

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

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

**Département de Biologie**

**Laboratoire de physiologie, physiopathologie et biochimie  
De la nutrition**

**MEMOIRE**

Présenté par  
**M<sup>lle</sup> Hachemi Zina**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

En vue de l'obtention du diplôme de Master  
En biologie

Option : «Alimentation et Nutrition»

**Thème**

**L'effet des microalgues vertes sur la fonction hépatique chez des rats rendu obèse par un régime hyper lipidique et hypercalorique**

Soutenu le : 01 /06 /2016

devant le jury composé de :

Présidente M<sup>me</sup> BOUANANE S Maitre de conférences, L'Université de Tlemcen.

Encadreur M<sup>me</sup> BABA AHMED FZ Maitre de conférences, L'Université de Tlemcen.

Examinatrice M. BENKALFAT B MAA, L'Université de Tlemcen.





## 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.*

*Je remercie également Mme BENKHALFAT B, 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*

*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 ; Abdelkader et amine*

*Mon père sidi Mohammed et ma sœur Nadjet et son marie*

*Toutes mes amies de l'option de master alimentation et nutrition.*

## Liste des abréviations

**AG** : acide gras

**AA** : acide aminé

**ASAT** : l'aspartate aminotransférase

**ALAT** : l'alanine aminotransférase

**EDTA** : acide éthylène diamine tétra acétique

**GR** : globule rouge

**LCAT** : lécithine/ cholestérol acyle-transférase.

**LDL** : lipoprotéine de haute densité

**NK** : lymphocyte tueurs

**NGG** : néoglucogenèse

**OMS** : organisation mondiale de la santé

**PAL** : phosphate alcalines

**PNNS** : programme national nutrition santé

**RBP** : rétinol binding protéine

**TGO** : transaminase glutamique oxaloacétate

**TGP** : transaminase glutamique pyruvique

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : indice de masse corporel (IMC) d'après petit and Tamiomb (2010).....	<b>7</b>
<b>Tableau2</b> .Acides aminés essentiels de la spiruline en gramme pour <i>100 g de protéines</i> .....	<b>28</b>
<b>Tableau3</b> .Principaux <i>acides gras</i> de Spirulina platensis.....	<b>29</b>
<b>Tableau 4</b> .Les vitamines de la spiruline.....	<b>30</b>
<b>Tableau 5</b> . Les minéraux et oligo-éléments de la spiruline.....	<b>31</b>
<b>Tableau A6</b> .Evolution de poids corporel (g), et la nourriture ingérée (g/j/rat) chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>61</b>
<b>Tableau A7</b> .Poids relatif du foie chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>62</b>
<b>Tableau A8</b> .Teneurs plasmatiques en transaminases (TGP TGO) et en phosphatases alcalines (PAL) chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>63</b>

# Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Anatomie du foie (anonyme).....	<b>8</b>
<b>Figure 2.</b> Schémas présent le mécanisme de la Néoglucogénèse.....	<b>10</b>
<b>Figure 3.</b> Schémas présent le mécanisme Régulation de la Néoglucogénèse.....	<b>12</b>
<b>Figure 4.</b> Schémas présent le métabolisme des Aa.....	<b>14</b>
<b>Figure 5.</b> shémas present le Métabolisme de la bilirubine.....	<b>19</b>
<b>Figure 6.</b> Différentes formes prises par la Spiruline.....	<b>24</b>
<b>Figure 7.</b> Evolution de poids corporel (g), et la nourriture ingérée (g/j/rat) chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>40</b>
<b>Figure 8.</b> Poids relatif du foie chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>41</b>
<b>Figure 9.</b> Teneurs plasmatiques en transaminases (TGP TGO) chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>42</b>
<b>Figure 10.</b> Teneurs plasmatiques en phosphatases alcalines (PAL) et en Albumine chez les rats témoins et expérimentaux.....	<b>43</b>

# Sommaire

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Etat actuel sur le sujet</b>	
<b>I. Généralité sur l'obésité.....</b>	<b>5</b>
1. Les problèmes liés avec l'obésité.....	5
2. Alimentation et l'obésité.....	6
3. Foie et l'obésité.....	6
4. Le foie et ses fonctions .....	6
4.1définition du foie.....	6
4.2les fonctions métaboliques du foie.....	9
4.2.1métabolisme des glucides.....	9
4.2.2métabolisme des protéines.....	11
4.2.3métabolisme des acides aminés.....	13
4.2.4catabolisme protidique.....	15
4.2.5métabolisme des lipides.....	15
4.2.6métabolisme de la bilirubine.....	17
4.2.7hématopoïèse.....	18
4.2.8vitamine.....	18
4.2.9détoxification.....	20
4.2.10effet de premier passage.....	21
<b>II. Généralité sur les algues.....</b>	<b>21</b>
1. La spiruline.....	22
2. l'intérêt de spiruline .....	23
3. caractéristique nutritionnel.....	26

3.1protéine.....	26
3.2lipide.....	26
3.3glucide.....	28
<b>Matériel et méthode</b>	
1. protocole expérimental.....	33
2 préparations du régime.....	33
3sacrifices et prélèvement sanguin.....	34
4les marqueurs de la fonction hépatique.....	34
4.1déterminations de l'activité enzymatique des transaminases glutamique pyruvique.....	34
4.2Déterminations de l'activité enzymatique glutamate oxaloacétate.....	35
4.3Déterminations cinétiques des phosphates alcalins.....	35
4.4dosages de l'albumine.....	36
4.5analyses statistiques.....	36
<b>Résultat et l'interprétation</b>	
1. poids corporel.....	38
2. poids relatif du foie.....	38
3teneur plasmique en transaminase (TGO, TGP).....	38
4teneur plasmique en phosphate alcaline(PAL).....	39
<b>Discutions</b> .....	44
<b>Conclusion</b> .....	51
<b>Référence</b> .....	53
<b>Annexe</b> .....	60
<b>Résume</b>	

# Introduction

L'obésité est devenue une véritable épidémie, qui frappe aussi bien les pays industrialisés que les pays en voie de développement. Le surpoids et l'obésité concernent **1,4 milliard de personnes** de 20 ans et plus dans le monde, d'ici **2030**, le nombre devrait atteindre **3,3 milliards** et font au minimum 2,8 millions de victimes chaque année. Ce qui leur attribut  
Après l'HTA, tabagisme, l'hyperglycémie et l'inactivation physique le cinquième facteur de risque de décès au niveau mondial. **(OMS 2014)**.

Cependant, les conséquences négatives de l'obésité pour la santé physique, psychique et sociales sont bien connus, c'est une source d'inconfort physique, de troubles de la santé dont les principaux sont le diabète de type 2, l'hypertension artérielle, les dyslipidémies, les atteintes cardiovasculaires, le syndrome d'apnée du sommeil, l'arthrose et certaines formes de cancers **(Baccar et al ., 2011)** et donc d'une espérance de vie moindre.

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.

La prévalence de l'obésité est élevée en France et dans les autres pays occidentaux. Cette maladie est associée à un important risque cardiovasculaire. Les répercussions de l'obésité sur le foie, appelées stéatopathies non alcooliques, longtemps négligées, sont aujourd'hui bien connues et font l'objet de multiples études. Les lésions hépatiques s'étendent de la stéatose simple à la stéatohépatite, à la cirrhose et à ses complications propres.

La stéatose est une lésion histologique caractérisée par la présence d'une ou de plusieurs gouttelettes lipidiques au sein de l'hépatocyte (..).

Les recherches actuelles dans le traitement de l'obésité mettent en avant les domaines de la diététique et de l'hygiène de vie en attendant que les nouvelles molécules ont un effet bénéfique sur le profil métabolique et l'insulinorésistance en plus de leur effet sur le poids **(Céline et Serge, 2014)**.

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 antiradicalaires 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**).

Pour mieux comprendre l'effet bénéfique des algues vertes sur l'obésité et le désordre métabolique associé sur le dysfonctionnement de la fonction hépatique, nous avons utilisé un modèle animal d'obésité expérimentale et nutritionnelle, le rat « Wistar » soumis à différents régimes : un régime hypercalorique et hyper lipidique, nommé régime Cafeteria et un régime supplémenté comme complément alimentaire en microalgue vertes.

L'objectif principal de notre étude repose sur le métabolisme de la fonction hépatique chez les rats *Wistar* obèses nourris au régime cafeteria enrichi en algues vertes. Les paramètres à doser sont : les transaminases, les phosphatases alcalines et l'albumine.

# *Etat actuel sur le sujet*

## I. Généralités sur l'obésité

Selon l'organisation mondiale de la santé (**OMS**), l'obésité se définit comme une Accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui entraîne des conséquences néfaste pour la santé (**Who, 2013**).

L'indice de masse corporelle (**IMC**) ou indice de Quételet est la mesure la plus pertinent du surpoids et de l'obésité au niveau d'une population car elle s'applique aux deux sexes et à toutes les tranches d'âge adulte .elle représente le rapport du poids sur le carré de la taille, exprimé en kg/m<sup>2</sup>. un seuil a été fixé a partir duquel, selon les études épidémiologiques ,lorsque l'obésité est dite « morbide » ou cliniquement « sévère » le risque de complication liée a l'obésité est beaucoup plus fréquent et le risque de mortalité augmente de façons très important (**tableau 1**).cette définition fondée sur une relation statistique épidémiologique a un intérêt en terme de santé publique pour définir les population a risque et des stratégies préventives et thérapeutique collectives .

-Le surpoids et l'obésité sont des facteurs de risque majeur pour un certaine nombre de maladies chroniques ,permis lesquelles le diabète ,les maladies cardiovasculaires (MCV) et le cancer ,autrefois considérés comme un problème propre aux pays à revenu élevé, le surpoids et l'obésité augmentent désormais de façons spectaculaire dans les pays à faible ou moyen revenus, surtout en milieu urbain(**OMS,2014**).

### 1. Les problèmes liés avec l'obésité

Certains problèmes de santé physique peuvent être reliés à l'excès de poids et c'est pourquoi l'obésité est présentée comme facteur de risque de maladies chroniques. Les maladies et les problèmes les plus souvent mentionnés dans les diverses études sont le diabète de type 2, la lipidémie anormale (Taux des différents lipides tels cholestérol, triglycérides, phospholipides et acides gras, dans le sang), l'hypertension, les maladies coronariennes, les maladies de la vésicule biliaire et certains types de cancers. L'obésité

augmente aussi les risques de l'apnée obstructive du sommeil, et autres problèmes respiratoires. Sous sa forme extrême, l'obésité morbide engendre des problèmes de santé graves et réduit l'espérance de vie des personnes atteintes. **(Monica, 2011).**

## **2. Alimentation et obésité**

La cause fondamentale de l'obésité ou du surpoids est un déséquilibre énergétique entre les calories consommées et dépensées. Au niveau mondial, on assiste à une grande Consommation d'aliments très caloriques riches en graisses et en sucres mais pauvres en vitamines, en minéraux, en micronutriments, et une baisse de l'activité physique **(OMS, 2011).**

## **3. foie et Obésité**

La stéatose est une lésion histologique caractérisée par la présence d'une ou de plusieurs gouttelettes lipidiques au sein de l'hépatocyte. Cette stéatose est le plus souvent macrovacuolaire. Une large gouttelette refoule alors le noyau de l'hépatocyte en périphérie. La sévérité de la stéatose est évaluée de façon semi-quantitative par l'examen anatomopathologique de la surface du lobule hépatique atteinte, Elle touche 57,5 à 74,0 % des personnes obèses **(Nadège et Gabriel, 2009).**

## **4. Le foie et ses fonctions**

### **4.1 Définition du foie**

Le foie est une glande endocrine et exocrine qui est séparée en deux lobes (chez humaine). En effet, tous les aliments absorbés au niveau intestinal passent par le foie. Le foie filtre, transforme et répartit différents éléments au sein de l'organisme, Le foie joue un rôle essentiel dans l'apport d'énergie aux organes périphériques et le maintien de l'homéostasie en régulant la synthèse ou le stockage de diverses molécules. Il est groupé avec la vésicule biliaire pour agir dans la digestion et la production d'enzymes digestives. Il détruit les

**Tableau 1 : Indice de masse corporel (IMC) d'après petit and tamiomb (2010).**

<b>Etat</b>	<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Normo-pondéral</b>	<b>18,5-24,9</b>
<b>Surpoids</b>	<b>25-29,9</b>
<b>Obésité</b>	
<b>Obésité modérée</b>	<b>30-34,9</b>
<b>Obésité sévère</b>	<b>35-39,9</b>
<b>Obésité massive</b>	<b>40</b>

# Le foie

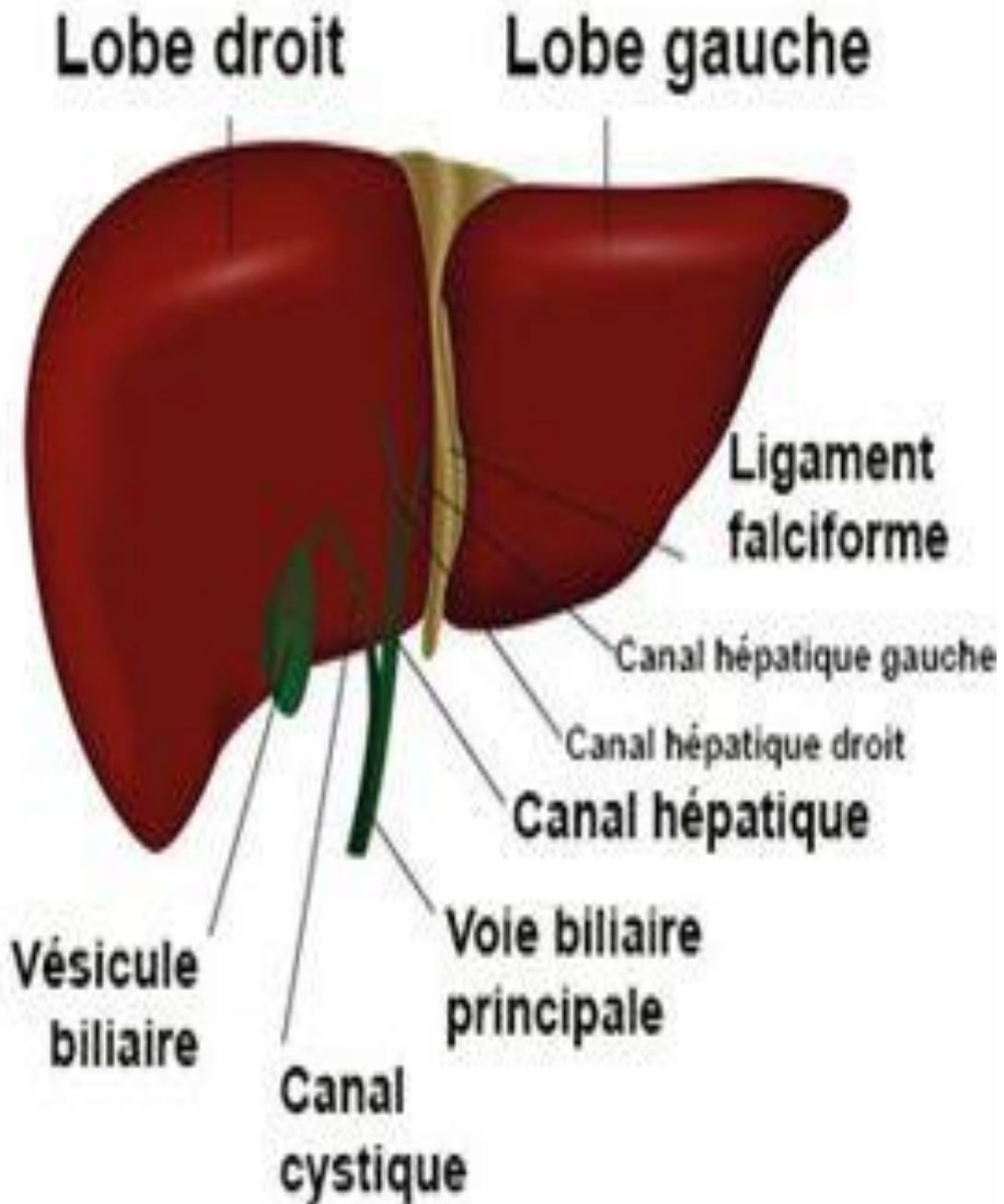


Figure 1 : anatomie du foie (anonyme).

Globules rouges, synthétise l'urée afin d'excréter les déchets azotés, intervient dans le métabolisme et dans, Le stockage des vitamines. Il produit entre autres des substances protectrices et antitoxiques, qui vont capturer, transformer et rendre inoffensifs les toxiques ingérés ou inhalés. Le foie est le centre de synthèse et de dégradation du glycogène, il régule la glycémie. Le foie contrôle également le métabolisme des lipides : lors d'excès, il synthétise des lipoprotéines; en période de jeûne, il métabolise les réserves de graisses de l'organisme. Le foie synthétise les protéines de la coagulation et de la cicatrisation comme le fibrogène et une protéine du plasma, l'albumine. **(Bax Marie Laure, 2008).**

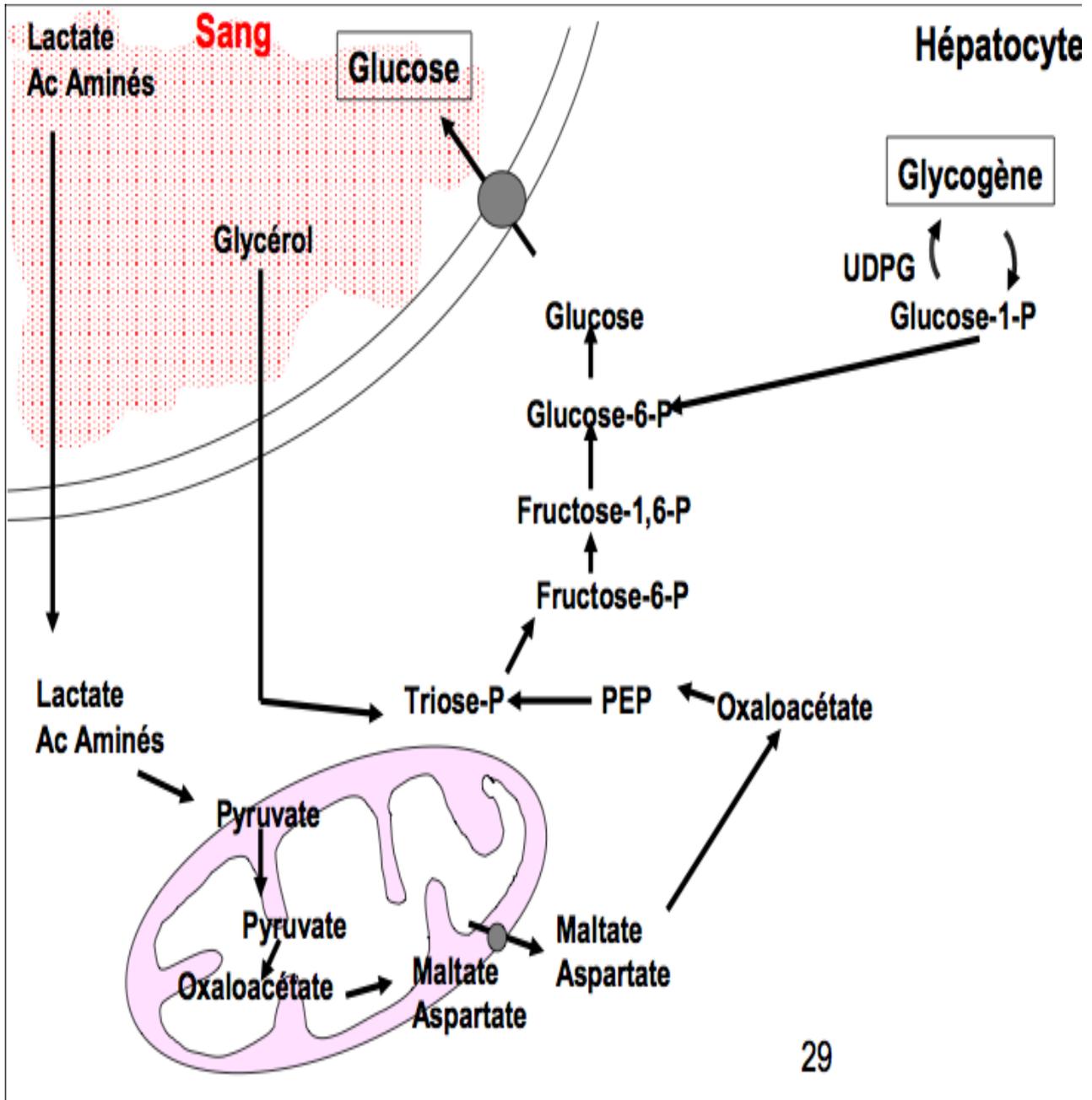
## **4.2 Les Fonctions métabolique du foie**

### ***4.2.1 Métabolisme des glucides***

Le débit hépatique de glucose est de 200 à 250 mg/Kg/h. La digestion aboutit à l'hydrolyse des grosses molécules de glucides et l'absorption intestinale entraîne le passage des sucres dans la circulation sanguine. Il y a 80% de glucose, 10% de fructose et 10% de galactose, Le glucose est transformé dans le foie : c'est la fonction glycogénique du foie, Le foie participe à la régulation de la glycémie, La glycogène phosphorylase est activée par une phosphorylase kinase en présence de magnésium et permet la libération de glucose, Ces 2 réactions sont très consommatrices d'ATP **(Marie et Crenesse ,2012).**

### **Néoglucogenèse**

Lorsque les réserves sont épuisées, le foie fabrique du glucose à partir des acides aminés (Aa) et des acides gras (ag). La synthèse de glycogène se fait après chaque repas mais en quantité limitée. Le foie est un des seuls organes capable de synthétiser du glucose à partir de précurseurs non glucidiques. Les réserves en glycogène seraient rapidement épuisées si



**Figure 2 :** Schémas présent le mécanisme de la Néoglucogénèse (Marie et Crenesse,2012).

elles étaient la seule source d'énergie. À partir des lactates et des Aa par l'intermédiaire de la mitochondrie on va pouvoir avoir libération de glucose. **(Figure 2) (Marie et Crenesse ,2012).**

### **Régulation de la Néoglucogénèse**

Glycogénogénèse dépend de l'insuline, NGG dépend du cortisol glycolyse dépend des **catécholamines** et du **glucagon (figure 3) (Marie et Crenesse ,2012).**

#### **4.2.2 Métabolisme des protéines**

Le foie synthétise de nombreuses protéines indispensables, l'albumine : Transporte des molécules et maintient la pression artérielle (après hépatectomie il faut contrôler la P° osmotique sanguine et perfuser les malades).

Facteurs de la coagulation : Synthétisés (sous forme inactives) pour 90% par le foie (si insuffisance hépatique ou cirrhose il y a risque de troubles de la coagulation).Il peut dégrader les Aa non utilisés par l'organisme qui passent par la circulation porte pour être captés par le foie dans les sinusoides grâce à des transporteurs membranaires ATP dépendants. Ils ne peuvent pas être stockés et doivent être utilisés ou dégradés. La synthèse des protéines se produit dans tous les hépatocytes, mais les enzymes sont différentes dans les zones 1 à 3les processus physiologiques sont compartimentés **(Marie et Crenesse ,2012).**

Protéines synthétisées par le foie : Albumine (protéine plasmatique la plus abondante),  
Protéines de la **coagulation** (la plupart) sont

Fibrinogène : inactif transformé en fibrine en fonction des besoins.

Complexe prothrombique : rôle dans la coagulation sanguine.

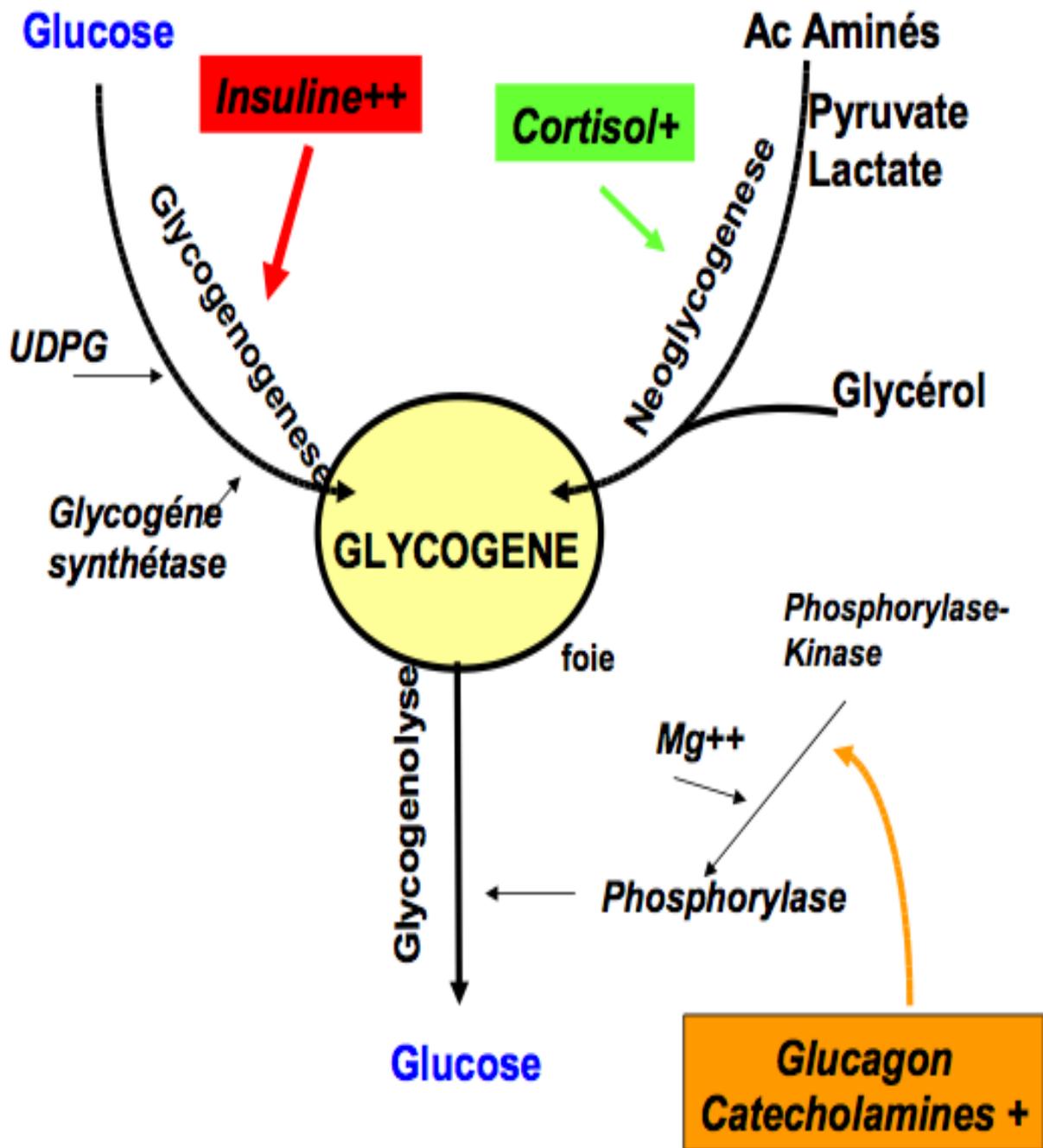


Figure 3 : Schémas présent le mécanisme Régulation de la Néoglycogenèse (Marie et Crenesse ,2012)

Lipoprotéines plasmatiques (transport cholestérol par HDL et LDL).

Protéines du système du complément.

Protéines de l'inflammation : protéine C réactive.

$\alpha$ -foeto-protéine : permet au fœtus de fabriquer du foie, elle est absente Chez l'adulte (sauf si cancer primitif).

Inhibiteurs des protéases : limitent la synthèse de certaines protéines.

Collagène, protéoglycane: « mailles » de la MEC, rôle important en cas de déséquilibre (par exemple en cas de fibrose).

**Globulines** : protéines de transfert, Transferrine (fer), Céruloplasmine (cuivre), Protéines vectrices des hormones stéroïdiennes (transcortine) (cortisol, corticostérone, désoxycorticostérone, progestérone), Protéines de liaison des hormones sexuelles (testostérone, oestradiol), Protéines vectrices des hormones thyroïdiennes (TBG et TBPA), Rétinolbindingprotein (RBP) (protéine vectrice de la vitamine A), Transcalciférinevéhicule la vitamine D (**Marie et Crenesse ,2012**).

#### **4.2.3 Métabolisme des acides aminés**

**Fabrication de molécules importantes pour l'organisme (figure 4)** Tryptophane transformé en 5hydroxy-tryptophane pour donner la sérotonine (rôle important au niveau du cerveau) ou modifié par la florecolique pour donner des indoles ou scatoles et être éliminé par les urines.

La phénylalanine transformée en tyrosine pour participer à la synthèse des Ho thyroïdiennes ou se transformer en DOPA (trt de maladies neurologiques comme

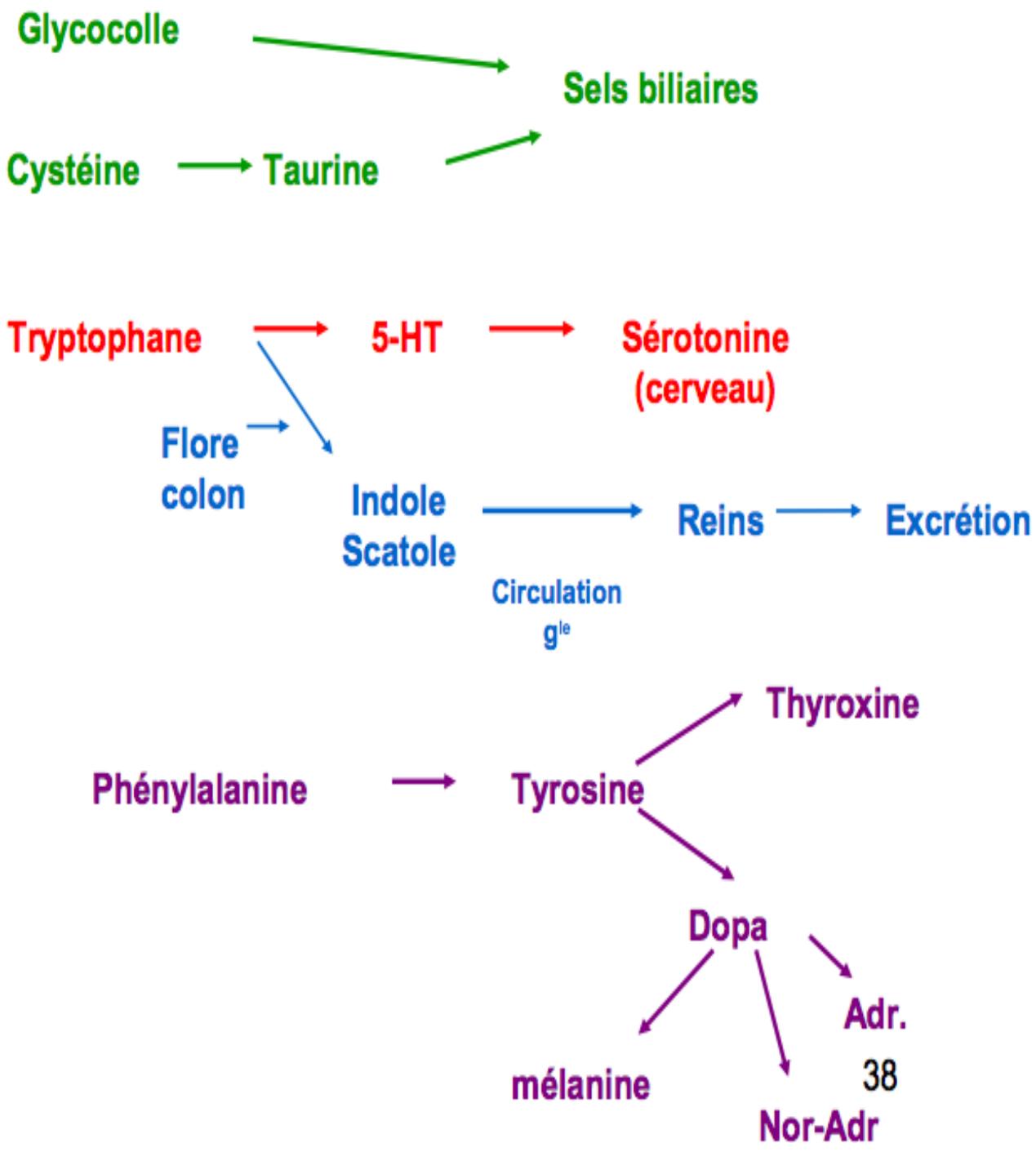


Figure 4 : Schémas présent le métabolisme des Aa (Marie et Crenesse ,2012).

*Parkinson*) pour donner l'adrénaline, la noradrénaline et participer à la synthèse. (**Marie et Crenesse ,2012**).

#### **4.2.4 Catabolisme protidique**

Le catabolisme protidique permet l'élimination des molécules, Le catabolisme des substances azotées donne l'ammoniac. Pendant la digestion, la flore bactérienne produit de l'ammoniac libre qui est absorbé par la muqueuse intestinale et parvient au foie par la veine porte. Dans le foie, il y a désamination des Aa et transamination pour éviter la production d'ammoniac libre toxique.

Le sang passe dans les sinusoides au contact des hépatocytes riches en Enzymes. L'ammoniac est transformé en **urée moins toxique** qui passe dans la Circulation générale pour être ensuite excrétée par les urines mélanine (**Marie et Crenesse ,2012**).

#### **4.2.5 Métabolisme des lipides**

Le foie joue un rôle fondamental dans l'homéostasie du cholestérol et des triglycérides. C'est le principal organe de synthèse et d'élimination du cholestérol, il produit plus de 90% du cholestérol endogène. Si la cholestérolémie est très élevée, il peut y avoir des dépôts graisseux sous cutanés au niveau des paupières inférieures.

Le cholestérol utilisé par l'organisme provient pour  $\frac{1}{3}$  de l'alimentation et pour les  $\frac{2}{3}$  de la synthèse endogène. Le cholestérol est présent dans toutes les membranes cellulaires sous forme de stérol libre. Dans le plasma et les tissus il est sous forme d'esters de cholestérol. L'hépatocyte synthétise le cholestérol à partir de l'acétyl-CoA (présence d'HMGC0A réductase). Le cholestérol alimentaire est récupéré dans le plasma par des récepteurs spécifiques hépatocytaires pour 3 lipoprotéines plasmatiques, les vestiges de

**chylomicrons** : moyen d'éliminer les lipides qui passent Dans la circulation lymphatique puis générale (lors d'un déséquilibre dans L'élimination des lipides on retrouve des chylomicrons dans la circulation), les LDL et les HDL.

Le cholestérol est un précurseur des acides biliaires et des hormones stéroïdiennes. Il est excrété dans les fèces et la bile, Il peut être stocké dans l'hépatocyte sous forme d'ester de cholestérol qui sera utilisé pour la synthèse des sels biliaires, incorporé dans les lipoprotéines HDL ou VLDL ou éliminé directement dans la bile .La digestion des lipides permet de les éliminer sous forme de chylomicrons.

Les chylomicrons sont des particules très volumineuses ( $\emptyset > 70$  nm) sécrétées dans les lymphatiques intestinaux par les entérocytes après un repas. 90% de leur Masse correspond aux TG qui, avec l'ester de cholestérol et certaines vitamines liposolubles, forment un cœur hydrophobe.

Les chylomicrons circulants sont un mélange de particules contenant des concentrations variées d'apoprotéines (A, B, C, E).

Les lipoprotéines sont protéines de transport qui diffèrent par leur taille, la quantité de cholestérol qu'elles transportent et leur liaison avec des apoprotéines

VLDL : 25-70 nm. Constituées de TG, cholestérol, apoprotéines C

LDL : TG (- que VLDL), cholestérol, apoprotéines E surtout

HDL : beaucoup de cholestérol, phospholipides, apoprotéines E et A1

Les VLDL et HDL assemblées dans le foie sont sécrétées dans le plasma.

Le foie possède les voies de synthèse et d'hydrolyse des triglycérides et des phospholipides (constitution des membranes cellulaires et grand nombre de réactions chimiques) dont un

important (la lécithine), Les ag libres peuvent être utilisées **comme substrat énergétique**. A l'état basal, le foie tire 75% de son énergie des ag libres qu'il transforme en acétyl-CoA par  $\beta$ -oxydation en présence de coenzyme A et de choline, Les TG et phospholipides métabolisés peuvent être excrétés dans la bile, Le foie synthétise : Les apoprotéines utiles à l'élaboration des lipoprotéines plasmatiques

L'enzyme LCAT (lécithine/cholestérol acyle-transférase) pour l'estérification du cholestérol et la formation de HDL matures, Le foie est l'organe principal de stockage et de transformation des vitamines, liposolubles (principalement la vitamine A).

Les TG de l'alimentation vont être transformées en chylomicrons transportés dans le foie par des lipoprotéines lipases pour donner du glycérol et des acides gras (éliminés dans la bile, transformés en lipides de tailles plus importants). A partir des adipocytes (stockage des lipides) et sous la dépendance de certaines hormones, les ag se lient à l'albumine pour aller dans le foie. Ils donnent alors des triglycérides, des phospholipides ou du cholestérol estérifié qui vont dans la circulation générale ou dans la vésicule biliaire pour être éliminés dans la bile.

Dans certaines pathologies (diabète, jeûne), l'oxydation des ag peut aboutir à la formation de corps cétoniques (la céto-genèse est essentiellement hépatique) (Marie et Crenesse ,2012).

## **Synthèse de la bile**

### **4.2.6 Métabolisme de la bilirubine**

La bilirubine est le produit de dégradation de l'hème. Dans la rate, les cellules de *Kupffer* et les hépatocytes, il y a éclatement des GR, libération de l'hémoglobine qui est transformée par l'hème oxygénase et donne de la bilirubine (voir figure 5), 80% d'hémoglobine (libérée

par le vieillissement des GR), 20% d'autres hémoprotéines (myoglobine transporteur d'O<sub>2</sub> au niveau de la fibre musculaire qui éclate lors d'un effort) Elle est transportée dans le plasma Par l'albumine (sinon toxique pour le cerveau) et est captée par des récepteurs au pôle apical des hépatocytes □transport de la bilirubine dans la  $\phi$  et libération de l'albumine dans le plasma **(Marie et Crenesse ,2012).**

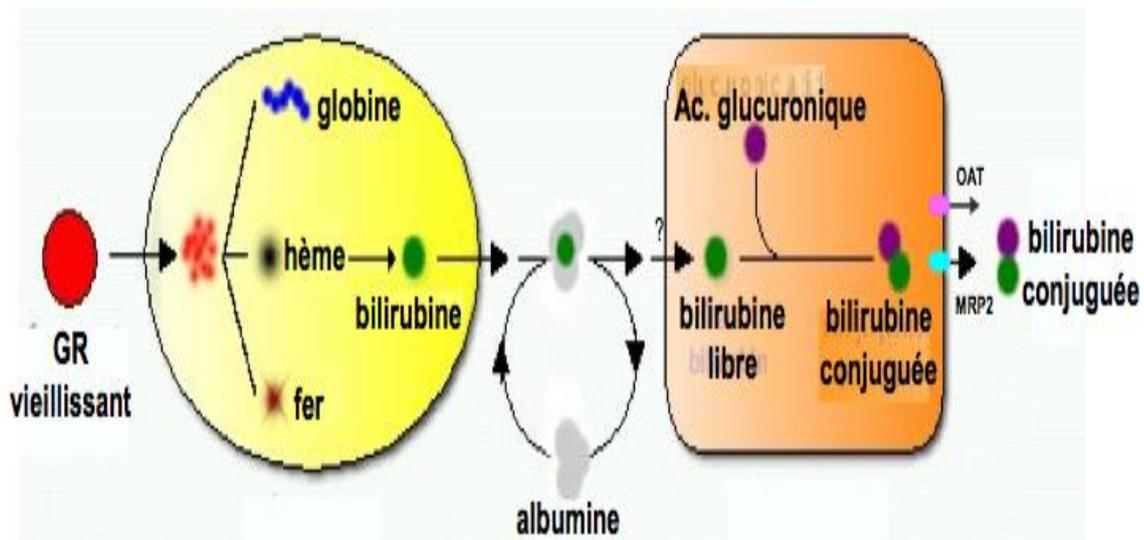
Conjugaison de la bilirubine Dans les hépatocytes, la bilirubine est conjuguée à L'acide glucuronique puis éliminée par la bile. Dans l'intestin, la bilirubine est déconjuguée ethydrogénée en urobilinogène oxydé en urobiline (couleur des urines) éliminée par les reins, stercobiline (couleur des selles) par les bactéries intestinale, d'élimina° fécale Avoir les selles beigeasses est un signe d'insuffisance hépatique grave. En général l'urine est marron puisque la bile passe dans la circulation générale (Marie et Crenesse ,2012).

#### **4.2.7 Hématopoïèse**

Le foie participe à la fabrication de l'hémoglobine grâce à ses réserves en fer (stocké sous forme de ferritine) et en vitamine B12. Selon les besoins, le fer est libéré dans le sang associé la sidérophiline pour former la transferrine qui permet la formation de l'hémoglobine au niveau de la moelle osseuse. La vitamine B12 se combine avec le facteur intrinsèque et est stockée dans le foie. Elle ne peut être absorbée au niveau intestinal que grâce à la sécrétion du facteur intrinsèque par l'estomac (risque d'anémie en cas de gastrectomie) **(Marie et Crenesse ,2012).**

#### **4.2.8 Vitamines**

Dans le foie se réalisent le métabolisme, l'utilisation et le stockage des vitamines [ les vitamines liposolubles (assimilées dans le foie via les sels biliaires, vitamine A stockée à 90% dans le foie, intervient dans les mécanismes de la vision et au niveau des épithéliums),



**Figure 5 :**Shémas present le Métabolisme de la bilirubine (Marie et Crenesse ,2012)

vitamine D (assimilation et fixation sur le squelette du calcium), vitamine E (stockée au niveau hépatique, rôle antioxydant, vitamine K : synthèse de prothrombine et de facteurs de coagulation), les vitamines hydrosolubles (stockage dans le foie, en particulier la vitamine B 12 et l'acide folique)] (Marie et Crenesse ,2012).

#### 4.2.9 Détoxification

Le foie est doté d'un système enzymatique très riche qui assure le métabolisme des endo- et des xénobiotiques (médicaments et alcool). Outre la formation de l'urée, il détoxique les substances nocives qui arrivent de la circulation splanchnique et les empêche de passer dans la circulation générale. Il y a une interaction très importante au niveau des mécanismes enzymatiques qui vont permettre d'éliminer les médicaments et l'alcool. Les interactions sont la compétition pour une même voie métabolique et l'induction par un médicament des enzymes métabolisant un autre médicament. Les interactions médicamenteuses ont des conséquences, en termes d'efficacité et de toxicité, ainsi l'alcool agit en augmentant l'effet de nombreux sédatifs par exemple. (Marie et Crenesse ,2012). On distingue 2 phases de métabolisme pour éliminer les substances : les réactions de phase I (conduisent à des dérivés plus solubles)

*Oxydation* (++) : dans les microsomes hépatiques, consommation d'énergie (NADPH) et d'O<sub>2</sub>. Elles passent par les cytochromes P450 (batterie d'enzymes responsables d'éliminations de substances par le foie)

*Réduction*: beaucoup moins fréquentes

*Hydrolyse* : voie métabolique banale

Les réactions de phase II : les molécules modifiées vont être conjuguées. La glucuroconjugaison est très fréquente et rend les molécules très hydrosolubles facilitant l'élimination par l'urine et la bile, Les médicaments, le plus souvent liposolubles, sont

transformés, par les enzymes des cytochromes P450, en métabolites intermédiaires instables, puis en métabolites hydrosolubles, éliminés dans la bile ou dans les urines. Certains métabolites hépatiques des médicaments sont eux-mêmes actifs **(Marie et Crenesse ,2012)**.

#### **4.2.10 Effet de premier passage**

Extraction par le foie d'une substance présente dans le sang portal. Si l'extraction est totale, la substance n'apparaît pas dans la circulation générale quand elle est administrée par voie orale (lorsqu'il existe des anastomoses portosytémiques, L'effet de premier passage est diminué (l'effet shunt) **(Marie et Crenesse ,2012)**.

## **II. Généralité sur les algues**

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

Les algues sont des végétaux simples, le plus souvent unicellulaires, dont la taille est si petite que, dans bien des cas, on ne peut les voir qu'au microscope. Elles n'ont pas de racine et la grande majorité d'entre elles sont vertes car elles contiennent une concentration importante d'un pigment vert nommé chlorophylle, toutefois, on retrouve également dans la nature des algues brunes, rouges, oranges ou jaunes. Il existe aussi quelques algues visibles à l'œil nu (ex.: algues filamenteuses) et d'autres qui ressemblent à des plantes aquatiques **(Hade, 2002)**.

On distingue deux grandes catégories d'algues: les micro-algues et les macroalgues, 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 des propriétés antioxydants et anti radicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturé (**Marfaing et Lerat ,2007**).

## **1. La Spiruline**

La Spiruline est une cyanophycée (anciennement désignée par le terme « algue bleue » puis cyanophycée). Elle appartient donc au domaine des bactéries (*Bacteria*) et se classe parmi les bactéries gram négatives. Les cyanobactéries forment l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène et peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires, de photosynthèse avec production d'oxygène et peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires.

La Spiruline appartient à l'ordre des Nostocales (= Oscillatoriales), la famille des Oscillatoriaceae, le genre Oscillatoria et le sous genre Spirulina ou Arthrospira, sont microscopique d'une longueur moyenne d'environ 250µm.Elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12 µm de diamètre non ramifiés et en roulés en spirale, généralement en 6 ou 7 spires. Cette forme hélicoïdale lui donnant l'allure d'un minuscule ressort lui a valu son appellation de «Spiruline » (**Geitler ,1932**).

La Spiruline se développe préférentiellement dans des eaux chaudes, alcalines et riches en nutriments azotés et phosphorés. Plus communément, elle s'observe dans les eaux saumâtres, ainsi que dans les lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales (**Castenholz et al., 2001**).

Le système pigmentaire de la Spiruline est constitué de chlorophylle  $\alpha$  ; de pigments Hydrosolubles, les phycobilines rouge (phycoérythrine) et bleu (phycocyanine) ; de Caroténoïdes ( $\beta$ -carotène, cryptoxanthine), Cependant les Spirulines présentent différentes formes (**Figure 6**). On trouve des formes spiralées classiques, ondulées et parfois droites.

## 2. L'intérêt de la spiruline

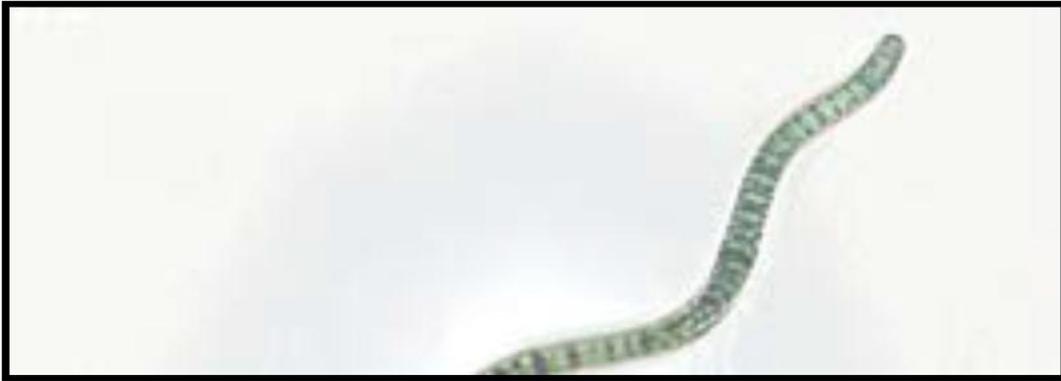
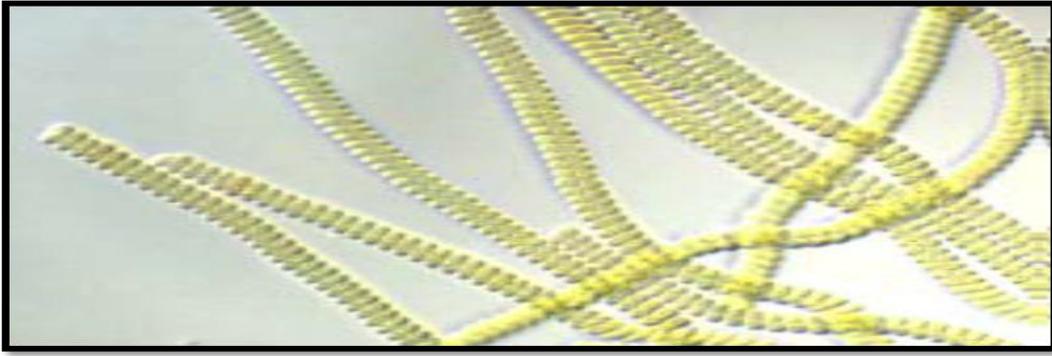
« En raison de sa capacité à stimuler toute la physiologie du corps humain, la spiruline présente des fonctions véritablement prophylactiques, de par ses actions antioxydants, antibactériennes, antivirales, anticancéreuses, anti-inflammatoires, antiallergiques, anti-obésité et antidiabétiques La consommation de spiruline semble également favoriser la croissance de la microflore intestinale (**kulshreshtha et al., 2008**)

L'intérêt de la spiruline se traduit en trois grand fonction :- Le métabolisme (diabète, syndrome métabolique, hypercholestérolémie) et inversement dans la malnutrition, La régulation de l'immunité et de l'inflammation, et de ce fait la lutte contre les maladies infectieuses, La prévention du cancer.

### Rôle de la spiruline dans le métabolisme

Cette action serait liée à son pigment bleu vert naturel (**Joventino Ip, al., 2012**), Réduction modérée et rééquilibrage antioxydant des lipides sanguins. La spiruline contribue par son effet antioxydant à une meilleure répartition du cholestérol entre les HDL (cholestérol non oxydé protecteur) et les LDL (cholestérol oxydé athérogène) et les VLDL (**Park hj1 et al., 2008**).

Contrôle du diabète : la dose de 2 grammes par jour, elle ferait baisser légèrement la glycémie à jeun et post prandiale, ainsi que le taux d'hémoglobine glycolyse (**Parikh p et**



**Figure 6 : Différentes formes prises par la Spiruline (anonyme)**

**-A = Forme spiralée (*Arthrospira fusiformis*)**

**-B= Forme ondulée (*Spirulina maxima*)-C = *Arthrospiraplatensis***

**al., 2001)**, Cet effet serait surtout lié au pigment de la spiruline (la phycocyanine) qui favoriserait l'action antidiabétique de l'insuline **(Oulin et al., 2013)**.

Syndrome métabolique et stéatose non alcoolique : Chez l'animal, la spiruline associée à l'alimentation (5% du bol alimentaire) diminue la stéatose hépatique, les lipides, l'inflammation, le taux de lipides oxydés et l'activité microphagie réactionnelle **(Fujimoto met al., 2012)**.

### **Rôle de la spiruline dans l'immunité et maladies infectieuses**

La spiruline favorise la stimulation de la production d'anticorps et de cytokines. Elle participe à l'accumulation de cellules NK (lymphocytes tueurs anti cancer) dans les tissus, et à l'activation et de la mobilisation des cellules T et B (lymphocytes antiviraux et anti-infectieux). D'après d'autres publications, elle serait elle-même active contre plusieurs virus à enveloppe, y compris le virus de l'herpès, le cytomégalovirus, le virus de la grippe et le VIH **(Khan zet et al., 2005)**.

### **Rôle de la spiruline comme agent protecteur du cancer**

La spiruline serait capable d'inhiber la carcinogénèse grâce à ses propriétés anti-oxydantes qui protègent les tissus **(Khan zet al., 2005)**, Diverses publications récentes vont dans ce sens. Il y aurait au moins deux agents actifs anticancéreux dans la spiruline, la C-phycocyanine, un composé tétrapyrroliques proche de la molécule de la bilirubine humaine, qui est un puissant antioxydant et agent antiprolifératif, et la chlorophyllien, une molécule porteuse de chlorophylle. Ces deux agents ont permis de diminuer les risques de cancer du côlon **(Sainet et Sanyal, 2014)** du foie **(Chamorro-Cevalloset et al., 2014)** et du pancréas **(Konickovaet al., 2014)** chez l'animal. Dans une autre étude, la spiruline a

permis de révéler son action protectrice contre les agents cancérigènes issus de la pollution, tel que le Benzo [alpha] pyrène (**Chamorro-Cevalloset et al., 2014**).

### **3. Caractéristiques Nutritionnelles**

L'analyse des propriétés nutritionnelles de la spiruline révéla tout d'abord une exceptionnelle teneur en protéines, de l'ordre de 60 à 70 % du poids sec, c'est-à-dire deux fois plus que les meilleures sources de protéines végétales (farine de soja: 35 % de protéines).

#### **3.1 Les protéines**

Les protéines de la spiruline sont complètes, car tous les acides aminés essentiels y figurent, comme le montre **le Tableau 2** et ils représentent 47 % du poids total des protéines. Parmi ces acides aminés essentiels, les plus faiblement représentés sont les acides aminés soufrés: méthionine et cystéine, qui sont toutefois présents à plus de 80 % de la valeur idéale définie par la FAO (**Falquet, 1996**).

#### **3.2 Les lipides**

Bien que plusieurs publications donnent une valeur de 5,6 % à 7 % du poids sec en lipides totaux, d'autres sources prétendent obtenir 11,5 % de lipides par un meilleur système d'extraction.

Ces lipides totaux peuvent être séparés en une fraction saponifiable (83 %) et une fraction insaponifiable (17 %) qui contient essentiellement de la paraffine, des pigments, des alcools terpéniques et des stérols. La fraction saponifiable est constituée essentiellement d'acides gras en C16 (acide palmitique) et d'acides mono, di et tri-insaturés en C18. L'acide linoléique représente à lui seul 40 % soit environ 4 % du poids sec de spiruline. De ce fait,

*Tableau 2 : Acides aminés essentiels de la spiruline en gramme pour 100 g de protéines (CLEMENT, 1975).*

Acides aminés essentiels	Teneur en gramme pou 100g de protéines
<i>Isoleucine</i>	<i>6,24</i>
<i>Leucine</i>	<i>8,91</i>
<i>Lysine</i>	<i>4,58</i>
<i>Méthionine</i>	<i>2,65</i>
<i>Phénylalanine</i>	<i>4,53</i>
<i>Thréonine</i>	<i>5,23</i>
<i>Tryptophane</i>	<i>1,60</i>
<i>Valine</i>	<i>6,74</i>

la spiruline peut être considérée comme une des meilleures sources connues d'acide  $\alpha$ -linoléique (**voir tableau 3**), après le lait humain et quelques huiles végétales peu courantes, La présence d'acide  $\alpha$ -linoléique 18: 3  $\omega$ 6 est à souligner du fait de sa rareté dans les aliments courants et de sa haute valeur alimentaire présumée (**Clement, 1975**)

### **3.3 Les glucides**

Les glucides constituent globalement **15 à 25 %** de la matière sèche des Spirulines, Les glucides simples ne sont présents qu'en très faibles quantités. Ce sont le glucose, le fructose et le saccharose. On trouve aussi des polyols comme le glycérol, le mannitol et le sorbitol. L'essentiel des glucides assimilables est constitué de polymères tels que des glucosannes aminés (**1,9 %**) et des rhamnosannes aminés (**9,7 %**) ou encore du glycogène (**0,5 %**).

Du point de vue nutritionnel, la seule substance glucidique intéressante par sa quantité chez la spiruline est le méso-inositol phosphate qui constitue une excellente source de phosphore organique ainsi que d'inositol (**350 à 850 mg/kg** de matière sèche) (**Fox, 1986**). Cette teneur en inositol est environ huit fois celle de la viande de bœuf et plusieurs centaines de fois celles des végétaux qui en sont les plus riches.

Parmi les vitamines, comme le montre **le Tableau 4**, le carotène, provitamine A représenté **80 %** des caroténoïdes présents dans la spiruline, le reste étant composé principalement de physoxanthine et de cryptoxanthine (**Palla et Busson, 1969**).

Par leur haute teneur, comme le montre **le Tableau 5**, les minéraux spécialement intéressants dans la spiruline sont le fer, le magnésium, le calcium, le phosphore et le potassium (**Falquet, 1996**), La très haute teneur en fer est à souligner du fait que les carences en fer sont très répandues (anémies), surtout chez les femmes enceintes et les enfants. De plus ; La très haute teneur en fer est à souligner du fait que les carences en fer.

sont très répandues (anémies), surtout chez les femmes enceintes et les enfants. De plus ; Les bonnes sources alimentaires en fer sont rares (la spiruline a 4 à 7 fois Plus que les céréales complètes classées parmi les meilleures sources), Les suppléments de fer habituels sont peu assimilables (sulfates ferreux), Et peuvent être toxiques, Calcium, phosphore et magnésium sont présents en quantités comparables à Celles retrouvées dans le lait

**Tableau 3 : Principaux acides gras de Spirulina platensis (FALQUET, 1996)**

<i>Acides gras</i>	<i>% des acides gras</i>
<i>Palmitique (16 : 0)</i>	<i>25,8</i>
<i>Palmitoléique (16 : 1 □□6)</i>	<i>3,8</i>
<i>Stéarique (18 : 0)</i>	<i>1,7</i>
<i>Oléique (18 : 1 w 6)</i>	<i>16,6</i>
<i>Linoléique (18 : 2 w 6)</i>	<i>12</i>
<i>□- linoléique (18 : 3 w 6)</i>	<i>40,1</i>
<i>□- linoénique (18 : 3 w 3)</i>	<i>traces</i>

**Tableau 4 : Les vitamines de la spiruline (FALQUET, 1996)**

<b>Vitamine</b>	<b>Teneur (mg / kg)</b>	<b>Besoin en mg/ jour (adulte)</b>
<b>B1</b>	34–50	1,5
<b>B2</b>	30–46	1,8
<b>B6</b>	5–8	2,0
<b>B12</b>	1,5–2,0	0,003
<b>Niacine</b>	130	20
<b>Folate</b>	0,5	0,4
<b>Panhoténate</b>	4,6–25	6–10
<b>Biotine</b>	0,05	0,1–0,3
<b>C</b>	traces	15–30

**Tableau 5 : Les minéraux et oligo-éléments de la spiruline. (FALQUET, 1996).**

<b>Minéraux</b>	<b>Teneur de la spiruline (mg/kg)</b>	<b>Doses requises pour adulte (mg/jour)</b>
<b>Calcium</b>	1300 –14000	1200
<b>Phosphore</b>	6700 –9000	1000
<b>Magnésium</b>	2000 –2900	250 –350
<b>Fer</b>	580 –1800	18
<b>Zinc</b>	21 –40	15
<b>Cuivre</b>	8 –10	1.5 –3
<b>Chrome</b>	2,8	0,5 –2
<b>Manganèse</b>	25 –37	5
<b>Sodium</b>	4500	500
<b>Potassium</b>	6400 -15400	3500

# Matériel et méthode

## 1. 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, biochimie et de la nutrition (**PPABIONUT**) sous la direction de **Mme : MERZOUK**.

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.

## 2. Préparation du régime

Les rats adultes de poids initial ( $220 \pm 5$ ) consomment le régime algue (10% biomasse mélangé à 90% régime standard) pendant une période d'un mois.

Les rats mâles âgés de quatre semaines environ ont été répartis en trois lots de quatre rats chacun. Ces derniers, reçoivent pendant deux mois d'expérimentation soit le régime standard enrichi en algues vertes (*spiruline*) riche en acides gras polyinsaturés de la famille  $\omega$ -3 et  $\omega$ -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, les trois lots sont constitués :

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

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.

### 3. Sacrifices et prélèvement sanguin

A la fin de l'expérimentation (**après deux mois de régime**), les rats de chaque lot, sont anesthésiés à l'aide d'une injection intra péritonéale d'une solution de chloral à 10% (0,3 ml par 100g de poids corporel) et sont sacrifier, le sang prélevé par ponction dans l'aorte abdominale, est collecté dur un tube **EDTA**, et centrifugation à 3000 tours pendant 15 minutes, le plasma est séparé du culot, ce plasma est conservé dans des tubes éprendrons étiquetés pour le dosage des paramètres hépatiques .

### 4. Les marqueurs de la fonction hépatique

#### 4.1 Détermination de l'activité enzymatique des transaminases glutamiques pyruviques (TGP) (kit Spinreact) :

L'alanine aminotransférases (**ALAT**) initialement appelée transaminase glutamique pyruvique (**TGP**) catalyse le transfert réversible d'un groupe aminé à partir de l'alanine vers l'alpha cétooglutarate avec la formation de glutamate et pyruvate.

Le pyruvate produit est réduit en lactate déshydrogénase (**LDH**) et **NADH**



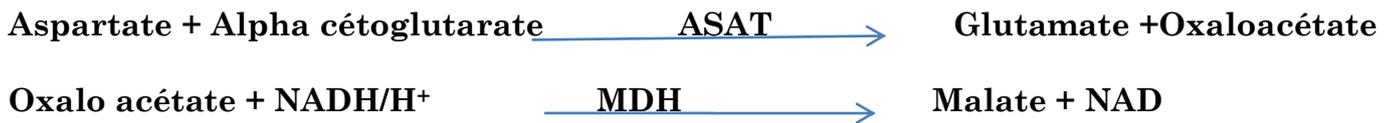


Le taux de réduction de la concentration du NADH dans le milieu déterminé photométrique, est proportionnel à la concentration catalytique de **L'ALT** présente dans l'échantillon testé. La lecture se fait à une longueur d'onde de 550 nm (**Kit Spinreact**).

#### 4.2 Détermination de l'activité enzymatique des transaminases glutamate oxaloacétate (TGO) (kit Spinreact) :

L'aspartate aminotransférase (**ASAT**), initialement appelée transaminase glutamate oxaloacétate (**TGO**) catalyse le transfert réversible du groupement aminé de l'aspartate vers l'alpha-cétoglutarate avec la formation du glutamate et oxaloacétate.

L'oxalo-cétate produit est réduit en malate en présence de déshydrogénase (**MDH**) et **NADH**.



Le taux de la réduction de la concentration du **NADH** dans le milieu, mesuré photométrique est proportionnel à la concentration catalytique de **l'AST** présente dans l'échantillon. La lecture se fait à une longueur d'onde de 550 nm (**Kit Spinreact**).

#### 4.3 Détermination cinétique des phosphatases alcalines (kit SPINREACT) :

Les phosphatases alcalines (**PAL**) sont des enzymes capables de libérer de l'acide phosphorique à partir de ses esters. Elles sont actives à **PH** alcalin voisin de 8.5. Ces enzymes sont trouvées en grande quantité dans le foie, les voies biliaires, l'os, le placenta et le globule blanc. La détermination de l'activité des phosphates alcalins par la méthode cinétique se fait selon les réactions suivantes :



La **DO** du p-nitrophénol libéré est proportionnel à l'activité des **PAL** et mesurée à une longueur d'onde de 405nm

**Calcul :** activité **PAL (U/L)=Facteur \* delta DO/mn**, Le facteur est donné par le fabricant

#### 4.4 Dosage de l'albumine

L'albumine est une protéine synthétisée par l'hépatocyte. Elle est fabriquée par le foie. Il s'agit d'une protéine indispensable à l'organisme. Elle sert au transport de nombreuses substances endogènes et exogènes dans le sang et elle permet le maintien de la pression oncotique. L'albumine est dosée par la méthode colorimétrique (Kit SPINREACT) sur le plasma. L'albumine en présence de bromocrésol vert à un pH légèrement acide, produit un changement de couleur de l'indicateur du jaune vert au vert-bleue. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de l'albumine dans l'échantillon. L'absorption est mesurée à 630 nm.

#### 4.5 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 't' de STUDENT** entre les trois groupes de rats. Cette analyse est réalisée grâce au logiciel **STATISTICA**, version 4.1 (**STATSOFT, TULSA, OK**). Les différences sont considérées significatives à **P < 0,05**.

# Interprétation des résultats

### **1-Poids corporel (g) et la nourriture ingérée (g/j/rats) chez les rats témoins et expérimentaux (figure 7, tableau A6 en annexe)**

Le poids corporel présente des variations significatives entre les différents groupes de rats. En effet, les rats obèses consommant le régime cafeteria (CS) ont un poids plus élevé que celui des rats témoins consommant le régime standard enrichi en micro algues vertes « spiruline » (TA). Il en est de même pour les rats obèses consommant le régime cafeteria enrichi en micro algues « spiruline » (CA) par rapport aux rats témoins. La supplémentation du régime en « spiruline » entraîne une réduction du poids auprès des rats aussi bien chez les témoins que chez les obèses. La consommation alimentaire quotidienne (exprimée en g/j/rat) est très significativement élevée chez les rats obèses par rapport aux témoins enrichis en « spiruline ». Par ailleurs, chez les témoins, l'enrichissement du régime par la spiruline entraîne une diminution plus significative de la quantité de nourriture ingérée comparés aux rats obèses consommant le régime cafeteria enrichi en micro algues « spiruline ».

### **2-Poids relatif du foie chez les rats témoins et expérimentaux (Figure 8, tableau A7 en annexe) :**

Le Poids relatif des organes (poids de l'organe/poids du rat x 100) indique l'évolution pondérale de l'organe par rapport à l'organisme. En effet, le poids corporel du foie, aucune différence n'est observée entre les rats étudiée.

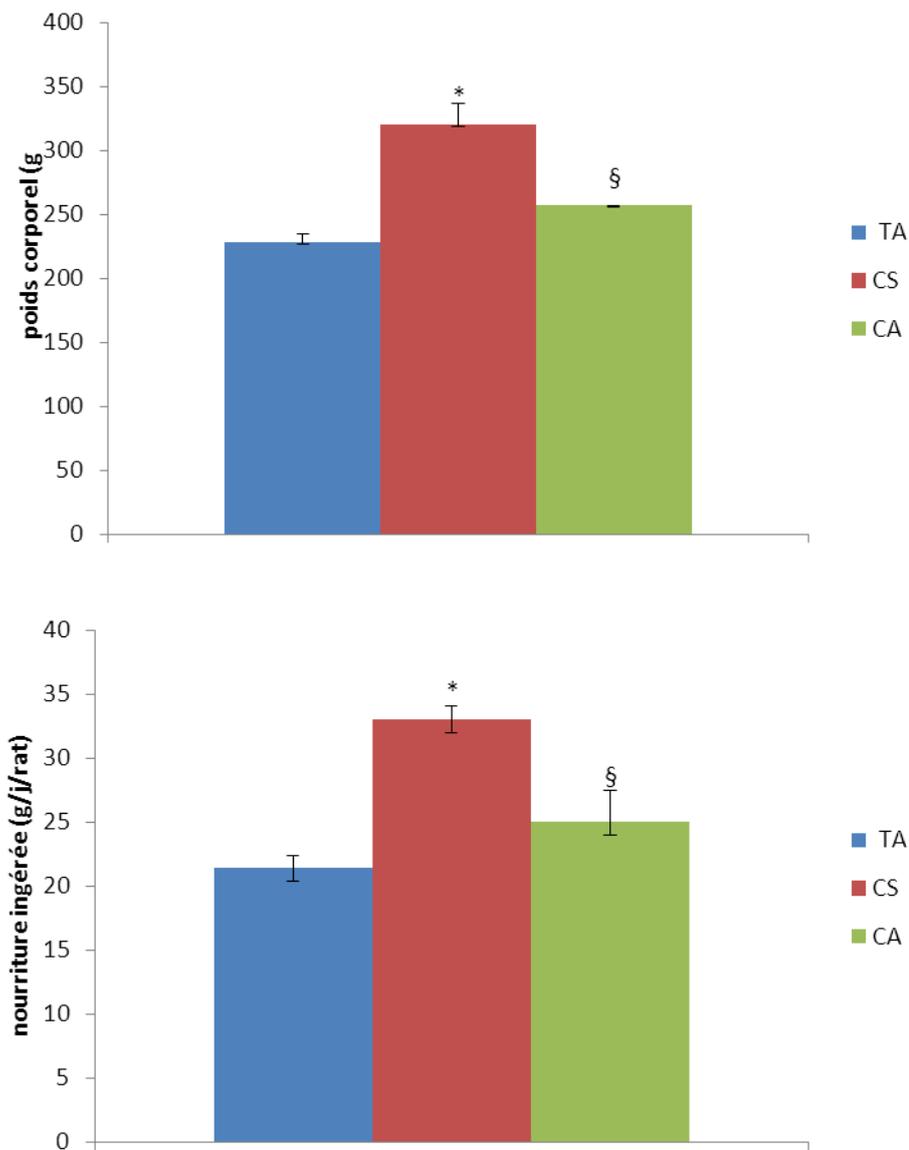
### **3-Teneurs plasmatiques en transaminases (TGP TGO) chez les rats témoins et expérimentaux (Figure 9, tableau A8 en annexe) :**

Chez les rats obèses consommant le régime cafeteria (CS), les teneurs plasmatiques en transaminases, TGO et TGP sont significativement augmentées par rapport aux rats témoins. L'enrichissement du régime cafeteria avec les micro algues « la spiruline » diminue ces teneurs montrant leurs effets bénéfiques sur la fonction hépatique.

#### **4-Teneurs plasmatiques en phosphatases alcalines (PAL) et l'albumine chez les rats témoins et expérimentaux (Figure 10, tableau A9 en annexe) :**

Chez les rats obèses consommant le régime cafeteria (CS), les teneurs plasmatiques en phosphatases alcalines (PAL), sont significativement augmentées comparés à leurs témoins. La supplémentation du régime en « spiruline » entraîne une réduction de ces teneurs par rapport aux rats obèses.

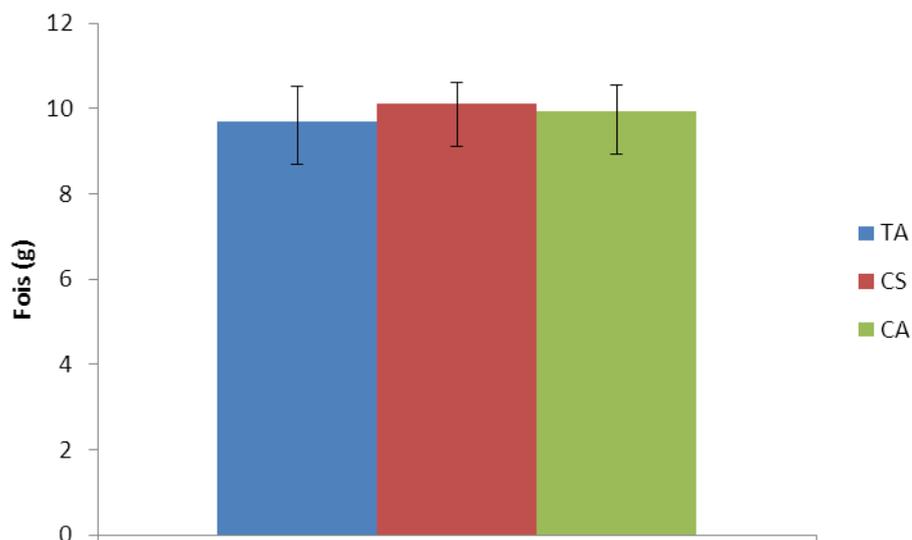
Concernant l'albumine sérique, aucune différence n'est observée entre les lots de rats étudiées quelque le régime donnée.



**Figure 7 : Evolution de poids corporel (g), et la nourriture ingérée (g/j/rat) chez les rats témoins et expérimentaux**

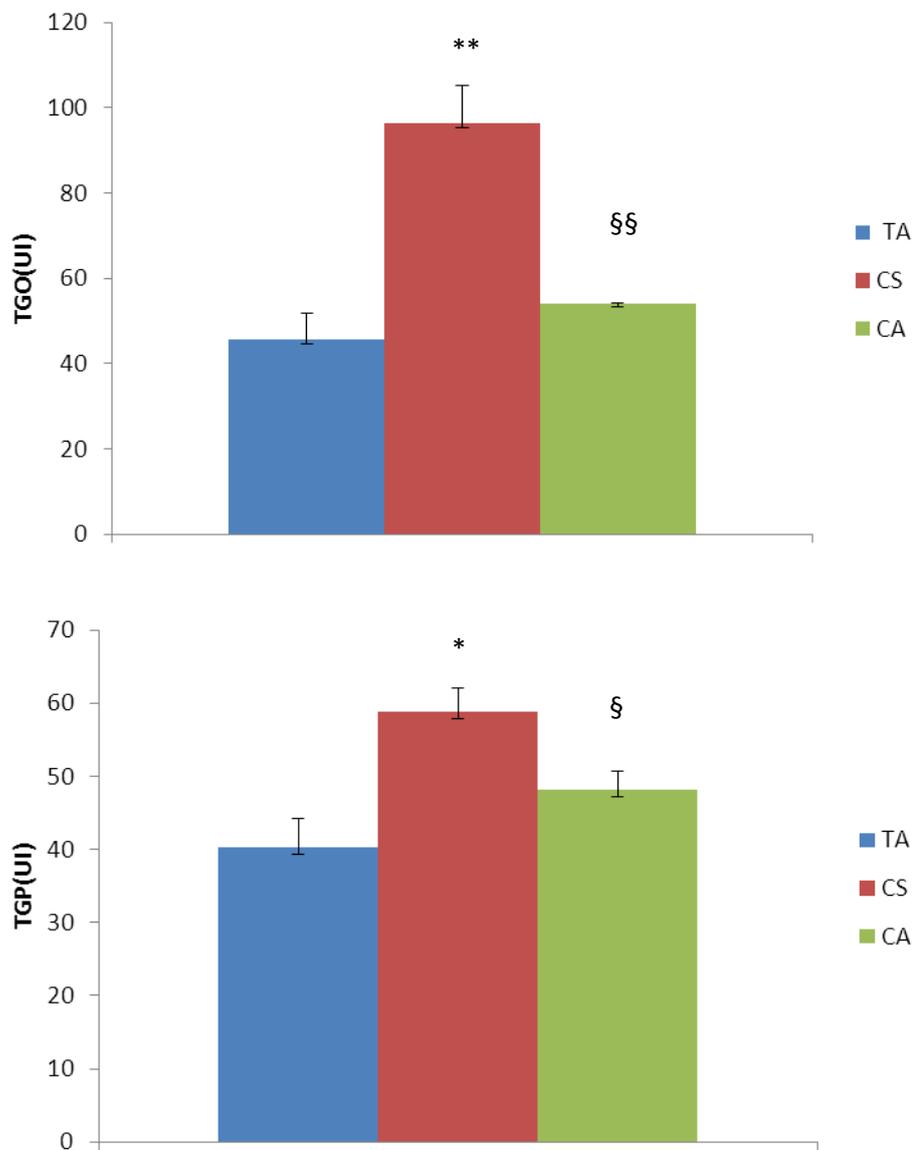
Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  ES, n=4. TA : régime témoins enrichi en algues vertes ; CS rats témoins nourris au régime cafeteria CA : rats nourris au régime cafeteria supplémenté en micro algues vertes « la spiruline ».

La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance, Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \*  $p < 0.05$  différence significative ; \*\*  $p < 0.01$  différence très significative. Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : §  $p < 0.05$  différence significative ; §§  $p < 0.01$  différence très significative.



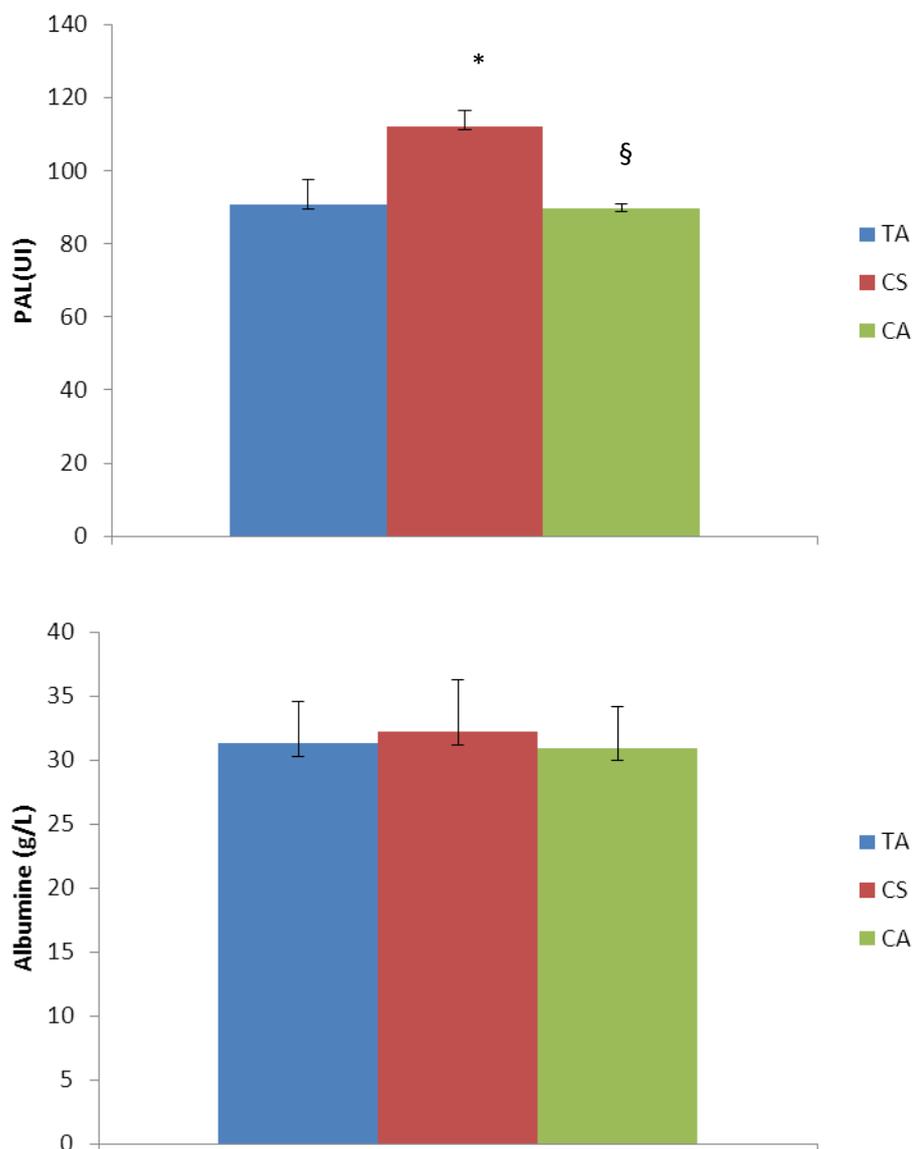
**Figure 8 : Poids relatif du foie chez les rats témoins et expérimentaux.**

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  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 micro algues vertes « la spiruline », La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance, Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \*  $p < 0.05$  différence significative ; \*\*  $p < 0.01$  différence très significative, Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : §  $p < 0.05$  différence significative ; §§  $p < 0.01$  différence très significative.



**Figure 9 : Teneurs plasmatiques en transaminases (TGP TGO) chez les rats témoins et expérimentaux.**

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  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 micro algues vertes « la spiruline », La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \* p < 0.05 différence significative ; \*\* p < 0.01 différence très significative, Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : § p < 0.05 différence significative ; §§ p < 0.01 différence très significative.



**Figure 10 : Teneurs plasmatiques en phosphatases alcalines (PAL) et en Albumine chez les rats témoins et expérimentaux**

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  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 micro algues vertes « la spiruline », La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance, Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \* p< 0.05 différence significative ; \*\* p < 0.01 différence très significative, Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : § p< 0.05 différence significative ; §§p < 0.01 différence très significative.

# Discussion

Selon le Programme national nutrition santé (PNNS) 2011-2015 (1), le mot « nutrition » doit être compris comme englobant les questions relatives à l'alimentation (nutriments, aliments, déterminants sociaux, culturels, économiques, sensoriels et cognitifs des comportements alimentaires) et à l'activité physique.

La nutrition s'entend comme l'équilibre entre les apports liés à l'alimentation et les dépenses occasionnées par l'activité physique (**PNNS**). La prévalence de l'obésité a augmentée au cours des dernières décennies d'année dans de nombreux pays, le surpoids et l'obésité constituent un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale en raison de leur ralentissement potentiel sur la santé et leur fréquence de croissance, il est aujourd'hui bien établi que l'obésité qui est définie comme une accumulation anormale ou excessive de graisse corporelle qui peut nuire à la santé (**sais et Allam ,2011**).

L'obésité est la conséquence la plus souvent mise en avant lorsque sont évoqués les problèmes de santé en lien avec la nutrition. Cependant, le problème de l'obésité peut parfois masquer d'autres pathologies à forte incidence, pour lesquelles la nutrition joue un rôle de protection ou de risque de mieux en mieux compris : cancers, maladies cardiovasculaires, ostéoporose ou diabète de type 2 (**Bounaud et Moreau, 2014**).

Plusieurs études chez l'homme et l'animal, ont prouvé que les facteurs environnementaux incluant la sédentarité et le régime alimentaire hypercalorique / hyper lipidique jouent un rôle important dans l'augmentation rapide de la prévalence de l'obésité et l'apparition de dysfonctionnement métabolique qui touche majoritairement tous les organes du corps de façon directe ou indirecte (**Gremeaux et Bouillet, 2012**).

Le régime de type cafeteria induit l'obésité est un modèle largement accepté pour l'association d'une alimentation riche en graisses ou en sucres et d'un faible niveau

d'activité physique semble être la cause principale du déséquilibre énergétique conduisant au développement de l'obésité et du diabète de type 2. Les mécanismes liant le diabète de type 2 à l'obésité font l'objet de nombreuses recherches et plusieurs études suggèrent que les dérégulations métaboliques provoquées par l'obésité favoriseraient l'apparition de l'insulinorésistance **(Guilherme et al., 2008)**.

Au cours de ces dernières années, un intérêt croissant pour les nutraceutiques (comprimés, capsules d'algues, gouttes) a été mis au point, en raison de leurs avantages santé efficace, comme une solution de rechange possible à la classique de la drogue. Cette revue explore l'utilisation de cyanobactérie spiruline, chlorelle les micro algues, *Dunaliella*, *Haematococcus* et les macroalgues Klamath, *Ascophyllum*, *Lithothamnion*, *Chondrus*, *Glacilaria* *Hundaria*, *Laminaria*, *Asparagopsis*, *Eisenia*, *Sargassum* comme en nutraceutiques et en suppléments alimentaires, en termes de production, d'éléments nutritifs et de prestations de santé fondé sur des données probantes. Ainsi, nos objectifs précis sont les suivants : 1) Aperçu de l'algue, actuellement utilisés dans les nutraceutiques; 2) la description de leurs caractéristiques, les mécanismes d'action, et les effets secondaires possibles; 3) Perspective de certaines algues investigations cliniques de développement **(Vadalà et Palmier, 2015)**.

*La spiruline est une cyanobactérie filamenteuse et microscopique qui a une longue histoire d'utilisation comme un coffre d'aliments fonctionnels. Il est produit commercialement en grande piscine Étangs dans des conditions contrôlées, Avantages possibles pour la santé de la spiruline sont principalement dus à sa composition chimique, qui inclut des protéines, des hydrates de carbone, les acides aminés essentiels, minéraux (fer), acides gras essentiels, vitamines, et pigments. À cet égard, trois grandes composantes bioactives de spiruline, la protéine phycocyanine, les polysaccharides sulfatés, et  $\gamma$ -linoléique (GLA) semblent jouer un*

rôle important dans cette transmission améliorée Fonctions du corps humain. En outre, la preuve expérimentale prend en charge l'immunomodulation et effets antiviraux de spiruline complément. En outre, les données cliniques disponibles n'indiquent pas un risque grave pour la santé ou d'autres préoccupations de santé publique en raison de la spiruline **(Dan et al, 2016)**.

Les Maladies du foie est très répandu dans les obèses, mais n'est pas associée à une augmentation de l'âge ou d'IMC. Bien que tous les patients souffrant d'obésité morbide apparaissent à des risques importants pour l'élaboration de pathologie hépatique sévère, d'autres facteurs de risque, sont inconnues **(Michael et al, 2015)**.

La stéatose hépatique non alcoolique est un problème de santé mondial, avec une prévalence estimée de 30 % chez les adultes dans les pays industrialisés, associés à l'obésité et le diabète sucré de type 2 La stéatose hépatique non alcoolique est définie histologiquement et représente un spectre de simple en stéatose hépatique, fibrose stéatose hépatique et la cirrhose. L'accumulation de gouttelettes de triglycéride hépatique est considéré comme la première fonction dans l'histoire naturelle, qui chez certains patients est associé à l'inflammation et la fibrose, grâce à l'interaction de l'environnement et les facteurs de l'hôte **(Michael et al, 2015)**.

Obésité/métaboliques la stéatose hépatique non alcoolique" est étroitement associée à l'obésité et la résistance à l'insuline et, par conséquent, prédispose à un diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires **(Petäjä et al, 2014)**.

Des études montrent, que La stéatohépatite non alcoolique patients avait un taux plus élevé d'anomalie de la glycémie à jeun, enzymes hépatiques (sérum aminotransaminase, alanine aminotransaminase aspartate, du gamma glutamyl transférase, phosphatases

alcalines), de triglycérides et du superoxyde dismutase et de la glutathion peroxydase inférieur de valeurs que non stéatohépatite non alcoolique des individus (**Legh et al.,2015**).

l'objectif de notre étude est orienté vers la détermination des effets du régime a base des micros algues verts « spiruline » sur l'obésité induit par le régime cafeteria et pour détermination des paramétré hépatique ( tgo, tga , pal , albumine ) qui en résultent chez les rates wister, après avoir comparé les lots témoins ( régime témoins enrichi en algues vertes ),lot expérimentales ( rats témoins nourris au régime cafeteria et rats nourris au régime cafeteria supplémenté en micro algues vertes « la spiruline » ).

Le régime cafeteria permet de stimuler chez les rats des situations (**Dsemarchelier, 2010**), il induit une hyperphagie due à la suralimentation ce régime riche en lipides diminue la satiété et augmente le poids corporel, cela est associé à une accumulation des tissus adipeux (**Bouanane et al., 2009**).

Les transaminases sont des enzymes ayant une activité métabolique importante à l'intérieur des cellules hépatiques. Leur rôle est de transférer un groupe amine lors des nombreux processus chimiques qui se déroulent au niveau hépatique.

Les phosphatases alcalines sont des enzymes présentes partout dans l'organisme mais surtout dans le foie, l'os, l'intestin, les reins et les globules blancs, l'albumine c'est une protéine plasmique.

Nos résultats ont montré, que les teneurs plasmatiques en transaminases, TGO et TGP sont significativement augmentées Chez les rats obèses consommant le régime cafeteria (CS), par rapport aux rats témoins.

Des études ont montré, **Une** élévation des transaminases sériques sont communément associées à l'obésité et à une progression d'une maladie chronique du foie (**Aller et al., 2014**).

Nos résultats ont montré, que les teneurs plasmatiques en phosphatases alcalines (PAL), sont significativement augmentées Chez les rats obèses consommant le régime cafeteria (CS), par rapport aux rats témoins.

Des études ont montré, que Au cours de l'activité et des quantités plus élevées de phosphatase alcaline étaient liés au développement de l'obésité (**Khan et al, 2015**)

Nos résultats ont montré, Concernant l'albumine sérique, aucune différence n'est observée entre les lots de rats étudiées quelque le régime donnée.

Par ailleurs, nos résultats montrent que les rats nourris au régime cafeteria supplémenté en algues vertes présentent une diminution significative des teneurs TGO et TGP et pal.

En effet selon les auteurs, *Spirulina platensis (SP); une microalgue avec haute antioxydant et anti-inflammatoire activités, agit comme un complément alimentaire chez l'humain et comme de nombreuses espèces animales.* La présente étude a été entreprise pour examiner le potentiel hepatoprotective, nephroprotective, neuroprotecteurs et effets antioxydants de SP contre sub-aiguë Toxicité DLM chez les souris mâles, La spiruline normalisé le altéré les concentrations sériques de AST, ALT, APL, LDH,  $\gamma$ -GT, cholestérol, acide urique, l'urée, la créatinine et le TNF- $\alpha$  de l'ACHé (**Mohamed El-Bialy et al,2016**).

La spiruline réduit dyslipidaemia dans notre modèle le syndrome métabolique tout en atténuant les tissus adipeux viscéraux macrophages. Des études sur la santé humaine sont

nécessaires afin de déterminer si ce supplément de sécurité pourrait s'avérer bénéfique chez les patients avec syndrome métabolique **(Elsevier et al, 2012)**.

En effet on dit que la spiruline capable de protéger le métabolisme de la fonction hépatique et d'exercer ainsi une action préventive contre l'obésité induite par le régime cafeteria, De ces résultats, il apparaît clairement que les micro- algues «la spiruline» sont des molécules prometteuses dans le champ de la prévention et de la potentialisation des traitements. Toutefois, compte tenu des enjeux, l'amplification de la recherche dans ce domaine est plus que jamais légitime.

# Conclusion

Le surpoids et l'obésité constituent un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale, selon l'obésité augmente principalement a un manque d'activité physique et une alimentation déséquilibré, qui avoir des conséquences négative sur la santé qui provoque plusieurs maladies. L'intérêt que nous portons pour ce sujet qui nous permis de rendre compte l'importance de la problématique de l'effet des microalgue-verts sur la fonction hépatique chez les rats obèses par un régime hyper lipidique et hypercaloriques. on effet que l'étude montre que l'obésité un problème majeur de santé public, nos résultats et montre que le régime cafeteria induit un hyperphagie qui favorise l'augmentation du poids corporel aussi une augmentation des transaminases (TGO, TGP) et l'augmentation de PAL et par ailleurs aucun différence n'est noté concernant l'albumine et le poids du foie, alors que le bilan hépatique montré des élévations qui correspond a la présence des altérations de la fonction hépatique qui accompagnée l'obésité. la supplémentation en algue verts, « spiruline » au régime cafeteria a confirmé l'objectif de notre travail il a était clairement démontre que cette algue a des effets sur l'obésité et les paramètres hépatiques étudiées : en diminuer le poids corporel, et diminuer le TGO, TGP, PAL, chez les rats obèses. la spiruline présent des fonctions véritablement prophylactique de par ses fonction, antioxydant, antibactérien, antivirale, anticancéreuses, anti-inflammatoire, antiallergique, anti obésité et antidiabétique. La spiruline associée a l'alimentation qui diminue la stéatose hépatique, les lipides, l'inflammation, et une meilleure source d'acide linoléique qui un effet bénéfique sur l'obésité et le désordre métabolique sur dysfonctionnement de la fonction hépatique.

**REFERENCE**  
**Bibliographique**

## B

-Bax Marie-Laure., 2008.Lefoie: Sa composition, son rôle et son Fonctionnement. Comparaison entre le foie normal et le foie gras, Master 2 Recherche: «Elaboration de la Qualité et Sécurité Alimentaire». Page 5.

-Bounaud V., Moreau F. Nutrition, Obésité, Activités physiques. Synthèse documentaire réalisée dans le cadre de la mise en place des plateformes. ORS Poitou-Charentes. Janvier 2014. Rapport n° 153. 74 p.

-Bouanane S,Benkalfat NB, Baba ahmed FZ, Merzouk H,Soulimane Moukhtari N,Merzouk S, Gresti J, Tessier CH, Narce M (2009).time course of changes in serum oxidant/antioxidant status in cafeteria fed obese rats and their offspring. Clin sci.116:669-680.

## C

- Chamorro-Cevallos G, Garduño-Siciliano L, Martínez-Galero E, Mojica-Villegas A,Pages N, Gutiérrez-Salmeán G. *The protective effect of dietary Arthrospira (Spirulina) maxima against mutagenicity induced by benzo [alpha] pyrene in mice.* J Med Food.2014 May; 17(5):527-34.

- Cingi C, Conk-Dalay M, Cakli H, Bal C. *The effects of spirulina on allergic rhinitis.*Eur Arch Oto rhinolaryngol. 2008 Oct;265(10):1219-23.

-Clement G., 1975. *Production et constituants caractéristiques des algues Spirulina platensis et maxima.* Ann. Nutr. Alim. , 29, 447-488.

-Castenholz Rw, Rippka R, Herdman M, Wilmotte A (2001) .Form-genus I. *Arthrospira* v Steinberger 1852. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (D. R. Boone & R.W. Castenholz, eds.) 1: 542-543.

## D

- Dan, Qinghua Wan Wu, Kamil Kuca.,2016. Spirulina. *Les nutraceutiques. Pages 569-583.*

-Desmarchelier C (2010).effets of high fat and cafeteria diets on obesity development and associated metabolic disturbances in mince. Doctorat Paris tech.

## F

- Fujimoto M, Tsuneyama K, FUJIMOTO T, Selmi C, Gershwin ME, Shimada Y. *Spirulina improves non-alcoholic steatohepatitis, visceral fat macrophage aggregation, and serum leptin in a mouse model of metabolic syndrome. Dig Liver Dis. 2012 Sep; 44(9):767-74.*

-Falquet J., 1996. Spiruline, aspects nutritionnels. *Antenna Techn., Genève, 22p.*

-Fox R.D., 1986. Algoculture : la spiruline, un espoir pour le monde de la faim. *Edisud, Aix-en-Provence, ISBN 2-85744-262-9, 319 p.*

## G

- Gremeaux V, Bouillet B (2012). Obesity, type 2 diabetes, and physical activity *Lett. Méd. Phys. Réadapt. DOI x 10. 1007/s11659 -012-0303-6.*

- Guilherme, A., J.V. Virbasius, V. Puri, AND M.P. Czech. 2008. Adipocyte dysfunctions linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Nat Rev Mol Cell Biol. 9:367-77.*

- Geitler L (1932) Cyanophyceae. In: Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Kolkwits R. (Eds.) Leipzig Germany: Akademische .Verlagsgesellschaft. 14.

## H

- Hade, A., 2002. *Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.*
- H. Marfaing, Y. Lerat, Les algues ont-elles une place en nutrition ?, *Phytothérapie (2007) Numéro Hors-Série: HS2–HS5.*

## J

- Joventino IP, Alves HG, Neves LC, Pinheiro-Joventino F, Leal LK, Neves SA, Ferreira FV, Brito GA, Viana GB. *The microalga Spirulina platensis presents anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypolipidemic properties in diabetic rats. J Complement Integr Med. 2012 Aug 10; 9: Article 17.*

## K

- Kulshreshtha A1, Zacharia AJ, Jarouliya U, Bhadauriya P, Prasad GB, BISEN PS. *Spirulina in health care management. Curr Pharm Biotechnol. 2008 Oct; 9(5):400-5.*
- Khan Z, Bhadouria P, Bisen PS. *Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. Curr 2005 Oct; 6(5):373-9.*
- Koničková R, Vaňková K, Vaníková J, Váňová K, Muchová L, Subhanová I, Zadinová M, Zelenka J, Dvořák A, Kolář M, Strnad H, Rimpelová S, Ruml T, J WONG R<sup>6</sup>, VÍTEK L<sup>7</sup>. *Anti-cancer effects of blue-green alga Spirulina platensis, a natural source of bilirubin-like tetrapyrrolic compounds. Ann Hepatol. 2014 Mar-Apr; 13(2):273-83.*

## M

-Mao TK, Van de Water J, Gershwin ME. *Effects of a Spirulina-based dietary supplement on cytokine production from allergic rhinitis patients. J Med Food. 2005 spring; 8(1):27-30.*

- Michael Subichin, Jesse Clanton, Marta Makuszewski, Ashley Zografakis Bohon, John G., Adrian Dan.,2015. Maladie du foie dans les obèses : un examen de 1000 patients consécutifs subissant la chirurgie de perte de poids, *Chirurgie de l'obésité et des maladies connexes, volume 11, Numéro 1, janvier-février. Pages 137-141*

-Michael Pavlides, Jeremy F.L. Cobbold, .2015. **Non-alcoholic fatty liver disease**, *Medicine, volume 43, Numéro 10, octobre, pages 585-589.*

- Mari, Crenesse, 2012. LE FOIE, SES PRINCIPALES. UE Gastro, Physio. Page 3-8.

## N

- Nadège Barri-Ova, Gabriel Perlemuter., 2009. *Liver and obesity, Service d'hépatogastroentérologie, hôpital Antoine-Béclère, Clamart. Correspondances en Métabolismes Hormones Diabètes et Nutrition -Vol. XIII - n° 6 - novembre-décembre.*

## O

-OMS (2011). Organisation Mondiale de la Sante. Obésité et surpoids. (<http://www.who.int/mediacentre>). (Access date aout 2011).

- *Organisation Mondiale de la Santé (OMS) 2014 - "Obésité et surpoids" - Aide-mémoire N°311.*

- Ou Y, Lin L, Yang X, Pan Q, Cheng X. *Antidiabetic potential of phycocyanin: effects on KKAY mice. Pharm Biol.* 2013 May; 51(5):539-44.

## P

- Park HJ1, Lee YJ, Ryu HK, Kim MH, Chung HW, Kim WY. *A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of spirulina in elderly Koreans. Ann Nutr Metab.* 2008; 52(4):322-8. Doi:10.1159/000151486. Epub 2008 Aug 19.

- Parikh P<sup>1</sup>, Mani U, Iyer U. *Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. J Med Food.* 2001 winter; 4(4):193-199.

- Palla J.C. ET Busson F., 1969. *Etude des caroténoïdes de Spirulina platensis (Gom.) Geitler (cyanophycées). C. R. Acad. Sc., Paris, T. CCLXIX, 1704-1707.*

## S

- Saini MK, Sanyal SN. *Targeting angiogenic pathway for chemoprevention of experimental colon cancer using C-phycocyanin as cyclooxygenase-2 inhibitor. Biochem* 2014 Jun; 92(3):206-18. Doi: 10.1139/bcb-2014-0016.

- Sayin I, Cingi C, Oghan F, Baykal B, Ulusoy S. *Complementary therapies in allergic rhinitis. ISRN Allergy.* 2013 Nov 13; 2013:938751.

## T

- Tremblay, Monica., 2011. *L'obésité préoccupation mondiale de santé publique. Québec, Laboratoire d'étude sur les politiques publiques et la mondialisation, ENAP, 22 p. (Rapport évolutif. Analyse des impacts de la mondialisation sur la santé au Québec; Rapport 8).*

## V

-Vadalà M, Palmieri B., 2015.provenant d'algues à des "aliments fonctionnels.2015  
Apr;37(2):126-39.

Y

-Yogianti F, Kunisada M, Nakano E<sup>2</sup>, Ono R<sup>2</sup>, Sakumi K<sup>3</sup>, Oka S<sup>3</sup>, Nakabeppu  
Y<sup>3</sup>,Nishigori C<sup>2</sup>. *Inhibitory Effects of Dietary Spirulina platensis on UVB-Induced  
Skin Inflammatory Responses and Carcinogenesis.* JInvest Dermatol. 2014Apr14.

# Annexe

**Annexe 01 : Tableau A6. Evolution de poids corporel (g), et la nourriture ingérée (g/j/rat) chez les rats témoins et expérimentaux.**

<b>N= 4)</b>	<b>TA</b>	<b>CS</b>	<b>CA</b>
poids corporel (g)	228±6,21	320±16,33*	257±10,22 §
Nourriture ingérée (g/j/rat)	21,41±0,92	33±1,09*	25± 2,50§

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  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 micro algues vertes « la spiruline ».

La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance.

Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \*  $p < 0.05$  différence significative ; \*\*  $p < 0.01$  différence très significative.

Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : §  $p < 0.05$  différence significative ; §§  $p < 0.01$  différence très significative.

**Annexe 02 : Tableau A7. Poids relatif du foie chez les rats témoins et expérimentaux.**

<b>Rats</b>	<b>TA</b>	<b>CS</b>	<b>CA</b>
<b>Foie (g)</b>	9,7±0,82	10,10 ± 0,50	9,92± 0,64

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  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 micro algues vertes « la spiruline ».

La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance.

Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \*  $p < 0.05$  différence significative ; \*\*  $p < 0.01$  différence très significative.

Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : §  $p < 0.05$  différence significative ; §§  $p < 0.01$  différence très significative.

**Annexe 03 : Tableau A8 : Teneurs plasmatiques en transaminases (TGP TGO) et en phosphatases alcalines (PAL) chez les rats témoins et expérimentaux.**

<b>Rats (N= 4)</b>	<b>TA</b>	<b>CS</b>	<b>CA</b>
<b>TGO (UI)</b>	45,68 ±6,21	96,24 ± 9,02*	54,19 ±6,22 §
<b>TGP (UI)</b>	40,32 ±3,92	58,89±3,09**	48,23± 2,50§
<b>PAL (UI)</b>	90,58 ± 6,9	112,17 ± 4,2**	89,76 ± 14,29§
<b>Albumine (g/l)</b>	31,30 ± 3,25	32,18 ± 4,05	30,93 ± 3,26

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 micro algues vertes « la spiruline ».La comparaison des moyennes est effectuée par le test « t » de student après analyse de variance. Obèses comparés aux témoins enrichi en algues vertes (CS versus TA) : \* p< 0.05 différence significative ; \*\* p < 0.01 différence très significative.Obèses comparés aux régimes cafeteria enrichi en micro algues vertes « la spiruline » (CS versus CA) : § p< 0.05 différence significative ; §§p < 0.01 différence très significative.

## Résumé

Le surpoids et l'obésité constituent un problème majeur de santé publique à l'échelle mondiale, nos résultats et montre que le régime cafeteria induit un hyperphagie qui favorise l'augmentation du poids corporel aussi une augmentation des transaminases (TGO, TGP) et l'augmentation de PAL et par ailleurs aucune différence n'est noté concernant l'albumine et le poids du foie, alors que le bilan hépatique montré des élévations qui correspondents a la présence des altérations de la fonction hépatique qui accompagnée l'obésité. la supplémentation en algue verte, « spiruline » au régime cafeteria a confirmé l'objectif de notre travail il a été clairement démontré que cette algue a des effets sur l'obésité et les paramètres hépatiques étudiés : en diminuer le poids corporel, et diminuer le TGO, TGP, PAL, chez les rats obèses, la spiruline associée à l'alimentation qui diminue la stéatose hépatique, les lipides, l'inflammation, et une meilleure source d'acide linoléique qui a un effet bénéfique sur l'obésité et le désordre métabolique sur dysfonctionnement de la fonction hépatique.

## Abstract

Overweight and obesity is a major public health problem worldwide, and our results show that the regime cafeteria induces hyperphagia, leading to increased body weight also increased transaminases (GOT, GPT) and increase in PAL and also no difference was noted regarding albumin and liver weight, while the liver function tests showed elevations which corresponds to the presence of alterations in liver function that accompanied obesity. supplementation in the green algae, "spirulina" in cafeteria diet confirmed the objective of our work it was clearly demonstrates that this alga has effects on obesity and liver parameters studied: in decrease body weight and reduce the TGO, TGP, PAL, in obese rats, spirulina has associated power that decreases hepatic steatosis, lipids, inflammation, and a better source of linoleic acid, which have a beneficial effect on obesity and disorder on metabolic dysfunction of liver function.

## م لخص

زيادة الوزن والبدانة مشكلة صحية عامة رئيسية في جميع أنحاء العالم، وتظهر نتائجنا أن الكافيتيريا النظام يدفع فرط الأكل، مما يؤدي إلى زيادة وزن في الكبد، ووزن الزلال يرتبط بماض تعلق في مماض تلاف أي لحظ وأيضا بال في زيادو (GOT، GPT) الجسم زادت أيضا الترانساميناسات رافقت التي الكبد وظائف في تغيرات وجود متطابق التي الارتباطات الكبد وظائف اختبارات أظهرت حين مكملات في الطحالب الخضراء، "سبيرولينا" في النظام الغذائي الكافيتيريا وأكد أن الهدف من عملنا كان يظهر بوضوح أن هذه الطحالب له السمنة، في الفئران يعانون من السمنة المفرطة، سبيرولينا PAL، توتال، TGO آثار على المعلمات السمنة والكبد درس: في انخفاض وزن الجسم وتقليل والسلطة المرتبطة التي تقلل تشحم الكبد، والدهون، والالتهابات، وأفضل مصدر لحمض اللينوليك، والتي يكون لها تأثير مفيد على السمنة واضطراب الكبد وظائف الأيض الضياع.