



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Laboratoire de physiologie, Physiopathologie et Biochimie de la Nutrition

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Physiopathologie Cellulaire

Thème

Contribution à l'étude du statut redox au niveau de quelques organes des rats « Wistar » sous régime riche à 5% en Algues vertes comparés aux rats sous régime standard.

Présenté par : M^{elle} Bouazzaoui Anissa

Présidente :	Mme MERZOUK H.	Professeur, Université de Tlemcen
Examinatrice :	Mme Madjoub .A	Maitre de conférences, U. Tlemcen
Examinatrice :	Mme Berrahoui .S	Maitre de conférences, U. Tlemcen
Promotrice :	Mme Saker.M	Maitre de conférences, U. Tlemcen

Année Universitaire : 2014-2015



Dédicace :

A l'aide tout puissant nous avons pu réaliser se modeste travail que je dédie :

A la lumière de ma vie, et la prunelle de mes yeux, qui m'as soutenus et remplis de bonheur et de joie , toujours présente au prés de moi dans les meilleurs comme les pires moment, Yema je t'aime.

A mon père qui m'as transmis son savoir faire, son amour pour l'apprentissage, il m'as toujours épaulé et m'as encadré avec ces précieux conseils.

A mon unique frère Youcef , l'unique dans la famille, et l'unique au monde « loin des yeux mais jamais du cœur »

A mes sœurs khadidja qui est une deuxième maman pour nous ; Naima plein de sagesse, Manel loin des yeux mais toujours dans mes pensées, et la petite adorable Meriem .

A mes grand parents « Menouar » et « Zehra » que dieux vous protèges et vous garde pour nous.

A mes beaux frères : Othmane, Abd samad, Amar vous êtes mes frères du cœurs.

A mes neveux et nièces : Amina, Amine, Younes, Sérine, Aniss, Inés, Salim, Sofiane.

A mes tantes et oncles et a « Farida » Toujours présente avec nous , Merci

A mes amis : Iméne, Hayet, Hadjer, Asmaa, Fatima, Sarah,Wahiba, Fatiha ,Samira, Karima, Benhadji serredj djamel eddine, Nordine.

A toute la promo Physiologie cellulaire et physiopathologie « 2014 /2015 »



**Un dédicace spéciale pour mes grands parents qui ne sont plus parmi nous
« si homad » et « Zineb » que dieu vous accueil dans son paradis et a un
homme que j'oublierai jamais « said kheroua » .**



En premier lieu, je tiens à remercier le Dieu tout puissant qui m'a donné la force et le courage d'aller jusqu'au bout de mes études.

Merci et mille fois merci, à mes très chers parents pour tout le soutien moral que vous m'avez apporté durant ces années de formation.

*Un remerciement spécial pour mon encadreur Docteur **Mme Saker .M** Maitre de conférences A à l'Université de Tlemcen qui m'a beaucoup aidé et soutenu la longue période de la rédaction de ce mémoire.*

*Je remercie chaleureusement Docteur **Mme Madjoub Amel** maitre de conférences qui m'a orienté avec ses conseils judicieux et surtout merci pour sa patience. Merci pour sa gentillesse, ces précieux conseils et son soutien à tous les instants, soyez rassuré de ma profonde gratitude et ma respectueuse considération vos qualités scientifiques et humaines resteront à jamais pour moi l'exemple.*

*Je tiens a remercié **Mme : MERZOUK H. professeur**, au département de Biologie à l'université de Tlemcen, directrice du laboratoire PPABIONUT, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Je la remercie également pour sa sympathie et sa gentillesse. Trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Mes sincères remerciements vont également à Docteur Mme : **Berrahoui.S** , Maitre de conférences A à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la terre et de l'univers, département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir accepté de juger et d'examiner ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mon entière reconnaissance.*

Je remercie également de tout mon cœur tous les enseignants qui ont contribué à mon apprentissage depuis mon jeune âge à ce jour..

Mes remerciements vont également à toute l'équipe de laboratoire de la Physiologie, Physiopathologie et de la Nutrition à la faculté SNVTU, Département de Biologie, Université Abou bekr Belkaid de Tlemcen.

Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce modeste travail.



Liste des abréviations



- ADN** : acide désoxyribonucléique
- AGPI** : acide gras poly-insaturés
- CAT** : catalase
- CCPA** : conseil canadien de protection d'animaux
- CEVA** : centre d'étude et de valorisation des algues
- DTNB** : 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoïque
- DNPH** : dinitrophénylhydrazine
- EOA** : espèces d'oxygène activées
- EOR** : espèces oxygénés réactives
- ERA** : espèces réactives d'oxygènes
- ERO** : espèces réactives d'oxygènes
- FE²⁺** : fer ferreux
- FRO** : forme réactive de l'oxygène
- GSH** : glutathion réduit
- GSH-P_a** : glutathion peroxydase
- H₂O₂** : Peroxyde d'hydrogène
- HCL** : Acide chlorhydrique
- LDL** : lipoprotéines de faible densité
- MDA** : malondialdéhyde
- NADH** : nicotinamide adénine dinucléotide
- O₂** : Oxygène
- OCDE** : organisation de coopération et de développement économique
- ONAB** : office National d'aliment de Bétail
- PBS** : phosphate buffred salin
- PCAR** : protéine carbonylé
- PH** : Le potentiel hydrogène



Liste des abréviations



PPBIONUT : laboratoire physiologie, physiopathologie, biochimie et nutrition université Tlemcen

RL : radicaux libres

SOD : super oxyde dismutase

TCA : thriochloroacétique

TNB : thionitrobenzoïque

UV : ultra-violet



Liste des figures

Figure 01 : *Nannochloropsis* souche *gaditana* (photographie du Centre national Provasoli Guillard pour les algues marines et microbiotes) .

Figure02 : les facteurs qui influent sur le stress oxydatif.

Figure 03 : balance radicaux libres /antioxydants .

Figure04 : protocole expérimental

Figure05 : Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du tissu adipeux chez les rats traités par le régime algues vertes à 5%.par rapport aux rats témoins

Figure06 : Marqueurs du statut oxydants/antioxydants des reins chez les rats traités par le régime algues vertes à 5%.par rapport aux rats témoins

Figure 07 : Marqueurs du statut oxydants/antioxydants du cœur chez les rats traités par le régime algues vertes à 5%.par rapport aux rats témoins

Figure 08 : Marqueurs du statut oxydants/antioxydants du foie chez les rats traités par le régime algues vertes à 5%.par rapport aux rats témoins.



Liste des tableaux en Annexes



Tableau A1 : Teneurs en MDA aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux .

Tableau A2 : Teneurs en PCAR aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux .

Tableau A3 : Teneurs en CAT aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux .

Tableau A4 : Teneurs en GSH aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux .



SOMMAIRE :

INTRODUCTION	1
Chapitre 01 : Etat actuel sur le sujet :	
I. Généralité sur les algues	
II. 1. Les Algues	5
III. 2. Les différents types d'algues	5
2.1 Macro algues.....	5
2.2 Micro algues.....	5
2.3 Les facteurs de répartition selon la nature et pigmentation.....	5
2.4. Nannochloropsis.....	6
IV. Composition des algues et Effet thérapeutique :	
Les Minéraux.....	8
2. Les Protéine.....	8
3. Les Polysaccharides.....	8
4. Les Poly phénol.....	8
5. les Caroténoïdes.....	9
6. Les acides gras polyinsaturés.....	9
7. Les Vitamines.....	9
V. Stress oxydatif	12
VI. Systèmes de défense antioxydants	14
1. Les systèmes antioxydants enzymatique	14
1.1 Super oxyde dismutase	14
1.2 Glutathion peroxydase	14
1.3 Catalase.....	15
2. Systèmes antioxydants non enzymatique.....	15



2.1	Glutathion réduit	15
2.2	La vitamine C.....	15
2.3	La vitamine E.....	16

Chapitre02 : Matériels et méthodes :

I.	Etudes in vivo	18
II.	Détermination du statut oxydant /antioxydant	21
1.	Détermination des protéines carbonylées.....	21
2.	Dosage de malonyldialdehyde.....	21
3.	Dosage l'activité de la catalase.....	21
4.	Dosage de glutathion érythrocytaire réduit.....	22

Chapitre 03 : Résultat et interprétation

I.	Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues à 5%.	
1.	Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux	24
2.	Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux	24
3.	Teneurs en glutathion au niveau du tissu adipeux chez les rats traités et les rats expérimentaux	24
4.	Activité de la catalase au niveau de tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux	24
II.	Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du rein chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues à 5%.	
1.	Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux	26
2.	Teneurs en Protéines carbonylées au niveau des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux	26
3.	Teneurs en glutathion au niveau des reins chez les rats traités et les rats expérimentaux	26
4.	Activité de la catalase au niveau des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux	26



III. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues à 5%.

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux28

2. Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux28

3. Teneurs en glutathion au niveau du cœur chez les rats traités et les rats expérimentaux28

4. Activité de la catalase au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux.....28

IV. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues à 5%.

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux30

2. Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux30

3. Teneurs en glutathion au niveau du foie chez les rats traités et les rats expérimentaux30

4. Activité de la catalase au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux.....30

CHAPITRE 04 : Discussion.....33

Conclusion37

Référence.....38

Annexes43



Introduction



Il y a à peu près 3 milliards d'années, l'atmosphère de notre planète était anaérobie, jusqu'à l'apparition de l'algue bleue-verte. L'oxygène (O₂), sous forme gazeuse, apparut lors de l'avènement de la photosynthèse (**Blankenship et Hartman, 1998**).

L'oxygène est indispensable à la plupart des espèces vivantes ; il donne, en effet, un énorme avantage métabolique pour la production d'énergie. Cependant, en raison de sa conformation chimique, la molécule d'oxygène peut, dans certaines circonstances, s'avérer toxique. Cette toxicité est induite par des éléments réactifs, instables et pro-oxydants : les espèces oxygénées activées ou encore les formes réactives de l'oxygène (FRO). Pour contrôler, corriger ou utiliser les éléments conduisant au stress oxydant, les organismes aérobies furent obligés de développer des mécanismes de défense, les antioxydants. (**Powers ., et Jackson 2008**).

Le stress oxydant est un syndrome au cours duquel les éléments pro-oxydants surpassent les capacités antioxydantes de l'organisme. Il en résulte un déséquilibre entre pro-oxydants et antioxydants (**Powers ., et Jackson 2008**).

Les algues présentent un intérêt nutritionnel connu et exploité depuis de nombreuses années notamment par les populations du Sud-est asiatique. Les japonais mangent en moyenne 1,4 kg d'algues par personne par an. Cette tradition ancienne et cette consommation quotidienne ont permis l'élaboration de nombreuses études mettant en avant les bienfaits pour la santé liés à ce type d'alimentation. (**CEVA,2002**).

La valeur nutritionnelle des algues s'explique en grande partie par la présence conjointe de 3 grandes catégories de composants: fibres, protéines et minéraux.

Plus récemment, de nombreuses études épidémiologiques et cliniques ont montré qu'il existait des relations étroites entre la consommation d'algues ou d'extraits d'algues et la prévention de certaines pathologies. Les effets bénéfiques des algues sur la santé humaine seraient dus à la présence de métabolites présentant des propriétés antioxydantes et antiradicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés (**CEVA ,2002**).



Pour mieux comprendre l'effet bénéfique des algues vertes sur le déséquilibre oxydant/antioxydant, nous avons utilisé un modèle animal expérimentale , le rat « Wistar » soumis à un régime riche en algues vertes .

Notre objectif principal est de déterminer le statut oxydant /antioxydant au niveau de certains organes : foie, tissu adipeux, cœur et reins de rats Wistar nourris au régime standard enrichi en algues vertes.



Etat actuel sur le sujet



I. Généralité sur les Algues :

1 .Les algues :

Les algues sont tout d'abord définies comme un groupe d'organisme appartenant au monde végétal. Mais elles présentent des structures différentes des plantes supérieures, des plantes terrestre : les algues n'ont ni racine, ni tige , ni feuille, ni fleur. L'appareil végétatif a donc une structure simple, il est appelé thalle .Les algues font donc parti des thallophytes. Ce sont aussi des végétaux chlorophylliens.

Les produits d'origine naturelle occupent une place importante dans la découverte de nouveaux médicaments. On estime que près de 50 % des agents thérapeutique utilisés actuellement proviennent de source naturelle (animaux, plantes, champignon, algues, ect)

On estime également que moins de 10% des espèces végétales ont été étudiées pour leurs activités biologique (**Balunas et Kinghorn, 2005 ; Lioret, 2010**).

2. Les différents types d'algue :

On distingue deux grandes catégories d'algues :

2.1 Macro algues :

Les macro-algues font l'objet d'une exploitation industrielle basées, d'une part, sur leurs propriétés nutritionnelles et technologiques (industrie asiatique de l'algue alimentaire), d'autre part, sur leurs teneurs en polysaccharides spécifiques (industrie des colloïdes, principalement au pays occidentaux) (**Mabeau et al ., 1990**).

Le terme de macro-algues est un terme générique qui englobe tous les organismes aquatique photosynthétique pluricellulaires a l'exception de plantes terrestres (plantes vertes ou Embroyophytes) (**Barrington et al. , 2009**).

2.2 Micro algues :

Les espèces des micro-algues les plus cultivées sont : la cyanobactérie *Arthrospira* (la spiruline, qui représenterait 50% de la production mondiale), suivie par les micro-algues vertes chlorella, Dunaliella, Haematococcus, Nannochloropsis et diatomée Odontella (**Abed et al ., 2008**).



ETAT ACTUEL SUR LE SUJET

Peuplant les eaux douces comme marines, les micro-algues présentent une diversité plus grande que celle de toutes les plantes terrestres. Ces organismes constituent un groupe polyphylétique, très diversifié avec des procaryotes (les algues bleues ou cyanobactéries) d'une part et les eucaryotes réunissant les algues vertes, rouges et brunes d'autre part. (Gouveia, Oliveira (2009).

3. Les facteurs de répartition selon la nature et la pigmentation :

-Selon la nature :

Deux facteurs jouent un rôle primordial dans cette répartition :

- ✓ L'eau est plus précisément la durée de l'absence d'eau due à un mouvement des marées .
- ✓ La quantité et la qualité (longueurs des radiations) de la lumière disponible.

-Selon leurs pigmentations (Exemple) :

- ✓ Cyanophycées : qui sont des algues bleues,
- ✓ Phéophycées : algues brunes,
- ✓ Rhodophycées : algues rouges,
- ✓ Chlorophycées : les algues vertes.

Les chlorophycées d'eau douce sont dans leur grande majorité cosmopolites : elles se rencontrent dans tous les continents, là où elles trouvent des conditions de milieu (température, pH, etc) favorables. Toutefois certaines sont localisées dans les régions froides ou les hautes montagnes et d'autres dans les régions tropicales (Demoulin et Leymergie 2009).

4. Nannochloropsis :

Nannochloropsis est un genre d'algue verte (**figure 1**) comprenant 6 espèces connues. Le genre dans la classification taxonomique actuelle a été qualifié par Hibberd (**Hibberd, 1981 ; Fawley, 2007**). Parmi les espèces, la plus connue est : Nannochloropsis gaditana est une micro-algue de la classe Eustigmatophytes, trouvée couramment dans les environnements marins.

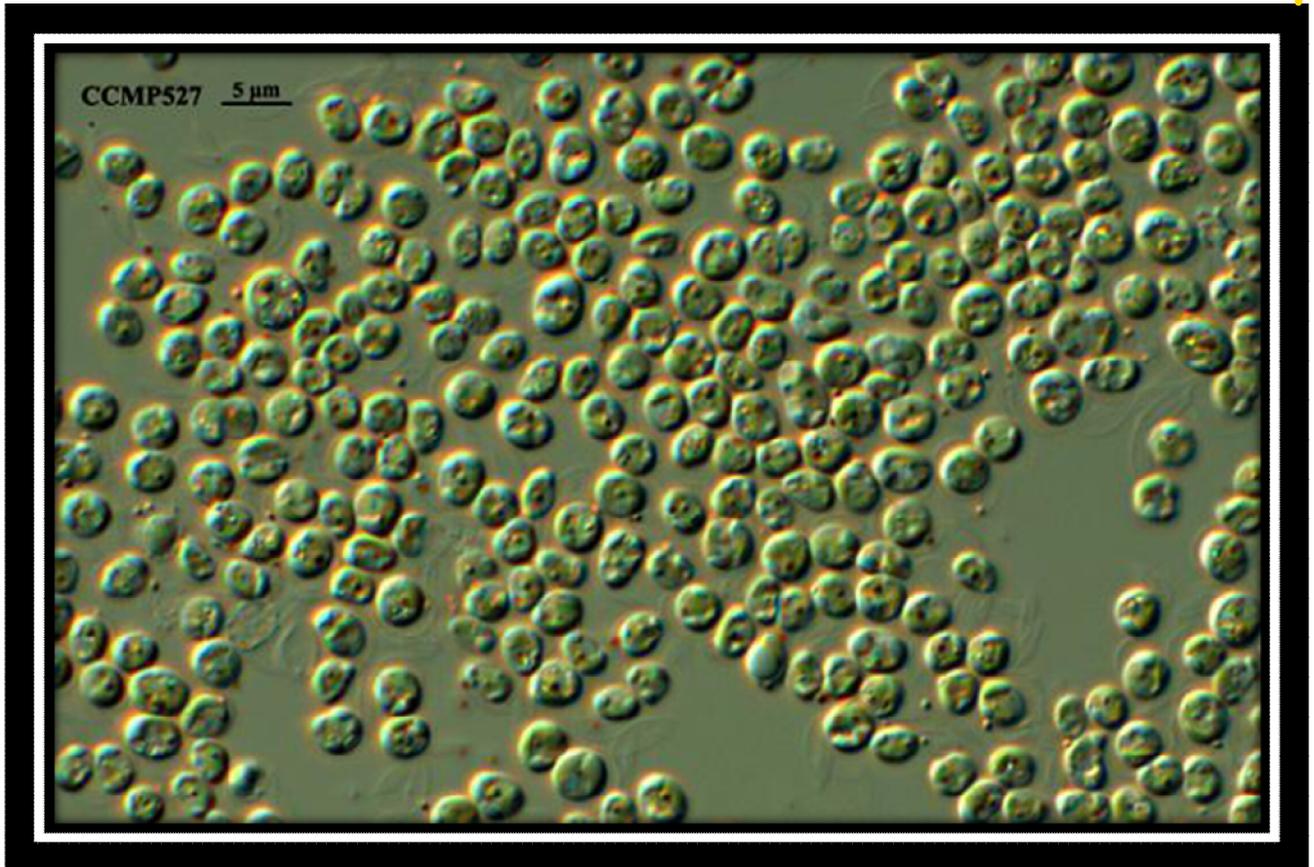


Figure 01 : *Nannochloropsis* souche *gaditana* (photographie du Centre national Provasoli Guillard pour les algues marines et microbiotes).



II – Composition des algues et effet thérapeutique (la qualité nutritionnelle des algues) :

Plus récemment, de nombreuses études épidémiologique et clinique ont montré qu'il existait des relations étroites entre la consommation d'algues ou d'extrait d'algues et la prévention de certains pathologies. Les effets bénéfiques des algues sur la santé humaine seraient dus à la présence de métabolite présentant des propriétés antioxydants et anti radicalaires tels que caroténoïdes, poly phénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés. **(Lahaye et Kaeffer 1997)** .

1. Minéraux :

Les algues sont très riches en macro-éléments minéraux comme le calcium ou le magnésium ainsi qu'en oligo-éléments comme l'iode, le fer, ou le zinc, mais aussi le sélénium, le fluor, le bore, ou le cuivre. **(CEVA ,2002)**

2. Protéines :

La spiruline micro algue d'eau douce, est bien connue pour ses teneurs très élevées en protéine (70% de la matière sèche).

Phycobiliprotéines (phycocyanine de spiruline, et phycoérythrine des algues rouges) possèdent par ailleurs des propriétés antioxydants qui pourraient être mise a profit dans la prévention ou le traitement des maladies dégénératives (certaines formes de cancer, maladies cardiovasculaires ou ophtalmiques liées au stress oxydatif. **(Fleurence et Guéant 1999)**.

3. Polysaccharides :

Les fibres solubles sont généralement associées à des comportements d'hydratation (absorption, rétention, gonflement) qui influencent le transit du bol alimentaire dans l'estomac et l'intestin grêle , et peuvent avoir des effets hypocholestérolémiant et hypoglycémiant .**(Lahaye et, Kaeffer 1997)**.

.



4. Polyphénols :

Le rôle des polyphénols issus de végétaux terrestres dans la lutte contre le stress oxydatif n'est plus à démontrer. Les polyphénols limitent le développement de certains cancers, interviennent dans la prévention dans accidents cardiovasculaires en protégeant les lipoprotéines de la faible densité (LDL) contre l'oxydation. En s'opposant aux phénomènes d'oxydation des lipides cellulaire et de l'ADN, les polyphénols jouent également un rôle dans le maintien de la fluidité membranaire et la prévention des altérations génomiques et des mutations (**Darcy-Vrillon, 1993**).

5. Caroténoïdes :

Les principaux caroténoïdes présents sont le β carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'antheraxanthine, la zeaxanthine, et la néoxanthine.

De nombreuses études ont mis en évidence les propriétés anti-oxydantes des caroténoïdes algaux et leurs rôle dans la prévention de diverses pathologies (**Watanabe et al., 2000.**).

6. Acides gras polyinsaturés :

Les algues vertes présentent des teneurs intéressantes en acide alpha linoléiques (W3C18 :3) La spiruline constitue quant à elle une source intéressante d'acide gamma linoléique, cet acide gras joue en effet le rôle de précurseur dans la cascade de l'acide arachidonique, à l'origine des médiateurs chimique impliqués dans la modulation des réponses immunitaires, inflammatoires et cardiovasculaires. (**Viguerie et al., 2002**)

7 Vitamines :

- ✓ **Vitamine C** : les algues constituent une source non négligeable de vitamine C.

Les teneurs en vitamine C sont en moyenne de 500 à 3000 mg/kg pour les algues brunes et vertes.

La vitamine C présente de nombreux intérêts : elle renforce notre système immunitaire, active l'absorption intestinale du fer, contrôle la formation du tissu conjonctif et de la matrice protidique du tissu osseux intervient également comme piègeur de radicaux libres (**Pince mail et al ; 2008**)



✓ **Vitamine E :**

La principale propriété de la vitamine E est de piéger et d'empêcher la propagation des radicaux libres peroxydes. Grâce à son caractère antioxydant, la vitamine E intervient dans les réactions impliquant des radicaux libres en inhibant l'oxydation des lipoprotéines de basse Densité (**Murata et Nakazoe 2001**).

✓ **Vitamine de groupe B :**

Les algues contiennent de la vitamine B₁₂, particulièrement indiquée dans la prévention des effets liés au vieillissement mais aussi dans le traitement de syndrome de la fatigue chronique et de l'anémie. (**CEVA, 2002**)

De nombreuses études restent cependant à mener afin d'identifier les principes actifs et mieux comprendre leurs mécanismes d'action dans la prévention de pathologies dégénératives (cancer, maladies cardiovasculaire) où on incrimine les radicaux libres.

Les radicaux libres sont des dérivés instables et toxiques de l'oxygène qui réagissent et dégradent l'ADN, les lipides et les protéines. Ils sont augmentés par certaines situations comme le stress, le tabac, l'alcoolisme, l'exercice physique mal géré. Les principales sources de formation de ces radicaux libres peuvent être physique (UV, radiations ionisantes) ou chimique (polluants, drogues, médicaments, pesticides) ou biologiques (virus, bactéries, réaction immunologique, fuite des électrons, métabolisme) ; (**figure 02**).

Déterminer le statut oxydant/antioxydant d'un individu devient actuellement un sujet de priorité en terme de prévention contre l'apparition de certaines pathologies. (**Valeix et al .,1999**).



Figure02 : les facteurs qui influent sur le stress oxydatif (Siliart 2007).



III .Stress oxydatif :

Le stress oxydatif survient lorsque la balance entre les systèmes oxydants et antioxydants basculent en faveur des premiers, entraînant la génération de radicaux libres (**Power et al . , 2010**)(figure 3) .

les radicaux libres [RL] sont des espèces chimiques (atomes ou molécules) qui possèdent un ou plusieurs électrons célibataires (électron non apparié) sur leurs couche externe capable d'existence indépendante (**Halli ,1989**).

Ils peuvent être dérivés de l'oxygène (espèces réactives de l'oxygène ERO), ou d'autres atomes comme l'azote (espèces réactive d'azote ERA).

La présence d'un électron célibataire confère aux RL, une grande réactivité (demi de vie courte) et ils peuvent être aussi bien des espèces oxydantes que réductrices (**Delatte et al. ,2007**).

Les réactions mono-électroniques successives de l'oxygène donnent naissance à différentes EOR : l'anion super oxyde (O_2^-), la peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et le radical hydroxyle (OH^\bullet) (**Pince mail et al ; 2008**)

Au sein de la cellule, tous les processus utilisant de l'oxygène dans les différents compartiments subcellulaires sont capable de produire des EOR. Lorsque ces EOR ne sont pas contrôlés, ils entraînent de nombreux dommages cellulaires et tissulaires.

L'augmentation des EOR stimule la production de peroxyde lipidique qui se traduit par une élévation malondialdéhyde (MDA) (**Roy et al . ,2008**). Cette peroxydation est suivie d'un changement structural des membranes biologiques ou d'autres éléments contenant des lipides (**Tweeddale et al., (2007)** indiquent que la peroxydation lipidique est un mécanisme en d'hydropéroxydation instable, responsable de la diminution de la fluidité membranaire.

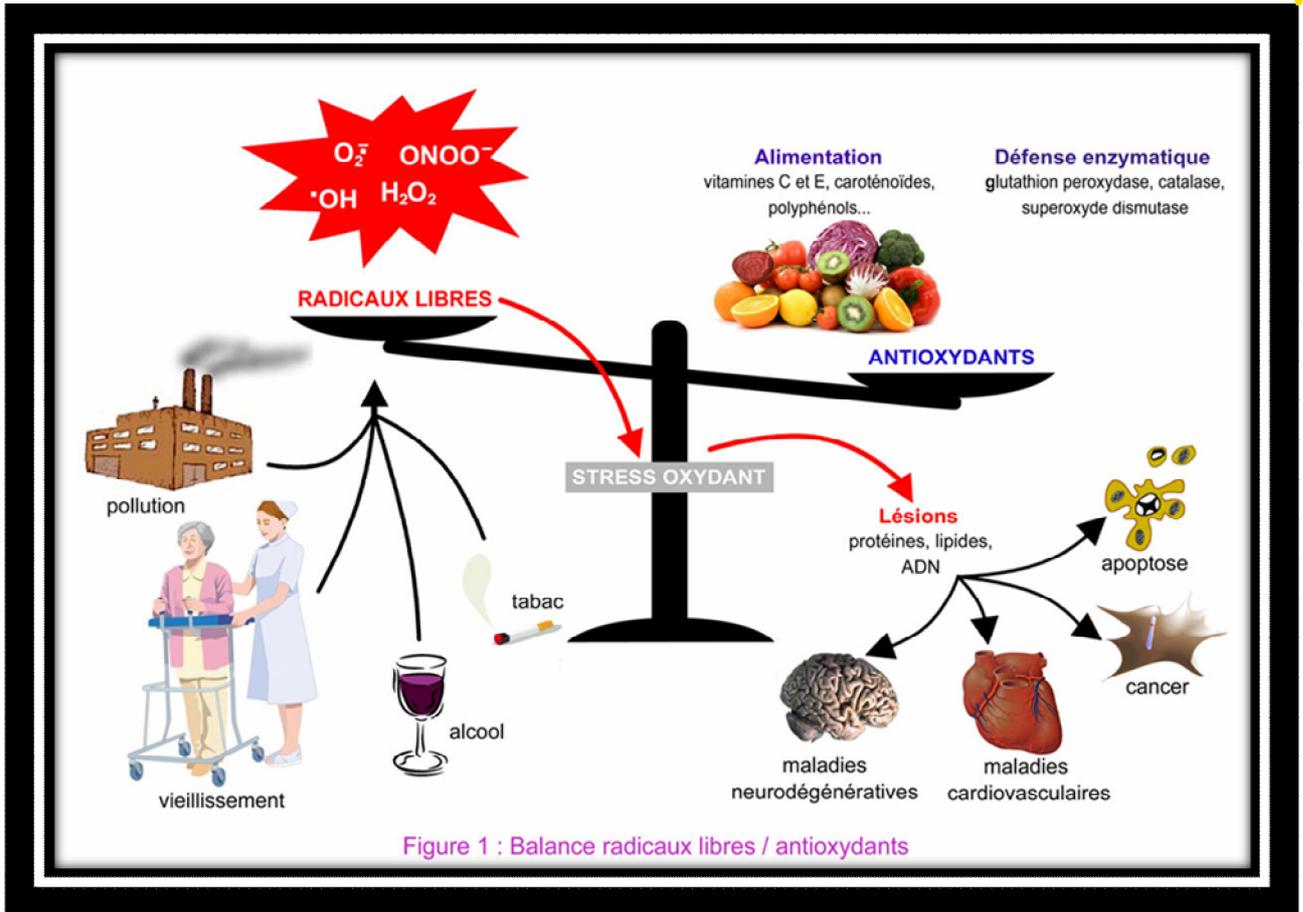


Figure 03 : balance radicaux libre /antioxydant (Favier 2003) .



IV systèmes de défense antioxydants :

la production des radicaux libres peut être régulée par l'organisme, les systèmes de régulation se composent d'enzymes anti-oxydantes tels que les super oxydes dismutases, la catalase, et plusieurs formes de peroxydase a glutathion, et les antioxydants non enzymatiques tels que la transferrine, l'albumine , la vitamine C, la vitamine E, le glutathion . (**Krzystek-korpocka et al ; 2011**).

1. Système antioxydants enzymatiques :

Ces enzymes existent à l'état endogène (cytoplasme, cytosol, et mitochondrie) et permettent de protéger les cellules contre les radicaux libres produits de manière physiologique au cours de métabolisme cellulaire normal. (**Jacob et al ; 2006 : Menon et Goswami ; 2007**).

1.1 Super oxyde dismutase :

La SOD (SOD ; EC :1 .15 .1.1), est une métalloprotéine capable d'éliminer l'anion super oxyde par une action de dismutase. Cette réaction aboutit a partir de deux super oxydes a la formation d'une molécule d'oxygène et d'une molécule de peroxyde d'hydrogène (**Garrel et al .,2003**).

1.2 Glutathion peroxydase :

La glutathion peroxydase (GSH-Px, EC : 1.11.1.9) est une enzyme formées de quatre sous unités contenant chacune un atome de sélénium incorporé dans une molécule de sélénocystéine (**Delatte et al ; 2007**).

la GSH-Px a un rôle important dans la réduction du H_2O_2 en présence de glutathion réduit(GSH) et protège ainsi les membranes et les protéines cellulaires contre le stress oxydatif (**Schrader et Fahime ; 2006**). Cette enzyme a un rôle clé dans les systèmes de défenses enzymatiques et réduit les peroxydes organiques en leurs alcools correspondants (**Valco et al ; 2006**).



1.3 Catalase

La catalase (CAT , EC :1.11.1.6), est une enzyme responsable de détoxification du peroxyde d'hydrogène produit dans les condition physiologique. La catalase est extrêmement active, une seule molécule de cette enzyme est capable de décomposer plusieurs millions de molécules de peroxyde par minute (**Nancy et al .,2006**). La catalase est surtout active lorsque le niveau du stress oxydatif est élevé ou que la quantité de glutathion peroxydase est limitée et elle joue un rôle significatif dans le développement d'une tolérance au stress oxydatif dans la réponse adaptative des cellules (**Niki et al., 2007**).

2. Systèmes antioxydants non enzymatique :

Pour faire face et détruire les radicaux libres en excès, les cellules possèdent des défenses anti oxydantes de différente nature. Ces protections sont assurées à la fois par des composés naturels endogène ou apportés par l'alimentation, et par des enzymes spécifiques se comportant comme piègeurs de radicaux (**Margaritis 2003**).

2.1 Glutathion réduit (GSH) :

Le glutathion-réduit (GSH) est un tripeptide (acide glutamique, cystéine et glycine) connu par son puissant pouvoir antioxydant (**Menon et Goswami ., 2007**). C'est l'antioxydant le plus important dans le contrôle de statut redox et qui protège non seulement contre les radicaux libres, mais aussi contre les peroxydes (**Biswas et al. , 2006**).

2.2 La vitamine C :

La vitamine C ou acide ascorbique est un antioxydant majeur présent dans tous les organes. Excellent donneur d'électron, l'anion ascorbate piège les radicaux et donne un radical ascorbyle. Ce radical est transformé en déhydroascorbate recyclés en acide ascorbique par une déhydroascorbate réductase avec utilisation de NADH. La vitamine C peut aussi agir comme pro oxydant en réduisant le fer ferrique en fer ferreux. Fe^{3+} réagit ensuite avec H_2O_2 pour donner le radical hydroxyle selon une réaction « feton-like » (**Sanumi et al.,1983**) .



2.3 La vitamine E :

La vitamine E est un terme générique pour tous les tocophénols, desquels existent 8 dérivatifs et dont l' α -tocophénol est le plus abondant (**Shil et al.,2006**). la vitamine E agit directement sur une grande variété d'ERO pour former un radical peu réactif.par la suite la vitamine E oxydée pourra être reconvertie principalement par la vitamine C, mais également par d'autre composés comme le GSH et la vitamine A ; la vitamine E est liposoluble et a été démontrée comme le principal antioxydant dans les membranes des cellules, en particulier celles de mitochondrie (**Morris et Carson .,2003 ; Shils et al.,2006 ; Traber et Atkinson al.,2007**). Elle pourrait augmenter l'activité des SOD et de la catalase (**Margartis et al.,2003 ;Lyn,2006**).



Matériels et méthodes



I. Etude in vivo :

Ce travail est réalisé au niveau de laboratoire physiologie, physiopathologie , biochimie et nutrition (PPBIONUT) , faculté des sciences de la nature et de la vie ; de la terre et de l'univers université Tlemcen .

Des rats Wistar femelles et mâles (âgées de 10 semaines) provenant de l'animalerie de l'Université de Tlemcen (Département de biologie) sont utilisés pour l'étude *in vivo*. Le poids de chaque rat est choisi se situant dans un intervalle de $\pm 20\%$ du poids moyen de tous les animaux utilisés dans cette étude, conformément aux principes régissant la recherche sur les animaux selon l'OCDE et le Conseil canadien de protection des animaux (CCPA) (CCPA, 1993 ; OCDE, 2001).

Les rats sont logés par groupes de 3 animaux de même sexe par cage et maintenus dans une pièce avec un cycle d'éclairage de 12h/jour, à une température de 25° C à 30° C et un taux d'humidité compris entre 60% et 70 %. Tous les rats reçoivent le régime standard (ONAB) et l'eau potable à satiété. Les rats sont marqués pour permettre une identification individuelle.

On les a répartis en deux lots :

Premier lot : des rats témoins qui reçoivent un régime standard.

Deuxième lot : des rats qui reçoivent un régime riche en Algue verte.

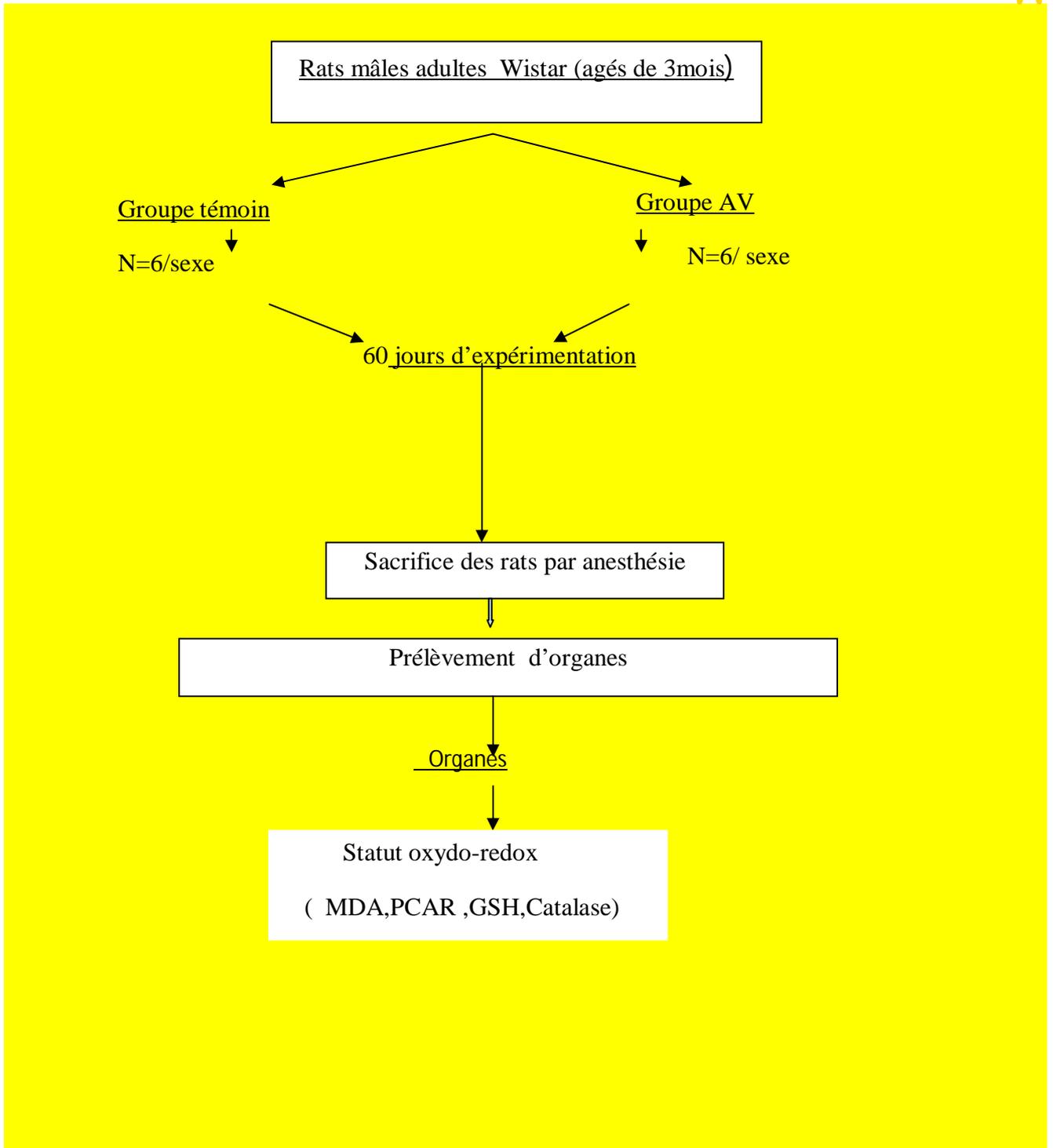


Figure 04 : Protocole expérimental



Matériels et méthodes



L'expérimentation dure deux mois, le poids corporel et la nourriture ingérée sont notés quotidiennement.

À la fin de l'expérimentation, les rats sont pesés puis anesthésiés au chloral à 10% (0,3 ml par 300 g de poids corporel), après 12 h de jeûne. Les organes (le foie, le cœur, le tissu adipeux et les reins) sont soigneusement prélevés, rincés avec du NaCl à 9‰, ensuite pesés. Les homogénats sont préparés par broyage des organes dans le tampon PBS (pH=7,4) et passage aux ultrasons.



II. Détermination du statut oxydant/antioxydant

1. Détermination des protéines carbonylées

Les protéines carbonylées du plasma ou tissulaires (marqueurs de l'oxydation protéique) sont mesurées par la réaction au 2,4- dinitrophénylhydrazine selon la méthode de **Levine et al. (1990)**. Le plasma ou l'homogénat d'organes est incubé 1h à température ambiante en présence de la dinitrophénylhydrazine (DNPH ; préparée dans HCL) ou avec seulement du HCL pour le blanc. Ensuite, les protéines sont précipitées avec l'acide trichloroacétique (TCA) et lavées 3 fois par l'éthanol: ethylacetate 1:1 (v/v) et 3 fois par le TCA.

Le culot est solubilisé dans une solution de guanidine.

Les lectures se font à 350 et 375nm. La concentration des groupements carbonylés est calculée selon un coefficient d'extinction ($\epsilon = 21,5 \text{ mmol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$).

2. Dosage du malondialdéhyde (MDA)

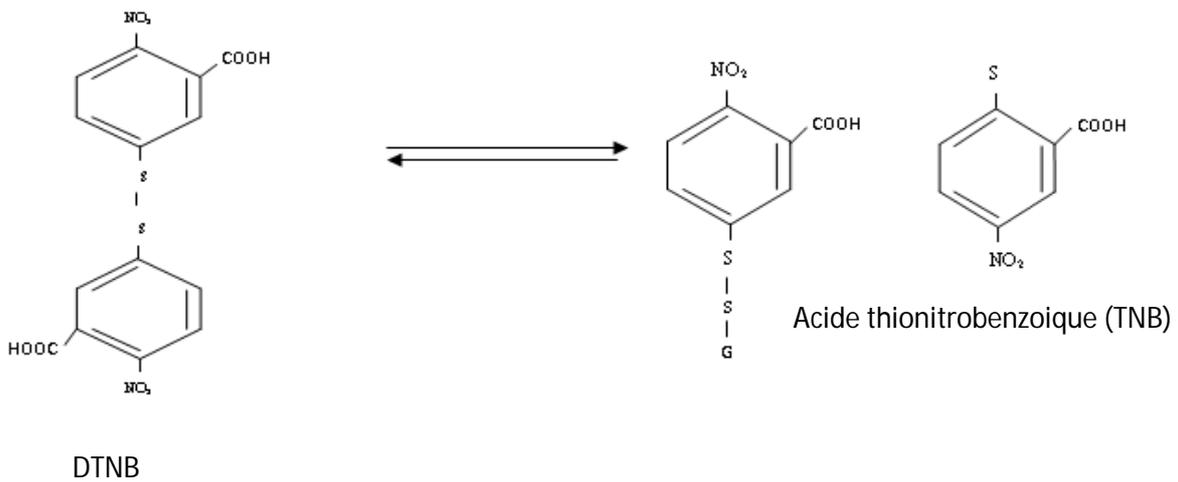
Le malondialdéhyde (MDA) plasmatique, érythrocytaire est mesuré selon la méthode de **NOUROOZ-ZADEH et al. (1996)**. Il représente le marqueur le plus utilisé en peroxydation lipidique, notamment par la simplicité et la sensibilité de la méthode de dosage. Après traitement par l'acide à chaud, les aldéhydes réagissent avec l'acide thiobarbiturique (TBA) pour former un produit de condensation chromogénique consistant en 2 molécules de TBA et une molécule de MDA. L'absorption intense de ce chromogène se fait à une longueur d'onde de 532 nm. La concentration du MDA est calculée en utilisant le coefficient d'extinction du complexe MDA-TBA ($\epsilon = 1.56 \times 10^5 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{cm}^{-1}$ à 532 nm).

3. Dosage de l'activité de la catalase (CAT ; EC 1.11.1.6)

Cette activité enzymatique au niveau du lysat érythrocytaire est mesurée par analyse spectrophotométrique du taux de la décomposition du peroxyde d'hydrogène selon la méthode de **Aebi (1974)**.

4. Dosage du Glutathion érythrocytaire réduit (GSH) (Ellman, 1959)

Le dosage du glutathion réduit (GSH) est réalisé par la méthode colorimétrique par le réactif d'Ellman (DTNB). La réaction consiste à couper la molécule d'acide 5,5dithiodis-2-nitrobenzoïque (DTNB) par le GSH, ce qui libère l'acide thionitrobenzoïque (TNB) selon la réaction suivante :



Le thionitrobenzoïque (TNB) à pH (8-9) alcalin présente une absorbance à 412 nm avec un coefficient d'extinction égal à $13,6 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.



Résultats et Interprétations



I. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues vertes à 5% (Figure 05)

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau des adipocytes chez les rats qui reçoivent le régime enrichi en algues vertes à 5% ont très significativement diminuées par rapport à leurs rats témoins.

2. Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'analyse des protéines carbonylées (PCAR) au niveau des adipocytes montre une diminution très significative chez les rats traités par le régime enrichi en algues verte à 5% par rapport à leurs rats témoins.

3. Teneurs en glutathion réduit au niveau du tissu adipeux chez les rats traités et les rats expérimentaux :

Les teneurs en glutathion réduit au niveau des adipocytes ont très significativement augmentées chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

4. Activité de la catalase au niveau de tissu adipeux chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'activité de la catalase au niveau des adipocyte des rats qui reçoivent quotidiennement le régime enrichi en algues vertes à 5% montre une augmentation très significative par rapport aux rats témoins.

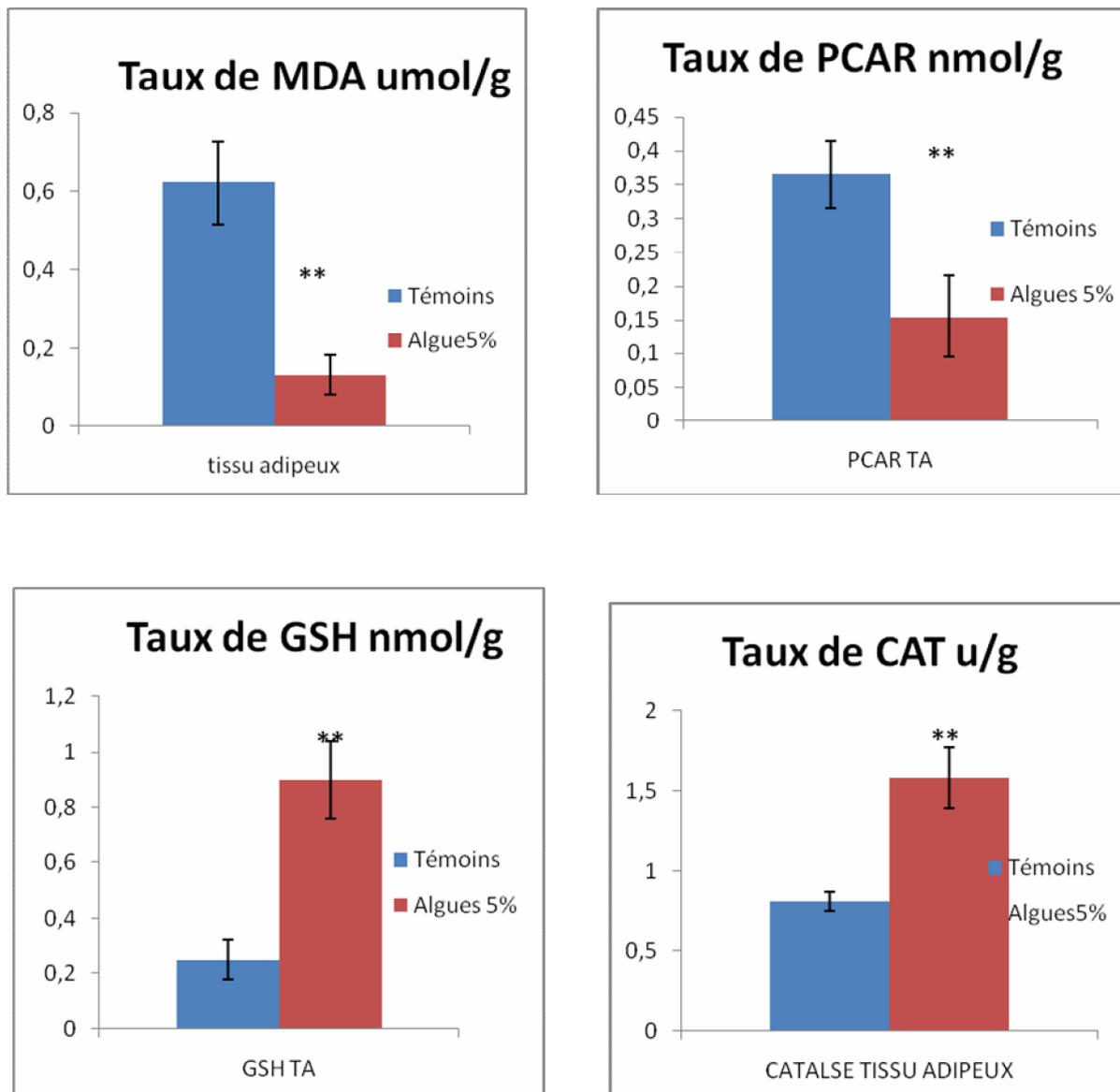


Figure05 : Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du tissu adipeux chez les rats traités par le régime algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%) comparés aux témoins (régime standard) : ** $p < 0.01$ différence très significative ; *** $p < 0.001$ différence hautement significative



II. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues vertes à 5% (Figure 6)

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) aux niveaux des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) aux niveaux des reins chez les rats qui reçoivent le régime enrichi en algues vertes à 5% ont une diminution hautement significative par rapport à leurs rats témoins.

2. Teneurs en Protéines carbonylées aux niveaux des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'analyse des protéines carbonylées (PCAR) aux niveaux des reins montrent une diminution très significative chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

3. Teneurs en glutathion réduit aux niveaux des reins chez les rats traités et les rats expérimentaux :

Les teneurs en glutathion réduit aux niveaux des reins ont très significativement augmentés chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

4. Activité de la catalase aux niveaux des reins chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'activité de la catalase aux niveaux des reins des rats qui reçoivent quotidiennement le régime enrichi en algues vertes à 5% montrent une augmentation très significative par rapport aux rats témoins.

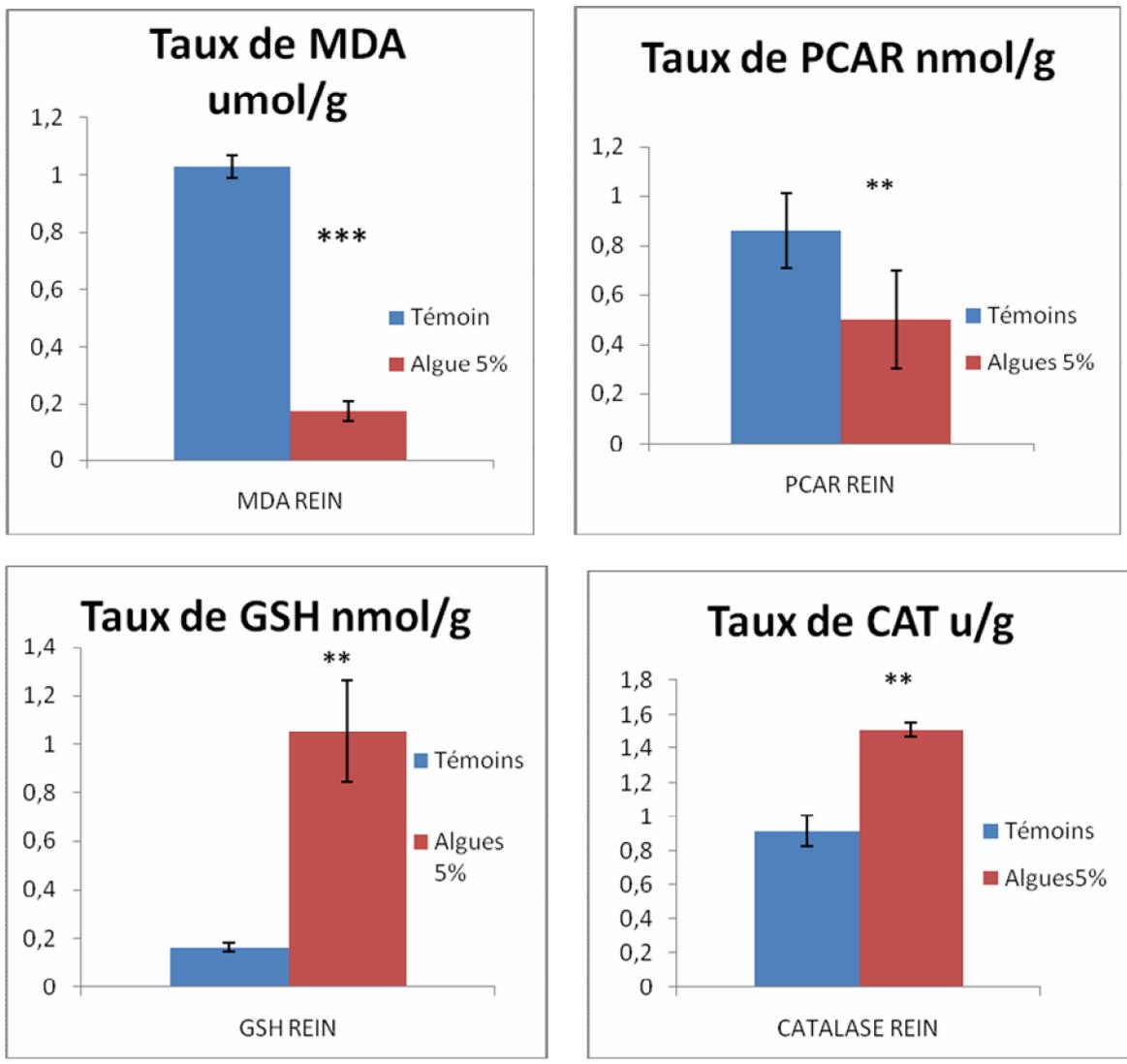


Figure06 : Marqueurs du statut oxydant/antioxydant des reins chez les rats traités par le régime algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%° comparés aux témoins (régime standard) : ** p < 0.01 différence très significative ; *** p < 0.001 différence hautement significative



III. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues vertes à 5% (Figure 7)

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du cœur chez les rats qui reçoivent le régime enrichi en algues vertes à 5% ont une diminution hautement significative par rapport à leurs rats témoins.

2. Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'analyse des protéines carbonylées (PCAR) au niveau du cœur montre une diminution très significative chez les rats traités par le régime enrichi en algues verte à 5% par rapport à leurs rats témoins.

3. Teneurs en glutathion réduit au niveau du cœur chez les rats traités et les rats expérimentaux :

Les teneurs en glutathion réduit au niveau du cœur ont une augmentation hautement significative chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport aux valeurs témoins.

4. Activité de la catalase au niveau du cœur chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'activité de la catalase au niveau du cœur des rats qui reçoivent quotidiennement le régime des algues vertes à 5% montre une augmentation hautement significative par rapport aux valeurs témoins.

Résultats et Interprétations

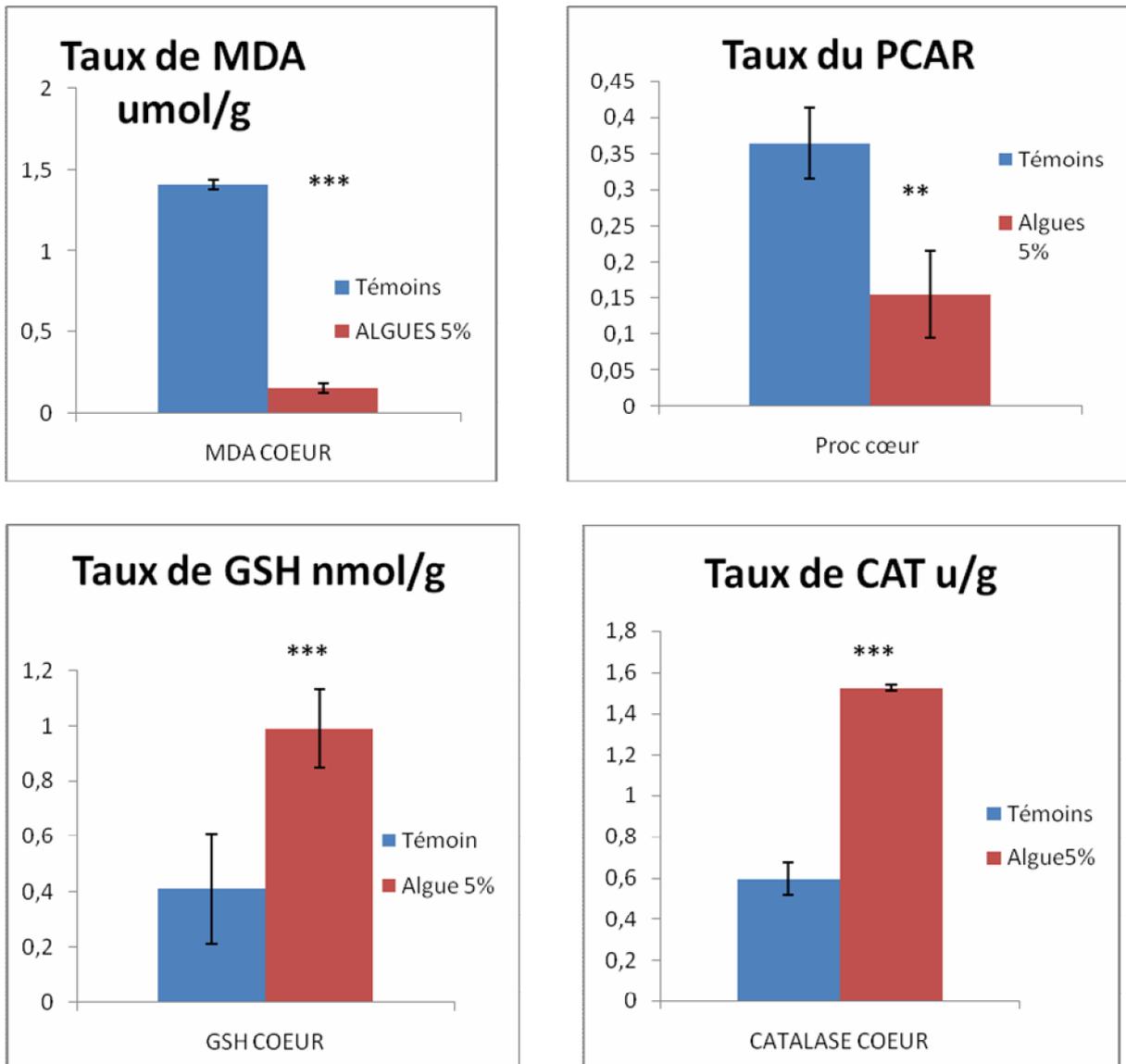


Figure 07 : Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du cœur chez les rats traités par le régime algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%) comparés aux témoins (régime standard) : ** $p < 0.01$ différence très significative ; *** $p < 0.001$ différence hautement significative



IV. Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux traités par les algues vertes à 5% (Figure 8)

1. Teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

Les teneurs en Malondialdéhyde (MDA) au niveau du foie chez les rats qui reçoivent le régime enrichi en algues vertes à 5% ont significativement diminués par rapport à leurs rats témoins.

2. Teneurs en Protéines carbonylées au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'analyse des protéines carbonylées (PCAR) au niveau du foie montre une diminution significative chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport à leurs rats témoins.

3. Teneurs en glutathion réduit au niveau du foie chez les rats traités et les rats expérimentaux :

Les teneurs en glutathion réduit au niveau du foie ont significativement augmenté chez les rats traités par le régime enrichi en algues vertes à 5% par rapport aux valeurs témoins.

4. Activité de la catalase au niveau du foie chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

L'activité de la catalase au niveau des adipocytes des rats qui reçoivent quotidiennement le régime enrichi en algues vertes à 5% montre une augmentation significative par rapport aux rats témoins

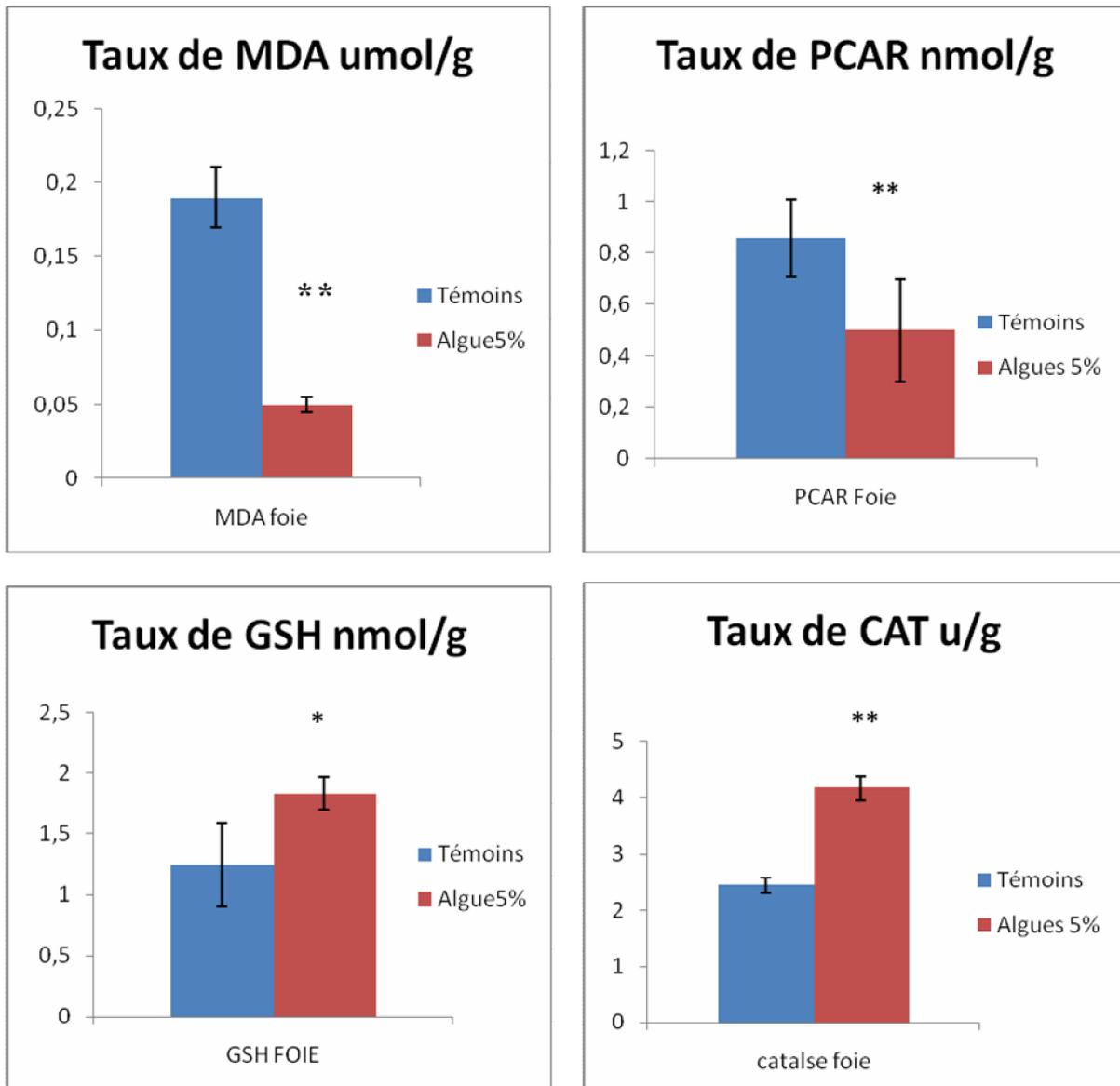


Figure 08 : Marqueurs du statut oxydant/antioxydant du foie chez les rats traités par le régime algues vertes à 5% par rapport aux rats témoins.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%) comparés aux témoins (régime standard) : ** $p < 0.01$ différence très significative ; *** $p < 0.001$ différence hautement significative





Discussion



Notre travail vise à mettre en évidence l'impacte d'un régime riche en algue verte sur le statut oxydant /antioxydant en dosant les marqueurs pro-oxydant et antioxydants chez les rats expérimentaux soumis a un régime riche en algue verte et d'autre soumis a un régime standard considérés comme témoins.

Le stress oxydant correspond à un déséquilibre entre la génération d'espèces oxygénées activées (EOA) et les défenses anti-oxydantes de l'organisme, notre mode de vie (tabagisme, alcoolisme, obésité, exercice physique intense), mais aussi nos mauvaises habitudes alimentaires, augmentent de façon anormale la production des EOA dans notre organisme. A long terme, ceci peut contribuer à l'apparition de diverses pathologies comme les cancers ou les maladies cardio-vasculaires. Dans un souci de prévention, il conviendra donc de disposer d'outils performants permettant d'évaluer correctement le statut de stress oxydant chez un individu afin d'apporter les corrections nécessaires pour optimiser nos défenses antioxydantes et diminuer les dommages oxydatifs induits par les EOA au niveau de l'ADN, des protéines et des lipides. **(Haleng et al 2007).**

les activités anti-oxydantes ont été mesurées dans des extraits d'algues vertes de type Enteromorpha. Les résultats montrent un potentiel intéressant de ces algues comme source de nouveaux antioxydants, avec probablement plusieurs familles de molécules. Il existe peu de travaux sur les algues vertes, à ce titre cette étude est originale. Les teneurs en composés phénoliques totaux sont toute fois à utiliser avec précaution, Parmi les composés antioxydants, les pigments de type caroténoïdes sont probablement présents majoritairement. **(Ganeshan et al 2011)**

Les [RL] radicaux libre sont difficile a mesurer directement a cause de leurs grande instabilité donc les produits de la peroxydation lipidique sont utilisés comme un indicateur de l'activité RL **(Chaudhari et al 2003)** ; la peroxydation lipidique est un processus qui se produit normalement a des niveaux faibles dans toute les cellules et les tissus, il implique la conversion des acides gras insaturés en hydroperoxyde lipidique. Le processus est initié par des radicaux libres. L'organisme possède des mécanismes anti-oxydantes qui limitent ce processus. Par ailleurs des concentrations faible en peroxyde lipidique peuvent agir en tant que messenger intracellulaire **(Vijayalakshmi et al ;2010)**



Discussion



Certains extraits d'algues ont une forte activité mise en évidence par le test DPPH, d'autres par la chélation de l'ion ferreux... soulignant ainsi la diversité des mécanismes mis en jeu. Sur les effets les plus intenses, une relation entre l'activité et la concentration de l'extrait utilisée dans le test est observée.

Les auteurs concluent sur l'intérêt applicatif de ces algues vertes comme source de nouveaux composés antioxydants.(**CEVA ,2002**) .

Au niveau des algues , on trouve la lutéine et la zéaxanthine (principalement dans les algues vertes et rouges) et le bêta-carotène (également appelée provitamine A). Ces micronutriments protègent nos cellules contre les radicaux libres dus au stress, aux expositions prolongées au soleil et à la fumée de cigarette. Ils préviennent aussi le vieillissement, les maladies cardiovasculaires et les cancers. (**Ganesan et al .,2011**) .

les florétols, polyphénols sulfatés et tanins protègent les algues des éventuels métaux lourds présents dans l'eau de mer. Ils ont un rôle antibactérien et antifongique. les polyphénols (également présents dans le vin) sont connus pour leurs propriétés anti radicalaires. C'est ainsi qu'ils agissent contre les radicaux libres impliqués dans le vieillissement cutané, les processus inflammatoires et les pathologies comme les cancers ou l'athérosclérose. (**Mabeau et al ..1990**) .

Les algues marines concentrent dans leurs tissus une grande partie des éléments présents en suspension dans l'eau de mer, mais contrairement aux coquillages, elles ne filtrent pas l'eau de mer mais en absorbent les éléments nutritifs par osmose. Leurs composants sont mieux assimilés par l'organisme lorsqu'ils proviennent d'algues consommées crues ou séchées plutôt que lorsqu'ils sont apportés sous forme pharmaceutique (**CEVA,2002**) .

Le MDA est un marqueur de l'oxydation des lipides, il reste le marqueur le plus utilisé pour déterminer un stress oxydatif Il est considéré comme un des produits terminaux de l'oxydation des acides gras poly-insaturés. (**Vijayalakshmi et al ;2010**) .



Discussion



Les rats traités par les algues à 5% présentent une forte diminution de l'oxydation lipidique (MDA) au niveau adipocytaire, hépatocytaire, cardiaque, rénale) comparés à leurs témoins. Ainsi le MDA est un marqueur oxydant aux niveaux circulants et tissulaires.

Ces résultats sont en accord avec les travaux (**Cui *et al* ; 2006**) qui ont été effectués sur des souris aux niveaux des organes.

Les Protéines carbonylées sont considérées comme les marqueurs de l'oxydation des protéines. Une diminution significative des teneurs en protéines carbonylées tissulaires sont observées chez les rats traités comparés aux témoins, ces données sont en accord avec ceux de (**Millan *et al* 2013**).

Les activités des enzymes antioxydantes sont aussi modifiées chez les rats traités par le régime algue à 5%. Ce régime entraîne une augmentation significative de l'activité de la Catalase adipocytaire, rénale, cardiaque, hépatique, par rapport aux témoins.

Ces résultats sont en accord avec ceux de (**Vijayavel *et al* 2007**).

Les teneurs tissulaires en GSH réduites ont significativement augmentées chez les rats traités par les algues à 5% par rapport aux rats témoins. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus avec d'autres algues qui ont révélés une augmentation de GSH tissulaires (**Prieto *et al* .,2006 ;Vijayavel *et al*, 2007**).



Conclusion



Chaque cellule utilisant l'oxygène est ainsi confrontée aux EOR, contre lesquelles elle lutte grâce à des systèmes de défense : les antioxydants .

Dès lors le stress oxydant cellulaire apparaît comme une sorte de syndrome biochimique commun à toutes les cellules, correspondant à un dépassement des défenses antioxydantes par des molécules prooxydantes .

Au niveau du laboratoire « physiologie physiopathologie et biochimie de la nutrition » l'étude effectuée consistait à soumettre des rats wistar à un régime riche en algues vertes à 5% ; le statut oxydo-rédox a été identifié sur les différents organes (foie, cœur, rein et tissu adipeux) .

Les résultats montrent

- ❖ d'une part : Une augmentation du système de défense antioxydante (élévation de taux de GSH et Catalase) au niveau des organes des rats expérimentaux par rapport aux rats témoins .
- ❖ d'autre part : une diminution des oxydants (une baisse de taux de MDA et PROCAR) au niveau des organes des rats expérimentaux par rapport aux rats témoins.

Les algues constituent une source encore sous-exploitée, et peuvent présenter d'intéressantes filières pour les industries de l'agroalimentaire et de pharmaceutique. Une consommation accrue d'algues sous forme entière en tant que légumes ou sous forme d'extraits incorporés dans des aliments de consommation courante ou en suppléments d'une alimentation « normale » ; permettrait d'obtenir un effet bénéfique sur la santé.

De nombreuses études ont mis en évidence les propriétés antioxydantes des caroténoïdes algaux et leur rôle dans la prévention de diverses pathologies.

Le potentiel du marché des compléments alimentaires est très prometteur. Si on y ajoute l'attrait croissant de la population pour les produits végétaux et marins. On peut affirmer que l'algue a un bel avenir devant elle dans ce secteur.



Références :

1. Aebi H. Catalase. In: Bergmeyer HV, editor. *Methods in enzymatic analysis*. Vol 2, New York: Academic press; 1974. p.674-84
2. Abed R M, Dobretsov S, Sudesh K (2008). *Applications of cyanobacteria in biotechnology*. *Journal of Applied Microbiology* 106 (1) : 1–12 (Livre Turquoise – Algues, filières du futur.11/2010).
3. Arteel GA, SIES H (2001). *The biochemistry of selenium and the glutathione system*. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 10: 153-158
4. Balunas M, Kinghorn J (2005). *Drug discovery medicinal plants*. *Life science*. 78. 431.
5. Barrington K, Chopin T, Robinson S (2009). *Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters*. *Integrated mariculture. a global review*. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 529: 7–46. (Livre Turquoise – Algues, filières du futur.11/2010).
6. Biswas S, Chida AS, Rahman I (2006). *Redox modifications of protein-thiols: emerging roles in cell signaling*. *Biochem. Pharmacol.* 71(5):551-64
1. Blankenship K., Hartman S. *The origin and evolution of oxygenic photosynthesis*. *Trends Biochem. Sci*, 1998, 23, 94-97.
2. Brigelius-Flohé R. (2009). "Commentary: oxidative stress reconsidered." *Genes Nutr* 4: 161-163.
3. CEVA (2002) *centre d'étude de valorisation d'algues* .Dépôt légal : 4e trimestre 2002 • N°commission paritaire : en cours • N°ISSN 1241-6983 - Tous droits réservés France et Étranger . Site : <http://www.ceva.fr>.
4. Chaudhari L, Tandon OP, Vaney N, Agarwal N (2003). *Lipid peroxidation and antioxidant enzymes in gestational diabetics*. *Indian J Physiol Pharmacol*. 47(4): 441-446
5. Cui Y, Li DI, Liu Z, Li W, Fang H, Li M, Kong Z (2011). *Toxicity of cyanobacterial bloom extracts from Taihu Lake on mouse, Mus musculus* :. 20(5):1018-25 .
6. Darcy-Vrillon,. (1993). *Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry*. *Int J Food Sci Nutr* 44: pp. S23-S35.
7. Delatte J, Beaudoux JL, Bonme F, Rousselot D(2007). *Radicaux libres et stress oxydant: aspects biologiques et pathologiques*. *Lavoisier Ed TEC x DOC.Paris*.1-405



Références :

8. . Demoulain G, Leymergie C (2009). *Les algues, le trésor de la mer. sur Haute école de santé de Genève*.pp.20-24.
9. Ellman GL. *Tissue sulphydryl groups. Arch Biochem Biophys* 1959; 82: 70-77.
10. Favier A. (2003). *Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité Chimique. 108-115.*
11. Fawley A , (2007). *Observations on the Diversity and Ecology of Freshwater Nannochloropsis (Eustigmatophyceae), with Descriptions of New Taxa. Protist* 158: 325-336
12. Fleurence J, Guéant J L (1999). *Les algues : une nouvelle source de protéines. Biofutur, no 191, pp. 32-36.*
13. Ganeshan R, Chen J ,Koch PJ (2010) . *Mouse models for blistering skin disorders. Dermatol Res Pract* 2010 :584353.

14. Garrel S, Palii L, Imaram M, Kim E (2003) . *reaction of peroxynitrite with uric acid of reactive intermediates, alkylated products and triuret, Nucleotides nucleic acids* :28 :118-149.
15. Grandjean, D. (2005). *"Comprendre le stress oxydatif cellulaire chez le chien." Le Nouv Prat Vét* 22: 11-15.

16. Gouveia L, Oliveira D (2009). *Microalgae as a rawmaterial for biofuels production. J Ind Microbiol Biotechnol. 36 (2): 269–74. doi:10.1007/s10295-008-0495-6. PMID 18982369.*
17. Haleng G, Pince mail P, Defraigne O . , (2007). *Le stress oxydant. Red Med liége, 62 :628-638.*
18. Halli (1989). *Free radicals, reactivities oxygen species and human disease : artical evaluation with special references to atherosclerosis. Br J EXP pathol* 70 : 737 .757 .
19. Hibberd (1981). *Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (SynonymXanthophyceae). Botanical journal of the Linnean society. 82: 93-119.*



Références :

20. *Jacob k, Knight T, Winyand R (2006) : Aspects of biological redox responses to sophisticated signaling pathways : Biol. Chem . 387 :1385-97.*
21. *Krzystek-korpacha M, Patryn E, Gamian A(2011). The effet of a one-year weight reduction program on serum uric acid in over weight/obese children and adolescents. Clinnical chemistry and laboratory Medecine 49 :915-21.*
22. *Lahaye M, Kaeffer B (1997). Les fibres algales. Cahier Nutrition Diététique*
23. *. Levine K., Garland O ., Oliver P ., Amici L ., Climent B ., Lenz B ., Ahn J ., Shaltiel P., Stadtman S (1990): Determination of carbonyl content in oxidatively modi_ed proteins. Methods Enzymol. 186, 464/478*
24. *Lioret J (2010). Human health benefits supplied by Mediterranean marine biodiversity. Marine Pollution bulletin. 60, 1640-1646.*
25. *Lyn P (2006) . lead toxicity part II : thr role of radical damage and the use of antioxidants in the pathology and treatment of lead toxicity. Altern Med rev 11(2) : 114-127 .*
26. *Mabeau S, Vallat O, Brault D: De L'Orient à L'Occident: les principaux marchés, le charme discret des macro-algues. Biofu-tur 1990;3:24-29*
27. *. Margaritis I, Palazzetti S, Rousseau S, Richard MJ, Favier A (2003).Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant respnose. JAm Coll Nutr. 22(2) :147-156*
- .
28. *Menon SG, Goswami PC (2007). A rcdox cycle within the cell cycle: ring in the old with the new. Oncogene 26: 1101-9*
- .
29. *Millan R, Taboada C, Miguez I,2013 Evaluation of marine algae Undaria pinnatifida and Porphyra purpurea as a food supplement: composition, nutritional value and effect of intake on intestinal, hepatic and renal enzyme activities in rats 93(8):1863-8*
30. *Morris J, Carson K (2003). Routine vitamin supplementation to prvent cardiovascular disease : a sumary of the evidence for the us preventive serivces task force. Ann intern Med. 139 : 56-70.*
31. *Murata N., Nakazoe K,. (2001). Production and use of marine algae in Japan JARQ 35: pp. 281-290.*



Références :

32. Nancy J, Peter S, Linford SI (2006). *Oxidative Damage and Aging: Sport light of Mitochondria. Cancer Res: 2497-2499*
33. Niki L, Reynaert SW, Aesif T, Govern MC, Amy B, emiel FM, Yvonne MW (2007). *Catalase Over expression Falls to Attenuate Allergic Airways : The Journal of Immunology. 178 :3814-3821.*
34. Nourooz-Zadeh J, Ling KLE, Wolff SP ;1996. *low-density lipoprotein is the major carrier of lipid hydroperoxydes in plasma. Biochem J ;313 :781-786.*
35. Pince mail B, Bonjeank K, Defraigne JO (2008). *Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. Nutrition Clinique ex métabolisme 16 :233-239..*
36. Power SK, Smuder AJ, Kavazis AN, Hudson MB (2010). *Experimental guide lines for studies designed to investigate the impact of antioxidant supplementation on exercise performance. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 20 :2-14.*
37. Powers S, and Jackson C (2008). *"Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production." Physiol Rev 88: 1243-1276.*
38. Prieto AII, Jos A, Pichardo S, Moreno I, Cameán AM (2006). *Differential oxidative stress responses to microcystins LR and RR in intraperitoneally exposed tilapia fish (Oreochromis sp.) . : 10;77(3):314-21*
39. Roy M, Sen S, Chakraborti AS (2008). *Action of pclargonidim on hyperglycemia and oxidative damage in diabetic rats: implication for glycation induced hemoglobin modification life Sci. 82 :1102-1110..*
40. . Samuni A, Aronovitch J, Godinger D, Chevion M, Czapski G (1983). *On the cytotoxicity of vitamin C amidal ions. A site-specific Fenton mechanism. Eur. j. Biochem., 137: 119-124*
41. Schrader M, Fahime H (2006). *Peroxisomes and oxidative stress. Biochimica & Biophysica Acta : 1763 :1755 :66*
42. Shil ME, Shike M, Ross AC, Caballero B, Cousins RJ (2006). *Moderne nutrition in health and diseases. Thenth Edition . lippincott Wilkins.*
43. Siliart (2007). *Rôle des oligo-éléments dans le stress oxydatif. Bulletin des GTV: 4-50.*
44. Traber MG, Atkinson J (2007). *Vitamin E, antioxidant and nothing more. FreeRadical Biology Medicine. 43 :4-15*



Références :

45. Troser T, Atkinson D(2007). *Vitamin E, antioxidant and nothing more . free radical biology Medecine. 43 :4-15.*
46. . Tweeddale HJ, Konto M, Gebicki JM (2007). *Proteins protect lipid membranes from oxidation by thiyl radicals, Archives. Biochern, Biophys.459:151-8.*
47. Valko M, Rhodes, CJ, Moncol J, Izakovic M, Mazur M (2006). *Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chem Biol Interact.160(1): 1-4.*
48. Valeix N., Zarebska L, ., Preziosi V, . (1999). *Lodine deficiency. Lancet 353: pp. 1766-1767.*
49. Viguerie F., Millet M., Avizou C,. (2002) .*Regulation of human adipocyte gene expression by thyroid hormone. J Clin Endocrinol Metab 87: pp. 630-634.*
50. Vijayalakshimi B, Maheswari U, Vela CT, Chandrasekhar M (2010). *a comparativestudyon the association of labour process with oxidative stress in normal and preeclamptic mothers. current trends inbiotechnology and pharmacy. 4(2): 691-701.*
51. Vijayavel K, Anbuselvam C, Balasubramanian MP.(2007). *Antioxidant effect of the marine algae Chlorella vulgaris against naphthalene-induced oxidative stress in the albino rats.: 303(1-2):39-44*
52. Watanabe C., Takenaka H ., Katsura N,. (2000). *Characterization of a vitamin B12 compound in the edible purple laver Porphyra yezoensis. Biosci Biochem 64: pp. 2712-2715.*



Tableau A1 : Teneurs en MDA aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

Organes	Rats	Témoins	E
Tissu adipeux (umol/g de tissu)		0.57±0.1	0,13±0,05**
Foie (umol/g de tissu)		2.38±0.36	0,01±0,05**
Cœur (umol/g de tissu)		1,41±0,02	0,16±0,001***
Rein (umol/g de tissu)		1.03±0.04	0,75±0,03***

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%° comparés aux témoins (régime standard) : ** p < 0.01 différence très significative ; *** p< 0.001 différence hautement significative

Tableau A2 : Teneurs en PCAR aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

	Témoins	D
Tissu adipeux (nmol /g de tissu)	0,36±0,04	0,5±0,01**
Foie (nmol /g de tissu)	0,70±0,3	0.4±0.01**
Cœur (nmol /g de tissu)	1,27±0,07	0.3±0.07 **
Rein (nmol /g de tissu)	0,86±0,3	0.5±0.02**

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 10%) comparés aux témoins (régime standard) : ** p < 0.01 différence très significative ; *** p < 0.001 différence hautement significative

Tableau A3: Teneurs en CAT aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux

Organes	Rats	Témoins	E
Tissu adipeux (U/g de tissu)		0,8±0.07	1,58±0,19**
Foie (U/g de tissu)		2.7±0.3	4,16±0,21**
Cœur (U/g de tissu)		0,5	1,52±0,01***
Rein (U/g de tissu)		0.98±0.09	1,51±0,04**

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 10%) comparés aux témoins (régime standard) : ** p < 0.01 différence très significative ; *** p < 0.001 différence hautement significative



Tableau A4 : Teneurs en GSH aux niveaux de différents organes (tissu adipeux, foie, cœur, rein), chez les rats témoins et les rats expérimentaux :

	Témoins	D
Tissu adipeux (nmol /g de tissu)	0,25±0.1	0,93±0,14**
Foie (nmol /g de tissu)	1.49±0.15	1,83±0,14*
Cœur (nmol /g de tissu)	0.41±0.1	0,99±0,01***
Rein (nmol /g de tissu)	0.16±0.02	1,05±0,2**

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type. Témoins: rats témoins (régime standard) ; E : rats expérimentaux (traité par l'algue verte 5%). La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Rats expérimentaux (traité par l'algue verte 10%) comparés aux témoins (régime standard) : ** p < 0.01 différence très significative ; *** p < 0.001 différence hautement significative



Résumé :

Ce travail de recherche porte sur la détermination des effets bénéfiques des micro- algues vertes sur la santé humaine et particulièrement sur le stress oxydatif.

Certaines algues sont reconnues en tant que source de protéines, d'hydrates de carbones, de lipides et de vitamines. Les micro- algues Nannochloropsis sont très appréciées en aquaculture et ceci est dû à leur valeur nutritionnelle ainsi qu'à leur capacité à produire des composants tels que les acides gras polyinsaturés et les protéines. Dans ce travail, un modèle animal est utilisé ; le rat wistar en croissance. Ce rat va consommer un régime à base d'algues vertes. Les sacrifices seront réalisés afin de prélever les organes (foie, rein , tissu adipeux...) chez ces modèles. Sur tous ces prélèvements les marqueurs du stress oxydatif seront déterminés. Les résultats montrent une augmentation significative de taux des marqueurs anti-oxydante, et une diminution des oxydants, il s'avère très bénéfiques pour la sante

المملخص :

يركز هذا البحث على تحديد الآثار المفيدة من الطحالب الخضراء الصغيرة على صحة الإنسان والاكسدة بشكل خاص.

يتم التعرف على بعض الطحالب كمصدر للبروتينات والكربوهيدرات والدهون والفيتامينات.

"Nannochloropsis" الطحالب الدقيقة شعبية في تربية الأحياء المائية وهذا يرجع إلى قيمتها الغذائية، وذلك لقدرتها على إنتاج مكونات مثل الأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتينات. في هذا العمل، يتم استخدام نموذج حيواني. الفئران ويستار في الازدياد. وهذه الفئران تستهلك نظام غذائي يعتمد على الطحالب الخضراء. سيتم تضحيات لجمع الأعضاء (الكبد والكلية والطحال والدهون ...) في هذه النماذج. على كل هذه الجبايات ، سيتم تحديد علامات الإجهاد التأكسدي. أظهرت النتائج زيادة كبيرة في معدل علامات المضادة للأكسدة، وانخفاض في المؤكسدة، إنه مفيد جدا للصحة

Abstract :

This research focuses on determining the beneficial effects of micro-green algae on human health and particularly oxidative stress.

Some algae are recognized as a source of proteins, carbohydrates, lipids and vitamins.

Nannochloropsis micro algae are popular in aquaculture and this is due to their nutritional value, and for their ability to produce components such as polyunsaturated fatty acids and proteins. In this work, an animal model is used; the Wistar rat growing. This rat will consume a diet based on green algae. Sacrifices will be made to collect organs (liver, kidney, fat ...) in these models. On all these levies markers of oxidative stress will be determined. The results show a significant increase in rate of antioxidant markers, and a decrease in oxidizing, it is very beneficial for health