

REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABOU BAKKR BELKAID-TLEMEN-

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



Département de Biologie

Laboratoire des produits naturels

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de master en biologie

Option : Sciences des aliments

Thème

**Effet des composés phénoliques de la caroube sur les
paramètres du stress oxydatif chez des rates soumises à
un rypergras**

Présenté par :

 Mlle ARAB NAZIHA

Soutenue le : 19/06/2013

Devant le jury :

Président Mr CH. Benammar M.C.B Université de Tlemcen

Promoteur Mme M. Belarbi Pr. Université Tlemcen

Examinatrice Mme Z. Soualem M.A.B Université Tlemcen

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2012/2013

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mes très chers parents,

Pour l'amour qu'ils m'apportent, leur soutien, leurs efforts, et leurs encouragements. Je leurs dis « je vous aime ».

A mes tantes et cousines et tous les membres de ma famille,

Pour leur affection, et leurs encouragements ; que Dieu vous prête santé et réussite dans la vie familiale et professionnelle.

A la mémoire de ma grand- mère qui nous a récemment quittés ;

Puisse Dieu le Tout-Puissant accorder à la défunte sa Sainte Miséricorde et l'accueillir en son vaste paradis.

A mes amis(es) :

Wahiba, Fatima Z., Noria, Fatna, Asma, Kamila, Nabila, Fatima Z.A., Oussama et amine ; pour leur soutien et bonne humeur.

Ainsi à la promotion de Master II sciences des aliments.

A Toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce travail ; je leurs dis « merci ».

Remerciements

Je remercie tout d'abord ALLAH qui m'a permis d'en arriver jusque là,

Je voudrais témoigner ma reconnaissance à **Mme BELARBI MERIEM**, professeur à l'UABT et vice doyen chargée de post graduation à la faculté de S.N.V. et S.T.U., pour avoir encadré cette thèse et de m'avoir donné la possibilité de réaliser ce travail au sein de son laboratoire des produits naturels. Je la remercie particulièrement pour sa rigueur scientifique, son exigence, sa disponibilité et ses encouragements.

J'exprime ensuite mon estime et mes remerciements aux membres de mon jury :

A Mr **BENAMMAR CH.**, Maître de conférence de classe B, à la faculté des sciences médicales à l'Université de Tlemcen, qui a fait l'honneur de présider ce travail de thèse et de me faire ainsi bénéficier de leurs compétences et de leurs connaissances.

A Mme **Soualem Z.**, Maître-assistant de classe A à l'Université de Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Ce travail a été réalisé en collaboration avec **Mme Boursali N.**, doctorante à l'université de Tlemcen, département de biologie, je tiens à la remercier également pour m'avoir dirigé et partager son expérience et ses connaissances scientifiques tout au long de la réalisation de ce modeste travail, ainsi de sa patience. Trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je souhaite remercier aussi **Melle Djaziri F.Z., Melle Ghalem M., Mme Soualem Z., Mme Serhan D.**, et tous les membres du laboratoire des produits naturels pour leurs aide incontournable, leurs encouragements et leurs précieux conseils. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute mon estime et ma sincère gratitude.

Au terme de cette recherche, je suis heureuse de pouvoir remercier tous ceux et celles qui m'ont accompagné et soutenu tout au long de ce travail ou qui ont croisé ma route et grâce à qui j'ai pu avancer.

Merci aux personnes qui m'ont suivi ou que j'ai rencontré dans ce voyage et qui ont contribué à faire de cette aventure une expérience humaine enrichissante ; et qui, au mieux de leur talent, ont contribué à faire de cette thèse ce qu'elle est.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Présentation du caroubier.....	3
---	---

Chapitre II : Stress Oxydatif.....	13
------------------------------------	----

Chapitre II : Dysfonctionnement du métabolisme lipidique.....	17
---	----

DEUXIEME PARTIE: EXPERIMENTATION *IN VIVO*

1- Préparation des échantillons	23
---------------------------------------	----

2- Préparation des régimes	24
----------------------------------	----

3- Choix des animaux.....	24
---------------------------	----

4- Observation de l'évolution des rats	24
--	----

5- Mesure de la glycémie.....	24
-------------------------------	----

6- Dosages des paramètres du stress oxydatif.....	25
---	----

7- Analyse statistique.....	27
-----------------------------	----

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATION

1- le gain du poids.....	28
--------------------------	----

2- L'évolution de la glycémie.....	29
------------------------------------	----

3- Evaluation des paramètres du stress oxydatif.....	30
--	----

3.1. Le taux en MDA.....	30
--------------------------	----

3.2. La concentration des protéines carbonylées.....	31
--	----

3.3. L'activité de la SOD.....	32
--------------------------------	----

DISCUSION.....	33
-----------------------	-----------

CONCLUSION.....	39
------------------------	-----------

REFERNECES BIBLIOGRAPHIQUES.....	41
---	-----------

ANNEXE.....	52
--------------------	-----------

Liste des abréviations

DNDID : Diabète non insulinodépendant

EDTA : ethylenediaminetetraacetic

ES : erreur standard

HDL : High densitylipoprotein

HTA : Hypertesion artérielle

IMC : Indice de masse corporelle

LDL : IntermediateDensityLipoprotein

MCV : maladies cardiovasculaires

MDA : Malonaldéhyde

OMS :Organisation Mondiale de la santé

P : probabilité

R1 :Rats recevant le régime témoin

R2 : Rats recevant le régime hypergras

ROS : espèces réactives de l'oxygène

SOD :SuperoxydeDismutase

TBA : Acide thiobarbiturique

TCA : Acide trichloroacétique

Liste des unités

- **%** : Pourcentage.
- **°C** : Degré Celsius.
- **µl** : Microlitre
- **µg** : Microgramme
- **µmol/l** : Micromole par litre
- **g** : Gramme
- **g/kg** : Gramme par kilogramme
- **g/l** : Gramme par litre
- **g/j** : Gramme par jour
- **h** : Heure
- **mg** : Milligramme
- **min** : Minute
- **ml** : Millilitre
- **nm** : Nanomètre
- **T°** : Température
- **Tr/min** : Tour par minute
- **Kcal** : Kilocalorie
- **J** : Jour
- **Dl** : Décilitre
- **U/mg** :
- **Mm hg** : Millimètre de mercure
- **UF** : Unité Foragère

Liste des figures

Figure 1: l'arbre du caroubier.....	1
Figure 2 : feuillage, inflorescence et fructification du caroubier.....	2
Figure 3 : inflorescence du caroubier.....	3
Figure 4 : centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde.....	4
Figure 5 : La structure moléculaire de trois galactommananes.....	11
Figure 6 : Réseau des antioxydants.....	15
Figure 7 : Composants majeurs de la régulation pondérale.....	18
Figure 8: gain du poids en (g) chez les rates soumises à un régime témoin et hyper gras.....	28
Figure 9: Variation de la glycémie en G/l chez les rates recevant un régime témoin et expérimental.....	29
Figure 10 : teneur plasmatique et érythrocytaire en malondialdéhyde(MDA) chez les rates soumises à un régime hypèrgras et témoins.....	30
Figure 11 : teneur en protéines carbonylées chez les rates recevant le régimehypèrgras et témoin.....	31
Figure 12 : l'activité de la SupéroxydeDismutase (SOD) chez les rates recevant un régime hypèrgras et témoin.....	32

Liste des tableaux

Tableau n°1 : Différentes propriétés des flavonoïdes de la caroube.....	7
Tableau n° 2 : Composition des régimes expérimentaux.....	21
Tableau n°3 : Composition en pourcentage du mélange salin.....	22
Tableau n°4 : composition en pourcentage du mélange traces.....	22
Tableau n°5 : le gain du poids en g des rats recevant le régime témoin et hypergras.....	55
Tableau n°6 : la variation de la glycémie en g/l chez les rats recevant le régime témoin et hypergras.....	55
Tableau n°7 : teneurs plasmatique en malonaldehydes chez les ratsrecevant le régime témoin et hypergras.....	55
Tableau n°8 : concentration des protéines carbonyléeschez les ratsrecevant le régime témoin et hypergras.....	56
Tableau n°9 : l'activité de la SOD chez les rats recevant le régime témoin et hypergras.....	56

Introduction

INTRODUCTION

L'obésité et les dyslipidémies sont des facteurs de risques prédominants de l'apparition des maladies cardio-vasculaires. Un bon équilibre nutritionnel peut permettre d'intervenir non seulement en amont de l'installation de l'obésité, mais également en prévention primaire et secondaire des troubles lipidiques(**G. Rose et al.,2004**).

Le régime méditerranéen, caractérisé avant tout par une alimentation riche en fruits, légumes et produits de la mer, a un impact bénéfique sur la santé. De nombreuses études observationnelles attestent d'une diminution de la mortalité globale durant le temps d'observation ainsi que d'une réduction des pathologies cardio-vasculaires. De ce fait, l'idée de transposer la diète méditerranéenne à la nutrition centrale semble être une option pertinente (**Julie Léger-Guist'hau, 2011**).Les bienfaits de ce régime ont été amplement démontrés, notamment pour ce qui est de la prévention primaire ou secondaire de la maladie coronaire(**Philippe Tellier,2010**).

Le régime méditerranéen est réputé par la consommation modérée de graisses totales, avec un accent sur les graisses mono insaturées, une faible consommation de graisses saturées et une importante consommation d'aliments riches en fibres ; ces derniers ont un rôle d'arrêteret/ou de ralentir le développement du diabète de type 2, les meilleures sources pour en bénéficier sont, les fruits et légumes frais (**Fidanza F et al.,2004**). Parmi les végétaux délaissés mais qui intriguent par leurs éventuelles propriétés, *Cératoniasiliqua* communément appelé la caroube, s'inscrire en première position ; C'est une légumineuse agro-sylvo-pastorale typiquement méditerranéenne. Grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides.

La caroube est connue non seulement pour ses intérêts socio-économiques et écologiques dont la pulpe des fruits et la gomme tirée des graines sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire ; mais aussi bien pour ses intérêts pharmacologiques, notamment comme anti-diarrhéique, sa richesse en fibres lui

INTRODUCTION

confère des vertus antihypérglycémiantes; les composésphénoliques qu'elles contiennent sont à l'origine de ses propriétésantioxydante(Hariri et al.,2009).

Ce mémoire est consacré à une synthèse bibliographique en premier lieu sur l'espèce de *Ceratonia siliqua* ou caroubier, sa taxonomie, sa répartition géographique, sa composition chimique, et ses intérêts socio-économiques et écologiques ; en deuxième lieu sur le stress oxydatif, et à la fin sur le dysfonctionnement du système métabolique.

La partie expérimentale vient par la suite et contribue à l'évaluation de la balance oxydante-antioxydante au cours de l'obésité expérimentale. L'obésité est induite chez le rat « Wistar » par un régime hypérgras ; nous avons utilisé 2 lots de rates :

- Rates recevant un régime témoins avec caroube ;
- Rates recevant un régime hypérgras avec caroube.

Ces rates sont suivies au cours de l'expérience ; ce suivi implique l'évolution pondérale, l'évolution de la glycémie, et les prélèvements de sang après le sacrifice qui servent à différents dosages comme les paramètres du stress oxydatif.

Une conclusion générale résumera l'ensemble de cette étude et présentera les perspectives qu'elle apporte concernant l'étude du pouvoir antioxydant de la caroube chez des rates obèses.

INTRODUCTION

Synthèse bibliographique

Chapitre I : présentation du caroubier *Cératonia Siliqua*.

I-1. Taxonomie

Le caroubier est appelé *Ceratoniasiliqua* dérivé du grec Keras (=corne) et dulatinsiliqua désignant une gousse et faisant allusion à la dureté et à la forme du fruit, il est connu aussi sous le nom de pain de St. Jean-Baptiste, carouge, figuier en Egypte , fève de pythagore (**Battle et Tous, 1997**).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des Leguminosae (Fabaceae) , Sous famille des caesalpinioideae, l'ordre des fabalae (Rosales), classe Magnoliopsida (**Quezel et santa, 1962**), il a été désigné par certains auteurs comme étant l'un des genres les plus archaïques des légumineuses (**Tucker, 1992**) et qui serait complètement isolé des autres genres de sa famille (**Zohary , 1973**).

I-2. Biologie

Le caroubier est un arbre à feuillage abondant, persistant et très dense, c'est un



conifère mesurant cinq à sept mètres de hauteur, pouvant même atteindre exceptionnellement quinze mètres.

Figure 1: l'arbre du caroubier (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JBaum.JPG>)

C'est un arbre xérophytique, pérenne, sa longévité est considérable, jusqu'à 200 ans.

Les feuilles de *Ceratonia siliqua* sont persistantes, composées paripennées, comportant quatre à dix folioles ovales de 3 à 7 cm, d'une couleur verte luisante au-dessus, plus clair au-dessous (Ait Chitt et al., 2007). Ce sont des feuilles hypostomatées, pratiquement glabres, avec d'importants dépôts de cires (REJEB et al., 1995).

Les fleurs du caroubier sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, brièvement pédonculées. Initialement, les fleurs sont bisexuelles; il y a suppression d'un axe durant le développement et le fonctionnement des cellules pour aboutir à des fleurs mâles ou femelles (Ait Chitt et al., 2007).

Les fleurs verdâtres sont petites et réunies en grand nombre pour former des grappes droites et axillaires plus courtes que la feuille à l'aisselle desquelles elles se sont développées.

les gousses sont indéhiscente, allongées, comprimée, droites ou courbes, épaissies à des structures de 10 _ 30 cm de long, 1,5 _ 3,5 cm de large, et environ 1cm d'épaisseur .

Elles sont d'une couleur brune avec une surface ridée et sont coriaces à maturité, la pulpe comporte une couche extérieure coriaces (péricarpe) et une région intérieure plus souple (mésocarpe), les graines se produisent dans la nacelle transversalement, séparés par un mésocarpe, elles sont très dures et nombreuses (I. Batlle et J. Tous, 1997).



Les gousses

Les fleurs

Les feuilles

Figure 2 : feuillage, inflorescence et fructification du caroubier

(The nature conservancy,2001).

I-3. Reproduction Biologique

De nombreux aspects liés à la reproduction biologique du caroubier, tel que la floraison, la pollinisation, la compatibilité entre les différents sexes ou encore entre les cultivars, ainsi que la fructification, restent largement inconnus (**Battle et Tous, 1997**).

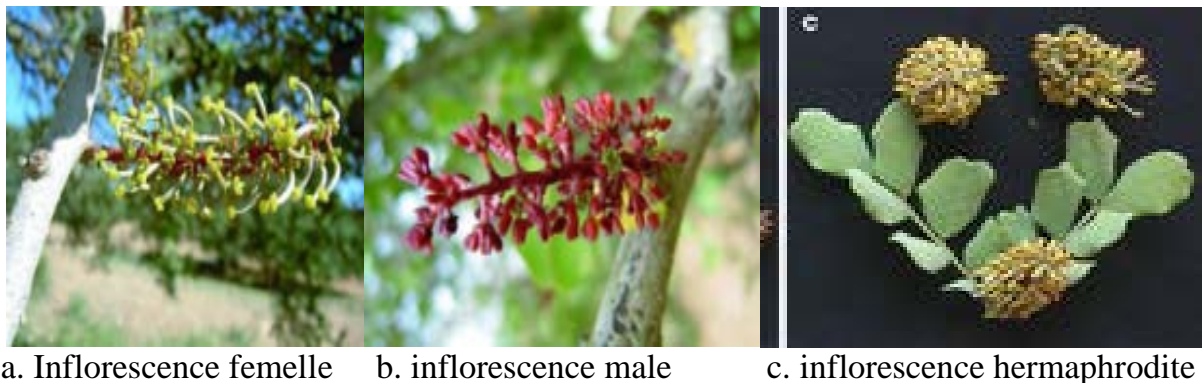


Figure 3: inflorescence du caroubier (**Ait Chitt et al.,2007**),

(www.springerimages.com/Images/LifeSciences/1-10.1007_s11295-008-0159-8-0).

La pollinisation des fleurs du caroubier est en grande partie, assurée par les insectes (**Retana et al., 1990, 1994; Rejeb et al., 1991; Ortiz et al., 1996**) mais aussi par le vent (**Passos de Carvalho, 1988; Tous et Battle, 1990**).

D'après **Ortiz et al.,1996** , la quantité et la contenance des sucres sont localisées en grande partie dans les fleurs femelles par rapport à leur homologues males.

La fructification, chez le caroubier, se situe entre juillet et décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars (**Aafi, 1996**). D'après **Haselberg (1996)**, la variation dans l'intensité d'inflorescence et la production des gousses, est plutôt liée à des facteurs endogènes qu'aux aléas climatiques. Toutefois, des conditions défavorables de l'environnement peuvent entraver, d'une manière significative, la production des fruits (**Battle et Tous, 1997**).

I-4. Ecologie et Répartition géographique du caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est un arbre typiquement méditerranéen largement répartie dans l'étage humide, subhumide et semi aride (Hmamouchi, 1999), Grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques).

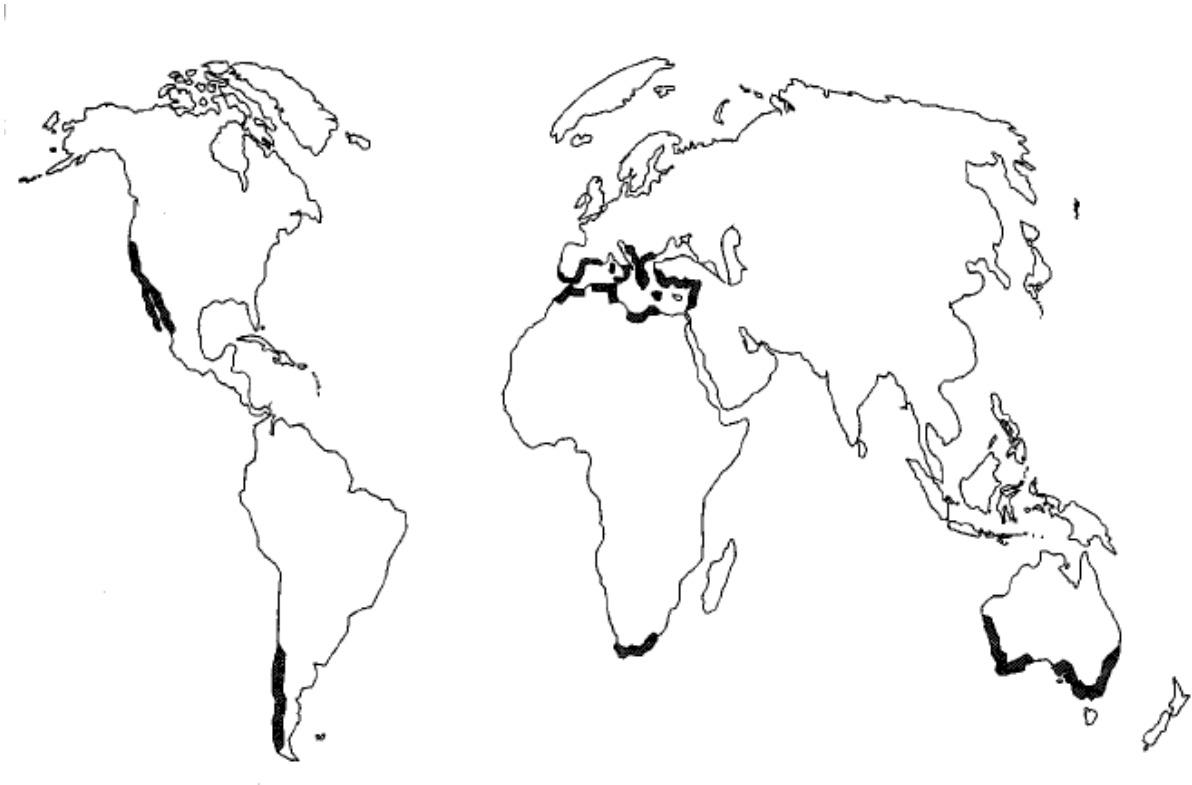


Figure 4 : centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde (**Battle et Tous, 1997**).

On le rencontre actuellement en allant de l'Espagne et du Portugal jusqu'en Turquie, en Syrie, en Yougoslavie en passant par le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, l'Égypte, la Grèce, ,Chypre, l'Italie et la France (Figure 4)(**REJEB et al. ,1995 ;Gharnit,2003**).

On le rencontre sur les sols marneux, les sols pauvres superficiels et rocailloux calcaires, sur des pentes rocheuses, des escarpements peu accessibles et des collines incultes(**Nabli, 1989**).

En Tunisie on le rencontre souvent le long des côtes de Tabarka à Matmata, là où la pluviosité dépasse 200 mm et où les hivers ne sont pas froids, son aire de répartition correspond au bioclimat de type méditerranéen avec un été sec soumis à l'humidité atmosphérique apportée par la mer(**REJEB, 1995**).

La principale population spontanée de caroubier au Maroc est localisée dans les régions de Tafelna et Aït Ishaq (province de Khénifra) entre 600 et 1000 m d'altitude, en association avec d'autres espèces forestières et abritée des vents et du froid(**Ait Chitt et al., 2007**).

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (**Quezel et Santa, 1963**), on le trouve à l'état naturel en association avec l'amandier, *Olea Europea* et *Pistacia Atlantica*.

I-5. Composition chimique

Les recherches scientifiques ont démontré que cette plante est riche en sucres (40-60%) en particulier, saccharose (27-40%), fructose (3-8%) et glucose (3-5%) qui sont considérés comme étant les sucres majeurs qui contribuent à la saveur des fruits (**Shaw 1988**) ; mais pauvre en lipides (0,4-0,6%) et protéines (2-6%)(**Leroy, 1929 ; Avalone et al., 1997**).

A partir d'extraits de gousses, cinq acides aminés ont été isolés, en l'occurrence, alanine, glycine, leucine, proline et valine (**Vardar et al., 1972**) et deux autres composés, tyrosine et phénylamine, ont été rapportés par **Charalambous et Paconstantinou (1996)**.

Les minéraux abondants dans cette partie sont le potassium et le calcium, ainsi que les éléments traces sont de quantité significative d'ions, manganèse, zinc et le cuivre. (**Faik et al., 2009**).

Par ailleurs, elle présente également une teneur très élevée en fibres (27-50%) et une quantité non négligeable de tanins(**Saura-Calixto, 1988**) et des antioxydants en générale(flavonoïdes, isoflavonoïdes, composés phénoliques).

I-5.1. Les polyphénols

Les polyphénols sont présents dans toutes les plantes mais leur nature et leur teneur varient largement d'une espèce à l'autre, et donc d'un aliment à l'autre ; se sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupement hydroxyles libres ou engagés avec des glucides, ils sont présents dans toute la partie des végétaux supérieures (racines, tiges, feuilles, fleurs , pollens, fruits, graines et bois), et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogénèse, la germination des graines et la maturation des fruits(**Boizot et Charpentier, 2006**) .

Dans un extrait de *ceratoniasiliqua*, 41 composés phénolique ont été identifiés, contenant principalement l'acide gallique responsable de la modulation d'expression des gènes et protection du colon (**Klenowet al.,2009**), le myricetin (1486 mg/kg d'extrait) en grande quantité parmi 9 autres flavonoides, glycosides de flavonol et des traces d'isoflavonoides(**Papagiannopoulos et al., 2012 ; Vaya et al.,2006**).

Une étude effectuée en **1997** par **Avallone et al.** ont montré que les gousses de caroube contiennent une valeur moyenne de 19 mg des polyphénols totaux, 2.75 mg des tanins condensés et 0.95 mg des tanins hydrolysables, mais d'un autre côté son germe contient une concentration plus élevée des polyphénols totaux (40.8 mg/g) et des tanins (16.2 mg/g des tanins condensés et 2.98 mg/g des tanins hydrolysables) tandis que des traces de ces composés ont été détectés dans les graines de caroube.

Ce contenu a été corrélée à la fois à des activités antioxydantes et cytotoxiques.

I-5.2. Intérêt des polyphénols

Les polyphénols possèdent depuis une dizaine d'années un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des industriels de l'agro-alimentaire et des consommateurs, se sont donc des agents antioxydants très puissants(**pietta 2002, Frei et Oszmianski et al. 2007**). (**Tableau n°1**).

Tableau n°1 : Différents propriétés des flavonoïdes de la caroube.

Composé actif	Propriétés	Références
Flavonoïdes	-Antiradicalaire : en piégeant les radicaux libres par formation des flavoxyles.	Pietta 2002, Frei et Oszmianski et al. 2000.
	-Anticancéreuse : dont la lutéoline, quercétine, apigénine, taxifoline empêchent l'apparition de certains cancers.	Decloitre, 1993 ; Hertog, 1996.
	-Anti-inflammatoire : toute en inhibant les enzymes responsables des inflammations.	Gallego et al., 2007 ; Kim et al., 2004.
	-Antibactérienne : ils sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des micro-organismes et des enzymes hydrolytiques.	Cowen, 1999.
	-Antivirales : la quercétine, apigénine, catéchine et hespéridine ont démontré une bonne activité virale.	Tapas et al., 2008.
	-Antiallergique : tout en inhibant les enzymes (AMP cyclique phosphodiester, ATPase Ca ²⁺ dépendante).	Marfek, 2003.

I-5 .3. Les fibres

De nombreux travaux ont mis en évidence, le fait que les fibres alimentaires sont des bribes de végétaux comestibles ou des analogues de glucides, qui résistent à la digestion et à l'absorption dans l'intestin grêle et subissent une fermentation partielle ou totale dans le colon ,elles incluent des polysaccharides, des oligosaccharides, de la lignine et des substances végétales associées.

A la lumière de cette fermentation, des effets positifs favorables ont été évalués sur le transit intestinale et le pH du colon, et donne naissance à des sous-produits aux quels sont associés des protéines physiologiques bénéfiques(Ashoor L., et al. ;2005).

En effet, Ces fibres alimentaires peuvent être classées en deux groupes majeurs, en fonction de leur solubilité dans l'eau, leurs propriétés chimiques et leurs qualités nutritionnelles : les fibres insolubles et solubles.

- Les fibres solubles

les pectines, les gommes, les fibres d'algues, les glucines et certaines hémicelluloses, Contenues dans les fruits et légumes, elles ont la capacité d'absorber une grande quantité d'eau, forment un gel qui augmente le volume du repas et ralentit l'évacuation dans l'estomac, se mélangeant ainsi dans le bol alimentaire, elles ont la capacité de prendre dans leurs mailles des nutriments et empêcher leur absorption trop rapide (CNERA-CNRS ;2003).

Ce sont surtout elles qui sont impliquées dans la prévention et le traitement des maladies métaboliques et cardiovasculaires

- Les fibres insolubles

la cellulose, la lignine, certaines hémicelluloses sont contenues dans les produits céréaliers, surtout le son de blé, elles restent en suspension avec le bol alimentaire et augmentent le volume du bol digestif, se gonflent d'eau et ainsi prennent un volume plus important dans l'estomac (**Paule, 2002**).

- Les fibres de la caroube

Une étude récente montre que la consommation des fibres alimentaires peut influencer la faim, la satiété, et l'apport énergétique chez les humains, on outre, **Zunft (2003)** a indiqué que le fruit du caroubier renferme une teneur très élevée en fibres insolubles supposant être bénéfique pour la santé humaine, tout en réduisant le taux du rapport LDL: HDL de $7,9 \pm 2,2\%$ et permet également de réduire les triglycérides chez les femmes de $11,3 \pm 4,5\%$, en plus ces fibres ont un rôle important au niveau de la régulation l'insulinémie post-prandiale(**Gruendelet al.,2007**).

I-5.4. Propriétés et utilisation

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers le plus performant, puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines(**Aafi, 1996**).

a. L'arbre

Il est souvent utilisé pour lutter contre l'érosion des sols, comme brise vent et comme arbre ornemental compte tenu de sa couronne sphérique, et de son feuillage persistant, dense et brillant.

Son bois est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon, l'écorce et les racines sont employées dans le tannage(**Ait Chitt et al., 2007**).

Le caroubier est Constitué en général de la pulpe et les graines qui représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. (**Orphanos et Papaconstantinou,1969 ; Vaedar et al.,1972**).

b. Le fruit

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chittet al.,2007**).

La pulpe est très utilisée soit comme aliment diététique, soit comme remplaçant du chocolat en faisant toaster et broyer la pulpe pour donner une poudre de couleur marron, soit encore en alimentation animale.

La pulpe est principalement exploitée pour la fabrication de la gomme de caroube ajoutée comme ingrédient de certains menus de pâtisserie : gâteaux, pain, bonbon, crèmes glacées, et boissons(**Ghrabi,1995**).

Et grâce à sa capacité de changer de couleur ainsi que son goût, il est appliqué comme substitut du café car il ne contient ni théobromine, ni caféine .

Elle est parmi les premiers produits d'horticulture utilisés dans la production industrielle d'alcool par fermentation.

De ces sucres est issue une valorisation traditionnelle, communément consommée dans les pays de l'Orient tels que la Syrie et le Liban : La mélasse de caroube, elle est utilisée comme sirop en alimentation humaine et entre comme produit énergisant en alimentation animale.

D'autres études expérimentales ont démontré les capacités bactéricides de la pulpe de caroube vis-à-vis de staphylococcus aureus ; la caroube adsorberait aussi les entérotoxines produites par certaines souches d'Escherichia coli , ainsi que par le vibron cholérique, ce mécanisme d'adsorption pourrait être expliqué par la présence de tanins dans la partie insoluble et active de la caroube (**Tolentino, 1950**).

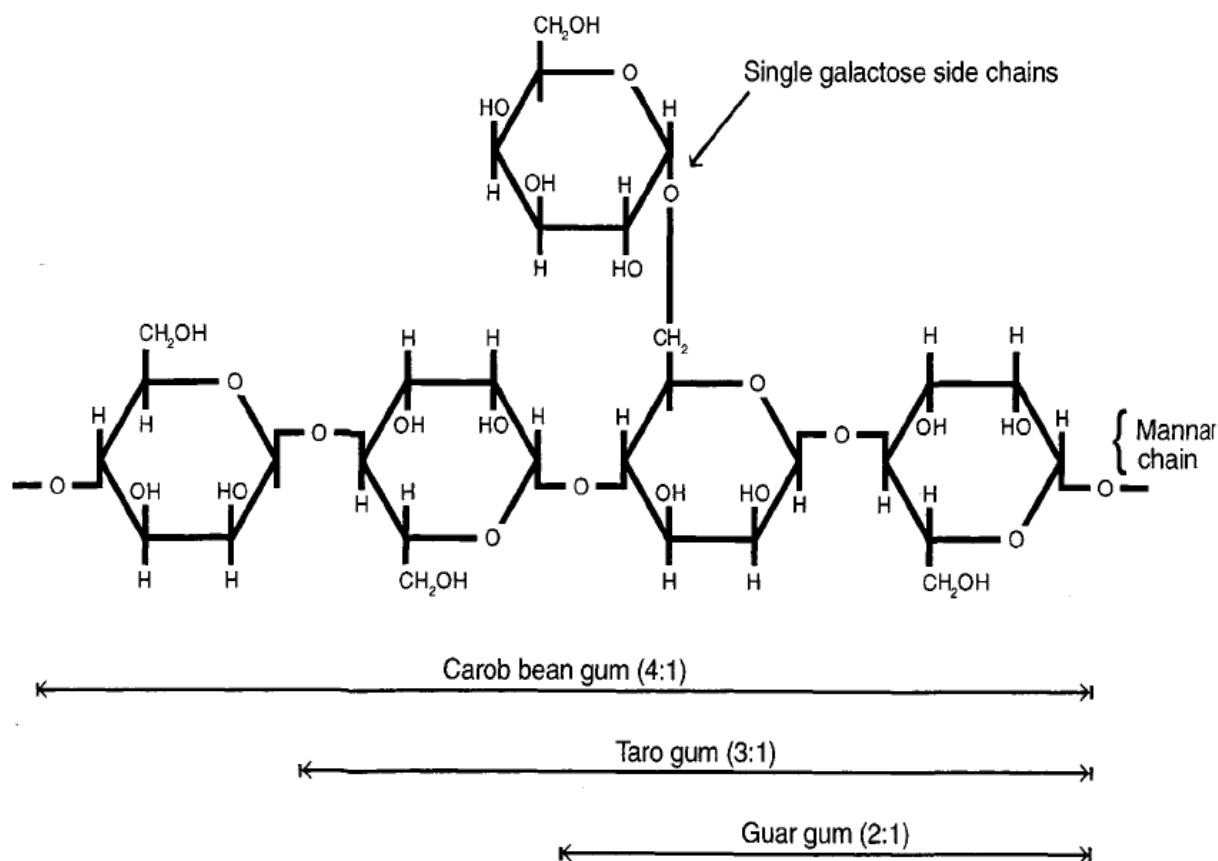


Figure 5 : La structure moléculaire de trois galactommananes
(Puhan et Wielinga ,1996).

c. Les graines

Les graines de caroube sont bien appréciées et recherchées pour leurs qualités et multiples usages industriels (Makris et Kafalas, 2004).

La gomme issue de l'endosperme constitue le 1/3 du poids total de graine et 100kg de graines produisent en moyenne 20kg de gomme pure et sèche (Jones, 1953), Cette gomme mucilagineuse est utilisée dans plusieurs produits commerciaux comme agent stabilisateur, épaississeur, agglomérant et gélifiant (Batlle, 1997). En plus, elle est utilisée en industrie alimentaire pour la fabrication d'un grand nombre de denrées alimentaires: crème glacée, soupe, sauce, biscuit, tourte, confiserie, produits de boulangerie et nourriture des animaux.

Par ailleurs elle est appliquée dans les domaines techniques en imprimerie, photographie, textile, matière plastique, encre, cirage, matière adhésive

pharmaceutique et cosmétique (**Johnson et al., 1988; Neukom, 1988; Tous et Batlle, 1990**).

d. Les Feuilles

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles. (**Silanikove et al. ; 1996, Rejeb et al. ;1991**) ont estimé la valeur nutritive des feuilles du caroubier à 0.25uf/kg de matière sèche.

e. L'Ecorce

L'écorce du caroubier a été toujours utilisée en tannerie, particulièrement dans l'achèvement et l'émaillage des peaux (**Batlle, 1997**).

En Turquie, elle a été également utilisée par la médecine 'traditionnelle' comme remède anti-diarrhée (**Baytop, 1984**).

CHAPITRE II : Stress oxydatif

Le stress oxydant est une circonstance anormale qui traversent parfois nos cellules ou un de nos tissus lorsqu'ils sont soumis à une production, endogène ou exogène, des radicaux libres oxygénés qui dépasse leurs capacités antioxydants, ces derniers sont des espèces fortement toxique et leur excès non neutralisés par les systèmes de défense est très dommageable pour les macromolécules essentielles de nos cellules, entraînant des anomalies d'expression des gènes et des récepteurs membranaires, prolifération à la mort cellulaire, troubles immunitaires, mutagenèse, dépôts de protéines dans les tissus (Favier, 2006) ; à ce fait là pour se protéger contre cet effet toxique de l'oxygène, l'organisme a développé des systèmes de défense qui permettent de réguler la production des ROS (Espèces oxygènes actives), Ces systèmes sont composés d'antioxydants, d'oligo-éléments et des protéines (Pincemait al., 2003).

II-1. Définition

Le stress oxydant se définit comme un déséquilibre de la balance entre les systèmes de défense anti-oxydants et la production des ROS, en faveur de ces dernières.

Ce déséquilibre peut avoir diverses origines, telles que la surproduction endogène d'agents prooxydants d'origine inflammatoire, un déficit nutritionnel en antioxydants ou même une exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (tabac, alcool, médicaments, rayons gamma, rayons UV, herbicides, ozone, métaux toxiques) (Favier, 1997).

II-2. Les radicaux libres

Le vieillissement et de nombreuses pathologies (athérosclérose, diabète sucré, maladies inflammatoires, Alzheimer) s'accompagnent d'un stress oxydant (Delattre & al., 2003) provoqués généralement par des radicaux libres, et ces derniers, dans le cas naturel favorisent habituellement le bon fonctionnement de l'organisme et la santé des mammifères, mais leur excès peut être néfaste (Aurousseau, 2002).

Les radicaux libres sont des composés caractérisés par une structure électronique contenant un ou plusieurs électrons non appariés « dite électron célibataire », et c'est cette structure déséquilibrée qui leur confère une grande réactivité sur les constituants organiques en agissant comme étant des intermédiaires dans les réactions métaboliques d'oxydation des structures cellulaires de nature enzymatique ou non (Pelliet Lyly, 2003).

II-3. L'activité antioxydante

Les mécanismes de défense antioxydants du corps humain peuvent être divisés en deux catégories différentes. Premièrement, un certain nombre d'enzymes synthétisées à partir des protéines et d'autres constituants de l'organisme, contrairement au second groupe d'antioxydants qui doit être obtenu à partir de l'alimentation, puisque ces derniers ne peuvent être synthétisés par l'être humain (les vitamines E et C, les caroténoïdes, le sélénium, les folates, les flavonoïdes, les caroténoïdes et la glutathion) (Pelli et Lyly, 2003).

II-3-1. Les antioxydants naturels

Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées. Chaque molécule antioxydante ne peut réagir qu'avec un seul radical libre, et par conséquent, il faut constamment refaire le plein de ressources antioxydantes.

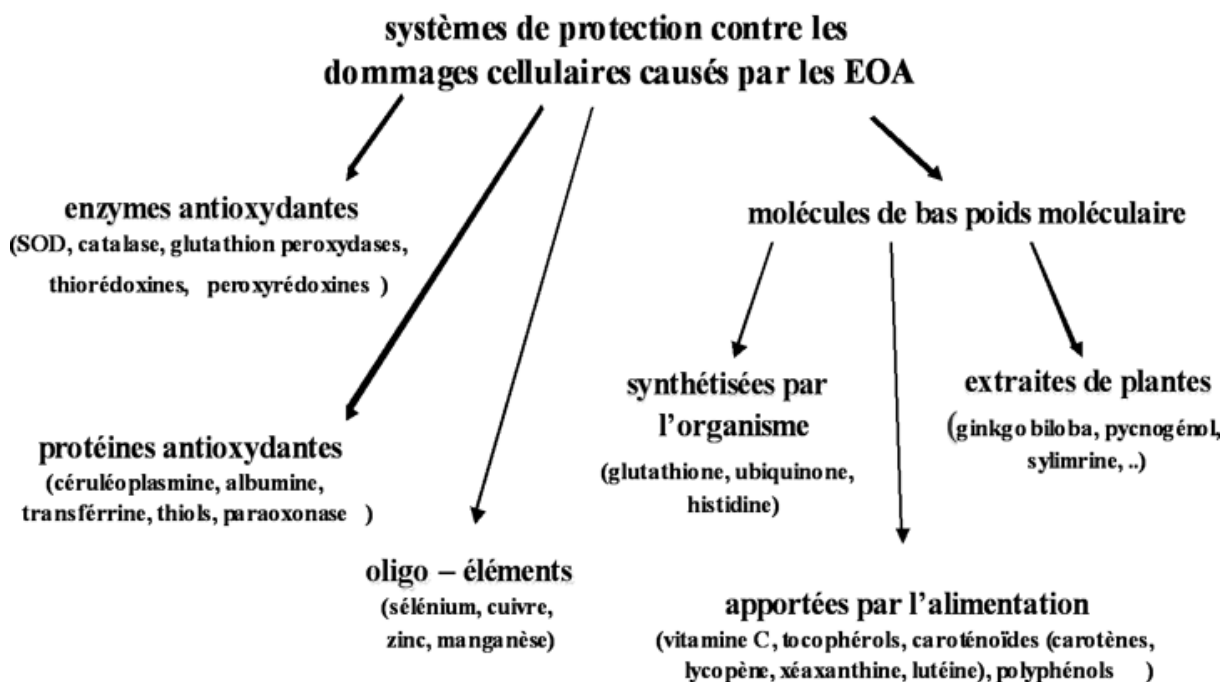


Figure 6 :Réseau des antioxydants(Kohen et al.,2007).

-Le sélénium est un oligo-élément, largement distribué à des concentrations relativement faibles dans la chaîne alimentaire humaine, c'est un nutriment essentiel et joue un rôle majeur dans le système de défense antioxydant.

La viande et les produits laitiers, les oeufs, les noix du Brésil et les produits à base de blé constituent de bonnes sources de ce nutriment(Halenget al., 2007).

-Les folates Les folates sont des vitamines qui se trouvent à l'état naturel dans les plantes vertes et la levure, et sont abondants dans le foie et les reins.

Ils contribuent essentiellement à la synthèse de l'ADN, et abaissent le taux d'homocystéine dans le sang(Binet ;2010).

-Les flavonoïdes sont des métabolites végétaux avec des propriétés antioxydantes efficaces.Ghedira,2005a suggère que les flavonoïdes puissent avoir un rôle protecteur contre les dommages causés par le cholestérol dans les vaisseaux sanguins.

Ils sont présents dans la plupart des légumes, des fruits, des baies et des boissons (thé, vin et jus de fruits).

II-3-2. Système enzymatique

Le stress oxydatif, conséquence naturelle du métabolisme de l'oxygène, est normalement contrôlé par des systèmes de défense antioxydants endogènes :

- **Superoxydedismutase (SOD)**

La SOD existe sous trois isoformes qui se différencient par leur localisation cellulaire et par leur cofacteur métallique : une forme cytosolique et nucléaire associée aux ions cuivre et zinc (Cu/Zn-SOD), une forme mitochondriale associée au manganèse (Mn-SOD) et une forme extracellulaire (EC-SOD) (Okado et Fridovich, 2001).

c'est une enzyme antioxydante naturelle, permet la dismutation de l'O₂ en H₂O₂, elle agit donc à la source même de la réaction en chaîne induite par les espèces réactives de l'oxygène.

- **Glutathion peroxydase (GPx) et reductase (GR)**

Ces deux enzymes sont présentes dans le cytosol et dans les mitochondries.

La glutathion peroxydase (GPx) agit en synergie avec la SOD puisque son rôle est d'accélérer la dismutation du H₂O₂ en H₂O et O₂, lors de cette réaction deux molécules de glutathion réduit (GSH) sont oxydées en glutathion-disulfure (GSSG) (Mates et al, 1999; Powers & Lennon, 1999).

La glutathion réductase, quant à elle, a pour rôle de régénérer le GSH à partir du GSSG grâce au NADPH qui est utilisé comme donneur d'électrons.

- **Catalase**

La catalase est également responsable de l'élimination d'H₂O₂ par une transformation en H₂O et O₂, Contrairement à la GPx, l'affinité de la catalase pour l'H₂O₂ est élevée seulement lorsque les teneurs en peroxyde d'hydrogène sont accrues (Mates et al, 1999 ; Powers & Lennon, 1999).

Cette enzyme est abondante dans le foie et les globules rouges, elle se retrouve préférentiellement dans les peroxysomes et en plus faible quantité dans le cytosol.

Chapitre III : Dysfonctionnement du métabolisme lipidique

La nutrition abondante de très haute densité énergétique étant donnée sa richesse en graisses saturées et en sucres raffinés, a une influence majeure sur l'état de santé, contribuant à la survenue de diverses pathologies ou participant à leur prévention. En outre, elle constitue un facteur essentiel favorisant de nombreuses maladies parmi d'autres facteurs d'environnement (tabagisme, alcoolisme, sédentarité) ou génétiques (**ENSP, 2000**).

Parmi ces maladies citons :

- les pathologies cardio-vasculaires : insuffisance coronarienne, accident vasculaire cérébral, thrombose veineuse, insuffisance cardiaque .
- les pathologies respiratoires : insuffisance respiratoire, syndrome d'apnée du sommeil, hypoventilation alvéolaire, hypertension artérielle pulmonaire .
- les pathologies cancéreuses : essentiellement cancer du sein et du colon .
- les pathologies métaboliques et endocriniennes : insulino-résistance, diabète de type 2, dyslipidémie, hyperuricémie, dysovulation, hyperandrogénie, hypogonadisme, altération de l'hémostase .

L'ensemble est associé avec des complications psycho-sociales : altération de la qualité de vie, discrimination, troubles du schéma corporel (**Afero, Alfedim, Sndlf ; 1998**).

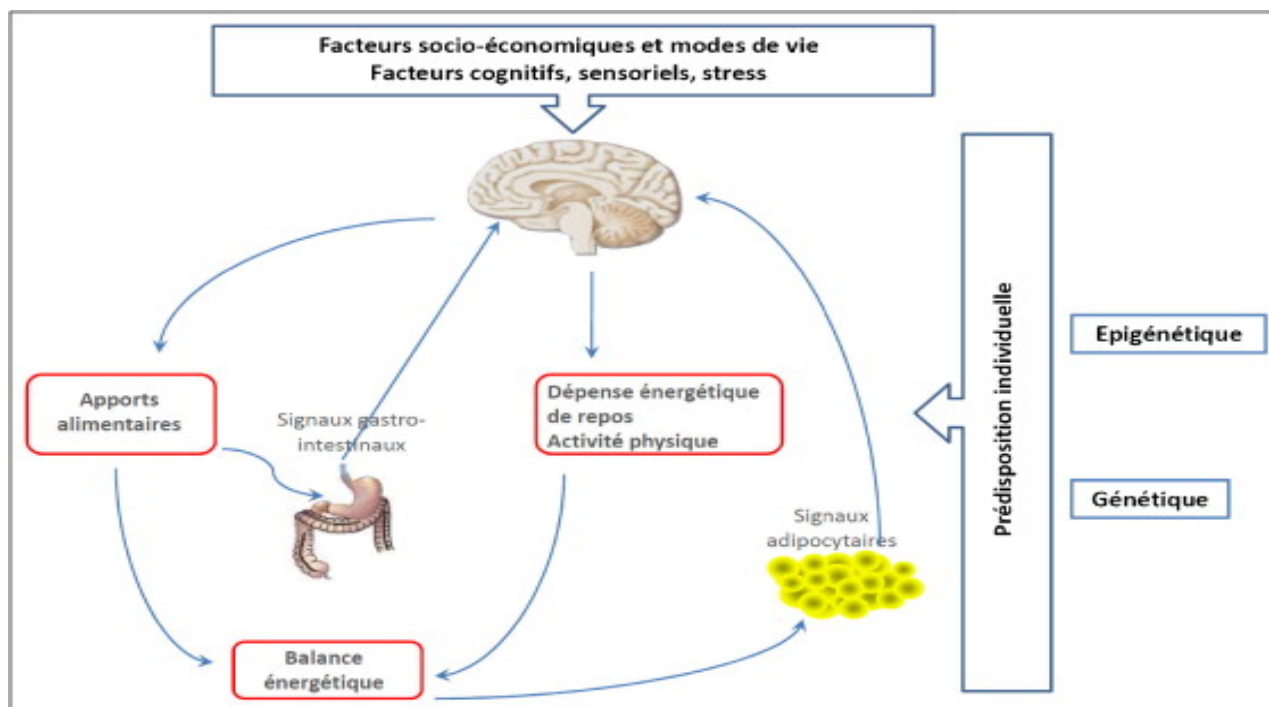


Figure 7 : Composants majeurs de la régulation pondérale (Marie Pigeyre ; 2010).

III-1. Définition

Les calories absorbées par l'alimentation sont plus nombreuses que celles brûlées par le métabolisme de base et l'activité physique, Celles qui ne sont pas brûlées se transforment en graisses et sont stockées par le corps conduisant les sujets au surpoids puis à l'obésité (Jean-Charles Fruchart , 2005).

D'après Emery C et al.,2007,l'obésité est une maladie chronique, en développement constant dans les pays économiquement développés. Elle constitue un enjeu majeur de santé publique .

Une autre définition établie par l'OMS indique que l'obésité peut être simplement définie comme la maladie au cours de laquelle un excédent de masse grasse s'est accumulé jusqu'à avoir des effets indésirables sur la santé. Toutefois, la quantité de graisse en excès, sa répartition dans l'organisme et la morbidité qui lui est associée montrent des variations considérables d'un sujet obèse à l'autre(OMS, 2003).

Le degré du surpoids s'évalue principalement par l'indice de masse corporelle (IMC), défini par le rapport du poids (Kg) sur la taille au carré (m²) (Cole et al., 2000).

III-2. Physiopathologie

La physiopathologie de l'obésité révèle des causes multifactorielles dont les mécanismes soulignent l'importance cruciale du contrôle pondéral pour le maintien de la santé, l'obésité résulte donc naturellement d'un déséquilibre de la balance énergétique entre les apports et les dépenses énergétiques (Basdevant et al.; 2004) due essentiellement à la consommation des lipides alimentaires qui contribuent majoritairement à l'augmentation des apports caloriques par leur densité calorique élevée et de leur faible pouvoir satiétogène (Halimi S.; 2002).

Le tissu adipeux représente la forme principale de stockage énergétique, il tend dans la plupart des sociétés à s'accroître d'environ une dizaine de kilos entre le début de l'âge adulte et l'âge de 60 ans.

La régulation de la masse grasse et l'intégration de nombreux signaux parvenant au niveau local ou systémique, la fonction de réserve énergétique s'effectue à partir des lipides et des acides gras apportés par le biais de l'alimentation et qui sont synthétisés par l'adipocyte à partir de substrats non lipidiques, comme le glucose, par le processus de lipogenèse de novo et qui sont par la suite stockés dans le tissu adipeux blanc.

Au sein de leur vacuole, les adipocytes constituent un stock d'énergie sous forme de triglycérides qu'ils vont pouvoir se libérer en fonction des besoins de l'organisme (Bjorntorp et Sjostrom, 1978).

III-2. Types d'obésité

On distingue deux formes d'obésité selon la masse adipeuse :

- **L'obésité androïde (centrale) :** où la distribution des graisses est principalement située au niveau de l'estomac, le thorax, le cou, le visage et les épaules. Ce type d'obésité s'accompagne de maladies

cardiovasculaires, digestives et métaboliques (**Cowin et Emett, 2000**, **Yusuf et al., 2005**).

- **L'obésité gynoïde** : on parle d'obésité gynoïde quand l'excès de graisse se situe en grande partie au niveau des hanches, cuisse et fesses. Les personnes avec ce type d'obésité sont exposés aux problèmes articulaires, néoplastiques, et veineux (**Inserm, 2000** ; **Tounian, 2005**).

III-3. Obésité et stress oxydatif

Le stress oxydatif augmente systématiquement avec le degré d'obésité (**Suzuki et al., 2003**). En effet, les augmentations du malonaldehyde (MDA) dans le plasma est corrélé avec l'indice de masse corporelle et le tour de hanche (**Olusi, 2002**).

L'utilisation d'inhibiteurs spécifiques de la NADPH oxydase diminue la production de ROS dans le tissu adipeux et améliore l'hyperinsulinémie, l'hyperglycémie, l'hypertriglycéridémie et la stéatose hépatique.

De même, la concentration plasmatique en adiponectine, une protéine produite par les adipocytes et possédant des propriétés anti-inflammatoire et protectrice des vaisseaux, est inversement corrélée aux indicateurs du stress oxydant (**Furukawa et al., 2004**).

De même **Crujeiras, et al., 2013** étudia le rôle d'obésité- stress oxydatif dans le cadre de l'inflammation chronique, et il a montré qu'une inflammation induite par l'obésité promu par un dysfonctionnement du tissu adipeux est un élément clé, qui est un lien important entre l'obésité et le cancer, l'inflammation provoque une augmentation des radicaux libres et favorise par la suite le stress oxydatif, ce qui pourrait créer un microenvironnement favorable au développement de la tumeur chez les personnes obèses.

Matériels et Méthodes

1. Préparation des échantillons

La caroube de variété *ceratoniasiliqua* a été récoltée au niveau de la région de Wed_Lakhder Exe Chouli, commune de Ouled Mimoun, Wilaya de Tlemcen.

On a séparé les graines de la pulpe ensuite cette dernière a été séchée puis broyée finement. Après cette étape la pulpe de la caroube a été mélangée avec la caséine, les vitamines, l'amidon, les minéraux et l'huile pour le régime témoin et pour le régime hypergras, les lipides et le cholestérol ont été ajoutés.

1. Choix des animaux

L'étude a été réalisée sur des rates Wistar albinos femelles, adultes âgés de 1 Mois, Pesant entre 100g et 120g .Avant l'expérimentation, les rats sont maintenus dans des cages à une température ambiante de 22-24°C, consommant un régime hypergras et accédant librement à l'eau. L'échantillon se compose de 6 rats femelles divisés en 2 groupes :

lot 01 : comprenant 3 rates soumises à un régime témoin à base de caroube.

lot 02 : comprenant 3 rates soumises à un régime hyper gras à base de caroube.

2. Préparation des régimes

Le but de ce régime est d'évaluer les propriétés diététiques de la caroube sur des rats obèses. Pendant deux mois, ces rats reçoivent des régimes à base de protéines, minéraux, vitamines, et de la caroube mélangée avec de l'eau pour former une pâte, afin de leur faciliter la digestion.

Tableau n°2 : Composition des régimes expérimentaux (100g/kg) :

Composant	Régime témoin	Régime hypergras
Caroube	70	50
Caséine	16.99	16.8
Amidon	7	11.1
Lipides	-	14.30

Matériel et méthode

Minéraux	1.15	2.3
Huile	4.80	3
Vitamines	1	1.2
Cholestérol	-	1
Totale	100	100

Tableau n°3 :Composition en pourcentage du mélange salin :

Constituant	% pondéreux
Ca CO3	25
CO2 (PO4)2	23.33
KH2 PO4	16.33
NACL	13.33
Mg SO4	8.33
Na2 HPO4	11.66
Mélange trace (+)	1.69

Tableau n°4 : composition en pourcentage du mélange traces :

Constituants	% pondéreux
Citrate de fer	48
MnSO4	45
ZnCO3	4
CuSO4 (5H2O)	1.95
KI	0.05
NaF	1

La valeur énergétique est exprimée en Kcal.

3. Observation de l'évolution des rates

Les rats ont été pesés quotidiennement dans la même heure de la journée et dans les mêmes conditions d'élevage, afin de pouvoir poursuivre leur évolution pondérale en g/J.

4. Mesure de la glycémie

L'évolution de la glycémie a été réalisée une fois par semaine, sur les rats à jeun la nuit, à l'aide d'un glucomètre (CONTOUR ONE TS) dont la mesure de la glycémie est réalisée par électrochimie, le prélèvement s'effectue à l'aide d'un auto piqueur pour piquer horizontalement l'extrémité de la queue du rat.

Le sang déposé sur la bandelette pénètre par capillarité, et par contact avec une enzyme appelée glucose oxydase et un réactif chimique "réducteur" : le ferricyanure de potassium, déclenche une réaction chimique qui entraîne à son tour un changement de couleur proportionnel à la valeur de la glycémie.

5. Dosage des paramètres du stress oxydatif

A la fin de l'expérimentation, tous les rats sont restés à jeun 12 heures avant le sacrifice ; et qui a été réalisé par une incision abdominale par ponction dans l'aorte après les avoir anesthésié au chloral à 10%. Le sang a été récupéré par la suite dans des tubes héparinés et des tubes secs.

Ceux qui sont prélevés dans les tubes héparinés sont centrifugés à 3000tr/min pendant 15 min, le surnageant (le plasma) est alors conservé pour le dosage des paramètres du stress oxydatif.

5-1. Dosage du malondialdéhyde (MDA)

Les niveaux de malondialdéhyde, sont utilisés comme marqueurs de la peroxydation lipidique.

Le dosage du malondialdéhyde, repose sur la formation d'un pigment absorbant à 532 nm, par réaction entre le malondialdéhyde et deux molécules d'acide thiobarbiturique (TBA), effectuée en milieu acide et à chaud.

La réaction colorée, observée spectrophotométriquement à l'acide de thiobarbiturique, mesure non seulement le malondialdéhyde préexistant, mais aussi le malondialdéhyde formé de manière artefactuelle par décomposition thermique des peroxydes, et de ceux générés au cours même de la réaction.

La concentration en MDA plasmatique ou érythrocytaire, est calculé par la suite en utilisant le coefficient d'extinction du complexe MDA-TBA ($\epsilon = 1.56.10^2 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$).

5-2. Dosage des protéines carbonylées

Le dosage des protéines carbonylées s'effectue à l'aide d'un kit ELISA selon la méthode de **LEVINE et al.,1990**. Les groupements carbonyles des protéines fixées au fond des puits, résultant d'une modification covalente induite par les dérivés radicalaires ou les espèces réactives de l'oxygène, sont mis en évidence avec la dinitrophenylhydrazine (DNPH) pour former une dinitrophenylhydrazone (DNP-hydrazone).

Le calcul de la concentration d'effectue en utilisant un coefficient d'extinction des protéines carbonylées ($\epsilon = 21.5 \text{ mm}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{cm}^{-1}$).

5-3. Dosage de superoxydedismutase (SOD)

La Superoxidedismutase (SOD), est une enzyme de balayage intracellulaire,La mesure nécessite une réaction enzymatique auxiliaire générant un flux de radicaux Superoxydes, cette réaction est catalysée par la xanthine oxydase en présence de xanthine.

Les radicaux superoxydes oxydent un chromogène, le chlorure de 2-(4-iodophényl)-3-(4-nitrophénol)-5-phényltétrazolium (INT), en un formazan rouge dont le maximum d'absorptionest de 505 nm (réaction indicatrice).

Ces mêmes radicaux sont aussi substrats de la SOD. L'activité de la SOD est mesurée par le degré d'inhibition apparente de la réaction colorée indicatrice.

6. Analyse statistique

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm écart type. La comparaison des moyennes entre le régime témoin et le régime hypergras a été réalisée par le test de « student ». Les différences sont considérées significatives à $P \leq 0.05$ et hautement significatives à $P \leq 0.01$.

Tous les calculs ont été effectués au moyen du logiciel Microsoft Office Excel sur Windows®.

Résultats et interprétations

1/ Evolution de la prise du poids

Les résultats relatifs à la prise du poids corporel des rates témoins et des rates obèses sont indiqués dans **la figure 8** :

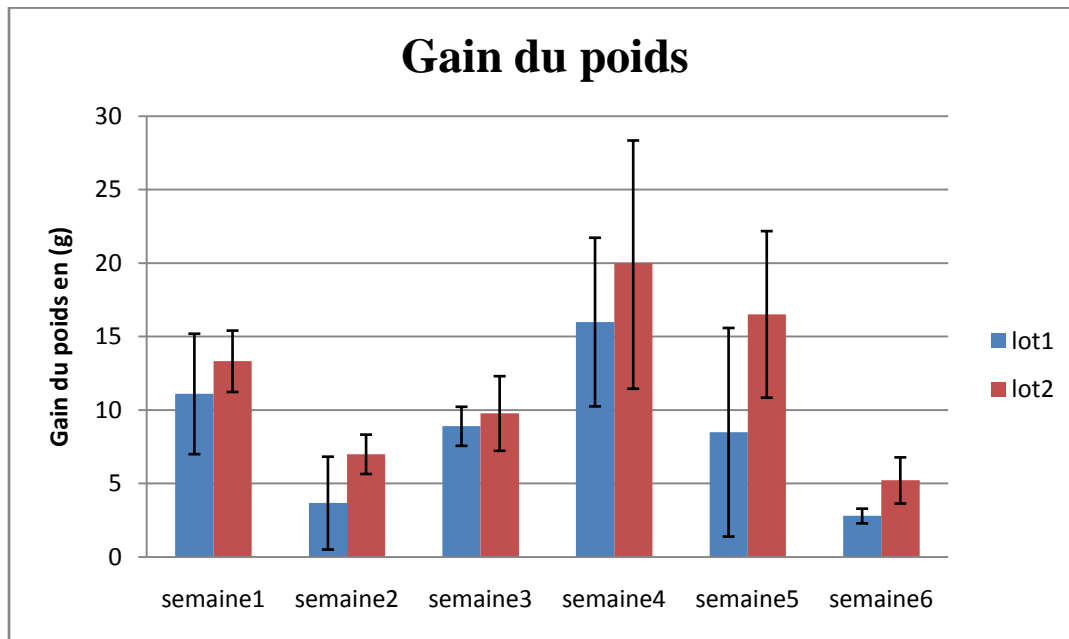


Figure 8: le gain du poids en (g) chez les rates soumises à un régime témoin et hyper gras .

Lot1 : rates soumises à un régime témoin avec plante.

Lot2 : rates soumises à un régime hyper gras avec plante.

*P0.05 ; **P0.01 différence significative régime témoin versus régime expérimental.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=5 rats.

Au début de l'expérience et dès le lancement du régime ; le gain du poids est plus élevé chez les rates soumises à un régime hypergras que celles soumise à un régime témoin. On a noté à partir de la 2eme semaine et jusqu'à la 3eme semaine une légère diminution de la prise du poids chez les rates obèses due à leur adaptation au régime.

A la 4emesemaine et jusqu'à la fin de l'expérience ; on remarque une prise du poids marquée chez les rates obèses due au régime hypergras suivie par une diminution du gain du poids chez les deux lots.

2/ Evolution de la glycémie :

La figure9 : représente l'évolution de la glycémie chez les ratessoumises à un régime témoin avec plante et un régime hyper gras avec plante pendant une durée de 7semaines.Les valeurs moyennes de la glycémie sont exprimées en (g/l).

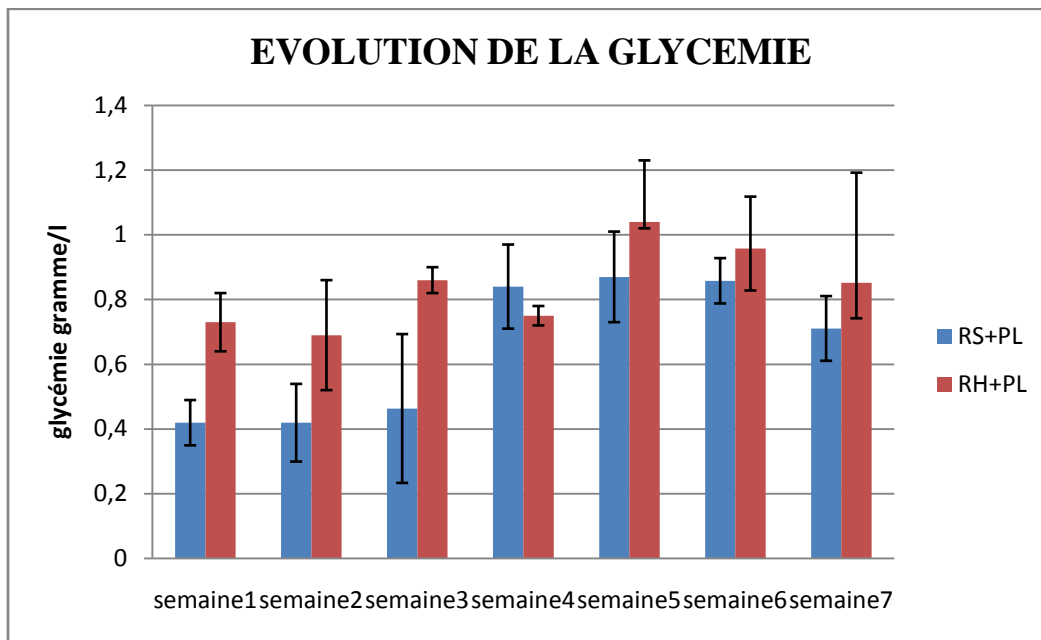


Figure 9:Variation de la glycémie en G/l chez les rates recevant un régime témoin et expérimental.

Lot1 : des rates ayant un régime témoin avec plante.

Lot2 : des rates ayant un régime hyper gras avec plante.

*P0 .05 ;**P0.01 différence significative régime témoin versus régime expérimental.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=5 rats.

A partir de (j0) et jusqu'à (j28), la glycémie des rates obèses et des rates témoins ne varie pas significativement, dès le lancement du régime on remarque une stabilité de la glycémie chez les rates témoins contrairement à celle des hypèrgras qui a connu une augmentation marquée.Cette glycémie n'a pas tardé à se diminuer à la fin du régime.

3/ paramètres du stress oxydatif :

3.1. Dosage des malonaldéhydes (MDA) :

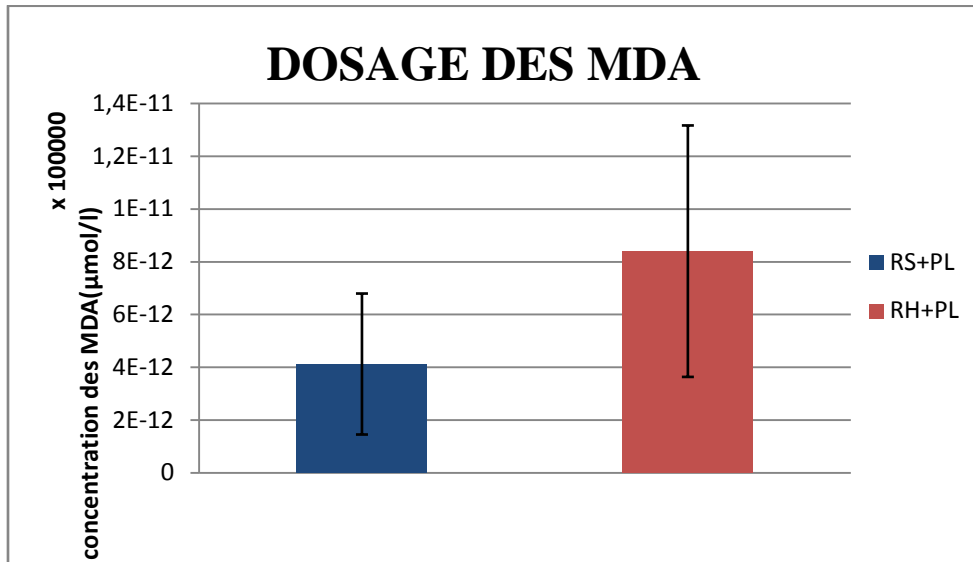


Figure 10 :teneur plasmatique et érythrocytaire en malondialdéhyde chez les rates soumises à un régime hypèrgras et témoins.

Lot1 : rates soumises à un régime témoin avec plante.

Lot2 : rates soumises à un régime hyper gras avec plante.

*P0 .05 ;**P0.01 différence significative régime témoin versus régime expérimental.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=6 rats.

Les teneurs plasmatique et érythrocytaire en malondialdéhyde ($\mu\text{mol/l}$) sont plus élevées chez les rates soumis à un régime hypèrgras avec caroube que celle des rates soumis à un régime témoin avec caroube(**Figure 10**).

3.2. Dosage des protéines carbonylées

On remarque que les teneurs plasmatiques et érythrocytaires en protéines carbonylées sont significativement augmentés chez les rates obèses comparés aux rates témoins.

Chez les rates obèses recevant un régime hypèrgras à base de caroube, le taux des prtéines carbonylées est élevé comparés aux valeurs obtenues chez les témoins recevant le régime à base de caroube (**Figure 11**).

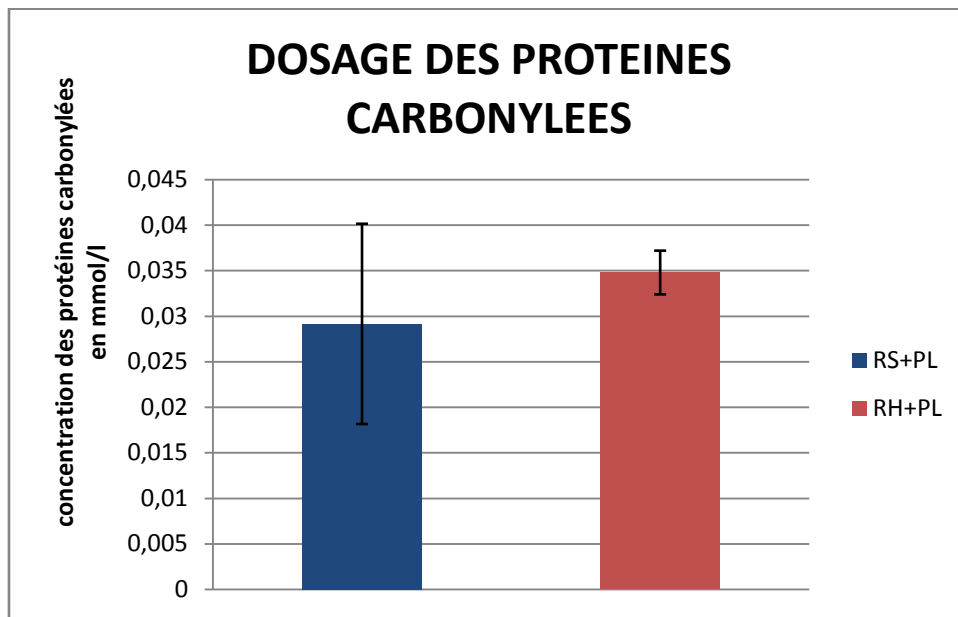


Figure 11 : teneur en protéines carbonylées (mmol/l) chez les rates recevant le régime hypèrgras et témoin.

Lot 1 : rates soumises à un régime témoins avec caroube.

Lot2 : rates soumises à un régime hyper gras avec plante.

*P0 .05 ;**P0.01 différence significative régime témoin versus régime expérimental.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=5 rats.

3.3 Dosage de la supéroxydeDismutase (SOD)

Les rates recevant un régime témoin avec caroube présentent une diminution de la concentration de la SOD (U/mg) par rapport à celles recevant un régime hypèrgras avec caroube (**Figure 12**).

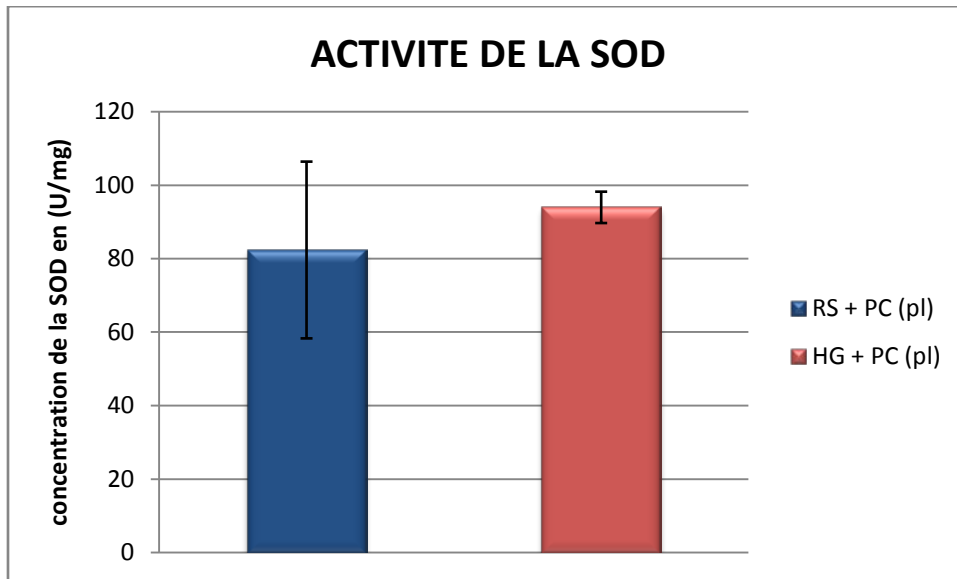


Figure 12 : Concentration de la SOD chez les rates recevant un régime hypèrgras et témoins.

Lot1 : rates soumises à un régime témoin avec plante.

Lot2 : rates soumises à un régime hyper gras avec plante.

*P0 .05 ;**P0.01 différence significative régime témoin versus régime expérimental.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=5 rats.

Discussion

L'obésité est une condition métabolique, caractérisée par un excès de tissu graisseux lié au sexe et au statut hormonal, elle est considérée aujourd'hui comme « un contributeur majeur au poids global des maladies » comme l'indique l'Organisation mondiale de la santé, en effet l'obésité est le déterminant le plus important de trois domaines classiques du risque vasculaire : l'élévation de la pression artérielle, la baisse du cholestérol HDL et le diabète de type 2 dont la prévalence est en progression fulgurante (WHO, 1997).

Des données de la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) montrent une relation linéaire tout à fait significative entre l'obésité et les pressions artérielles systolique et diastolique (El-Atat F., et al., 2003). En moyenne une perte d'un kg est associée à une diminution de 1,2 à 1,6 mm hg de la tension artérielle systolique et de 1,0 à 1,3 mm hg de la tension artérielle diastolique. D'autre part, il paraît établi que l'obésité est également un facteur de risque des dyslipidémies (dont fait partie l'excès de cholestérol). De nombreuses études expliquent ce phénomène en rendant l'obésité abdominale responsable d'une élévation du taux des triglycérides et d'une diminution du taux de bon cholestérol (INSERM, 2000).

Plusieurs études, dont l'OMS fait partie, indiquent que le surpoids est un facteur de risque bien connu du diabète de type 2 ou non insulino-dépendant (DNID) chez l'adulte, un gain de poids de plus de 5 kg en huit ans est associé à une augmentation marquée du risque de DNID. Une perte de poids chez les sujets atteints de DNID améliore la tolérance au glucose et diminue le recours aux hypoglycémifiants.

Aussi, l'obésité est très fortement considérée comme associée à une morbidité et à une mortalité accrue. Les études menées sur la plupart des populations, font apparaître qu'une mortalité élevée est essentiellement due à des maladies cardio-vasculaires, au diabète et à des maladies de la vésicule biliaire (BASDEVANT, 1993) ; l'obésité de l'enfant et des adolescents est par ailleurs associée à des décès prématurés et des incapacités à se mouvoir à l'âge adulte (OMS, 2007).

A ces effets et d'autres, d'importantes ressources et connaissances médicales, scientifiques et liées au style de vie sont aujourd'hui consacrées à l'identification des

Stratégies capables de combattre ce problème de santé publique majeur comme l'indique l'organisation mondiale de la santé, l'accroissement de l'activité physique est en premier lieu fait partie de ce plan de santé permettant d'éviter l'augmentation ultérieure de l'IMC moyen en abaissant le risque de DNID, de cardiopathie coronarienne et de certains cancers, et par conséquent décourager d'avantage les comportements sédentaires. L'amélioration de la qualité du régime alimentaire (le rapport nutriments/énergie) vient en deuxième lieu et doit être équilibré ; riche en protéines et en fibres alimentaires, et en parallèle pauvres en graisse, qui favorisent la prise du poids surtout chez les sujets inactifs et génétiquement prédisposés à l'obésité (**OMS,2007**).

Dans cet axe, notre travail porte sur l'évaluation de l'effet des extraits phénoliques de la caroube au cours de l'obésité expérimentale.

Notre travail consiste à utiliser un régime hypèr gras pour induire l'obésité chez le rat Wistar, qui est composé principalement de pulpe de caroube, de la caséine, et de la graisse en grande partie.

Le régime hypergras est associé à une accumulation du tissu adipeux et à une prise de poids aussi bien chez l'homme que chez le rat

En effet, la surcharge pondérale pouvant aller jusqu'à l'obésité est la première conséquence visible d'un régime riche en lipides car les régimes alimentaires contenant plus de 30% des lipides entraînent le développement d'une obésité chez les rats, due à une augmentation de la prise calorique (**West et York,1998**).

Milagro et al.,2006 ont démontré aussi, que les animaux soumis à un régime hypèrgras pendant 8 semaines ont gagné plus de poids que les animaux soumis à un régime témoin, suite à un apport énergétique augmenté aussi bien chez les rats témoins que chez les obèses, de même les études de **CHUDASAMA H.et al.,2009** vont dans le même sens que la précédente, et qui ont observé après 5 semaines un excédent de poids chez les rats nourris par un régime riche en lipides. Ces travaux confirment nos résultats.

La 5-HT et la noradrénaline sont d'importants neurotransmetteurs qui régulent la prise de poids et qui sont impliqués dans la pathophysiologie de l'obésité. Elles ont des

effets anorexigènes sur l'hypothalamus et permettent d'inhiber l'appétit et réduire la prise alimentaire.

L'obésité, surtout celle à répartition abdominale, est le plus puissant facteur prédisposant au diabète de type 2 et près de 80 % des sujets diabétiques présentent un excès pondéral. L'effet diabétogène de l'obésité est lié à sa capacité d'induire ou d'aggraver l'insulinorésistance de ces sujets. Sur le plan physiopathologique, le développement du diabète de type 2 résulte de la coexistence d'anomalies de la sécrétion et de l'action de l'insuline (**Fery, F. et Paquot, N. ;2005**). Ainsi donc, l'obésité est constamment associée à une insulinorésistance dont les mécanismes sont complexes (**GALASSI et al., 2006**).

Not résultats révèle une diminution du poids corporel à la fin de l'expérimentation, ces résultats concordent a ceux de (**Myoung-Nam Woo et al.,2009**), et cela peut être expliqué par la diminution des tailles épидymaires d'adipocyte, qui sont normalement augmentées en conditions obèses. Les polyphénols de la caroube a abaissé les poids de tissus adipeux blancs épидymaires et périrénaux

(**Myoung-Nam Woo et al.,2009**).

Nos résultats montrent que la glycémie a diminué à la fin de l'expérience chez les deux lots (rats témoins et hypèrgras) ceci est confirmé avec les résultats de (**ZFUNT,2003 ;Gruendelet al.,2007**)qui ont démontré que les fibres

De la caroube ont un rôle important au niveau de la régulation de l'insulinémie post-prandiale et les besoins en insuline, ce qui indique une diminution de l'hypèrglycémie.

En 2009, les résultats de **LIATIS S.** menée sur 46 personnes ayant une cholestérolémie élevée ,ont démontré que les fibres alimentaires peuvent entraîner une réduction significative du taux d'insuline de 3,23 $\mu\text{U/ml}$ versus une augmentation de 3,77 $\mu\text{U/ml}$ et améliore par la suite la résistance à l'insuline.

Une autre explication de la diminution de la glycémie peut être attribuée aux polyphénols de la caroube, car selon **Ros S.2011** la consommation régulière de polyphénols préviennent l'apparition du stress oxydant lié à l'obésité compliquée d'hypèrglycémie, dans le sang et les artères.

Des effets physiologiques obtenus pour la consommation nutritionnelle d'extrait de polyphénols sur l'athérosclérose, le diabète ou l'hypertension montrent une prévention

in vivo de ces pathologies pour les modèles étudiés avec une synergie lorsque l'éthanol et les polyphénols sont associés, par l'intermédiaire de plusieurs mécanismes (**K. Chira,2008**).D'un autre coté, l'hyperglycémie, le syndrome métabolique et l'insulino-résistance ont des liens directs avec la production de radicaux libres et la gestion du stress oxydant mitochondrial(**X. Leverve ,2006**).

De nombreux travaux rapportent une augmentation du stress oxydatif au cours de l'obésitétenant à la fois à l'augmentation de la production des radicaux libres et/ou la diminution des capacités de défenses antioxydantes par la baisse des activités des enzymes et des taux de vitamines antioxydants suite à un déficit des systèmes protecteurs antiradicalaires intracellulaires (**FURUKAWA et al., 2004; SUZUKI et al., 2003**).Les espèces oxygénées actives (EOA) sont capables de dégrader les glucides (radicaux carbonyles), lesprotéines par glycation, ou les lipides en induisant des processus de peroxydation lipidique(**ESTERBAUER et al., 1992**).

L'obésité, avec une accumulation musculaire de lipides suite à une consommation élevée de lipides, peut interférer avec la fonction mitochondriale à cause de la production des EOA provoquant par la suite la peroxydation des lipides membranaires et la perturbation des enzymes mitochondriales dépendantes de la membrane entravant ainsi le métabolisme oxydatif. D'autre part, un défaut primaire dans le métabolisme oxydatif mitochondrial pourrait être responsable d'une diminution de l'oxydation des acides gras, ce qui entraînerait secondairement une accumulation lipidique intramyocellulaire(**Powers SK.,1999**).

L'oxydation des lipides génère des peroxydes lipidiques qui sont eux-mêmes très réactifs. Cette peroxydation fournit également une grande variété de produits qui peuvent réagir avec les protéines et l'ADN. Parmi ces produits, l'isoprostane, le malondialdéhyde (MDA), les acides thiobarbiturique (TBARS) et le 4-hydroxynonanal (4-HNE) et qui sont étudiés comme marqueurs de la peroxydation lipidique (**Favier, 2004**).

Le malondialdéhyde se trouve dans les tissus humains et des animaux comme un produit final de la peroxydation lipidique. Il est considéré comme un sous produit de la

prostaglandine et de la biosynthèse de la thromboxane. Le malonaldehyde se présente dans les plaquettes sanguines et le sérum (**IARC, 1985**).

Des études antérieures sur l'homme ont montré que les taux du MDA sont plus élevés chez les personnes obèses que chez les témoins. Les travaux de **Pranzy et al., 1999**, ont confirmé ces constats.

Nos résultats vont dans le même sens car, la concentration de l'MDA plasmatique présente une augmentation chez les rats soumis à un régime hypergras avec caroube par rapport aux rats témoins soumis à un régime témoin avec caroube. La concentration du MDA plasmatique est alors élevée chez les rats obèses comparés aux témoins traduisant une augmentation de la lipoperoxydation et par conséquent des dommages tissulaires par la formation excessive des radicaux libres en faveur d'un stress oxydatif évident (**Sanmugapriya and Venkataraman, 2006**). Ce constat est susceptible d'expliquer la fuite des transaminases hépatiques et leur passage dans le sang mais selon **Lima et al., 2004** la peroxydation lipidique est plus évidente chez les obèses par rapport aux témoins (**Multlu-Turkodlu, 2003 et Yilmaz et al., 2007**).

Selon **Papagiannopoulos et al., 2012 ; Vaya et al., 2006**, la caroube contient en grande quantité de myricétine parmi 9 autres flavonoïdes supposant avoir un rôle d'inhibition de la peroxydation lipidique (**Youting C., 1990**) et de maintenir l'équilibre du système redox intrahépatocytaire. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Lahouel et al., 2004**.

L'obésité induite par le régime hypergras entraîne une augmentation de la production des protéines carbonylées plasmatiques et de la Supéroxyde Dismutase (SOD) qui sont des enzymes antioxydants et des marqueurs d'évaluation des conséquences du stress oxydatif. Nos résultats vont dans le même sens de ces teneurs élevés chez les rats obèses ce qui concorde avec les résultats de **Bouannane et al., 2009**.

Ceci confirme la présence d'un stress oxydatif peut être lié à la consommation du régime hyperlipidique, car l'augmentation de la masse grasse accompagnée de modifications notables de la balance oxydante / antioxydante, place le stress oxydatif dans les acteurs majeurs des complications métaboliques associées à l'obésité.

Il apparaît clairement que, l'effet bénéfique des polyphénols de la caroube sur la production des marqueurs oxydés n'est visible que chez les rats obèses ; car

selon (Klenew et al., 2009) ; l'extrait de caroube et de son principal ingrédient phénolique « l'acide gallique » modulent l'expression des gènes et protègent les cellules d'adénome du côlon de l'impact génotoxique de H₂O₂.

Du même, (Stoclet J.-C et Schini-Kerth V., 2010) ; indiquent que les flavonoïdes ingérés sont réputés pour la protection de l'organisme contre les effets délétères des apports environnementaux oxydants grâce à leurs propriétés antioxydantes, liées à leur structure polyphénolique.

Des études épidémiologiques prospectives sur les cohortes ont montré que la consommation de certains aliments riches en flavonoïdes, est inversement corrélée à la mortalité par accidents vasculaires cérébraux et coronariens et à la prévalence de maladies neurodégénératives telles que les maladies d'Alzheimer et de Parkinson.

En revanche, au niveau cellulaire, certains flavonoïdes peuvent agir sur la transmission des signaux par les protéines kinases, induisant l'expression de gènes antioxydants et anti-inflammatoires et, vice-versa, l'inhibition de gènes oxydants et inflammatoires.

Du même, d'autres essais cliniques menés avec des compléments en polyphénols ont montré des effets bénéfiques, avec une amélioration de la fonction endothéliale et une diminution de la survenue d'événements du stress oxydatif (Dominique B., 2011).

Conclusion

L'obésité est une maladie complexe, considérée comme une maladie chronique qui se développe de façon épidémique et qui s'accompagne de nombreuses conséquences aussi bien sur le plan individuel qu'à l'échelle sociale, notamment par son coût pour la santé. La physiopathologie complexe de l'obésité illustre l'incapacité de l'organisme à gérer un excès énergétique chronique dans un milieu favorisant la sédentarité.

L'obésité résulte d'une interaction entre une multitude de facteurs génétiques et environnementaux. Il est maintenant bien établi que le surplus pondéral et les différentes formes d'obésité sont des conditions qui ont tendance à se concentrer dans les familles car le risque d'obésité est environ deux à huit fois plus élevé chez un individu présentant des antécédents familiaux comparativement à un individu sans histoire familiale d'obésité.

Les multiples complications impliquent la nécessité de traitement. L'objectif est la perte de poids en tenant compte de la nature de l'obésité et de la motivation du patient. Un suivi sur le long terme comprenant des mesures diététiques et de l'exercice physique sont les principes du traitement.

Dans le cadre de notre travail, nous avons testés la caroube qui est riche en antioxydants (flavonoïdes, isoflavonoïdes, tannins, composés phénoliques), en sucre, protéines, et fibres, qui semblent être bénéfique pour la santé humaine tout en diminuant le poids corporel, elle régule la glycémie postprandiale, elle a un effet hypocholestérolémiant, antiprolifératif, et antidiarrhéique. ainsi son pouvoir antioxydant.

Nos résultats montrent que, les polyphénols de la caroube et les fibres diminuent le poids corporel ainsi que la glycémie chez les rates recevant un régime hypérgre à base de caroube comparées aux témoins avec caroube.

D'autre part, notre travail révèle un déséquilibre de la balance oxydante/antioxydante au cours de l'obésité expérimentale, cela confirme l'installation d'un stress oxydatif

résultant d'une production accrue des espèces oxygénées actives (EOA) et d'une altération à la baisse des défenses antioxydantes chez les rates obèses. A cet effet, une diminution des paramètres de stress oxydatif tel que les protéines carbonylées, la superoxyde dismutase, et le marqueur de la peroxydation lipidique (le malonaldéhyde) a été notée chez les rates soumises à un régime hypèrgras. Cette diminution est due au pouvoir antioxydant des polyphénols contenus dans la pulpe de la caroube, et leur capacité à réduire l'oxydation lipidique.

A fin d'approfondir notre travail, nous avons la perspective de tester l'effet de la caroube sur le diabète et vu les résultats que nous avons obtenu sur le stress oxydatif nous pourrions ainsi étudier son effet sur le cancer aussi.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- **Aafi A. (1996)**.note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*), centre nationale de la recherche forestière, Rabat (Maroc) :10.
- **Afero, Alfediam, Sndlf. (1998)**. Recommandations pour le diagnostic, la prévention et le traitement de l'obésité ,Diabetes&Metabolism. Cah. Nut. Diét., Vol.2 :1-48.
- **Ait Chitt M., Lazrek A. (2007)**.production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture :1-4, N° 153, IAV Rabat.
- **Aurousseau B. (2002)**. Les radicaux libres dans l'organisme des animaux d'elevage : consequences sur la reproduction, la physiologie et la qualité de leurs produits, INRA Prod. Anim. 17 :339-354.
- **Ashoor, S.H., Knox J.M. (1982)**.Determination of organic acids in foods by high-performance liquid chromatography. J. Chromatogr:288–292.n°299.
- **Ashoor L.,Lahouar L., Hammami M.(2005)**.Etude de la fermentation colique des fibresalimentaires (orge) chez les rats wistars. Vol. 17 : 60-65, n°48,
- **Amiot, M.J., Babot-Laurent, C., and Touniaire, F.(2007)**. Plant Pigments as bioactive substances. In Food colorants: chemical and functional propertie (C. Socaciu, ED.) CRC Press.
- **Amiot M. J., Riollet C., Landrier J.F.(2009)**.Polyphénolset syndrome métabolique. Elsevier Masson SAS, n°3, Vol.5: 476-482.
- Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A.(1997)**.Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates and tannins. J. Food Compos. Vol 7:166-172.
- Batista M. T., Amaral M. T. and Proença Da Cunha A.(1996)**. Carob fruits as source of natural antioxidant.
- **Basdevant A., Le barzic M., Guy-Grand B. (1993)**. Les obésités Neuilly-sur Seine, Ardix Médical, nouvelle édition 1993, : 113.
- **Basdevant A, Guy-Grand B.(2004)**.Médecine de l'obésité. Paris : Flammarion-Médecine-Sciences,:150.
- Battle I. (1997)**. Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliquaL.*) in the Mediterranean region.Unpublished FAO Report. Rome. Italy.

- Battle I. et Tous J. (1997)**. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. institute of plant genetic and crops plant research. Gatersleben/international plant resources institute. Rome .Italy.
- Baytop T. (1984)**. Therapy with medicinal plant in Turkey (Past and Present), Publication of the Istanbul University, N°: 3255, Istanbul.
- Beauvieux, Marie-Christine, GIN H, Peuchant. (2002)**. Le stress oxydant et ses marqueurs biologiques nutrition et de diététique. Vol. 37:45 - 51, n°1.
- Bellisle (2003)**. France Le sucre dans l'alimentation contribue-t-il à la constitution de l'obésité ? Cahiers de nutrition et de diététique A., Vol. 38: 396, n° 6.
- Bjorntorp, P., and Sjostrom, L. (1978)**. Carbohydrate storage in man: speculations and some quantitative considerations. *Metabolism*. Vol. 27:1853-1865.
- Boizot N. et Charpentier J-P.(2006)**. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre fougère. Le cahier des Techniques de l'Inra :72-82.
- Bonnefont-R. (2011)**. Micronutriments et risque cardiovasculaire Dominique Vol.10 :1016
- Bouanane S., Bekalfat NB., Baba Ahmed FZ., Merzouk H., Mokhtari NS., Merzouk SA., Greti J., Teessier C., Narcet M.(2009)**. Time course of changes in serum oxidant/antioxidant status in overfed obese rats and their offspring. *Clinical Science* :669-680. n°116.
- Bruckert É. , R. Rodi C. (1941)**. Recommandations diététiques pour prévenir les maladies cardiovasculaires chez les patients hypercholestérolémiques Vol.10:1016-1155.
- Chira K., J. -H. Suh, C. Saucier, P. -L. Teissèdre, (2008)**. Les polyphénols du raisin. Vol. 6:75-82 .
- Chong-Hyeon Yoon, Soo-Jin Chung, Sang-Won Lee, Yong-Beom Park, Soo-Kon Lee, Min-Chan Park ; (2012)**. L'acide gallique, acide polyphénolique naturel, induit l'apoptose et inhibe l'expression des gènes pro-inflammatoires dans les synoviocytes fibroblastiques de polyarthrite rhumatoïde. (*in press*).
- Christian Binet (2010)**. Métabolisme des folates : apports, absorption, transport, réserves, méthodes d'exploration, Hématologie, Faculté de Médecine de Tours. (*in press*).
- Chudasama H. P. ; Bhatt P. A. (2009)**. Evaluation of anti-obesity activity of duloxetine in comparison with sibutramine along with its anti-depressant activity: an experimental study in obese rats *Canadian journal of physiology and pharmacology A*. Vol. 87: 900-907, n° 11.

- CNERNA-CNRS, (2003)**. Les apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3ème édition.
- Cole Tj, Bellizzi MC, Flegal KM(2000)**. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey. *BMJ*. Vol. 320:1240-1243.
- Cowan M. M. (1999)**. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*. Vol. 12 (4): 564-570.
- Cowin I, Emett P. (2000)**. Cholesterol and triglyceride concentrations, birthweight and central obesity in pre-school children. ALSPAC study team. Avon Longitudinal Study of pregnancy and Childhood. *Int J Obes Related Metab Disord*. Vol. 24 :330-339.
- Crujeiras, A B; Diaz-Lagares, A; Carreira, M C; Amil, M; Casanueva, F F.(2013)**. Oxidative stress associated to dysfunctional adipose tissue: a potential link between obesity, type 2 diabetes mellitus and breast cancer. *Source: Free radical research* Vol: 47: 243-56.
- Decloitre F. (1993)**. Impact des facteurs alimentaires sur les mécanismes de la cancérogénèse: bases d'une prévention des cancers par l'alimentation. *Cahiers de Nutrition et de diététique*. Vol. 28 (2): 85-95.
- D.B, Nafia I, Nieoullon A, Kerkerian Le Goff L, Had-Aissouni L. (2005)**. Stress oxydatif cérébral. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*. Vol. 24: 502-9.
- Delattre J., Durant G., Jardillier C. (2003)**. Biochimie pathologique, aspects moléculaires et cellulaires. Édition Flammarion : 176.
- Dominique B.R. (2011)**. Micronutriments et risque cardiovasculaire Micronutrients to control cardiovascular risk. Vol. : 10.1016.
- Emery C, Dinet J, Lafuma A, Sermet C, Khoshnood B, Fagnani F.(2007)**. Evaluation du coût associé à l'obésité en France. *Presse Med*. Vol.36:832-40.
- El-Atat F, Aneja A, McFarlane S, Sowers J.(2003)**. Obesity and hypertension. *Endocrinol. Metab. Clin. N. Am*. Vol. 32: 823-854.
- ENSP, (2000)**. Haute Comité de Santé Publique. Pour une politique nutritionnelle de santé publique en France : enjeux et propositions. Ed .
- Esterbauer H, Gebiki J, Puhl H, Jurgens G (1992)**. The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL. *Free Rad. Biol. Med*. Vol.13 :341-342.

- Faik A., Ayaz, Hülya, Torun, Robert H., Glew, Zehra D., Bak, Luther T., Chuang, Jack M., Presley, Ronnie A. (2009).** Nutrient Content of Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.) Flour Prepared Commercially and Domestically. Vol. 64:286–292.
- Favier A. (1997).** Le stress oxydant : intérêt de sa mise en évidence en biologie médicale et problèmes posés par le choix d'un marqueur. *Ann Biol Clin.* Vol. 55: 9-16.
- Favier A. (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. Vol 64: 390-396, N° 6 .
- Fery, Françoise ; Paquot, Nicolas (2005) .** Etiopathogenie et physiopathologie du diabete de type 2 , *Revue Médicale de Liège* Vol.60.
- Fidanza F, Alberti A, Lanti M, et al. ;(2004).** Mediterranean Adequacy Index: correlation with 25-year mortality from coronary heart disease in the Seven Countries Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* Vol. 14: 254-8.
- Finch J.M, Turner R.J. (1996).** Effet of selenium and vitamine E on immune responses of domestic animals. *Res. Vet. Sci.* Vol.60: 97-106.
- Fournier P. (1977).** Les quatre flores de la France (générale, alpine, méditerranéenne, littorale) Lechevalier. Paris. (*in press*).
- Fruchart J-C. (2005).** Le syndrome métabolique : l'épidémie du XXI^{ème} siècle. Université de Lille 2, Faculté de Pharmacie, Unité Mixte 545 Inserm-Université de Lille 2, Institut Pasteur, Lille, France. (*in press*).
- Furukuwa S., Fujita T., Shimabukuro M., Iwaki M., Yamada Y., Nakajima Y., Nakayama O., Makishima M., Matsuda M., Shimomura I. (2004).** Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest.* Vol 114(12),:1752-1761.
- Galassi A, Reynolds K, HE J (2006).** Metabolic syndrome and risk of cardiovascular disease: a meta-analysis. *Am. J. Med.* Vol. 119(10): 812-819.
- Gallego J., Sánchez-Campos S. et Tuñón M. J. (2007).** Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. *Nutrición Hospitalaria.* Vol. 22 (3): 287-293.
- Ghanit N. (2003).** Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua*) originaire de la province de chfchaouen.
- Ghedira K. (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. Vol. 3: 162-169.
- Ghrabi Z. (1995).** A Guide to Medicinal Plants in North Africa.
- Griffiths D.W. (1991).** In Toxic substances in crop plants, ed. J.P.F. D'Mello, D.M. Duffus and J.H. Duffus, The Royal Society of Chemistry, Cambridge :180.

-Gruendel S., Otto B., Garcia A.L., Wagner K., Mueller C., Weickert M.O., Heldwein W., Koebnick C., (2007). Increased acylated plasma ghrelin, but improved lipid profiles 24-h after consumption of carob pulp preparation rich in dietary fibre and polyphenols, *Br. J. Nutr.*, Dec; Vol. 98:1170-7, N°6.

-Gruendel S., Ada L Garcia, Baerbel Otto, Corinna Mueller, Jochen Steiniger, Martin O. Weickert, Maria Speth, Norbert Katz and Corinna Koebnick; (2006). Carob Pulp Preparation Rich in Insoluble Dietary Fiber and Polyphenols Enhances Lipid Oxidation and Lowers Postprandial Acylated Ghrelin in Humans *J. Nutr.* Vol. 136:1533-1538.

-Haleng J, Pincemail J, Defraigne JO, et al. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liège*. Vol. 62: 628-638.

-Halimi S. (2002). Obésités (267a) *Corpus Médical – Faculté de Médecine de Grenoble. (in press)*.

-Hariri A, N.Ouis, Sahnouni F et D.Bouhadi (2009). Mise en oeuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube, *rev. microbiol. ind. san et environn*: 37-55.

-Haselberg C., Von.(1996). Factors influencing flowers and fruit development in carob (*Ceratonia siliqua L.*) *In III international Carob Symposium. Cabaas-Tavira, Portugal. (in press)*.

-Haslam E.,(1998). Practical polyphenols: from structure to molecular recognition and physiological action. Cambridge University Press, Cambridge, UK.p 420.(*in press*).

-Hertog M. G.;(1996). Epidemiological evidence on potential health properties of flavonoids.*Proceeding of the nutrition society*. Vol. 55: 385-397.

-Hmamouchi M., Tantaoui El-Raki A.,(1999). Mise en évidence des propriétés antimicrobiennes des tanins extraits d'Ericalyptus . Ed .alBiruniya. Vol. 6 ,(1):9-17.

- IARC (1985). *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*, Vol. 36, *Allyl Compounds, Aldehydes, Epoxides and Peroxides*, Lyon : 163–177.

-Inserm (2000). Obésité : dépistage et prévention chez les enfants .Paris : Inserm :325.

-Jhoo, Jin-Woo,(2007). Antioxidant and Anti-Cancer Activities of Green and Black Tea Polyphenols. (*in press*).

-Johnson S., Bruun P., Okkala P. (1988). Application of LBC in food and pet food systems. 577-587

- Jones D. K. (1953)**.Carob culture in Cyprus.FAO 53/2/1225.FOA. Rome.*(in press)*.
- Jovanovic S.V., Steenken S., Simic M.G., Hara Y.(1998)**. Antioxidant properties of flavonoids: reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoids. In: Rice-Evans C., Packer L., Flavonoids in health and disease, New York, Marcel Dekker.137-161.
- Julie Léger-Guist'hau (2011)**. Intérêt du régime méditerranéen : extrapolation à la nutrition entérale au long cours INSERM U1055 – LBFA, Université Joseph Fourier, BP 53, 38041 Grenoble cedex, France .*(in press)*.
- Khanoouf S. (2004)**.Gastropropectives of polyphenolic compounds from QuercusSuber in rats and mice.J.Agric.Food.Chem.Vol. 51(5): 1469-73.
- Kim H. P., Son K. H., Chang H. W. et Kang S. S. (2004)**.Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mecanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*.Vol.96 (3): 229-245.
- Klenow S, Jahns F, Pool-Zobel BL, Glei M. (2009)**. Does an extract of carob (Ceratoniasiliqua L.) have chemopreventivepotentialrelated to oxidative stress and drugmetabolism in human colon cells?.Vol. 857(7):2999-3004.
- Kohen R, Nyska A.; (2007)**.Oxidation of biological systems : oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology*.620-650.
- Kommer B.(2007)**.Desprogress en matière d'analyse des fibres alimentaires. Eurofinsfood, pays bas. Vol. 42: 235-242.
- **Kristina Pelli ,MarikaLyly (2003)**. Les antioxydants dans l'alimentation, Biotechnology Finlande.*(in press)*.
- KristiinaPelli, Marika Lyly (2010)**.Biotechnology Les antioxydants dans l'alimentation ;2000. Métabolisme des folates : apports, absorption, transport, réserves, méthodes d'exploration Document revu par Christian Binet.*(in press)*.
- **lahouel M, Seholz E, Hartmann R, Lehmann W, Rimpler H. ;(1994)**.Ellagitannins and complex tannins from Quercus patroaebark. *J. Nat. Product*. Vol.57:1411-15.
- **Leroy, A.(1929)**. Élevage rationnel des animaux domestiques. Hachette éd.448.
- Leon P. (1999)**. Trends in Food Science & Technology .What is fibre?Current controversies.*(in press)*.

- **Leverve X.** ;(**2006**).Stress oxydantetrégulation de la glycémie: implications pour le syndrome métabolique.11-15 .
- **Liatis S.** ;**TsapogasP.** ; **Chala E.** ;(**2009**). The consumption of breadenrichedwithbetaglucanreduces LDL-cholesterol and improvesinsulinresistance in patients with type 2 diabetes.Vol. 35, n° 2.
- **Louca A., Paps A. (1973)**.The effect of different propotions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats.Amin.Prod. Vol.17:139-146.
- **Makris D. P., P. Kefalas; (2004)**.Carob Pod as a source of polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. Vol. 42: 105–108,N° 2.
- **Marfek A. (2003)**. Radiolyse gamma des flavonoides. Etude de leur réactivité avec les radicaux libres issus des alcools : formation des depsides. Thèse de doctorat de l'université de Limoges.(*in press*).
- Maghreb Canada Express** (<http://www.maghreb-canada.ca>) (SEPTEMBRE 2007) Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), unerichessenationale aux vertusmédicinales. N° 9.
- Marie Pigeyre (2010)**. Évolution des concepts physiopathologiques de l'obésité *Advances in pathophysiological concepts of obesity* . Faculté de médecine, service de nutrition, EA2694, F-59045 Lille cedex, France.(*in press*).
- Marin, P., Høgh-Kristiansen, I., Jansson, S., Krotkiewski, M., Holm, G.,Bjorntorp, P. (1992)**. Uptake of glucose carbon in muscle glycogen and adipose tissue triglycerides in vivo in humans. *Am J Physiol*. Vol.263:473-480.
- Massimo D'Archivio, Carmela Filesi, Roberta Di Benedetto, RaffaellaGargiulo, Claudio Giovannini and Roberta Masella(2007)**.Polyphenols, dietary sources and bioavailability| Vol. 43: 348-361,No. 4.
- Mates JM, Perez-Gomez C ,Nunez de Castro I. ; (1999)**.Antioxidant enzymes and humandiseases. *ClinBiochem*. Vol.32 : 595-603.
- Milagro FL., Campion J.,Martinez JA.; (2006)**. Weight gain induced by high-fat feeding involves increased liver oxidative stress.*Obesity (Silver Spring)*.Vol. 14(7): 1118-1123.
- Mutlu-Turkodlu U., Oztezcan S., Telci A.(2003)**. An increase in lipoproteinooxydation and endogenous lipid peroxides in serum of obese woman. *ClinExpMed*.Vol. 2:171-174.
- Myoung N.W., Song H.B.,Myung S.C.,(2009)**.Hypolipidimic and body fat-flowing effects of Fatclean in rats fed a high-fat diet. *Food and Chemical Toxicology*.Vol:47: 2076-2082.

- Nabli A. (1989)**. Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne, I. Éléments de botanique et de phyto-écologie, MAB-FST-Laboratoire de botanique fondamentale et appliqué. 247.
- Neukom H. (1988)**. Carob bean gum: properties and application in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain. Proceeding of the III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira, Portugal. 551- 555.
- Nissim Silanikove' , Serge Landau, Diti Or, Dorit Kababya, Israel Bruckental and Zafrira Nitsan (2006)**. Analytical approach and effects of condensed tannins in carob pods (*Ceratonia siliqua*) on feed intake, digestive and metabolic responses of kid. Vol. 99, :29-38.
- Okado-Matsumoto A., Fridovich I., (2001)**. Subcellular distribution of superoxide dismutases (SOD) in rat liver: Cu,Zn-SOD in mitochondria. *J Biol Chem. Vol. 276*: 38388-38393.
- Olusi SO. ; (2002)**. Obesity is an independent risk factor for plasma lipid peroxidation and depletion of erythrocyte cytoprotective enzymes in humans. *Int J Obes Metab Disord.* 1159-1164.
- OMS ; (2003)**. Obésité: Prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale, Série de Rapports techniques, no 894, Genève.
- Orphanos P. I. , Papaconstantinou J. (1969)**. The carob varieties of Cyprus, Tech. Bull. 5. Cyprus Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resource, Nicosia. (*in press*).
- Ortiz P. L. Arista M. and Talavera S. (1996)**. Production de nectar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* Vol. 54: 540-546.
- Oszmianski J, Wodjylo A, Lamer_Zanrawska E, Swiader K.; (2007)**. Antioxydant tannins from Rosaceae plant roots. *Food Chem. Vol. 100(2)*: 579-83.
- Ouzounidou, G., Vekiari, S., Asfi, M., Gork, M. G.; Sakcali, M. S. ; Ozturk, M. (2012)**. *Pakistan Journal of Botany. Vol: 44: 1689-1695 .*
- **Owen R. W., Haubner R. W., Hulle E. , Erben G., Spiegelhalder B. , Bartsch H. , Haber B.; (2003)**. Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibr. Vol. 41: 1727-1738.
- Papagiannopoulos M, Wollseifen HR, Mellenthin A, Haber B, Galensa R.; (2004)**. Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MS. Vol. 16; 52(12): 3784-91.

- Passos de Carvalho J. (1988)**. Carob pollination aspects, in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.281-291.
- Paule Nathan, 2002**.Les fibresalimentaires : TOUT PRÉVOIR ni trop, ni trop peu n°330. (*in press*).
- Philippe T. (2010)**.Quel est l'effet du régime méditerranéen dans une population méditerranéenne ? (*in press*).
- Pietta PG.(2002)**. Flavonoids as antioxydants.J.Nat.Prod .Vol. 63(7): 1035-42.
- Pincemail J., Lecomte J., CollartE., Castiaux JP., Dfraise JO.(2003)**. Stress oxidant, antioxydant etexercice physique. Médecine Interne.Vol.8:56-59.
- Powers SK, Lennon SL. (1999)** .Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *Proc Nutr Soc. Vol.58:1025-1033*.
- Pranzy M., Skrha J., Hilgerotova J. (1999)**. Plasma malonaldehyde and obesity : isthere a relationship ? Clin ChemLab Med. Vol. 37:1129-1130.
- Quezel P., Santa S. (1963)**.Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome1), Editions du centre national de la recherche scientifique.557.
- Rejeb M. N., Laffray D. and Louguet P. ; (1991)**. Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua*L.) en Tunisie, in Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Group d'Etude de l'Arbre, Paris, France. 417-426.
- Rejeb M.N. ; (1995)**. Le caroubier en tunisie: situations et perspectives d'amélioration, in quell avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John libbeyeurotext, paris. 79-85.
- Renata J., ramonedaJ. and Garcia delpino F. (1990)**.Importancia de los insectos en la polinizaciondelalgarrobo.bol.san.veg.plagas, N°16.143-150.
- **Renata j., ramoneda J., garcia del pino F.,bosch j. (1994)**.flowering phenology of carob, *ceratonia siliqua* L. (caesalpiniaceae), j .hortic.sci.Vol.69:97-103.N°1.
- Ros S. , Auberval N. , Seyfritz E. , Pinget M. , Jeandidier N. , Sigrist S. (2011)**. Prévention des complications vasculaires associées à l'obésité par les polyphénols naturels et l'exercice physique : rôle du stress oxydant.15 .
- Ruiz-Roso B, Quintela JC, de la Fuente E, Haya J, Pérez-Olleros L. (2010)**.Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemicsubjects.Vol.;65(1):50-6.

- Salunkhe D.K., Chavan J.K., Kadam S.S.(1989)**. Dietary tannins: consequences and remedies, Ed. CRC press, Inc. Boca Raton, Florida.
- **Sanmugapriya E., Venkataraman S.(2006)**.Studies of hepatoprotective and antioxidant actions of Strychnos potatorum Linn. Seeds on CC14 induced acute hepatic injury in experimental rats. Journal of ethnopharmacology. Vol. 105:154-160.
- Saura-Calixto F.:(1988)**.Effect of condensed tannins in the analysis of dietary fiber in carob pods. J. Food Sci.Vol. 53: 1769-1771.
- Sbay ,H. (2008)**. Le caroubier au Maroc , un arbre d'avenir ;a CRF collection Maroc Nature.(in press).
- Shaw, D.V. (1988)**.Genotypic variation and genotypic correlation for sugars and organic acids of strawberries.J. Am. Soc. Hortic. Sci. Vol.113: 770–774.
- Stoclet J.-C. , Schini-Kerth V.(2010)**. Flavonoïdes alimentaires et santé humaine Dietary flavonoids and human health .Vol.10.
- Silanikove N., Serge Landau, Diti Or, Dorit Kababya, Israel Bruckental,Zafir Nitsan (2006)**.Analytical approach and effects of condensed tannins in carob pods (Ceratoniasiliqua) on feed intake, digestive and metabolic responses of kids, Livestock Science. Vol. 99 : 29-38,N°1
- Tapas A. R., Sakarkar D. M. et Kakde R. B.:(2008)**. Flavonoids as nutraceuticals.*Topical journal of pharmaceutical research*. Vol. 7 (3): 1089-1099.
- The nature conservancy(2001)**.
- Tolentino P. (1950)**.Mécanismes et limites de l'action thérapeutique de la farine de caroube dans les diarrhées infantiles: étude clinique et expérimentale, Ann. Paed. N°175. 200-222.
- Tounian P. (2005)**. Obésité Infantile Actualités : Odontostomatologie actuel. Odontostomatol. Vol. 232:304-331.
- **Tucker S.C.(1992 a)**.the developmental basis for sexual expression in ceratoniasiliqua (leguminosae: ceasalpinoideae: cassieae). Vol. 79(3): 367-327.
- **Tucker S.C. (1992 b)** the role of floral development in studies of legume evolution. Can. J. bot.Vol. 70:692-700.
- Vardar Y., Seçurenand Ö. ,Ahmed M.(1972)**.Preliminary results on the chemical composition of the Turkish carob beans, Qual. Plant Mater, Vol. XXI:318- 327,N°4.

- **Van Vleet J.F. (1980).** Current Knowledge of selenium .vitamine E deficiency in domestic animals. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* Vol. 176:321-25.

- **Vaya J, Mahmood S. (2006).** Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica L.*), carob (*Ceratonia siliqua L.*) and pistachio (*Pistacia lentiscus L.*). *Vol.28(3-4):169-75.*

- **West DB., York B.;(1998).** Dietary fat, genetic predisposition, and obesity: lessons from animal models. *Am J Clin Nutr.* Vol. 67:505-512.

- **WHO expert committee(2007).** Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva . WHO Technical Report Series. *Vol.854: 368-369.*

- **Wursch P., Vedovo S., Rosset J., Smiley M.(1984).** The tannins granules from ripe carob pod. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.* Vol. 17: 351-354.

- **Yilmaz FM., Yilmaz G., Erdeve SS., Dallar Y., Topkaya BC., Yucel D. (2007).** Serum sialic acid, hs-CRP and oxidative stress parameters in obese children. *J Pediatr Endocrinol Metab.* Vol.17:396-437.

- **Yusuf S, Hawken S, Onpuu S. (2005).** Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries : a case-control study. *Vol. 366: 1640-2274.*

- **Yuting C, Rongliand z., Zhongjian j., and Yongj. (1990).** Flavonoides as superoxide scavengers and antioxidants. *free radical Biology and Medicine*, Vol. 9: 19-22, n°1.

- **Zunft H.J.F., W. Lüder, A. Harde, B. Haber, H.J. Graubaum, J. Gruenwald, (2001).** Carob Pulp Preparation for Treatment of Hypercholesterolemia, *Advances In Therapy*, Vol.18 N°. 5.

- **Zohary M. (1973).** Geobotanical Foundations of the Middle East, Vol. 2.

Annexes

A- Détermination des paramètres du stress oxydatif :

1- Dosage des malonaldéhydes (MDA) plasmatique et érythrocytaire (Méthode de Nourooz-Zadeh et al., 1996).

- Solutions préparées :
 - ❖ Solutions d'acide thiobarbiturique (TBA) à 0.67% :

Dans un bécher, 0,67 g de TBA a été ajoutée à 100ml d'eau distillée.

- ❖ Solution d'acide trichloroacétique (TCA) à 20% : dans un bécher, mettre 20g de TCA dans 100ml d'eau distillée.
- Mode opératoire :
 - 100 µl de plasma (ou le lysat) ;
 - 100µl TBA 0,67% ;
 - 500 µl TCA 20% ;

Vortexer et incuber au bain-marie à 100°C pendant 20min ;

Laisser refroidir puis centrifuger à 6000 t/min pendant 10min ;

Lire la DO du surnageant au spectrophotomètre contre le blanc (eau distillée) à 532 nm.

Calculer la concentration du malonaldéhyde en utilisant le coefficient d'extinction

$\epsilon = 1,56.10^1 \text{ mol}^{-1}.\text{L}.\text{cm}^{-1}$.par l'équation suivante :

$$[\text{malonaldéhyde}] = \text{DO} / \epsilon . l$$

Avec :

DO : la densité optique

ϵ : coefficient d'extinction

l : le rajet (la longueur de la cuve) qui est égale à 1 cm

Les résultats sont exprimés en µmol/L.

2- Dosage des protéines carbonylées plasmatique ou érythrocytaire :(LEVINE.R.Let al., 1990)

- Réactifs :

HCl : 2mol/l (de HCl 37.5% → 19.5 ml et compléter 100ml H2O).

TCA (acide trichloracétique) : 500g/l (5g de TCA dans 10ml H2O).

Réactif DNPH (Dinitrophenylhydrazine) : 2g DNPH / l de HCL 2mol/l.

Guanidine : 6 mol/l (NAOH 2M).

- Mode opératoire :

Le blanc : 50µl plasma (ou lysat) + 1 ml HCl 2 mol

Essai : 50 µl plasma (ou lysat) + 1 ml réactif DNPH ;

Vortexer, et incuber 1 h à T° ambiante ;

Ajouter par la suite dans chaque tube : 200 µl TCA (500g/l) → précipitation des protéines .

Centrifugation, jeter le surnageant ;

Le culot est en suite solubilisé dans 2 ml de Guanidine (6 mol/l) ou NaOH (2M).

Lire les DO à 375 nm pouhaque tube blanc (DO B) et essai (DO E) ;

Le calcul s'effectue par la formule suivante en utilisant le coefficient d'extinction :

$$\varepsilon = 21.5 \text{ mmol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$[C] = (\text{DO E} - \text{DO B}) / \varepsilon$$

Les résultats sont exprimés en mmol/l.

3- Dosage de la superoxydedismutase (SOD) : (Kit SIGMA)

- Réactifs

- 5ml WST solution
- 100µl enzyme Solution
- 100ml buffer solution
- 50ml dilution buffer

1. Préparation des solutions

1. WST Solution

- Dilution : 1ml WST+ 19 ml buffer solution

2. enzyme Solution

Centrifuger la solution d'enzyme pendant 5 secondes

Dilution : 15µl solution d'enzyme + 2,5ml buffer solution

- Gamme d'étalonnage

- Préparer une gamme d'étalon à partir d'une solution de SOD diluée par le dilution buffer

SOD U/ml	200	100	50	20	10	5	1	0.1	0.05	0.01	0.001
-------------	-----	-----	----	----	----	---	---	-----	------	------	-------

- Méthode

	Echantillon	Blanc 1	Blanc 2*	Blanc 3
Echantillon	20µl		20µl	
ddH2O		20µl		20µl
Solution WST	200µl	200µl	200µl	200µl
Solution enzyme	20µl	20µl		
dilution buffer			20µl	20µl

(*) Si la couleur de l'échantillon est visible

- Incubation a 37°C pendant 20minutes
- Lire l'absorbance à 450 nm

- Calcul

$$\text{Taux d'inhibition\%} = \frac{(A_{\text{blanc1}} - A_{\text{blanc3}}) - (A_{\text{éch}} - A_{\text{blanc2}})}{(A_{\text{blanc1}} - A_{\text{blanc3}})}$$

Tableau 5: le gain du poids en (g) des rates recevant le régime témoin et expérimental.

Lots	Semaine 1	Semaine2	Semaine3	Semaine4	Semaine5	Semaine6
Lot 1	10,874±2,91	4,516±2,24	8,942±0,94	25,412±5,49	11,66±6,45	6,62±0,36
Lot 2	13,33±1,48	1,556±0,95	9,776±1,805	16,523±14,44	27,52±5,445	2,22±1,118

Tableau 6: variation de la glycémie en (g/l) chez les rates recevant le régime témoin et expérimental.

Lots	Semaine 1	Semaine2	Semaine3	Semaine4	Semaine5	Semaine6
Lot 1	0,65±0,051	0,684±0,091	0,834±0,165	0,84±0,094	0,87±0,10	0,858±0,051
Lot 2	0,73±0,069	0,69±0,073	0,86±0,034	0,75±0,026	1,04±0,137	0,958±0,114

Tableau 7 : teneur plasmatique de l'MDA chez les rats recevant le régime témoin et expérimental.

Lots	Concentration de l'MDA plasmatique en (µmol/l)
Lot 1 (n=5)	8,3974E-07 ± 3,3768E-07
Lot 2 (n=5)	4,1239E-07 ± 1,8933E-07

Tableau 8: concentration des protéines carbonylées chez les rates recevant le régime témoin et expérimental.

Lots	Concentration des protéines carbonylées en (mmol/l)
Lot 1 (n=5)	0,029 ± 0,007
Lot2 (n=5)	0,035 ± 0,001

Tableau 9: l'activité de la SOD chez les rates recevant le régime témoins et expérimental.

Lots	Activité de la SOD en (U/mg)
Lot 1 (n=5)	82,403 ± 17,06
Lot 2 (n=5)	94,01 ± 3,026

Résumé

Le but de ce travail est d'évaluer l'effet antioxydant des composés phénoliques de la pulpe de la caroube qui est une plante utilisée en médecine traditionnelle mais aussi dans l'alimentation humaine et animale .

Les rates femelles de souche « Wistar » ont été soumises à un régime hypèrgras à base de caroube et un régime témoin à base de caroube pendant une durée de 2 mois. Ces régimes ont eu comme impact une diminution de la glycémie et du poids corporel chez les rates consommant un régime hypèrgras avec caroube par rapport à celles recevant un régime témoin avec caroube.

Le pouvoir antioxydant des composés phénoliques de la caroube a été vérifié par le dosage des MDA, des protéines carbonymées et de la SOD, ceci a montré une diminution de ces paramètres du stress oxydatif chez les rates recevant un régime hypèrgras ainsi que chez les rates recevant un régime témoin.

La caroube est riche en antioxydants, en sucre, protéines, et en fibres, qui semblent être bénéfique pour la lutte contre l'obésité.

Mots clés : la caroube, polyphénols, stress oxydatif, régime hypèrgras.

Summary

The aim of this study was to evaluate the antioxydant effect of phenolic compounds from the pulp of the carob. It is a plant used in traditional medicine, but also in food and feed.

The strain female rats « Wistar » were subjected to a high fat diet with carob pulp and a control diet based on carob pulp for a period of two months . these diets have an impact on reduction of blood glucose and body weight in rats consuming a high fat diet with carob pulp compared to those receiving a control diet with carob pulp.

The antioxydant phenolic compounds of carob power was checked by the measurement of MDA, carbonyl protein and SOD, this showed a decrease in these oxydatif stress parameters in rats receiving a diet with hypèrgras and rats receiving a control diet.

Carob is rich in antioxydants, sugar, protein and fiber , which appear to be beneficial in preventing obesity .

Keywords : carob, polyphenols, oxydatif stress, high fat diet.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم تأثير المادة الفينولية المضادة للأكسدة لنبات الخروب وهونبات يستخدم في الطب التقليدي و في الاغذية و الأعلاف.

أعطى لفئران إناث من سلالة "ويستار" نظام غذائي غني بالدهون ممزوج بلب الخروب و نظام غذائي شاهد ممزوج بلب الخروب لفترة شهرين. هذه الأنظمة الغذائية كان لها التأثير الإيجابي في تخفيض نسبة السكر في الدم و كذا وزن الفئران المستهلكة للنظام الغذائي الغني بالدهون كما سجل أيضا انخفاض في نسبة SOD,MDA و أكسدة البروتينات مقارنة مع الفئران المستهلكة للنظام الغذائي الشاهد الممزوج بالخروب.

نبات الخروب غني بمضادات الأكسدة, السكريات البسيطة, البروتينات و الألياف المفيدة لمحاربة السمنة.

الكلمات المفتاحية : الخروب, بوليفينول,النظام الغذائي الغني بالدهون,توازن الأكسدة.