

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD-DAHLAB

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**Formulation d'un régime hypocholestérolémiant à base de spiruline**

**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention**

**du diplôme de Master académique en sciences de la nature et de la vie**

**Filière : Sciences alimentaires**

**Spécialité : Nutrition et Contrôle des Aliments**

**LAGUEB Samiha**

**Devant jury composé de :**

Mme ABDELLAOUI.Z	MCA	USDB	Président
Mme DOUMANDJI.A	MCA	USDB	Promotrice
Dr AZZI.O	Dr	UPH MEFTAH	Co-promotrice
Mme KEBOUR.D	MAB	USDB	Examinatrice
Mme FERNANE.S	MAB	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012-2013

## Chapitre 2 : Le cholestérol

### 2.1. Définition

Le cholestérol est un dérivé lipidique appartenant à la famille des stérols de formule brute  $C_{27}H_{45}OH$ .

Chez l'homme, le cholestérol possède deux origines : une source exogène, fournie par l'alimentation et représentant approximativement 20% du cholestérol retrouvé dans notre organisme, et une source endogène provenant d'une biosynthèse principalement hépatique représentant plus de 80% du cholestérol total (Housieaux et al., 2006).

La figure ci-dessus présente la structure du cholestérol

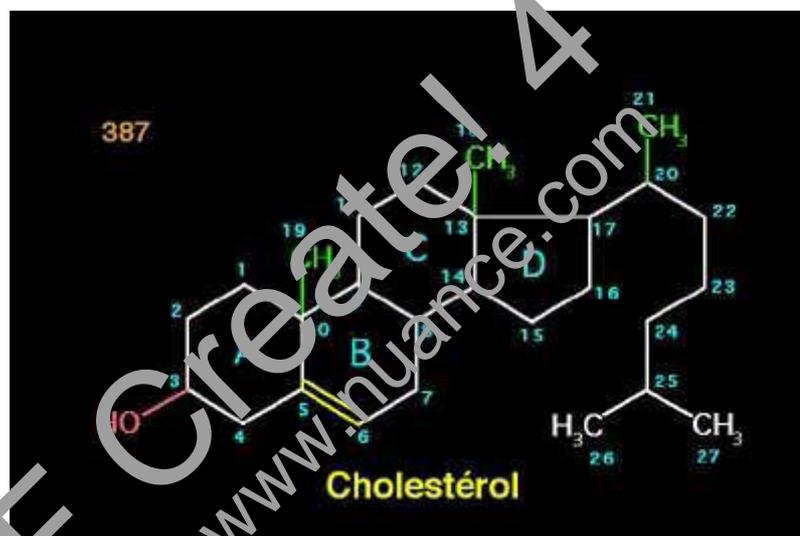


Figure 2 : La structure du cholestérol ( Durand et Beaudeau, 2011)

### 2.2. Structure

La molécule de cholestérol comprend quatre cycles carbonés noté A, B, C et D (noyau cyclopentano-perhydro-phénanthrénique) ,8 carbones asymétriques (les carbones 3, 8,9, 10, 13, 14,17et 20), ce qui fait  $2^8$  soit 256 stéréoisomères dont un seul existe : le  $3\beta$ -ol lévogyre. Le cholestérol possède un groupe hydroxyle  $-OH$  sur le carbone 3(C3). Ce groupement R-OH constitue donc la partie hydrophile du cholestérol. La fonction OH du cholestérol peut être estérifiée par un acide gras qui rend la molécule totalement insoluble dans l'eau (Anonyme, 2013).

### 2.3. Rôle du cholestérol

Le cholestérol est une molécule indispensable à la vie (**Housieaux et al., 2006**).

#### 2.3.1. Comme élément structural

Le cholestérol est l'un des constituants lipidique des membranes cellulaires ; il s'intercale entre les phospholipides et glycolipides dans la bicouche lipidique, la tête polaire (groupement OH en C<sub>3</sub>) orienté vers le milieu externe aqueux, et la partie non polaire prolongée dans la membrane. Elle augmente la viscosité des membranes et leur cohésion mécanique.

#### 2.3.2. Comme précurseur de composés biologiques

Le cholestérol est le précurseur de nombreux corps stéroïdes fabriqué par l'organisme humain. Les glandes surrénales, la peau et certains organes sexuels. Parmi les substances les plus importantes, on remarque les acides biliaires qui prennent naissance dans le foie et qui jouent un rôle primordiale dans la digestion des graisses ; on remarque également le précurseur de la vitamine D, le 7-déshydrocholestérol, qui dans la peau sous l'action des ultraviolets du soleil, donne la vitamine D<sub>3</sub>. Les autres produits sont soit des hormones sexuelles mâles ou femelles soit des hormones secrétés par les glandes surrénales ; les rôles physiologiques et métaboliques de toute substances sont multiples et absolument essentiels à la vie (**Jack, 1981**).

La figure suivante présente les principaux dérivés du cholestérol

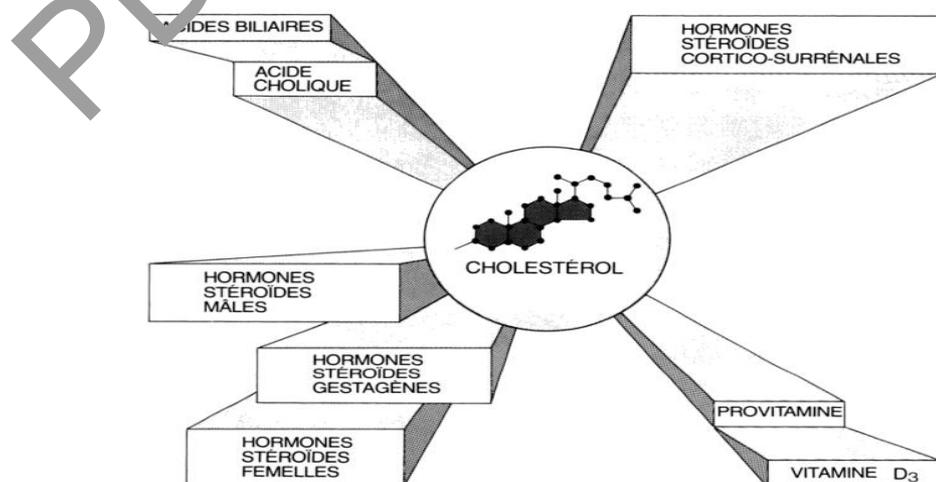


Figure 3 : Principaux dérivés du cholestérol (Jack, 1981)

## 2.4. Le métabolisme du cholestérol :

### 2.4.1. Synthèse

Tous les atomes de carbone du cholestérol proviennent du radical acétyl-CoA. Les premières étapes de cette biosynthèse ont pour but de former un dérivé de l'isoprène (hydrocarbure à 5 atomes de carbone et une double liaison).

La condensation de 6 unités d'isoprène forme le squalène, carbure désaturé à 30 atomes de carbone qui se cyclise en stéroïde et fournit, après une série de transformations limitées, la molécule du cholestérol (**Borel et al., 1997**).

Les étapes de la synthèse du cholestérol sont résumées dans la figure qui suit

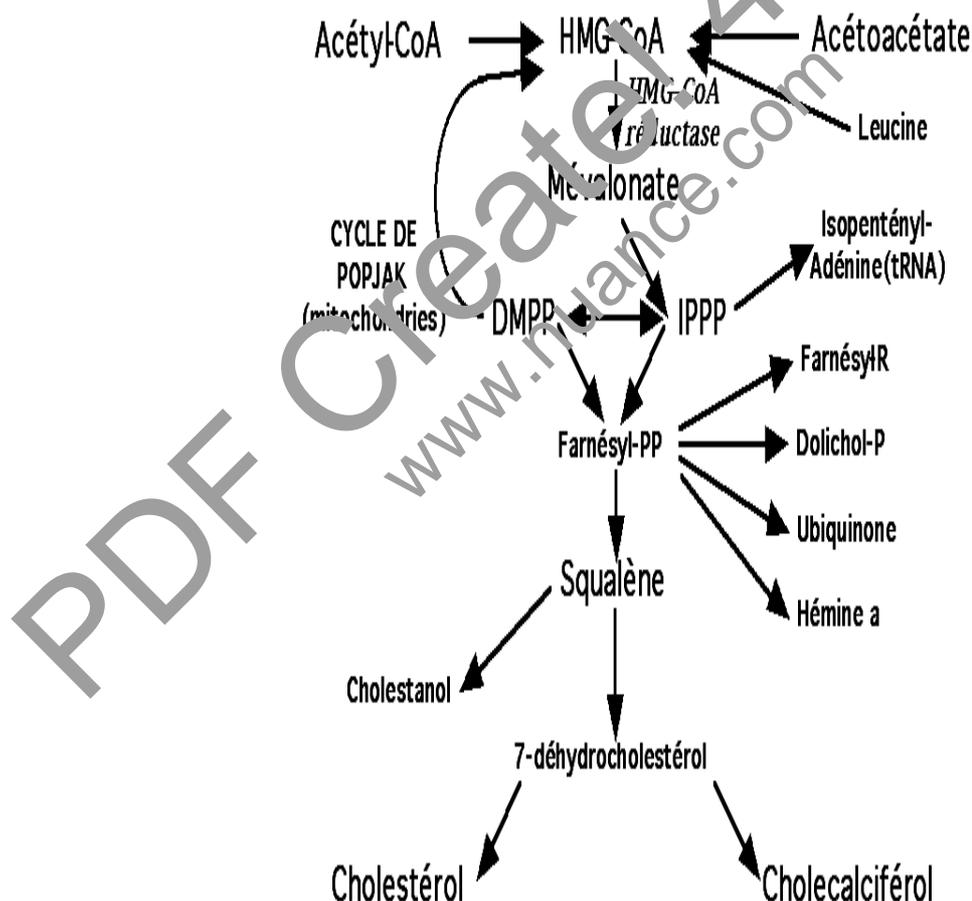


Figure 4 : Synthèse du cholestérol (Raisonnier ,2003)

### 2.4.2. Régulation

Une partie du cholestérol peut ne pas être absorbée lors de la digestion. Par exemple, une bactérie intestinale présente chez l'homme transforme le cholestérol en coprostanol, stable et non absorbable et donc éliminée dans les selles (**Gérard P et al . ,2007**) Concernant le cholestérol absorbé ou produit par l'organisme, il existe trois niveaux de régulation du cholestérol, le but étant de diminuer le taux de cholestérol de la cellule quand il est en excès :

Le cholestérol libre dans la cellule inhibe la production de ses propres récepteurs membranaires LDLR. Pour ce faire, il inhibe la transcription du gène qui code les LDLR. Par conséquent, le flux entrant de cholestérol dans la cellule est diminué.

Le cholestérol libre inhibe la HMG-CoA réductase, ce qui empêche la poursuite de la réaction de synthèse du cholestérol.

Enfin, le cholestérol libre stimule l'acyl transférase (ACAT), enzyme catalysant son estérification en stéride. Ceci favorise le stockage du cholestérol libre.

La synthèse de mévalonate, deuxième étape de la synthèse du Cholestérol, est très régulée par le métabolisme. L'activité de l'HMG-CoA réductase, enzyme catalysant cette synthèse, est diminuée lorsque l'apport alimentaire en cholestérol est élevé ou par des médicaments de la famille des statines (**Anonyme, 2013**).

### 2.4.3. Dégradation

Le foie est l'organisme clé de l'élimination du cholestérol en excès. Celui-ci est éliminé sans transformation par la voie biliaire vers l'intestin une partie est réabsorbée donnant lieu à un cycle entéro-hépatique. Les bactéries intestinales réduisent la double liaison en 5, formant du coprostanol, qui peut être réabsorbée en faible quantité et circuler dans le sang.

La majeure partie de l'excrétion du cholestérol se fait après transformation en sels biliaires. Ces composés diffèrent du cholestérol par la présence des radicaux hydroxyles supplémentaires et le raccourcissement de la chaîne carbonée latérale par oxydation. Cette chaîne passe de 8 atomes de carbone à 5 seulement.

La transformation du cholestérol en acide cholique nécessite une hydroxylation en 7 $\alpha$ .

Une autre en 12 $\alpha$  l'isomérisation de la fonction alcool en 3 $\alpha$  et la réduction de double liaison en 5. La chaîne latérale est oxydée par une enzyme oxydative.

Les sels biliaires constituent la voie majeure d'élimination du cholestérol. Ils passent par la voie biliaire, gagnent l'intestin où ils sont partiellement réabsorbés avec les acides gras (cycle entéro-hépatique) (**Borel et al., 1997**).

## 2.5. Transport du cholestérol dans le sang LDL, VLDL et HDL

En tant que composé hydrophobe, le cholestérol n'est pas soluble dans le sang. C'est pourquoi il est assimilé à une graisse, alors que c'est un stérol. Son transport est assuré par différents types de lipoprotéines :

### 2.5.1. Les VLDL (*Very low Density Lipoprotein*)

Très grosses molécules contenant 4/5<sup>ème</sup> de triglycérides endogènes, et 1/5<sup>ème</sup> de cholestérol. Ils transportent le cholestérol et ses esters du foie vers d'autres tissus.

### 2.5.2. Les LDL (*low Density Lipoprotein*)

Contiennent 50% du cholestérol total ; leur production peut provenir soit de la synthèse hépatique, soit du catabolisme des VLDL (par un mécanisme encore mal connu).

Le rôle principal des LDL est de transporter le cholestérol aux cellules de l'organisme. Des taux importants de LDL conduisent généralement au dépôt de cholestérol sur les parois des artères sous forme de plaque d'athérome, ce qui accroît le risque de maladies cardiovasculaires et leur vaut le nom de « **mauvais cholestérol** » (**Merk et al., 2007**).

**2.5.3. Les HDL (*High Density Lipoprotein*):** continent 20 à 25% du cholestérol total.

Les HDL servent à éliminer le cholestérol en excès dans le sang en le transportant vers le foie ; elles ont donc un rôle protecteur vis-à-vis du système vasculaire (on parle alors de « **bon cholestérol** ») (**Passeron, 1999**).

## 2.6. Les origines du cholestérol

Chaque jour, un organisme adulte doit disposer d'environ un gramme et demi de cholestérol. Cet apport va lui être fourni de deux manières différentes :

75% d'une manière endogène : c'est le cholestérol synthétisé par l'organisme lui-même à l'intérieur du foie et de certaines cellules intestinales.

25% d'une manière exogène : c'est le cholestérol fourni par notre alimentation (aliment d'origine animale tels que les viandes, surtout cervelle, foie, crustacés, et jaune d'œuf. l'alimentation apporte 0,5 à 2 g de cholestérol par jour sous forme libre (Luc et al ., 1991).

## 2.7. Les taux du cholestérol :

Les taux du cholestérol peuvent être mesurés par une simple analyse sanguine qui ne nécessite qu'une prise de sang au bras. Ce test peut évaluer les quatre types de lipides contenus dans le sang, ainsi que le taux de cholestérol total.

Un test de cholestérol fournit habituellement les cinq catégories de résultats suivants :

- 1-cholestérol total
- 2-cholestérol LDL
- 3-cholestérol HDL
- 4-triglycérides
- 5-rapport cholestérol total/cholestérol HDL

### 2.7.1. Cholestérol total

Le cholestérol total représente la quantité de cholestérol qui contient dans le sang. Cette valeur comprend à la fois les cholestérols HDL et LDL.

### 2.7.2. Cholestérol LDL

Un taux élevé de LDL peut favoriser l'accumulation de plaque d'athérome (dépôt de cholestérol) à l'intérieur des artères, entraînant éventuellement le rétrécissement des artères ou une augmentation du risque de crise cardiaque ou d'AVC.

### 2.7.3. Cholestérol HDL

La recherche semble indiquer que le cholestérol HDL pourrait nous prémunir contre l'athérosclérose (l'obstruction graduelle des artères par la plaque d'athérome), les maladies du cœur et les AVC (**Anonyme, 2008**).

Les valeurs normales du cholestérol total et ses fractions HDL, LDL sont présentées au tableau 1

**Tableau 1** : Les valeurs normales des différentes formes du cholestérol chez un adulte

Forme du cholestérol	Taux du cholestérol mg/dl
Cholestérol total	Moins de 200
LDL-cholestérol	Moins de 100
HDL-cholestérol	Plus de 40

(Merk et al., 2007)

### 2.8. Teneur en cholestérol dans l'alimentation

La teneur en cholestérol de quelques aliments est présentée au tableau 2

**Tableau 2** : La teneur en cholestérol de différents aliments (mg /100 g)

Aliment	teneur en cholestérol	Aliment	teneur en cholestérol
<b>lait et laitage</b>		<b>viande</b>	
lait entier	10 à 14	poulet	60
lait demi-écrémé	9	bœuf	70 à 90
lait écrémé	3	mouton	80
yaourt nature	7	lapin	90
beurre	250	abats	
<b>poissons</b>		cervelle	1800 à 3100
saumon	60 à 70	rognon	375 à 500
rouget	70	foie de veau	300 à 460
thon blanc	55 à 130		
œuf	450	mayonnaise	260

## 2.9. Anomalies du dosage sanguin chez l'être humain

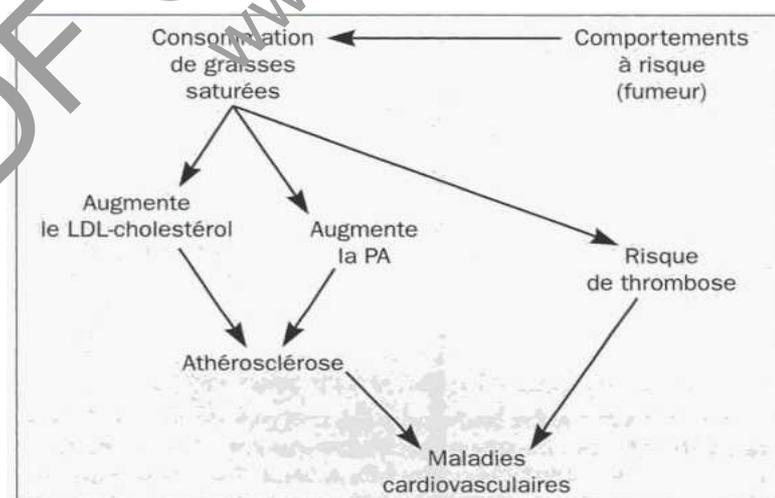
L'hypercholestérolémie n'est pas dénuée de risque. En effet, le cholestérol superflu s'entasse sur les parois des artères, ce qui les amène à se bouche progressivement. Par conséquent, l'apport d'oxygène vers les tissus par le sang diminue, ce qui provoque leur mort.

### 2.9.1. L'athérosclérose

L'athérosclérose des vaisseaux coronaires qui irriguent le cœur, est une maladie très plurifactorielle : prédispositions génétiques, plus grande fréquence dans le sexe masculin que dans le sexe féminin (**Dupin H, 1989**).

Au début, on ne sent pas les effets de l'athérosclérose, mais cette affection s'aggrave jusqu'à l'apparition de problèmes de santé. Des problèmes peuvent se présenter au niveau des artères du cœur, du cerveau et des jambes (**Anonyme, 2008**).

Il existe une intrication entre tous les facteurs de risques. Même si les déterminants de ces associations ne sont pas connus, ils réalisent des tableaux cliniques fréquents correspondant à des sujets présentant plusieurs anomalies modérées associées (par exemple : dyslipidémies, hypertension, hyperinsulinisme) dont le regroupement réalise un risque majeur de pathologies cardiovasculaires (**Bruckert E et Tomas D, 1997**).



**Figure.5 : Rôle des acides gras saturés dans les maladies cardiovasculaires**

### 2.10. Alimentation et lipides sanguins

Le cholestérol sanguin est pratiquement indépendant du cholestérol ingéré.

La production du cholestérol endogène est plus ou moins importante selon que les apports du cholestérol alimentaire sont faibles ou élevés.

Le choix des graisses alimentaire a par contre une influence certaine sur le taux du cholestérol. On aura ainsi avantage à remplacer les huiles comportant une part importante d'acide gras oméga 6 par exemple les huiles de tournesol par des huiles riches en acide gras monoinsaturées et contenant également des acides gras oméga 3 comme huile de colza. Cela permet d'abaisser le taux global du cholestérol et d'améliorer le quotient LDL/HDL.

Le taux de triglycérides dépend surtout de la teneur de la nourriture en glucide. Un grand nombre de travaux scientifiques menés au cours de ces dernières années ont en effet pu prouver qu'une alimentation non grasse, mais riche en amidon et en sucre (pain, céréales, pâtes, riz, pâtisseries, douceurs) fait augmenter le taux des triglycérides sanguins (**Anonyme, 2007**).

## **Chapitre 4 : matériel et méthodes**

### **4.1 Présentation de l'hôpital**

#### **4.1.1. Présentation générale**

L'hôpital de MEFTAH Situé au sommet du djebel Zerouala (438 m.d'alt.), le sanatorium de Rivet (Bakalem, Meftah) est le premier établissement de cet ordre en Algérie.

Presque terminé en 1939, l'équipement se poursuivit au début de la guerre et, en 1942 il put être affecté aux blessés militaires rendu en 1945 à l'Association des Sanatorium d'Algérie.

L'hôpital de Meftah a été construit durant l'ère coloniale pour servir de sanatorium aux tuberculeux et autres malades des poumons ou des voies respiratoires. Après l'indépendance et jusqu'à il y a quelques années, il a continué à assurer cette fonction, aidé en cela par son emplacement sur les hauteurs de la ville de Meftah, avec une vue imprenable sur la baie et la ville d'Alger, avec en prime un air pur et frais. Circonstances et démographie obligent, des services ont été ouverts, peu à peu, jusqu'à devenir un hôpital comme tous les autres hôpitaux, avec d'une capacité de 247 lits.

#### **4.1.2. Mission du laboratoire**

Laboratoire d'analyses médicales se divise en deux unités :

- ❖ Unité bactériologie
- ❖ Unité biochimie

### **4.2. Matériel et méthodes**

La majorité de ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire central de L'Hôpital de Meftah.

#### **4.2.1. Matériel**

##### **4.2.1.1. Matériel biologique :**

**4.2.1.1.1. Des personnes :** 12 personnes de différents sexes et âges avec des taux élevés du cholestérol et sans traitement.

**4.2.1.1.2. La spiruline** : sous forme de comprimé de 400mg amenée par Dr DOUMANDJI A



**Figure9 : Photographie original de la spiruline**

#### **4.2.1.1.3. Milieux de cultures**

Gélose P.C.A.

Gélose Viande-Foie VF.

Gélose Sabouraud.

Eaux physiologique à 9%(9g de NaCL dans 1 Litre d'eau distillée).

Milieu SFB

Milieu MRS

Milieu M17

Milieu Geolliti Cantonii

#### **4.2.1.2. Matériel non biologique**

##### **4.2.1.2.1. Appareillage :**

Bain marie

Bec benzène

Réfrigérateur pour stocker les milieux de culture et les échantillons.

Etuves d'incubation : 37, 44° C.

Balance de précision

Porte tubes.

Anse de platine.

Centrifugeuse

Spectrophotomètre de type CYAN STAR

Agitateur

Balance numérique

Balance analytique

PH-mètre avec électrode

Becher 250 ml

Entonnoir

Erlenmeyer 200ml

Four Pasteur

Autoclave

#### **4.2.1.2.2 Verreries**

Becher 250 mL

Entonnoir

Erlenmeyer 200 mL

Pipettes Pasteur de 1mL et 2mL

Pipettes graduées : 10 ml, 25 mL.

Tubes à essais de 25 mL.

Flacons de 250 mL

Pipettes graduées : 10 $\mu$ L ,50 $\mu$ L ,500 $\mu$ L, 1000 $\mu$ L

Tubes à essais de 4ml

Epicrânienne

Garrot

Réactif pour cholestérol

Réactif pour HDL

Réactif pour triglycérides

Réactif pour glycémie

#### **4.2.2. Méthodes**

##### **4.2.2.1. Hypothèse de l'étude**

L'hypothèse que nous avons émise est de savoir l'effet de la spiruline dans un régime hypocholestérolémiant chez des personnes ayant des taux élevés de lipides sanguins.

##### **4.2.2.2. Enquête sur l'hypercholestérolémie dans l'Hôpital Meftah**

Cette enquête a été faite à partir des ordonnances reçus, le pourcentage des bilans lipidique par rapport aux autres bilans faits au laboratoire.

##### **4.2.2.3. Méthodologie**

La présente étude est une étude prospective et descriptive, qui a été réalisée sur une période de 2 mois, étendue d'Avril à Juin 2013, sur des malades suivis à l'Hôpital.

Notre étude est répartie en deux parties :

- **La première partie** statistiques se fait sur 40 personnes cette population n'était n'est homogène ni sélectionnée ; les âges dans cette population vari de 23 ans à 76ans.  
On a fait des statistiques pour connaitre les pourcentages d'hypercholestérolémies dans la région.
- **La deuxième partie** s'intéresse à l'action et l'effet de la spiruline dans un régime hypocholestérolémiant.

Le panel de patients sur lesquelles on a effectué l'étude est composé de 12 personnes divisé en deux groupes comprenant 4 femmes et deux hommes dont

l'âge varie de 30 ans à 73 ans. Ces personnes ont des habitudes alimentaires et mode vie proche.

Le groupe témoin a été soumis à un régime hypocholestérolémiant.

Le deuxième groupe a été soumis au même régime hypocholestérolémiant associé à la prise d'un comprimé de spiruline à 400 mg par jour pendant six jours.

On a réalisé les dosages du cholestérol et de ses fractions HDL et LDL , des triglycérides et de la glycémie chaque 3 jours. Les résultats obtenus dans chaque groupe ont été comparés.

### **4.3. Caractéristique de la population**

#### **4.3.1. L'âge**

Les personnes que nous avons choisies sont des personnes d'âges différents variant entre 30 ans et 73 ans.

#### **4.3. 2.L'état de santé**

Les personnes présentent une hypercholestérolémie, et ne prennent pas de médicaments.

#### **4.3.3. Le régime alimentaire**

Le régime alimentaire appliqué sur les personnes est un régime strict où la ration lipidique est diminué dans son alimentation, ce régime il se base sur :

Un régime anti cholestérol consiste :

A ce que la ration de lipides ne dépasse pas 30 à 35% de la ration calorique totale.

A adopter des mesures diététiques visant à faire baisser le taux de cholestérol, et surtout intervenir sur le bon cholestérol( HDL-cholestérol ) bénéfique sur les artères et sur le mauvais cholestérol (LDL-cholestérol) qui se dépose sur les artères avec le risque de formation de plaques d'athérome.

Le régime anti- cholestérol se découle de fait que :

L'excès de graisses d'origine animale et de certaines graisses végétales favorise l'augmentation du mauvais cholestérol et expose au risque de maladies cardiovasculaires alors que les acides gras insaturés avec les acides gras monoinsaturés (oméga 9) et polyinsaturés (oméga 3 et 6) ont un effet bénéfique sur l'augmentation du bon cholestérol HDL et la baisse du mauvais cholestérol LDL

-Les fibres et certains produits végétaux (phytostérols et phytostanols) réduisent l'absorption du cholestérol au niveau intestinal.

Le régime anti-cholestérol vise donc à une alimentation équilibrée qui privilégie certains aliments et en écarte d'autres.

Les bases de ce régime anti-cholestérol consistent à préférer les viandes maigres (poulet sans peau, lapin, veau...), le jambon à faible teneur en matière grasse, les poissons maigres (colin, merlan, lieu noir, sole...)

-A utiliser les huiles riches en acides gras monoinsaturés (huile d'olive, de colza) et polyinsaturés (huile de colza, noix, noisettes, maïs, germe de blé, pépin de raisin ...) (huile d'olive pour la cuisson et/ou l'assaisonnement, les autres huiles moins résistantes à la chaleur à réserver à l'assaisonnement)

-A consommer des aliments riches en acides gras polyinsaturés : oléagineux (noix, noisettes, pistaches) et poissons gras des mers froides riches en oméga 3 (thon, maquereau, sardine, saumon...)

-A favoriser les aliments riches en fibres qui diminuent l'absorption intestinale du cholestérol :

-Cinq fruits et légumes par jour (notamment les pommes), céréales complètes légumineuses (boulghour, lentilles, pois chiches...) céréales non sucrées (type avoine, muesli...).

-A recourir aux produits laitiers allégés à 0% de matières grasses et fromage en faible teneur en matières grasses.

-A utiliser des margarines diététiques enrichies en phytostérols ou oméga 3.

-A ôter la graisse visible des viandes et adopter des modes de cuissons sans matières grasses.

**- Les aliments interdits**

Ce sont les aliments d'origine animales (pourvoyeur d'acide gras saturés et de cholestérol alimentaire) tels que :

-Viandes grasses (bœuf, agneau, mouton, poule, oie...)

-Charcuteries, lard, saindoux-beurre, crème, produits laitiers entiers fromage gras.

-Œuf (pas plus de deux fois par semaine).

-Pâtisseries au beurre ou à la crème, viennoiseries, glace à la crème ...

Ainsi que d'autres aliments porteurs d'acide gras nocif (saturés et « trans ») tels que :

-Huiles végétales hydrogénées, huile de palme, de coprah, margarines dures.

-Frite, chips et aliment frits, panés.

-Biscuits industriels salés et sucrés.

**4.4. Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur la spiruline****4.4.1. Analyse physico-chimique**

Les analyses physico-chimiques que nous avons effectuées sur notre échantillon pour déterminer le PH de la spiruline.

**4.4.1.1. Mesure du PH**

Le pH ou potentiel d'hydrogène est proportionnel à la concentration des protons ( $H^+$ ) dans la solution  $[H^+]=10^{-Ph}$

**➤ Mode opératoire**

On plonge une sonde de températures et une électrode de pH a la fois dans l'échantillon à analyser.

**➤ Expression des résultats**

La valeur du pH est lue directement sur le pH mètre

#### 4.4.1.2. Détermination de la matière sèche

##### ➤ Principe

La teneur en matière sèche est la masse restante après dessiccation complète de la matière .elle est conventionnellement en pourcentage massique (Godon et Loisel, 1991).

##### ➤ Mode opératoire

A l'intérieur du dessiccateur on met 2,5 mL d'échantillon et on règle la température du dessiccateur à 95° C

On laisse sécher jusqu'à ce que le résultat s'inscrive sur l'appareil.

##### ➤ Expression des résultats

La valeur de l'extrait sec total est lue directement sur l'appareil.

Le taux de l'humidité est donne par la formule suivante :

$$H\%=100-EST$$

#### 4.4.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques comportent la recherche et le dénombrement des microorganismes contaminant la spiruline tels que: les coliformes totaux et fécaux, les Salmonelles, les *Staphylococcus aureus*, levures et moisissures.

Les analyses effectuées :

- Germes aérobies mésophiles totaux.
- Coliformes Totaux.
- Coliformes fécaux.
- Salmonelle.
- Staphylococcus aureus*.
- Clostridium* sulfito-réducteurs.
- Levures et des Moisissures.

##### ➤ préparations de la solution mère

Les pesées de 25g de spiruline ont été introduites chacune dans un flacon contenant 225ml de TSE. Ceci constitue la solution mère.

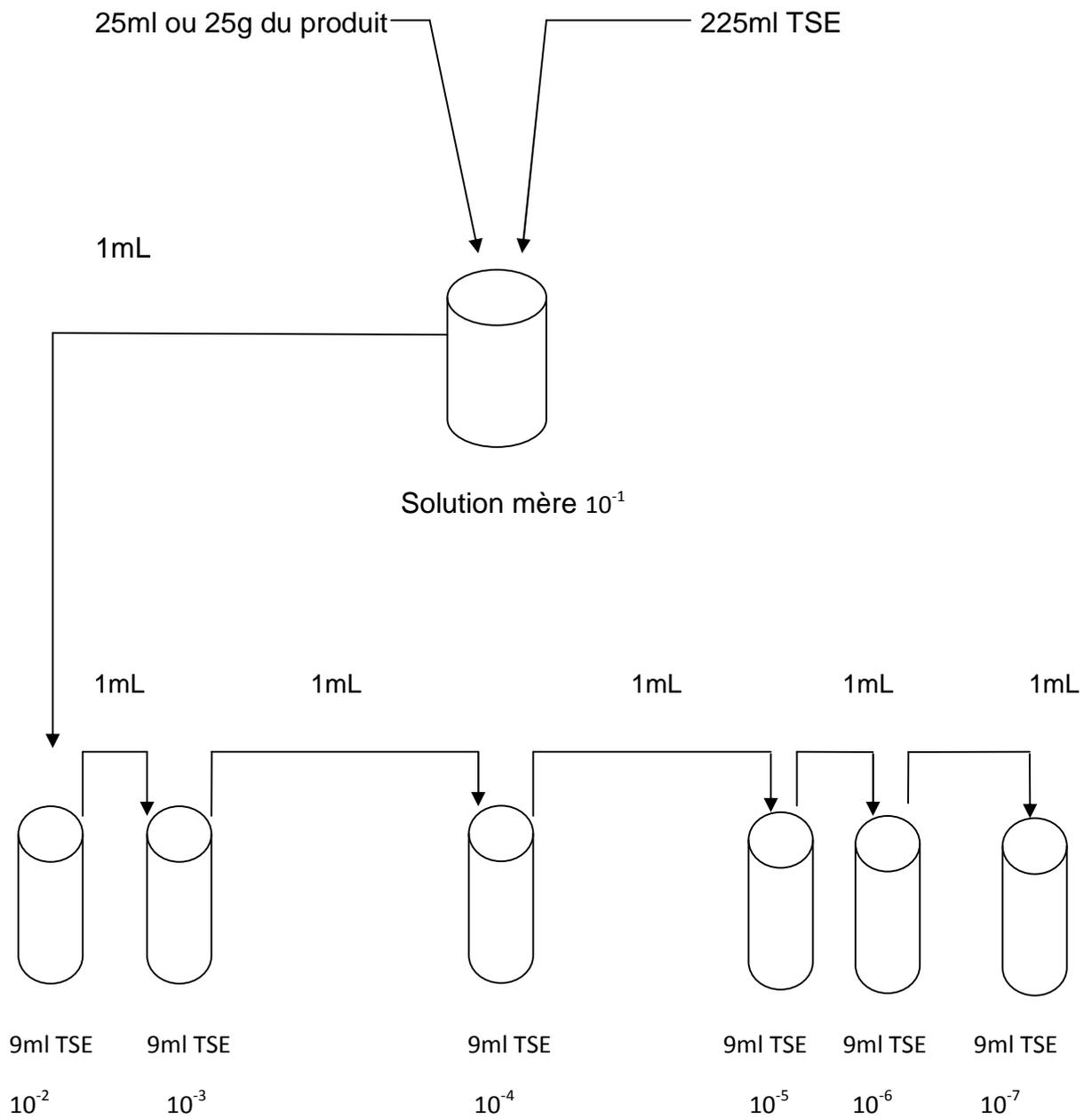
Une solution mère est incubée à 37°C dans une étuve pendant 20mn pour avoir meilleure diffusion de la flore microbienne, et une revivification des cellules microbiennes stressées par le froid.

➤ **préparations des dilutions décimales**

A partir de la suspension mère, les dilutions décimales ont été préparées, sous des conditions aseptiques, l'eau physiologique stérile a été utilisée comme diluant pour la préparation des différentes dilutions.

Le rapport de dilution graduellement croissant de l'ordre de 1mL de la suspension précédente dans 9mL d'eau physiologique donnant la nouvelle dilution décimale.

La dilution décimale est présentée sur la figure suivante



**Figure.10 : Préparation des dilutions décimales**

#### 4.4.2.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale

C'est l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale située entre 25 et 45°C. Cette flore est un indicateur de la qualité générale du produit à analyser (**Guiraud, 1998**).

➤ **But**

Le dénombrement de ces germes c'est la meilleure méthode pour confirmer la qualité sanitaire du produit.

➤ **Principe**

Le milieu utilisé est une gélose nutritive de type PCA exempte d'inhibiteur et d'indicateur, après incubation cette flore apparaît sous forme de colonies lenticulaires (**Graud et Galzy, 1980**).

➤ **Mode opératoire**

À partir des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-3}$  mettre aseptiquement 1 mL dans une boîte de pétrie vide et stérile. Compléter ensuite avec environ 15 mL de gélose PCA, puis faire des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger avec la gélose, laisser solidifié sur la paillasse, les boîtes ensuite sont incubés à 30°C pendant 72 heures (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

➤ **Lecture**

Retenir les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 à 300. Les résultats sont exprimés en nombre de germes par mL, elles sont données par la formule suivante:

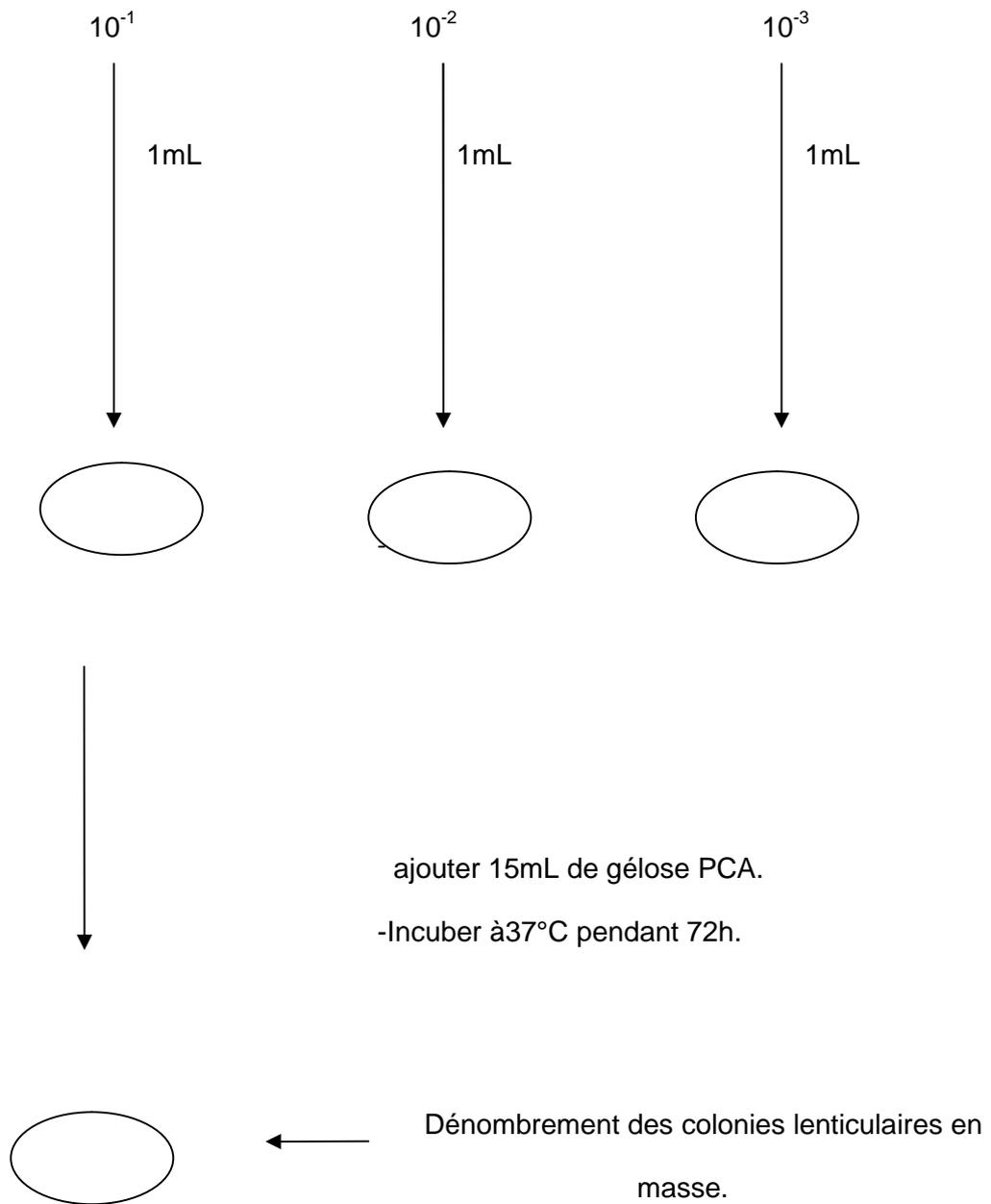
$$X = N \cdot 1/D \cdot 1/V.$$

**X**: Nombre de germes par ml de produit.

**N**: Nombre de colonies.

**V**: Volume de dilution.

**D**: Facteur de dilution ou la dilution considérée



**Figure.11 : Recherche et dénombrement des germes aérobies totaux**

#### 4.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes sont des bactéries qui appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae, ce sont des bacilles Gram<sup>-</sup>, asporulés, aéro-anaérobies facultatifs, capables de fermenter rapidement le lactose avec production de gaz et d'acide lactique. Ce sont des microorganismes thermosensibles détruits par la chaleur.

Ces bactéries sont vivantes naturellement dans l'intestin. La présence de ces germes dans le produit à analyser traduit une contamination fécale récente (**Guiraud, 1998**).

##### ➤ **Technique**

À l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1 ml de chaque dilution ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ), on l'ensemence dans des boîtes de pétries stériles puis compléter avec environ 20 mL de gélose désoxycholate à 1‰ fondue et refroidie, faire ensuite des mouvements circulaires pour permettre de mélanger l'inoculum avec la gélose.

Après refroidissement, on incube les boîtes à 37°C pendant 24 h.

##### ➤ **Lecture**

Le nombre de colonies doit être compris entre 30 et 300 (**Giraud et Galzy, 1980**).

#### 4.4.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

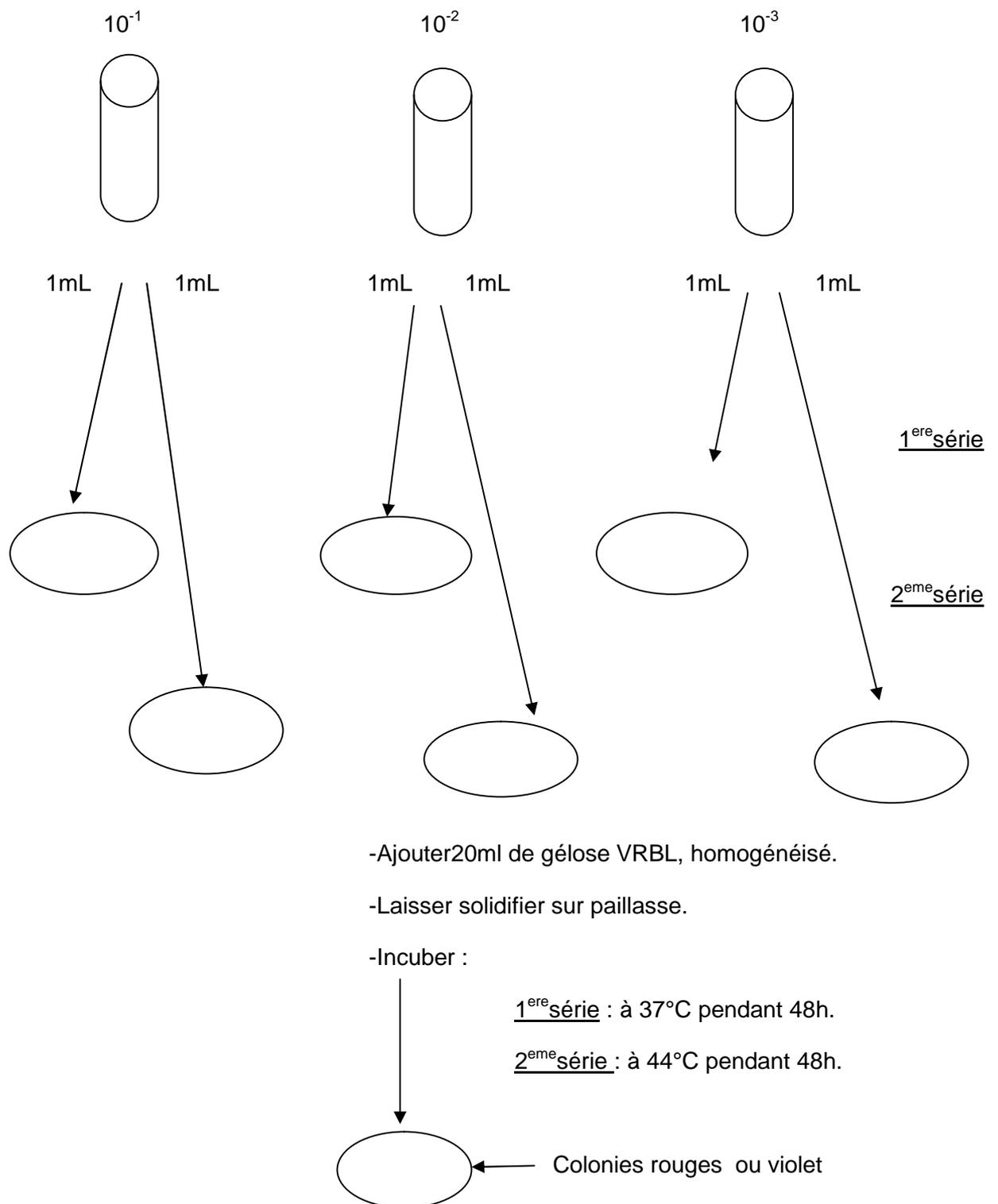
Les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) sont des bacilles Gram<sup>-</sup> aéro-anaérobies facultatifs, thermo-tolérants, ils fermentent le lactose et produisent de l'indole à 44°C. (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

##### ➤ **Technique**

On suit les mêmes étapes pour le dénombrement des coliformes totaux mais les boîtes sont incubées à 44°C pendant 24 heures.

##### ➤ **Lecture**

Dénombrer les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

**Figure.12 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

#### 4.4.2.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* sont les plus régulièrement pathogènes, il est anaérobies facultatifs, catalases positives, coagulasses positives, immobiles et non sporules, capables de produire une ou des entérotoxines; la bactérie est considère comme un témoin d'hygiène (**Larpent, 1997**)

➤ **Principe**

L'enrichissement sur Giolitti Cantonii (GC) additionné de tellurite de potassium; agent sélectif et indicateur de réduction et basé sur le principe de l'inhibition par le tellurite de potassium et le chlorure de lithium.

➤ **Mode opératoire**

- **Préparation du milieu d'enrichissement**

Au moment de l'emploi, ouvrir aseptiquement le flacon contenant le milieu de Giolitti Cantonii puis ajouter 15 mL d'une solution de Tellurite de potassium.

- Mélanger soigneusement, le milieu est alors pris à l'emploi.

- **Ensemencement**

A partir des dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1mL par dilution dans un tube à vis stérile.

Ajouter par la suite environs 15mL du milieu d'enrichissement.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

Incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.

➤ **Lecture des résultats**

Seront considère comme positifs, les tubes ayant vires au noir, pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *Staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman (préalablement fondue, coulée en boites de pétri et bien séchées).

Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisse, brillantes, pigmentées en jaune et pourvues d'une catalase et d'une coagulasse.

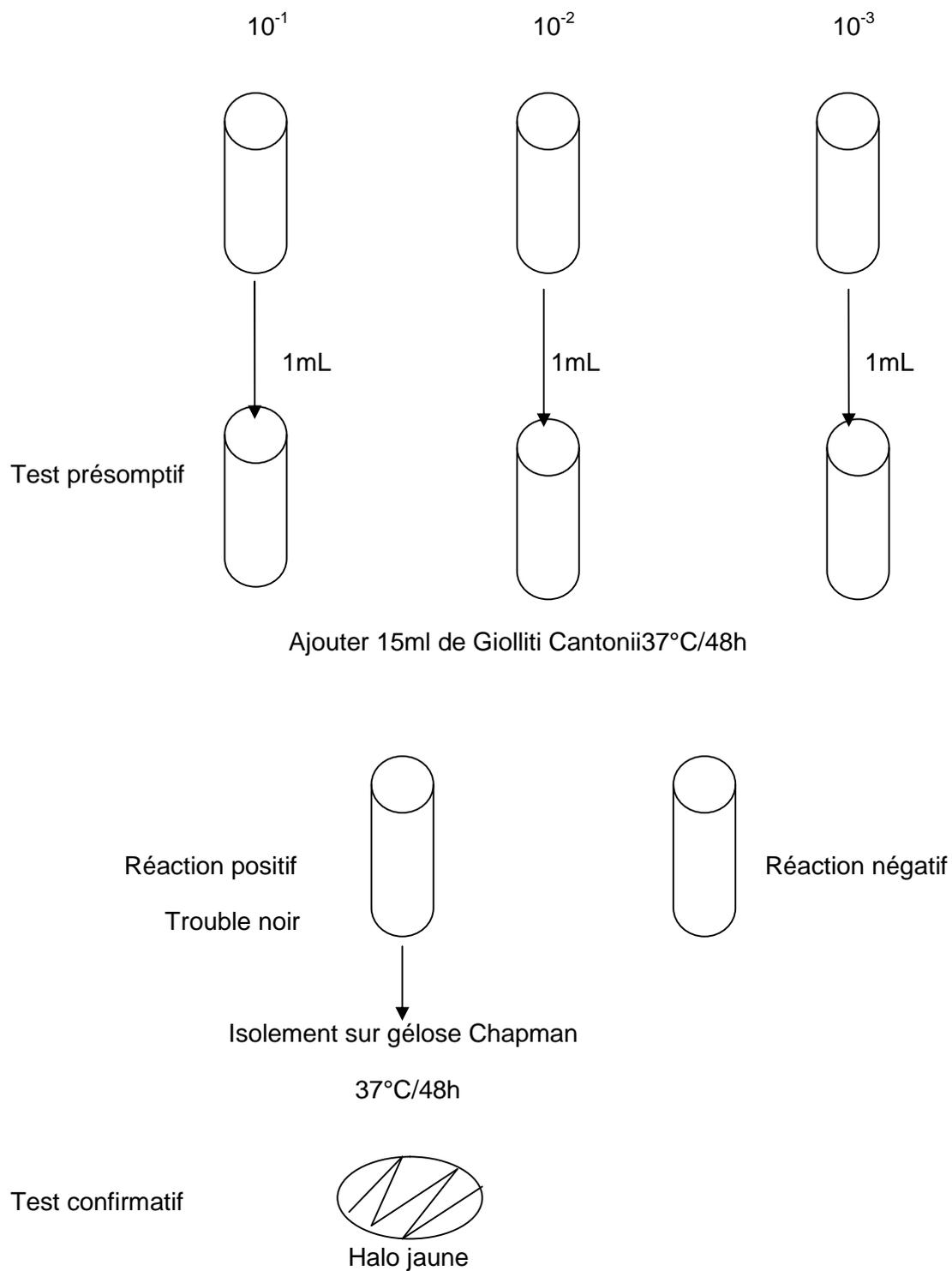


Figure.13: Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

#### 4.4.2.5. Recherche des Salmonelles

➤ **But**

La recherche de ces germes est très importante, car leur effet est très fréquemment mis en cause dans les toxi-infections collectives.

➤ **Principe**

Le sucre, extrait de levure et de peptone constitue la gélose Hectoene qui favorise l'isolement des bactéries du genre *Salmonella* qui sont en effet des entérobactéries pathogènes, ce milieu est rendu sélectif par la présence des sels piliers qui inhibent le développement des *proteus* (**Bourgeois et Leveau1980**).

➤ **Mode opératoire**

La recherche des Salmonelles se fait en trois étapes.

**- Pré enrichissement**

Introduire 25 ml de l'échantillon à analyser dans 100 ml de BLMT puis incuber à 37°C pendant 24 heures.

**- Enrichissement**

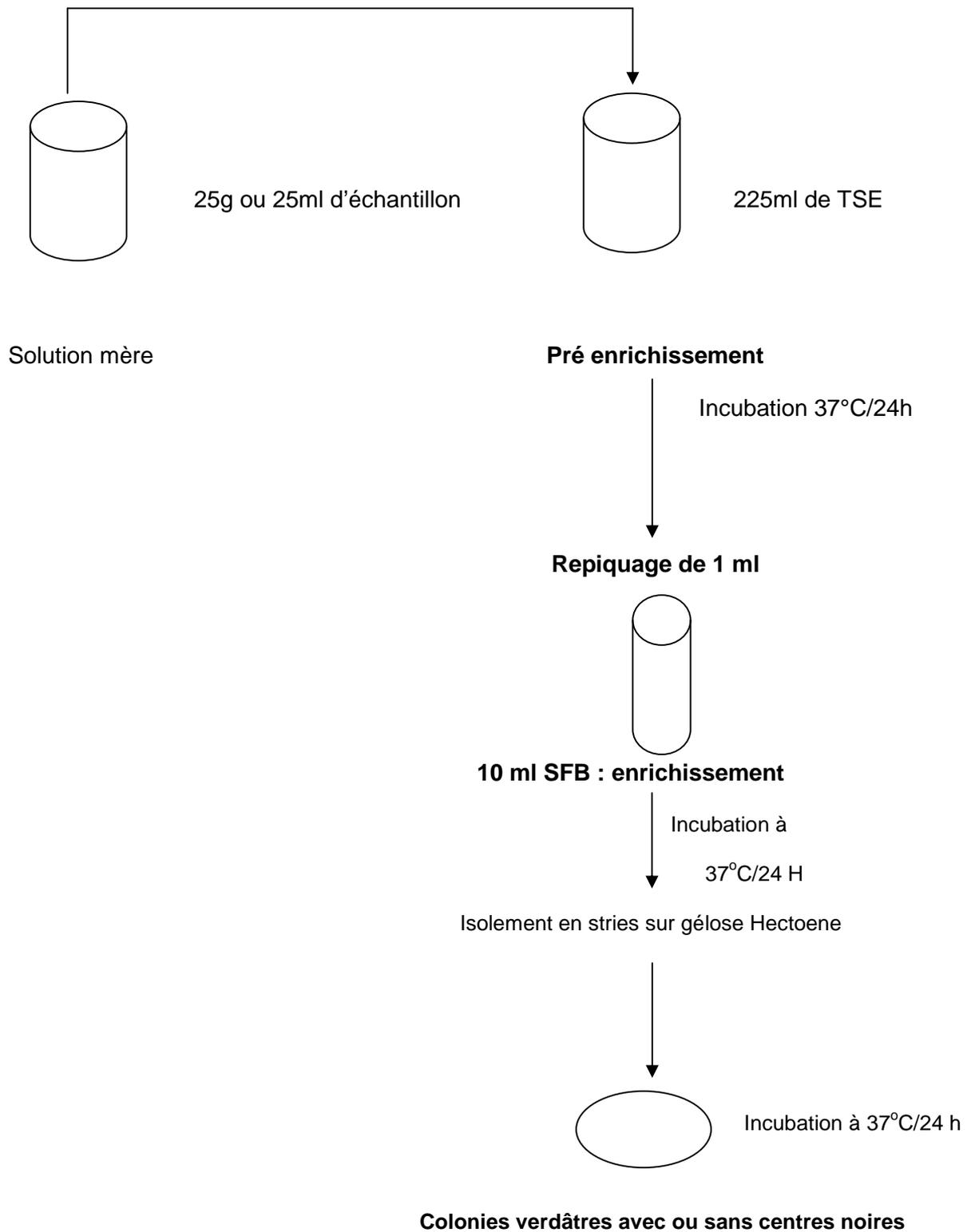
Prélever 1 ml de milieu de pré-enrichissement et le mettre dans 10 ml de milieu SFB puis incuber a 37°C pendant 24 heures.

**- Isolement**

À partir de milieu SFB positif (pressentant un trouble microbien), ensemercer par stries une boîte de pétrie contenant la gélose Hectoene. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Les Salmonelles se présentent sous forme de colonies et de couleur bleue verdâtre avec un centre noire. Les résultats sont exprimés par présence ou absence de germe.



**Figure.14 : Les étapes de recherche des Salmonelles**

#### 4.4.2.6. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Bacillaceae*, ce sont des bacilles Gram positifs sporulés, et anaérobies stricts. Elles réduisent le nitrate en nitrite et fermentent le lactose avec production de gaz. Elles peuvent contaminer les produits alimentaires dans des conditions d'anaérobiose ainsi que les conserves où peuvent facilement proliférer grâce à leurs spores, c'est les seuls êtres vivants après pasteurisation (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

##### ➤ **But**

L'intérêt de la recherche de ces germes en bactériologie alimentaire repose d'une part, sur leurs capacités à produire les toxines, d'autre part sur leurs capacités à sporuler donc à survivre aux processus de conservation des aliments. La recherche vise à confirmer la présence des spores, après destruction des formes végétatives par chauffage des dilutions dans un bain Marie à 80°C pendant 10 mn.

Deux espèces sont responsables de toxi-infections alimentaires:

- ❖ *Clostridium perfringens*, toxigène et pathogène, responsable de septicémies chez l'Homme et les animaux ;
- ❖ *Costridium botulinum*, responsable du botulisme chez l'Homme.

##### ➤ **Mode opératoire**

###### • **Préparation du milieu**

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose Viande Foie, le refroidir dans un bain marie à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement.

Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de d'utilisation.

###### • **Ensemencement**

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-3}$  et  $10^{-1}$  seront soumis :

- d'abord à un chauffage à 80°C pendant 10 minutes puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes

végétatives et de garder uniquement les formes spondées.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1mL de chaque dilution en double dans deux tubes a vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 mL de gélose Viande - foie prêt a emploi, dans chaque tube. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

- **Incubation**

Ces tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 24 ou au plus tard 48heures.

- **Lecture**

Il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

La technique de recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs est présenté à la figure 15

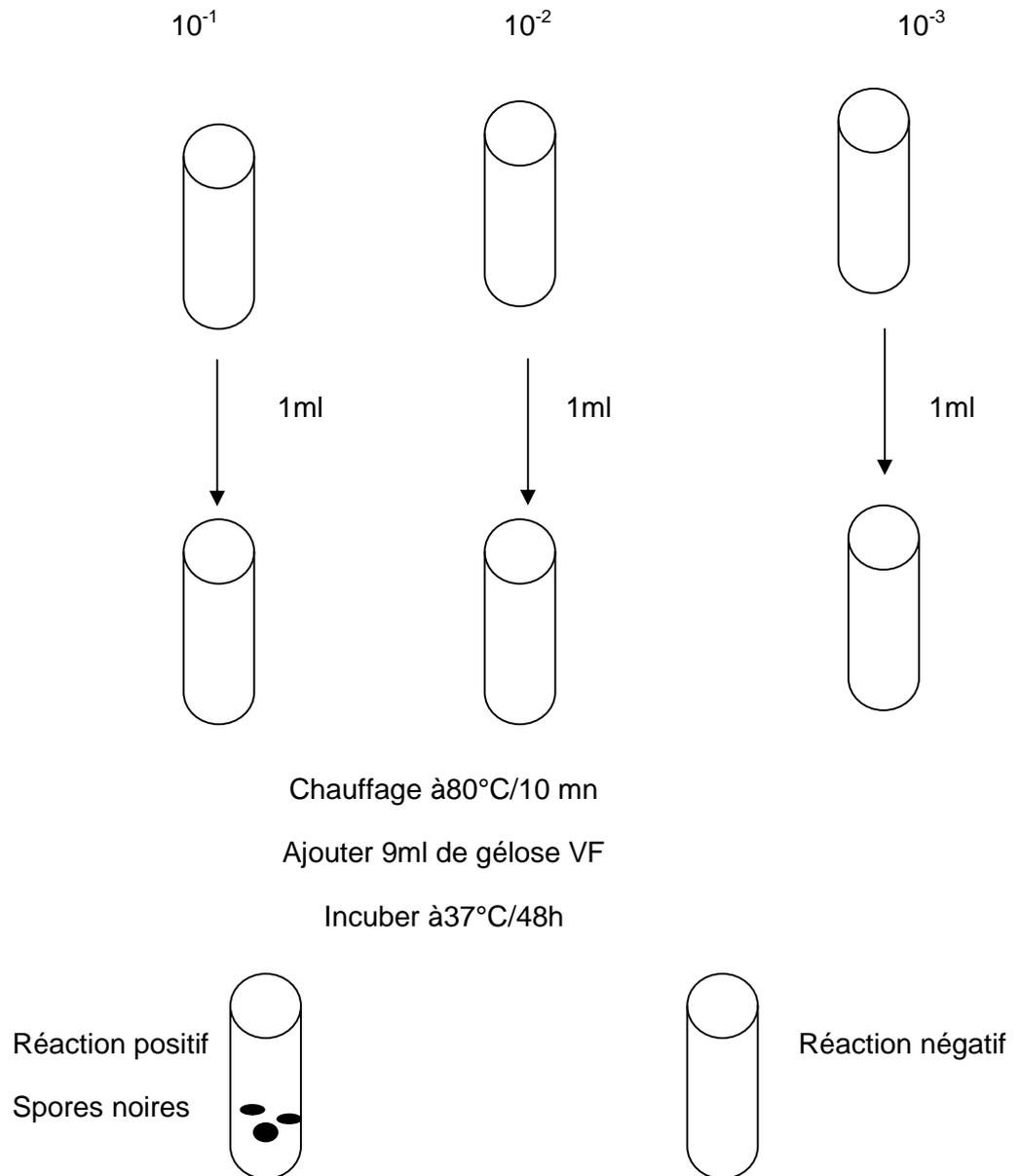


Figure.15 : Recherche et dénombrement de *Clostridium* sulfite-réducteur

#### 4.4.2.7. Recherche et dénombrement des levures et des moisissures

Les levures sont des champignons microscopiques. Généralement, les levures ne sont pas affectées par des variations de pH, leur plus bas de l'ordre de 3 et plus élevé de l'ordre de 7 et 8. La température optimale de croissance varie légèrement suivant les espèces (entre 20° C et 35°C). Elles dégradent les composés carbonés par un métabolisme oxydatif ce qui conduit à la formation de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. **(Bourgeois et Levaux, 1991).**

Les moisissures sont des champignons filamenteux qui peuvent altérer des denrées alimentaires par modification de leur valeur nutritionnelle à apparition de saveurs indésirables et une modification des caractères organoleptiques **(Bourgeois et al., 1996).**

##### ➤ Principe

Le milieu utilisé doit inhiber la croissance de toutes les bactéries, il doit renfermer donc une substance inhibitrice de leur développement (antibiotique) la substance choisie est donc l'oxytétracycline pour OGA et le chloramphénicol pour Sabouraud (SBA) **(Guiraud, 1998)**

##### ➤ Mode opératoire

A partir des dilutions décimales, 10<sup>-3</sup> à 10<sup>-1</sup>, porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose Sabouraud.

Étaler les gouttes à l'aide d'un râtelier stérile, puis incuber à 22°C pendant 2 jours. Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit par les levures soit par les moisissures, on doit effectuer des lectures et des dénombrements tous les jours, levures à part et moisissures à part.

##### ➤ Lecture

Les colonies de levures ressemblent à celles des bactéries mais plus grandes, elles sont brillantes, rondes, bombées et de couleurs différentes, alors que celles des moisissures, ont un aspect velouté, de couleur blanche ou

pigmentée de tailles plus grandes que les précédentes. Les résultats sont exprimés en nombre de germe par ml ou gramme de produit.

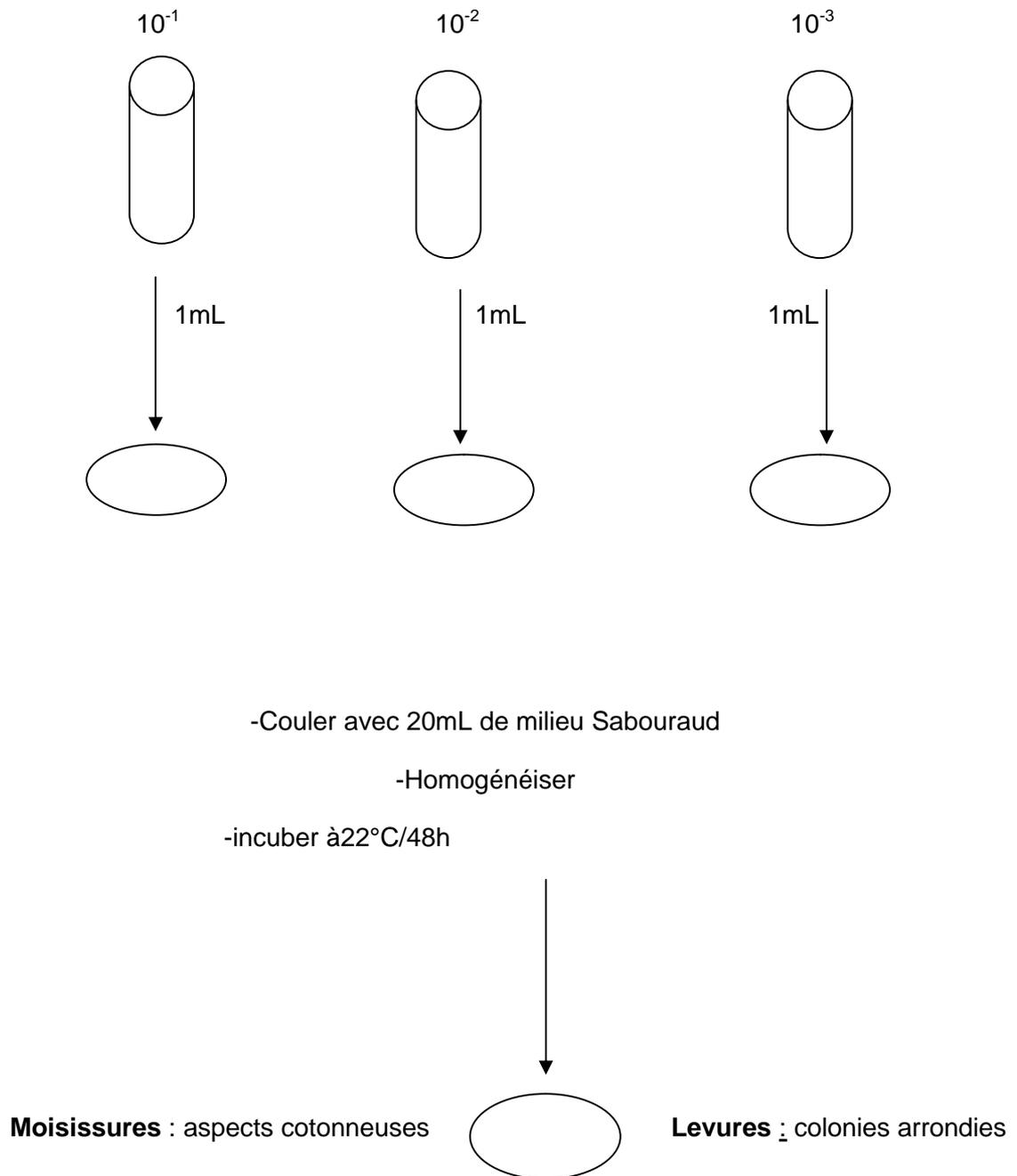


Figure.16 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures

## 4.5. Les analyses du sang

### 4.5.1. Conditions du prélèvement

En dehors d'une infection ou d'une inflammation aigue, et après

Un jeûne strict de 12 heures.

On prélève 4ml de sang dans un tube sec ou hépariné.

### 4.5.2. Protocoles des analyses

Après le prélèvement on met les tubes dans la centrifugeuse pour récupérer le sérum.

A partir du sérum on va lancer les différents paramètres.

Dans notre étude on a dosé les paramètres suivants

Cholestérol total.

Cholestérol HDL.

Triglycérides.

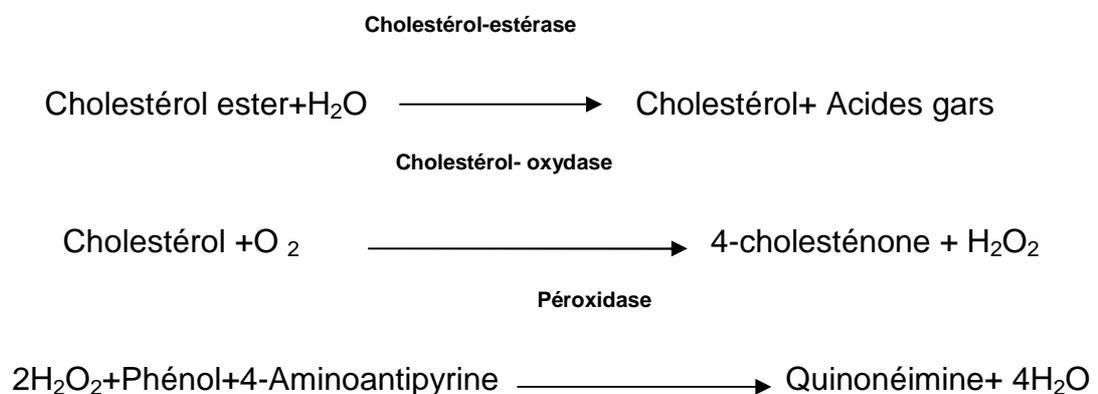
Glycémie à jeûn.

#### 4.5.2.1. Analyse du cholestérol total

##### ➤ Principe

Nous avons utilisé pour ce paramètre la méthode enzymatique colorimétrique grâce à cette méthode le cholestérol libre et le cholestérol estérifié, sont quantifiés et mesurés par spectrophotométrie.

Les réactions mises en jeu sont celles décrites ci-dessous.



**Figure .17 : les réactions enzymatiques du cholestérol**

Les échantillons sont centrifugés à 3000 tours /min pendant 10 min, puis après récupération du sérum, le dosage du cholestérol total est lancé.

➤ **Préparation des tubes**

1mL de réactif cholestérol est introduit dans un tube sec auquel on additionne 10µL de sérum, on agite le tube dans l'agitateur. On les laisse pendant 5 min à 37°C ou 10 min à température ambiante.

On procède de la même façon pour le tube de blanc et le tube d'étalon.

L'absorbance A de l'étalon et de l'échantillon est lue contre le blanc avec à un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 500 nm.

**Tableau 8 :** tableau le protocole de l'analyse du cholestérol total

	Blanc	Etalon	Echantillon
réactif (mL)	1	1	1
étalon (µL)	—	10	—
échantillon ➤ ➤ (µL) ➤	—	—	10

➤ **Expression des résultats**

On calcule la concentration du cholestérol total de l'échantillon comme suit :

$$\frac{é}{é} \times \text{Concentration de l'étalon} = \text{concentration du cholestérol en g/L.}$$

• **Valeurs normales**

1,50 – 2 g/l

**4.5.2.2. Analyse du cholestérol HDL et LDL**

L'analyse du cholestérol HDL suit les étapes suivantes :

-0,5ml du sérum de l'échantillon avec 50µl de réactif HDL.

-précipitation de 10 min.

-centrifugation à 4000tours/min pendant 20 min ou 2 min à 12000 tours.

-reprendre la même technique que pour le cholestérol.

-prélever 10 µl de surnageant et l'additionner à un 1ml de réactif utilisé pour le dosage du cholestérol.

-lire après cinq minutes au spectrophotomètre à la même longueur d'onde .

➤ **Calcul des HDL**

$\frac{é}{é}$  x Concentration de l'étalon= la concentration de HDL dans l'échantillon.

• **Valeurs normales**

0,35 – 0,70 g/l

➤ **Calcul du LDL**

Cholestérol LDL= cholestérol total – (  $\frac{é}{é}$  – cholestérol HDL)

• **Valeurs normales**

0 F.R.C.V → < 1,60 g/

1 F.R.C.V → < 1,30g/l

>2 F.R.C .V → 1,00g/l

#### 4.5.2.3. Dosage des triglycérides

Le dosage des triglycérides est important dans un bilan lipidique.

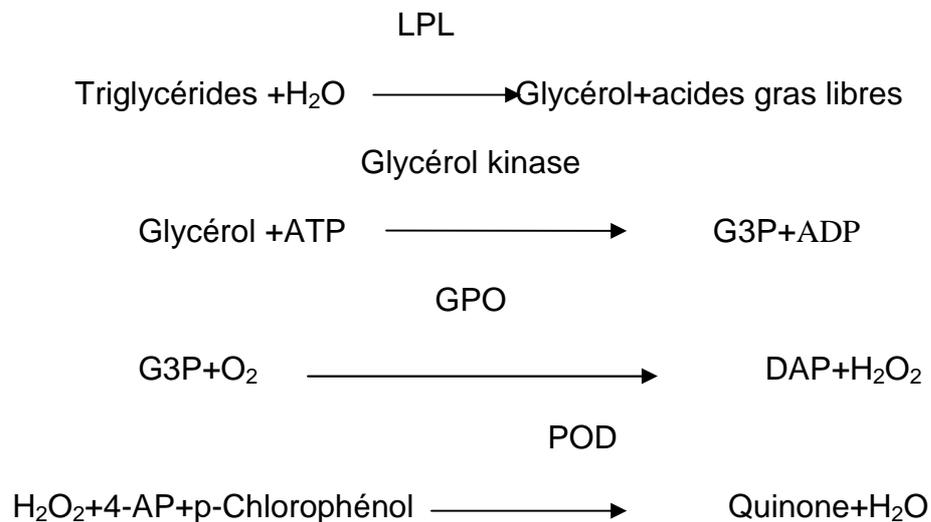
➤ **Principe**

L'échantillon est incubé avec une lipoprotéine lipase (LPL), qui libère le glycérol et les acides gras. Le glycérol est converti en glycérol-3-phosphate (G3P) et adénosine-5-diphosphate (ADP) par le glycérol kinase et l'ATP.

Le glycérol-3-phosphate (G3P) est ensuite converti par le glycérol phosphate dihydrogénase (GPO) en dihydroxyacétone phosphate (DAP) et peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

En dernière réaction, le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) réagit avec la 4-aminophénazone (4-AP) et le p-chlorophénol en présence de peroxydase (POD) pour donner la coloration rouge.

Les réactions chimiques sont comme suit :



**Figure.18: les réactions enzymatiques de triglycérides**

➤ **Préparation des tubes**

Après centrifugation des tubes de prélèvement de sang pendant 10min à 3000 tours/min et après récupération du surnageant on lance la réaction sur les échantillons.

Dans un tube sec

-1 ml de réactif pour triglycérides.

-10  $\mu$ l de sérum.

-agitation et incubation pendant 5 min à une température de 37°C ou 10 min à température ambiante.

Même procédé pour l'étalon et le blanc

-lire l'absorbance de l'échantillon et de l'étalon contre le blanc à une longueur d'onde de 500nm.

Le tableau 9 résume le protocole d'analyse des triglycérides

**Tableau 9 : le protocole d'analyse des triglycérides**

	Blanc	Etalon	Echantillon
réactif mL	1	1	1
étalon (µL)	-	10	-
échantillon (µL)	-	-	10

➤ **Calcul**

$\frac{é}{é}$  x concentration de l'étalon = Concentration des triglycérides dans l'échantillon.

• **Valeurs normales**

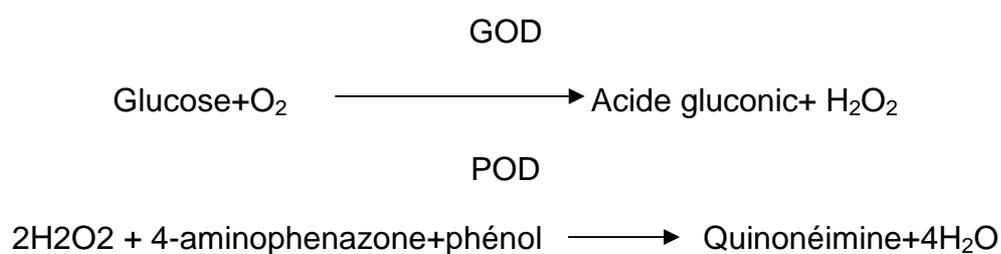
Homme : 0,50 -1,50 g/l

**4.5.2.4. Dosage de la glycémie**

➤ **Principe**

Le glucose est déterminé après une oxydation enzymatique en présence de glucose oxydase. Sous l'action de la peroxydase, le Peroxyde d'hydrogène formé réagit avec le phénol et 4-aminophenazone pour donner de la Quinonéimine de couleur rouge violet.

Les réactions sont comme suit



**Figure.19 : Les réactions enzymatiques de la glycémie**

L'analyse de la glycémie est réalisée avec :

- 1 ml de réactif de glycémie dans un tube sec et 10 µl de sérum.
- le tube est agité et incubé pendant 10min à 37°C ou 25min à 15-25°C.

On effectue la même opération avec l'étalon (tableau IX).

-lire les résultats avec le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 500nm

Le tableau 10 résume le protocole de dosage de glycémie

**Tableau 10 : Le protocole d'analyse de la glycémie**

	<b>Blanc</b>	<b>étalon</b>	<b>échantillon</b>
<b>Réactif (mL)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Etalon (µL)</b>	—	<b>10</b>	—
<b>Echantillon (µL)</b>	—	—	<b>10</b>

➤ **Calcul**

$\frac{é}{é} \times$  Concentration de l'étalon = concentration en glucose dans l'échantillon.

• **Valeurs normales**

0,70-1,10 g/L

## Remerciements

Le langage de Dieu qui ma donné la puissance, la patience et le courage pour fini ce travail.

Mes remerciements sont d'abord adressés à mes parents qui ont fait beaucoup pour moi, et qui m'ont encouragées toute au long de mes études.

Je remercie également ma promotrice M<sup>me</sup> DOUMAINDJI. A, pour son encadrement et pour les conseils qu'elle m'a donnés à fin de réaliser ce projet, sans oublier ma Co-promotrice D<sup>r</sup> AZZI.O qui a accepté de m'encadrer sur mon lieu de stage.

Je voudrais également exprimer ma reconnaissance à M. ZIAT.A pour l'aide qu'il n'a pas hésité à m'apporter tout au long de mon travail.

Mes remerciements seront également adressés aux membres du jury, La présidente Madame. ABDELLAOUI. Z, Madame FERHANE.S ainsi que Madame KEBOUR.D pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon profond respect.

Enfin, je n'oublie pas de remercier les membres du personnel de l'Hôpital de Meftah, pour l'aide précieuse qu'ils m'ont apportée.

Tous mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Qu'ils veuillent trouver l'expression de ma profonde reconnaissance.

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents que je remercie pour leur amour, leur soutien ainsi que l'aide précieuse et les encouragements qu'ils m'ont prodigué tout au long de mon parcours étudiantin.

A mes très chers frères Khaled, Salah et Mohamed Amine que j'aime et respecte beaucoup

A mes sœurs Fatma Zohra, Nadja, Saïda et Nourim.

A mes nièces et mes neveux.

A mon oncle Belkacem.

A Madame G. Chahinez pour sa confiance, aide et ses conseils durant ce travail ainsi qu'à son mari Mr G. Mustapha.

A mes amies Hanane et Imen pour leur amitié, solidarité et qualités humaines.

A Lissima, Fakhra et Khadidja.

A ma promotrice Mm Dr Mb. A. A. A. A. qui ma guidée dans la réalisation de ce travail.

A ma Co-promotrice Dr A. A. A. A.

A toute la promotion nutrition et contrôle des aliments 2012-2013

A toute ma famille petits et grands.

Samaha

### Résumé :

La présente étude a pour but d'identifier l'effet de la spiruline associée au régime sur l'hypercholestérolémie.

Les résultats obtenus montrent que cette pathologie est plus présente chez les femmes (60%) que chez les hommes (40%) et le plus souvent les diabétiques et les obèses.

Pour cela le panel de malades qui ont des taux élevés de cholestérol, varié entre 2,19g/L et 2,58g/L sélectionné a été divisé en deux groupes soumis à un régime hypocholestérolémiant avec, pour l'un des deux groupes une prise de un comprimé par jour de spiruline dosé à 400 mg, le deuxième servant de groupe témoin.

Les résultats des analyses physico-chimiques (PH = 8,80 et une humidité 5,24%) et microbiologiques montrent que la spiruline utilisée est de bonne qualité hygiénique et elle ne présente aucun risque pour la santé.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diminution minimale de taux de cholestérol total (1%) chez les malades qui prennent la spiruline cette diminution serait probablement importante avec le temps. Donc la spiruline associée au régime peut donner un effet sur l'hypercholestérolémie à long terme et elle donc peut présenter une prévention contre les maladies cardiovasculaires.

**Mots clés :** Spiruline, Effet hypocholestérolémiant, Régime, maladies cardiovasculaires, Facteur de risque.

## Summary

This study aims to identify the effect of spirulina join the scheme on Hypercholesterolemia

The results show that this condition is more prevalent among women (60%) than men (40%) and more often diabetic and obese.

For this panel of patients who have high cholesterol levels varied between 2.19 g/L and 2.58 g/L was selected divided into two groups subjected to a cholesterol-lowering diet with, for one group taking a one tablet daily spirulina 400 mg, the second serving as a control group.

The results of physico-chemical analyzes (pH = 8.80, and 5.24% moisture) and microbiological show that spirulina used is of good hygienic quality and poses no health risk.

The results show that there is a small decrease in total cholesterol (1%) in patients taking spirulina this would probably decrease significantly over time. So spirulina join the scheme can give an effect on cholesterol long term and therefore may present prevention against cardiovascular disease.

Keywords: Spirulina, cholesterol-lowering effect, Diet, cardiovascular disease risk factor.

## Résumé

La présente étude a pour but d'identifier l'effet de la spiruline associée au régime sur l'hypercholestérolémie

Les résultats obtenus montrent que cette pathologie est plus présente chez les femmes (60%) que chez les hommes (40%) et le plus souvent les diabétiques et les obèses.

Pour cela le panel de malades qui ont des taux élevés de cholestérol varié entre 2,19g/L et 2,58g/L sélectionné a été divisé en deux groupes. L'un a été soumis à un régime hypocholestérolémiant avec, pour l'un des deux groupes une prise de un comprimé par jour de spiruline dosé à 400 mg, le deuxième servant de groupe témoin.

Les résultats des analyses physico-chimiques (pH : 8,80, et une humidité 5,24%) et microbiologiques montrent que la spiruline utilisée est de bonne qualité hygiénique et elle ne présente aucun risque pour la santé.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diminution minimale de taux de cholestérol total (1%) chez les malades qui prennent la spiruline cette diminution serait probablement importante avec le temps. Donc la spiruline associée au régime peut donner un effet sur l'hypercholestérolémie à long terme et elle donc peut présenter une prévention contre les maladies cardiovasculaires.

**Mots clés :** Spiruline, Effet hypocholestérolémiant, Régime, maladies cardiovasculaires, Facteur de risque.

## TABLE DES MATIERES

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

### Partie I : Etude bibliographique

#### Chapitre 1 : Notions sur les lipides

1.1 Généralité .....	5
1.2. Classification des lipides.....	5
1.2.1. Classification selon la composition élémentaire.....	5
1.2.1.1. Les lipides simples.....	6
➤ Glycérides ou acylglycérols.....	6
➤ Cérides.....	6
➤ Stérides.....	6
1.2.1.2. Les lipides complexes.....	6
➤ Glycérophospholipides.....	6
➤ Sphingolipides.....	6
1.2.2. Classification selon une propriété chimique commune.....	6
1.2.2.1. Lipides saponifiables.....	6
1.2.2.2. Lipides insaponifiables.....	7
1.3. Les lipides sanguins.....	7
1.3.1. Les triglycérides.....	7
1.3.2. Le cholestérol.....	7
1.3.3. Les lipoprotéines.....	8
1.3.3.1. Les chylomicrons.....	8
1.3.3.2. Les LDL et les HDL.....	8

#### Chapitre 2 : Le cholestérol

2. Le cholestérol.....	11
2.1. Définition .....	11
2.2. Structure .....	11
2.3. Rôle du cholestérol.....	12

2.3.1. Comme élément structural.....	12
2.3.2. Comme précurseur de composés biologique .....	12
2.4. Le métabolisme du cholestérol.....	13
2.4.1. Synthèse.....	13
2.4.2. Régulation.....	14
2.4.3. Dégradation.....	14
2.5. Transport du cholestérol.....	15
2.5.1. Les VLDL.....	15
2.5.2. Les LDL .....	15
2.5.3. Les HDL.....	15
2.6. Les origines du cholestérol .....	16
2.7. Les taux du cholestérol .....	16
2.7.1. Cholestérol total .....	16
2.7.2. Cholestérol LDL.....	16
2.7.3. Cholestérol HDL.....	17
2.8. Teneur en cholestérol dans l'alimentation.....	17
2.9. Anomalies de dosage sanguin chez l'être humain.....	18
2.9.1. L'athérosclérose .....	18
2.10. Alimentation et lipides sanguins .....	19
Chapitre 3 : La spiruline .....	21
3.1. Définition .....	21
3.2. Historique de la spiruline .....	21
3.3. Caractéristique de la spiruline .....	22
3.4. Taxonomie de la spiruline.....	23
3.5. Aspects et intérêts nutritionnelles de la spiruline .....	24
3.5.1. Protéines et acides aminés .....	24
3.5.2. Les lipides et les acides gras .....	25
3.5.2.1. Les lipides totaux.....	25

3.5.2.2. Les acides gras.....	25
3.5.3. Glucides et polysaccharides.....	25
3.5.4. Les vitamines.....	26
3.5.4.1. La vitamine B12 (cobalamine).....	26
3.5.4.2. La provitamine A( $\beta$ carotène).....	26
3.5.4.3. La vitamine E .....	26
3.5.5. Les sels minéraux et les oligoéléments .....	27
3.5.5.1. Le fer.....	27
3.5.5.2. Le zinc.....	27
3.5.5.3. Le magnésium.....	27
3.5.6. Les pigment .....	28
3.5.6.1. La chlorophylle.....	28
3.5.6.2. La phycocyanine.....	28
3.5.6.3. Les caroténoïdes.....	28
3.5.7. Les enzymes .....	29
3.6. Les activités thérapeutiques de la spiruline.....	29
3.6.1. Activité anti coagulantes .....	29
3.6.2. Renforcement du système immunitaire.....	29
3.6.3. Activité anti virales .....	29
3.6.4. L'effet hypocholestérolémiant de la spiruline.....	30

## **Partie II : Partie expérimentale**

Chapitre 4 : matériel et méthodes.....	33
4.1-Présentation de l'hôpital.....	33
4.1.1. Présentation générale.....	33
4.1.2. Mission du laboratoire.....	33
4.2. Matériel et méthodes .....	33
4.2.1. Matériel.....	33

4.2.1.1. Matériel biologique.....	33
4.2.1.1.1. Des personnes.....	33
4.2.1.1.2. La spiruline.....	34
4.2.1.1.3. Milieux de cultures .....	34
4.2.1.2. Matériel non biologique.....	34
4.2.1.2.1. Appareillage .....	35
4.2.1.2.2. Verreries .....	35
4.2.2. Méthodes.....	36
4.2.2.1. Hypothèse de l'étude .....	36
4.2.2.2. Enquête sur l'hypercholestérolémie dans l'Hopital Meftah.....	36
4.2.2.3. Méthodologie.....	36
➤ La première partie .....	36
➤ La deuxième partie.....	36
4.3. Caractéristique de la population.....	37
4.3.1. L'âge.....	37
4.3.2. L'état de santé.....	37
4.3.3. Le régime alimentaire.....	37
- Les aliments interdits .....	39
4.4. Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur la spiruline .....	39
4.4.1. Analyse physico-chimique.....	39
4.4.1.1. Mesure du PH.....	39
➤ Mode opératoire.....	39
➤ Expression des résultats.....	40
4.4.1.2. Détermination de la matière sèche.....	40
➤ Principe.....	40

➤ Mode opératoire.....	40
➤ Expression des résultats.....	40
4.4.2. Analyse microbiologiques.....	40

- préparations de la solution mère .....41
- préparations des dilutions décimales.....41

#### 4.4.2.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale .....43

- But .....43
- Principe.....43
- Mode opératoire.....43
- Lecture .....43

#### 4.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....45

- Technique.....45
- Lecture .....45

#### 4.4.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.....45

- Technique.....45
- Lecture .....45

#### 4.4.2.4. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus* .....47

- Principe.....47
- Mode opératoire.....47
  - Préparation du milieu d'enrichissement .....47
  - Ensemencement .....47
  - Incubation.....47
- Lecture des résultats.....47

#### 4.4.2.5. Recherche des Salmonelles .....49

- But .....49
- Principe .....49
- Mode opératoire .....49
  - Pré enrichissement.....49
  - Enrichissement.....49
  - Isolement .....49
- Lecture .....49

4.4.2.6. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	51
➤ But .....	52
➤ Mode opératoire.....	52
• Préparation du milieu.....	52
• Ensemencement.....	52
• Incubation.....	52
➤ Lecture.....	52
4.4.2.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissure .....	54
➤ Principe .....	54
➤ Mode opératoire.....	54
➤ Lecture.....	54
4.5. Les analyses du sang.....	56
4.5.1. Conditions du prélèvement.....	56
4.5.2. Protocoles des analyses .....	56
4.5.2.1. Analyse du cholestérol total.....	56
➤ Principe .....	57
➤ Préparation des tubes .....	57
➤ Expression des résultats.....	57
• Valeurs normales .....	57
4.5.2.2. Analyse du cholestérol HDL et LDL .....	57
➤ Calcul des HDL.....	58
• Valeurs normales.....	58
➤ Calcul du LDL .....	58
• Valeurs normales .....	58
4.5.2.3. Dosage des triglycérides .....	58
➤ Principe .....	58
➤ Préparation des tubes.....	59
➤ Calcul .....	60
• Valeurs normales.....	60.
4.5.2.4. Dosage de la glycémie.....	60

➤ Principe.....	60
➤ Calcul .....	61
Valeurs normales .....	61

## Chapitre 5: résultats et interprétation

5.1. Pourcentage des bilans lipidiques reçus par rapport aux autres bilans faits au laboratoire .....	63
5.2. Résultat de l'enquête .....	63
5.2.1. Répartition selon le sexe .....	63
5.2.3. Répartition selon l'âge.....	64
5. 2.4. Répartition selon les facteurs de risque .....	65
5.3. Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	65
5.3.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	65
5.3.2. Résultats des analyses microbiologiques .....	66
5.4. Résultats des dosages des lipides sanguins et de la glycémie.....	66
➤ Le groupe témoin .....	66
➤ Le groupe des malades.....	66
5.4.1. L'effet de spiruline sur le cholestérol total.....	67
5.4.2. Effet de la spiruline sur les taux des LDL.....	68
5.4.3. L'effet de la spiruline sur les HDH.....	69
5.4.4. L'effet de la spiruline sur les taux des triglycérides .....	70
5.4.5. L'effet de spiruline sur les taux de glycémie.....	70
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>73</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>76</b>
<b>Annexes</b>	

PDF Create! 4 Trial  
[www.nuance.com](http://www.nuance.com)

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Les valeurs normales de différentes formes du cholestérol chez un adulte.....	17
Tableau 2 : La teneur en cholestérol de différents aliments (mg/100g).....	17
Tableau 3 : Composition en acides aminés (mg /100g de spiruline).....	24
Tableau 4: Composition en acides gras de 100 g de spiruline sèche.....	25
Tableau 5 : Teneur en vitamine en µg/g de matière sèche de spiruline d'après (Flaquet et Hurni, 2006) complété par d'autre référence pour la vitamine E.....	27
Tableau 6 : Composition en minéraux de la spiruline cultivée en µg /g de sa matière sèche d'après (Flaquet et Hurni, 2006).....	28
Tableau 7 : teneur en pigments en mg/10g de matière sèche de spiruline.....	29
Tableau 8 : tableau le protocole de l'analyse du cholestérol total.....	57
Tableau 9 : le protocole d'analyse des triglycérides.....	60
Tableau 10 : Le protocole d'analyse de la glycémie.....	61

PDF

www.nuance.com

## Listes des figures

Figure.1 : La composition des chylomicrons.....	8
Figure.2 : La structure du cholestérol.....	11
Figure .3 : Les principaux dérivés du cholestérol.....	12
Figure .4 : Synthèse du cholestérol.....	13
Figure .5 : Rôle des acides gras saturés dans les maladies cardiovasculaire.....	18
Figure .6 : <i>Spirulina platensis</i> (Gerchwin et Belay, 2008).....	21
Figure.7 : <i>Spirulina platensis</i> (filament de l'espèce observé au microscope optique).....	23
Figure.8 : <i>Spirulina maxima</i> (filament de l'espèce observé au microscope optique).....	23
Figure9 : Photographie original de la spiruline.....	34
Figure.10 : Préparation des dilutions décimales.....	42
Figure.11 : Recherche et dénombrement des germes aérobies totaux.....	44
Figure.12 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	46
Figure.13: Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	48
Figure.14 : Les étapes de recherche des Salmonelle.....	50
Figure.15 : Recherche et dénombrement de <i>Clostridium sulfito-réducteur</i> .....	53
Figure.16 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.....	55
Figure .17 : les réactions enzymatiques du cholestérol.....	56
Figure.18: les réactions enzymatiques de triglycérides.....	59
Figure.19 : Les réactions enzymatiques de la glycémie.....	60
Figure 20 : pourcentage des bilans lipidique par rapport aux autres bilans.....	63
Figure 21 : Répartition des malades selon le sexe.....	63

Figure.22 : Répartition des malades selon l'âge.....	64
Figure.23 : Répartition selon le facteur de risque.....	65
Figure.24 : les moyennes des taux du cholestérol en fonction du temps.....	67
Figure.25 : les moyennes des dosages des LDL chez les deux groupes.....	68
Figure.26 : Les moyennes des dosages des HDL chez les deux groupes.....	69
Figure.27 : Les moyennes des dosages des triglycérides chez les deux groupes.....	70
Figure.28 : Les dosages de la glycémie chez les deux groupes.....	71

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

## Liste des abréviations

**ACAT** : Acyl-CoA Cholestérol Acyl Transférase

**AVC** : Accident vasculaire cérébral

**DAG** : diacylglycérol

**DMPP** : Diaméthylallypyrophosphate

**F.R.C.V.** : Facteur de Risque des maladies Cardiovasculaires

**HDL** : *High density lipoproteins*

**HTA** : Hypertension artérielle

**HMG-CoA** : Hydroxyméthylglutaryl-CoA réductase

**IPPP** : Isopentényl-pyrophosphate

**LDL** : *Low density lipoproteins*

**LDLR** : *Low density lipoproteins receptor*

**VLDL** : *Very low density lipoproteins*

**PA** : Pression artérielle

# Sommaire

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

## Partie I : Etude bibliographique

### Chapitre 1 : Notions sur les lipides

1.1 Généralité .....	5
1.2. Classification des lipides.....	5
1.2.1. Classification selon la composition élémentaire.....	5
1.2.1.1. Les lipides simples.....	6
1.2.1.2. Les lipides complexes.....	6
1. 2.2. Classification selon une propriété chimique commune.....	6
1.2.2.1. Lipides saponifiables.....	6
1.2.2.2. Lipides insaponifiables.....	7
1.3. Les lipides sanguins.....	7
1.3.1. Les triglycérides.....	7
1.3.2. Le cholestérol.....	7
1. 3.3. Les lipoprotéines.....	8
1. 3.3.1. Les chylomicrons.....	8
1.3.3.2. Les LDL et les HDL.....	8

### Chapitre 2 : Le cholestérol

2. Le cholestérol.....	11
2.1. Définition .....	11
2.2. Structure .....	11
2.3. Rôle du cholestérol.....	12
2.3.1. Comme élément structural.....	12
2.3.2. Comme précurseur de composés biologique .....	12
2.4. Le métabolisme du cholestérol.....	13
2.4.1. Synthèse.....	13

2.4.2. Régulation.....	14
2.4.3. Dégradation.....	14
2.5. Transport du cholestérol.....	15
2.5.1. Les VLDL.....	15
2.5.2. Les LDL .....	15
2.5.3. Les HDL.....	15
2.6. Les origines du cholestérol .....	16
2.7. Les taux du cholestérol .....	16
2.7.1. Cholestérol total .....	16
2.7.2. Cholestérol LDL.....	16
2.7.3. Cholestérol HDL.....	17
2.8. Teneur en cholestérol dans l'alimentation.....	17
2.9. Anomalies de dosage sanguin chez l'être humain.....	18
2.9.1. L'athérosclérose .....	18
2.10. Alimentation et lipides sanguins .....	19
<b>Chapitre 3 : La spiruline</b> .....	<b>21</b>
3.1. Définition .....	21
3.2. Historique de la spiruline .....	21
3.3. Caractéristique de la spiruline .....	22
3.4. Taxonomie de la spiruline.....	23
3.5. Aspects et intérêts nutritionnelles de la spiruline .....	24
3.5.1. Protéines et acides aminés .....	24
3.5.2. Les lipides et les acides gras .....	25
3.5.2.1. Les lipides totaux.....	25
3.5.2.2. Les acides gras.....	25
3.5.3. Glucides et polysaccharides.....	25
3.5.4. Les vitamines.....	26

3.5.4.1. La vitamine B12 (cobalamine).....	26
3.5.4.2. La provitamine A( $\beta$ carotène).....	26
3.5.4.3. La vitamine E .....	26
3.5.5. Les sels minéraux et les oligoéléments .....	27
3.5.5.1. Le fer.....	27
3.5.5.2. Le zinc.....	27
3.5.5.3. Le magnésium.....	27
3.5.6. Les pigment .....	28
3.5.6.1. Le chlorophylle.....	28
3.5.6.2. La phycocyanine.....	28
3.5.6.3. Les caroténoïdes.....	28
3.5.7. Les enzymes .....	29
3.6. Les activités thérapeutiques de la spiruline.....	29
3.6.1. Activité anti coagulantes .....	29
3.6.2. Renforcement du système immunitaire.....	29
3.6.3. Activité anti virales .....	29
3.6.4. L'effet hypocholestérolémiant de la spiruline.....	30
Chapitre I : matériel et méthodes.....	33
<b>Partie II : Partie expérimental</b>	
4.1-Présentation de l'hôpital.....	33
4.1.1. Présentation générale.....	33
4.1.1.2. Mission du laboratoire.....	33
4.2. Matériel et méthodes .....	33
4.2.1. Matériel.....	33
4.2.1.1. Matériel biologique.....	33
4.2.1.1.1. Des personnes.....	33

4.2.1.1.2. La spiruline.....	34
4.2.1.1.3. Milieux de cultures .....	34
4.2.1.2. Matériel non biologique.....	34
4.2.1.2.1. Appareillage .....	35
4.2.1.2.2. Verreries .....	35
4.2.2. Méthodes.....	36
4.2.2.1. Hypothèse de l'étude .....	36
4.2.2.2. Enquête sur l'hypercholestérolémie dans l'Hôpital Meftah.....	36
4.2.2.3. Méthodologie.....	36
4.3. Caractéristique de la population.....	37
4.3.1. L'âge.....	37
4.3. 2.L'état de santé.....	37
4.3.3. Le régime alimentaire.....	37
4.4. Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur la spiruline .....	39
4.4.1. Analyse physico-chimique.....	39
4.4.1.1. Mesure du PH.....	39
4.4.1.2. Détermination de la matière sèche.....	40
4.4.2. Analyse microbiologiques.....	40
4.4.2.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale .....	43
4.4.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....	45
4.4.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.....	45
4.4.2.4. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	47
4.4.2.5. Recherche des Salmonelles .....	49
4.4.2.6. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	51

4.4.2.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissure .....	54
4.5. Les analyses du sang.....	56
4.5.1. Conditions du prélèvement.....	56
4.5.2. Protocoles des analyses .....	56
4.5.2.1. Analyse du cholestérol total .....	56
4.5.2.2. Analyse du cholestérol HDL et LDL .....	57
4.5.2.3. Dosage des triglycérides .....	58
4.5.2.4. Dosage de la glycémie.....	60

## **Chapitre 5 : résultats et interprétation**

5.1. Pourcentage des bilans lipidiques reçus par rapport aux autres bilans faits au laboratoire .....	63
5.2. Résultat de l'enquête .....	63
5.2.1. Répartition selon le sexe .....	63
5.2.3. Répartition selon l'âge.....	64
5.2.4. Répartition selon les facteurs de risque .....	65
5.3. Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	65
5.3.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	65
5.3.2. Résultats des analyses microbiologiques .....	66
5.4. Résultats des dosages des lipides sanguins et de la glycémie.....	66
5.4.1. L'effet de spiruline sur le cholestérol total.....	67
5.4.2. Effet de la spiruline sur les taux des LDL.....	68
5.4.3. L'effet de la spiruline sur les HDH.....	69
5.4.4. L'effet de la spiruline sur les taux des triglycérides .....	70
5.4.5. L'effet de spiruline sur les taux de glycémie.....	70

<b>Conclusion générale .....</b>	<b>73</b>
----------------------------------	-----------

Références bibliographiques.....76

Annexes

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

# Introduction

---

## INTRODUCTION

L'augmentation des pourcentages des maladies cardiovasculaire ; l'hypertension artérielle ; l'obésité et le diabète ; qui sont responsables de plus de 17 millions de décès chaque année, soit 30% de la mortalité dans le monde **(Sail et Taki, 2007)**.

. Cette augmentation a une relation importante avec le mode de vie et la culture nutritionnelle. L'un des principaux facteurs de risque de ces maladies est l'élévation des taux des lipides sanguins comme le cholestérol et les triglycérides.

Le cholestérol qui joue des rôles très importants dans le fonctionnement de la cellule et du corps humain (précurseur des hormones stéroïdes et de la vitamine D, transport les acides gras de réserve vers le foie où ils sont dégradés....), raison pour laquelle les médecins et les nutritionnistes cherchent des solutions pour lutter contre ces maladies en stabilisant par des médicaments, des régimes et par une meilleure hygiène de vie. Parmi les mesures préconisées l'utilisation des aliments qui sont des substances naturelles tel que la spiruline, cette algue bleu-vert en Algérie elle est au stade de la production artisanale et expérimentale.

Le seul algérien qui maîtrise le processus de production de cette algue est Monsieur Hiri Abdokader, il l'a déplacée de son environnement (EL GUELTA) vers un bassin dont la superficie est au dessus de 20m<sup>2</sup>. il produit 20 kg de spiruline sèche par an ; qu'on peut récolter après quatre mois d'ensemencement, ceci est réalisé dans la région de Tamarrasset.

La présente étude est réalisée dans le but de déterminer l'effet de la spiruline sur le cholestérol et son rôle dans un régime hypocholestérolémiant.

On a suivi les étapes suivantes :

-Etude statistique sur le nombre de malades atteints d'une hypercholestérolémie dans l'Hôpital de Meftah selon les bilans lipidiques qui ont été faits au niveau du laboratoire de l'Hôpital

-Etablissement d'un questionnaire sur l'hypercholestérolémie

-Analyses microbiologiques sur la spiruline

-Sélection de deux groupes de personnes ayant d'une hypercholestérolémie.

## Introduction

---

- Des prélèvements sanguins ont servis pour le dosage du cholestérol

-Le régime hypocholestérolémiant à été administré pour les deux groupes pendant 6 jours, le deuxième groupe a bénéficié de la spiruline en plus du régime hypocholestérolémiant pendant 6 jours

-Contrôle du taux des lipides sanguins et de la glycémie des patients chaque trois jour

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

## Chapitre 1 : Notions sur les lipides

### 1.1. Généralités

Les lipides constituent une part importante des apports enthalpiques de l'organisme de ses réserves d'énergie ; ils interviennent dans la composition des organites cellulaires et exercent des propriétés de messagers chimiques précurseurs de molécules biologiques très importantes jouant un rôle de second messenger intracellulaire ou d'hormone : les inositol phosphates, le DAG, les eicosanoïdes, les hormones stéroïdes la vitamine D et les sels biliaires.

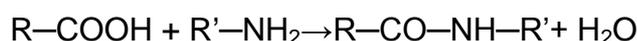
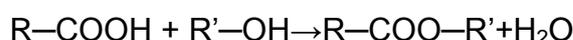
La plupart des lipides sont faiblement solubles dans l'eau. Leur transport dans les fluides vasculaires et extravasculaires jusqu'à leur destination finale au niveau des tissus, repose sur leur incorporation dans des complexes macromoléculaires volumineux, capable d'interaction avec l'eau appelés les lipoprotéines.

Un métabolisme équilibré nécessite une production, une distribution et un métabolisme adéquats de ces lipoprotéines. Des maladies résultent d'un excès de dépôts des lipides de ces lipoprotéines dans les tissus tandis que d'autres sont dues à un déficit de la formation des lipoprotéines.

Certaines maladies de dépôt excessif du contenu lipidique augmentent considérablement le risque d'athérosclérose et de maladies coronaires ischémiques réduisant l'espérance de vie (**Hennen, 2001**).

### 1.2. Classification des lipides

Les matières grasses alimentaires sont les dérivés naturels des acides gras condensés avec des alcools ou des amines



La constitution de R' sert de première classification des lipides :

#### 1.2.1. Classification selon la composition élémentaire

La classification est basée sur l'analyse élémentaire du composé c'est-à-dire la nature de la molécule fixée sur l'acide gras :

### 1.2.1.1. Les lipides simples

Ils sont exclusivement formés de C, H, O :

- **Glycérides ou acylglycérols** : esters d'acide gras et de glycérol.
- **Cérides** : esters d'acides gras : esters d'acides gras et d'alcools gras, à poids moléculaire élevé (origine animales ou végétale : cire d'abeille).
- **Stérides** : esters d'acide gras et de stérol (dont principal représentant est le cholestérol).

### 1.2.1.2. Les lipides complexes

Ils sont formés de C, H, O, N, P et éventuellement des :

- **Glycérophospholipides**
  - lipides phosphorés (acide phosphatidiques)
  - phosphatidylcholine (lécithines)
  - phosphatidylethanolamines et phosphatidylsérines (céphalines)
- **Sphingolipides** : lipides azotés
  - céramides
  - sphingomyéline (possèdent N et P)

## 1.2.2. Classification selon une propriété chimique commune

Si le lipide se présente sous la forme d'ester ou d'amide, il peut subir une réaction de coupure par l'eau, nommée hydrolyse, donnant naissance à l'acide gras et à l'alcool ou l'amine. Cette hydrolyse, réalisée en milieu alcalin, s'appelle une saponification. La classification des lipides peut se faire selon que la molécule est ou non saponifiable :

### 1.2.2.1. Lipides saponifiables

Glycérides, stérides, cérides, glycérophospholipides, sphingolipides.

### 1.2.2.2. Lipides insaponifiables

Terpènes, stéroïdes, prostaglandine (**Claverie et Panet, 2008**).

## 1.3. Les lipides sanguins

Les lipides sanguins sont pour l'essentiel représentés par les triglycérides (TG) et par le cholestérol liés aux apoprotéines dans des complexes permettant leur transport dans le sang (**Talbert et al.**).

### 1.3.1. Les triglycérides

Les triglycérides sont des esters d'acide gras non estérifiés liés à du glycérol. Chaque fonction alcool forme une liaison ester avec la fonction carboxylique d'un AGNE, libérant ainsi une molécule d'eau.

Les triglycérides sont des composés anhydres (ne fixant pas d'eau) qui permettent la mise en réserve d'une importante quantité d'énergie avec un accroissement modéré de masse corporelle (**Potmane et al., 2010**).

Les triglycérides (triacylglycérols) alimentaires sont digérés et leur produit de digestion (mono-et diglycérides, acides gras libres) sont endocytés par l'entérocyte qui reforme des triglycérides et les exportes dans les chylomicrons en période absorptive.

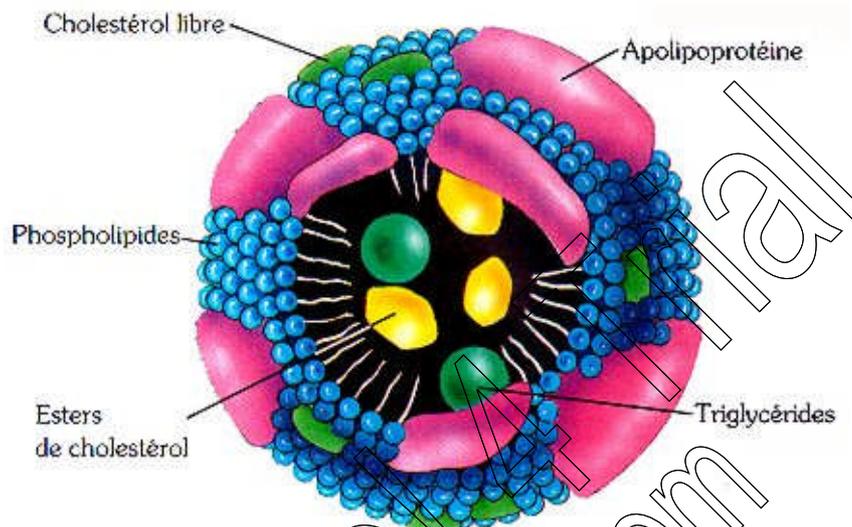
Le foie et l'adipocyte sont des sites importants de synthèse de triglycérides, soit de novo, impliquant la synthèse des acides gras et du glycérol-3-phosphate, soit à partir des acides gras libres endocytés après hydrolyse du contenu en triglycérides des lipoprotéines. Ces synthèses sont stimulées par l'abondance en nutriments, en particulier glucidiques, et par l'action de l'insuline (**Hennen, 2001**).

### 1.3.2. Le cholestérol :

Composé proche des graisses que nous absorbons avec la nourriture, et également produit par notre foie. Il remplit d'importantes fonctions : diverses hormones en sont dérivées, ainsi que les acides biliaires, substances participant à la digestion ; il entre dans la composition des parois cellulaires, Mais s'il est trop abondant dans le sang il se dépose sur les parois des vaisseaux, favorisant ainsi ; l'athérosclérose et des pathologies coronaires graves comme l'angine de poitrine,

infarctus du myocarde, les attaques cérébrales ou la sténose des artères des membres inférieurs (**Anonyme, 2007**).

La figure 1 présente la composition des chylomicrons



**Figure 1 : La composition des chylomicrons**

### 1.3.3. Les lipoprotéines

Celles ci sont composées d'un cœur de triglycéride et de cholestérol enveloppées par des protéines et des phospholipides les acides gras dits libres fixant en grand partie à l'albumine (**Siliart et Nguyen,2007**).

Il existe quatre types de lipoprotéines :

#### 1.3.3.1. Les chylomicrons et les VLDL

Les chylomicrons véhiculent les triglycérides depuis l'intestin jusque dans le sang. Les VLDL (very low density lipoproteins) acheminent quant à elles les triglycérides produits dans le foie jusqu'à leur destination finale.

#### 1.3.3.2. Les LDL (*low density lipoproteins*) ET les HDL (*High density lipoproteins*)

Ces deux types de lipoprotéines transportent principalement le cholestérol. Les LDL acheminent le cholestérol jusqu' aux cellules. Si le métabolisme cellulaire est trop lent, le cholestérol LDL s'accumule dans les vaisseaux (risque d'athérosclérose), d'où sa réputation de « mauvais » cholestérol.

Les HDL transportent le cholestérol des cellules jusqu'au foie. Un taux élevé de cholestérol HDL est donc lié à un moindre risque d'athérosclérose (on parle ici de « bon » cholestérol HDL) mais pour l'évaluation de la cholestérolémie, la valeur déterminante est le rapport cholestérol LDL/cholestérol HDL.

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

### chapitre3 : La Spiruline

#### 3.1. Définition

La spiruline est considérée comme une algue bleu-verte planctonique microscopique souvent de forme spiralée, et ce pour plusieurs raisons (**König, 2007**) :

- Son habitat aquatique
- La présence d'un système photosynthétique producteur d'oxygène.
- Son aptitude des biomasses importante.
- Sa morphologie proche de celle des algues.
- Sa couleur liée à sa teneur en pigment bleu (phycocianine) et vert (chlorophylle).

C'est un des plus primitifs organismes apparus sur la Terre il ya plus de 3,5 milliard d'années (Perez, 1997)

#### 3.2. Historique de la spiruline

Elle est découverte par les Européens lors de la conquête de l'Amérique. Dans ses mémoires, le conquistador Cortés rapportait que les Aztèques promenaient à la surface du Lac Texcoco des filets à mailles très serrées pour récolter une sorte de boue colorée qu'ils faisaient sécher au soleil pour former ensuite des galettes appelées "**Tecuitlatl**" et qu'ils consommaient pour améliorer leurs performances lors d'activités physiques intenses.

La spiruline n'intéressa que très peu les conquistadores, qui lui préférèrent plutôt le maïs et le cacao.

En Afrique, certaines tribus du Sahara, consomment depuis bien longtemps la spiruline, puisée dans des lacs et mares où elle croît à l'état naturel, sous forme de galettes nommées "**Dihé**" (**Vidal, 2008**).

Il existe à ce jour 200 genres et environ 1500 espèces de cyanobactéries connues très difficiles à détecter, il en reste sans doute encore beaucoup à découvrir (**Fox et al .1999**).

Les scientifiques étudiant la spiruline ont donc d'abord pensé qu'il existait de nombreuses espèces d'*Arthrospira* ; en fait, l'analyse de leurs caractéristiques génétiques, effectuée par **Scheldeman et al.1999**, basées sur l'ARDA n'a fait apparaître que deux espèces presque identiques d'*Athrospira*. Ils supposent donc que de ces deux espèces dérivent plusieurs souches. Ces deux espèces sont : *Arthrospira platensis* initialement origine de Kanem (Tchad) et *Arthrospira geitleri* ou *maxima*, origine de Mexique (**Antenna technologies, 2007**).

### 3.3. Caractéristique de la spiruline

La spiruline est une cyanobactérie ; elle appartient donc au domaine des bactéries et se classe parmi les bactéries Gram négatives. (**Charpy et al.2008**)

Les cyanobactéries peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires ; dans ce dernier cas, leurs cellules s'arrangent en amas de type de colonies ou, le plus souvent, en filament composé de cellule alignées (ces filament sont appelés trichomes). Ces trichomes sont hélicoïdales, observables uniquement en milieu liquide, et ils sont caractéristiques du genre. C'est d'ailleurs de là que la spiruline tient son nom (**Cruchot, 2008**)

La spiruline est une cyanophycée microscopique d'une longueur moyenne d'environ 250µm. Elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12µm de diamètre non ramifiés et enroulés en spirale, généralement en 6 ou 7 spires (figure 1). (**Geitler, 1932**)



Figure .6 : *Spirulina platensis* (Gerchwin et Belay, 2008).

### 3.4. Taxonomie de la spiruline :

Règne : *Monera*

Sous règne : *Procarvota*

*Phylum* : *Cyanophyta*

Classe : *Cyanophyceae*

Ordre : *Nostocales*

*Famille* : *Oscillatoriaceae*

Genre ; *Arthrospira*

Espèce et sous- espèce : *Arthrospira.Platensis*, *A.Maxima*, *A.Toliara*, *A.Lonar*, *A.Crater Mexicana*, *.AParacas* etc. (Vidalo, 2008)

L'espèce *Spirulina platensis* est la plus connue et la plus utilisée lors des travaux des recherches ou lors de l'ensemencement de nouvelles cultures. Elle se compose de trichomes un peu rétrécis au niveau des articulations. Les tours de spire ont un diamètre de 20 à 50  $\mu\text{m}$ , diminuant légèrement vers les extrémités.

**Figure.7 : *Spirulina platensis* (filament de l'espèce observé au microscope optique)**

Par contre l'espèce *Spirulina maxima* se caractérise par des trichomes légèrement effilés aux extrémités et ne rétrécissant pas au niveau de l'extrémité. Il forme une spire régulière de 3à 8 tours et de 40 à 60 $\mu\text{m}$  de diamètre

**Figure.8 : *Spirulina maxima* (filament de l'espèce observé au microscope optique)**

### 3.5. Aspects et intérêts nutritionnelles de la spiruline

La spiruline présente des propriétés thérapeutiques. Elle renferme plusieurs molécules ayant fait l'objet d'études pour leurs activités biologiques. C'est d'abord l'impressionnante teneur en protéines de la spiruline qui a attiré l'attention des chercheurs comme des industriels. Par la suite, le nombre de propriétés particulièrement intéressantes sur le plan nutritionnel sont apparues : composition protéique équilibrée, présence de lipides essentiels rare ainsi que de nombreux minéraux et vitamines **(Christophe Hug et Denis von der Weid, 2011)**.

#### 3.5.1. Protéines et acides aminés

La teneur en protéines de la spiruline est élevée. Elle représente 60% à 70% de matière sèche **(Fox, 1999)** et possède la plupart des acides aminés dont les acides aminés essentiels. Il faut pourtant préciser qu'on ne peut espérer fournir plus d'une quinzaine de gramme de protéines par jour via une consommation raisonnable de spiruline. Cette quantité représente environ un quart à un tiers des besoins quotidiens en protéines pour une personne de 60Kg (AJR : 0,7 à 1g /Kg) **(Briend, 1998)**.

Les teneurs des acides aminés sont présentés au tableau 3

**Tableau.3 : Composition en acides aminés (mg /100g de spiruline)**

Acides aminés essentiels		Acides aminés non essentiels	
	Teneur		Teneur
Isoleucine	3500	Alanine	4590
Leucine	5380	Arginine	4310
Lysine	2960	Acide aspartique	5990
Méthionine	1170	Cystine	590
Phénylalanine	2750	Acide glutamique	9130
Thréonine	2860	Glycine	3130
Tryptophane	1090	Tyrosine	2500
Valine	3940	Proline	2380
Histidine	1000	Sérine	2760

**(Gerchwin et Belay, 2008)**

### 3.5.2. Les lipides et les acides gras

#### 3.5.2.1. Les lipides totaux

Le pourcentage des lipides totaux est compris entre 6 et 13% de poids sec en spiruline (Ariel, 2001,2003).

Ils se subdivisent en deux fractions : une fraction saponifiable ou « acide gras » (83%) et une fraction insaponifiable (17%) (Clément, 1975).

#### 3.5.2.2. Les acides gras

L'acide *gamma-linoléique* constitue jusqu'à 40% des acides gras de la spiruline, qui figure parmi les meilleurs sources connue d'acides *gamma-linoléique* (Ciferri, 1983 ; Cohen, 1993). Cette présence mérite d'être soulignée du fait de sa rareté dans les aliments courants et que c'est un précurseur de médiateur chimique des réactions inflammatoires et immunitaires (Falquet, 2006).

La spiruline est également riche en *sulfolipides*, qui intéressent les chercheurs pour leur activité protectrice contre des infections virales. Le composant lipide *sulfoquinovosyldiacylglycérol* (SQDG), par exemple, a démontré par expérience *in vitro* sa capacité à inhiber la transcriptase inverse du VIH (Kiet, 2006).

**Tableau 4: Composition en acides gras de 100 g de spiruline sèche**

Acides gras	Taux
Acide myristique (C14)	0,23
Acide palmitique(C16)	25,8
Acide palmitoléique (C16:6) oméga 6	1,26
Acide palmitique (C16:0)	46,07
Acide oléique (C18:1) oméga 6	5,26
Acide linoléique (C18:2) oméga 6	17,43
Autres acides	20,88

### 3.5.3. Glucides et polysaccharides

Les glucides représentent environ 15% à 25% de la matière sèche de la spiruline (Flaquet, 2006 ; Quillet, 1975 ; Shekharam, 1987). Elle est *spirulane*

calcique (Ca-SP) et le *spirulane* sodique (Na-SP) (Lee, 1998). Ainsi que d'*Immulina* (Lobner, 2008).

Ces polysaccharides présentent d'intéressantes propriétés anticoagulantes, immunostimulantes et antivirales (Lee, 2001).

### 3.5.4. Les vitamines

#### 3.5.4.1. La vitamine B12 (cobalamine)

Parmi les vitamines hydrosolubles, on note une teneur très élevée en vitamine B12. La spiruline est l'une des seules sources d'origine végétale disponible, qui contient quatre fois plus de vitamine B12 que le foie de bœuf cru, longtemps donnée comme sa meilleure source. Cette source exceptionnelle la fait recommander aux personnes atteinte de l'anémie pernicieuse (Belay, 1997).

#### 3.5.4.2. La provitamine A ( $\beta$ carotène)

Parmi les vitamines liposolubles, on note une teneur très élevée en  $\beta$  carotène. L'organisme humain convertit ce pigment en vitamine A en quantité nécessaire à ses besoins (Henrikson, 2009). Une étude récente de Wang et al. (Wang, 2008) portant sur des chinois adultes montre que l'ingestion de 4,5mg de  $\beta$  carotène provenant de la spiruline apporte 1mg de vitamine A.

#### 3.5.4.3. La vitamine E

Même si la teneur en vitamine E de la spiruline est insuffisante pour satisfaire l'apport journalier recommandé, ses propriétés anti-oxydantes pour les acides gras insaturés expliquent la conservation de ces derniers dans la spiruline séchée (Ariel, 2001,2003).

La teneur de quelques vitamines en  $\mu\text{g/g}$  de spiruline est présentée au tableau

**Tableau 5 : Teneur en vitamine en  $\mu\text{g/g}$  de matière sèche de spiruline d'après (Flaquet et Hurni, 2006) complété par d'autre référence pour la vitamine E**

Vitamine	Teneur	Vitamine	Teneur
<b>vitamines hydrosolubles</b>		<b>vitamines liposolubles</b>	
<b>B1 (Thiamine)</b>	34-50	<b>Provitamine A (béta-carotène)</b>	700-1700
<b>B5 (Pantothénate)</b>	4,6-25	<b>vitamine E (alpha tocophérol)</b>	50-190
<b>B8 (Biotine)</b>	0,05		
<b>B9 (Folate)</b>	0,5		

### 3.5.5. Les sels minéraux et les oligoéléments

La spiruline est naturellement riche en certains minéraux essentiels, particulièrement importants lors de la malnutrition. Il est utile de mentionner qu'il est possible de jouer sur les intrants et ainsi de facilement modifier le contenu en acide gras ou en certains minéraux. (Hug et Weid, 2011)

#### 3.5.5.1. Fer

La spiruline naturelle a des teneurs en fer allant jusqu'à 500mg/K bien que des valeurs supérieures à 1000mg/Kg aient été trouvées (Campanella, 1999). Le fer avec sa biodisponibilité élevée, fait de la spiruline une source de fer particulièrement adéquate pour les femmes enceinte souvent anémiées (Pyufoulhoux et al. ,2001).

#### 3.5.5.2. Zinc

La spiruline ne contient généralement que des traces de zinc (21-40mg/g) mais peut facilement en être enrichie (Cogne, 2003).

#### 3.5.5.3. Magnésium

La spiruline est naturellement riche en magnésium et la biodisponibilité de celui-ci pour l'homme a été démontrée (Plane ,2002).

Le tableau suivant présente la composition en minéraux de la spiruline sèche en µg/g de sa matière sèche.

**Tableau 6 : Composition en minéraux de la spiruline cultivée en µg /g de sa matière sèche d'après (Flaquet et Hurni, 2006)**

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
Calcium	1300-1400	Cuivre	8-10
Phosphore	6700-9000	Chrome	2-8
Magnésium	2000-2900	Manganèse	25-37
Fer	580-1800	Sodium	4500
Zinc	21-40	Potassium	6400-15400

(Flaquet et Hurni, 2006)

### 3.5.6. Pigments

#### 3.5.6.1. La chlorophylle

Le plus visible des pigments de la spiruline, capable de capter l'énergie de radiation solaire. Son taux d'environ 1% est l'un des plus élevée que l'on puisse trouver dans la nature (Vidal, 2008).

#### 3.5.6.2. La phycocyanine

D'après Vonshak, (1997), la fraction protéique pourrait contenir jusqu'à 20% de phycocyanine.

#### 3.5.6.3. Les caroténoïdes

La spiruline est l'un des aliments les plus riches qui soit en bêta carotène. Elle en contient entre 20 et 25 fois plus que la carotte.

Le tableau 7 donne les teneurs en pigment en mg/10 g de matière sèche de la spiruline

Tableau 7 : teneur en pigments en mg/10g de matière sèche de spiruline

Pigments	Teneur en mg/10
Chlorophylles totales	115
Chlorophylle a	61-75
Caroténoïdes (orange)	37
Phycocyanine (bleu)	1500-2000
Phycoérythrine (rouge)	2900-10000

(Pierlovisi, 2007)

### 3.5.7. Les enzymes

Parmi les enzymes identifiées de la spiruline, il y a principalement le superoxyde dismutase ou SOD, qui joue un rôle d'antioxydant primaire, éliminant facilement les radicaux libres primaires dès leur formation, avec une teneur d'environ 1,5 million d'unité/Kg de spiruline sèche (Laboratoire NATESSIS, 2007).

### 3.6. Les activités thérapeutiques de la spiruline

#### 3.6.1. Activité anticoagulante

Le spirulane calcique agit en activant le cofacteur II de l'héparine, molécule qui inhibe la thrombine, donc la coagulation (Hayakawa, 1996, 2000,2003). Le spirulane sodique aurait aussi des effets anticoagulants (Yamamoto, 2003).

#### 3.6.2. Renforcement du système immunitaire :

Plusieurs expériences attestent que la spiruline régulerait favorablement le système immunitaire (Qureshi, 1996 ; Pascaud, 1993 ; Borshers, 2007). Elle augmente le système d'activation des macrophages, l'activation des cellules T et l'activité des cellules NK. Ce processus permet la libération d'interféron gamma (IFN- $\gamma$ ) ce qui peut finalement rendre les virus inactifs. Ces actions se font par le biais des polysaccharides.

#### 3.6.3. Activité antivirale

L'activité antivirale de la spiruline a été étudiée sur l'inhibition de la pénétration de virus *Herpes Simplex* dans les cellules HeLa et chez des hamsters (Hayashi, 1993). Plus tard, les mêmes auteurs ont mis en évidence le rôle de la Ca-SP qui

interviendrait en inhibant la pénétration des virus, ainsi que dans leur phase de réplication (**Hayashi, 1996**).

#### 3.6.4. L'effet hypocholestérolémiant de la spiruline

Les acides gras polyinsaturés (AGPI), oméga 3 et oméga 6, de la spiruline préviendraient l'accumulation du cholestérol dans l'organisme (**Simpore et al., 2002**).

L'effet contre l'hyperlipidémie (réduction du cholestérol sanguin) par la spiruline. Confirmée par les essais réalisés sur l'homme, qui avec un régime régulier à la Spiruline de 4,2 g / jour pendant 4 semaines engendrait une diminution du cholestérol et une baisse significative de dépôts graisseux dans les artères (**Kato et al., 1984**).

Une étude sur l'homme portant sur l'effet anti-cholestérol de la Spiruline a été publiée dans Nutrition Reports International. Elle a été menée sur 30 hommes volontaires qui avaient une hyperlipidémie et une hypertension légère. Ils ont été divisés en deux groupes. Dans le groupe A, les sujets ont reçu 4,2 g de Spiruline par jour. Le groupe B a reçu la même quantité de Spiruline durant 4 semaines, puis a cessé la spiruline les semaines suivantes.

Les résultats ont montré une réduction statistiquement significative du LDL cholestérol chez les sujets du groupe A après 8 semaines. Le LDL cholestérol a également baissé de manière significative chez les sujets du groupe B après 4 semaines de consommation de Spiruline, mais est remonté à sa valeur initiale lorsque les sujets ont arrêté de consommer de la spiruline (**Anonyme, 2011**).

## Chapitre 5 : résultats et interprétation

### 5.1. Pourcentage des bilans lipidiques reçus par rapport aux autres bilans faits au laboratoire :

Au niveau du laboratoire, on remarque une forte demande des bilans lipidiques par rapport aux autres paramètres demandés.

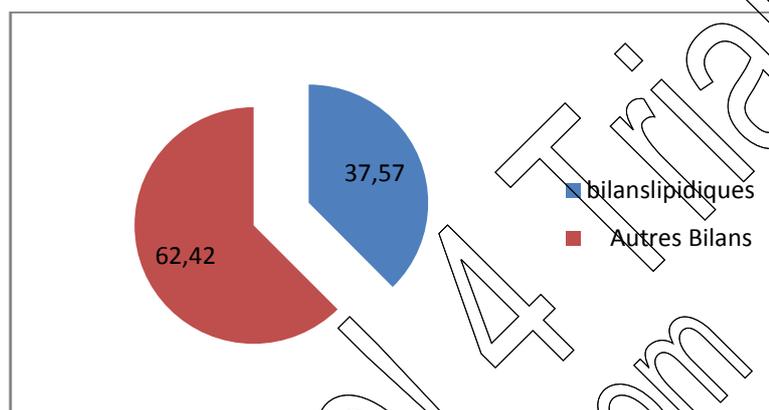


Figure 20 : pourcentage des bilans lipidique par rapport aux autres bilans

Nous avons constaté que les demandes des bilans lipidique occupe presque la moitié des autres bilans se qui explique l'implication du cholestérol et les lipides sanguins en générales dans la genèse de plusieurs maladies (facteur du risque).

### 5.2. Résultat de l'enquête

#### 5.2.1. Répartition selon le sexe

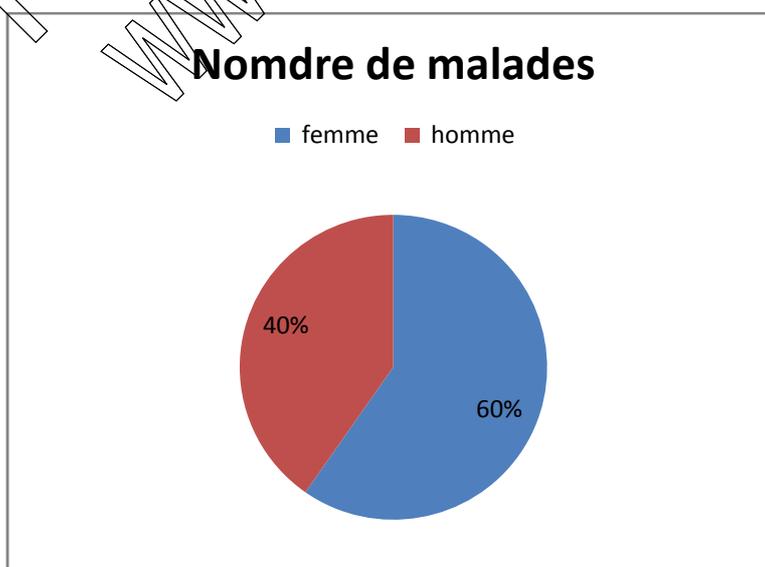


Figure. 21 : Répartition des malades selon le sexe

La figure qui précède montre qu'il y a une répartition de l'hypercholestérolémie plus importante chez les femmes (60%), contre (40%) chez les hommes.

Cette répartition peut être expliquée par la sédentarité chez la plus part des femmes de la région avec les mauvaises habitudes alimentaires, peut intervenir un autre facteur qui les pilules contraceptif qui augmente le taux de cholestérol chez les femmes.

### 5.2.3. Répartition selon l'âge

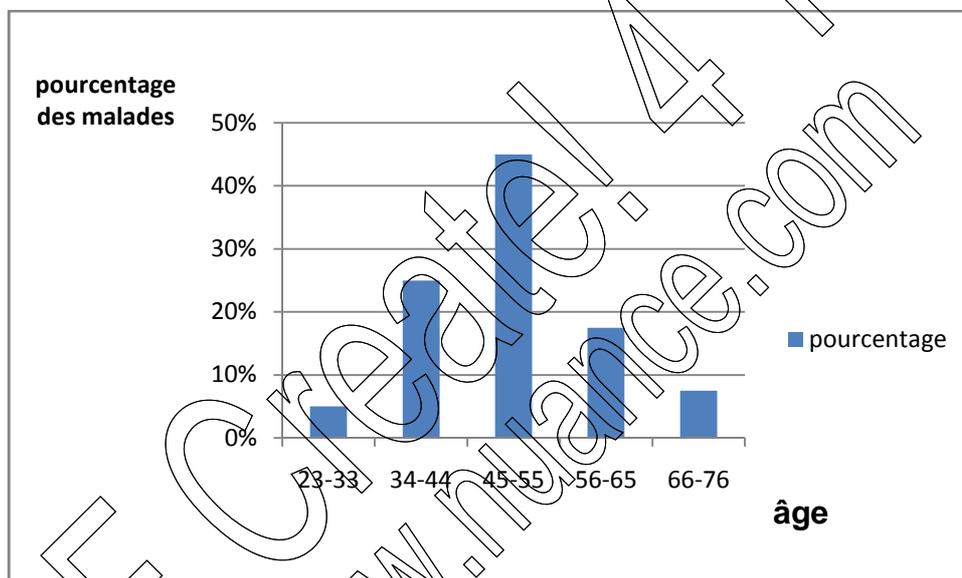


Figure.22 : Répartition des malades selon l'âge

La moyenne d'âge du panel des sujets sur lesquels nous avons fait notre étude statistique est de 54 ans, avec des variations allant de 23 à 76 ans.

La tranche d'âge la plus importante se situe entre 45 et 55 ans (45%), par rapport aux autres intervalles d'âge.

5.2.4. Répartition selon les facteurs de risque

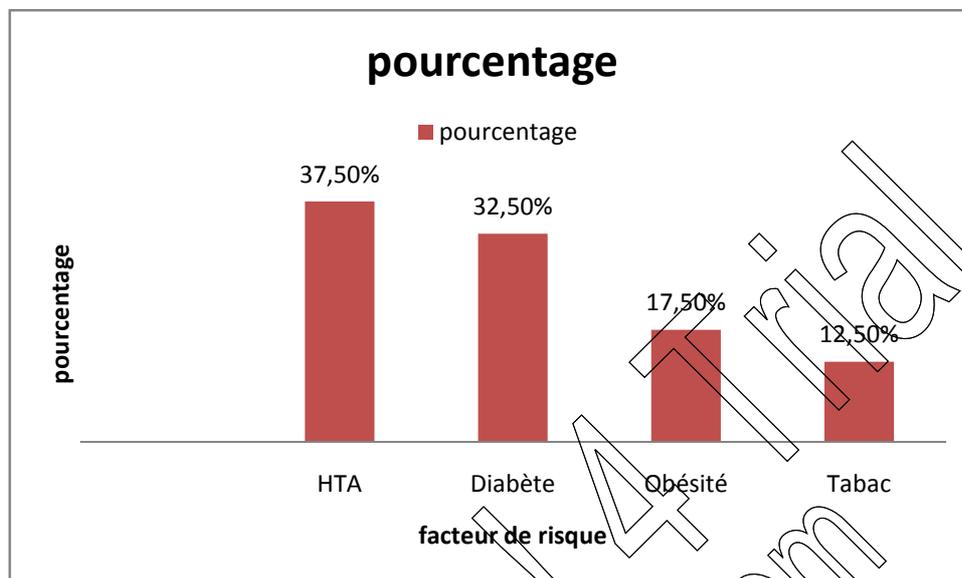


Figure.23 : Répartition selon le facteur de risque.

On relie ces résultats au fait que L'hypocholestérolémie est un facteur de risques comme : l'hypertension artérielle (HTA), l'obésité, le diabète, les habitudes alimentaires et le tabagisme.

L'obésité est un facteur du risque très important à l'hypercholestérolémie à cause de la quantité de graisses stockées dans le corps ce qui augmente le taux des lipides sanguins en général principalement le cholestérol.

5.3. Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques

5.3.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats du PH et l'humidité sont au tableau suivant

Tableau.11 : les résultats des analyses physico-chimiques effectuées

	PH	L'humidité (%)
spiruline	8,8	5,24%

D'après les résultats de tableau 22 (Annexe 04) nous remarquons une conformité de valeur de l'humidité ce qui s'explique par un bon conditionnement de spiruline bon séchage et bon stockage.

### 5.3.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques (germes/g) de la spiruline sont représentées dans le tableau n annexe.

D'après les résultats il ya une absence totale des germes pathogènes, et  $56.10^2$  UFC des levures et 10 spores de moisissures mais sont reste dans les normes de qualité et on a dénombré  $17.10^3$  UFC de la flore mésophile total mais reste aussi dans les normes.

On peut conclure que la spiruline qu'on a utilisée est d'une bonne qualité hygiénique et microbiologique et elle peut être consommée sans cuisson et sans nuire à la santé du consommateur.

### 5.4. Résultats des dosages des lipides sanguins et de la glycémie

#### ➤ Le groupe témoin

A partir des résultats obtenus (tableau 15 annexe II) on peut dire que il y a une augmentation du taux de cholestérol chez tous le groupe au faite qu'on a choisi des personnes ayant un taux élevé du cholestérol total et des taux au tour de la norme concernant les HDL et des taux élevés des LDL, avec des taux normaux des triglycérides presque chez tous les malades.

Les patients ont une glycémie normale en raison de la sélection dés le départ de malades non diabétiques pour éviter les interactions avec les médicaments.

#### ➤ Le groupe des malades

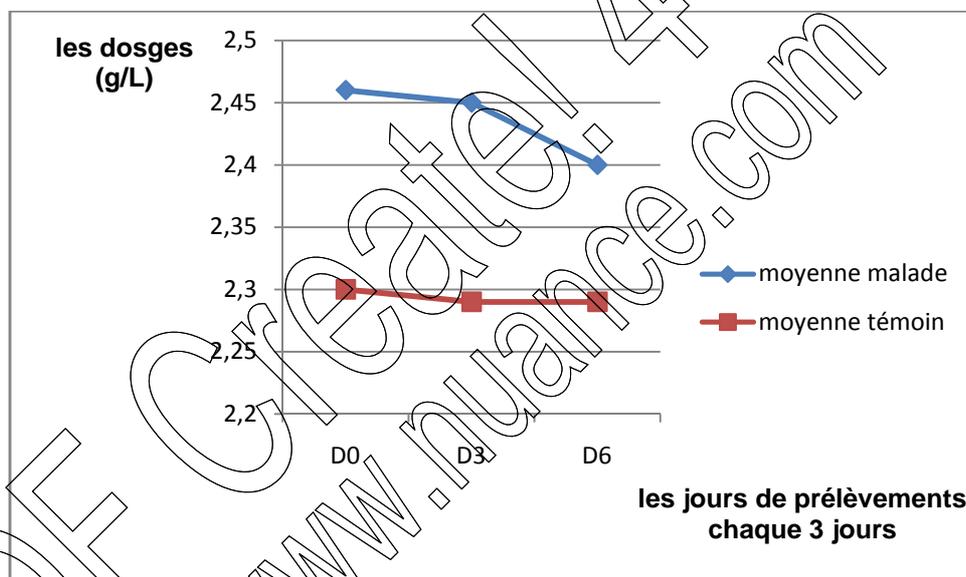
Les résultats montre (tableau16 annexe II) qu'il y a 83,33% du groupe des personnes ont un taux élevé du cholestérol total alors que 16,66% ont un taux au tour de la norme. Ainsi que tous ces personnes ont un taux normal du cholestérol HDL, et ayant un cholestérol LDL supérieur à 1,30 g/L.

Concernant les triglycérides nous avons remarqué que 50% des personnes ayant un taux élevé alors que 50% ont un taux normal. La glycémie à jeun des malades donne des valeurs normales car les malades ne sont pas atteints par d'autres maladies afin d'éviter toutes interactions médicamenteuses c'est-à-dire ces personnes ne sont pas diabétiques.

#### 5.4.1. L'effet de spiruline sur le cholestérol total

La moyenne des taux du cholestérol total chez les deux groupes de chaque prélèvement a été calculée.

Le graphique ci-dessus présente les variations des dosages du cholestérol total chez les deux groupes.



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

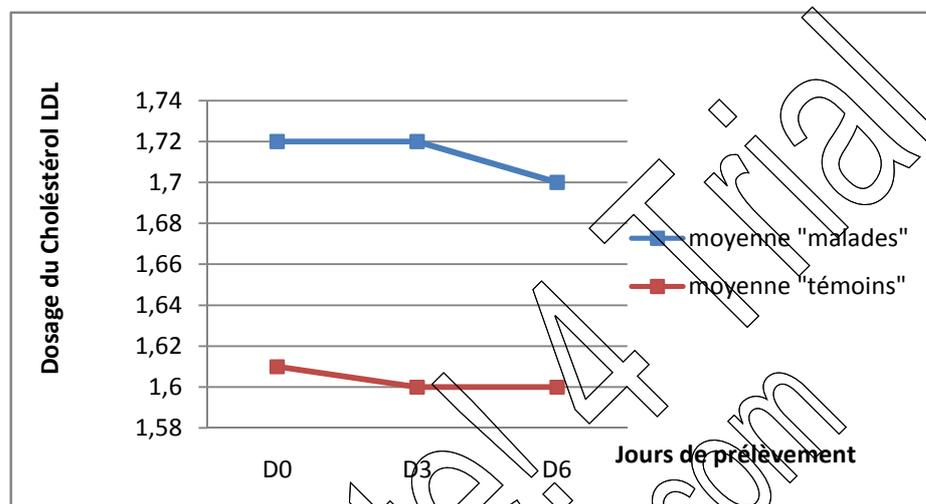
D6 : prélèvement après 6 jours

**Figure.24 : les moyennes des taux du cholestérol en fonction du temps**

A partir de la figure nous avons remarqué qu'il y a une diminution du taux de cholestérol (0,01 g/L) chez les deux groupes de D0 à D3, cette diminution est continue chez le groupe des malades jusqu'à 0,05 g/L et reste constante chez le groupe témoin.

Les résultats peuvent être expliqués par l'action de la spiruline qui a rôle de transféré le cholestérol en coprostanol ce dernier va être éliminé dans les sels sans être absorbé (Doumandji et al., 2012)

#### 5.4.2. Effet de la spiruline sur les taux des LDL



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

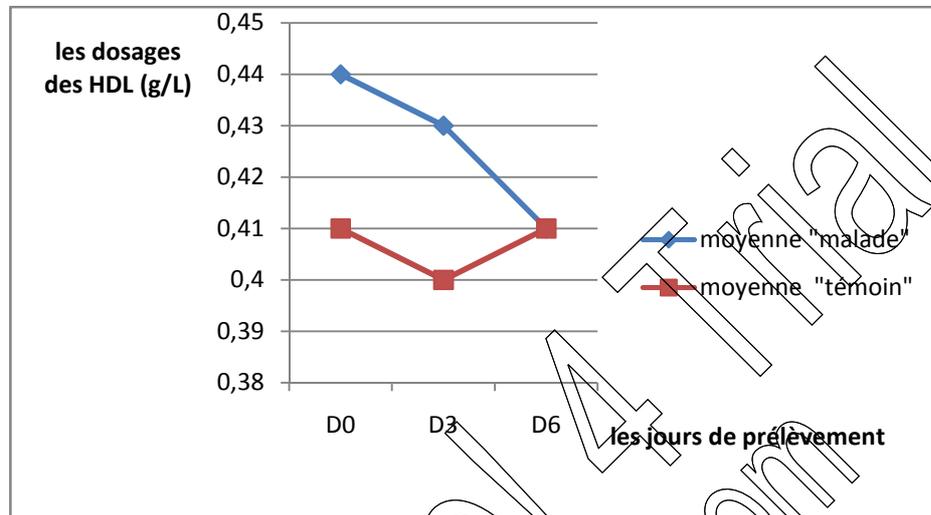
D6 : prélèvement après 6 jours

Figure.25 : les moyennes des dosages des LDL chez les deux groupes

A partir de ce tableau nous avons remarqué qu'il n'y a pas une diminution du taux des LDL chez le groupe des malades mais à partir de D3 à D6 on a remarqué une diminution de 0,02g/l chez le groupe des malades qui prennent la spiruline, et une diminution de 0,01g/l chez les malades de groupe témoin.

### 2.4.3. L'effet de la spiruline sur les HDL

Les résultats ont été traduits sur le graphe ci-dessus



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

D6 : prélèvement après 6 jours

**Figure.26 : Les moyennes des dosages des HDL chez les deux groupes**

D'après ces résultats nous avons remarquées qu'il ya une diminution progressive des HDL chez le groupe des malades par contre il y a une petite diminution chez le groupe témoin pendant les premier jours (D3=0,40), puis on remarque une faible augmentation à (D6=0,41)

#### 2.4.4. L'effet de la spiruline sur les taux des triglycérides

Les variations des dosages des triglycérides sont bien présentées sur le graphe suivant

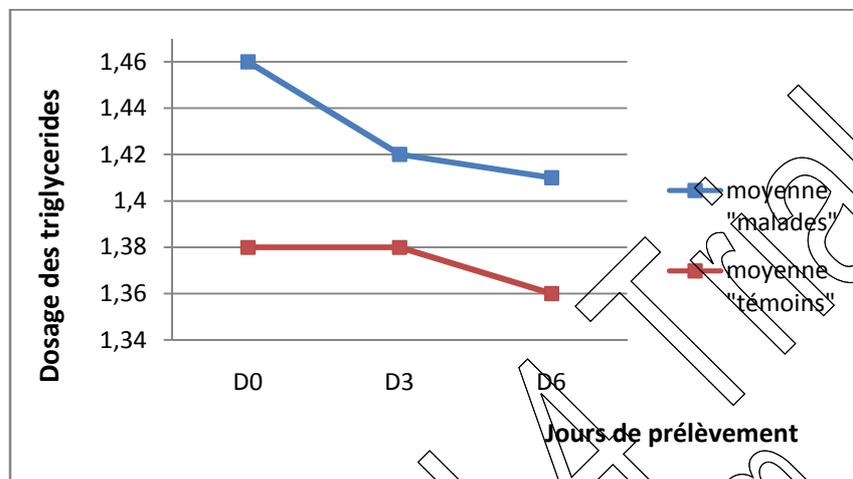
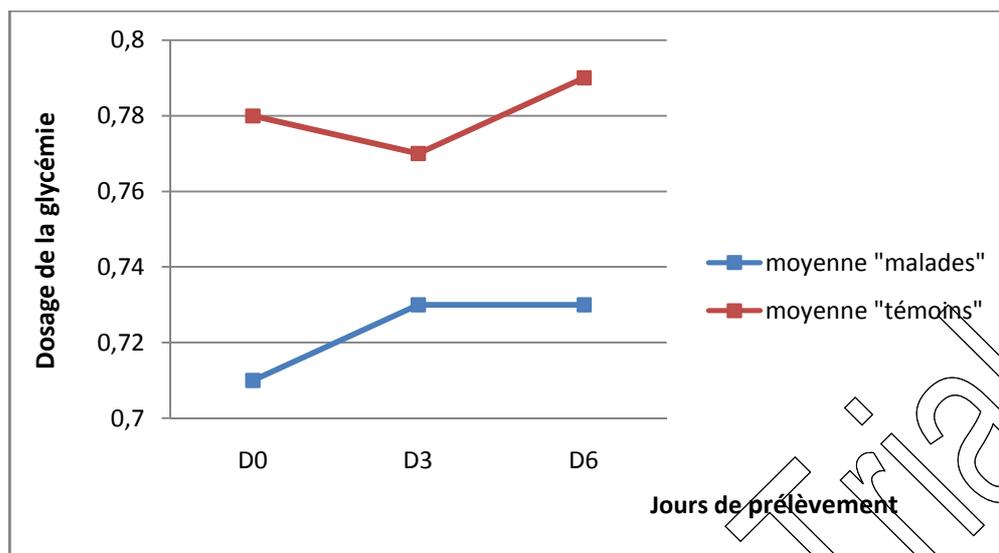


Figure.27 : Les moyennes des dosages des triglycérides chez les deux groupes

A partir des résultats obtenus on a remarqué une diminution du taux des triglycérides de D0 à D3 constaté de 0,04g/l et cette diminution est continue au D6, par contre chez le groupe témoin nous avons remarqué que n'il ya aucune diminution de D0 à D3 mais il ya une diminution du D3 au D6 d'une valeur 0,02g/l.

#### 2.4.5. L'effet de spiruline sur les taux de glycémie

Les résultats des dosages de la glycémie sont traduits dans le graphe suivant



**Figure.28 : Les dosages de la glycémie chez les deux groupes**

A partir de ces résultats nous avons remarqué qu'il n'y a pas un grand changement dans le taux de la glycémie à jeun chez le groupe de malade se qui peut être expliqué par le fait que la spiruline n'a pas d'effet sur la glycémie.

Par contre au groupe témoin nous avons remarqué que le taux de glycémie est élevé mais reste toujours dans l'intervalle de la norme.

A partir des résultats obtenus on a constaté une diminution minime des taux du cholestérol. La poursuite de l'expérience sur une plus grande période et avec un panel plus important pourrait peut être donné des résultats plus importantes permettant une interprétation statistique adéquate.

La dose de spiruline administrée devrait également être augmentée. Nakaya (1988) a réalisé une étude sur 30 hommes volontaires présentant une hypercholestérolémie sévère associée à une HTA de degré modéré. Ils ont reçus 4,5 gr de spiruline par jour pendant 8 semaines sans modifier leur régime alimentaire habituel. Le taux de cholestérol diminua de 4,5%, le taux des LDL baissa de 6,1% sans perte pondérale.

On peut également conclure que l'enrichissement d'un régime hypocholestérolémiant va être accéléré la diminution des taux des lipides sanguins.

## Chapitre 5 : résultats et interprétation

### 5.1. Pourcentage des bilans lipidiques reçus par rapport aux autres bilans faits au laboratoire :

Au niveau du laboratoire, on remarque une forte demande des bilans lipidiques par rapport aux autres paramètres demandés.

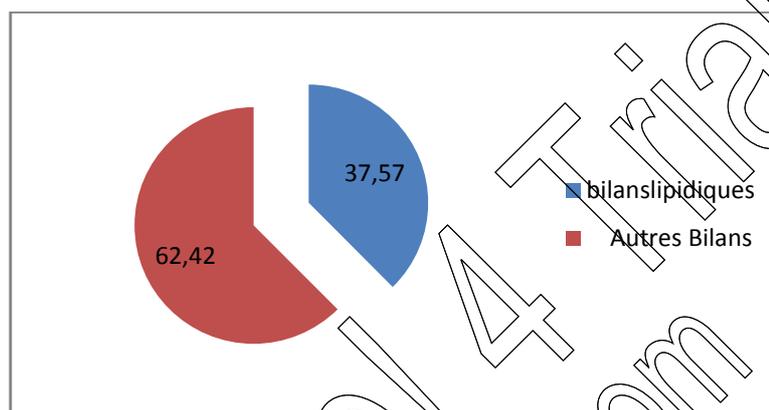


Figure 20 : pourcentage des bilans lipidique par rapport aux autres bilans

Nous avons constaté que les demandes des bilans lipidique occupe presque la moitié des autres bilans se qui explique l'implication du cholestérol et les lipides sanguins en générales dans la genèse de plusieurs maladies (facteur du risque).

### 5.2. Résultat de l'enquête

#### 5.2.1. Répartition selon le sexe

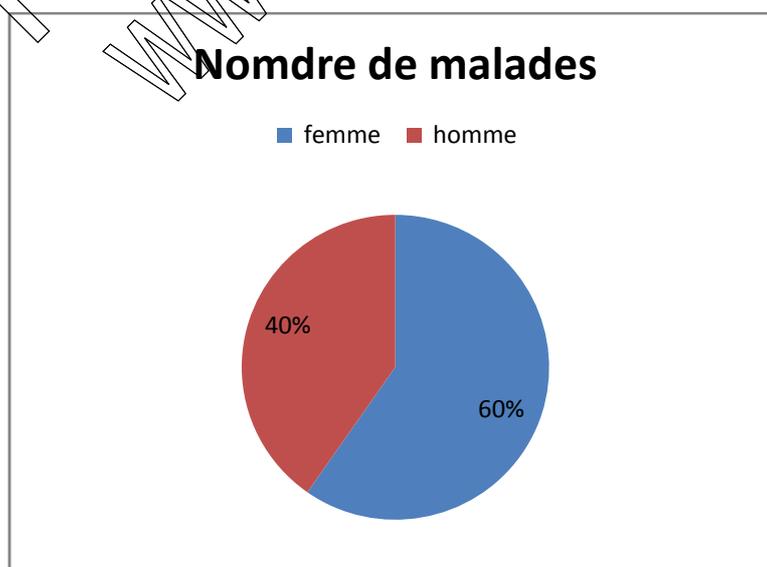


Figure. 21 : Répartition des malades selon le sexe

La figure qui précède montre qu'il y a une répartition de l'hypercholestérolémie plus importante chez les femmes (60%), contre (40%) chez les hommes.

Cette répartition peut être expliquée par la sédentarité chez la plus part des femmes de la région avec les mauvaises habitudes alimentaires, peut intervenir un autre facteur qui les pilules contraceptif qui augmente le taux de cholestérol chez les femmes.

### 5.2.3. Répartition selon l'âge

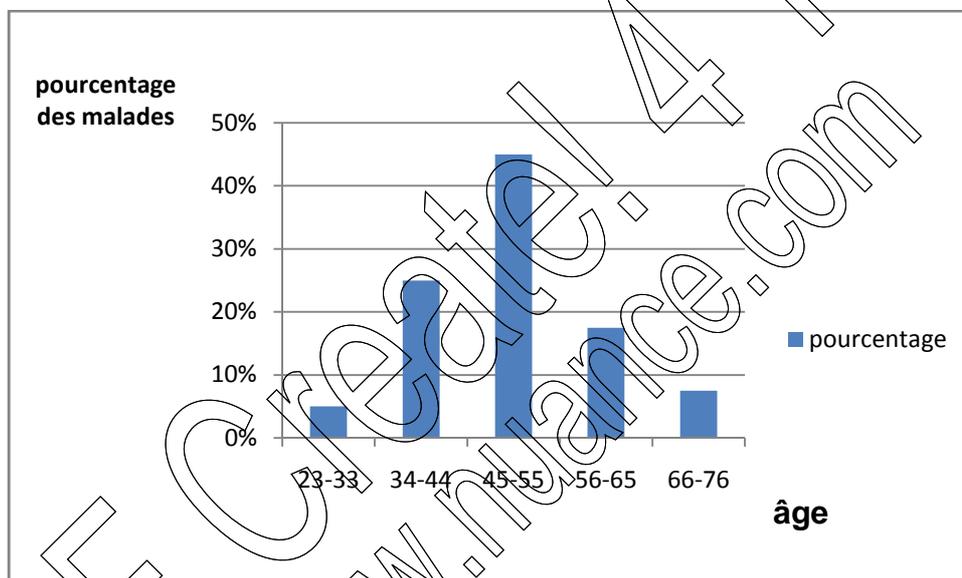


Figure.22 : Répartition des malades selon l'âge

La moyenne d'âge du panel des sujets sur lesquels nous avons fait notre étude statistique est de 54 ans, avec des variations allant de 23 à 76 ans.

La tranche d'âge la plus importante se situe entre 45 et 55 ans (45%), par rapport aux autres intervalles d'âge.

5.2.4. Répartition selon les facteurs de risque

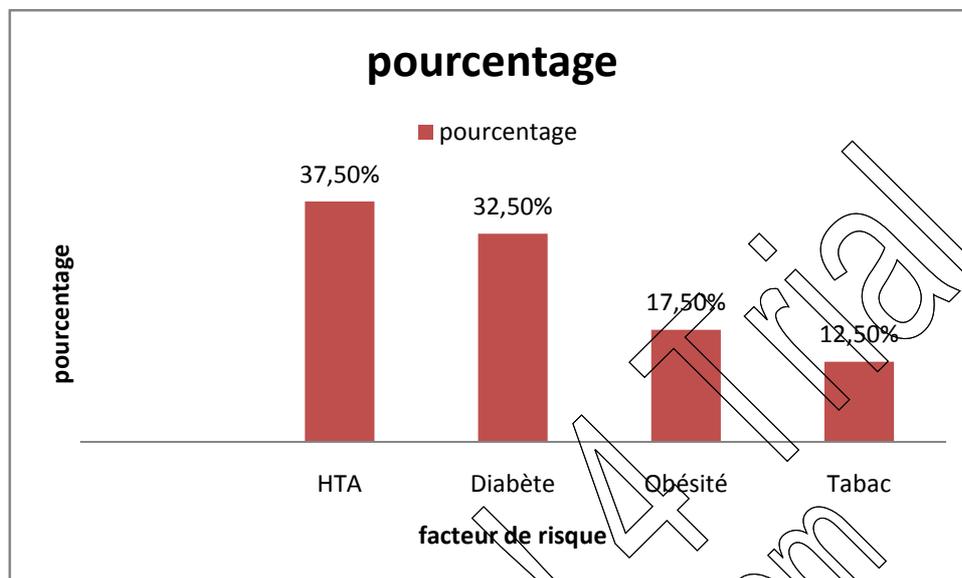


Figure.23 : Répartition selon le facteur de risque.

On relie ces résultats au fait que L'hypocholestérolémie est un facteur de risques comme : l'hypertension artérielle (HTA), l'obésité, le diabète, les habitudes alimentaires et le tabagisme.

L'obésité est un facteur du risque très important à l'hypercholestérolémie à cause de la quantité de graisses stockées dans le corps ce qui augmente le taux des lipides sanguins en général principalement le cholestérol.

5.3. Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques

5.3.1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats du PH et l'humidité sont au tableau suivant

Tableau.11 : les résultats des analyses physico-chimiques effectuées

	PH	L'humidité (%)
spiruline	8,8	5,24%

D'après les résultats de tableau 22 (Annexe 04) nous remarquons une conformité de valeur de l'humidité ce qui s'explique par un bon conditionnement de spiruline bon séchage et bon stockage.

### 5.3.2. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques (germes/g) de la spiruline sont représentées dans le tableau n annexe.

D'après les résultats il ya une absence totale des germes pathogènes, et  $56.10^2$  UFC des levures et 10 spores de moisissures mais sont reste dans les normes de qualité et on a dénombré  $17.10^3$  UFC de la flore mésophile total mais reste aussi dans les normes.

On peut conclure que la spiruline qu'on a utilisée est d'une bonne qualité hygiénique et microbiologique et elle peut être consommée sans cuisson et sans nuire à la santé du consommateur.

### 5.4. Résultats des dosages des lipides sanguins et de la glycémie

#### ➤ Le groupe témoin

A partir des résultats obtenus (tableau 15 annexe II) on peut dire que il y a une augmentation du taux de cholestérol chez tous le groupe au faite qu'on a choisi des personnes ayant un taux élevé du cholestérol total et des taux au tour de la norme concernant les HDL et des taux élevés des LDL, avec des taux normaux des triglycérides presque chez tous les malades.

Les patients ont une glycémie normale en raison de la sélection dés le départ de malades non diabétiques pour éviter les interactions avec les médicaments.

#### ➤ Le groupe des malades

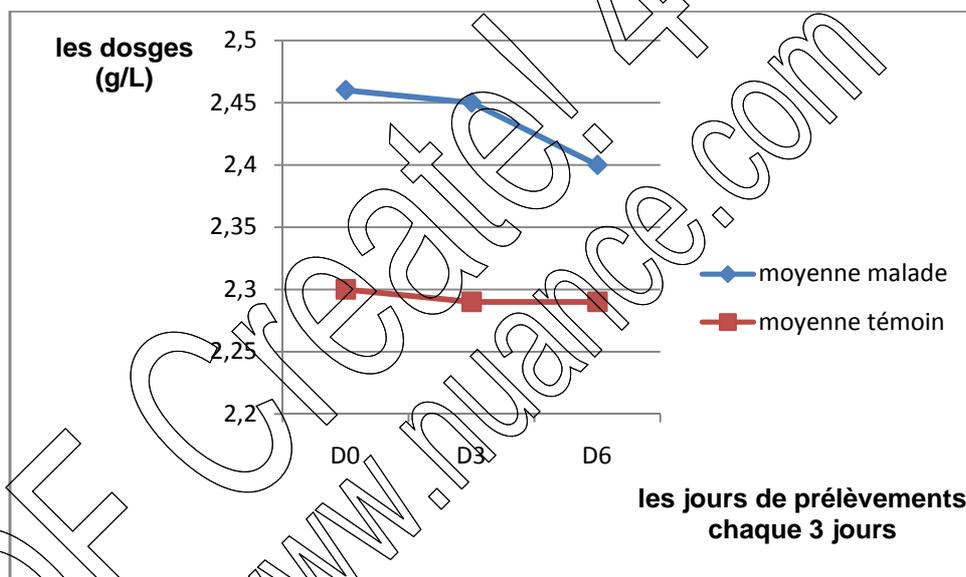
Les résultats montre (tableau16 annexe II) qu'il y a 83,33% du groupe des personnes ont un taux élevé du cholestérol total alors que 16,66% ont un taux au tour de la norme. Ainsi que tous ces personnes ont un taux normal du cholestérol HDL, et ayant un cholestérol LDL supérieur à 1,30 g/L.

Concernant les triglycérides nous avons remarqué que 50% des personnes ayant un taux élevé alors que 50% ont un taux normal. La glycémie à jeun des malades donne des valeurs normales car les malades ne sont pas atteints par d'autres maladies afin d'éviter toutes interactions médicamenteuses c'est-à-dire ces personnes ne sont pas diabétiques.

#### 5.4.1. L'effet de spiruline sur le cholestérol total

La moyenne des taux du cholestérol total chez les deux groupes de chaque prélèvement a été calculée.

Le graphique ci-dessus présente les variations des dosages du cholestérol total chez les deux groupes.



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

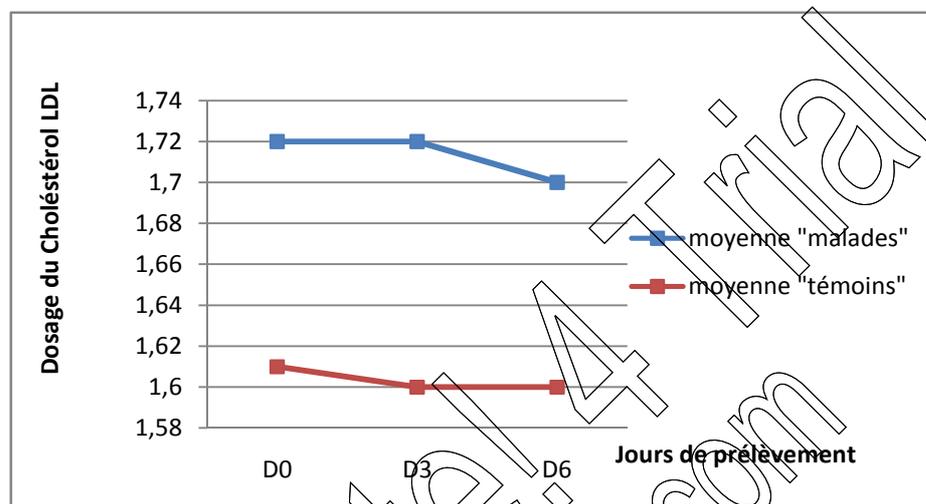
D6 : prélèvement après 6 jours

**Figure.24 : les moyennes des taux du cholestérol en fonction du temps**

A partir de la figure nous avons remarqué qu'il y a une diminution du taux du cholestérol (0,01 g/L) chez les deux groupes de D0 à D3, cette diminution est continue chez le groupe des malades jusqu'à 0,05 g/L et reste constante chez le groupe témoin.

Les résultats peuvent être expliqués par l'action de la spiruline qui a rôle de transféré le cholestérol en coprostanol ce dernier va être éliminé dans les sels sans être absorbé (Doumandji et al., 2012)

#### 5.4.2. Effet de la spiruline sur les taux des LDL



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

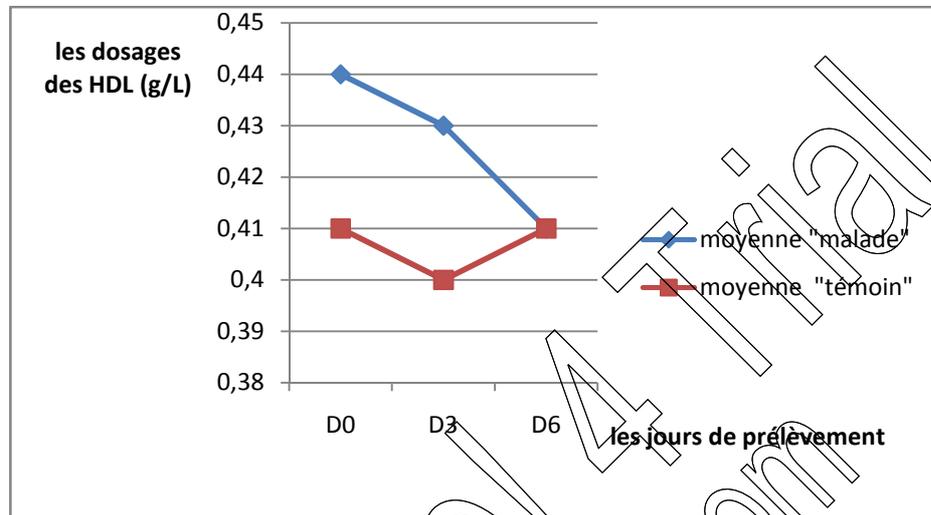
D6 : prélèvement après 6 jours

Figure.25 : les moyennes des dosages des LDL chez les deux groupes

A partir de ce tableau nous avons remarqué qu'il n'y a pas une diminution du taux des LDL chez le groupe des malades mais à partir de D3 à D6 on a remarqué une diminution de 0,02g/l chez le groupe des malades qui prennent la spiruline, et une diminution de 0,01g/l chez les malades de groupe témoin.

### 2.4.3. L'effet de la spiruline sur les HDL

Les résultats ont été traduits sur le graphe ci-dessus



D0 : le premier jour de prélèvement

D3 : prélèvement après 3 jours

D6 : prélèvement après 6 jours

**Figure.26 : Les moyennes des dosages des HDL chez les deux groupes**

D'après ces résultats nous avons remarquées qu'il ya une diminution progressive des HDL chez le groupe des malades par contre il y a une petite diminution chez le groupe témoin pendant les premier jours (D3=0,40), puis on remarque une faible augmentation à (D6=0,41)

#### 2.4.4. L'effet de la spiruline sur les taux des triglycérides

Les variations des dosages des triglycérides sont bien présentées sur le graphe suivant

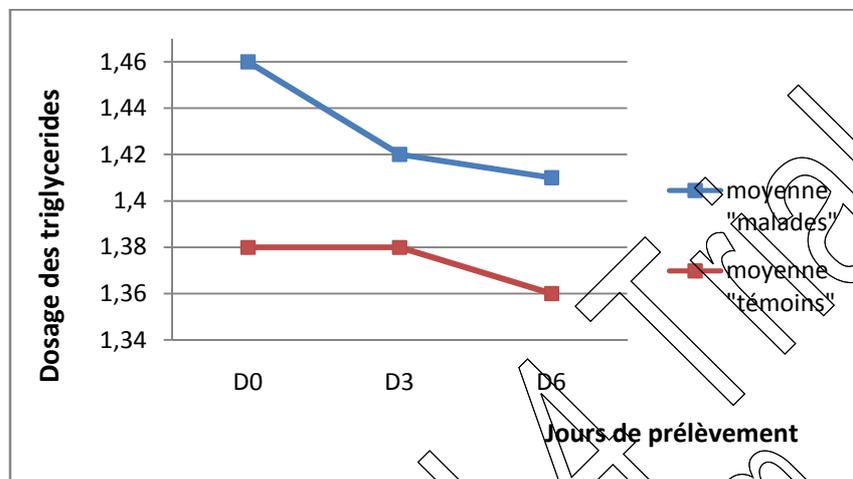
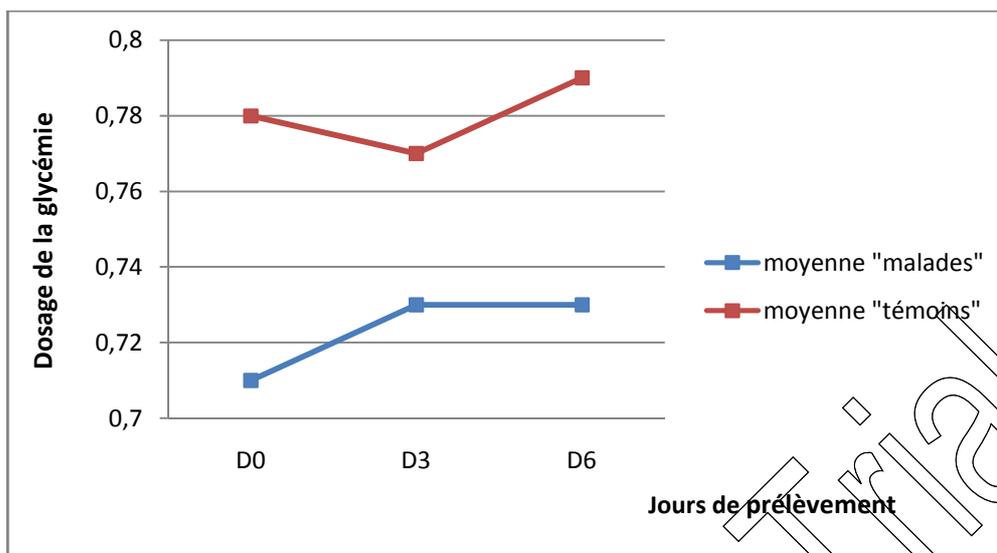


Figure.27 : Les moyennes des dosages des triglycérides chez les deux groupes

A partir des résultats obtenus on a remarqué une diminution du taux des triglycérides de D0 à D3 constaté de 0,04g/l et cette diminution est continue au D6, par contre chez le groupe témoin nous avons remarqué que n'il ya aucune diminution de D0 à D3 mais il ya une diminution du D3 au D6 d'une valeur 0,02g/l.

#### 2.4.5. L'effet de spiruline sur les taux de glycémie

Les résultats des dosages de la glycémie sont traduits dans le graphe suivant



**Figure.28 : Les dosages de la glycémie chez les deux groupes**

A partir de ces résultats nous avons remarqué qu'il n'y a pas un grand changement dans le taux de la glycémie à jeun chez le groupe de malade se qui peut être expliqué par le fait que la spiruline n'a pas d'effet sur la glycémie.

Par contre au groupe témoin nous avons remarqué que le taux de glycémie est élevé mais reste toujours dans l'intervalle de la norme.

A partir des résultats obtenus on a constaté une diminution minime des taux du cholestérol. La poursuite de l'expérience sur une plus grande période et avec un panel plus important pourrait peut être donné des résultats plus importantes permettant une interprétation statistique adéquate.

La dose de spiruline administrée devrait également être augmentée. Nakaya (1988) a réalisé une étude sur 30 hommes volontaires présentant une hypercholestérolémie sévère associée à une HTA de degré modéré. Ils ont reçus 4,5 gr de spiruline par jour pendant 8 semaines sans modifier leur régime alimentaire habituel. Le taux de cholestérol diminua de 4,5%, le taux des LDL baissa de 6,1% sans perte pondérale.

On peut également conclure que l'enrichissement d'un régime hypocholestérolémiant va être accéléré la diminution des taux des lipides sanguins.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

L'hypercholestérolémie est l'un des facteurs de risque des maladies cardiovasculaire le plus important, il est volontiers plus fréquent chez les femmes (60%) que chez les hommes (40%) et associe souvent au diabète et l'obésité.

La spiruline est un excellent produit agroalimentaire très riche en protéines et acides aminés, en vitamines (cobalamine B12, provitamine A, et la vitamine E), et acides gras essentiels omégas 3 et l'oméga 6 ;ce qui fait d'elle un bon traitement pour l'anémie et une bonne prévention contre les maladies cardiovasculaire.

Cette présente étude s'intéresse à l'effet de la spiruline dans un régime hypocholestérolémiant sur des patients présentant un taux élevés de lipides sanguins.

Le régime a été appliqué sur un panel des patients divisés en deux groupes de six personnes d'âge de sexe différents, il s'agit de donner aux patients de deuxième groupe un comprimé de spiruline à 400mg pendant 6 jours.

Les paramètres des lipides sanguins et de la glycémie ont été effectués chaque 3 jours pour les deux groupes sur 6 jours

Les résultats des dosages des lipides sanguins et de la glycémie montrent qu'il ya une diminution de 1% du cholestérol total dans les trois premiers jours et de 6% dans les six jours et de 2% pour les LDL cholestérol et de 1% dans 3 jours et 3% dans 6 jours pour les HDL cholestérol.

Concernant les triglycérides les résultats il y a une diminution de 4% dans un temps de trois jour et 5% dans six jours.

D'après nos résultats on ne note pas de variation de la glycémie chez les mêmes patients.

Ces résultats peuvent être expliqués par un effet hypocholestérolémiant de la spiruline, cependant ils auraient être concluant si l'étude à été réalisé sur une longue période, et sur large population

Les perspectives ils seraient intéressants

## Conclusion générale

---

-D'étudier l'effet hypocholestérolémiant de la spiruline sur une longue période et sur une large population.

-Enrichir les produits alimentaires avec de la spiruline.

-Proposition d'aliment à base de spiruline pour la prévention des maladies cardiovasculaires.

-Etudier l'effet de la spiruline sur les autres métabolismes.

-Explorer ses activités antivirales et inflammatoires.

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**AFAA (Association française pour l'algologie appliquée), 1982**-Actes du premier symposium sur la spiruline *Spirulina Platensis* (Gom.) Geitler de l'AFAA.

**Antenna technologies. 2007** : Malnutrition –Spiruline: quelques bases scientifiques in <http://www.antenna.ch/documents/biologie.pdf>

**Belay.1997**: Mass culture of *Spirulina* outdoors-the Eartise farms experience. In Vonshak, A., ED.*Spirulina platensis* (arthspira). Physiology, cellbiology and biotechnology, Taylor and Francis, London.

**Bellay, A.2002**: The potential application of *Spirulina*(*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *J. Am.Nutraceut.Assoc.*5 (2): 27-48

**Belay, A.2004**: Algae and health: *Spirulina*(*Arthrospira*)as a case in point, presented at biotecnologia algal.Nuevas perspectivas para Latinoamérica, 1er.congreso latinoamericano sobre biotecnologia algal, Buenos Aires-Argentina, October 25-29,69.

**Borel, Maquar, Le peuch, Randoux, Bellon Monboiss 1997**: Biochimie dynamique. Edition Boeck & Larcier (Paris) pp 745.

**BOURGEOIS, C., M., LEVEAU, J., Y., et al, 1980**, Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Volume 3 : Le contrôle microbiologique, Collection Sciences et techniques agro-alimentaires, 331p

**Brenand C , Claisse J, Leurier F, Thibant J, Ulrich E 2006** : Alimentation Santé qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural .Edition Educagri P 156.

**Briend A, 1998**: La malnutrition de l'enfant. Institut Danone,Brouxelles. P163.

**Brochers AT, Belay A, Keen CL, Gershwin ME (2007) *Spirulina* and immunity IN Gershwin et Belay (ed.) *Spirulina in Human Nutrition and Health*: 177-193.**

**Bruckert E et Thomas D, 1997**: Les hypercholestérolémies; Paris ;Ed. John Libbey Eurotext ;pp127

- Campanella L, Crescentini G, Avino P (1999)** *Chemical composition and nutritional evaluation of some natural and commercial food products based on Spirulina*. *Analisis* 27: 533-540.
- Charpy L, José Langlade M et Alliod R 2008** : La spiruline peut- elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? »
- Cifferri , 1983** :Spirulina. The edible microorganism microbial. *Rev* 47: 551-578.
- Clément G.,1975**: Production et constituants caractéristiques des algues *Spirulina platensis* et *S.maxima* *Ann. Nutr. Aliment.* N 29,p477-487.
- Cogne G, Lehmann B, Dussap CG, Gros JB (2003)** *Uptake of macrominerals and trace elements by the cyanobacterium Spirulina platensis under photoautotrophic conditions: Culture medium optimization*. *Biotechnology and Bioengineering* 81: 588-593.
- Cohen Z, Reungjitchachawali M, Siangdung W, Tanticharoen M (1993)** *Production and partial purification of  $\gamma$ -linolenic acid and some pigments from Spirulina platensis*. *Journal of Applied Phycology* 5: 109-115.
- Cohen Z. 1997** : "Spirulina platensis : Physiology, cell-biology and biotechnology". Edition Vonshak, Taylor et Francis Paris.
- Claverie I et Panet M 2008**: *Biochimie* 2<sup>ème</sup> Edition Porphyre (Paris) pp107.
- Cruchot H. 2008**-La spiruline bilan et perspectives (thèses).
- Dean Ornish,1993**:Eat more, weigh less, HarperCollins Publishers, New York.
- Dansinger ML.** : "Comparison of the Atkins, Ornish, Weight Watchers, and Zone diets for weight loss and heart disease risk reduction: a randomized trial." *JAMA*. 2005 Jan 5;293(1):43-53.
- Doumandji A.,Alili D.and Benzaiche A. July(2012)**-the of a dietary supplement *Spirulina* and *Bf.adolescentis* on the cholesterol-lowering in *vitro* and *in vivo*, *journal of Life Sciences*, David Publishing Company,USA,Volume 6,number7 (serial Number 51): 740-746
- Dupin H, 1989** : Manuel d'Alimentation humaine. Tome 1 p 153
- Elyah A. 2003**-Quel avenir pour la spiruline ? Disponible sur : [http://elyah-partenariat.iquebec.com/autres/26\\_biblio\\_spiruline.pdf](http://elyah-partenariat.iquebec.com/autres/26_biblio_spiruline.pdf).

**Falquet J., Hurni J.P. 2006**-Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technologies: 41 p. In : [http : //www.antenna.ch/malnutrition/aspects-nutritionnels.html](http://www.antenna.ch/malnutrition/aspects-nutritionnels.html)

**Fox D. et R. 1999**-Spiruline technique pratique et promesse. Aix en Provence : Edisud ; 1999.

**Guiraud JP,1998** Microbiologie alimentaires, Ed.Dunod Paris ;pp 652

**Hayashi K, Hayashi T, Morita N, Kojima I (1993)** *An extract from Spirulina platensis is a selective inhibitor of herpes simplex virus type 1 penetration into HeLa cells.* Phytotherapy Research 7: 76-80.

**Henrikson R (2009)** *Earth Food Spirulina.* Ronore Enterprises, Inc., Hawaii. 188 p.

**Hennen G, 2001** : Endocrinologie. Edition, Boeck et Larcier 1<sup>er</sup> (ed)

**Jack k, 1981** : Lipides et nutrition humaine ; Ed Québec (Canada) ;pp181

**Jenkins DJ.** : « Effect of nibbling versus gorging on cardiovascular risk factors: serum uric acid and blood lipids. » *Metabolism.* 1995 Apr;44(4):549-55.

**Kiet PQ, Durand-Chastel H (2006)** *Spirulina rich in AIDS-Antiviral Sulfolipids.* In Charpy et al. (ed.) International Symposium on Cyanobacteria for Health, Science and Development: 111-117.

**König C., 2006**-Les algues : première lignée végétale. Disponible sur : [http://www.futura-sciences.com/fr/comprendre/dossiers/doc/t/botanique/d/lesalgues-premiere-lignee-vegetale\\_523/c3/221/p2/](http://www.futura-sciences.com/fr/comprendre/dossiers/doc/t/botanique/d/lesalgues-premiere-lignee-vegetale_523/c3/221/p2/)

**Larpent JP, 1997** : microbiologie alimentaires. Tom (2), Ed. Tec & Doc Lavoisier pp 273

**Lee JB, Srisomporn P, Hayashi K, Tanaka T, Sankawa U, Hayashi T (2001)** *Effects of structural modification of calcium spirulan, a sulfated polysaccharide from Spirulina platensis, on antiviral activity.* Chemical and Pharmaceutical Bulletin 49: 108-110.

**Lobner M, Walsted A, Larsen R, Bendtzen K, Nielsen CH (2008)** *Enhancement of Human Adaptive Immune Responses by Administration of a High-Molecular-Weight Polysaccharide Extract from the Cyanobacterium Arthrospira platensis*. Journal of Medicinal Food 11: 313-322.

**Luc G.,Lecerf J H., Bard J M., Hachulla E.,Fruchart J C.et Devulder B.1991:** Cholestérol et athérosclérose. Edition Masson (Paris,Milan, Barcelone, Bonn).191P.

**Laboratoire NATESIS. 2007**-Les phytonutriments majeurs de la Spiruline. Disponible sur [http://www.natesis.com/boutique/page\\_actus\\_page.fr](http://www.natesis.com/boutique/page_actus_page.fr)

**Moyad MA :** "Fad diets and obesity--Part IV: Low-carbohydrate vs. low-fat diets." Urol Nurs. 2005 Feb;25(1):67-70.

**Merceron M. 2006**-Les bactéries photosynthétiques productrices d'oxygène. Disponible sur : [http://membres.lyco.fr/neb5000/Bacteriologie/Groupes Bactériens/ Bactéries photosynthétiques productrices d'oxygene.html](http://membres.lyco.fr/neb5000/Bacteriologie/Groupes/Bactériens/Bactéries%20photosynthétiques%20productrices%20d'oxygène.html)

**Merk H.et al/ 2007 :** L'encyclopédie Médicale le Manuel Merck. Edition Larousse 1870P.

**M'hamed H.2005 :** Richesse marine de Tipaza : La spiruline, une algue en quête d'une mise en valeur (El Watan).

**Ornish D. :** "Intensive lifestyle changes may affect the progression of prostate cancer." J Urol. 2005 Sep ;174(3):1065-1070.

**Passeron J 1999 :** Guide pratique des facteurs de risques cardiovasculaire Edition Mimi 308P.

**Planes P, Rouanet J-M, Laurent C, Baccou J-C, Besançon P, Caporiccio B (2002)** Magnesium bioavailability from magnesium-fortified spirulina in cultured human intestinal Caco-2 cells. Food Chemistry 77: 213-218.

**Puyfoulhoux G, Rouanet JM, Besançon P, Baroux B, Baccou JC, Caporiccio B. 2001**-Iron availability from iron-fortified spirulina by an in vitro digestion/Caco-2 cell culture model. J Agric Food Chem. 49: 1625-9.

**Quillet M. 1975-** Recherches sur les substances glucidiques élaborées par les Spirulines. Ann. Nutr. Alim. 29: 553-561.

**Qureshi MA, Garlich JD, Kidd MT (1996):** *Dietary Spirulina platensis enhances humoral and cell-mediated immune functions in chickens.* Immunopharmacology and Immunotoxicology 18: 465-476.

**Raisonnier A.2003:** lipids et lipoprotéines.

**Shekharam KM, Venkataraman LV, Salimath PV (1987) :** *Carbohydrate Composition and Characterization of Two Unusual Sugars from the Blue Green Alga Spirulina Platensis.* Phytochemistry 26: 2267-2269.

**Seshadri P :** « Free Fatty acids, insulin resistance, and corrected qt intervals in morbid obesity: effect of weight loss during 6 months with differing dietary interventions. » Endocr Pract. 2005 Jul-Aug ; 11(4) :234-9.

**Wang J, Wang Y, Wang ZX, Li L, Qin J, Lai WQ, Fu Y, Suter PM, Russell RM, Grusak MA, Tang GW, Yin**

**SA (2008)** *Vitamin A equivalence of spirulina  $\beta$ -carotene in Chinese adults as assessed by using a stableisotope*

*reference method.* American Journal of Clinical Nutrition 87: 1730-1737.

**Yancy WS :** « A low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-fat diet to treat obesity and hyperlipidemia: a randomized, controlled trial.» Ann Intern Med. 2004 May 18;140(10):769-77.

**Yamamoto C, Nakamura A, Shimada S, Kaji T, Lee JB, Hayashi T (2003):**

*Differential effects of sodium spirulan on the secretion of fibrinolytic proteins from vascular endothelial cells:*

*Enhancement of*

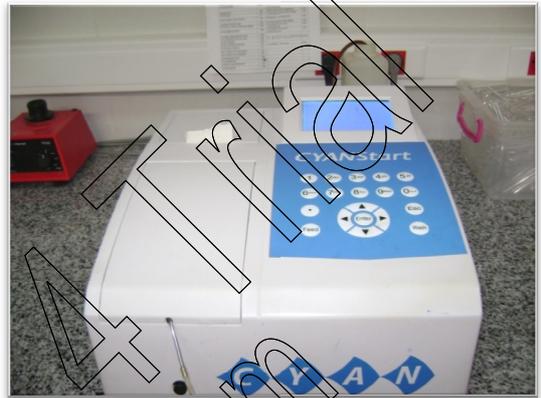
*plasminogen activator activity.* Journal of Health Science 49: 405-409.

## Annexe 01

### Matériels utilisé pour les analyses biochimiques



Centrifugeuse



spectrophotomètre

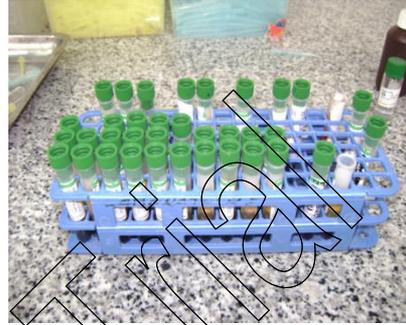


Agitateur

## Annexe 01



Pipettes graduées



Les tubes de prélèvement



Les tubes de cholestérol

Annexe 02

Tableau 11: les nombres des bilans lipidiques reçus par rapport aux autres bilans

bilan lipidique	autres bilans
2532	4206

Tableau 12 : répartition des malades selon le sexe

Sexe	nombre de malade
Femme	1512
Homme	1020

Tableau 13: répartition des malades selon l'âge

AGE	23-33	34-44	45-55	56-65	66-76
nombre de malades	2	10	18	7	3

Tableau 14 : répartition des malades selon le facteur du risque

facteur du risque	HTA	Diabète	Obésité	tabac
nombre de malades	15	13	7	5

Tableau 15: les dosages des paramètres des lipides sanguin et de la glycémie (g/l) de groupe n°1 (le groupe témoin) avant le régime

	Ch T (g/l)	HDL (g/l)	LDL (g/l)	Trigly (g/l)	Gly (g/l)
malade n°1	2,45	0,35	1,83	1,32	0,6
malade n°2	2,39	0,38	1,79	1,10	0,65
malade n°3	2,30	0,46	1,64	0,96	1,05
malade n°4	2,19	0,52	1,40	1,35	0,75
malade n°5	2,20	0,36	1,40	2,00	0,69
malade n°6	2,32	0,40	1,60	1,60	0,86

Tableau.16 : les dosages des lipides sanguins et la glycémie chez le groupe des malades avant le régime et la spiruline

	Ch T (g/L)	HDL (g/L)	LDL (g/L)	Trigly (g/L)	Gly (g/L)
malade n°1	2,24	0,33	1,60	1,53	0,70
malade n°2	2,58	0,49	1,83	1,29	0,60
malade n°3	2,43	0,34	1,84	1,21	0,86
malade n°4	2,50	0,50	1,68	1,66	0,62
malade n°5	2,47	0,66	1,54	1,35	0,73
malade n°6	2,55	0,34	1,87	1,70	0,69

Tableau 17 : Les moyennes des dosages du cholestérol chez les deux groupes

	D0(g/L)	D3(g/L)	D6(g/L)
Moyenne malades	2,46	2,45	2,4
Moyenne témoin	2,3	2,29	2,29

Tableau 18 : les moyennes des dosages des HDL chez les deux groupes

	D0(g/L)	D3(g/L)	D6(g/L)
Moyenne "malade"	0,44	0,43	0,41
Moyenne "témoin"	0,41	0,40	0,41

Tableau 19 : Les dosages des LDL après la consommation de la spiruline chez le groupe de malades

	D0(g/L)	D3(g/L)	D6(g/L)
Moyenne "malade"	1,72	1,72	1,7
Moyenne "témoin"	1,61	1,60	1,6

Tableau 20 : les moyennes des dosages des triglycérides chez les deux groupes

	D0 (g/L)	D3 (g/L)	D6 (g/L)
Moyenne malade	1,46	1,42	1,41
Moyenne témoin	1,38	1,38	1,36

Tableau 21 : les moyennes des dosages de la glycémie chez les deux groupes

	D0 (g/L)	D3 (g/L)	D6 (g/L)
Moyenne malade	0,71	0,73	0,73
Moyenne témoin	0,78	0,77	0,79

# **CHAPITRE 1**

## **Notions sur les lipides sanguins**

**CHAPITRE 2**  
**Le cholestérol**

PDF Credits 4 Trial  
www.nuance.com

# **CHAPITRE 3**

## **La spiruline**

PDF Creator 4 Trial  
www.nuance.com

**PARTIE II**  
**PARTIE EXPERIMENTALE**

PDF Creator 4 Trial  
www.nuano.com

**CHAPITRE 1**  
**MATERIEL ET METHODES**

PDF Create 4 Trial  
www.nuance.com

**CHAPITRE 2**  
**RESULTATS**  
**ET**  
**INTERPRETATION**

# **CONCLUSION GENERALE**

PDF Create! 4 Trial  
www.nuance.com

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

PDF Creator 4 Trial  
www.nuance.com

# ANNEXES

PDF Create 4 Trial  
www.nuance.com

# INTRODUCTION

PDF Creator 4 Trial  
www.nuance.com

# **PARTIE I**

## **ETUDE**

### **BIBLIOGRAPHIQUE**

PDF Create 4 Trial  
www.nuance.com