



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCCEN



Faculté des sciences de la nature et de la vie, de la terre et de l'univers

Département de Biologie

Laboratoire de physiologie, physiopathologie et biochimie de la nutrition

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

DE Master EN BIOLOGIE

Option : Physiopathologie cellulaire

Thème

***Détermination de certains paramètres biochimiques
urinaires chez le rat wistar recevant un régime
cafeteria supplémenté en algues vertes***

Présenté par : M^{lle} GANA NAIMA

Soutenue le : 11/06/2014

devant le jury composé de :

Présidente: Mme BOUANANE S Maitre de conférences, Université de Tlemcen.

Promotrice: Mme BABA AHMED FZ Maitre de conférences, Université de Tlemcen.

Examinatrice : Mme LOUKIDI B Maitre de conférences, Université de Tlemcen.

Année Universitaire : 2013-2014

Remerciements

Je remercie le Dieu le tout puissant pour m'avoir donné le courage et la volonté pour achever ce modeste travail.

Je remercie chaleureusement Mme BABA AHMED FZ Maître de conférences à l'université de Tlemcen mon encadreur, qui a guidé judicieusement mes recherches. Je garde en mémoire ses qualités d'encadrement et ses conseils bienveillants. Je tiens à lui exprimer ma profonde reconnaissance et gratitude. Je vous remercie pour m'avoir donné la chance de travailler avec vous sur un sujet aussi passionnant, d'être toujours présente et prête à aider vos étudiants, d'être rigoureuse et enthousiaste.

J'exprime toute ma reconnaissance à Mme MERZOUK H, professeur à l'université de Tlemcen de m'avoir fait l'honneur de présider le jury ce travail. Je la remercie également pour sa compréhension. Trouvez ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je remercie également Mme BOUANANE S, Maître de conférences à l'université de Tlemcen, de l'intérêt qu'elle a bien voulu porter à ce travail en acceptant de le juger et de faire partie du jury de ce travail. Qu'elle soit assurée de ma profonde gratitude.

Enfin, je tiens à remercier vivement tous les enseignants de la faculté des Sciences de la nature et de la vie, de la terre et de l'univers qui ont contribué à ma formation.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à;

Ma mère.

Mes très chères frères ; Rabah Abderrahman Mohammed.

Mon grand père Ahmed et mon oncle Abderrahim.

Toutes mes amies de l'option physiopathologie cellulaire.

Liste des abréviations

AGS: acides gras saturés.

AGM: acides gras monoinsaturés.

AGPI: acides gras polyinsaturés.

ALA: acide alpha-linolénique.

L A: l'acide linoléique.

EPA: acide éicosapentaénoïque.

HDA: acide decosaénoïque.

BI, BII: bilan 1, bilan 2.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Poids corporel, Gain pondéral, Nourriture ingérée exprimé en (g/j/rat.), coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) et croissance relative au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux41

Tableau 2 : Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.....42

Liste des figures

Figure 1 : structures, de l'acide linoléique (C18:2 n-6) et de l'acide α -linoléique (C18:3 n-3)	10
Figure 2 : Poids corporel, Gain pondéral et Nourriture ingérée exprimé en (g/j/rat) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.....	23
Figure 3 : Coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) et croissance relative au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.....	25
Figure 4 : Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.....	26

Sommaire

Introduction	2
Etat actuel sur le sujet	
I- L'obésité	5
I.1. Définition.....	5
I.2. L'obésité chez les rats.....	5
I.3. Modèles expérimentaux pour l'étude de l'obésité	6
I.3.1. Modèle génique	6
I.3.2. Modèle nutritionnelle	7
I.3.3. Régime cafeteria	8
I.4. Les acides gras polyinsaturés	9
I.4.1. Fonctions principales de AGPI.....	11
I.4.2. La famille des oméga -3.....	12
II- Les algues vertes.....	13
II.1. Définition	13
II.2. Utilisations des algues.....	13
II.3. Intérêt nutritionnel des algues.....	14
II.3.1. Les antioxydants.....	14
II.3.2. Les caroténoïdes.....	14
II.3.3. Les fibres.....	15
II.3.4. Les phytostérols	15
II.3.5. Oméga-3 et oméga-6	15
II.3.6. Les vitamines	16
II.4. Statut nutritionnel.....	16
II.4.1. L'iode	16
Matériels et méthodes	
I- Protocole expérimentale.....	18
II- Préparation de régime	18
III- Analyse biochimie	19
III.1. Détermination des teneurs en créatinine	19
III.2. Détermination des teneurs en urée.....	19
III.3. Détermination des teneurs en acide urique.....	19
III.4. Détermination des teneurs en protéine totale	20
IV- Analyse statistique	20

Résultats et interprétation

I- Poids corporel, gain pondéral et Nourriture ingérée exprimé en (g/j/rat) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux	22
I.1. Evolution de poids corporel	22
I.2. Gain pondéral	22
I.3. Nourriture ingérée	22
II- Croissance relative et Coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux	24
III-Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine	24
Discussion.....	28
Conclusion	33
Références bibliographique.....	35
Annexe	41

Introduction

Se nourrir est un geste inné et indispensable qu'exerce l'homme tout au long de sa vie mais une malnutrition due au comportement de l'individu, de son environnement ou bien de son patrimoine génétique aboutit à l'apparition de diverses complications de santé. De ce fait, l'alimentation doit être contrôlée surveillée chez l'enfant comme chez l'adulte.

Des données expérimentales et épidémiologiques suggèrent qu'une alimentation riche en graisse favorise le développement de l'obésité et qu'il existe une corrélation directe entre la ration lipidique et le degré d'obésité (**Ailhaud ,2008**).

En effet, l'équilibre nutritionnel résulte de l'équilibre entre les apports en énergie et acides gras essentiels d'une part et les dépenses énergétiques d'autre part. Il a été démontré que l'obésité a d'abord des causes quantitatives : l'excès de consommation d'énergie par rapport aux besoins. Et d'autres causes, qualitatives, dont l'augmentation du rapport des acides gras saturés dans l'alimentation. Il est important de comprendre les mécanismes physiopathologiques mis en jeu lors de l'installation de l'obésité. L'une des voies explorées est de déterminer les causes de l'installation d'une surcharge pondérale chez les modèles animaux d'obésité.

Les produits d'origine naturelle occupent une place importante dans la découverte de nouveaux médicaments. On estime que près de 50% des agents thérapeutiques utilisés actuellement proviennent de sources naturelles (plantes, champignons, animaux, algues, etc.). Ces chiffres indiquent que l'étude approfondie des algues marines de la mer méditerranée pourrait mener à la découverte de nouveaux agents thérapeutiques (**Chatter Riahi et al., 2011**).

La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de trois grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines), mais également par la présence de métabolites présentant ainsi des propriétés anti oxydantes et anti radicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés, qui pourraient être mises à profit dans la prévention ou le traitement de maladies dégénératives comme certaines formes de cancer, maladies cardiovasculaires, ophtalmiques, diabète ou obésité liées au stress oxydatif(**Lahaye et Kaeffer,1997**).

Le but de cette étude vise à comprendre l'effet des algues vertes (*Nannochloropsis*) comme complément alimentaire riche en acides gras polyinsaturés de la famille ω -3 et ω -6 sur l'obésité expérimentale induite par le régime hyperlipidique et hypercalorique nommé régime cafeteria, et ceci, pour prévenir l'obésité et de ses désordres associés. Le but de cette étude est d'évaluer l'impact de ces algues *Nannochloropsis* sur l'évolution pondérale des rats « Wistar » obèses et leur métabolisme biochimique. Les différents régimes sont suivis pendant 2 mois. L'urine est prélevée, afin de déterminer les différents paramètres biochimiques au niveau des urines.

Etat actuel sur le sujet

I-L'obésité

I.1.Définition

Le terme obésité est dérivé du latin « obesus » qui veut dire engraisser (**Adams et al, 2000**). L'obésité se définit comme une inflation de masse grasse ayant des conséquences néfastes pour la santé (**Clément et Langin, 2004**).

L'obésité résulte d'une altération de la balance énergétique, avec une augmentation des apports caloriques par rapport à la dépense énergétique. (**Thaler et al,2012**).

Le tissu adipeux, qui constitue la masse grasse est bien plus qu'un simple réservoir d'énergie. Il produit des molécules « signal », qui agit à différents niveaux de l'organisme. Les molécules du tissu adipeux sont de plus en plus associées au développement des complications liées à l'obésité comme le diabète, l'hypertension artérielle ou l'athérosclérose (**Clément et Langin, 2004**).

En 1995, OMS valide l'utilisation de l'Indice de Masse Corporelle (IMC) pour la mesure de l'obésité. Celle-ci est diagnostiquée pour un IMC supérieur ou égal à 30 kg/m².L'excès de tissu adipeux se définit tout d'abord par une augmentation de la taille des adipocytes (hypertrophie) et ensuite par une augmentation de leur nombre (hyperplasie). La répartition du tissu adipeux est également un facteur de risque associé à l'obésité, d'où l'importance de la mesure du tour de taille pour identifier une obésité androïde (répartition abdominale du tissu adipeux) (**Rapport de l'OMS, 2003**).

I.2.L'obésité chez les rats

Il existe différentes souches d'animaux génétiquement obèses

- Les souris ob/ob, qui sont des souris homozygotes déficientes pour le gène de la leptine.

- les souris db/db, qui présentent une mutation des récepteurs à la leptine (obèses et également diabétiques.

- les rats Zucker obèses (fa/fa), qui sont homozygotes récessifs pour le gène des récepteurs à la leptine.

Les modèles homozygotes de l'obésité ne sont pas assez proches de la pathologie humaine. De plus, les mutations présentes dans ces modèles ne sont pas mises en cause dans

l'augmentation de l'obésité humaine, qui est plutôt due à notre mode de vie (augmentation de la prise de nourriture et diminution des activités physiques) (**Haslam et James, 2005**). Ces modèles ne permettent pas non plus d'étudier le développement progressif de l'obésité.

I.3.Modèles expérimentaux pour l'étude de l'obésité

Afin de mieux comprendre les mécanismes liées aux l'obésité, il est intéressant d'utiliser des modèles animaux développant l'obésité.

Les modèles les plus largement utilisés pour l'obésité chez les rats sont une lésion du noyau ventromédian hypothalamique (VMH) par l'administration de glutamate monosodique ou une lésion électrique direct, une ovariectomie, utilisation de régimes hypercaloriques et les manipulations génétiques de l'obésité (**Von Diemen ,2006**).

I.3.1.Modèle génique

Les modèles animaux d'obésité génétique peuvent fournir des indications précieuses sur la nature des gènes susceptibles de déterminer l'obésité chez l'homme. Le clonage du gène ob a révélé l'existence de la leptine, sécrétée par la cellule adipeuse. C'est l'absence de leptine fonctionnelle qui détermine l'obésité de la souris ob/ob, modèle d'obésité caractérisé par une hyperphagie, une dépense énergétique réduite et un excès de tissu adipeux.

Chez les souris db/db (le gène db code pour le récepteur hypothalamique de la leptine), caractérisées par une accumulation de tissu adipeux et une hyperleptinémie non fonctionnelle, le récepteur de la leptine est muté bloquant ainsi l'action de la leptine (**Unger,2003**). Il est intéressant de noter qu'une synthèse exagérée de l'ARNm d'ob est également présente dans deux modèles d'obésité chez le rat : le rat Zucker fa/fa, porteur d'une mutation du récepteur de la leptine, et le rat «VMH», lésé au niveau de l'hypothalamus au niveau du site potentiel d'expression du gène ob. Ces deux modèles sont caractérisés par un excès de tissu adipeux et une accumulation de lipides dans le muscle et le foie. (**Pouteau et al., 2008**).

I.3.2.Modèle nutritionnel

Une obésité nutritionnelle est induite chez le rat par gavage avec une préparation riche en graisse (4,8 cal/g). Les rats obèses obtenus avec un sur poids supérieur à 20% par rapport au poids d'un rat normal (**Zhao mei et al., 2000**).

Plusieurs auteurs suggèrent qu'un régime riche en graisse serait à l'origine d'une réaction précoce de la microglie, sélectivement au niveau des centres de la satiété dans l'hypothalamus. L'obésité serait ainsi auto-entretenue et l'apparition de ces lésions neuronales irréversibles serait un frein à la perte de poids ultérieure (**Thaler et al.,2012**).

Il existe des régimes enrichis ou appauvris en certains substrats, qui sont administrés directement à l'animal sain (rats de souche Wistar, Sprague-Dawley, ...) ou à la femelle gestante(**Cleysac Elsa ,2011**).

La majorité des régimes riches en lipides induisant l'obésité sont des régimes riches en acides gras saturés (lard et coco). Les régimes riches en lipides varient selon l'origine des graisses (lard, coco, huile d'olive ou huile de poisson ou de carthame) et le pourcentage de calories apporté par les graisses (35 à 70%).

Les régimes à base de lard (graisse animale) sont souvent utilisés pour induire l'obésité dans lequel 61% des calories sont apportées par les graisses, montre une augmentation du poids, du tissu adipeux viscéral, une hyperglycémie, une hypertriglycémie et une insulino-résistance (**Park et al, 2001**).

L'utilisation de la graisse de coco est moins délétère pour l'obésité et l'insulinorésistance, mais pas pour la stéatose hépatique (pathologie caractérisée par la présence de graisse, principalement des triglycérides, dans les hépatocytes et d'une inflammation) ou l'hypertriglycémie (**Buettner et al, 2006**).

Les régimes riches en glucides tels que le fructose et le saccharose (sucres simples) ont un effet délétère sur l'action de l'insuline (**Storlien et al, 2000**), mais n'entraînent pas l'obésité.

Pour induire l'obésité, on peut aussi utiliser un régime "cafétéria", terme utilisé en 1976 par Sclafani et Springer. Les auteurs ont montré que les rats nourris avec ce régime, composé de différents aliments commercialisés pour l'homme et donné de manière variée et illimitée, prenaient significativement plus de poids que des rats contrôles. Cette obésité obtenue par hyperphagie, mime l'obésité humaine, principalement due à la grande disponibilité d'aliments palatables (aliments dont le goût est agréable) ainsi qu'à un mode de vie sédentaire. Dans cette étude, il a également été montré une grande variabilité dans la prise de poids au sein du groupe cafétéria par rapport au groupe contrôle. D'autres études ont montré que les rats auxquels on proposait différents aliments palatables augmentaient leur prise alimentaire, contrairement aux rats auxquels on ne donnait qu'un seul aliment (**LeMagnen, 1974**).

D'autres études ont montré que de nombreuses anomalies métaboliques apparaissaient dans l'obésité, comme par exemple l'augmentation du tissu adipeux ou l'hyperinsulinémie (**Kretschmer et al., 2005**). En plus de la composition du régime, il faut tenir compte de la souche, du sexe et de l'âge de l'animal chez lequel on veut induire l'obésité. En effet, la prise de poids peut être légèrement différente en fonction de ces paramètres (**Schemmel et al., 1969**).

I.3.3. Le régime cafeteria

Le régime cafeteria provoque un accroissement de la consommation d'énergie du gain de poids du taux métabolique basal et du dépôt de lipides (**Moruppa et al, 1990**).

L'étude de la séquence alimentaire de rats nourris au régime cafeteria, régime hyperlipidique et hypercalorique a montré que ces animaux font de grands repas d'aliments successivement ingérés (**rodgers et bludell, 1980**). Cependant les régimes cafeteria habituellement proposés comportent des aliments dont la densité calorique et la composition sont très différents (**louis-sylvestre et al, 1983**).

De ce fait le régime hyper gras induit une obésité qui résulte d'une augmentation du volume adipeux mature (hypertrophie) à partir de précurseurs adipocytaires (hyperplasie). Cette hyperplasie du tissu adipeux dépend de la richesse en lipide du régime alimentaire (**Astrid, 1999**).

Récemment, il a été décrit que les acides gras polyinsaturés oméga 3 et plus particulièrement leurs dérivés à longue chaîne (EPA et DHA) avaient une action anti-adipogénique (**Aillaud et Ghuesnet, 2004**).

Ainsi, les études de l'action des huiles riches en oméga 3 comme l'huile de lin sur l'obésité et la réduction de masse grasse chez les modèles d'animaux de l'obésité et la réduction de masse grasse chez les modèles d'animaux de l'obésité expérimentale deviennent de plus en plus importantes.

I.4. Les acides gras polyinsaturés

Les acides gras entrent dans la composition des lipides. On distingue 3 classes d'acides gras, qui se différencient par leur degré d'insaturation : les acides gras saturés (AGS), mono insaturés (AGM) et polyinsaturés (AGPI).

Cette distinction se fait par leurs caractéristiques chimiques, à savoir le nombre de double liaison. Les AGPI se répartissent en différentes familles (oméga-3 [n-3], oméga-6 [n-6], oméga-9 [n-9]) définies par la position de la première double liaison à l'extrémité méthyle terminale de leur précurseur.

Il existe deux familles d'acides gras polyinsaturés essentiels, nommées n-3 (ou oméga-3) et n-6 (ou oméga-6). Deux acides gras sont à l'origine de ces familles. L'acide α -linoléique (C18 : 3(9, 12,15)) est le précurseur des oméga-3 et l'acide linoléique C18 : 2(9,12)) est le précurseur de la famille des oméga-6 (**Cuvelier et al., 2004**). Ces deux acides gras sont indispensables car ils ne sont pas synthétisables par l'organisme. Seule l'alimentation peut nous les fournir. (**Cnera-cnrs, 2001**).

La figure 1 représente la structure de l'acide linoléique (C18:2 n-6) et de l'acide α -linoléique (C18:3 n-3) (**Cuvelier et al, 2004**).

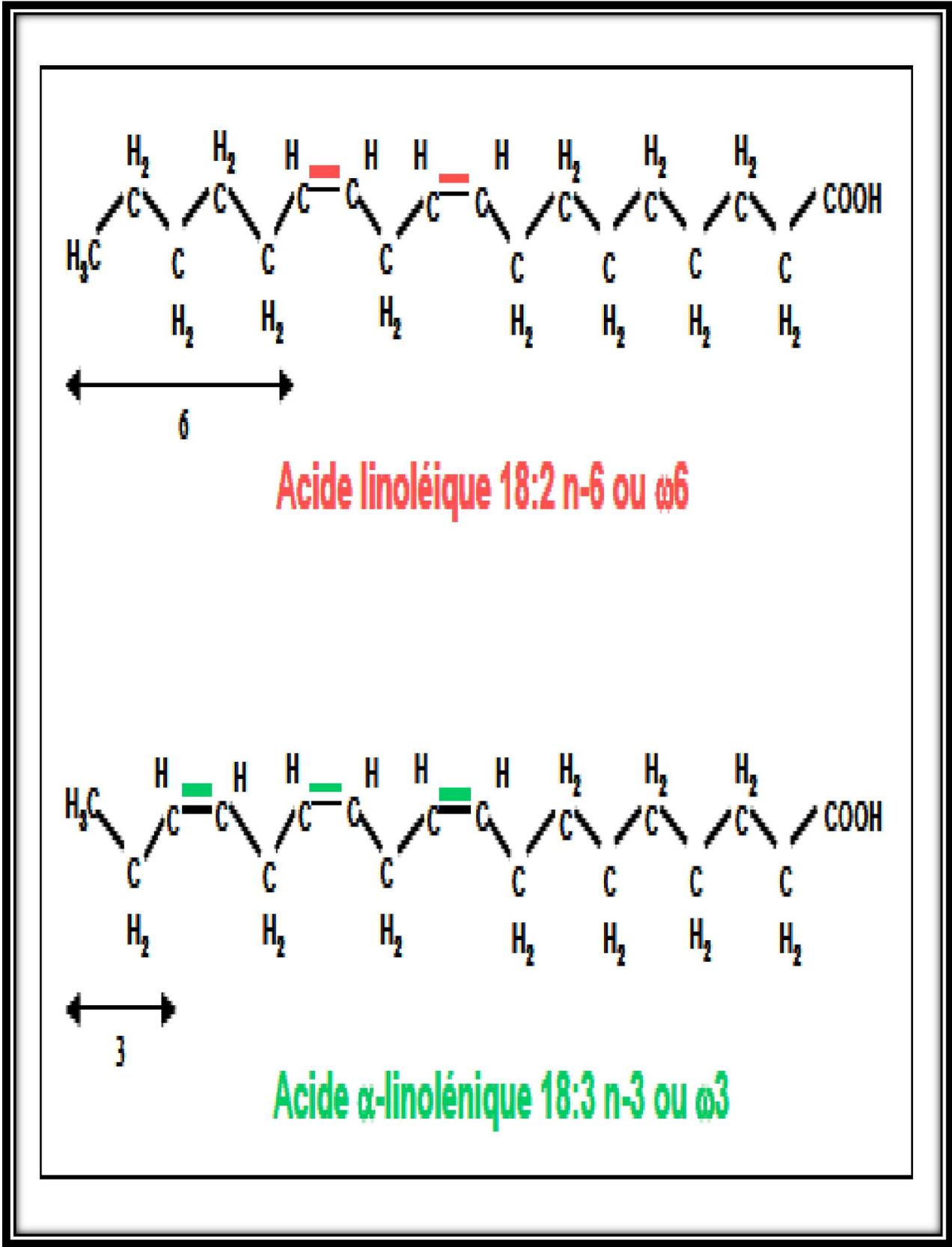


Figure 1: la structure de l'acide linoléique (C18:2 n-6) et de l'acide α-linolénique (C18:3 n-3) (Cuvelier et al, 2004).

Les AGPI sont les précurseurs de la synthèse de médiateurs bioactifs comme les eicosanoïdes et les docosanoïdes. Ils ont aussi un rôle structural car ils sont incorporés dans les membranes cellulaires sous forme de phospholipides (**Porta., 2008**).

Ces dernières années, l'acide α -linoléique ainsi que deux de ces dérivés, l'EPA (Acide Eicosapentaénoïque) et le DHA (Acide Docosahexaénoïque), 2 acides gras polyinsaturés à longue chaîne, ont particulièrement intéressé les nutritionnistes pour leur rôle important vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires. Les AGPI à longue chaîne semblent également protecteurs vis-à-vis de différents cancers. Ils seraient considérés comme inhibiteurs de la croissance tumorale (**AFSSA, 2003**).

I.4.1. Les AGPI essentiels ont 5 fonctions principales :

1) Sous forme de phospholipides, ces AG sont des constituants universels des membranes biologiques, ils modulent leur fluidité et l'activité des protéines qu'elles contiennent (enzymes, récepteurs, transporteurs...) (**Niu et al., 2004**), ou encore son rôle dans la ségrégation des radeaux lipidiques (rafts) (**Shaikh et al., 2004**). D'autres implications concernent des voies de signalisation comme les protéines kinases C (**Kim et al, 2004**).

2) Certains de ces AG (l'acide arachidonique pour la famille n-6 et l'EPA pour la famille n-3) sont aussi (via les cyclooxygénases et lipoxygénases) les deux principaux précurseurs de médiateurs lipidiques oxygénés hautement spécifiques (eicosanoïdes : prostaglandines, thromboxanes...) modulant de très nombreuses fonctions cellulaires, pouvant produire selon la famille considérée (n-3 ou n-6) des effets tantôt complémentaires et tantôt opposés. (**Boyce, 2005**).

3) Le DHA est également précurseur de dérivés oxygénés (appelés cette fois les docosanoïdes : (neuroprotectine D1 et neuroprostanes), lui conférant des fonctions spécifiques dans le cerveau (**Serhan et al., 2004**) est également impliquée dans le processus d'apoptose (**Bazan, 2007**).

4) Les AGPI essentiels sont aussi régulateurs d'un grand nombre de gènes par l'intermédiaire de l'activation de facteurs de transcription comme les PPAR (PeroxisomeProliferatorActivatedReceptor) (**Zhao A et al, 2004**).

5) L'acide arachidonique est également constituant majoritaire des anandamides et autres endocannabinoïdes, impliqués dans la stimulation de la prise alimentaire et l'inhibition de la lipolyse (**Di Marzo et Petrosino, 2007, Migrenne et Magnan, 2006**).

6) Enfin n'oublions pas que les AGPI sont (comme tous les AG) des sources énergétiques et de ce point de vue, de très bons substrats de la bêta-oxydation. Des carences en AGPI pourraient provoquer des troubles neurologiques.

A l'inverse, il n'y a pas de toxicité connue associée à un excès de consommation d'AGPI. Cependant, le Comité Scientifique pour l'Alimentation Humaine donne des niveaux maximums, au dessus desquels de possibles troubles peuvent apparaître :

- La prise d'AGPI oméga-3 ne devrait pas dépasser 5% de l'énergie apportée par l'alimentation.
- La prise cumulée AGPI oméga-3 + oméga-6 ne devrait pas dépasser 15 % de l'énergie apportée par l'alimentation.

I.4.2. La famille des Oméga-3

L'acide alpha-linolénique : **ALA** est le précurseur de la famille, il est nécessaire à la synthèse des autres Oméga-3. On le retrouve uniquement dans les sources végétales comme l'huile de colza et de lin.

- L'acide éicosapentaénoïque : **EPA**, le corps humain peut le synthétiser {partir de l'ALA mais en très faible quantité, il est donc important de consommer des aliments riches en EPA notamment les chairs des poissons gras.

- L'acide docosahexaénoïque : **DHA**, tout comme l'EPA, le DHA est retrouvé en forte quantité dans les chairs de poissons gras (**C-VIATIS Laboratoire**).

II-Les algues vertes

II.1.Définition

Les algues vertes présentent une très grande diversité de molécules au sein de leurs cellules. Cette biomasse se différencie principalement des autres végétaux par sa richesse en lipides, en protéines, en vitamines, en pigments et en antioxydants (**Person ,2010**).

Elles représentent une source importante de quasi toutes les vitamines essentielles : B1, B6, B12, C, E, K1, et possèdent un large panel de pigments, fluorescents ou non, pouvant aussi avoir un rôle d'antioxydants. En plus de la chlorophylle (0,5 à 1% de la matière sèche) qui est le pigment photosynthétique primaire chez toutes les algues photosynthétiques, on trouve toute une gamme de pigments supplémentaires de type caroténoïdes (0,1 à 0,2% de la matière sèche) (**Person ,2010**).

Les algues vertes peuvent accumuler plus de 50% de leur poids sec en lipides. Ces derniers sont principalement constitués de triglycérides, de phospholipides, et de glycolipides. Ces lipides contiennent des acides gras saturés et polyinsaturés (AGPI) comme les oméga-3 : ALA, EPA, DHA, ou les oméga-6 : ARA (**Person ,2010**).

Le contenu élevé en protéines, peptides et acides aminés (entre 12 et 65% de matière sèche) de plusieurs espèces de micro-algues est une des principales raisons pour les considérer comme une source non conventionnelle de protéines dans l'alimentation humaine et animale (**Person ,2010**).

II.2.Utilisations des algues

L'algue est très présente dans le bol du consommateur. Les Japonais consomment actuellement 1,4 kg d'algue (poids sec) par an et par habitant (**Murata et al., 2001**). Les algues dans l'alimentation sont bénéfiques. Outre leurs propriétés épaississantes, gélifiantes ou stabilisantes, bien connues et largement utilisées par des industries agro-alimentaires, elles ont aussi des propriétés nutritionnelles intéressantes en alimentation humaine. L'eau de mer offre une composition remarquablement constante. Elle contient en solution tous les éléments

nécessaires au maintien de la vie, éléments que les algues absorbent et concentrent dans leurs tissus (**Murata et al., 2001**).

Les algues peuvent être utilisées dans une amélioration du confort des diabétiques. En effet, certains polysaccharides issus d'algues des côtes françaises peuvent moduler l'absorption intestinale du glucose et la réponse insulinaire à l'alimentation. Par ailleurs, des oligosaccharides extraits d'algues peuvent améliorer l'équilibre de la flore intestinale du colon, en favorisant la croissance des bactéries bifides considérées comme favorables pour la santé (**Michel et al., 1999**).

Ces bactéries sont actuellement largement utilisées dans des préparations à base de lait. Peu caloriques, riches en vitamines et en minéraux, les algues alimentaires sont source de polysaccharides divers, très différents de ceux provenant des végétaux terrestres. Ces polysaccharides représentent entre 30% et 70 % du poids sec des algues, selon l'espèce (**Michel et al., 1999 ; Person ,2010**).

II.3. Intérêt nutritionnel des algues

La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de grandes catégories de composants :

II.3.1. Antioxydants : Les Polyphénols

La plupart des algues marines contiennent des polyphénols algaux aussi appelés phlorotannins. Les phlorotannins constituent un groupe très hétérogène de molécules fournissant ainsi une grande variété d'activités biologiques potentielles. Leur composition en antioxydants et leur capacité antioxydante varient selon plusieurs facteurs, comme la profondeur où elles poussent et leur degré d'exposition aux rayons ultraviolets (UV). Les algues contiennent différents composés antioxydants incluant des caroténoïdes (lutéine et zéaxanthine), des flavonoïdes (catéchines), des acides phénoliques (tannins) ainsi que certaines vitamines (principalement les vitamines C et E) (**Yuan et al., 2005**).

II.3.2. Caroténoïdes

Il a été démontré que la fucoxanthine (un caroténoïde extrait du wakame) pourrait diminuer la viabilité de cellules cancéreuses du côlon in vitro. De plus, la fucoxanthine a récemment été associée à la prévention de l'obésité chez le rat. Cet effet serait attribuable à son action sur une protéine spécifique du tissu adipeux des animaux. Pour l'instant, ces résultats ne sont pas

transposables chez l'humain, aucune étude n'ayant été réalisée sur le sujet (**Hosokawa et al,2004**).

II.3.3.Fibres

Les algues contiennent des quantités intéressantes de fibres, particulièrement sous forme soluble. Selon la variété, une portion d'algues fraîches peut contenir jusqu'à 8 % de la quantité de fibres recommandée quotidiennement. Les algues séchées, quant à elles, contiendraient de 35 % à 50 % de leur poids sous forme de fibres. De façon générale, une alimentation riche en fibres alimentaires peut contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires, ainsi qu'au contrôle du diabète de type 2 et de l'appétit. Les fibres contenues dans les algues pourraient être plus efficaces pour diminuer le cholestérol sanguin et l'hypertension que celles d'autres sources (**Jiménez-Escrig, Sanchez-Muniz,2000**).

II.3.4.Phytostérols

Le wakame et la nori contiennent des phytostérols. Ces composés ressemblent au cholestérol sur le plan chimique et empêchent l'absorption de ce dernier dans l'organisme. La consommation de phytostérols pourrait réduire les taux de cholestérol dans le sang, particulièrement le cholestérol LDL (mauvais cholestérol). Par contre, pour observer de tels effets, de grandes quantités d'algues séchées devraient être consommées quotidiennement, et aucune étude n'a jusqu'à maintenant évalué l'impact de la consommation de phytostérols des algues sur le cholestérol sanguin (**Jones et al ,1997**).

II.3.5.Omega 3, Omega 6

La source la plus connue d'acides gras polyinsaturés est l'huile extraite des poissons cependant, les poissons ne produisent pas les AGPI mais les accumulent en consommant des algues (ou d'autres organismes mangeurs d'algues, rotifères, artémia...). Les micro-algues sont la véritable source de ces nutriments essentiels. La production d'AGPI à partir d'algues a été développée seulement dans la dernière décennie et présente des avantages non négligeables sur les huiles de poisson qui sont : l'absence d'odeur de poisson caractéristique et désagréable, la réduction des risques de contamination chimique et un meilleur potentiel de purification. Les AGPI sont connus pour jouer un rôle important dans la réduction des maladies cardio-vasculaires, l'obésité, le métabolisme des cellules comprenant la régulation de

la fluidité membranaire, le transport des électrons et de l'oxygène (**Harwood ,Guschina,2009**).

II.3.6.Les vitamines

Les micro-algues représentent aussi une précieuse source de presque toutes les vitamines essentielles (par exemple, A, B1, B2, B6, B12, C, E, nicotinate, biotine, acide folique et acide Pantothénique). En outre, les polysaccharides sulfatés de micro-algues peuvent être utilisés dans les thérapies comme “antiadhésifs” contre les infections bactériennes chez les animaux à sang froid et à sang chaud (**Person ,2010**).

II.4. Statut nutritionnel

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux. La fraction minérale peut représenter jusqu'à 36 % de la masse sèche. La diversité des éléments représentés est énorme : calcium, sodium, magnésium, potassium, phosphore, iode, fer, zinc, etc.

II.4.1.L'iode

L'effet de l'iode des algues brunes sur la thermogénèse et la lipogénèse est lié à son incorporation dans la structure moléculaire des deux hormones thyroïdiennes : la T3 et la T4. Cette sécrétion endocrine contrôle les grandes fonctions vitales dont la thermogénèse et l'homéostasie glucidique et lipidique qui sont étroitement liées à la prise de poids. Il a été montré notamment, sur des cellules humaines in vitro, que ces hormones thyroïdiennes ont une action sur la régulation des gènes de l'obésité (**Freake et al., 1995; Viguerie et al., 2002 ; Person ,2010**).

Matériels et méthodes

I-Protocole expérimental

Le travail a porté sur des rats adultes mâles de type « Wistar » élevés à l'animalerie au niveau du département de Biologie, Faculté des sciences de la nature, de la vie, de la terre et de l'univers, Université de Tlemcen. L'étude a été réalisée au niveau du laboratoire physiologie, physiopathologie et biochimie de la nutrition (PPABIONUT) sous la direction de Mme Merzouk H.

Les rats sont maintenus dans des conditions favorables d'élevage à une température de 25 à 30°C et un taux d'humidité entre 60 et 70%. Ces animaux sont nourris par le régime standard à 19 % de protéines, fabriqués par l'ONAB (Office Nationale d'Aliment de Betail, Remchi Wilaya de Tlemcen), et boivent de l'eau de robinet à volonté.

II-Préparation du régime

Les rats adultes de poids initial (220 ± 5) consomment le régime algue (10% biomasse mélangé à 90% régime standard) pendant une période de deux mois.

Les rats mâles âgés de quatre semaines environ ont été repartis en 4 lots de quatre rats chacun. Ces derniers, reçoivent pendant deux mois d'expérimentation soit le régime standard enrichi en algues vertes (*Nannochloropsisgaditana*) riche en acides gras polyinsaturés de la famille ω -3 et ω -6, soit le régime cafeteria enrichi ou non en algues vertes. Le régime cafeteria est composé de 50% de régime standard et 50% d'un mélange de pâté- biscuits secs -fromage râpé – chips – chocolat –cacahuètes dans les proportions 2-2-2-1-1-1 selon le protocole de(**Darimont et al., 2004**). Ce régime hyper lipidique et hypercalorique induit une hyperphagie suivie d'une prise de poids rapide chez le rat Wistar.

Ainsi, quatre lots sont constitués :

-TS : lot témoin constitué de quatre mâles consommant le régime standard commercial (ONAB).

-TA : lot témoin constitué de quatre mâles consommant le régime standard commercial (ONAB) supplémenté en algues vertes (*Nannochloropsisgaditana*) comme complément alimentaire.

- **CS** : lot expérimental constitué de 4 mâles consommant le régime cafeteria.

- **CA** : lot expérimental constitué de 4 mâles consommant le régime cafeteria enrichie en algues vertes (*Nannochloropsis gaditana*).

Les rats consomment le régime algue (10% biomasse mélangé à 90% régime) pendant une période de deux mois ; Afin de stimuler la prise alimentaire, un sachet de vanille a été ajouté au régime (1 sachet pour 60g de régime). Le poids des rats et la nourriture sont notés quotidiennement. La nourriture ingérée est pesée tous les jours. Les urines sont collectées durant des périodes de 7 jours du mois d'expérimentation puis centrifugées et conservées à 4°C après l'ajout du thymol/isopropanol à 10%, en vue des différents dosages biochimiques .

III-Analyses biochimiques

III.1. Détermination des teneurs en créatinine (kit chronolab Espagne)

La créatinine urinaire est dosée par la méthode de Jaffé basée sur la réaction de l'acide picrique avec la créatinine en milieu basique formant un complexe coloré en jaune orange. L'intensité de la coloration est mesurée à une longueur d'onde de 530 nm.

III.2. Détermination des teneurs en urée

L'urée urinaire est dosée par une méthode colorimétrique basée sur l'utilisation du diacétylmonooxine et des ions Fe^{+3} (**kit chronolab** Espagne). En présence d'ions Fe^{+3} et d'un réducteur, l'urée réagit avec le diacétylmonooxine pour donner un complexe coloré en rose. La coloration obtenue est proportionnelle à la quantité d'urée présente dans l'échantillon. La lecture se fait à une longueur d'onde de 525 nm.

III.3. Détermination des teneurs en acide urique

L'acide urique ou urinaire est dosé par une méthode colorimétrique. L'acide urique est dosé par réduction d'un réactif phosphotungstique en milieu alcalinisé par le carbonate de sodium. L'intensité de la coloration bleue obtenue est mesurée à une longueur d'onde égale à 620 nm (**kit chronolab** Espagne).

III.4. Détermination des teneurs en protéines

Les protéines totales au niveau des urines sont dosées par une méthode colorimétrique. Un complexe de protéines violet-bleu intensive avec des sels de cuivre dans un milieu alcalin. L'intensité de la couleur obtenue est proportionnelle à la concentration de protéines totales dans l'échantillon, mesurée à une longueur d'onde de 540 nm.

IV-Analyse statistique

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm erreur standard. Après analyse de la variance, la comparaison des moyennes est réalisée par le test ANOVA à un facteur. Cette analyse est complétée par le test de Tukey afin de classer et comparer les moyennes deux à deux. Cette analyse est réalisée grâce au logiciel STATISTICA, version 4.1 (**STATSOFT, TULSA, OK**).

les moyennes indiquées par les lettres différentes (a,b,c,d) sont significativement différents ($p < 0,05$).

Résultats et interprétations

I- Poids corporel, gain pondéral et Nourriture ingérée exprimé en (g/j/rat) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

I.1. Evolution de poids corporel (Tableau 1 en annexe et Figure 2)

Au cours des bilans nutritionnels BI (première semaine) et BII (quatrième semaine), les variations du poids corporel sont déterminées chez les rats nourris aux différents régimes et sont notées quotidiennement le matin à la même heure au cours de la période d'expérimentation. En effet, le poids corporel des rats mâles consommant le régime cafeteria montre une augmentation hautement au BI et BII comparé aux témoins consommant le régime standard.

L'enrichissement du régime cafeteria en algue verte chez les rats expérimentaux (CA) provoque une diminution significative ($p < 0,05$) du poids corporel par rapport aux rats obèses sous régime cafeteria (CS) (figure 2).

I.2. Gain pondéral (Tableau 1 en annexe et Figure 2)

Le gain de poids, exprimé en g, représente la différence entre le poids final et le poids initial des rats. Au cours des bilans (BI et BII), les rats nourris au régime cafeteria (CS) présentent une prise de poids hautement significative ($p < 0,01$) par rapport aux témoins (TS). Cependant, le poids corporel des rats nourris au régime cafeteria enrichi en algue verte diminue significativement ($p < 0,05$) par rapport aux rats obèses sous régime cafeteria (figure 2).

I.3. Nourriture ingérée (Tableau 1 en annexe et Figure 2)

Au cours des bilans nutritionnels BI (première semaine). Les rats recevant le régime standard enrichi en algue verte (TA) présentent une quantité de nourriture ingérée significativement ($p < 0,05$) plus importante comparés aux autres lots de rats. Par contre durant le bilan BII (quatrième semaine) les rats obèses recevant le régime cafeteria (CS) présentent une quantité de nourriture ingérée significativement ($p < 0,05$) plus importante. Ainsi une supplémentation en algue verte diminue la prise alimentaire chez les rats obèses (Figure 2).

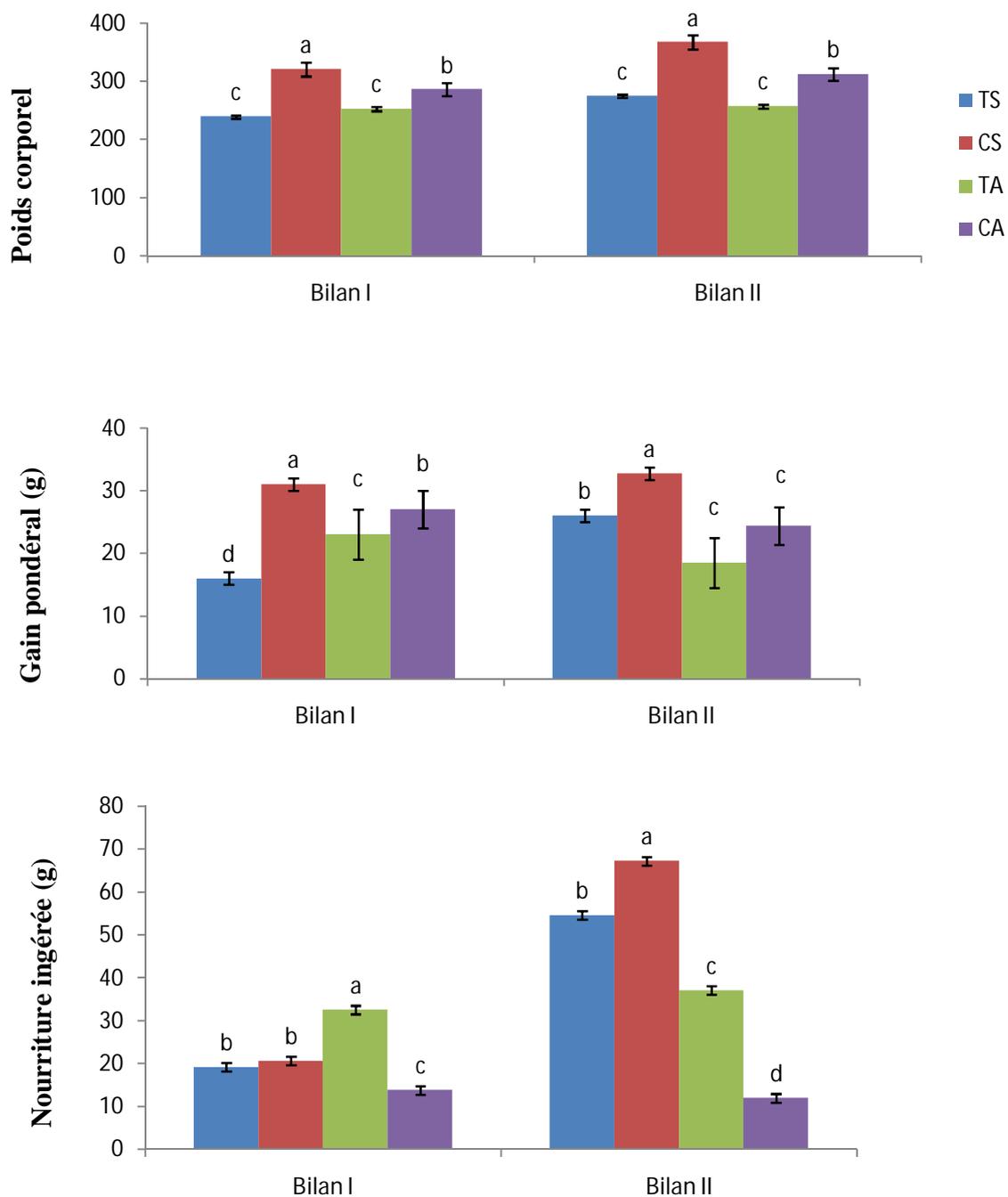


Figure 2 : Poids corporel, Gain pondéral et Nourriture ingérée exprimé en (g /j/rat) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=4. TS : régime témoins standard ; TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes.

Les multiples comparaisons sont réalisées par le test ANOVA. a, b, c, d, indiquent les différences significatives obtenues entre les différents régimes (P< 0,05) dans le même groupe.

II- Croissance relative et Coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux. (Tableau 1 en annexe et Figure 3)

Le coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) est déterminé en faisant le rapport entre le gain de poids (g) et la quantité d'aliment consommé par jour (Il traduit le rendement avec lequel l'aliment est assimilé) sont similaires dans le groupe de rat sous régime algue et témoin au cours du bilan I et bilan II. Les régimes à base d'algues ont été bien digérés et bien assimilés par les rats. Ceci concerne aussi bien pour la Croissance relative ou une élévation significative concernant la croissance relative chez les rats sous régime témoins enrichi en algue verte par rapport aux rats sous régime cafétéria (CS), au cours du bilan BII, les rats obèses sous régime algue abaisse la croissance relative comparés aux rats obèses sous régime cafeteria (figure 3).

III- Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine (Tableau 2 en annexe, Figure 4)

Au cours des bilans nutritionnels BI (première semaine) et BII (quatrième semaine), Les teneurs en protéines urinaires (exprimée en g/l) présentent une élévation très significative chez les rats obèses nourris au régime cafétéria enrichi en algue verte comparés aux autres lots de rats. Cette augmentation significative concerne aussi bien pour les teneurs en acides uriques urinaires. Par contre, les teneurs en urée urinaire diminuent d'une manière très significative chez les groupes de rats obèses sous régime cafeteria. L'enrichissement du régime cafeteria en algue verte chez les rats expérimentaux (CA) provoque une augmentation significative ($p < 0,05$) des teneurs en urée par rapport au rat obèse sous régime cafeteria (CS) (figure 4).

De même, nos résultats ne montrent aucune différence significative concernant les teneurs urinaires en créatinine et en urée suite à un enrichissement du régime cafeteria en algue verte.

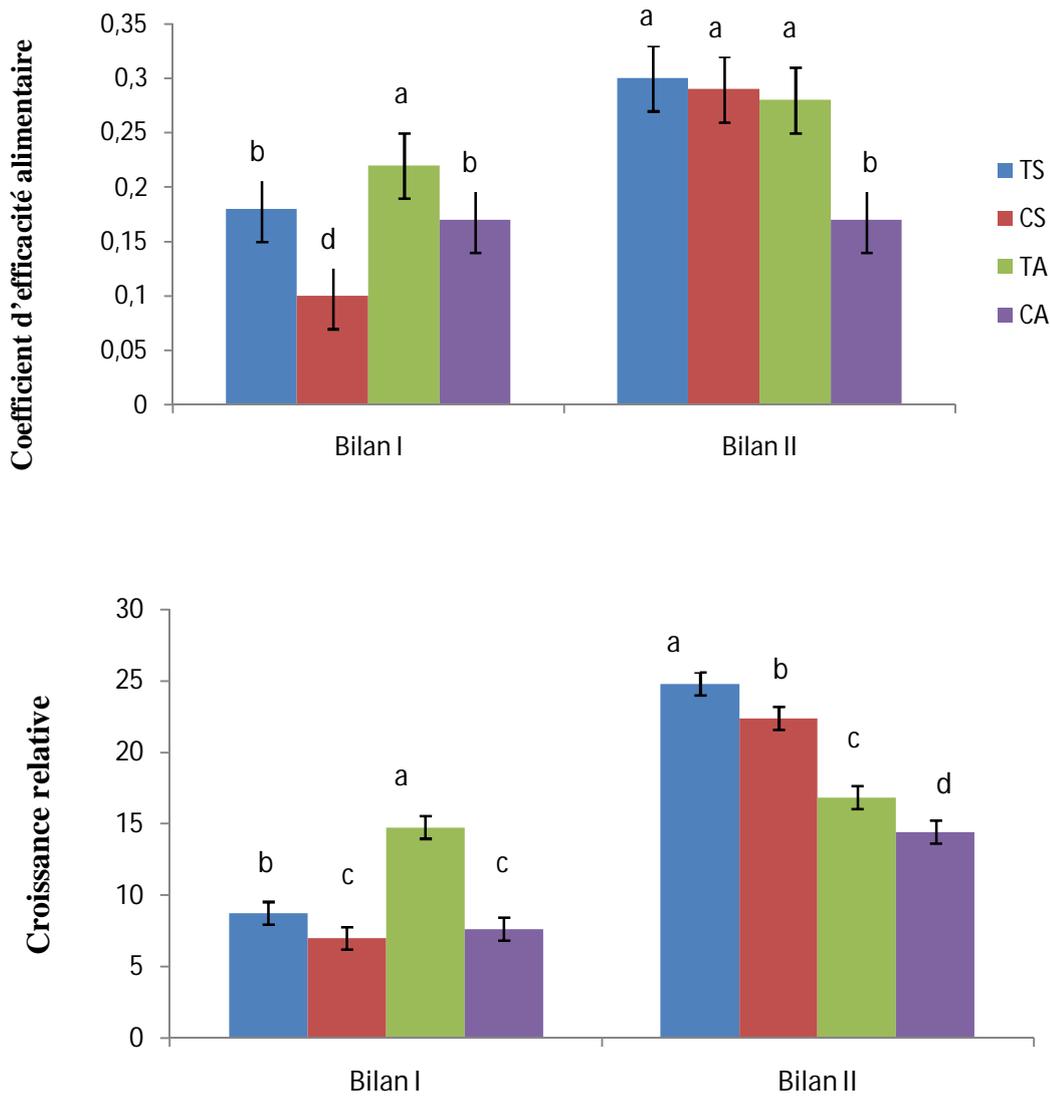


Figure 3 : Coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) et croissance relative au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=4. TS : régime témoins standard ; TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes.

Les multiples comparaisons sont réalisées par le test ANOVA. ^{a, b, c, d,} indiquent les différences significatives obtenues entre les différents régimes (P < 0,05) dans le même groupe.

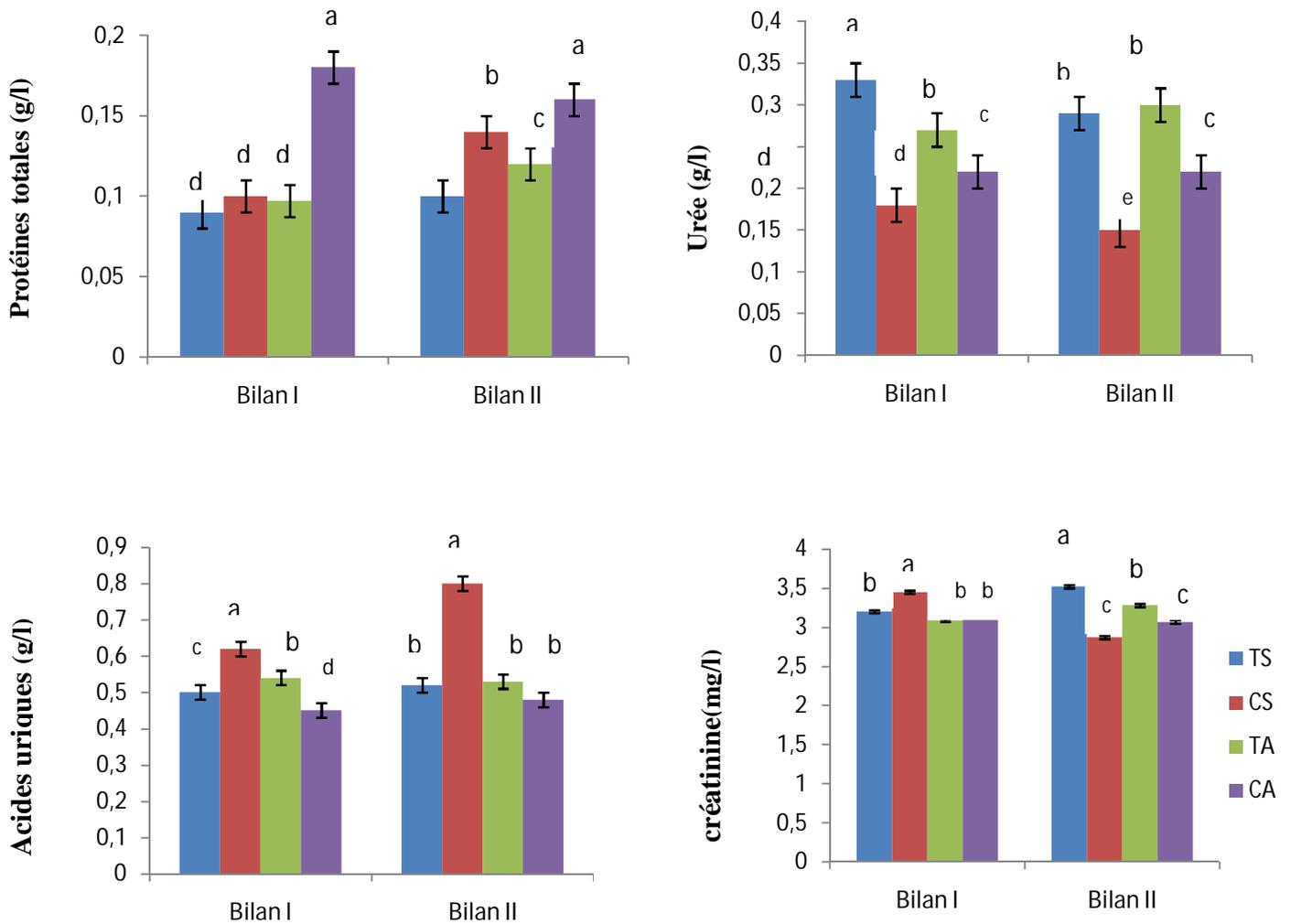


Figure 4 : Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES, n=4. TS : régime témoins standard ; TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes.

Les multiples comparaisons sont réalisées par le test ANOVA. a, b, c, d, indiquent les différences significatives obtenues entre les différents régimes ($P < 0,05$) dans le même groupe

Discussion

La surcharge pondérale et l'obésité sont un des fléaux de notre société en ce début du 21^{ème} siècle. Elle touche aujourd'hui près de 10 % de la population mondiale. Selon les résultats de la cinquième édition de l'enquête nationale ObEpi. L'obésité est un état caractérisé par un excès de masse adipeuse répartie de façon généralisée dans les diverses zones grasses de l'organisme.

De plus, il a été démontré qu'un régime hyper lipidique induit une obésité même en absence d'un excès calorique, indiquant une importante efficacité métabolique des régimes hyper gras **(Pellizzon et al., 2002 ; ailhaud et hauner, 2004)**.

Le régime cafeteria est un régime hyper lipidique dont 45 des lipides totaux sont des acides gras saturés et 12% des acides gras polyinsaturés **(Berraondo et al., 2000)**. Les constituants du régime cafeteria ont été choisis afin de mimer les comportements alimentaires observés chez l'homme. Ils correspondent à des aliments variés : chocolat, chips, pâté, biscuit, lardons alimentaires standard.

Les produits d'origine naturelle occupent une place importante dans la découverte de nouveaux médicaments. On estime que près de 50% des agents thérapeutiques utilisés actuellement proviennent de sources naturelles (plantes, champignons, animaux, algues, etc.). On estime également que moins de 10% des espèces végétales ont été étudiées pour leurs activités biologiques **(Balunas et Kinghorn, 2005)**. Cela pourrait mener à la découverte de nouveaux agents thérapeutiques **(Lioret, 2010)**. Ces algues occupent une place importante dans le milieu marin d'où leur abondance et leur accessibilité. Ce sont des organismes peu évolués, dépourvus d'armes de défense, qui vivent dans des conditions environnementales et écologiques sévères (pression, salinité, absence de lumière, compétence inter et intra spécifique...) De nombreux travaux ont porté sur la mise en évidence de plusieurs activités pharmacologiques de ces molécules bioactives tel que l'effet antibactérien, antiviral, antifongique **(El Gamal, 2010)**.

La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de trois grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines), mais également par la présence de métabolites présentant ainsi des propriétés anti oxydantes et anti radicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés, qui pourraient être mises à profit dans la prévention ou le traitement de maladies dégénératives comme certaines

formes de cancer, maladies cardiovasculaires, ophtalmiques, diabète ou obésité liées au stress oxydatif(Lahaye et Kaeffer,1997).

Dans le but de promouvoir la santé, de lutter contre l'obésité, et de ralentir sa progression, il est primordial d'essayer de comprendre cette maladie et les raisons de l'installation d'un surpoids, par la compréhension de mécanismes à la base des anomalies associées à son développement. La prévention nutritionnelle est une des stratégies utilisées pour empêcher le développement de l'obésité, grâce à des régimes alimentaires spéciaux. L'importance des changements qualitatifs, tels que la composition et la nature des acides gras de nombreux aliments constitue actuellement une méthode importante dans la prévention des maladies métaboliques telle que l'obésité. Les algues vertes présentent un intérêt nutritionnel en termes d'apport en acides gras polyinsaturés (AGPI). En effet, plusieurs études ont souligné les bienfaits de ces algues sur l'obésité, les maladies cardiovasculaires, le diabète, l'hypercholestérolémie et l'hypertension par leurs richesses en antioxydants, en fibres et en phytostérols et en en acides gras polyinsaturés (ω -3 et ω -6) qu'elles contiennent. Pour cela, nous avons utilisé un modèle animal d'obésité expérimentale et nutritionnelle, le rat « Wistar » soumis à un régime hypercalorique et hyperlipidique, nommé régime cafeteria enrichi en microalgues vertes.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'impact de ces algues vertes sur l'évolution pondérale des rats« Wistar » obèses et leurs métabolismes biochimiques. Les différents régimes sont suivis pendant 2 mois. A la fin de l'expérimentation, l'urine est récupéré pour déterminer les paramètres biochimiques urinaires (les protéines totales, la créatinine, l'urée, et l'acide urique).

Au cours des bilans nutritionnels BI (première semaine) et BII (quatrième semaine), les variations du poids corporel sont déterminées chez les rats témoins nourris au régime standard et chez les rats obèses sous régime ou non en algue verte et sont notées quotidiennement le matin à la même heure au cours de la période d'expérimentation.

Nos résultats, montrent que les rats expérimentaux montrent une croissance pondérale normale avec un gain moyen quotidien normal durant la première semaine et la quatrième semaine d'observation. En effet, le poids corporel des rats mâles consommant le régime cafeteria montre une augmentation hautement au BI et BII comparé aux témoins consommant

le régime standard. Il est clairement établi que la consommation d'un régime alimentaire riche en lipides conduit à l'augmentation de masse grasse (**West et al. ,1998**).

L'enrichissement du régime cafeteria en algue verte chez les rats expérimentaux (CA) provoque une diminution significative ($p < 0,05$) du poids corporel par rapport aux rats obèses sous régime cafeteria (CS). Les gains de poids et les ingestions considérables obtenues, nous indiquent l'impact positif sur la croissance des rats lors de l'ingestion des régimes enrichi en algues riches en acides gras polyinsaturés de la famille des n-3. Ces résultats sont en accord avec les résultats de (**Proenza et al.,1992**) .

Par ailleurs, nos résultats montrent que les rats obèses recevant le régime cafeteria (CS) présentent une quantité de nourriture ingérée significativement plus importante au cours des bilans nutritionnels par rapport aux rats témoins. Cette augmentation est due aux facteurs nutritionnels mais aussi par des stimulations sensorielles qui pourraient influencer directement le contrôle central du comportement (**Louis-sylvestre ,1984**). Ainsi une supplémentation en algue verte diminue la prise alimentaire chez les rats obèses.

La croissance relative des rats est également un indicateur important de détérioration de l'état de l'animal. Elle représente le gain pondéral moyen par rapport au poids initial pendant la période d'observation, et donc reflète mieux les variations du poids corporel au cours du temps. La croissance relative montre une augmentation chez les rats sous régime témoins enrichi en algue verte par rapport aux rats sous régime cafétéria (CS), au cours du bilan BII, les rats obèses sous régime algue abaisse la croissance relative comparés aux rats obèses sous régime cafeteria. Les microalgues vertes montrent un effet bénéfique et améliorent les troubles métaboliques associés à l'obésité où une diminution des teneurs lipidiques est observée chez les rats obèses.

Les coefficients d'Efficacité Alimentaire (CEA : le rendement avec lequel l'aliment est assimilé) et la digestibilité apparente des régimes (DA : les substances qui sont retenues dans l'organisme et rejetées dans les fèces) sont similaires dans le groupe de rat sous régime algue et témoin au cours du bilan I et bilan II. Les régimes à base d'algues ont été bien digérés et bien assimilés par les rats.

Les paramètres biochimiques sont aussi analysés chez les rats obèses afin déterminer l'effet de ces algues sur le métabolisme au cours de l'obésité. La créatinine, l'urée et l'acide urique constituent d'excellents marqueurs de la fonction rénale, leur augmentation ou leur diminution reflète un dysfonctionnement rénal.

La créatinine est le meilleur marqueur de la fonction rénale. Elle est formée dans l'organisme par déshydratation non enzymatique de la créatine synthétisée par le foie et stockée dans le muscle. Un taux sérique élevé en créatinine (associé à un taux élevé en urée) traduit une diminution de la filtration glomérulaire. L'acide urique, représente un autre marqueur de la fonction rénale. Il est le produit final du catabolisme des purines (adénosine et guanidine) endogènes et exogènes (origine alimentaire). Le taux d'acide urique dans le sérum peut augmenter lors de désordres métaboliques, troubles nutritionnels, ou d'atteintes rénales. L'urée, un autre marqueur reflétant la fonction rénale, provient de la destruction des protéines. Elle est entièrement filtrée par les glomérules. Son taux sanguin reflète le fonctionnement global des reins.

Nos résultats ont montré, que les teneurs en protéines urinaires sont augmentées chez les rats obèses nourris au régime cafétéria enrichi en algue verte comparés aux autres lots de rats. En effet selon les auteurs parmi les protéines algales: les phycobiliprotéines, sont les principaux pigments de ces algues et font partie du système de collecte de l'énergie lumineuse. Les phycobiliprotéines (phycocyanine de spiruline et phycoerythrine des algues rouges) possèdent par ailleurs des propriétés antioxydantes qui pourraient être mises à profit dans la prévention ou le traitement de maladies dégénératives : certaines formes de cancer, maladies cardiovasculaires ou ophtalmiques liées au stress oxydatif (**Fan-jie et al., 1984 ; Gonzalez et al., 1999 ; Brown et al., 2000**).

De ces résultats, il apparaît clairement que, les microalgues vertes riches en AGPI n-3 ont des effets bénéfiques sur les altérations métaboliques chez les obèses. Leurs intégration comme complément alimentaire peut participer à améliorer le profil métabolique et réduire l'incidence de l'obésité et ses complications à long terme.

Conclusion

Au cours de ces dernières années la prévalence de l'obésité a augmenté d'une façon exponentielle dans les pays industrialisés et en développement le phénomène de l'obésité est complexe et multifactoriel et les facteurs majeurs de cette prévalence c'est l'excès de calories.

Pour cela nous avons utilisé le rat « wistar » comme un modèle d'obésité nutritionnelle, par le régime cafétéria, régime hyper lipidique et hypercalorique et régime cafétéria enrichi en algues vertes pendant deux mois, afin d'étudier l'efficacité nutritionnelle des algues vertes sur quelques paramètres biochimiques urinaires.

Les résultats obtenus indiquent une augmentation du poids corporel chez les rats obèses nourris au régime cafeteria. Les microalgues vertes montrent un effet bénéfique et améliorent les troubles du poids corporel associés à l'obésité où une chute est observée chez les rats obèses nourris aux régimes algues vertes.

De plus, l'évolution similaire entre les rats témoins et expérimentaux montre l'effet positif des algues vertes. De ces résultats il ressort que les algues riche en AGPI de la famille oméga 3 peuvent constituer une thérapie nutritionnelle efficace et peuvent être exploitées dans la prévention et le traitement des complications associées à l'obésité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Adams et Al. (2003).** Prévalence De L'hypertension Artérielle A 18 Ans Chez Des Garçons Philippins. 41 :91-108
- **Afssa (2003).** Acides Gras De La Famille Oméga-3 Et Système Cardiovasculaire : Intérêt Nutritionnel Et Allégations.
- **Ailhaud et Guesnet (2004).** Fatty Acid Composition Of Fats Is An Early Determinant Of Childhood Obesity : A Short Review And An Opinion.
- **Ailhaud G (2008).** Apports Lipidiques Et Prise De Poids : Aspects Qualitatifs. Ocl. 15 : 37-40.
- **Ailhaud G , hauner H (2004).** Developpement of white adipose tissue. In: Bry AG ,Bouchard C eds. Handbook of obesity :Etiology and Pathophysiology , Second Edition . New York:Marcel Dekker, Inc:(chapitre17)481-514
- **Asrid R (1999).** Inserm , Unité 317 Chu Rangueil, Toulouse. Etude D'un Système Enzymatique Impliqué Dans Le Développement De L'obésité Induite par Un Régime Riche En Lipide.
- **Balunas MJ et Kinghorn (2005).** Drug disco- very medicinal plants. *Life science*, 78, 431)
- **Bazan Ng (2007).** Lipid Signaling In Neural Plasticity, Brain Repair, And Neuroprotection. *Mol Neurobiol.* 32: 89-104.
- **Berraondo B, Martin A, Duncan J (2000).** Up- regulaion of muscle UCP2 gene expression by a new β -adrenoceptor agonist, trecadine, in obese (cafeteria) rodents, but down-regulation in lean animals. *Int J Obes Relat Metab Disord* .24(2):156-163.
- **Boyce J.A (2005).** Eicosanoid Mediators Of Masts Cells : Receptors, Regulation Of Synthesis, And Pathobiologic Implications. *Chem. Immunol. Allergy*, 87 , 59-79.
- **Brown SA, Brown CA, Crowll WA (2000).** Effects of dietary polyunsaturated fatty acid supplementation in early renal insufficiency in dogs .*J Lab Clin Med* ,2000,135(3),275-86.
- **Clement et Langin, (2004).** L'obésité, Maladie Inflammatoire? Institut National De La Santé Et De La Santé Et De La Recherche Médicale (France).
- **Cleyssac Elsa (2011).** Mesure De L'insulino-Résistance Au Cours Du Développement De L'obésité Avec Un Traceur Radioactif Du Transport Du Glucose : Le[125i]-6-Déoxy-6-Iodo-D-Glucose.

- **Cnera-Cnrs (2001).** Apports Nutritionnels Conseillés Dans La Population Française, 3^{ème} Edition.
- **Cuvelier C, Cabaraux J, Dufranse I, Hornick J, Istasse L (2004).** Nutrition, Département Des Productions Animales, Faculté De Médecine Vétérinaire, Université De Liège B43, Sart-Tilman, 4000 Liège, Belgique.
- **Darimont C, Yurini M, Epitiaux M, Zbinden I, Richelle M, Montel E, Martinez AF, Mace K (2004).** B3- adrenoceptor agoinsnt prevents alterations of muscle diacylglycerol and adipose tissue phospholopis induced by a cafeteria-diet. *Nutrition metabolism- 1*: 4-12.
- **Di Marzo,V et Petrosino,S (2007).** Endocannabinoids And The Regulation Of Their Levels In Health And Disease. *Current Opinion In Lipiodology.* 18(2): 129-40.
- **El Gamal A.A , (2010).** Biological importance ofmarine algae. *Saudi. Pharm. J.*, 18, 1-25.).
- **Fan-jie Z, Zi-xuan Y, Li-jin J (1984).** Isolation and characterization of R-phycoyanin from Polysiphonia urceolata. *Hydrobiologia* 116/117:594-6
- **Freake HC, Oppenheimer JH (1995) .**Thermogenesis and thyroid function. *Annu Rev Nutr* 15: 263-91
- **Gonzalez R, Rodriguez S, Romay C, et al. (1999).** Anti-inflammatory activity of phycoyanin extract in acetic acid-induced colitis in rats. *Pharmacological Research* 39: 55-9
- **Harwood JL, Guschina IA (2009).** The versatility of algae and their lipid metabolism. *Biochimie*;91:679-84
- **Hill AM ,Buckley JD,Murphy KJ (2007).**combining fish-oil supplements with regular aerobic exercise improves body composition and cardiovascular disease risk factors.*Am J Nutr* 85 ,1267-1274.
- **Hosokawa M, Kudo M, et al .(2004)**. Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPARgamma ligand, troglitazone, on colon cancer cells. *Biochim Biophys Acta* 18;1675(1-3):113-9.
- **Jiménez-Escrig A, Sanchez-Muniz FJ(2000).** Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*;20(4):585-98.
- **Jones PJ, MacDougall DE, et al. (1997)** March Dietary phytosterols as cholesterol-lowering agents in humans*Can J Physiol Pharmacol*;75(3):217-27.

- **Kim H.Y., Bigelow J., Kevala J.H (2004).** Substrate Preference In Phosphatidylserine Biosynthesis For Docosahexaenoic Acid Containing Species. *Biochemistry*, 43, 1030-6.
- **Lioret J , (2010) .**Human health benefits suppliedby Mediterranean marine biodiversity. *Marine Pollution bulletin*, 60, 1640-1646.).
- **Louis-sylvestre J (1984).**Mécanisme de l'induction de hyperphagie e de l'obésité par régime cafétéria .*Cahier de Nutrition et de Diététique*.4:197-204.
- **Louis-Sylvestre J (1983).** Mecanisme De L'induction De L'hyperphagie Et De Diététique. (4) :197-204.
- **Michel C, Benard C, Lahaye M, et al. ,(1999)** Les oligosides algaux comme aliments fonctionnels : étude in vitro de leurs effets cellulaires et fermentaires. *Sci Aliments* 19: 311-32
- **Migrenne S., Magnan. C (2006).** Rôles Physiologiques Des Endocannabinoïdes Dans Le Contrôle De L'homéostasie Energétique. *Alimentation, Hygiène De L'alimentation, Nutrition*. Pp. 217-225.
- **Morrupa.S.M.W.Gc (1990):** Hill Department Of Genetics, University Of Edinburgh Eh93jn.G⁺. *Britain*. 24, (3): 259-271.
- **Murata M, Nakazoe JI (2001)** Production and use of marine algae in Japan *JARQ* 35(4): 281-90
- **Niu S.L., Mitchell D.C., Lim S.Y, et al., (2004).** Reduced G Protein-Coupled Signaling Efficiency In Retinal Rod Outer Segments In Response To N-3 Fatty Acid Deficiency. *J. Biol. Chem.* 279 : 31098-104.
- *Obes Rev.* 5 : 21-6.
- **OMS (2003).** Série De Rapports Techniques. Obésité : Prévention Et Prise En Charge De L'épidémie Mondiale. Genève, Organisation Mondiale De La Santé.
- **Park Sky, kim Yw, Kim Jy, Jang Ec, Doh Ko, Lee Sk (2001).** Effect Of Hight fat Diet On Insulin Resistance: Dietary fat versus Visceral fat Mass. *J.Korean Med. Sci.*; 16:386-390.
- **Pellizzon M,Buisson A ,Ordis F,Santa A, Jen KC al.,(2002).**Effets of dietary fatty acid and exercise on body –weightt regulation and metabolism in rats .*Obes Res* .10:945-955.

- **Persson julie (2010)**.livre turquoise future des algues.p ;7,8,41.
- **Porta (2008)**. Acides Gras Poly-Insatures, Activation Des Rrecepteurs Nucleaires Ppar-Alpha, Regime Cetogene : Effet Antconvulsivant Chez Le Rongeur.
- **Pouteau E, S Turner, O Aprikian, M Hellerstein, M Moser, C Darimont, Lb Fay And K Mace (2008)**. Time Course And Dynamics Of Adipose Tissue Development In Obese And Lean Zzcker Rat Pups. International Journal Of Obesity. 32: 648-657.
- **Proenza AM,Llado I, Serra F,(1992)** .Tissue composition in persistent dietary obesity after early and adulthood overfeeding in the rat .Arch Int Phisiol Biochim Biophys.1992 ;100(2):147-154.
- **Rodgers P.J., Blundell J.E, (1980)**. Investigation Of Food Selection End Meal Parametres During That Development Of Dietary Induced Obesity. Appetite, 1980, 1, 85-88.
- **Shaikh S.R., Dumauual A.C., Castillo A et Al (2004)**. Oleic And Docosahexaenoic Acid Differntially Phase Separate From lipid raft molecules : A comparative nmr, dsc, afm, and detergent extraction study. Biophys. J. 87, 1752-66.
- **Storlien Lh, Higgins ja, Thomas tc, brown ma, wang hq, huang xf, else pi (2000)**. Diet composition and insulin action in animal models. Br. J. Nutr., 83 (suppl 1): S85-S90.
- **Thaler J.P et al. (2012)**. Obesity Is Associated with Hypothalamic injury in rodents and humans . 122: 153-62.
- **Unger Rh (2003)**. The physiology of cellular Liporegulation. Annu Rev Physiol. 65: 333-347.
- **Viguerie N, Millet L, Avizou S, et al. (2002)** Regulation of human adipocyte gene expression by thyroid hormone. J Clin Endocrinol Metab 87(2): 630-4
- **Von Diemen V, Trindade En Roberto M, Trindade M(2006)**. Experimental Model to induce obesity in rats. Acta Cir Bras. 21(6): 58-73.
- **West DB,York B, (1998)**.Dietary fa, genetic perdisposition, and obesiy:lessons from animal models .Am J Clin Nutr 67,505S-512S.
- **Yuan YV, Carrington MF, Walsh NA(2005)**. Extracts from dulse (Palmaria palmata) are effective antioxidants and inhibitors of cell proliferation in vitro. *Food Chem Toxicol* ;43(7):1073-81.

- **Zhao Mei, Liu Zhicheng et Sun Jing (2000).** The Time-effect of central Action In Acupuncture Treatment For Weight Reduction. Journal Of Traditionnel Chinese Medecine. 20(1), 26-9. Gera : (70648). Second Clinical College Of Nanjing University Of Tcm And Pharma-Cology; Nanjing, China.

Annexes

Tableau 1 : Poids corporel, et Nourriture ingérée exprimé en (g/j/rat) au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

	Bilan I				Bilan II			
	TS	CS	TA	CA	TS	CS	TA	CA
Poids corporel (g)	239,25 ± 2,87c	320,72 ± 12,07a	252,55± 3,44 c	286,15 ±10,11 b	274,6± 10,69c	367,24 ± 19,32a	257,12± 10,69c	312±10,22 b
Gain pondéral (g)	19,25 ± 2	20,72 ± 3,54	32,55 ± 3,17	13,85± 2,09	54,6± 3,09	67,24 ± 5,30	37,12± 3,09	12±0,20
Nourriture ingérée (g/j/rat)	16 ± 5.00d	31 ± 1,09a	23 ± 4c	27± 3 b	26± 2,50b	32,70± 1,06a	18,5± 1,18c	24,36± 4,77b
CEA	0,18 ± 0,03b	0,1± 0,02c	0,22 ± 0,03a	0,17 ± 0,01b	0,30 ± 0,03a	0,29 ± 0,01a	0,28 ± 0,01a	0,17 ± 0,01b
Croissance relative	8,75 ± 0,80b	7 ± 0,80b	14,77 ± 1,11a	7,66 ± 0,10b	24,81 ± 2a	22,41± 1,5a	16,87 ± 2,13b	14 ,45 ± 0,3b

Chaque valeur représente la moyenne ± ES, n=4. TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes.

Les multiples comparaisons sont réalisées par le test ANOVA. ^{a, b, c, d,} indiquent les différences significatives obtenues entre les différents régimes (P< 0,05) dans le même groupe.

Coefficient d'Efficacité Alimentaire (CEA) = Gain pondéral (g/jour) divisé par quantité d'aliment consommé par jour (Il traduit le rendement avec lequel l'aliment est assimilé).

Croissance relative= (poids final- poids initial) x 100 / Poids initial.

Tableau 2 : Teneurs urinaires en protéines totales, urée, acides uriques et créatinine au cours des bilans nutritionnels chez les rats témoins et expérimentaux.

	Bilan I				Bilan II			
	TS	CS	TA	CA	TS	CS	TA	CA
Protéines totales (g/l)	0,09 ± 0,01	0,1 ± 0,07	0,097± 0,03	0,18±0,04	0,10± 0,06	0,14 ± 0,01	0,12± 0,09	0,16±0,02
Urée (g/l)	0,33 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,27 ± 0,07	0,22± 0,09	0,29 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,30± 0,02	0,22±0,20
Acide urique (g/l)	0.5 ± 0.06	0.62± 0.01	0.54 ±0.07	0.45 ± 0.05	0.52 ± 0.03	0.80 ± 0.02	0.53 ± 0.07	0,48± 4,77
Créatinine mg/l)	3,2 ± 0, 3	3,45± 0,2	3 ,09 ± 0,1	3,15 ± 0,1	3,52 ± 0,3	2,87 ± 0,12	3,28 ± 0,2	3,07 ± 0,10

Chaque valeur représente la moyenne ± ES, n=4. TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes.

Les multiples comparaisons sont réalisées par le test ANOVA. ^{a, b, c, d,} indiquent les différences significatives obtenues entre les différents régimes (P< 0,05) dans le même groupe.

Résumé

Ce travail vise à comprendre l'effet des algues vertes comme complément alimentaire riche en acides gras polyinsaturés de la famille ω -3 et ω -6 sur l'obésité expérimentale induite par le régime hyperlipidique et hypercalorique nommé régime cafeteria, et ceci, pour prévenir l'obésité et de ses désordres associés. Le but de cette étude est d'évaluer l'impact de ces algues *Nannochloropsis* sur l'évolution pondérale des rats « Wistar » obèses, leur métabolisme biochimique. Pour cela, les rats adultes reçoivent pendant deux mois le régime témoin ou cafeteria enrichi ou non en algues vertes. Nos résultats montrent au cours des bilans (BI et BII) que les rats obèses sous régimes cafeteria ont un poids corporel avec un gain pondéral plus marqués par rapport aux rats témoins. Les microalgues vertes montrent des modifications bénéfiques en diminuant le poids corporel. De plus les rats sous régime algues montrent une bonne croissance relative confirmant la nontoxicité totale de cette algue.

Les paramètres urinaires sont aussi dosés. Nos résultats montrent que les teneurs urinaires en urée sont diminués chez les rats obèses sous régime cafeteria et une augmentation des teneurs urinaires en acide urique et en créatinine. Une supplémentation en algues vertes corrige les troubles métaboliques chez les obèses. En conclusion une intégration comme complément alimentaire en algues vertes pourrait améliorer le profil métabolique et réduire l'incidence de l'obésité et de ses complications à long terme.

Mots clés : algue verte, obésité, oméga 3, ω -6 , paramètres urinaires, rat, régime cafétéria.

Abstract

This work aims to understand the effect of green algae as a dietary supplement rich in polyunsaturated fatty acids of the ω -3 and ω -6 experimental obesity induced by high fat and high calorie diet regime appointed cafeteria , and this, to prevent obesity and its associated disorders . The purpose of this study is to evaluate the impact of these algae *Nannochloropsis* on the weight change of the rats " Wistar " obese , their biochemical metabolism. For this, adult rats received two months the control diet or cafeteria enriched or not in green algae. Our results show in the balance sheet (BI and BII) that obese rats under cafeteria plans have a body weight with a weight more pronounced compared to control rats gain. The green microalgae indicate beneficial changes in decreasing body weight . More algae diet in rats show good growth on confirming the total nontoxicité of this alga .

The urinary parameters were also assayed . Our results show that urinary urea levels are decreased in obese rats in cafeteria diet and an increase in urinary levels of uric acid and creatinine. Green algae supplementation corrects metabolic disorders in obese . In conclusion integration as a dietary supplement in green algae may improve the metabolic profile and reduce the incidence of obesity and its long-term complications.

Keywords: green alga, obesity, omega 3, omega 6, urinary parameters, rat, diet cafeteria.

المخلص

ويهدف هذا العمل لفهم تأثير الطحالب الخضراء كمكمل غذائي غني بالأحماض الدهنية غير المشبعة من السمئة التجريبية ω -6 و ω -3 و الناتج عن ارتفاع الدهون و السرعات الحرارية العالية نظام غذائي عين الكافيتريا ، وهذا، لمنع السمئة والاضطرابات المرتبطة به . الغرض من هذه الدراسة هو تقييم تأثير هذه الطحالب *Nannochloropsis* على تغير وزن الفئران " ويستار " وبيدة، عملية الأيض لديهم البيوكيميائية. لهذا ، تلقت الفئران الكبار شهرين النظام الغذائي السيطرة أو الكافيتريا المخصب أم لا في الطحالب الخضراء . نتائجا تظهر في الميزانية العمومية (BI) و (BII أن الفئران البدناء في إطار خطط الكافيتريا لها وزن الجسم مع الوزن أكثر وضوحا مقارنة للسيطرة على الفئران حسانات. و الطحالب الخضراء تشير إلى تغييرات مفيدة في خفض وزن الجسم. أكثر الطحالب النظام الغذائي في الفئران تظهر نموا جيدا على تأكيد شامل لهذه الطحالب nontoxicité

وبعبار أيضا المعلمات البولية. نتائجا تظهر أن مستويات اليوريا البولية و انخفض في الفئران البدناء في النظام الغذائي الكافيتريا وزيادة في مستويات البول من حمض اليوريك والكرياتينين . الطحالب الخضراء مكملات بتصحيح الاضطرابات الأيضية في السمئة. في الختام التكامل كمكمل غذائي في الطحالب الخضراء قد تحسين صورة التمثيل الغذائي و الحد من حدوث السمئة والمضاعفات على المدى الطويل

الكلمات الرئيسية : التقييمات الغذائية ، الطحالب الخضراء ، والسمئة، أوميغا 3، المعلمات البولية، و الفئران ، والنظام الغذائي الكافيتريا.