan. IDRC: Ressources, Books, Catalogue. Using diversity: 11pp.

Wollgast J., Anklam E., (2000). Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identi@cation and quanti@cation. Food Research International 33: 423 - 447.

www.icrisat.org.

Yu Z et Dahlgren R.A. (2005).Evaluation of methods for measuring polyphenols in copper foliage.*J. Chem. Ecol.* 26: 2119-2140.

Yung-Zhong Fang, Sheng Yang, Guoyao Wu, (2002). . Free radicals, antioxidants, and nutrition (Citations: 379) *J. Nutr.*, 18, 872-879

Yusuf Y., (2006). Catechins in foods.*Trends Food Sci. Tech.*,17, 64-71.

Zielinski H,&Kozłowska H. (2000).Antioxidant activity and total phenolics in selectedcereal grains and their different morphological fractions.*Journal of Agricultural andFoodChemistry*, 48: 2008–2016.

Résumé :

L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause, en raison des risques toxicologiques potentiels. Désormais, de nouvelles sources végétales d'antioxydants naturels sont recherchées.

Notre travail vise à étudier le pouvoir antioxydant des polyphénols et flavonoïdes extraits d'une espèce végétale à savoir : le millet (*Pennisetum glaucum*).

Après avoir effectué des extractions sélectives des polyphénols et des flavonoïdes nous avons procédé à leurs dosages. Les teneurs ont été estimées à 151,4 mg/100 g pour les polyphénols totaux et 16,035mg/100g (phase acétate d'éthyle) 678,494mg/100g (phase n-butanol) pour les flavonoïdes. Dans une dernière étape nous avons testé *in vitro* leurs activités antioxydantes puis nous avons réalisé une comparaison des différentes EC₅₀ avec des antioxydants de références, les résultats obtenus étaient selon l'ordre suivant : l'Acide ascorbique >BHA>flavonoïdes (phase acétate d'éthyle) >BHT>flavonoïdes(phase n-butanol)> polyphénols. On peut donc considérer que le millet est une bonne source d'antioxydants naturels.

Mots-clés: millet, polyphénols, flavonoïdes, pouvoir antioxydant, DPPH.

Summary:

The use of synthetic antioxidant molecules is currently challenging because of potential toxicological risks. Now, new plant sources of natural antioxidants are sought.

Our work aims to study the antioxidant polyphenols and flavonoids extracted from a plant species namely millet (*Pennisetum glaucum*).

After making selective extraction of polyphenols and flavonoids we conducted dosages. their contents were estimated at 151.4 mg/100 g for total polyphenols and 16.035 mg/100g (ethyl acetate phase) 678.494 mg / 100g (Phase n-butanol) for flavonoids. Dans a last step we tested their *in vitro* antioxidant activities and we made a comparison of different EC₅₀ with antioxidant references, the results were in the following order: the ascorbic acid> BHA> flavonoids (ethyl acetate phase)> BHT> flavonoids (Phase n-butanol)> polyphénols. We can therefore be considered as millet is a good source of natural antioxidants.

Keywords: millet, polyphenols, flavonoids, antioxidant capacity, DPPH.



استخدام الجزيئات المضادة للأكسدة الاصطناعية يمثل تحديا في الوقت الراهن بسبب المخاطر السمية المحتملة. حاليا وسعت مصادر نباتية جديدة من مضادات الأكسدة الطبيعية.

يهدف عملنا لدراسة مادة البوليفينول المضادة للأكسدة ومركبات الفلافونويد المستخرجة من الأنواع النباتية وهي الدخن (*Pennisetum glaucum*).

بعد إجراء استخراج انتقائية من البوليفينول والفلافونويد أجرينا فحوصات الخاصة بهم . وقدرت المحتوى الإجمالي للبوليفينول و الفلافونويد

على الترتيب. 151.4مغ/100مل و 678.494مغ/100مل (بيوتانول-Nالمرحلة) 16.035مغ/100مل (المرحلة خلات الإيثيل)

في الخطوة الأخيرة اختبرنا في الأنشطة المضادة للأكسدة المختبر، ونحن إجراء مقارنة EC₅₀ من المواد المضادة للأكسدة المختلفة .

< كانت النتائج في الترتيب التالي حامض الاسكوريك < BHA < مركبات الفلافونويد إيثيل المرحلة خلات < BHT < مركبات الفلافونويد بيوتانول-N. البوليفينول

ولذلك يمكن أن نعتبر أن الدخن هو مصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية

DPPH

كلمات البحث الدخن، البوليفينول، الفلافونويد، ومضادات الأكسدة