



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : de Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie & santé

Intitulé :

---

## ***Effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale***

---

Présenté et soutenu par : **BENARIBA Yousra Zohra Eddine**

**NIGHOUD Fouzia**

**Le : 15 /06/2015**

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** *M<sup>me</sup> AMEDAH. S* (Prof - Université des Frères Mentouri Constantine)

**Rapporteur :** *M<sup>me</sup> TOUR. H* (MA - Université des Frères Mentouri Constantine)

**Examineurs :** *M<sup>r</sup> BENREBAI. M* (MCA -Université des Frères Mentouri Constantine)

*M<sup>me</sup> LATRECHE. A* (MA - Université des Frères Mentouri Constantine)

*Année universitaire  
2014 - 2015*



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : de Biologie Animale

قسم : بيولوجيا الحيوان

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie & santé

Intitulé :

---

## ***Effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale***

---

Présenté et soutenu par : **BENARIBA Yousra Zohra Eddine**

**NIGHOUD Fouzia**

**Le : 15 /06/2015**

**Jury d'évaluation :**

**Président du jury :** *M<sup>me</sup> AMEDAH. S* (Prof - Université des Frères Mentouri Constantine)

**Rapporteur :** *M<sup>me</sup> TOUR. H* (MA - Université des Frères Mentouri Constantine)

**Examineurs :** *M<sup>r</sup> BENREBAI. M* (MCA -Université des Frères Mentouri Constantine)

*M<sup>me</sup> LATRECHE. A* (MA - Université des Frères Mentouri Constantine)

*Année universitaire  
2014 - 2015*



## Remerciement

*\*Nous tenons tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*\*En second lieu, nous remercions très sincèrement notre encadreur M<sup>me</sup> **TOUR Hanifa**, MA pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.*

*\*Nous remercions chaleureusement M<sup>me</sup> **AMADEH**. Professeur à l'université Constantine1, pour avoir accepté de présider le jury.*

*\* Nous remercions rigoureusement M<sup>r</sup> **BENREBAI**. MCA & Mm **LATRECHE** MCA université de Constantine 1 d'avoir accepter d'examiner notre travail.*

*\*Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation enseignant, collaborateur ou simple agent.*



## Dédicace:

*Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à :*

*\* Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné la force dans les moments difficiles d'éditer ce mémoire.*

*\* Ma famille et particulièrement à ma mère et à mon père : que dieu leur prête longue vie.*

*\* À mes frères, mes sœurs.*

*\* Je ne pourrai jamais oublier d'exprimer ma profonde gratitude à :*

*\*Mes amies: Ramla, Nedjla, Soumia, Hadjer, Souad, Sara, Sarah, Meriem, Ikram, Manel, Takwa*

*- Ma chère binôme et ma soeur « YOUSRA » pour avoir m'accompagné et me Supporté*

*\*Les petits : Raouf, Ramy, Younes, Yahya, Yaqueen, Ayham.*

*\*Fouzia\**



*Dédicace:*

*Je dédie ce travail à :*

*\*Dieu le tout puissant, le très Miséricordieux. Que toute la gloire revienne à Allah qui par sa puissance et sa Majesté, ma soutenu durant tout mon cycle et m'a donné le courage, la force et santé nécessaires pour la réalisation de ce travail ».*

*\*A celles qui a inséré le gout de la vie et le sens de la responsabilité Merci **mère** A celui qui a été toujours la source d'inspiration et de courage Merci **père**.*

*\*A mes **frères** & ma soeure.*

*\*A tout ma **famille***

*\*A toutes mes amies : **Amina, Amani, Sara, Takwa, Manale***

*\*A ma chère binôme et ma soeur « **Fouzia** » pour avoir m'accompagné et me Supporté.*

*\***Yousra**\**

# Abréviations

ADN : Acide Désoxyribo- Nucléique

AO : Amine-oxydases

ATP : Adénosine triphosphate

CAT: Catalases

CO<sub>2</sub>: Dioxyde de carbone

CO: monoxyde de carbone

Cu : Cuivre

EC : Extracellulaire

ERA : Espèces réactives d'azote

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

Fe : Fer

Fe<sup>2+</sup> : Ferrique

Fe<sup>3+</sup>: Ferreux

HO<sup>•</sup> : Le radical hydroxyle

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : Peroxyde d'hydrogène

IG : Indice glycémique

kDa : kilodalton

GPx : Glutathion peroxydase

GS: Glutathione synthase

GSH : Glutathion réduit

GSSG : Glutathion oxydée

GR : Glutathion réductase

LDL : Low density lipoproteins

Mn: Manganèses

MPO : Myéloperoxydase

NADPH: Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

NO<sup>•</sup> : Monoxyde d'azote

NO<sub>2</sub><sup>•</sup> : Dioxyde d'azote

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Le peroxydinitrite

ONOOH : Acide du peroxydinitrite

O<sub>2</sub><sup>•-</sup> : L'anion superoxyde

<sup>1</sup>O<sub>2</sub>: L'oxygène singulet

PRDX : Peroxyredoxines

PFG : Produits finaux de glycosylation

RH : Acides gras polyinsaturés

RL : Radical libre

ROO<sup>•</sup> : Le radical peroxyde

RSNO : Radical S-nitroso thiols

Se : Sélénium

SOD : Les superoxyde dismutases

TRx : Thiorédoxine

Zn : Zinc

# *Sommaire*



# ***SOMMAIRE***

Introduction.....	1
-------------------	---

## **Chapitre I : Oses et polysaccharides**

I.1. Historique .....	2
I.2. Les glucides .....	2
I.3. Principales classes des glucides.....	2
I.3.1. Oses simples .....	2
I.3.2. Osides complexes .....	4
I.3.2.1. Les disaccharides ou diholosides .....	4
I.3.2. 2. Oligosaccharides ou oligosides .....	6
I.3.2.3. Polysaccharides ou polyosides .....	6
I.4. Classification des polysaccharides .....	6
I.4.1. Classification des polysaccharides selon leurs structures .....	7
I.4.1.1. Homopolysaccharides .....	7
I.4.1.1. Hétéropolysaccharides .....	7
I.4.2. Classification des polysaccharides selon leurs sources .....	8
I.4.2.1. Polysaccharides d'origine animale .....	8
I.4.2.2. Polysaccharides des algues .....	9
I.4.2.3. Polysaccharides bactériens et fongiques .....	9
I.4.2.4. Polysaccharides des végétaux.....	10
I.5. Classification des polysaccharides d'origine végétale selon leurs fonctions .....	10
I.5.1. Polysaccharides de réserve.....	10
I.5.2. Les polysaccharides de structure.....	11

## **Chapitre II : Stress oxydant et système antioxydant**

II.1. Stress oxydant .....	14
----------------------------	----

II.1.1. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO) .....	14
II.1.1.1. Les ERO radicalaires .....	14
II.1.1.2. Les ERO non radicalaire .....	16
II.1.2. Les espèces réactives de l'azote (ERA) .....	17
II.1.3. Les sources de production des radicaux libres .....	18
II.1.3.1. Les sources endogènes .....	18
II.1.3.2. Les sources exogènes.....	20
II.1.4. Les cibles des radicaux libres.....	21
II.2. Le système antioxydant .....	22
II.2.1. Système endogène .....	23
II.2.1.1. Système endogène enzymatique .....	23
II.2.1.2. Système endogène non enzymatique.....	25
II.2.2. Systèmes exogènes.....	26
II.2.2.1. Les polyphénols.....	26
II.2.2.2. Les vitamines antioxydantes.....	27
II.2.2.3. Les Oligoéléments.....	28

### **Chapitre III : L'effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale**

III.1. Des études <i>in vitro</i> .....	29
III.1.1. L'effet sur le DPPH' .....	29
III.1.2. L'effet sur l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> .....	30
III.1.3. L'effet sur le H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	30
III.1.4. L'effet sur le ·OH et l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> .....	30
III.1.5. L'effet sur le DPPH' et le HO· .....	31
III.1.7. L'effet sur l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> et le H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	31
III.1.6. L'effet sur le DPPH' et l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> .....	31
III.1.8. L'effet sur le DPPH', le HO· et l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> .....	32
III.1.9. L'effet sur le DPPH', le H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> et l'O <sub>2</sub> <sup>•-</sup> .....	32
III.1.10. Les effets sur le ·OH, le Fe <sup>3+</sup> et la peroxydation lipidique.....	32
III.2. Des études <i>in vivo</i> .....	32
III.2.1. L'effet sur les antioxydants enzymatiques.....	32

III.2.2. L'effet sur les antioxydants enzymatiques et la peroxydation lipidique.....	33
III.2.3. L'effet sur les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques.....	33
III.3. Des études <i>in vivo</i> et <i>in vitro</i> .....	33
Conclusion.....	35

Références bibliographiques

Résumé en français

Résumé en anglais

Résumé en arabe

Annexe

## Liste des figures

<b>Figure 01 :</b> Les D-aldoses (Florian <i>et al.</i> , 2005).....	3
<b>Figure 02 :</b> Les D-cétooses (Florian <i>et al.</i> , 2005).....	4
<b>Figure 03:</b> la structure chimique des quelques disaccharides réducteurs (maltose et lactose) (Faure, 2011).....	5
<b>Figure 04 :</b> La structure chimique des disaccharides non réducteurs (Chikhi & bensegueni, 2006).....	5
<b>Figure 05:</b> La structure chimique des deux constituants d'amidon «Amylase et Amylopectine » (Weinman & Méhul, 2004). ....	10
<b>Figure 06 :</b> la structure chimique de la cellulose, une longue chaîne linéaire de glucose en $\beta$ (1-4) (Ben Salah, 2007). ....	11
<b>Figure 07:</b> Les radicaux libres dérivés de l'oxygène (Poortmans, 2009).....	16

# *Introduction*

## Introduction

Au cours de l'évolution, les organismes aérobies se sont adaptés à l'oxygène atmosphérique par la mise en place de système métabolisant la molécule d'oxygène. Cette molécule présente la particularité d'être à la fois un élément indispensable et toxique pour l'homme. Ainsi, l'oxygène moléculaire peut se transformer dans l'organisme pour générer d'autres espèces oxygénées réactives (ERO) de nature radicalaire ou non (Badouard, 2006). Cette production physiologique d'ERO est régulée par des systèmes de défense composés d'enzymes (superoxyde dismutase (SODs), catalase, glutathion peroxydase (GPx's) et de molécules antioxydants de petite taille (caroténoïdes, vitamines, glutathion...) (Khelfallah, 2013). Les antioxydants sont capables de stopper les réactions en chaîne de la peroxydation lipidique et empêchent donc la formation de molécules très réactives ou provoquent l'élimination de ces espèces avant l'endommagement des constituants de la cellule (El kalamouni, 2010).

Ces dernières années, l'intérêt porté aux antioxydants naturels, en relation avec leurs propriétés thérapeutiques, a augmenté considérablement. Des recherches scientifiques dans diverses spécialités ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir de plusieurs substances naturelles à savoir les plantes médicinales et les produits agroalimentaires ((Sanchez-Moreno, 2002 ; Marc *et al.*, 2004 ; Huang *et al.*, 2005) In Popovici, 2009). D'une part, de nombreuses recherches scientifiques ont affirmés soit *in vivo* ou *in vitro* la capacité antioxydante des composants chimiques des plantes médicinales par apport à leurs activités pharmacologiques. Ces études confirment aussi que parmi les principes actifs qui assurent ces activités pharmacologiques figure en bonne place les polysaccharides d'origine végétale (Tariq *et al.*, 2008). D'autre part, les polysaccharides présentent une variabilité structurale et une richesse de propriétés physico-chimiques, que l'on ne rencontre chez aucune autre classe d'organismes (Warrand, 2004). Dans le passé, les polysaccharides ont souvent passé après les autres macromolécules et étaient un peu délaissés des professionnels de la santé. Cependant, les découvertes de la dernière décennie font que ces glucides sont maintenant le centre d'attention principal

L'objectif de notre recherche consiste à rassembler des travaux réalisés sur l'activité antioxydante des polysaccharides d'origine végétale comme les plantes, les algues et les champignons.

# *Chapitre I*

*Oses et Polysaccharides*

# I. Oses et polysaccharides

## I.1. Historique

Les anciens connaissaient ces composées, très répandus dans la nature. Cependant des écrits arabes du 12<sup>e</sup> siècle mentionnent le «SUCRE» du raisin (glucose). En 1747, le pharmacien allemand Marggraf isole du saccharose pur à partir de la betterave à sucre. Puis il extrait «eine art zuchher» (une sorte de sucre) du raisin. Il est identifié plus tard au sucre présent dans le miel, les hydrolysats d'amidon et de cellulose, l'urine des diabétiques. En 1838, le chimiste français Dumas le baptise «glucose». Vers les années 1900, les travaux remarquables du chimiste allemand Emil Fischer établissent la structure du glucose et de plusieurs autres oses. Par la suite des découvertes nouvelles ont modifié et élargi la définition initiale, de sorte que de nombreux composés n'offrant que peu ou pas de ressemblance avec l'hydrate de carbone furent inclus dans cette catégorie de substances organique. Le terme de glucide est actuellement le seul à employer pour nommer ces substances (Kessous, 2006).

## I.2. Les glucides

Les glucides représentent l'un des composants importants dans l'organisme vivant. Comme les lipides; les glucides interviennent dans les structures cellulaire et tissulaire (Weinman & Méhule, 2004 ; Hugues *et al.*, 2006). Ils sont des molécules organiques portant des hydroxyles (fonction aldéhyde ou cétone), leur formule générale est  $(CH_2O)_n$  (kamoun *et al.*, 2003 ; Florian *et al.*, 2005 ; Chikhi & bensegueni, 2006).

## I.3. Principales classes des glucides

Les oses sont classiquement subdivisés en oses simples et osides complexes (Kessous, 2006) :

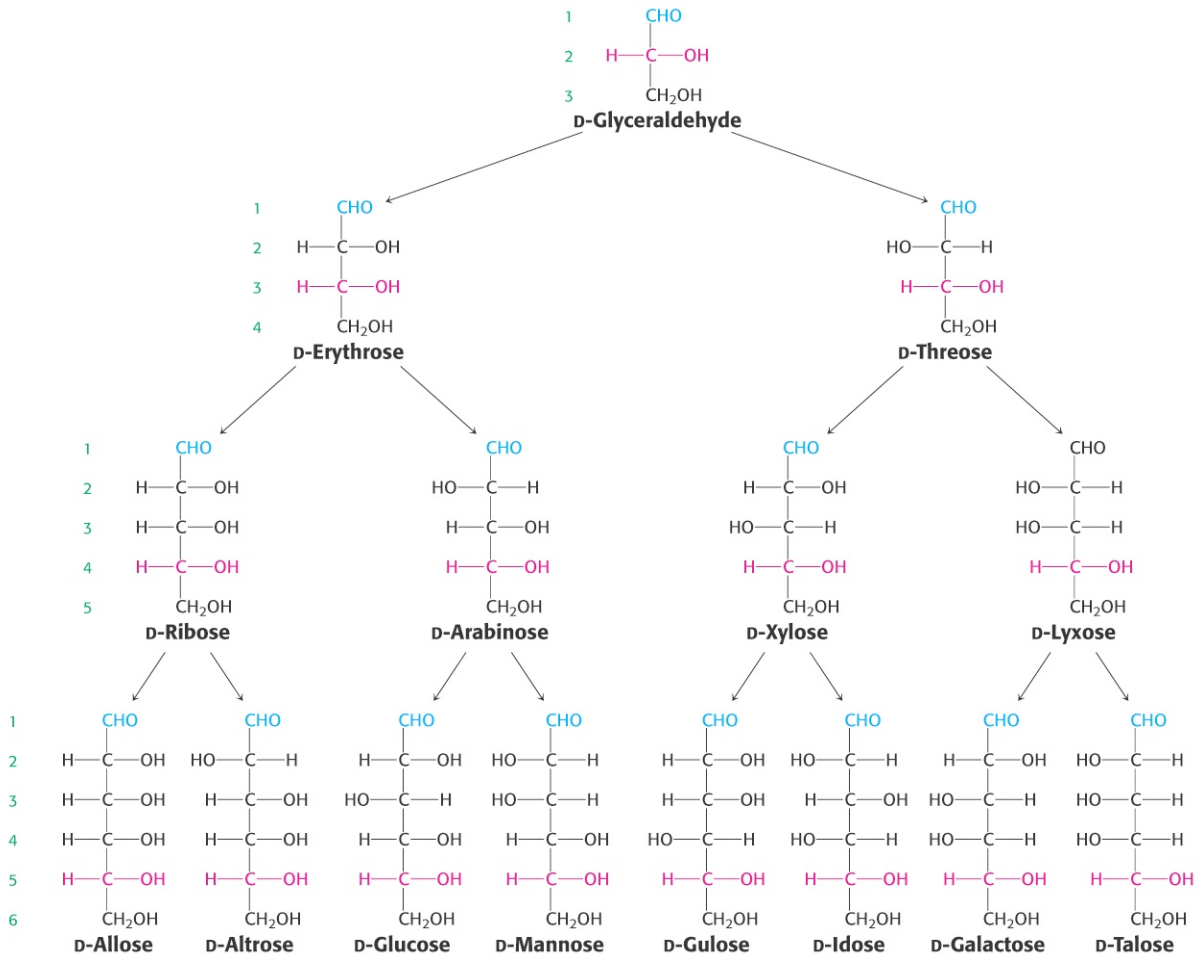
### I.3.1. Oses simples

Les monosaccharides (ou oses simple) sont des polyalcools dont la chaîne carbonée comporte entre trois et dix atomes de carbone (Campbell & Smith., 2006). Cependant, on les classe selon la nature chimique de leur groupement carbonyle et leur nombre d'atomes de carbone. Si le groupement carbonyle est un aldéhyde, comme dans le glucose, le sucre est un aldose (Figure 01). Si le groupement carbonyle est une cétone, comme dans le ribulose, le sucre est un cétose (Figure 02) (Hennen, 2001; Weinman & Méhule, 2004 ; Campbell & Smith., 2006) Les monosaccharides comme les plus petits, ceux qui ont trois atomes de carbone, sont des trioses. Ceux avec quatre, cinq, six, sept, etc..., atome de carbone sont respectivement



des tétroses, des pentoses, des hexoses, des heptoses, etc... (Kamoune *et al.*, 2003 ; Hugues *et al.*, 2006 ; Voet & Voet, 2007).

Entre une forme D et une forme L du même sucre il n'y a pas seulement une différence dans la position des substituant d'un carbone, mais tous les autres groupements hydroxyles situés sur d'autres carbones asymétrique sont disposés de façon inverse. ainsi les formes D et L sont deux images miroir en V, c'est-à-dire des énantiomorphes (Kamoun *et al.*, 2003 ; Florian *et al.*, 2005).



**Figure 01 :** Les D-aldoses (Florian *et al.*, 2005).

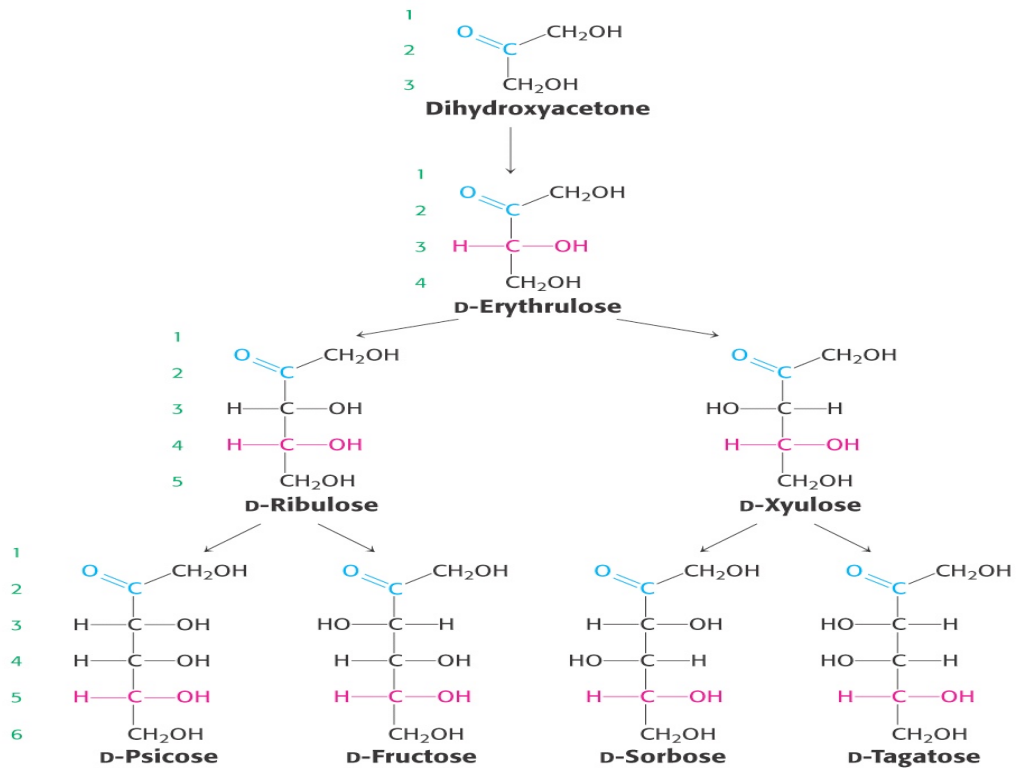


Figure 02 : Les D-cétoses (Florian *et al.*, 2005).

## I.3.2. Les osides complexes

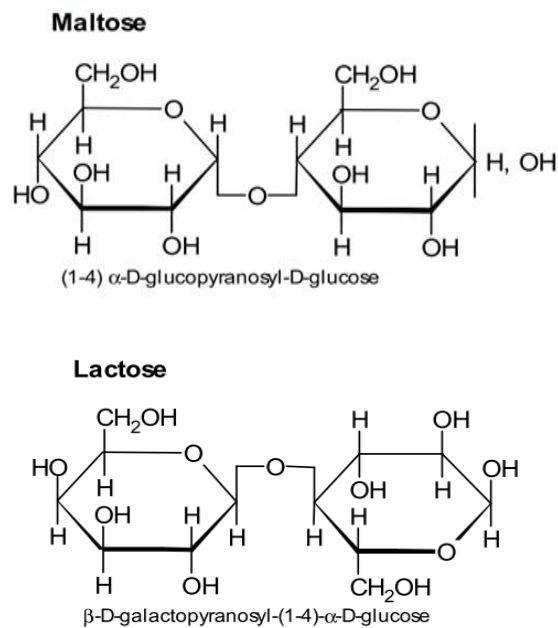
Les osides complexes (les holosides) résultent de l'association de  $n$  molécules d'oses. La liaison qui unit les molécules d'oses est une liaison glycosidique. Cette liaison est formée par condensation de l'hydroxyle du C anomérique d'un ose avec l'un des hydroxyles de l'autre ose (Weinman & Méhule, 2004 ; Chikhi & bensegueni, 2006 ; Kessous, 2006 ; Voet & Voet, 2007).

### I.3.2.1. Les disaccharides ou diholosides

Un disaccharide est constitué de 2 oses liés par une liaison osidique entrant de façon importante dans l'alimentation humaine. Cette liaison doit d'abord être expliquée avant d'étudier les quatre disaccharides principaux chez l'homme (Florian *et al.*, 2003; Compbell & Smith 2006; Hugues *et al.*, 2006).

#### A. Diholosides réducteurs : Liaison osido-ose

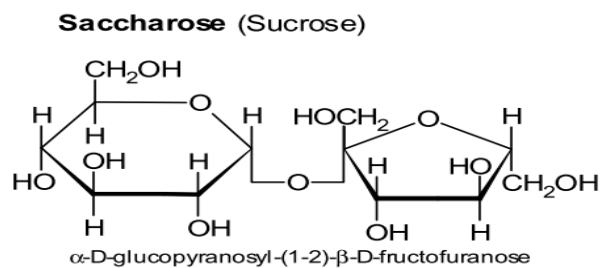
Il y a condensation d'une fonction hémiacétalique d'un ose avec une fonction alcoolique d'un second ose par une liaison osido-ose. Il reste donc dans le diholoside un hémiacétalique libre responsable du pouvoir réducteur de la molécule ; Ce sont : le maltose ; l'isomaltose ; le lactose (Figure 03) (Chikhi & bensegueni, 2006 ; Kouadri-Boudjeltia, 2006 ; Faure, 2011).



**Figure 03** : la structure chimique des quelques disaccharides réducteurs (maltose et lactose) (Faure, 2011).

### B. Diholosides non réducteurs : Liaison osido-oside

Il y a de la fonction hémiacétalique de chaque ose par une liaison oside-oside ; C'est le saccharose (Figure 04) (Chikhi & bensegueni, 2006 ; Kouadri-Boudjeltia, 2006 ; Faure, 2011).



**Figure 04** : La structure chimique des disaccharides non réducteurs (Chikhi & bensegueni, 2006).

### I.3.2. 2. Les oligosaccharides ou oligosides

Les oligosaccharides sont des courtes chaînes de monosaccharide unies entre elle par des liaison glycosidique (Roberfoid, 2002 ; Florian *et al.*, 2005 ; Hames *et al.*, 2006). Ils sont souvent associés aux protéines (glycoprotéines) ou lipide (glycolipide) (Weinman & Méhule, 2004 ; Florian *et al.*, 2005 ; Chikhi & bensegueni, 2006 ; Faure, 2011).

### **I.3.2.3. Les polysaccharides ou polyosides**

Les polysaccharides ou polyosides ou encore polyholosides sont des polymères constitués d'un enchaînement de molécules dont les unités structurales de base sont des monomères de sucres (Wasser, 2002 ; Voet & Voet, 2007 ; Aboughe Angone, 2010 ; Cerqueira, *et al* (2012) ; Mkedder, 2012). Le nombre d'oses est compris entre quelques dizaines et plusieurs centaines de milliers (Marghame, 2009 ; Weil *et al.*, 2009 ). On peut classer les polysaccharides selon :

- Leur structure : les végétaux sont la source principale des polysaccharides qui sont divisés selon leur structure en deux groupes : les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides.

- Leur source : les polysaccharides se trouvent dans les bactéries, les algues, les champignons, les animaux et les végétaux (Florian *et al.*, 2005 ; Voet & Voet, 2005).

## **I.4. Classification des polysaccharides**

### **I.4.1. Classification des polysaccharides selon leurs structures**

Les polysaccharides d'origine végétale étant les plus valorisés (Mkedder, 2012). On distingue les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides selon qu'ils présentent un ou plusieurs types de monosaccharides (Voet & Voet, 2005 ; Florian *et al.*, 2005) :

#### **I.4.1.1. Homopolysaccharides**

Les homopolysaccharides comportant un seul type de monosaccharide (Florian *et al.*, 2005 ; Voet & Voet, 2005 ; Kouadri-Boudjeltia, 2006 ; Brudieux, 2007). Ils peuvent être classés en fonction de la nature de leur unité monosaccharide. Par exemple, les glucanes sont des polymères de glucose et les galactanes sont des polymères de galactose (Voet & Voet, 2005).

#### **I.4.1.2. Hétéropolysaccharides**

Les hétéropolysaccharides comportent comme leur nom l'indique, plusieurs types d'oses (Florian *et al.*, 2005 ; Voet & Voet, 2005 ; Brudieux, 2007). Ils constituent de longues chaînes d'oses indépendantes ou liées à un noyau protéique. Dans ce dernier cas, le volume de la chaîne osidiques est bien plus important que celui de la partie protéique (Widmer *et al.*, 2000 ; Florian *et al.*, 2005 ). Les hétéropolysaccharides sont des molécules de haut poids moléculaire contenant au moins deux paires de monosaccharides formant un motif de base polymérisé (Fabre, 1989 *In* Mkedder, 2012 ). Ils peuvent être divisés en deux classes : hétéropolysaccharides neutres, hétéropolysaccharides acides.

## **A. Hétéropolysaccharides neutres**

Les hétéropolysaccharides neutres sont fréquemment rencontrés dans les graines, racines et bois des végétaux supérieurs. A titre d'exemple, nous citerons les galactomannanes des graines de Légumineuses (guar, caroube) possédant toutes le même schéma structural. Sur une chaîne centrale de  $\beta$  mannane viennent se brancher des unités de D- galactopyranose par des liaisons  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) (Percheron *et al.*, 1981 ; Covis, 2011).

## **B. Hétéropolysaccharides acides**

Les hétéropolysaccharides acides de structure plus complexe et encore imparfaitement connus sont des constituants des gommés (gomme arabique, gomme adragante) : structure ramifiée contenant du D- galactose, L-arabinose et acide D- galacturonique et des hémicelluloses : chaînes constituées par des unités de D- xylopyranose reliées par des liaisons  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) avec des branchements contenant acides uroniques et parfois arabinose (Percheron *et al.*, 1981).

## **I.4.2. Classification des polysaccharides selon leurs sources**

Les polysaccharides proviennent principalement des végétaux, mais il existe aussi des sources animales, algales et bactériennes (Kessous, 2006 ; Patterson, 2008).

### **I.4.2.1. Polysaccharides d'origine animale**

#### **A. L'Héparine**

L'héparine est sécrétée par les mastocytes (le mot héparine vient du grec *hepar* « foie », cet organe étant riche en mastocytes), les muscles et le poumon, à propriété anticoagulante (Moussard 2010 ; Chikhi *et al.*, 2006), et permet la libération de la lipoprotéine lipase ou facteur clarifiant. L' Héparane-sulfate ou héparitine-sulfate est présente dans le derme et dans l'aorte (Chikhi *et al.*, 2006).

#### **B. Glycogène**

À une structure analogue à celle de l'amylopectine ; il est formé de sous unités de glucose unies par des ponts  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) osidique portant des branchements toutes les quatre sous unités par pont  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6). Ses chaînes sont plus courtes et plus ramifiées que celle de l'amylopectine. Son extrémité réductrice est fixée à une protéine, la glycogénine ; il constitue le polyoside (Weinman & Méhule, 2004 ; Kessous, 2006).

## **C. Chitine**

La chitine est un homopolysaccharide linéaire. Les unités de N-acétylglucosamine sont unies par des liaisons  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4). La chitine a donc la même structure que la cellulose, à l'exception du C-2 substitué non par un groupement hydroxyle, mais par un groupement aminé acétylé (Percheron *et al.*, 1981 ; Moussard, 2007).

### **I.4.2.2. Polysaccharides des algues**

Chez les algues il existe une grande variété d'unités saccharidiques, qu'elles soient neutres, acides ou aminées, mais seul un nombre restreint d'entre elle sera rencontré couramment dans les polysaccharides d'algue. leurs monosaccharides sont généralement présents au sein de la chaîne polysaccharidique sous forme de pyranose ou cycle à 6 chaînons (Garon-Lardiere, 2004).

### **I.4.2.3. Polysaccharides bactériens et fongiques**

#### **A. Polysaccharides fongiques**

Les polysaccharides représentent un pourcentage majeur de la biomasse fongique (jusqu' à environ 75%). Ces biopolymères assurent un rôle de soutien ou forment une gaine protectrice autour du mycélium. Le principal représentant de ces polymères fongiques est la chitine (Deltre, 2005).

#### **B. Polysaccharides des bactéries**

Les bactéries synthétisent plusieurs types de polysaccharides qui peuvent être classés en trois grands groupes selon leur localisation dans la cellule : le premier groupe rassemble les polysaccharides du cytosol, ils servent de source de carbone et d'énergie à la cellule ; le second groupe concerne les constituants de la paroi tels que les acides téichoïques et les peptidoglycanes ; le troisième groupe qui réunit les polysaccharides élaborés par la cellule est secrétés dans le milieu (Nicken *et al.*, 1999 ; Deltre, 2005).

### **I.4.2.4. Polysaccharides des végétaux**

Les parois des cellules végétales sont essentielles composées de polysaccharides, expliquant la part majoritaire de ces molécules dans la biomasse. Les polysaccharides des végétaux sont divisés en deux groupes selon leur fonction en : les polysaccharides de structure, les polysaccharides de réserve (Merghem, 2009 ; Farjanel *et al.*, 2012).

## I.5. Classification des polysaccharides d'origine végétale selon leurs fonctions

### I.5.1. Polysaccharides de réserve

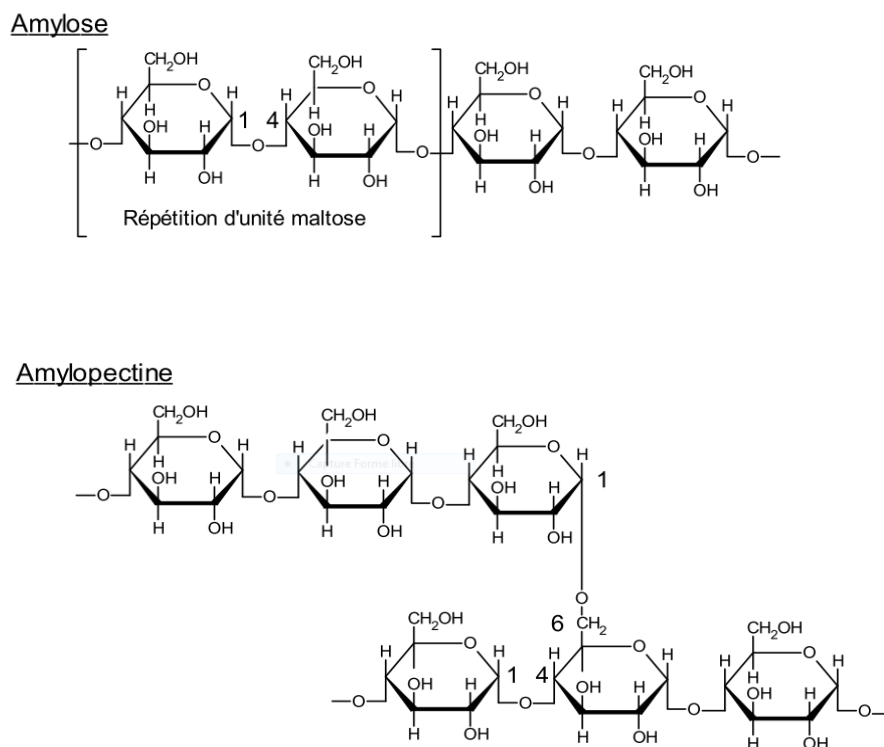
La mise en réserve du D-glucose, source d'énergie principe pour les cellules, est une nécessité vitale, devant ses considérables concentrations intracellulaires (Farjanel *et al.*, 2012).

#### I.5.1.1 L'amidon

L'amidon est la forme principale de réserve carbonée chez les végétaux. Il est stocké en grande quantité sous forme de grains dans les organes de réserve dont la taille et la forme diffèrent selon les espèces végétales considérées. L'amidon est constitué d'amylose et d'amylopectine (Hennen, 2001 ; Gaël, 2005 ; Marouf & Reynaud., 2007 ; Merghem, 2009 ; Weil *et al.*, 2009 ).

**L'amylose** : est un polymère linéaire où les unités glucose sont réunies par liaison  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) (Figure 07) (Hennen, 2001 ; Chikhi & Bensegueni, 2006 ; Merghem, 2009 ; Farjanel *et al.*, 2012 ). Elle constitue environ 20% de l'amidon total (Vernon. M. Ingram, 1970).

**L'amylopectine** : est un polymère ramifié .les chaines réunissent des unités glucose par liaison  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) avec des ramifications par liaison  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) (Figure 07) (Hennen, 2001 ; Weinman & Méhul, 2004 ; Chikhi & Bensegueni, 2006).



**Figure 05** : La structure chimique de deux constituants d'amidon «Amylase et Amylopectine » (Weinman & Méhul, 2004 ).

### I.5.1.2. L'inuline

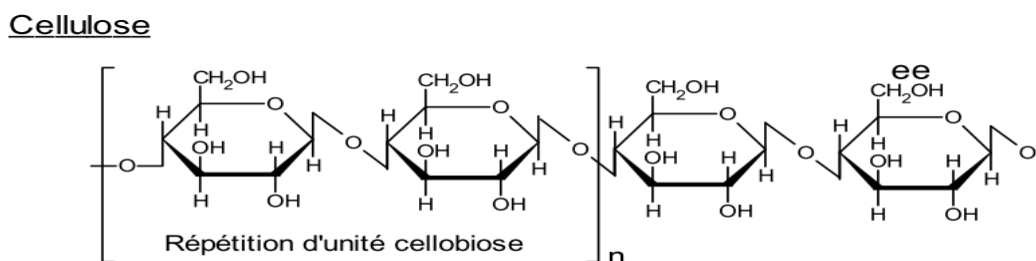
C'est la réserve glucidique de végétaux n'accumulant pas l'amidon, comme le topinambour, le dahlia, la patate douce, etc. Il s'agit en effet de levanes constituées de chaînes non ramifiées assez courtes de moyenne, 30 à 35 résidus de fructose sous forme furanique en liaison  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1). En fait, un résidu glucose est présent au début de la chaîne (glucosidopolyfructoside). Une molécule de saccharose serait le «noyau initiateur», sur lequel une levane sucrase transfère un résidu de fructose pris à une autre molécule de saccharose (Alais *et al.*, 2003).

## I.5.2. Les polysaccharides de structure

Les polysaccharides sont également des éléments structuraux importants. Chez les plantes, le composant de la paroi cellulaire est un polysaccharide, la cellulose (Figure 08) (Farjanel *et al.*, 2012).

### I.5.2.1. La cellulose

La cellulose est une substance de soutien des parois des cellules végétales ; polymère non ramifié constitué de résidus de D-glucose unis exclusivement par des liaisons  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) (Figure 08) (Figure 08) (Weinman & Méhul, 2004 ; Ben Salah, 2007).



**Figure 06 :** la structure chimique de la cellulose, une longue chaîne linéaire de glucose en  $\beta$  (1-4) (Ben Salah, 2007).

### I.5.2.2. Les hémicelluloses

Les hémicelluloses représentent, après la cellulose, les polysaccharides de la matrice. Elles peuvent être ramifiées et constituent parfois des molécules de réserve. De plus, leur structure dépend de leur origine variétale, du tissu ou du type cellulaire, de l'âge des cellules et de leur localisation dans la paroi végétale. Elles diffèrent de la cellulose par l'hétérogénéité de leur composition monosaccharidique (Brudieux, 2007 ; Benhamou, 2009 ; Aboughe Angone, 2010).



### **I.5.2.3. Les pectines**

Les substances pectiques sont présentes dans tous les végétaux, localisées dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules où elles sont associées à d'autres composants chimiques membranaires tels que cellulose et les hémicelluloses.

La structure chimique consiste en un enchainement linéaire de résidus de l'acide galacturonique liés en  $\alpha$  (1→4) qui peuvent être intercalés par des molécules de rhamnose. Des ramifications, principalement constituées par de courtes chaînes latérales de sucres neutres (galactanes, arabanes, xylanes ...), sont rattachées à la chaîne principale (Vincken *et al*, 2003).

### **I.5.2.4. Les gommages**

Il s'agit de polysaccharides qui au contact de l'eau forment des gels ou des solutions colloïdales et que l'on regroupe parfois sous le vocable d'hydrocolloïdes. Les gommages sont des substances qui exsudent des végétaux traumatisés et qui colmatent la plaie. Les gommages sont insolubles dans les solvants organiques ce qui les différencie des résines. Elles sont fréquemment formées chez les rosales et les légumineuses (Merghame, 2009).

### **I.5.2.5. Les mucilages**

De nombreuses plantes contiennent de polysaccharides, qui gonflent dans l'eau et se transforment en une collante et visqueuse (Kothe Hans, 2007).

# *Chapitre II*

Stress oxydant *et* Système  
antioxydants

## II.1. Stress oxydant

Le « stress oxydatif métabolique » est défini comme un état tissulaire particulier qui perturbe l'homéostasie de nos cellules, qui se caractérise comme un déséquilibre entre les tissus qui génèrent des radicaux libres dérivés de l'oxygène et l'ensemble des réactions mises en jeu pour rétablir l'équilibre ((Sen,1995 ; Halliwell, 1998 ; Dröge, 2001) *In* Poortmans, 2009). En effet, il est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications (Girodon *et al.*, 1997 ; Sohal *et al.*, 2002). Le stress oxydant est caractérisé par une augmentation du nombre des radicaux libres et une réduction des défenses antioxydants,

En définitive, Powers (2008) reprend dans son article de synthèse les 4 aspects nécessaires à la caractérisation d'un état de stress oxydant dans la cellule (Lenzi, 2011) :

- Formation de molécules réactives, oxydantes
- Dommages oxydants aux composants macromoléculaires de la cellule
- Diminution des espèces antioxydantes
- Déséquilibre dans le statut redox

Les RL peuvent être dérivés de l'oxygène (espèces réactives de l'oxygène ERO) ou d'autres atomes comme l'azote (espèces réactives d'azote ERA) (Favier, 2003).

### II.1.1. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

Les espèces réactives de l'oxygène peuvent être produites dans n'importe quel type cellulaire, et ce même en conditions normales (Rutkowski *et al.*, 2007). Ils sont générés à partir de l'oxygène dans tous les organismes aérobies au cours du métabolisme intracellulaire et en réponse à des stimuli de l'environnement (Borg, 2008 ; Lorraine *et al.*, 2009).

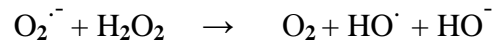
#### II.1.1.1. Les ERO radicalaires

##### A. L'anion superoxyde $O_2^{\cdot-}$

L'anion superoxyde est un radical chargé négativement provenant de la réduction monovalente de la molécule oxygénée qui capte un électron. La dismutation de cet  $O_2^{\cdot-}$  des produits beaucoup plus agressifs (Clarkson *et al.*, 2000 ; Ghalem, 2014).

## B. Le radical hydroxyle HO<sup>•</sup>

Il peut se former à partir de peroxyde d'hydrogène selon la réaction d'Haber-Weiss précédemment décrite ou par décomposition de l'eau sous l'action des radiations ionisants (Powers & Jackson 2008 ; Massart, 2011).



Le radical hydroxyle est plusieurs milliers de fois plus réactive que l'anion superoxyde. Il est à l'origine de la formation des radicaux pyroxyles (Dodet, 1991 ; Sorg, 2004).

## C. Les radicaux pyroxyles ROO<sup>•</sup>

Les radicaux pyroxyles font plutôt partie de la « deuxième vague » d'ERO, dans la mesure où leur formation fait suite à une réaction d'oxydation d'acides gras polyinsaturés par d'autres ERO formées préalablement. La partie « R » correspond à un acide gras polyinsaturé. Leur formation comprend 2 étapes principales (McMichael, 2007 ; Powers & Jackson, 2008)

-La première (réaction 1) correspond à la perte d'un atome d'hydrogène causée notamment par un radical hydroxyle.

-la seconde (réaction 2) à la liaison avec une molécule d'oxygène



Le radical pyroxyde est très instable. Pour gagner sa stabilité, il peut :  
-récupérer un atome d'hydrogène, notamment en « l'arrachant » à un acide gras polyinsaturé voisin (Powers & Jackson, 2008) :  $\text{ROO}^{\cdot} + \text{RH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}$

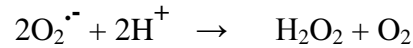
### II.1.1.2. Les ERO non radicalaire

#### A. L'oxygène singulet <sup>1</sup>O<sub>2</sub>

Il correspond à une forme excitée de l'oxygène O<sub>2</sub> : il possède la même structure électronique que l'oxygène mais « agencée » différemment, à savoir que les électrons de la couche externe initialement non appariés se sont appariés. Il n'est donc pas radicalaire. Son état « excité » lui confère un potentiel oxydant supérieur à celui de l'oxygène (Halliwell and Gutteridge, 2007 ; Ghalem, 2014).

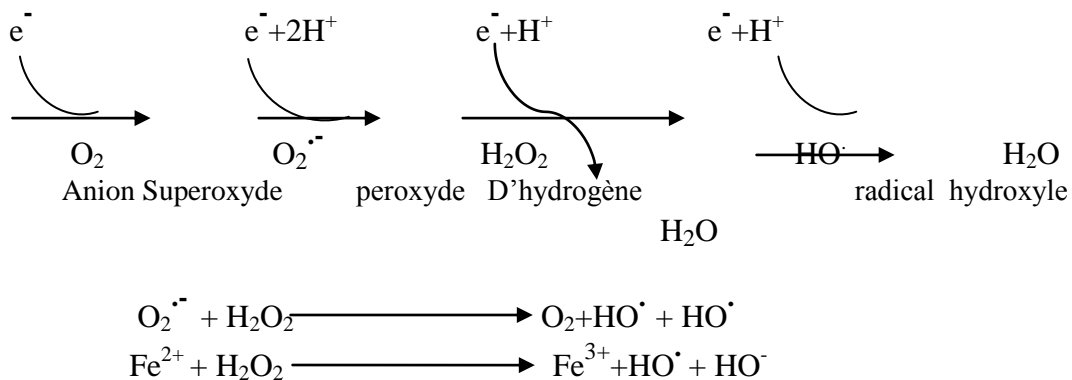
#### B. Le peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Le peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  (appelé également eau oxygénée) est formé par l'addition d'un second électron sur l' $O_2^{\cdot-}$  donnant comme intermédiaire l'anion peroxyde  $O_2^{\cdot-}$  qui se proton facilement pour donner  $H_2O_2$ . Toutefois, la principale production de  $H_2O_2$  résulte de la dismutation de l' $O_2^{\cdot-}$  selon la réaction suivante (Daum-Badouard, 2006) :



Mais il constitue la source du radical hydroxyle  $HO^{\cdot}$  par la réaction de Fenton (Massart, 2011)  $H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + HO^{\cdot} + HO^-$

Certains auteurs préfèrent alors considérer la réaction de l'anion superoxyde avec le peroxyde d'hydrogène, catalysée par un ion métallique tel que le fer ; cette réaction est appelée réaction d'Haber-Weiss (Figure 01) (Mandelker, 20



**Figure 07:** Les radicaux libres dérivés de l'oxygène (Poortmans, 2009).

## II.1.2. Les espèces réactives de l'azote ERA

Les Espèces Réactives de l'Azote (ERA) sont également possédant à la fois des capacités oxydantes et nitrifiantes, devraient plutôt être dénommées Espèces Réactives de l'Oxygène et de l'Azote (Bertrand, 2008). Deux enzymes, le superoxyde dismutase (SOD) et la myéloperoxydase (MPO) participent à la formation de ces radicaux libre (poortmans, 2009).

### II.1.2.1. Oxyde nitrique $NO^{\cdot}$

L'Oxyde nitrique est peu réactif et diffusible dans les milieux biologiques, il se trouve dans un milieu pauvre en  $O_2$  (Carine, 2006). Il est aussi possible de le produire par réduction des nitrites en nitrates sans l'aide d'enzyme. Le  $NO^{\cdot}$  peut réagir avec les fonctions thiols en donnant naissance aux S-nitroso thiols

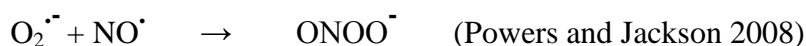
(RSNO), avec les métaux de transition (fer, cuivre) et avec l'anion superoxyde pour former le peroxyde nitrite (ONOO<sup>-</sup>) (Eiserich *et al.*, 1998 ; Radi, 2004 ; De Mel A *et al.*, 2011).

### **II.1.2.2. Acide du peroxyde nitrite ONOOH**

La forme acide du peroxyde nitrite (ONOOH) est un oxydant fort, dont la rupture produit deux oxydants puissants (NO<sub>2</sub><sup>•</sup>, HO<sup>•</sup>). Il peut également s'ajouter au CO<sub>2</sub> pour donner un adduit instable, qui donne par la suite les radicaux NO<sub>2</sub><sup>•</sup> et OCOO<sup>-•</sup> (Eiserich *et al.*, 1998 ; Radi, 2004 ; De Mel *et al.*, 2011 ; Ghalem, 2014).

### **II.1.2.3. Le peroxyde nitrite ONOO<sup>-</sup>**

Son apparition est extrêmement rapide, et se produit par une réaction entre deux ERO produites très vite au cours du processus de stress oxydant :



A l'instar du radical hydroxyle, ONOO<sup>-</sup> est une ERO qui cause beaucoup de dommages aux les composants cellulaires (Lenzi, 2011).

## **II.1.3. Les sources de production des radicaux libres**

Des radicaux libres sont produits par un grand nombre de mécanismes tant endogènes (La source principale des ERO dans les cellules de mammifères est d'origine enzymatique) qu'exogènes (Les facteurs exogènes associés à une production accrue et/ou à une diminution de l'élimination des radicaux libres sont également très variés. Certaines de ces productions sont volontairement programmées par l'organisme à des fins de défense ou d'envoi des signaux (Khelfallah, 2013).

### **II.1.3.1. Les sources endogènes**

Plusieurs cellules et tissus produisent des ERO via des réactions enzymatique ou par auto oxydation au cours de leur métabolisme normal ou en reposons à un stimuli .ici nous allons présenter les principales sources d'ERO possiblement présentes dans la cellule (Mercan, 2010).

#### **A. Les sources non enzymatiques**

##### **A<sub>1</sub>. La chaîne mitochondriale de transport d'électrons**

L'oxygène y est la réception final. Cette chaîne respiratoire fournit plus de 80% de l'adénosine triphosphate (ATP) nécessaire aux besoin de la cellule et est la source la plus importante de production d'ERO, elle produirait en effet 90% des ERO cellulaire (Balaban *et al.* , 2005). Environ 2% de l'oxygène utilisé par mitochondrie aérobies intactes est partiellement réduit par des électrons qui s'échappent des transporteurs d'électrons de la chaîne respiratoire, formant ainsi l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup> ( Bovoriz & Chance,1993 ;Boutbir, 2010).

### **A<sub>2</sub>. Les microsomes**

L'activation de l'oxygène par les cytochromes P-450 pour assurer les biotransformations produit parallèlement des radicaux libres (Allain, 2008).

### **A<sub>3</sub>. Peroxysomes**

Possèdent une structure simple, une taille réduite et une très grande quantité de catalases. En raison de ces caractéristiques, les peroxysomes ont longtemps été considérés comme des organites spécialisés dans la détoxification du peroxyde d'hydrogène. Les peroxysomes sont en fait le siège d'une forte activité métabolique très centrée sur le métabolisme oxydatif Ils possèdent de nombreux systèmes antioxydants et prooxydants. Les deux principales sources d'ERO peroxysomales sont la β-oxydation des acides gras et la photorespiration (Corpas *et al.*, 2001; Nyathi & Baker, 2006).

### **A<sub>3</sub>. Les macrophages**

La flambée respiratoire des macrophages activée constitue en augmentation de l'utilisation du glucose par voir des pentoses phosphates pour réduire le NADP en NADPH, et en une augmentation de l'utilisation d'oxygène pour oxyder NADPH afin de produire des espèces radicalaires de l'oxygène (et des halogènes), qui sont des agents cytotoxiques pour tuer les microorganismes phagocytés. L'oxydase de la flambée respiratoire (NADPH oxydase) est une flavoprotéine qui réduit l'oxygène en anion superoxyde (Murray *et al.*, 2013) :



## **B. Les sources enzymatiques**

### **B<sub>1</sub>. NADPH oxydase**

Cette enzyme est présente dans les neutrophiles où elle intervient dans leur propriété bactéricide mais aussi au niveau d'autres tissus comme l'endothélium vasculaire où elle pourrait intervenir par la formation d'ions superoxydes à partir de l'oxygène. Les cellules phagocytaires possèdent cette enzyme comme une enzyme membranaire, elle est activée lorsque la cellule phagocytaire est stimulée (Pourrut, 2008).

### **B<sub>2</sub>. Xanthine-Oxydase**

Catalyse la dégradation de l'hypoxanthine en acide urique en condition de forte demande d'ATP et déficit en oxygène mais elle peut également catalyser l'oxydation de la xanthine en acide urique, notamment lors d'ischémie-reperfusion ou d'hypoxie. Dans cette réaction, l'oxygène moléculaire agit comme un accepteur d'électrons produisant  $O_2^{\bullet -}$  (Bouale, 2005).

## **II.1.3.2. Les sources exogènes**

Les facteurs exogènes associés à une production accrue et/ou à une diminution de l'élimination des radicaux libres sont également très variés, parmi ces facteurs, on retrouve :

- L'alimentation : antibiotiques, alcool, aliments riches en protéines et/ou en lipides et/ou à indice glycémique (IG) élevé, faible consommation d'antioxydant (Hu *et al.*, 2006 ; LIMON-PACHECO *et al.*, 2009 ).
- Le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) atmosphérique (Khelfallah, 2013).
- Les polluants : fumée de cigarette, pollution atmosphérique (dioxyde de soufre et d'azote ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ) les hydrocarbures) (Khelfallah, 2011).
- Les métaux lourds ayant une grande affinité avec les groupements sulfhydryles (-SH), ils inactivent facilement les antioxydants contenant du soufre (Houston M.C., 2007 ; Allain, 2008 ; Mercan, 2010)
- Les rayons ionisants (X et UV) libèrent de l'énergie quand ils traversent les tissus de notre corps. Ils provoquent une ionisation de ces cellules, altérant leurs différents composants, notamment l'ADN (Acide Désoxyribo- Nucléique), qui est le support d'information génétique (Daum-Badouard, 2006 ).

## **II.1.4. Les cibles des radicaux libres**

Aux niveaux des cellules les cibles principales sont l'ADN et les lipides membranaires, et de manière moins importante les protéines et les glucides (Lenzi, 2011).



#### **II.1.4.1. Altérations de l'ADN**

Les ERO constituent la plus importante source endogène de dommages à l'ADN. Elles peuvent lui induire de nombreuses modifications covalentes telles que des lésions aux bases nucléotidiques (purines et pyrimidines), des cassures simples brin ou doubles brin de la chaîne oligonucléotidique, ou des pontages avec des résidus protéiques. Ces modifications peuvent avoir de graves conséquences sur la réplication du génome (Daum-Badouard, 2006 ; Haleng *et al.*, 2007 ).

#### **II.1.4.2. Altérations des lipides**

Les lipides et principalement leurs acides gras polyinsaturés sont la cible privilégiée de l'attaque par le radical hydroxyle capable d'arracher un hydrogène sur les carbones situés entre deux doubles liaisons, pour former un radical diène conjugué, oxydé en radical pyroxyde. Cette réaction appelée peroxydation lipidique forme une réaction en chaîne car le radical pyroxyde formé se transforme en peroxyde au contact d'un autre acide gras qui forme un nouveau radical diène conjugué. ((Cadet, 2002), *In Favier.*, 2003).

#### **II.1.4.3. Altérations des protéines**

Les ERO provoquent une dénaturation des protéines : altération des groupements thiols, formation de ponts disulfures, accentuation du caractère hydrophobe d'où agrégation des protéines qui les rend plus résistantes à la protéolyse physiologique (Auberval, 2010).

#### **II.1.4.4. Altérations des glucides**

Les cibles glucidiques sont essentiellement le glucose et les protéoglycanes du cartilage. L'oxydation au sens large du glucose est aussi appelée « glycosoxydation » et regroupe en fait 2 mécanismes possibles : Soit oxydation au sens strict du glucose, donnant des dérivés carbonyles susceptibles de réagir avec une protéine, pour aboutir à la formation de « produits finaux de glycosylation » ou PFG, Soit formation d'une liaison covalente entre un ose et les groupements aminés libres d'une protéine : on parle de « glycosylation non-enzymatique des protéines ». Cela forme une protéine glyquée, qui peut être attaquée par des ERO telles que HO<sup>•</sup> ou ONOO<sup>-</sup> pour former des PFG (Halliwell & Gutteridge, 2007).

## **II.2. Le système antioxydant**

L'organisme se défend contre la formation et la propagation des radicaux libres par deux mécanismes distincts ((Yu, 1994 ; Helliwell, 1998 ; Bergendi-Benes *et al.*, 1999), *In poortmans*). L'intervention des enzymes qui catalysent une réaction éliminant les molécules réactives, l'utilisation des substances qui piègent les radicaux libres dès leur apparition des antioxydants (Poortman, 2009)

Ces molécules antioxydants ont une activité anti radicalaire qui s'exprime aussi bien au niveau de la protection de l'aliment contre l'oxydation, qu'au niveau de la protection des cellules animales contre le vieillissement, le cancer et d'autres maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives (Powers *et al.*, 1994 ; Medjeldi, 2012).

### **II.2.1. Système endogène**

On distingue classiquement deux catégories d'antioxydant endogène : les systèmes enzymatiques et les systèmes non-enzymatiques (lenzi, 2011).

#### **II.2.1.1. Système endogène enzymatique**

##### **A. Les superoxydes dismutases SOD**

Les superoxydes dismutases SOD sont le premier et le plus important élément de défense contre les ERO et plus particulièrement contre l'anion superoxyde ((Zelko *et al.*, 2002), *In Magali*, 2013), ainsi, d'empêcher la formation d'espèces beaucoup plus néfastes comme le peroxyde d'azote par exemple (Magali, 2013). La SOD est présent chez tous les organismes animaux et végétaux, et chez les procaryotes vivant en aérobiose. On ne connaît pas chez les humains de déficit congénital en SOD anomalie qui serait problématique létale. Plusieurs formes de superoxyde dismutase ont été identifiées chez l'homme (Dodet, 1991) :

##### **A<sub>1</sub>. La Cu/Zn-SOD ou SOD1**

La SOD1 est localisée dans le cytoplasme et le nucléole mais absente dans les mitochondries. Elle est constituée de deux sous-unités contenant chacune un atome de cuivre et un atome de zinc. Le Cu<sup>2+</sup> est indispensable à l'activité catalytique de l'enzyme tandis que Le Zn<sup>2+</sup> stabilise la structure de la protéine. Elle représente 70% des SOD totales ((Mruk *et al.*, 2002), *In Medjeldi*, 2012).

##### **A<sub>2</sub>. La Mn-SOD ou SOD2**

Produite dans les membranes internes des mitochondries, est formée de quatre sous-unités possédant un atome de manganèse. Elle est codée par un gène situé sur le chromosome 6 ((Marklund, 1990), *In* Dodet, 1991).

### **A<sub>3</sub>. SOD-EC ou SOD3**

Le SOD<sub>3</sub> Tétramère est la seule forme extracellulaire impliquée dans la détoxification de O<sub>2</sub><sup>••</sup>. Elle est rencontrée dans le plasma et le milieu interstitiel. Elle présente une répartition tissulaire très particulière, puisqu'elle est localisée en grande concentration dans les testicules et le poumon (Mruk *et al.*, 2002).

### **B. Catalases (CAT)**

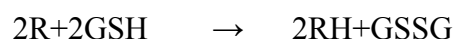
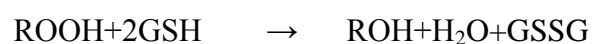
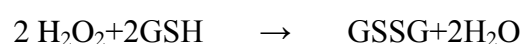
La Catalase est une enzyme dépendante du Fe, qui entre en compétition avec la Gpx pour l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, son utilisation devenant importante quand les quantités d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sont élevées ((Finaud *et al.* 2006, Sayre *et al.*, 2008), *In* Massart, 2011). Ce sont des enzymes tétramériques, chaque unité portant une molécule d'hème et une molécule de NADPH, avec une masse moléculaire de 240 kDa. Dans la plupart des conditions *in vivo*, l'activité peroxydase de la catalase semble favorisée la catalase est présente dans le sang, la moelle osseuse, les membranes des muqueuses les reins et le foie (Murray *et al.*, 2013). Elles catabolisent les peroxydes d'hydrogène en molécules d'eau pour prévenir la formation de radicaux hydroxyles ((Matés *et al.*, 1999), *In* Anísio, 2005).

La réaction se fait en deux étapes:

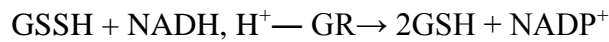


### **D. Les enzymes glutathion peroxydase (GPx) et réductase (GSSG-R)**

Le glutathion peroxydase (GPX) est une enzyme formée de quatre sous-unités contenant réduction des molécules radicalaire grâce à la présence de glutathion réduit (GSH) selon le mécanisme suivant (Lenzi, 2011) :



Dans chacune de ces réactions, une molécule de glutathion oxydée GSSG est obtenue. Pour que cette réaction perdure, il doit y avoir un taux constant de GSH, ce qui est rendu possible par la glutathion réductase (GR). Elle catalyse la réduction du GSSG en GSH à l'aide du cofacteur NADPH, selon le mécanisme suivant



Sont retrouvées dans le cytoplasme, les mitochondries et le noyau cellulaire (Auberval, 2010).

### **E. La thiorédoxine (TRX)**

Cet enzyme a une structure proche de celle de la glutathion réductase. Elle consomme aussi du NADPH dans son fonctionnement. Elle joue un rôle protecteur contre une grande variété de stress oxydatifs grâce à ses propriétés de capturer des radicaux libres. Des données biochimiques montrent que les thiorédoxines réduisent des protéines pour le développement, la division cellulaire ou la réponse au stress oxydatif ((Reichheld *et al.*, 2005 ), *In Anísio*, 2005).

### **F. Les peroxyredoxines (PRDX)**

Elles renferment des résidus cystéine au niveau de leurs sites catalytiques capables de réduire le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et les hydroperoxydes organiques respectivement en eau ou en alcool. Elles présentent une similarité/complémentarité de fonction avec le système des glutathions peroxydases (Medjeldi, 2012).

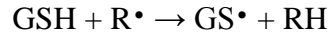
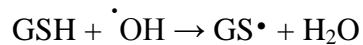
### **G. L'hème oxygénase**

L'hème oxygénase dégrade l'hème (pro-oxydant) en biliverdine, puis en bilirubine qui est un antioxydant, en CO et en fer, et peut prévenir l'oxydation des LDLs. On distingue l'hème oxygénase constitutive et inductible. Cette dernière est induite par le stress oxydant (Benaïssa, 2012).

## **II.2.1.2. Système endogène non enzymatique**

### **A. Le glutathion**

C'est un tripeptide dont la concentration intracellulaire est importante. La fonction thiol confère au glutathion un rôle d'antioxydant, c'est-à-dire de réducteur (donneur d'électron ou d'atome H), qu'il exerce vis-à-vis des nombreuses espèces oxydées, et en particulier vis-à-vis de l'eau oxygénée et des radicaux hydroxyles (Gardès-Albert *et al.* , 2003)



La forme réduite du glutathion (GSH) est le régulateur majeur du redox intracellulaire et se trouve en abondance dans les cellules. Le glutathion agit comme un capteur direct des radicaux libres, un Co-substrat pour l'activité enzymatique de la glutathion peroxydase, cofacteur de plusieurs autres enzymes, et forme des conjugués dans des réactions d'endo- et de xénobiotiques ((Josephy, 1997; Gregus *et al.*, 1996 ), *In* Lavoie, 2012).

### **B. Les protéines de stress thermique**

Lorsque les cellules sont exposées à des températures élevées mais non létales (40-41°C), la synthèse protéique est fortement ralentie. Au contraire, certaines protéines sont rapidement synthétisées .cette réaction est appelée « réaction de stress thermique » et les protéines dont la synthèse est induit sont dite « protéines de stress thermique » (poortmans, 2009). Ces protéines interviennent dans la réparation des dommages oxydatifs induits au niveau des protéines par un stress oxydant ((Milane, 2004), *In* Kebieche, 2009).

### **C. Acide urique**

Il s'agit d'un produit issu du catabolisme des bases puriques. Comme pour tout couple acidobasique l'une ou l'autre des formes est prépondérante selon le pH du milieu : au pH physiologique la forme ionisée, l'urate, est prépondérant. Il agit comme un donneur d'électrons capable ainsi de stabiliser les radicaux hydroxyl  $\cdot\text{OH}$ , peroxy  $\text{ROO}\cdot$ , et l'oxygène singulet  $^1\text{O}_2$  (Lenzi, 2011 ; Benaissa, 2012).

## **II.2.2. Systèmes exogènes**

### **II.2.2.1. Les polyphénols**

Et surtout les flavonoïdes sont des antioxydants puissants susceptibles d'inhiber la formation des radicaux libres et de s'opposer à l'oxydation des macromolécules. En effet, les flavonoïdes sont des piègeurs efficaces des radicaux libres les plus pro-oxydants, particulièrement impliqués dans la peroxydation lipidique, puisqu'ils la préviennent comme l' $\alpha$ -tocophérol (Kebieche, 2009).

### **II.2.2.2. Les vitamines antioxydant**

#### **A. Vitamine E**

La vitamine E est un terme qui désigne un ensemble de composés phénoliques appelés tocophérols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) ou tocols. Ils diffèrent les uns des autres par la position des groupes méthyles sur le cycle aromatique, C'est l' $\alpha$ -tocophérol qui est biologiquement le plus efficace. Le caractère hydrophobe de la vitamine E lui permet de s'insérer au sein de la membrane biologique riche en acides gras polyinsaturés (RH) où elle joue un rôle protecteur efficace en empêchant la propagation de la peroxydation lipidique induite par les espèces oxygénées activées (Pincemail *et al.*, 1998).

## **B. La vitamine C**

L'acide ascorbique est le plus important antioxydant hydrosoluble : son rôle est essentiel dans les compartiments intra- et extra-cellulaires, son mécanisme d'action est mal connu. Il fait intervenir des réactions d'oxydoréduction entre la forme réduite de la vitamine C (l'acide ascorbique) et sa forme oxydée (de hydroascorbate). L'ascorbate capte les anions superoxydes, hypochlorite, hydroxyle et l'oxygène singulet. Ses principaux rôles sont les suivants :

- *In vitro*, il inhibe la peroxydation lipidique avant la vitamine E.
- Il protège les membranes vis à vis de l'attaque peroxydative, en piégeant efficacement les radicaux peroxydes  $ROO^{\bullet}$  dans la phase aqueuse, avant qu'ils puissent initialiser les peroxydations
- Il participe à la régénération de la vitamine E.
- Il est capable de neutraliser l'oxygène singulet (Justine *et al.*, 2005).

## **C. Vitamine A**

La vitamine A ou rétinol (avec un radical alcool), et le  $\beta$  carotène (deux rétinoles joints) dont elle est issue, est en rétinol (avec un radical aldéhyde). Cette transformation d'oxydoréduction régule la vision, la croissance cellulaire, l'expression et l'immunité. Le B-carotène possède des propriétés antioxydantes, il piège l'oxygène singulet lors de la phase d'initiations de la réaction radicalaire (Poortmans, 2009).

### **II.2.2.3. Oligoéléments**

Le cuivre (Cu), le zinc(Zn), le manganèse (Mn), le sélénium (Se) et le fer (Fe) sont des métaux essentiels dans la défense contre le stress oxydant. Toutes les enzymes antioxydantes requièrent un cofacteur pour maintenir leur action catalytique. Ainsi, la SOD mitochondriale a besoin de manganèse, la SOD cytosolique de cuivre et de zinc, la catalase de fer et la GPx de sélénium. Cependant, certains oligoéléments, notamment le fer, lorsqu'ils sont en excès dans l'organisme et sous leur forme réduite, peuvent avoir une action pro-oxydante (réaction de fenton, d' Haber-Weiss) (Saboussi, 2008 ; Medart, 2009 ; Leroux, 2014).

# *Chapitre III*

*L'effet antioxydant des  
polysaccharides d'origine végétale*

### III. L'effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale

La plupart des études récentes dans le domaine de la glycobiologie montrent que les extraits des polysaccharides d'origine végétale et en particulier les plantes médicinales possèdent des effets protecteurs contre les espèces réactives de l'oxygène. Leur rôle essentiel est de bloquer l'action des radicaux libres. La capacité des extraits polysaccharidiques diffère d'une plante à l'autre et d'une fraction à l'autre. Parmi ces travaux on cite :

#### III.1. Des études *in vitro*

##### III.1.1. L'effet sur le DPPH<sup>•</sup>

Le radical DPPH<sup>•</sup> (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) accepte un atome d'hydrogène et réduite en DPPH<sub>2</sub> à partir des molécules antioxydants. Parmi les polysaccharides qui possèdent cette activité on cite : Les trois fractions SP-1, SP-2 et SP-3 de polysaccharide de l'algue brune *Sargassum pallidum* (SP) cette capacité est augmentée dans l'assemblage des deux fractions : SP-3-2 et SP-3-1 (Ye *et al.*, 2008), le Polysaccharide brute de *Lentinus polychrous* Lév (Thetsrimuang *et al.*, 2011), les polysaccharides hydrosolubles des deux algues brunes *Padina pavonica* (Yassine *et al.*, 2012), et *Sargassum graminifolium* (Zhang *et al.*, 2012). On ajoute aussi, le polysaccharide hydrosoluble du champignon *Xylaria nigripes* (Hung *et al.*, 2013), le polysaccharide de la plante *endemic (barks)* (Mengome *et al.*, 2014) (Annexe), les trois fractions de polysaccharides riche en sélénium (Se-GP11, Se-GP22 et Se-GP33) de *Grifola frondosa* (Mao *et al.*, 2014) (Annexe) et les polysaccharides bruts des racines de la plante *Marshmallow* (*Althaea officinalis* L.) (Pakrokh Ghavi, 2015) (Annexe).

Dans un autre travail, Yuan et ses collaborateurs (2015), ont obtenu le même effet pour les deux fractions de polysaccharides PL3 (polysaccharides from light-grown sprouts) et PD3 (polysaccharides from dark-grown sprouts) extrait de la plante de *Soybean sprouts* (Yuan *et al.*, 2015). Actuellement, les nouvelles études montrent que : les polysaccharides extraits des grains de café SCG (Spent coffee grounds) ayant la meilleure activité antioxydante contre le radical DPPH<sup>•</sup>, en plus cette molécule est capable de réduire l'ion ferrique (Fe<sup>3+</sup>) en ferreux (Fe<sup>2+</sup>) (Ballesteros *et al.*, 2015).

##### III.1.2. L'effet sur l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup>

Un travail très récent suggère que l'extrait brut des polysaccharides de la plante *Corbicula fluminea* contient une bonne activité contre les radicaux libres et surtout contre l'anion superoxyde (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>) (Liao *et al.*,



2015). Ainsi, les polysaccharides de la plante *Amomum villosum* sont efficace contre ces radicaux et possèdent un pouvoir réducteur sur le  $\text{Fe}^{3+}$  (Yan *et al.*, 2015).

### III.1.3. L'effet sur le $\text{H}_2\text{O}_2$

La capacité de piéger le peroxyde d'hydrogène a été justifié suite aux travaux réalisés sur l'extrait brut des polysaccharides (ASP) isolé à partir des tiges de la plante *Acanthopanax koreanum* Naka (Kang *et al.*, 2015) (Annexe).

### III.1.4. L'effet sur le $\cdot\text{OH}$ et l' $\text{O}_2^{\cdot-}$

Parmi les nombreuses expériences menés *in vitro* sur les polysaccharides des végétaux qui possèdent l'effet piègeur pour l'anion superoxyde et de l'hydroxyle, on cite : l'étude de Wang *et al* (2007) réalisée sur les trois fractions GMA, GMB et GMC des polysaccharides hydrosolubles (GM) extraits de la plante *Gynostemma pentaphyllum* Makino (Annexe) où la GMC est plus puissante contre l' $\text{O}_2^{\cdot-}$ , l'étude de Zou *et al* (2008) sur le polysaccharide sulfaté (LPS) de l'arbre de lac (*Rhus vernicifera*), l'étude de Zhang *et al* (2010) sur les polysaccharides sulfatés extraits à partir des cinq algues suivantes : l'algue brune *Laminaria japonica*, une algue rouge *Porphyra haitanensis* et trois algues vertes *Ulva pertusa* (Annexe), *Enteromorpha linza* et *Bryopsis plumose*. Plus récemment, des chercheurs ont isolé les polysaccharides de *Clematis huchouensis* Tamura (Zhang *et al.*, 2014) et la fraction SSPII-a des polysaccharides acides de *Stachys sieboldii* Miq (Feng *et al.*, 2015) (Annexe) prouvant la même action.

Une autre étude réalisée sur les polysaccharides de la plante de *Radix hedysari* (Annexe) (RHP) associé au sélénium (Se-RHP) ayant une bonne capacité antioxydante contre ces ERO ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ,  $\text{HO}\cdot$ ) sont capables de réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$  (Wei *et al.*, 2015).

### III.1.5. L'effet sur le DPPH $\cdot$ et le $\text{HO}\cdot$

Une étude a montré que les quatre fractions (DNP1-1, DNP2-1, DNP3-1, DNP4-2) des polysaccharides hydrosolubles extraits de la plante *Dendrobium nobile* Lindl sont capables d'éliminer le radical DPPH $\cdot$  et le radical  $\cdot\text{OH}$  (Luo *et al.*, 2010). Ainsi, le même effet a été enregistré par les polysaccharides hydrosolubles des fruits de *paullinia cupana* (Dalonso *et al.*, 2012) (Annexe) et des trois plantes *Sisal waste* (Zhang *et al.*, 2014), l'*Hibiscus rosa-sinensis* (Afshari *et al.*, 2015) (Annexe) et *Gleostereum incarnatum* (Zhang *et al.*, 2015) (Annexe).

La fraction de polysaccharide (LP2-1) isolé à partir des bulbes de *Lilium lancifolium* Thunb, ayant une capacité antiradicalaire sur le radical DPPH<sup>•</sup> et le radical hydroxyle, possède un pouvoir réducteur des ions ferriques (Gao *et al.*, 2015). De même, Li *et al* (2015) ont obtenues le même résultat pour les trois fractions holosidiques GPA1, GPA2 et GPA3 de *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb) Markin. La dernière fraction été plus active que les deux autres.

### III.1.6. L'effet sur le DPPH<sup>•</sup> et l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup>

Cet effet est testé positivement pour les polysaccharides hydrosolubles suivants : les deux fractions MP1 et MP2 extrait de *Mung bean* (Annexe) (Chen *et al.*, 2008), l'extrait des fruits de la champignon *Ganoderma atrum* (Furao *et al.*, 2010), les deux fractions acide (AAIP-B) et neutre (NAIP) de la plante *Acanthus ilicifolius* où la fraction neutre été plus efficace (Zhang *et al.*, 2014), les trois fractions PV-P1, PV-P2 et PV-V3 extraits du *Prunella vulgaris* Linn (*P. vulgaris*) avec un meilleur pouvoir pour les PV-P2 et PV-V3 (Li *et al.*, 2015), et enfin la fraction (RAPs) de *Rhizoma alismatis* (Zhao *et al.*, 2015).

D'après Ye *et al* (2011), les polyosides des grains de *Plantago asiatica* sont capables de balayer le DPPH<sup>•</sup> et le O<sub>2</sub><sup>•-</sup> et de réduire le Fe<sup>3+</sup> (Ye *et al.* 2011).

### III.1.7. L'effet sur l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup> et le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Les polysaccharides hydrosolubles de nature acide obtenue par extraction des fruits de la champignon de *Tremella aurantialba* (Annexe) ont la capacité d'éliminer les ERO suivantes : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et O<sub>2</sub><sup>•-</sup> (Du *et al.*, 2015).

### III.1.8. L'effet sur le DPPH<sup>•</sup>, le HO<sup>•</sup> et l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup>

Les extraits aqueux des polysaccharides acides et neutres de la plante *Houttuynia cordata* Thunb possèdent une puissante activité antioxydante contre le DPPH<sup>•</sup>, le HO<sup>•</sup> et l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup> (Tian *et al.*, 2011). Ainsi, des études récentes prouvent le même effet pour le polysaccharide sulfaté de la plante *Cyclocarya paliurus* (Xei *et al.*, 2015).

Un autre travail de Yuan *et al* (2015) montre que les deux fractions hydrosolubles des polysaccharides acides des feuilles de la plante *mulberry* (*Morus alba* L.) sont efficace contre ces radicaux et possèdent un pouvoir réducteur sur le Fe<sup>3+</sup>.

### **III.1. 9. L'effet sur le DPPH<sup>•</sup>, le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et l'O<sub>2</sub><sup>•-</sup>**

L'étude récente de Li *et al.* (2006), montre que les polysaccharides extraits de la plante *Lygodium japonicum* (Annexe) possèdent la capacité d'éliminer les espèces réactives suivantes : DPPH<sup>•</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et O<sub>2</sub><sup>•-</sup> (Li *et al.*, 2006).

### **III.1.10. Les effets sur le <sup>•</sup>OH, le Fe<sup>3+</sup> et la peroxydation lipidique**

Une étude récente montre que les polysaccharides hydrosolubles de *Corn silk* (Annexe) exercent une activité antioxydante pour le radical <sup>•</sup>OH et un pouvoir réducteur du Fe<sup>3+</sup>. En plus, ils agissent comme inhibiteur de la peroxydation lipidique induite *in vitro* (Chen *et al.*, 2014).

## **III.2. Des études *in vivo***

### **III.2.1. L'effet sur les antioxydants enzymatiques**

Plusieurs études peuvent être prises en compte pour faire l'amélioration de l'activité des enzymes antioxydants comme la glutathion peroxydase, la superoxyde dismutase et l'hème oxygénase par les hétéropolysaccharides d'*Astragalus mongholicus* (Zhang *et al.*, 2011) (Annexe) et les polysaccharides du *ginseng* ((Fu *et al.*, 2003) In Zimmer, 2007 ; Bachelet, 2013).

### **III.2.2. L'effet sur les antioxydants enzymatiques et la peroxydation lipidique**

L'effet antioxydant directe sur les radicaux n'est pas observé Pour les polysaccharides des fruits de *Ziziphus Jujube* (ODFP) (Chi *et al.* , 2015) (Annexe) ou de l'*Opuntia dillenii* Haw (Annexe) (Gao *et al.*, 2015). En revanche, ils augmentent les taux des enzymes antioxydantes (SOD, GPx et CAT) participant aussi au blocage de l'oxydation des lipidiq (Chi *et al.*, 2015 ; Gao *et al.*, 2015).

### **III.2.3. L'effet sur les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques**

Le polysaccharide sulfaté hydrosoluble extrait de la champignon *Ulva lactuca* (Annexe) améliore l'activité des antioxydants endogènes : enzymatiques (catalase, glutathion peroxydase et superoxyde dismutase) et non enzymatique (glutathion réduite) (Hassan *et al.*, 2011).

### III.3. Des études *in vivo* et *in vitro*

Les études menés *in vitro* et *in vivo* montrent que les polysaccharides d'algue rouge *Porphyra vietnamensis* (Bangiales, Rhodophyta) ayant une capacité d'éliminer les radicaux suivants : DPPH<sup>•</sup>, HO<sup>•</sup>, O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et <sup>•</sup>ON, et inhibé la peroxydation lipidique dans le mitochondrie (Bhatia *et al.*, 2011). De même, les polysaccharides de la plante *Echinacée purpurea* (Annexe) qui augmente la protection antioxydante des tissus (Barret, 2003). Par ailleurs, l'extrait des polysaccharides des feuilles de *Aloe vera var* (Annexe) agit comme un piègeur sur l'anion superoxyde, le radical hydroxyle et le radical monoxyde d'azote de façon dose-dépendante dans le foie et le sang (Morin, 2008, Michayewicz, 2013). Il y a aussi des études montrant que leur polysaccharide a une activité contre les lésions induites par le peroxyde d'hydrogène des lignées cellulaires (Michayewicz, 2013).

D'autres travaux démontrent que les fractions ILPS-1, ILPS-2, ILPS-3 et ILPS-4 des polysaccharides de la plante *Ilex latifolia Thunb* (ILPS) (Annexe) possèdent une activité antioxydante varie d'une fraction à l'autre selon l'ordre suivant : ILPS > ILPS-4 > ILPS-3 > ILPS-2 > ILPS-1. En plus, ces fractions sont capables de réduire la formation du malondialdéhyde (MDA) et de renforcer l'activité de la superoxyde dismutase et le glutathion peroxydase (Fan *et al.*, 2014). Ainsi, les deux fractions de polysaccharide (PMP-1 et PMP-2) de *Polygonum multiflorum Thunb* inhibent l'activité des radicaux (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, HO<sup>•</sup> et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), l'oxydation lipidique et protéique (Lishuang *et al.*, 2014). Des études récentes prouvent que les polysaccharides hydrosolubles de *Cordyceps sinensis* (Annexe) possèdent un pouvoir réducteur sur le DPPH<sup>•</sup>, le <sup>•</sup>OH et le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et diminuent la production du malondialdéhyde. Ces molécules augmentent le taux du glutathion peroxydase et de la superoxyde dismutase de façon dose-dépendante d'autre et protègent les cellules nerveuses (Li *et al.*, 2003 ; Wang *et al.*, 2015).

L'activité antioxydante des polysaccharides du *Lycium barbarum L.* a été analysé avec efficacité par des tests : sur le radical libre DPPH<sup>•</sup> pour la fraction LBPN (Neutre), sur l'anion superoxyde pour la fraction LBP<sub>a2</sub> (Acide) et sur le radical hydroxyle pour ces deux fractions, aussi augmenter le taux des enzymes antioxydantes. (Wang *et al.*, 2010 ; Martel, 2011 ; Zhao *et al.*, 2015). ), d'autre part l'administration de ce polysaccharide chez les souris a démontré son efficacité par : la diminution du radical monoxyde d'azote NO de façon dose-dépendante dans le foie et le sang, en stimulant l'expression des enzymes antioxydants ainsi bloquant la peroxydation lipidique (Andrew, 2007 ; WU *et al.*, 2010).

*Conclusion*

## Conclusion

L'analyse de la littérature met en lumière des polysaccharides extraits des végétaux comme des composés multifonctionnels, avec plusieurs activités pharmacologiques. Donc les polysaccharides d'origine végétale et en particulier les plantes médicinales semblent être un élément clé de nombreux propriétés par exemple dans le cas de stress oxydant ils sont capables de piéger les espèces réactives de l'oxygène.

Le travail présenté dans ce contexte porte sur la synthèse de nombreux rapports et études effectués *in vitro* et *in vivo* démontrant l'efficacité antioxydante des polysaccharides extraits à partir des végétaux. En effet, ces composés exercent une action antiradicalaire directe et indirecte. Des études récentes montrent que l'extrait polysaccharidique de quelques vertus comme : l'algue rouge *Porphyra vietnamensis* et les plantes : *Aloe vera var*, *Cordyceps sinensis*, *Echinacée purpurea*, *Ilex latifolia Thunb*, *Lycium barbarum* réduisent et inhibent *in vitro* la production des radicaux libres (DPPH<sup>•</sup>, HO<sup>•</sup> et <sup>•</sup>ON) et généralement des espèces réactives de l'oxygène (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Ainsi ces polysaccharidiques inhibent la peroxydation lipidique, et en augmentant le taux des enzymes antioxydantes comme la superoxyde dusmutase, la glutathion peroxydase ...etc. Cette double action permet de lutter contre le vieillissement global de l'organisme et permet de maintenir l'intégrité des membranes lipidiques et de protéger l'ADN.

La découverte et la caractérisation de nouveaux attributs fonctionnels et des bienfaits pour la santé. Des polysaccharides nouveaux issus de d'autres plantes médicinales, ouvriront de nouveaux travaux pour ces biopolymères.

# *Résumés*

## Résumé

Les polysaccharides sont les éléments structuraux majeurs dans les végétaux. Ils présentent une variabilité structurale et une richesse de propriétés physico-chimiques, que l'on ne rencontre chez aucune autre classe des macromolécules.

L'intérêt montré ces dernières années pour la glycobiologie est principalement motivé par la découverte que les polysaccharides ont des propriétés pharmacologiques intéressantes comme par exemple l'activité antioxydant. Dans ce sens là des études en phytothérapie s'intéressent à la valorisation chimique et biologique des polysaccharides produits par les végétaux et en particulier extraits des plantes médicinales.

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire, était de démontrer l'intérêt et l'exploitation des polysaccharides des plantes médicinales ayant des propriétés antioxydantes.

***Mots clés :** polysaccharides, plantes médicinales, espèces réactives de l'oxygène, antioxydant.*



## **Abstract**

Polysaccharides are the major structural components in plants. They have a structural variability and a wealth of physico-chemical properties, which is not encountered in any other class of macromolecules.

The interest shown in recent years to glycobiology is mainly motivated by the discovery that polysaccharides have interesting pharmacological properties such as the antioxidant activity. In this way, herbal medicine (or phototherapy) studies focus on chemical and biological recovery of polysaccharides produced by plants and in particular extracts from medicinal plants.

The objective of the work presented in this paper was to demonstrate the value and the use of medicinal plant polysaccharides with antioxidant properties.

**Keywords:** *polysaccharides, medicinal plants, reactive oxygen species, antioxidant.*

## ملخص

تعتبر عديدات السكريات من المكونات الهيكلية الرئيسية في النباتات وذلك نظرا للمميزات التي تحتويها من اختلافات في البنية وخصائص فيزيوكيميائية تميزها عن أي فئة أخرى من الجزيئات.

أبدى علم السكريات في السنوات الأخيرة اهتماما كبيرا بهذه الجزيئات وذلك لخصائصها العلاجية المثيرة للاهتمام مثل النشاط المضاد للأكسدة. في هذا الاتجاه ركزت الدراسات المنجزة في ميدان التداوي بالإعشاب على التقييم الكيميائي والبيولوجي لعديدات السكريات النباتية وبالأخص تلك المستخلصة من النباتات الطبية. ويبقى الهدف من انجاز هذه المذكرة هو إظهار فائدة عديدات السكريات الموجودة في النباتات الطبية وخصائصها المضادة للأكسدة.

**الكلمات المفتاحية :** عديدات السكريات، النباتات الطبية، الأنواع النشطة للأكسجين، مضادات الأكسدة.

*Références*  
*Bibliographiques*

## Références

1. **Aboughe. A. S. (2010).** Extraction des polysaccharides hémicellulosiques de la paroi des feuilles de *Laportea aestuans* (*Fleurya aestuans*) et activité immunostimulante. *J Science Sud*. N°3. Gabon.
2. **Afshari. K ; Samavati. V & Shahidi. S. A. (2015).** Ultrasonic-assisted extraction and in-vitro antioxidant activity of polysaccharide from *Hibiscus* leaf. *International J of Biological Macromolecules*.74 : 558–567.
3. **Alais. C ; Linden. G & Miclo. L. (2003).** Chapitre 3: Glycannes. Biochimie Alimentaire. Ed, Dunod, Paris. p : 33-51.
4. **Allain. P. (2008).** Production de radicaux libres dans l'organisme. "Les médicaments" 3<sup>ème</sup> édition. Site : webmaster@pharmacorama.com.
5. **Andrew. W. (2007).** Les polysaccharides de la baie de goji: des propriétés antitumorales et immunostimulantes. *J Nutra News : Science, Nutrition, prévention et santé*. p 3.
6. **Auberval .N. (2010).** Chapitre 2 : stress oxydant et le diabète. Prévention du stress oxydant dans le diabetes ses coplicatios par des antioxydants d'origine naturelle. Ed, Université de Strasbourg. P 50-58.
7. **Bachelet. B. (2013).** Chapitre 2: L'immunodépression par la phytothérapie impact de la phytothérapie sur le système immunitaire. Ed, école nationale vétérinaire d'alfort. P 45-57.
8. **Balaban. R. S ; Nemoto.S & Finkel. T. (2005).** Mitochondria, oxidant and aging. *Cell* 12.P 483-495.
9. **Ballesteros. Lina F; Miguel A. Cerqueira ; José A. Teixeira & Solange I. Mussatto. (2015).** Characterization of polysaccharides extracted from spent coffee grounds by alkali pretreatment. *Carbohydrate Polymers A*. 127: 347–354.
10. **Barret. B. (2003).** Medicinal properties of Echinacea: a critical review. *A Phytomedicine*. 10(1): 66-86.
11. **Beaumont. S. (2007).** Chapitre 6 : Les polyosides-les hétéroglycannes. Biochimie cours, exercices annales et QCM corrigés 2<sup>e</sup> édition. Ed, Dunod. Paris. P 50-56.
12. **Benaissa. B. (2012).** Chapitre 1 : Radicaux libres, stress oxydant et Athérosclérose. Conception et synthèse de dérivés phénolique hautement fonctionnalisés et étude leurs propriétés biologique vis-à-vis des maladies cardiovasculaires athéroscléroses. P 7-45.
13. **Benhamou. N. (2009).** Chapitre 4: Chronologie des événements menant à la résistance active. La resistance chez les plantes principes de la stratégie défensive et applications agronomiques. Ed, TEC & DOC Paris-France. P 76 et 346.
14. **Ben Salah. A. R. (2007).** Chapitre 2: Les glucides. Biochimie Cours et exercices. Cours de publication universitaires. Ed, Centre de publication universitaire. Tunisie. P 39-52.
15. **Bensegueni. A ; Chikhi. A. (2006).** Chapitre 1: Structures des glucides, Biochimie. Ed, Université Mentouri Constantine. P 1-12.
16. **Bertrand. P. (2008).** Chapitre 1 : Le stress oxydatif chez les plantes. Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*. Ed, Université de Toulouse. P 16-56.
17. **Bhatia. S ; Sharma. K; Sharma. A ; Namdeo. Dr. A. G & Chaugule. Dr. B. B. (2011).** Anti-oxidant potential of indian porphyra. *Pharmacology online 1*. P 248-257.
18. **Borg. J.M & Reeber .A. (2008).** Biochimie métabolique. Ed, Ellipses, France. p : 257-269.
19. **Bouitbir. J. (2010).** Chapitre 3 : Stress oxydant. Les études des effets des statines sur la fonction mitochondriale des muscles cardiaques et squelettiques. Ed, Université de Strasbourg. P 45-61.
20. **Bovoriz. A & Chance. B. (1973).** The mitochondria generation of hydrogen peroxide. General properties of hyperbaric oxygen. *J Biocheme*. 134: 707-716.

21. **Brudieux. V. (2007).** Chapitre 1: Travaux antérieur. Extraction, modification enzymatique caractérisation chimique de nouvelle structure pectique. Application de la relation structure/ activité à la dermocosmétique. Ed : Université de Limoges .P 30.
22. **Bruneton. J. (1999).** Pharmacognosie Phytochimie plantes médicinales. Ed, Tec & Doc, Paris.
23. **Cadet. J ; Bellon .S ; Berger. M ; Bourdat .A.G ; Douki. T ; Duarte.V ; Frelon. S ; Gasparutto. D ; Muller E ; Ravanat J.L & Sauvaigo S. (2002).** Recent aspects of oxidative DNA damage: guanine lesions, measurement and substrate specificity of DNA repair glycosylases, *Biol. Chem.*
24. **Campbell P. N & Smith A. D. (2006).** Chapitre 7: Structure et interconversion des glucides. *Biochimie illustrée.* Ed, Malione. Paris. P 179- 188.
25. **Cerqueira A. M ; Bartolomeu .W. S. Souza ; Teixeira. J. A. & Vicente. A. A. (2012).** Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films a comparative study. *J. Food Hydrocolloids.* 27. P 175-184.
26. **Chen. S ; Chen. H ; Tian. J ; Wang. J ; Wang. Y & Xing. L. (2014).** Enzymolysis-ultrasonic assisted extraction, chemical characteristics and bioactivities of polysaccharides from *corn silk*. *Carbohydrate Polymers A.* 101: 332–341
27. **Chen. Y ; Xie. M. Y ; Nie. S. P ; Li. C & Wang. Y. X. (2008).** Purification, composition analysis and antioxidant activity of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Ganoderma atrum*. *Food Chemistry A.* 107 : 231–241.
28. **Chi ; Aiping ; Chenzhe Kang ; Yan Zhang ; Liang Tang ; Huanhuan Guo<sup>a</sup> ;Hong Li<sup>a</sup> & Kunru Zhang . (2015).** Immunomodulating and antioxidant effects of polysaccharide conjugates from the fruits of *Ziziphus Jujube* on Chronic Fatigue Syndrome rats. *A Carbohydrate Polymers.* 122 : 189–196.
29. **Chikhi. A & Bensegueni .A. (2006).** Chapitre1 : Structure et propriétés des Glucides. *Biochimie générale.* 1<sup>éd</sup>. Ed, Dar Aktab El fikr. P 1-26.
30. **Cillard. J. (2011).** Chapitre 1 : Physiopathologie du Stress Oxydant. Radicaux Libres et Vieillesse. 4<sup>me</sup> Symposium International Nutrition. Ed, Biologie de l'oxygène et Médecine, Paris. P 4-50.
31. **Clarkson. P.M & Thompson. H.S. (2000).** Antioxydants: what role do they play in physical activity and health. *J American Journal of Clinical Nutrition.* 72 (2): 637-646.
32. **Corinne. A. (2010).** Généralités sur les radicaux libres, systèmes de défense et pathologies induites. Stress oxydatif, Calcium et Thermalisme. *A Press Therm Climat.* 147 (2): 121-138.
33. **Corpas. F.J ; Barroso. J.B & LA del Río. (2001).** "Peroxisomes as a source of reactive oxygen species and nitric oxide signal molecules in plant cells. *Trends in Plant Science.* 6(4): 145-150.
34. **Covis, (2011).** Chapitre1 : Les polysaccharides neutres. Synthèse de polysaccharides amphiphiles à partir de dextrane et application à la stabilisation d'émulsions directe et inverses. Ed, Nncy- Université INPL. P 27.
35. **Cristina Popovici ; Ilonka Saykova & Bartek Tylkowski. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de Génie Industriel.* 4 : 25-39.
36. **Dalonso. N ; Lúcia. C & Petkowicz. O. (2012).** *Guarana* powder polysaccharides: Characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. *J Food Chemistry journal homepage.* 134: 1804-1812.
37. **Daum-Badouard. C. (2006).** Chapitre 1 : Le stress oxydant. Les lésions des acides nucléiques : détection par CLHP-SM/SM dans les milieux biologiques humains et intérêt comme biomarqueurs du stress oxydant et de l'inflammation. Ed, Université Joseph Fourier-Grenoble. P 13.
38. **Delattre. J ; Beaudeau. J.L & Bonnefont-Rousselot. D. (2007).** Radicaux libres et stress oxydant : aspects biologique et pathologiques. Ed, Lavoisier TEC & DOC, Paris. P 325-389.

39. **Delttre. C. (2005).** Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de gluconate. P4-11.
40. **De Mel. A ; Murad. F & Seifalian A. M. (2011).** Nitric Oxide: A Guardian for Vascular Grafts. *Chem.* 111(9): 5742-5767.
41. **Dodet. B. (1991).** La chasse aux radicaux libres oxygénés. Dossier. *J Biofuture.* Paris. 29: 23-32.
42. **Dongfeng. W ; Chen. T ; Yan. M ; Zhao. W ; Li. F; Cheng. W & Yuan. L. (2015).** Synthesis, characterization, antioxidant activity and neuroprotective effects of selenium polysaccharide from *Radix hedysari.* *Carbohydrate Polymers A.* 125: 161-168
43. **Du. X ; Zhang. Y ; Mu. H ; Lv. Z ; Yang. Y & Zhang. J.(2015).** Structural elucidation and antioxidant activity of a novel polysaccharide (TAPB1) from *Tremella aurantialba.* *Food Hydrocolloids A.* 43: 459-464.
44. **Eiserich. J. P ; Patel. R. P & Donnel. V. B. (1998).** Pathophysiology of nitric oxide and related species: free radical reactions and modification of biomolecules. *Molec. Aspects. Med.*19: 222.
45. **Fan. J ; Wu. Z ; Zhao. T ; Sun. Y ; Ye. H ; Xu. R & Zeng. X. (2014).** Characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Ilex latifolia* Thunb. *Carbohydrate Polymers A.* 101: 990–997.
46. **Farjanel. J ; perret. F ; borg. j (2012).** Chapitre 6 : Macromolécules édifices moléculaires biologique da la structure à la fonction. Chimie médicale cours et QCM. Ed, Ellipses, paris. P 215-225.
47. **Faure. P. (2011).** Chapitre 1: Structure des glucides. UE1: Biochimie générale. Ed, Université Joseph Fourier de Grenoble.
48. **Feng. K ; Chen. W ; Sun. L ; Liu. J ; Zhao. Y ; Li. L ; Wang. Y & Zhang. W. (2015).** Optimization extraction, preliminary characterization and antioxidant activity *in vitro* of polysaccharides from *Stachys sieboldii* Miq. Tubers. *Carbohydrate Polymers A.*125. P 45–52.
49. **Finaud. J; Lac. G & Filaire. E. (2006).** Oxidative Stress. Relationship with Exercise and Training. *J Sports med.* 36 (4): 327-58.
50. **Florian. H ; Lindenmeier. G; Moc. I; Berghold. C ; Sneider. N; Munster. B & Grillhòsl. C. avec la collaboration de Krüger. K ; Karamer .N; Hunischer. A ; Ackernnan. S ; Hopf. I & Wiedemann. U. (2005).** Chapitre 3: Cellule et chimie- Les glucides ou hydrates de carbone. Biochimie Humaine. Ed : Flammarion, Paris –France. P 23-32.
51. **Furao. L ; Wen. Q ; Li. L ; Wu. H & Li. X. (2010).** Antioxidant activities of water-soluble polysaccharide extracted from *mung bean* (*Vigna radiata* L.) hull with ultrasonic assisted treatment. *Carbohydrate Polymers A.* 8 : 323–329.
52. **Gardès. A. Monique ; Bonnefont-Rousselot. D; Zohreh. A & Jore. D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène. *J Mécanismes biochimiques.* P 91-95.
53. **Gao. J ; Han. Y. L ; Jin. Z.Y ; Xue-Ming Xu ; Zha. X. Q ; Chen. H. Q & Yin. Y. Y (2015).** Protective effect of polysaccharides from *Opuntia dillenii* Haw. fruits on streptozotocin-induced diabetic rats. *Carbohydrate Polymers A.* 124 : 25–34.
54. **Gao. J ; Zhang. T ; Jin. Z.Y ; Xu. X.M ; Wang. J. H ; Zha. X. Q. & Chen. H. Q. (2015).** Structural characterisation, physicochemical properties and antioxidant activity of polysaccharide from *Lilium lancifolium* Thunb. *J Food Chemistry.* 169 : 430–438.
55. **Garon. L. S. (2004).** Chapitre 1: Les algues et leurs polysaccharides pariétaux. Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Ed, Université de Bretagne Occidentale. P 4-29.
56. **Ghalem. M. (2014).** Effets antioxydants et anti-inflammatoires des extraits de *Zizyphus lotus* et *Anthyllis vulneraria*. Ed, Université Abou Bekr Belkaid , Tlemcen. P 1-4.
57. **Girodon. F ; Blache. D ; Monget A.D ; Lombart M ; Brunet-Lecompte. P; Arnaud. J; Richard. M.J & Galan P. (1997).** Effect of a two-year supplementation with low doses of antioxidant vitamins and/or minerals in elderly subjects on levels of nutrients and antioxidant defens.

58. Haleng. J ; Pincemail ; Defraigne. J.O ; Harlier.C.C ; Chapelle. J.P. (2007). Le stress oxydant. *J Med Liege*. 62 (10) : 628-638.
59. Halliwell. B & Gutteridge. J. M. (2007). *Free Radicals in Biology and Medicine*, Oxford University press.
60. Hames B. D. N; Hooper. M & Houghton .J.D. (2006). Chapitre J : Métabolisme d'un glucide. L'essentiel en Biochimie. Ed, Berti. Paris. P 249-287.
61. Han. Y ; SON. S. J ; AKHALAIA. M ; PLATONOV. A ; SON. H. J & LEE. K. H *et al.* (2005). Modulation of radiation-induced disturbances of antioxidant defense systems by *ginsan*. *Evid. Based Complement. J Med.* 2(4): 529-536.
62. Hassan. S ; Sanaa. A. T ; Hetta. M & Basant. M. (2001). Improvement of lipid profile and antioxidant of hypercholesterolemic albino rats by polysaccharides extracted from the green alga *Ulva lactuca Linnaeus*. *Saudi Journal of Biological Sciences, Elsevier*. 18: 333–340.
63. Hennen. G. (2001). Chapitre 2: Les matériaux biologique de base .Biochimie 1<sup>er</sup> cycle cours et questions de révision. Ed, DUNOD. Paris. P 14-18.
64. Hugues.C ; Gall. Y. J ; Maquat. X. F ; Vincendon. G. (2006). Chapitre 4 : Les glucides. Biochimie & Biologie Moléculaire pour les sciences de la vie et de la santé. Ed, omniscience. P 67-85.
65. Hung. M. C ; Tsai. C. C ; Hsu. T. H ; Liang. Z. C ; Lin. F. Y ; Chang. S. L ; Ho. W. J & Hsieh. C. W. (2013). Biological Activities of the Polysaccharides Produced from Different Sources of *Xylaria nigripes* (Ascomycetes), a Chinese Medicinal Fungus. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 17 (2): 141-150.
66. Justine. O & Pastre. C. (2005). Chapitre 1 : Presentation des antioxydants. Interêt de la supplementation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Ed, Université Paul-Sabatier-Toulouse. P 13-29.
67. Kamoun .P ; Lavoine .A; Verneuil. H. et la collaboration de Darmon. M et Demtes-Mainard. J. (2003). Chapitre 5 : Oses et Polysaccharides. Biochimie et Biologie moléculaire de la biologie à la clinique. Ed, Flammarion .Paris-France. P 55-64.
68. Kang. M. C ; Kim. S. Y ; Kim. E. A ; Lee. J. H ; Kim. Y.S ; Yu.S.K ; Chae J. B & Choe. I.H ; Cho. J.H & Jeon.Y.J. (2015). Antioxidant activity of polysaccharide purified from *Acanthopanax koreanum* Nakai stems *in vitro* and *in vivo* zebrafish mode. *Carbohydrate Polymers A*. 127: 38–46.
69. Kebieche. M. (2009). Chapitre 2 : Effet des extraits de flavonoïdes de RRL et de la quercétine sur l'hépatotoxicité induite par l'Epirubicine Activité biochimique des extraits flavonoïdiques de la plante *Ranunculus repens L* : effet sur le diabète expérimental et l'hépatotoxicité induite par l'Epirubicine. Ed, Université Mentouri Constantine. P 83-111.
70. Kessous .C. (2006). Chapitre 2: Glucides. Biochimie strécturale. Ed, Office des publications 1, place centrale de Ben aknoun .Alger-Algérie. P 56- 80.
71. Khelfallah. A. (2013). Chapitre 02 : Stress oxydant-Antioxydants. Etude comparative du contenu phénolique et du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales et des céréales alimentaires. Ed, Université Constantine 1. P 16-24.
72. Kothe Hans W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales de A à Z propriétés et usages. Ed: terres. P 12.
73. Kouadri Boudjeltia. A. (2006). Chapitre 1: Les glucides .Cours de biochimie Générale, Glucide : structure et métabolisme .Ed, Office des Publications Universitaires 1, Place centrale de Ben Aknoun (Alger).P 1-31.
74. Lavoie. M. E. (2012). Inflammation, stress oxydant, profil métabolique : influence des apports alimentaires et de la dépense énergétique.Ed, Université de Montréal. P 27-36.

75. **Lenzi. F. (2011).** Chapitre 1: Le Stress Oxydant Cellulaire. Contribution à l'étude du stress oxydant cellulaire chez le chien de traineau en course de sprint. Ed, Université Vetagro Supcampus Veterinaire de Lyon. P 25-56.
76. **Liao. N ; Zhong. J ; Ye. X ; Lu. S ; Wang. W ; Zhang. R ; Xu. J ; Chen. S & Liu. D. (2015).** Ultrasonic-assisted enzymatic extraction of polysaccharide from *Corbicula fluminea*: Characterization and antioxidant activity. *J -LWT - Food Science and Technology ; Food Innovation in China.* 60 : 1113–1121.
77. **Li. B ; Zhang. X ; Wang. M & Jiao. L. (2015).** Characterization and antioxidant activities of acidic polysaccharides from *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Markino. *Carbohydrate Polymers A.* 127 : 209–214.
78. **Li. C ; Huang. Q ; Fu. X ; Yue. X. J ; Liu. R. H & You. L. J. (2015).** Characterization, antioxidant and immunomodulatory activities of polysaccharides from *Prunella vulgaris* Linn. *International Journal of Biological Macromolecules .*75: 298–305.
79. **Limon. P. J ; Maria.E & Gonsebat. T. (2009).** The role of antioxydants and antioxydants-related enzymes in protective responses to environnementally induced oxidative stress. *J Mutation Resarch.* 674: 137-147.
80. **Lishuang. L. V ; Cheng. Y; Zheng. T ; Li. X & Zhai. R. (2015).** Purification, antioxidant activity and antiglycation of polysaccharides from *Polygonum multiflorum* Thunb. *Carbohydrate Polymers A.* 99: 765–773.
81. **Li. S. P ; Zhao. K. J ; Ji. Z. N, Song. Z. H ; Dong. T. T ; Lo. C. K ; Cheung. J. K ; Zhu S. Q & Tsim. K. W. (2003).** A polysaccharide isolated from *Cordyceps sinensis*, a traditional Chinese medicine, protects PC12 cells against hydrogen peroxide-induced injury. *J Life Sci.*73(19): 2503-13.
82. **Li. X ; Zhou. A & Han. Y. (2006).** Anti-oxidation and anti-microorganism activities of purification polysaccharide from *Lygodium japonicum* *in vitro*. *Carbohydrate Polymers A.* 66 : 34–42.
83. **Lorraine. M ; Sordill. O ; Sracey I & Aiken. (2009).** Impact of oxydative stress on the health and immune function of dairy cattle. *J Veterinary Immunology and Immunopatholog* 128: 104-109.
84. **Luo. A ; He. X ; Zhou. S. D; Fan. Y. J ; Luo. A & Chun. Z. (2010).** Purification, composition analysis and antioxidant activity of the polysaccharides from *Dendrobium nobile* Lindl A. *Carbohydrate Polymers.* 79 : 1014-1019.
85. **Madigan. M & Martinko. j. (2007).** Chapitre 3: Macromolécules. Biologie des micros – organismes 11<sup>ème</sup> édition. Ed, Pearson. Paris. P 44-45.
86. **Mandelker. L. (2008).** Introduction to oxidative and mitochondrial dysfunction. *Vet Clin : Small Anim Practice.* f. r. Oxidative stress: the role of mitochondria, and antioxidants, *A Elsevier.* 38: 130-137.
87. **Mao. G ; Zou. Y ; Feng. W ; Wang. W ; Zhao. T ; Ye. C ; Zhu. Y ; Wu. X ; Yang. L & Wu. X. (2014).** Extraction, preliminary characterization and antioxidant activity of Se-enriched Maitake polysaccharide A. *Carbohydrate Polymers.* 101: 213–219.
88. **Margham. R. (2009).** Chapitre 1 : Les glucides des végétaux. Élément de la biochimie végétale. Ed, Bahaeddine. Constantine. P 13-40.
89. **Marouf .A & Reynaud. J. (2007).** La botanique de A à Z 1662 Définitions. Ed, Dunod. Paris-France. P 13-135.
90. **Martel. P. (2011).** Antioxydant naturelle : le Baie de Goji. Magazine de Tandem Santé, Ed, Paris N 38. P 2-3.
91. **Martin. A. (2007).** Apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3ème édition, Ed, TEC & DOC, Paris.



- 92. Massart. A. (2011).** Chapitre 1 : Le stress oxydant et ses indicateurs. Supplémentations en oméga 3 et antioxydant et stress oxydant au cours d'un entraînement de judo. Ed, Université d'Orléans. P 15-39.
- 93. Matés. J. M ; PEREZ-GOMEZ. C ; Nunez DE Castroi. (1999).** Antioxidant enzymes and human diseases. *A Clin Biochem.* 32(8). P 595-603.
- 94. Medart. J. (2009).** Manuel pratique de nutrition, L'alimentation Préventive et curative 2<sup>ème</sup> édition, Ed, De Boeck, Paris.
- 95. Medjeldi. M. S. (2013).** Chapitre 2: Les antioxydants naturels. Peroxydase d'origine végétale: purification, caractérisation biochimique, immobilisation et application dans la détermination des peroxydes au niveau des aliments conservés. Ed, Université Badji Mokhtar- Annaba. P 12-18.
- 96. Mengome. L. E ; Voxeur. A ; Akue. J. P & Lerouge. P. (2014).** Screening of antioxidant activities of polysaccharides extracts from *endemic* plants in Gabon. *J Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.* 3: 77-88.
- 97. Mercan. D & Unilabs. (2010).** Radicaux libres et espèces réactives. Le Stress Oxydatif. Ed, Unilabs. P 3.
- 98. Michayewicz. N. (2013).** Chapitre 3: Propriétés Thérapeutiques. L'Aloe vera, plante médicinale traditionnellement et largement utilisée depuis des millénaires, aux nombreuses propriétés thérapeutiques. Ed, Plante miracle. Ed, Université de Lorraine. P 79.
- 99. Milane. H. (2004).** La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère prooxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Ed, Université de Louis Pasteur. P 13-36.
- 100. Morin. E. (2008).** Chapitre 4 : Pharmacologie. *Aloe vira (L) Burm. f*: Aspects pharmacologiques et cliniques. Ed, Université de Nantes. P 105.
- 101. Moussard. C. (2007).** Biochimie structural et métabolique. 3<sup>éd</sup>. Bruxelles. P 77.
- 102. Moussard. C. (2010).** Chapitre 5: Les glucides -Structures et propriétés. Biochimie et biologie moléculaire. Ed, de boeck. Paris. P 51-62.
- 103. Mruk. D ; Silvestrini. B & Cheng. C. (2002).** Antioxidant superoxide dismutase a review: its function, regulation in the testis and role in male fertility. *J Contraception.* 65 (4): 305- 11
- 104. Murray ; Bender ; Bothan ; Kennely ; Rodwell & Weil. (2013).** Sujets spéciaux. Biochimie de Harper, 5<sup>ème</sup> édition. Ed, De boeck. Paris. P 561-566.
- 105. Nicklin. J. K ; Graeme-cook; Paget .T & Killington. R. (1999).** Chapitre D: La structure et la fonction des bactéries. L'essentiel en Microbiologie. Ed, BERTI. France. P 81.
- 106. Nyathi. Y & Baker. A. (2006).** Plant peroxisomes as a source of signalling molecules. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research.* 1763 (12): 1478-1495.
- 107. Patterson. C. A. (2008).** Polysaccharide (d'origine végétale) pour la santé de l'intestin. *A.Agriculture et Agroalimentaire.* Ed : AAFC. N° : 10710F. Canada. P 1-3.
- 108. Percheron. F ; Perlès. R & Fogletti. M.J. (1981).** Chapitre 2 : Les glucides-structure et propriétés. Abrégé de Biochimie générale 2. Ed, MASSON. Paris. P 31-77.
- 109. Peyman. P. G. (2015).** The extraction process optimization of antioxidant polysaccharides from Marshmallow (*Althaea officinalis L.*). *International Journal of Biological Macromolecules.* 75: 51-57.
- 110. Pincemail. J ; J.O. Defraigne ; M. Meurisse ; R. Limet. (1998).** Antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires 2<sup>ème</sup> partie: la vitamine E. *J Medi-Sphere .* 90: 27-30.
- 111. Poortmans. J. R ; avec la collaboration de Nathalie. B. (2009).** Chapitre 12: Stress et exercice .Biochimie des activités physiques et sportives. Ed, De Boeck .Université-Bruxelles. P 501-526.
- 112. Powers. S & Criswell. K. D. (1994).** "Influence of exercise and fiber type on antioxidant enzyme activity in rat skeletal muscle." *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 266: 375-380.
- 113. Powers. S & Jackson. M. (2008).** Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *A Physiol Rev.* 88: 1243-1276.

- 114. Radi. R. (2004).** Nitric oxide, oxidants, and protein tyrosine nitration. *J Proc. Natl. Acad. USA.* 101: 4003-4008.
- 115. Reichheld. J.P ; Meyer. E; Khafif. M ; Bonnard G & Meyer Y. (2005).** At NTRB is the major mitochondrial thioredoxin reductase in Arabidopsisthaliana. *A FEBS Lett.* 579 (2): 337-342.
- 116. Roberfoid. M. P. (2002).** Influence des produits végétaux et de divers glucides fermentes cibles sur la biodisponibilité des minéraux ; Aliments fonctionnels. Ed, TEC & DOC. P 78.
- 117. Rutkowski. R ; Pancewicz .S.A ; Rutkowski. K ; Rutkowska. (2007).** Reactive oxygen and nitrogen species in inflammatory process. *A Pol Merkur Lekarski.* 23: 131-136.
- 118. Sayre. L. M ; Moreira. P. I ; Smith. M.A ; Perry. G. (2008).** Metal ions and oxidative protein modification in neurological disease. *J Ann Ist Super Sanità.* 41(2): 143-164.
- 119. Sebela. M ; Radova. A ; Angelini. R ; Tavladoraki. P; Frebort .I & Pec. P (2001).** "FAD-containing polyamine oxidases: a timely challenge for researchers in biochemistry and physiology of plants." *Plant Science* 160 (2): 197-207.
- 120. Seboussi. R. (2008).** Les effets biologiques de sélénium. Métabolisme du sélénium chez le dromadaire. Ed, Uviversté des Emarats Arabes Unis. P 35-39.
- 121. Soares. A. F. (2005).** Chapitre 2 : Le stress oxydant. Effets du stress oxydant sur le fonctionnement des adipocytes : adiponectine et prostaglandines. L'institut national des sciences appliquées de Lyon. P 35-41.
- 122. Sohal. R. S ; Mockett. R. J. & Orr. W.C. (2002).** Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis. *J Free Rad Biol Med.* 33: 575-586.
- 123. Sorg. O. (2004).** Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality. *J Comptes Rendus à Biologies.* 327: 649-662.
- 124. Stryre .L; Berg. J. M & L.T. J. (2003).** Chapitre 1: Les glucides. Biochimie. Ed, Flamarion. P 295-318.
- 125. Tariq. M et Nigella Sativa seeds. (2008).** Folklore treatment in modern day medicine. *J The SaudiJournal of Gastroenterology.* 14(3): 105-106.
- 126. Thetsrimuang. C ; Khammuang. S; Chiablaem. K; Srisomsap. C& Sarnthima. R. (2011).** Antioxidant properties and cytotoxicity of crude polysaccharide from *Lentinus polychrous* Lév. *A Food Chemistry.* 128: 634–639.
- 127. Tian. L ; Zhao. Y ; Guo. C & Yang. X. (2011).** A comparative study on the antioxidant activities of an acidic polysaccharide and various solvent extracts derived from herbal *Houttuynia cordata.* *Carbohydrate Polymers A.* 83 : 537–544.
- 128. Vernon. M. I. (1970).** Chapitre 7 : Polysaccharide. Biosynthèse des macro- molécules. Ed, Marianne Grunberg-manage. Paris. P280-290.
- 129. Vincken. J ; chols. H.A. S ; Oomen. R. J. F.J ; Cann. M.C ; Ulvskov. P ; Vora gen. A.G.J & Visser. R. G.F. (2003).** *Plant Physiology A.* 13(2): 1781 -17 89.
- 130. Voet. d & Voet. j. G. (2005).** Chapitre 11: Sucre de polysaccharides. Biochimie 2<sup>é</sup>m. Ed, Paris. P 356-380.
- 131. Wang. Z & Luo. D. (2007).** Antioxidant activities of different fractions of polysaccharide purified from *Gynostemma pentaphyllum Makino* *Carbohydrate Polymers. A.* 68: 54–58.
- 132. Wang. C. C ; Chang. S. C ; Inbaraj. S & Chen B. H. (2010).** Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum L.* and evaluation of antioxidant activity. *Food Chemistry A.* 120: 184-192.
- 133. Wang. J ; Kan. L ; Nie. S ; Chen. H ; Cui. S.W ; Phillips. A. O ; Phillips. G. O ; Li. Y & Xie. M. (2015).** A comparison of chemical composition, bioactive components and antioxidant activity of natural and cultured *Cordyceps sinensis.* *J LWT - Food Science and Technology.* 63: 2–7.
- 134. Warrand. J. (2004).** Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs de mucilage de lin (*Linum usitassimum*). Ed, Université de Picardie jules verne. 238.

135. Wasser. S. P. (2002). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 60. P 258 – 274.
136. Weil. H. J avec la collaboration de : Auwerx. J ; Becker.H ; Boulanger. Y; Dalli-Youcef. N; Divys ; Florenz. C ; Fritsch.V ; Kedingner. C ; Lelong-Rebel. I; Le Maire. M; Montreuil. j; Morelle .W; Offner. M; Oudet .P; Pfeffer. S; Rebel. G; Rossignol. J.M; Souciet. j .L; Stevenin. J; Westhof .E. (2009). Chapitre 6 : Structures des glucides et glycoprotéine. *Biochimie générale*. Ed, Donud. Paris. P 193-216.
137. Widmer. F ; Beffa. R. (2000). Aide mémoire de biochimie et biologie moléculaire 2<sup>éd</sup>. Ed, médicales internationales. Paris –new York. P 200.
138. Wu. H. T ; Heb. X. J ; Hong. Y. K ; Ma. T ; Xu. Y. P & Li. H. H. (2010). Chemical characterization of *lycium barbarum* polysaccharides and its inhibition against liver oxidative injury of high-fat mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. 46: 540-543
139. Xie. I ; Wang. Z. J ; Shen. M. Y ; Nie. S. P ; Gong. B ; Li. H. S ; Zhao. Q ; Li. W. J & Xie. M. Y. (2015). Sulfated modification, characterization and antioxidant activities of polysaccharide from *Cyclocarya paliurus*. *Food Hydrocolloids Available online*.
140. Yan. Y ; Li. X ; Wan. M; Chen. J ; Li. S ; Cao. M & Zhang. D. (2015). Effect of extraction methods on property and bioactivity of water-soluble polysaccharides from *Amomum villosum*. *Carbohydrate Polymers A*. 117: 632–635.
141. Yassine. F ; Sanaa. A ; Zein. S ; Krivoruschko. E; Chahine. N & Kanaan. H. (2012). The influence of seasons on the composition and antioxidant activity of polysaccharides of brown algae (*Padina pavonica*) from the *Lebanese coast*. *Journal of Phytotherapy and Pharmacology* .1(6): 19-33.
142. Ye. C. L ; Hu. W.L & Et Dai D. H. (2011). Extraction of polysaccharides and the antioxidant activity from the seeds of *Plantago asiatica L*. *International Journal of Biological Macromolecules*. 49: 466– 470.
143. Ye. H ; Wang. K; Zhou. C ; Liu. J & Zeng. X. (2008). Purification, antitumor and antioxidant activities *in vitro* of polysaccharides from the brown seaweed *Sargassum pallidum*. *Food Chemistry A*. 111: 428–432
144. Yuan. M ; Jia. X ; Yang. Y ; Ding. C ; Du. L ; Yuan. S ; Zhang. Z & Chen. Y. (2015). Effect of light on structural properties and antioxidant activities of polysaccharides from *soybean sprouts*. *Process Biochemistry Available online*.
145. Yuan. Q ; Xie. Y; Wang. W ; Yan. Y ; Ye. H ; Jabbar. S & Zeng. X (2015). Extraction optimization, characterization and antioxidant activity *in vitro* of polysaccharides from *mulberry (Morus alba L.)* leaves. *Carbohydrate Polymers ,Available online*.
146. Zhang. C. Y ; Wu. W. H; Wang. J & Lan. M. (2012). Antioxidant Properties of Polysaccharide from the Brown Seaweed *Sargassum graminifolium* (Turn) and Its Effects on Calcium Oxalate Crystallization. *Mar. J Drugs*. 10: 119-130.
147. Zhang. T; Tian. Y ; Jiang. B ; Miao. M & Mu. W. (2014). Purification, preliminary structural characterization and *in vitro* antioxidant activity of polysaccharides from *Acanthus ilicifolius*. *LWT - Food Science and Technology A*. 56: 9–14
148. Zhang. X ; Liu. L & Lin. C. (2014). Isolation, structural characterization and antioxidant activity of a neutral polysaccharide from *Sisal waste*. *Food Hydrocolloids A*. 39 : 10–18.
149. Zhang. X. J ; Chen. G. Z ; Ke. M ; Han. H ; Lu. Z.W ; Wang. T. J ; Sun. F. H ; Yu. H. Y. (2011).A study on *Astragalus mongholicus* heterosaccharides affecting contractions of isolated bladder *detrusor strips*. *Carbohydrate Polymers A*. 85: 312–317.
150. Zhang. Z ; Wang. F; Wang. X ; Liu. X ; Hou. Y & Zhang. Q. (2010). Extraction of the polysaccharides from five algae and their potential antioxidant activity *in vitro*. *Carbohydrate Polymers A*. 82: 118–121.

151. **Zhang. Z ; Wang. X ; Zhao. M & Qian. K. (2014).** Optimization of polysaccharides extraction from *Clematis huchouensis* Tamura and its antioxidant activity. *Carbohydrate Polymers A*. 111 : 762–767.
152. **Zhang. Z ; Lv. G. y ; Jiang. X ; Cheng. I. H & Fan. L. (2015).** Extraction optimization and biological properties of a polysaccharide isolated from *Gleostereum incarnatum*. *Carbohydrate Polymers A*. 117: 185–191.
153. **Zhao. Q ; Dong. B ; Chen. J ; Zhao. B ; Wang. X ; Wang. L ; Zha. S; Wang. Y ; Zhang. J & Wang. Y. (2015).** Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant activities of wolfberry (*Lycium barbarum*) polysaccharide. *Carbohydrate Polymers A*. 127: 176–181.
154. **Zhao. Z ; Zhang. Q ; Li. Y. F ; Dong. L & Liu. S. (2015).** Optimization of ultrasound extraction of *Alisma orientalis* polysaccharides by response surface methodology and their antioxidant activities. *Carbohydrate Polymers A*. 119: 101–109.
155. **Zimmer. M. (2007).** Chapitre 5 : PRINCIPALES PROPRIETES Pharmacologiques. Panax Ginseng Famille des Araliacées. P 7-8.
156. **Zou. C ; Du. Y ; Li. Y ; Yang. J ; Feng. T ; Zhang. L & Kennedy. F. J. (2008).** Preparation of lacquer polysaccharide sulfates and their antioxidant activity *in vitro*. *Carbohydrate Polymers A*. 73: 322–331

# *Annexe*

## Annexe 1 : Tableau des photos

### L'effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale

#### Des études *in vitro*

			
<p><b>Endemic (barks)</b> (Mengome <i>et al.</i>, 2014). P 29</p>	<p><b>Marshmallow (Althaea officinalis L.)</b> (Pakrokh Ghavi, 2015). P 29</p>	<p><b>Grifola frondosa</b> (Mao <i>et al.</i>, 2014). P 29</p>	<p><b>L'algue brun de Padina pavonica</b> (Yassine <i>et al.</i>, 2012). P 29</p>
			
<p><b>Gynostemma pentaphyllum Makino</b> (Wang <i>et al.</i>, 2007). P 30</p>	<p><b>Radix hedysari</b> (Wei <i>et al.</i>, 2015). P 30</p>	<p><b>Stachys sieboldii</b> Miq (Fenget <i>et al.</i>, 2015). P 30</p>	<p><b>algues vertes Ulva pertusa</b>, (Zhang <i>et al.</i>, 2010). P 30</p>
			
<p><b>paullinia cupana</b> (Dalonso <i>et al.</i>, 2012). P 31</p>	<p><b>Hibiscus rosa-sinensis</b> (Afshari <i>et al.</i>, 2015). P 31</p>	<p><b>Mung bean</b> (Chen <i>et al.</i>, 2008). P 31</p>	<p><b>Gleostereum incarnatum</b> (Zhang <i>et al.</i>, 2015). P 31</p>



***Tremella aurantialba***  
(Du et al., 2015). P 31



***Les tiges de la plante***  
***Acanthopanax***  
***koreanum Naka (Kang***  
***et al., 2015). P 30***



***Lygodium japonicum***  
(Liet al., 2006.). P 32



***Corn silk (Chenet al.,***  
***2014). P 32***

**Des études *in vivo***



***Ulva lactuca (Hassan et al.,***  
***2011). P33***



***d'Astragalus mongho -***  
***licus (Zhang et al., 2011).***  
**P 32**



***l'Opuntia dillenii Haw***  
***(Gaoet al., 2015). P 33***



***Ziziphus Jujube (Chi et al***  
***., 2015). P 33***

**Des études *in vivo et in vitro***



***Echinacée purpurea***  
(Barret, 2003). P 33



***Ilex latifolia Thunb (Fan***  
***et al., 2014). P 33***



***l'Aloe vera var (Andrew,***  
***2007). P 33***



***Cordyceps sinensis***  
***Wang et al., 2015).***  
**P 34**

Présenté par:

BENARIBA Yousra Zohra Eddine

NIGHOUDE Fouzia

Dat de soutenance

Le : 15/06/2015

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Spécialité : Toxicologie & santé**

***Effet antioxydant des polysaccharides d'origine végétale***

### ***Résumé***

Les polysaccharides sont fortement utilisés dans l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique. Ces macromolécules sont les éléments structuraux majeurs dans les végétaux. Ils présentent une variabilité structurale et une richesse de propriétés physico-chimiques, que l'on ne rencontre chez aucune autre classe des macromolécules.

L'intérêt montré ces dernières années pour la glycobiologie est principalement motivé par la découverte que les polysaccharides ont des propriétés pharmacologiques intéressantes comme par exemple l'activité antioxydant. Dans ce sens là des études en phytothérapie s'intéressent à la valorisation chimique et biologique des polysaccharides produits par les végétaux et en particulier extraits des plantes médicinales.

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire, était de démontrer l'intérêt et l'exploitation des polysaccharides des plantes médicinales ayant des propriétés antioxydantes

***Mots clés : polysaccharides, plantes médicinales, espèces réactives de l'oxygène, antioxydant.***

**Président du jury :** M<sup>me</sup> AMEDAH. S (Prof - Université des Frères Mentouri Constantine 1)

**Rapporteur :** M<sup>me</sup> TOUR. H (MA - Université des Frères Mentouri Constantine 1)

**Examineurs :** M<sup>f</sup> BENREBAI. M (MCA-Université des Frères Mentouri Constantine 2)

M<sup>me</sup> LATRECHE. A (MA - Université des Frères Mentouri Constantine 1)



