

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Faculté des sciences agrovétérinaires
Université SAAD DAHLAB de -BLIDA-

Mémoire de fin d'études 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

Thème :
***Caractérisation nutritionnelle
d'une Cyanobactérie
« CHLORELLA »***

-Présenté par :

M^{elle} ELGUECIER SARRA

Devant le Jury composé de:

| | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------|--------------------|
| M ^{me} GUENDOZ A. | Professeur | USDB | Présidente de jury |
| M ^{me} DOUMANDJI A. | Maître de conférences A | USDB | Promotrice |
| M ^{me} ACHEHEB H. | Maître assistante B | USDB | Examinatrice |
| M ^{me} ABDELLAOUI Z. | Maître assistante B | USDB | Examinatrice |

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2011-2012

Remerciements

-Toute ma gratitude, grâce et remerciements au bon Dieu, qui a me donné la force, le courage, la volonté d'élaborer ce travail.

-Au terme de ce Mémoire, nous avons le plaisir de trouver ici l'occasion d'Exprimer notre sincère gratitude à tous ceux qui ont concouru et nous ont aidé par leurs conseils à la réalisation de ce mémoire. Nous tenons, à adresser nos respectueuse reconnaissance et nos chaleureux remerciements à :

- ✓ *Mon promotrice M^{me} DOUMANDJI Amel , maitre de conférence, chargé de cours (USDB) de bien vouloir accepter d'être notre promotrice et nous avoir guidés, pour ses idées convenables, pour sa patience et sa disponibilité.*
- ✓ *A M^R Oukrid Amer responsable de la production (Unité BERBERE) y pour sa patience, sa gentillesse pour ces précieux conseils et multiples orientations, bien voulu sacrifier une partie de leur temps pour enrichir ce document par leur éventuels critiques toute au long de notre stage.*
- ✓ *A M^R Amara Mouloud, Adjoint de responsable de la production (Unité Lactalis) y pour sa gentillesse et pour ces conseils.*
- ✓ *A M^R Bouamra, responsable de laboratoire de L'Institut national spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire de Sidi Abdelkader (Blida) » « INSFP » y pour sa gentillesse et pour ces conseils et pour son aide.*
- ✓ *Al' ensemble des membres du Jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*
 - *M^{me} GUENDOZ A., présidente de Jury, professeur, chef d'appartement (USDB)*
 - *M^{me} ACHEHEB H. Examinatrice, maître assistante B USDB*
 - *M^{me} ABDELLAOUI Z. Examinatrice, maître assistante B USDB*
- ✓ *L'ensemble des enseignants de la faculté de sciences Agronomiques.*

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail avant tout a mes parents qui ont contribué à ma réussite le long de mon existences.

- ✓ *A mes chers frères : Med ; ABOU-BAKR ; ANNES.*
- ✓ *A mes chères sœurs : HOURIA et son marie ; RAFKA et son marie ; CHAHIRA et son marie ; SAMIRA ; AMEL ; HANANE.*
- ✓ *A mes petites sœurs : CHAIMAA et MANEL*
- ✓ *A toute ma grande famille.*
- ✓ *A mon amie SAMIHA et sa famille.*
- ✓ *A mes adorables amies : KARIMA ; AICHA; AMEL ; ASMAA ; SAMIA ; MERIEM.*

- ✓ *Enfin, je dédie tout particulièrement adresser mes chaleureux remerciements a tous ceux qui m'ont aidé de pré ou loin.*

SARRA

Résumé

-Les pathologies les plus graves et les plus fréquentes liées aux carences alimentaires. Ce problème peut être évité par l'utilisation de la Chlorelle basées sur leur composition en nutriments nécessaire notamment pour les enfants et les autres groupes de personnes vulnérables par leur distribution dans les aliments enrichis.

× Notre étude a été réalisée dans ce but ; sous forme des analyses au sein de l'Institut National Spécialisé dans la Formation en Industrie Agroalimentaire de Sidi Abdelkader (Blida) et la fromagerie « le Berbère » et le Laboratoire d'analyse de la qualité « PILAB », dont l'objectif est l'étude d'une cyanobactérie: Chlorella pyrenoidosa en point de vue nutritionnelle par des analyses nutritionnelles et microbiologiques.

Les résultats obtenus ont montrés :

-Une bonne qualité microbiologique de cyanobactérie (la Chlorelle) d'où l'absence des germes d'altération et les germes pathogènes.

-Une richesse nutritionnelle très importante de la Chlorelle ; en présence des fortes teneurs en protéines=**46.12%**; de glucides = **13%**; la présence ainsi des matières grasses avec des teneurs=**14%**; des chlorophylles=**8,75%**; Caroténoïdes=**0,85mg**, un taux de cendre de **7,02%** en plus des teneurs en eau de **7%**.

-Une richesse nutritionnelle de la composition de la Chlorelle.

Mots clés : Cyanobactérie; *Chlorella pyrenoidosa* ; Analyses ; Nutritionnelle.

Abstract

The diseases most serious and most common nutritional deficiencies associated with as a result of poor nutrition and malnutrition. This problem can be avoided by the use of Chlorella based on their nutrient composition necessary especially for children and other vulnerable groups by their distribution in fortified foods. Our study was conducted for this purpose; form of analysis within the National Institute specializes in training in food industry of Sidi Abd-el-Kader (Blida) and the cheese the Berber and the Laboratory of Quality Analysis "PILAB ", whose objective is the study of cyanobacteria: *Chlorella pyrenoidosa* in terms of nutrition by nutritional and microbiological analyzes of dried Chlorella.

The results have shown:

-Good microbiological quality of cyanobacteria (Chlorella) hence the lack of alteration of germs and pathogens.

-A very important nutritional value of Chlorella, in the presence of high levels of protein = 46.12%, carbohydrate = 13%, and the presence of dietary fat levels = 14% = 08.75 g of chlorophylls, carotenoids = 0.85mg

-A wealth of nutritional composition of Chlorella.

Keywords: Cyanobacteria; *Chlorella pyrenoidosa* ; Analysis; Nutritional.

المخلص

أمراض نقص التغذية الأكثر خطورة والأكثر شيوعا مرتبطة نتيجة لسوء التغذية. ويمكن تجنب هذه المشكلة عن طريق استخدام كلوريلا على أساس تكوينها المواد الغذائية الضرورية وخاصة بالنسبة للأطفال وغيرهم من الفئات الضعيفة أجريت

هذه الدراسة لدينا لهذا الغرض؛ على شكل تحاليل على مستوى المعهد الوطني المتخصص في التدريب ، في مجال صناعة المواد الغذائية سيدي عبد القادر (البليدة)، والجبن "البربرية" ومخبر لتحليل نوعية كلوريلا من حيث القيمة الغذائية والميكروبيولوجية هدفها هو دراسة البكتيريا الزرقاء المجففة.

وأظهرت النتائج :

- حسن الجودة الميكروبيولوجية للبكتيريا الزرقاء (كلوريلا) وبالتالي عدم وجود الجراثيم ومسببات الأمراض.

- وجود مستويات عالية من البروتين = 46.12%، الكربوهيدرات = 13%، ووجود مستويات الدهون الغذائية من 46.12% الغذائية = 14% = 08.75 غرام من الكلوروفيل، الكاروتينات = 0.85 شلوريلا.

كلمات البحث: البكتيريا الزرقاء، كلوريلا بيرينوادوزا، التحاليل، التغذية.

Table des matières

| | Page |
|---|-------------|
| Introduction générale | 01 |
| Partie bibliographique | |
| CHAPITRE I : La Chlorelle | |
| I. Notion sur la malnutrition | 5 |
| I.1 Généralités sur les cyanobactéries | 6 |
| I.1.1 Historique | 7 |
| I.1.2 Répartition géographique | 9 |
| I.1.3 Généralités sur la Chlorelle | 9 |
| I.1.3.1 Appellation | 10 |
| I.1.3.2 Taxonomie | 10 |
| I.1.3.3 Le métabolisme de la chlorelle | 11 |
| I.1.3.4 Classification de la chlorelle | 11 |
| CHAPITRE II : La production de la Chlorelle | |
| II.1 La culture de la chlorelle | 14 |
| II.2 Conditions de culture de la chlorelle | 15 |
| II.2.1 La lumière | 15 |
| II.2.2 Température | 16 |
| II.2.3 Sels minéraux | 16 |
| II.2.4 Le pH | 17 |
| II.3 Fabrication et production | 17 |
| CHAPITRE III : La Chlorelle "Super aliment" | |
| III.1 Valeurs nutritives et composition de la chlorelle | 19 |
| III.1.1 Les protéines | 20 |
| III.1.2 Les polysaccharides | 21 |
| III.1.3 Les acides gras essentiels | 21 |
| III.1.4 Les minéraux (oligo-éléments) | 21 |
| III.1.5 Les vitamines | 22 |
| III.1.6 Les chlorophylles | 24 |
| III.1.7 Les fibres | 25 |
| III.1.8 L'ADN et ARN | 25 |
| III.2 Valeurs caloriques moyennes de la Chlorella | 25 |

| | |
|---|----|
| III.3 Bienfaits de la chlorella | 26 |
| III.4 Les effets désagréables de la Chlorella | 30 |

CHAPITRE IV : "L'utilisation de la chlorelle"

| | |
|--|----|
| IV.1 Consommation de la chlorelle | 34 |
| IV.2 Dosages | 35 |
| IV.3 Assimilation | 36 |
| IV.4 Commercialisation de la chlorelle | 36 |
| IV.5 Conservation de la chlorelle | 37 |

Partie expérimentale

Chapitre I: Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| I.2 Matériel | 40 |
| I.2.1 Matériel biologique | 40 |
| I.2.2 Matériel chimique | 40 |
| I.3 Méthodes d'analyses | 40 |
| I.3.1 Méthodes d'analyses microbiologiques | 40 |
| I.3.1.1 Prélèvements et échantillonnage | 41 |
| I.3.1.2 Méthodes d'analyses microbiologiques de la chlorelle | 44 |
| I.3.1.2.1 Recherche et dénombrement des germes totaux à 30 °C | 44 |
| I.3.1.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux | 44 |
| I.3.1.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux | 44 |
| I.3.1.2.4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfite –réducteur | 44 |
| I.3.1.2.5 Recherche et dénombrements des staphylocoques | 45 |
| I.3.1.2.6 Recherche et dénombrement des levures et moisissures | 45 |
| I.3.2 Méthodes d'analyses nutritionnelles | 45 |
| I.3.2.1 Prélèvements et échantillonnage | 45 |
| I.3.2.2 Méthodes d'analyses nutritionnelles de la chlorelle | 46 |
| I.3.2.2.1 Détermination de la teneur en humidité | 46 |
| I.3.2.2.2 Détermination du taux des cendres totales | 46 |
| I.3.2.2.3 Méthode de dosage de l'azote | 47 |
| I.3.2.2.4 Teneur en glucides | 48 |
| I.3.2.2.5 Détermination de la teneur en matière grasse | 49 |
| I.3.2.2.6 Teneur en chlorophylles et en caroténoïdes | 49 |

Liste des Tableaux

| N° | Titre | Page |
|------------|--|-------------|
| Tableau 01 | La classification de la chlorelle | 12 |
| Tableau 02 | Les différents éléments nutritifs contenant dans la chlorelle | 19 |
| Tableau 03 | Les bienfaits de la chlorella | 26 |
| Tableau 04 | Les métaux lourds et les pesticides présents dans la chlorelle | 32 |
| Tableau 05 | Résultats des germes aérobies mésophiles totaux | 51 |
| Tableau 06 | Résultats des coliformes totaux et fécaux | 52 |
| Tableau 07 | Résultats des <i>Streptocoques fécaux</i> | 53 |
| Tableau 08 | Résultats des anaérobies sulfito-réducteurs (Clostridium) | 54 |
| Tableau 09 | Résultats des <i>Staphylococcus aureus</i> | 54 |
| Tableau 10 | Résultats des Levures | 55 |
| Tableau 11 | Résultats des moisissures | 56 |
| Tableau 12 | Résultats des analyses de teneur en eaux | 58 |
| Tableau 13 | Résultats des analyses de taux des cendres | 60 |
| Tableau 14 | Résultats des analyses de taux de protéines | 61 |
| Tableau 15 | Résultats des analyses de taux de glucides | 61 |
| Tableau 16 | Résultats des analyses de taux de matière grasse | 62 |
| Tableau 17 | Résultats des analyses de taux des pigments | 63 |

Liste des Figures

| Figure N° | Titre | Page N° |
|----------------------|--|--------------------|
| Figure 01 | La chlorella en vue microscopique | 09 |
| Figure 02 | Cycle de division cellulaire | 09 |
| Figure 03 | Schéma légendé de la cellule de la Chlorelle | 11 |
| Figure 04 | Chlorelle sous forme de comprimés | 43 |
| Figure 05 | Résultats des analyses nutritionnelles de la Chlorelle | 66 |

Listes des Abréviations

%: Pour cent

AFSSA : agence française de sécurité sanitaire des aliments

C.G.F: Chlorella Growth Factor

C. : Chlorelle

Kg: Kilogramme

°C: Degrés celsius

Co₂: Oxyde de Carbone

Mg : Milligramme

m³ : Mettre cube

L: Litre

HPS : vapeur de sodium haute pression

Etc. : Ex étira

pH : potentiel d'Hydrogène

G: Gramme

Mg: magnesium

Fe: fer

K: Potassium

Zn: Zinc

Ca: Calcium

I: I ode

Se: Selenium

KJ: Kilo-Joul

Kcal: Kilo-calorie.

ADN : acides disoxy-nucléiques

ARN : Acide-ribo-neucleique

Kg: Kilogramme

AJR : Apports journaliers recommandés

LDL : mauvais" cholestérol

HDL: bon" cholesterol

PCB: Poly Chloro Diphényles

USA: United Stations America

N: Nord

E: East

INSFP : Institut national spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire

IAA : L'Institut national spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire

TSE : Treptone -Sel- Eau

DM : Dilution Mère

NF : Norme française

VBL : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet

NNP : Nombre le plus probable

O.G.A : Gélose Oxytétra-cycline-glucose

S.F.B : Sélénite acide de sodium et cystine

ISO : *International Standard Organisation*
(Organisation internationale de la normalisation)

NH₄: Ammoniac

K₂SO₄: Sulfate de potassium

Cu SO₄ : Sulfate de cuivre

H₂SO₄ : L'acide sulfurique

N: Normal

ML : millilitre

UV: Ultra-violets

Nm : Nanomètre

GAMT : Germes des Aérobie Mésophiles Totaux

CT : Coliformes Totaux

CF : Coliformes Fécaux

Abs : Absence

Afnor : Association Française de Normalisation

ASR : Spores des Anaérobies Sulfito-réducteurs

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le nombre absolu d'enfants malnutris a augmenté de manière générale dans le monde (**Anonyme, 2001**).

Les trois quarts des enfants qui meurent de causes liées à la malnutrition sont atteints de formes modérées ou légères, qui ne s'accompagnent d'aucun signe extérieur (**Reda, 1998**).

Des différents chercheurs et études ont choisis d'utiliser la chlorelle pour combattre ce fléau et améliorer le traitement de la malnutrition grave et comme source alimentaire privilégiée contre la malnutrition, afin de corriger le déséquilibre de micronutriments qui accompagne toute la malnutrition sévère et pour réduire le risque de défaillance cardiaque chez les enfants gravement malnutris, combine parfaitement les trois éléments fondamentaux d'une nutrition équilibrée: aliments, santé et soins et son rôle dans la prévention de l'infection comme un moyen susceptible de réduire la transmission des plusieurs maladies. (**Anonyme, 2001**)

De nombreuses recherches furent alors entreprises par des institutions aux États-Unis. La haute teneur de la Chlorelle en protéines la rendait potentiellement très intéressante. Elle contient en outre de nombreuses vitamines et acides gras essentiels. Tous ces espoirs furent finalement déçus, la chlorelle s'avérant très onéreuse à produire. La révolution verte ayant été la solution aux problèmes de production alimentaire (**Saarbrücken, 2011**).

En plus de la découverte de cette algue microscopique considérée comme moyen de lutter contre la malnutrition en raison de sa richesse en différents éléments nutritifs essentiels : protéines (acides aminés essentiels ou non), vitamines (A, B, C et E), acides gras essentiels non saturés, minéraux (fer, calcium, magnésium, zinc, potassium, soufre, manganèse : appelée « **La Chlorelle** » ; c'est aussi l'un des végétaux les plus riches en chlorophylle et en vitamine B12.

La chlorelle a été déclarée officiellement 'nutriment d'intérêt national' et 'un aliment fonctionnel bénéfique pour la santé' (**Terziev et al., 1983 ; Takechi et al., 1990**) et comme une solution de la faim dans le monde destiné à combattre la malnutrition. (**Anonyme II, 2012**)

Notre étude concerne la caractérisation nutritionnelle de Chlorelle pyrenoidosa.

La méthodologie adoptée pour réaliser cette étude est la suivante :

- ↪ La première consiste à une étude bibliographique portant sur la chlorelle.
- ↪ La deuxième partie décrit l'ensemble des moyens expérimentaux mis en œuvre lors de ce travail concernant l'algue étudiée.
- ↪ Finalement, une conclusion générale est développée pour souligner l'objectif de notre travail qui consiste à montrer l'importance de cette algue sur le plan nutritionnelles et de connaître leurs intérêts et efficacité dans la lutte contre la malnutrition tout en tenant compte du fait qu'elle ne sont pas encore reconnus dans nos habitudes alimentaire.

Cette étude a été réalisée sous forme des analyses sur une cyanobactérie a valeur nutritionnelle importante, au niveau du la fromagerie d'Alger « Le Berbère» et de L'Institut National Spécialisé dans la Formation en Industrie Agroalimentaire de Sidi Abdelkader du (Blida) « INSFP IAA » ainsi que au niveau de laboratoire d'analyse de la qualité « PILAB »de (BLIDA).

Les principaux objectifs recherchés sont :

- Détermination de la potentialité nutritionnelle de la chlorelle (Eau, protéines, lipides, cendres, glucides).
- Le dosage des pigments majeurs (chlorophylle-a, b, c et caroténoïdes).
- L'analyse micro-bactériologique de la chlorelle.
- Vérification du niveau de la conformité par comparaison des résultats d'analyses avec les normes.
- Détermination de la richesse nutritionnelle de la chlorelle.
- Appréciation de l'importance nutritionnelle de l'algue.

Chapitre I: La Chlorelle

I. Notion sur la malnutrition

La malnutrition est la conséquence d'un apport insuffisant en calories et en protéines, mais aussi de carences en vitamines et en minéraux, principalement le fer. Ces carences peuvent avoir des suites irréversibles sur le développement de ces enfants, qui à l'âge adulte auront une santé fragile, voir porteurs de handicaps physiques et/ou mentaux (**Anonyme, 2001**)

La malnutrition ne dépend pas simplement de la satisfaction de l'appétit: un enfant qui mange assez pour calmer sa faim immédiate peut néanmoins être malnutri. La malnutrition est par ailleurs une urgence largement invisible. Les trois quarts des enfants qui meurent de causes liées à la malnutrition sont atteints de formes modérées ou légères, qui ne s'accompagnent d'aucun signe extérieur.

La malnutrition joue un rôle dans la moitié au moins des décès d'enfants dans le monde, ce qui est plus que n'importe quelle maladie infectieuse – et pourtant elle n'est pas une infection. Elle laisse, chez des millions de survivants, le nombre absolu d'enfants malnutris a augmenté de manière générale dans le monde. En Asie du Sud, un enfant sur deux souffre de malnutrition; un sur trois, en Afrique.

- 36 000 enfants de moins de 5 ans meurent chaque jour de malnutrition et de maladies infectieuses parasitaires;
- 230 millions d'enfants de moins de 5 ans souffrent de malnutrition grave et modérée

La malnutrition peut se présenter sous différentes formes (émaciation, retard de croissance, carence en iode, carence en fer et en vitamine A) qui agissent en symbiose, comme la malnutrition protéino-énergétique et les troubles dus à des carences en micronutriments, ainsi appelés parce que ces éléments (iode, fer, vitamine A par exemple) sont nécessaires à l'organisme, mais en quantités infimes seulement. Fondamentalement, la malnutrition est une conséquence de la maladie et d'un apport alimentaire inadéquat, mais beaucoup d'autres éléments entrent aussi en jeu.

Sur près de 12 millions de décès qui surviennent chaque année dans le monde en développement parmi les enfants de moins de cinq ans, principalement de causes évitables, 55% peuvent être attribués directement ou indirectement à la malnutrition. L'anémie intervient dans 20 à 23% de tous les décès post-partum en Afrique et en Asie (**Anonyme II, 2012**)

Des différents chercheurs et études ont choisis d'utiliser la chlorelle pour combattre ce fléau et améliorer le traitement de la malnutrition grave et comme source alimentaire privilégiée contre la malnutrition, afin de corriger le déséquilibre de micronutriments qui accompagne toute la malnutrition sévère et pour réduire le risque de défaillance cardiaque chez les enfants gravement malnutris, combine parfaitement les trois éléments fondamentaux d'une nutrition équilibrée: aliments, santé et soins et son rôle dans la prévention de l'infection comme un moyen susceptible de réduire la transmission des plusieurs maladies.

Mais les gouvernements peuvent aussi choisir d'appliquer tous les moyens connus pour réduire la malnutrition. Ils peuvent se mobiliser pour des actions de masse réalisables par les communautés elles-mêmes avec les meilleures chances de réussite. Ils peuvent encourager la recherche et la mise en œuvre d'actions nouvelles toujours plus adaptées.

Pour le bien-être des enfants, pour leur protection, pour le progrès de l'humanité, le choix est clair.

Des technologies a alors décidé de mettre en place des cultures de chlorelle dans les régions touchées par le manque de nourriture et a réalisé un projet pilote qui permet de subvenir aux besoins d'un millier d'enfants. Ce projet sert également de centre de formation aux femmes pour l'apprentissage des bases de la nutrition et l'amélioration de l'alimentation des enfants.

(Anonyme, 2001)

La chlorelle est aujourd'hui considérée comme un "super aliment" capable de limiter les carences nutritionnelles ponctuelles et de lutter contre la malnutrition dans le monde **(Anonyme II, 2012)**

Comme source en protéines, en fer, en acides aminés essentiels et en antioxydants, la chlorelle est le complément alimentaire idéal: 1 gramme de chlorelle par jour suffisent pour assurer le traitement d'un enfant souffrant de malnutrition et permet de rééquilibrer l'organisme d'un enfant et également d'assurer le retour d'une croissance harmonieuse **(Anonyme, 2001)**

I.1 Généralités sur les Cyanobactéries

Le terme « cyanobactéries », le plus usité actuellement, désigne les micro-organismes procaryotes a pigmentation généralement de couleur bleu-vert (bleu-green des Anglo-saxons) **(Frémy et Lassus, 2001)**.

Ces micro-organismes présentent à la fois des propriétés communs aux algues et/ou aux bactéries. Comme les algues, les cyanobactéries possèdent de la chlorophylle a, et non de la bactériochlorophylle, ainsi que deux photosystèmes, elles utilisent l'eau comme donneur d'électrons et font une photosynthèse productrice d'oxygène.

-Les caractéristiques communes des cyanobactéries et des bactéries sont l'absence des membranes nucléaire et plastidiale et mitochondries, de réticulum endoplasmique et de dictyosome, et la présence d'une paroi cellulaire caractéristique des bactéries Gram- avec de la muréine **(Fay et Van, 1987)**.

- Ces diverses propriétés donnent ainsi lieu à une confusion apparente de la terminologie .En effet, ces organismes sont désignés par de nombreux noms suivant la spécialité des chercheurs qui les étudient :

-Algues bleues ou Cyanophytes ou Cyanophycées. Pour les botanistes.

-Cyanobactéries .Pour les microbiologistes (Organismes sans reproduction sexuées « Cyanobactérie »)

-D'un point de vue systématique, ce sont des procaryotes placés dans le règne des Eubactéria

-Règne : Végétal.

-Division (embranchement ou phylum) : Cyanophyta /Cyanophytes

-Classe : Cyanophyceae/Cyanophycées (**Van et al., 1995**)

-L'organisation des thalles de Cyanobactéries est caractérisée par une grande variété : les formes les plus simples sont unicellulaires, sphériques, ellipsoïdales, cylindriques, ovoïdes ou piriformes .nues ou entourées d'une gaine mucilagineuse homogène ou stratifiée (unicellaire, colonial)

La division cellulaire, chez les cyanobactéries, s'effectue par voie amitotique ou fission binaire et/ou formation d'exospores qui a partir d'une cellule maternelle, en fondre deux cellules filles, qui assure la multiplication « végétatives ou asexuée ».

Dans les conditions optimales, sa durée varie entre trente minutes et une heure.

-Les cyanobactéries ont une forte capacité d'adaptation, leur composition pigmentaire (entre autres, les phycolipoteines) leur permet d'utiliser une large partie du spectre solaire et de croître à de faibles intensités lumineuses. La motilité (certaines espèces glissent ou se déplacent dans le milieu par un mouvement hélicoïdal) et/ou la présence de vésicules gazeuses chez différents genres ou espèces leur confèrent la capacité de se déplacer dans la colonne d'eau en fonction de l'éclairement et de la concentration en éléments nutritifs. L'utilisation de l'azote moléculaire dissous dans l'eau, par les formes hétérocystées, est également un avantage compétitif.

-Selon les conditions physiques et chimiques du plan d'eau; on peut observer soit la formation d'une mousse bleue verdâtre laiteuse à la surface de l'eau, soit une coloration uniforme (bleu vert, jaune, rouge, verte...) de la colonne d'eau, ces deux phénomènes sont la correspondance à une multiplication exceptionnelle appelée « bloom », « fleur d'eau » ou encore efflorescence algale.

Enfin, les efflorescences à cyanobactéries peuvent aussi produire des toxines (dermatotoxiques, hépatotoxiques et neurotoxiques) et poser ainsi des réels problèmes sanitaires (**Chorus et Bartam, 1999**)

I.1.1 Historique

La chlorella, un des plus anciens organismes vivants, qui est découverte au 19^{ème} siècle (**Anonyme, 2011**) en 1890 par un microbiologiste hollandais Martinus Willem Beijerinck (1851-1971) grâce au développement du microscope (**Singh et al., 1995; Pigani, 2011; Anonyme I, 2012**).

Lorsque les scientifiques ont réalisés le potentiel alimentaire de la chlorella, qui contient 20 vitamines et 19 acides aminés, ils ont cru trouver la solution de la faim dans le monde. Elle se distingue des autres végétaux par une exceptionnelle concentration en chlorophylle.

L'intérêt pour la chlorelle comme aliment a commencé à la fin des années quarante, époque à laquelle on craignait que la surpopulation ne mène à une crise alimentaire mondiale (**Beijerinck, 2012**). À la fin des années 1940, époque où l'on croyait que la surpopulation allait mener notre planète à la famine, des laboratoires américains lancent des recherches sur cette algue. Mais son coût de production réduit les espoirs à néant. (**Pigani, 2011**)

Après la guerre; le Japon était brisé et ruiné. Il manquait d'argent et de nourriture.

À la suite de l'étude de plus de 100 plantes en 1955, le Japon choisit d'utiliser la chlorelle comme une source potentielle de protéine pour nourrir sa population et se mirent à en consommer en l'intégrant dans des boissons et aliments tout d'abord destinés aux écoles et aux militaires.

Actuellement la chlorelle est utilisée par des millions de japonais et a été déclarée nutriment d'intérêt national par le gouvernement japonais (**Anonyme, 2007**)

-Au Japon, la chlorelle est le complément alimentaire naturel préféré, plus de 8 millions de personnes l'utilisent.

Les Japonais demeurent les principaux consommateurs de chlorella (plus de 1500 tonnes par ans). De nombreuses recherches furent alors entreprises par des institutions aux États-Unis. Plus tard, pendant les deux guerres mondiales. (**Anonyme III, 2012**)

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, les pays industrialisés et l'Institut américain, la Rockefeller Foundation entreprennent des recherches sur la multiplication et la production d'un aliment hautement nutritif destiné à combattre la malnutrition. Les Allemands tentent d'utiliser comme substitut alimentaire. Mais sa membrane cellulaire est justement trop solide, ce qui la rend indigeste (**Pigani, 2011**)

Dans les années 70 le Japon découvre un procédé qui permet d'éclater la membrane cellulaire de l'algue, ceci à pour effet de rendre la chlorelle digeste à 80 % puis la chlorelle a été déclarée officiellement nutriment d'intérêt national (**Philippe, 2009 ; Anonyme III, 2012**)

Au Japon où depuis près de quarante ans elle est classée comme un aliment fonctionnel bénéfique pour la santé, c'est d'abord grâce à sa richesse. (**Terziev et al ., 1983 ; Takechi et al., 1990**) des millions d'adeptes vantent ses effets bénéfiques sur la santé. Moins connue en Europe, elle vient d'être labellisée "alimentaire" par les autorités sanitaires vendue.

En France la Chlorella est reconnue alimentaire par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) depuis 2004. Elle peut être présentée en tant que complément alimentaire.

Aujourd'hui, la chlorelle est utilisée en tant que un complément alimentaire sous forme de comprimés ou de gélules, elle fait de plus en plus parler d'elle.

I.1.2 Répartition géographique

La chlorelle pousse partout dans les retenues d'eau douce, elle a été cultivée d'abord à TAIWAN ensuite en Indonésie et en Corée et même au Portugal mais la meilleure production vient des cultures Taiwanaïses, à Taiwan et sur L'île Hainan au large de la Chine. On rencontre également aux Etats Unis, en Allemagne, au Danemark, en Belgique, Espagne et en Autriche et en plus en France.

I.1.3 Généralités sur la Chlorelle

La chlorelle, ou chlorella, Elle est la plus petite et la plus simple plante connue. C'est une micro algue dulcicole d'eau douce issue d'une aquaculture Biologique, de structure microscopique, unicellulaire de type eucaryote (Du grec eu: bon et karyon : noyau) volumineuse structure centrale, de forme caractéristique, appelée noyau, divisée en de nombreux compartiments par des cloisons membranaires. Elle se forme principalement à la surface de l'eau des lacs, des marais et des mares (**Saarbrücken, 2011**). Cette algue sphérique mesure dont les dimensions sont à peu près celles d'un lymphocyte (globule blanc), (entre 2 et 8 microns) et possède un noyau bien spécifique et une membrane cellulosique si épaisse que les virus ne peuvent pas l'attaquer.

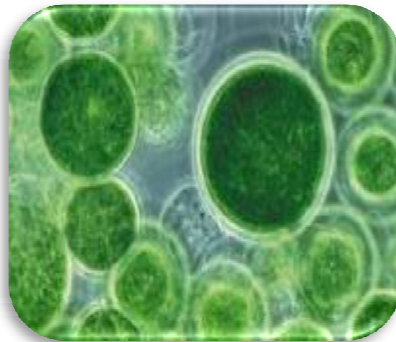


Figure 01 : La chlorella en vue microscopique.

La chlorella se reproduit très rapidement par division cellulaire est très rapide toutes les 24 heures, chaque cellule mère se divise en quatre cellules filles. D'après **Frank Liebke** ce rythme de division extrêmement rapide est géré par le C.G.F, obtenu par extraction la multiplication et la régénération cellulaire. C'est un concentré de substances actives.

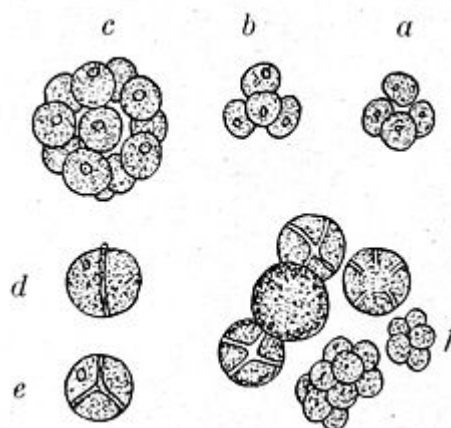


Figure 02: Cycle de division cellulaire.

I.1.3.1 Appellation

La CHLORELLA encore appelée *CHLORELLE* provient du grec "chlor" = de couleur jaune-vert = et du latin "ella"- petit.

En fait, on appelle "algues" des organismes riches en chlorophylle qui se développent dans l'eau.

La chlorelle doit son nom à la prodigieuse quantité de chlorophylle qu'elle contient (2 à 4 %). Elle est également surnommée : "Joyau vert" ou "Magicien vert". Chlorella signifie littéralement : "le plus vert des aliments verts".

La Chlorella porte le nom "reines des aliments alcalinisant" dont le rôle essentiel consiste à nettoyer et à revitaliser tout l'organisme, pour un poil sain et luisant, une bonne haleine et des yeux brillants.

I.1.3.2 Taxonomie

Ce sont en l'occurrence des algues vertes cocciques qui présentent de petites cellules vertes sphériques, raison pour laquelle les chlorelles sont souvent qualifiées également de "boules vertes". Or les algues les plus diverses dans différents groupes ont cet aspect, ce que l'on désigne par morphologie convergente (comparable à la morphologie convergente de beaucoup d'euphorbiacées succulentes et de cactées).

En résumé, le classement et la différenciation de la Chlorella sont difficiles et restent une affaire de spécialistes. Il s'agit d'espèces dont la plupart des caractéristiques sont très similaires et peuvent de surcroît varier fortement (au plan morphologique et physiologique). Bien entendu, ceci complique la détermination et la classification, avec pour conséquence des classements erronés et des doublons. Plus de 100 espèces de Chlorella ont été décrites, dont la plupart ont dû être revues.

Pour distinguer les différentes espèces les unes des autres, différentes caractéristiques ont été étudiées: par exemple l'ultra structure de la paroi cellulaire, l'ultra structure des pyrénoides, la composition chimique de la paroi cellulaire, les réactions sérologiques croisées, la physiologie, la biochimie, la morphologie et la biologie moléculaire. En 1992, entre autres, divers dépôts de cultures d'algues dénommés "*C. pyrenoidosa*" ont été examinés, montrant que les cultures dénommées *C. pyrenoidosa* devaient être classées dans des espèces très différentes. Ainsi, par exemple, on a pu identifier des souches de *C. vulgaris* qui avaient été déposées sous le nom de "*C.pyrenoidosa*" (**Kessler et Huss, 1992**).

Autrement dit: d'après les découvertes les plus récentes, l'espèce "*Chlorella pyrenoidosa*" n'existe pas, il s'agit plutôt d'un terme obsolète qui regroupait des espèces et des souches appartenant à des groupes d'algues différents.

À l'heure actuelle, trois espèces constituent le groupe Chlorella: *C. vulgaris*, *C.lobophora* et *C. sorokiniana* (**Krienitz et al., 2004**).

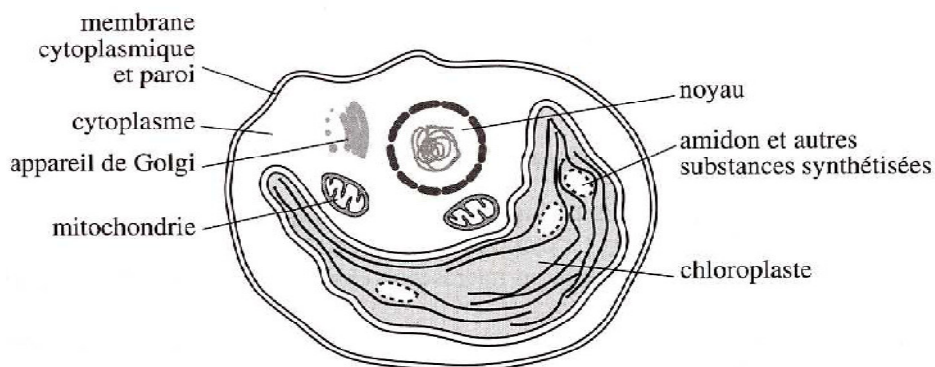
Dès 1999, seules ces trois espèces et *C. kesselian* étaient encore incluses dans le genre Chlorella (**Huss et al., 1999**).

Chlorella vulgaris BEIJERINCK est l'espèce qui donne le nom au genre et elle est déposée comme espèce dite "type" auprès de collections officielles. Elle a été isolée et décrite pour la première fois en 1889 à Delft (Pays-Bas) par le **Professeur Beijerinck**.

Le Cycle de division cellulaire de la chlorelle est mentionné dans la figure ci-dessous (**Nakano et al., 2005**)

I.1.3.3 Schéma de la chlorelle

La cellule est le siège de nombreuses réactions métaboliques. Un schéma fonctionnel résumant les données.



- Schéma légendé de la cellule de Chlorelle

Figure 03 : Schéma légendé de la cellule de la Chlorelle (**Anonyme, 2010**)

I.1.3.4 Classification de la chlorelle

Selon le classement des taxons, "*Chlorella pyrenoidosa*" CHICK et *Chlorella vulgaris* BEIJERINCK sont des chlorophytes, dites algues vertes.

Les organismes appelés chlorellacées appartiennent aux chlorophytes (algues vertes) au groupe des trébouxiophycées. Les chlorellacées quant à elles se divisent en deux groupes apparentés, le groupe des parachlorelles et le groupe des chlorelles, dont fait partie *Chlorella vulgaris* (**Krienitz et al., 2004**).

Le tableau 01 présente la classification de la chlorelle.

Il existe une trentaine d'espèces de *Chlorella* selon la classification botanique. La *Chlorella vulgaris* fait partie des espèces pures. La *Chlorella pyrenoidosa* est un mélange d'espèces avec en majorité de la *Chlorella vulgaris* dont la classification de la chlorelle est mentionnée dans le tableau suivant

Tableau 01 : La classification de la chlorelle

| | |
|----------|---|
| Règne | <u><i>Plantae/ Végétal</i></u> |
| Division | <u><i>Chlorophyta</i></u> |
| Classe | <u><i>Trebouxiophyceae</i></u> |
| Ordre | <u><i>Chlorellales</i></u> |
| Famille | <u><i>Chlorellaceae</i></u> |
| Genre | <i>Chlorella</i> |
| Espèce | <ul style="list-style-type: none">• <u><i>Chlorella pyrenoidosa</i></u> |

(Beijerinck, 2012).

Chapitre II:

La production de la chlорelle

II.1 La culture de la chlorelle

La culture de la chlorella se fait en 5 étapes

1/ De petites quantités de cellules de chlorella sont mises dans des bouteilles contenant une solution nutritive, dans des conditions bien définies est cultivée dans des eaux riches en substances nutritives près de l'Equateur ; l'algue de chlorelle ne peut être fertilisée que par des engrais certifiés Naturland. En plus elle prescrit l'utilisation d'eau potable ou de puits (**Saarbrücken, 2011**)

2/ Après la première division des cellules, celles-ci sont mises à l'extérieur dans des bassins de culture riches en éléments nutritifs, et cela, pendant 7 à 10 jours.

3/ Suivent différents transvasements à chaque fois dans des réservoirs plus grands. Le meilleur climat permet à l'algue de bien se développer. Les algues sont récoltées à l'aide d'une filtration soigneuse puis immédiatement séchées. Le séchage soigneux permet de parfaitement conserver des ingrédients précieux.

La Chlorella Echlorial peut être cultivé, sous serre, dans des tubes en verre dans 500 km de tubes de verre dans lesquels elles circulent dans une eau douce à l'abri des poussières de l'air, des déchets d'insectes, d'oiseaux ...dans des conditions uniques et brevetées qui garantissent sa pureté. Cette culture en milieu fermé permet un contrôle permanent de la qualité de la production (**Anonyme, 2011**).

4/ Un contrôle intensif de la qualité finale est effectué avant de parvenir au stade de la fabrication des différents produits à base de chlorella (comprimés, extraits, boissons, aliments- par exemple les nouilles)

5/ et finalement des traitements minutieux pour la transformer en poudre ou mises en comprimés par des entreprises pharmaceutiques certifiées. Les comprimés de la Chlorella sont composés de 100 % de poudre pure des micro-algues chlorelle et produits sans aucun additif. Le poids d'un comprimé généralement de 500 mg (**Saarbrücken, 2011**). Seul un tel procédé de fabrication peut garantir l'hygiène ainsi qu'une production complètement naturelle d'algues vertes chlorella, et de ses produits dérivés. La production a lieu conformément à des directives très strictes, qui interdisent l'emploi de pesticides et d'engrais chimiques. La transformation de la poudre de chlorella en comprimés est réalisée, sans aucun additif, par des spécialistes.

Un comprimé de chlorella ne contient donc rien d'autre que de la chlorella pyrenoidosa dans sa forme la plus pure. Son mode de culture lui confère une richesse particulière en vitamine B12.

Il faut savoir que les Chlorelles cultivées en bassins extérieurs sont fortement chargées de microorganismes étrangers et doivent faire l'objet d'un traitement pour en réduire le nombre. Il peut s'agir d'un traitement par la chaleur mais celui-ci n'est pas utilisé car il réduit directement bon nombre de propriétés de l'algue. Des traitements physiques lui sont préférés tels que l'usage de filtres mécaniques et de traitements sous hautes pressions. Ces traitements physiques sont efficaces pour

purifier le milieu mais, se faisant, ils maltraitent grandement les cellules de Chlorelle. En effet, ils provoquent l'éclatement des membranes. Les cellules éclatées libèrent ainsi leur contenu dans le milieu extérieur. Leurs précieux composants, sortis de leur abri cellulaire, sont alors exposés aux dégradations. Il en est ainsi par exemple pour les antioxydants et les acides gras insaturés (les omégas) qui sont sensibles à l'oxygène de l'air.

A l'inverse les Chlorelles cultivées dans des tubes de verre (en photo bioréacteurs) qui garantissent un haut niveau d'hygiène et de sécurité, se développent à la lumière naturelle et donnent au final un produit intact. Le contenu des Chlorelles reste bien protégé à l'abri de leur membrane garantira ainsi l'intégrité de l'algue et toutes ses propriétés. (**Komaki et al ., 1997**). Le mode de culture sous serre donc en milieu fermé permet de garantir une parfaite qualité du produit vis à vis des polluants extérieurs.

La chlorella demande, pour se développer de manière optimale, luminosité solaire intense et de bonnes conditions climatiques naturelles. Heureusement, il existe encore dans les régions tropicales et subtropicales des lieux de culture qui bénéficient de telles conditions climatiques, et qui sont peu pollués (Chine, Thaïlande, Birmanie). Afin de nous faire une idée plus précise des conditions de culture, nous nous rendons régulièrement depuis 1997 dans une ferme de production de chlorella, dans le sud de la Chine. Là-bas, nous avons non seulement un aperçu de chaque stade de production, mais également de l'entièreté du processus de culture.

Le fort ensoleillement et sa capacité de réaliser la photosynthèse permettent à la chlorelle de développer ses importantes substances nutritives (**Saarbrücken, 2011**).

II.2 Conditions de culture de la chlorelle

Cette réaction est complexe et il faut que les conditions de culture soient favorables pour qu'elle puisse se réaliser.

II.2.1 La lumière

Les micro-algues sont des plantes, elles réalisent donc la photosynthèse et donc la transformation du carbone atmosphérique en matière végétale grâce à l'énergie lumineuse (**Guéret, 2004**).

-Pour les cultures extérieures en grands volumes (plusieurs dizaines de m³), il est raisonnable d'utiliser l'énergie lumineuse du soleil. Par contre, dans les salles d'algues climatisées la lumière est souvent artificielle. Les installations les plus utilisées sont des tubes fluorescents classiques ou encore des lampes haute pression aux iodures métalliques. Les "températures de couleurs" que l'on doit rechercher sont un peu différentes de celle que l'on recherche en horticulture. Ainsi pour les tubes néons, on préférera les tubes classiques, du genre "lumière du jour" ou "blanc industriel".

-L'intensité lumineuse dépend beaucoup de la profondeur et de la densité des cultures. Ainsi pour un petit volume (erlenmeyer, ballons), un éclairage de 1000 lux peut suffire. Par contre, l'éclairage nécessaire pour des bacs ou des gaines de plus de 100 l est moins de 5000 lux.

Les tubes fluorescents classiques ont une efficacité lumineuse d'environ 90 lumens/Watt, alors que les lampes HPS (vapeur de sodium haute pression) ont une efficacité d'environ 130 Lumens/Watt. Un tube néon de 36W produit donc un flux lumineux d'environ 3240 Lumens, mais ce flux n'est pas réparti régulièrement dans l'espace.

-Les espèces cultivées en aquaculture se développent très bien en éclairage continu. De plus, les tubes fluorescents s'abîment moins en restant constamment allumés. **(Guéret, 2004).**

II.2.2 Température

La croissance des principales micro-algues se déroule normalement à des températures entre 17 et 23°C.

Les tubes fluorescents produisant de la chaleur, il est donc nécessaire de refroidir les cultures ou l'air de la salle d'algue. Les climatiseurs de cave peuvent être utilisés pour les petites salles.

On notera qu'en cas de panne de la climatisation il est préférable d'éteindre l'éclairage dans la pièce car la température peut s'élever dangereusement pour les cultures, qui peuvent par contre supporter plus de 12 heures d'obscurité. **(Guéret, 2004).**

II.2.3 Sels minéraux

Les sels minéraux les plus importants pour les micro-algues sont les mêmes que pour les plantes supérieures : Azote et Phosphore. Il faut aussi fournir aux micro-algues des oligo-éléments comme le Fer, le manganèse, le cobalt, le cuivre, le molybdène.

Par contre, pour les diatomées, il est nécessaire de rajouter de la silice sous forme dissoute (méta silicate de sodium) au milieu de culture. Ce sel se dissout très mal dans l'eau de mer, il faut toujours préparer une solution de stock dans de l'eau déminéralisée.

Il existe de nombreuses "recettes" de milieux de culture, certaines sont adaptées à des micro-algues particulières ou à des conditions particulières (eau douce, eau de forage, etc.) mais les principaux milieux de cultures utilisés en aquaculture sont le Conwy, Milieu f/2 de Provasoli ou encore le milieu de Walnes. Les dilutions intermédiaires que l'on doit préparer dans ces recettes servent à faciliter les dosages. **(Guéret, 2004).**

II.2.4 Le pH

Les micro-algues consomment le CO₂ dissous pour la photosynthèse. Il en résulte une augmentation du pH du milieu de culture par une modification de l'équilibre carbonaté de l'eau. Le pH des cultures concentrées peut ainsi dépasser 9,5. Ce pH peut devenir le facteur limitant, il est donc possible d'augmenter la densité des cultures en jouant sur ce paramètre. La méthode la plus simple à mettre en œuvre est l'ajout de dioxyde de carbone (gazeux) dans l'air qui sert à remuer les cultures. Une proportion de 0,5 à 1 % peut être conseillée. Il est aussi possible d'utiliser de l'acide chlorhydrique dans les cultures continues. **(Guéret, 2004)**.

II.3 Fabrication et production

La chlorelle Flamant Vert est produite en Allemagne au cœur de l'Europe. Elle est cultivée selon un procédé exclusif et contrôlée selon des normes strictes en Allemagne, garantissant une chlorelle pure de première qualité. Grâce à la photosynthèse, elle se reproduit très rapidement : une fois par jour.

Peu connue en Europe, elle est par contre très appréciée au Japon et utilisée dans les hôpitaux depuis plus de 40 ans. Son utilisation se répand mondialement du fait de sa réputation. Tous ces espoirs furent finalement déçus, la chlorelle s'avérant très onéreuse à produire. La révolution verte ayant été la solution aux problèmes de production alimentaire, elle perdit de son intérêt, et n'est plus aujourd'hui qu'un complément alimentaire vendu en magasin diététique.

La majorité de la production mondiale de la chlorella est asiatique. Notons, cependant qu'aucun médecins ou spécialistes de la santé, ne contredisent certains des aspects nutritifs de la chlorelle et nous n'avons trouvé personne déconseillant la consommation de celle-ci.

-Si la chlorelle ne bénéficie pas d'une reconnaissance plus forte de la part du monde médical occidental, c'est probablement dû au fait qu'elle ne présente pas de véritable intérêt économique pour les grandes entreprises biochimiques et pharmaceutiques de ces pays **(Anonyme, 2011)**.

Chapitre III :

La Chlorelle "Super aliment"

III.1 Valeurs nutritives et composition de la chlorelle

Consommer de la Chlorella permet un intéressant apport d'éléments nutritifs essentiels et variés. Elle renferme : Source d'éléments nutritifs essentiels

- Les différents éléments nutritifs sont mentionnés dans le tableau ci-après

Tableau 02: Les différents éléments nutritifs contenant dans la chlorelle

-Cette algue se révèle être un complément alimentaire ou un cocktail de bons nutriments de premier ordre selon les éléments nutritifs mentionnées dans le tableau

| Eléments | Minimum % | Maximum % |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Protides | 45% | 55% |
| Acide aminé | Minimum (g/100g) | Maximum (g/100g) |
| Glycine | 1,4(g/100g) | 2,3(g/100g) |
| Alanine | 2,0 | 3,1 |
| Valine | 1,5 | 2,3 |
| Leucine | 2,1 | 3,0 |
| Isoleucine | 1,0 | 1,8 |
| Phénylalanine | 1,1 | 2,1 |
| Tyrosine | 0,8 | 1,4 |
| Proline | 0,9 | 1,5 |
| Histidine | 0,7 | 1,1 |
| Tryptophane | 0,1 | 0,4 |
| Serine | 1,1 | 1,7 |
| Thréonine | 1,3 | 2,0 |
| Cystéine | 0,3 | 0,4 |
| Méthionine | 0,5 | 0,8 |
| Arginine | 1,4 | 3,0 |
| Lysine | 1,4 | 2,3 |
| Acide Asparaginique / Asparagine | 2,1 | 3,5 |
| Acide Glutaminique / Glutamine | 3,1 | 5,6 |
| Lipides | 10% | 13% |
| Acides gras | <1 (mg/100g) | |
| Acide alpha Linoléiques (oméga 3) | 150-800 | |
| Acide Oléique | 310-1300 | |
| Acide Linoléique (oméga 6) | 150-800 | |
| Acide Palmitique | 300-700 | |
| Acide Stéaridonique | 60-450 | |
| Acide Stéarique | 20-300 | |
| Acide Palmitoléique | 40-300 | |
| Acide Laurique | 1-80 | |
| Acide Myristique | 50-100 | |
| Acide Arachidonique | 10-15 | |

| | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|
| Glucides | 15% | 20% |
| Saccharose | 1,25(g/100g) | |
| Glucose | 0,58 | |
| Fructose | 0,06 | |
| Sels minéraux | 6% | 9% |
| Fer (Fe) | 40 (mg/100g) | 70 (mg/100g) |
| Potassium (K) | 1000 | 2900 |
| Zinc (Zn) | 5 (mg/100g) | 14 (mg/100g) |
| Magnésium (Mg) | 200 | 400 |
| Calcium (Ca) | 300 | 600 |
| Iode (I) | <0,0005 | |
| Sélénium (Se) | 2 µg/100g | 10 µg/100g |
| Fibres | 6% | 8% |
| Chlorophylle | 2,6 g/100g | 3,6 g/100g |
| VITAMINES | (mg/100g) | (mg/100g) |
| Bêta-Carotène | 3,3(mg/100g) | 11 |
| Vitamine B2 | 3,2 | 3,6 |
| Vitamine B12 | 0,1 | 0,2 |
| Vitamine C | 10 | 30 |
| Vitamine E | 8 | 11 |
| Vitamine K1 | 0,3 | 0,5 |
| Eau | 3% | 6% |

(Pierre, 2001 ; Anonyme III, 2009)

La chlorelle contenant la quasi totalité des vitamines, minéraux et oligo-éléments en quantité importantes, assimilables et près de 60% de protéines végétales. Elle contient 10 fois plus de vitamine A que le foie de bœuf et 40 fois plus de protéines que le soja, le riz ou le blé. Et surtout, c'est la plante la plus riche en chlorophylle (4 fois plus que la spiruline) (Anonyme II, 2012).

III.1.2 Les protéines

(~ 50 % de la composition de la Chlorella)

Les micro-algues sont particulièrement précieuses en raison de leur teneur en protéines végétales de haute qualité (jusqu'à 60 %) ce qui fait environ 3 % de la dose journalière recommandée (Saarbrücken, 2011)

La très forte concentration en protéines végétales d'excellente qualité. Elle contient 19 acides aminés (dont tous les acides aminés essentiels et des acides aminés non essentiels). (Hagino et al., 1967) qui favorisent le fonctionnement du métabolisme cellulaire. Par exemple, la Chlorella contient du Tryptophane (environ 0,3 % de la matière sèche totale), cet acide aminé est dit essentiel car il n'est pas synthétisé par l'homme qui doit l'intégrer dans son alimentation. Le Tryptophane permet la synthèse de la Sérotonine. Cette hormone est précieuse pour le bien être de l'homme, son développement optimal vis à vis des performances physique et mentale. La Sérotonine est dite « hormone du bonheur ».

- Une cuillère à soupe de poudre de chlorella contient autant de protéine que 50 gr de steak et trois fois plus de protéine que le poulet et vingt fois plus que le riz ou la pomme de terre.

III.1.2 Les polysaccharides

La chlorelle contient environ 20% des glucides essentiellement : le saccharose, glucose et fructose.

Remarque

UN kilo de sucre risque d'être équivalent à 500 g d'urée en tant que production potentielle d'ammoniac. C'est donc la somme urée plus sucre qu'il faut considérer pour calculer la limite de toxicité, soit la règle pratique: "dose quotidienne d'urée + (dose quotidienne de sucre) / 2 < 50 - 1,7 x (concentrations du milieu de culture en ammonium), où doses et concentration sont exprimées en mg/l.

III.1.3 Les acides gras essentiels

(~ 10 % de la composition de la Chlorella)

Les lipides présents dans la Chlorella sont des acides gras essentiels non saturés et une forte concentration en acide alpha linoléiques, un acide gras oméga-3 courte chaîne, des acides gras polyinsaturés comme les acides gamma-linoléique et linoléiques qui sont utilisés comme agents thérapeutiques dans la pharmacopée occidentale. Des médicaments qui en contiennent sont prescrits comme traitement de certaines maladies cardiovasculaires ainsi que comme traitement de diverses inflammations de la peau.

III.1.4 Les minéraux (oligo-éléments)

- Les sels minéraux : (~ 10 % de la composition de la Chlorella)
La chlorelle contient tous les minéraux classiques pour la rendre un antioxydant puissant. Les composés minéraux présents tels que le Potassium, Calcium, Magnésium ainsi que les éléments tels que le fer, le zinc et le sélénium, sont indispensables aux réactions du métabolisme cellulaire, des femmes pendant la grossesse et la période d'allaitement, des enfants et des adolescents en période de grandissement et des personnes faisant du sport de compétition ou d'endurance ont un besoin supplémentaire en fer (**Saarbrücken, 2011**). Ils arrivent aussi en renfort lors de la construction des substances telles que les os, les dents et les ongles en favorisant des constructions de meilleures qualités ou résistances.

La chlorella est plus riche en fer que la spiruline (**Pierre, 2005**) qui est un minéral indispensable pour notre organisme humain. Sa fonction la plus importante est le transport de l'oxygène dans l'organisme.

-La chlorella, pauvre en sodium, en iode (**Merchant, 1990**)

Dans une dose de 3 grammes il y a :

- Autant de vitamine C que dans une orange.
- L'apport AJR de lutéine, un pigment qui protège les yeux contre la formation des Cataractes.
- Un bon apport en fer, très bio disponible grâce à la présence naturelle de la vitamine C et de la chlorophylle, qui aident à son assimilation.
- Beaucoup de phosphore, un minéral essentiel pour la fixation du calcium, dont la chlorelle est aussi bien fournie (**Liebke, 2012**)

III.1.5 Les vitamines

La Chlorelle c'est l'une des végétaux les plus riches en vitamine B12 ; des vitamines de groupe B (B1, B2, B3 ou PP, B5, B6, B9, B12) en plus les vitamines C et E (plus de vitamine E que dans le lait). Elle contient aussi l'ex-vitamine B10 (= PABA: acide para-amino-benzoïque) à part la vitamine D, des caroténoïdes variés dont la provitamine A (Bêta-carotène) et la lutéine, de puissants antioxydants. Ces vitamines sont absolument indispensables en complément alimentaire pour tous ceux qui suivent un régime végétarien.

-La vitamine E et les caroténoïdes

Améliorent la résistance des cellules vis à vis du vieillissement dû aux effets des radicaux libres (**Pierre, 2005**)

Les Caroténoïdes sont connus pour leur pouvoir protecteur de la peau.

-La vitamine B12

La Chlorella contient des importantes vitamines telles que la vitamine B 12, qui fait partie des vitamines du groupe B solubles dans l'eau.

La vitamine B 12 joue un rôle important dans la formation des globules rouges et dans la croissance des cellules en général.

Des végétariens stricts, des végétaliens, des personnes souffrant de diabète ou d'une maladie pancréatique et des personnes de plus de 60 ans ont un besoin supplémentaire en vitamine B12 (**Saarbrücken, 2011**)

La vitamine B12 (ou cobalamine) est une vitamine hydrosoluble assurant une bonne fabrication des neuromédiateurs. La vitamine B12 est le cofacteur d'enzymes participant au métabolisme des acides nucléiques et à la synthèse de la méthionine.

Cette vitamine est indispensable au maintien de l'intégrité du système nerveux et tout particulièrement de la gaine de myéline qui protège les nerfs. Un déficit en vitamine B12 entraîne une forme d'anémie, appelée anémie de Biermer (ou anémie pernicieuse), dont l'une des caractéristiques est la présence de globules rouges fortement augmentés en taille.

La vitamine B12 est indispensable à la croissance cellulaire. Elle se trouve exclusivement dans la viande à l'exception de quelques végétaux tels que les microalgues. Ces dernières sont donc indispensables en complément des régimes végétaliens ou végétariens.

L'organisme humain ne fait pas la synthèse de la vitamine B12. Dans la nature cette synthèse est effectuée par des bactéries, des champignons inférieurs et des algues. Pour l'homme, les sources principales sont la viande, le poisson, le lait et les œufs. L'absorption se fait dans le duodénum et le haut jéjunum.

La vitamine B12 se trouve très rarement mêlé au monde végétal : la consoude officinale et la plupart des algues alimentaires en renferment.

Les végétaliens et les végétariens doivent avoir recours à une supplémentation en B12 pour pallier les carences de cette vitamine dues à leur régime alimentaire sans viandes.

Des études récentes, publiées par l'Université d'Oxford ; montrent que la vitamine B12 semble être une protection contre la réduction du volume cérébral des personnes vieillissantes donc une protection contre les risques de démence. **(Vogiatzoglou et al., 2008)**

La prise de 3 g de Chlorella couvre largement les besoins journaliers humains en vitamines.

Les déficiences en vitamine B12 sont relativement fréquentes dans la population adulte, en particulier chez les végétariens. La chlorelle est une alternative végétale à l'apport en vitamine B12. La consommation de 8 comprimés de chlorelle Flamant Vert couvre la dose journalière recommandée en vitamine B12 **(Anonyme II, 2012)**

-La vitamine B

- A partir d'études menées sur la souris, des chercheurs américains ont mis en évidence qu'une déficience en vitamines B peut causer des troubles de la cognition et réduire de façon significative les capacités d'apprentissage. La déficience en vitamines B observée s'accompagne d'une réduction de la densité et de la longueur des capillaires cérébraux responsables d'une variation de l'activité vasculaire. **(Troen et al., 2008).**

-Les vitamines B1, B2, B6, B12, K et C

Sont présentes dans la Chlorella. Elles sont nécessaires pour le bon fonctionnement de l'organisme (**Pierre, 2005**)

III.1.6 Les chlorophylles : « une source inestimable de chlorophylle »

- La chlorelle est la plante la plus riche en chlorophylle (quatre fois plus que la Spiruline, les épinards et les orties et cinquante fois plus de chlorophylle que la luzerne), la chlorelle « Flamant vert » contient un taux de chlorophylle (pigment vert) exceptionnel supérieur à 5% (**Anonyme II, 2012**) et ne contient pas de phycocyanine (pigment bleu-vert) contrairement à la spiruline (**Françoise, 2008**) grâce à son mode de culture unique et à son exposition optimale à la lumière

La molécule de chlorophylle ressemble énormément à l'hémoglobine, le pigment utilisé par le système respiratoire joue un rôle essentiel dans le transport de l'oxygène. Notre sang est composé d'atomes: du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote entourent un atome de fer. La chlorophylle est sensiblement identique, mis à part un élément, soit l'atome de fer qui est remplacé par un atome de magnésium.

L'alimentation moderne, qui est axée sur une consommation exagérée d'aliments riches en protéines ou industrialisés, favorisent une trop forte acidification de l'organisme. Pour maintenir l'équilibre acido-basique, celui-ci doit puiser dans ses bases, c'est-à-dire principalement ses réserves de minéraux tels que le calcium et le magnésium. La conséquence est une déminéralisation, porte ouverte aux problèmes nerveux et à l'ostéoporose. La grande richesse de la chlorelle en chlorophylle permet de prévenir et traiter ce problème.

- La chlorophylle permet également d'assainir la flore intestinale. Une fois la chlorophylle "implantée" dans la muqueuse intestinale, aucune colonisation de bactéries n'est possible et aide à oxygéner les tissus ainsi favorise la santé des bactéries pro-biotiques.

La chlorophylle est indispensable à la croissance des plantes et représente la vitalité de toutes les plantes et responsable de la coloration verte des végétaux et participant à la photosynthèse.

Ses propriétés thérapeutiques ont bien été étudiées :

Des propriétés bénéfiques sur le système digestif, elle favorise une flore microbienne intestinale saine et serait responsable de son action purifiante, et pour son action nettoyante et considérée comme étant le nettoyant et l'agent de détoxification du sang les plus efficaces de la nature.

La chlorelle est fortement recommandée lors de traitement de détoxification, dépuratif, chélateur des métaux lourds, hépato protecteur, protecteur des voies digestives.

III.1.7 Les fibres : (~ 30 % de la composition de la Chlorella) Elles ne sont pas assimilables pas l'organisme parce qu'elles ont la propriété de fixer (on dit aussi chélater) les éléments toxiques tels que les métaux lourds (Mercure, plomb, Cadmium..), elles débarrassent l'organisme de ces poisons tout en stimulant les fonctions digestive et intestinale **(Pierre, 2005)** ce qui lui permet de réguler le transit tout en douceur.

III.1.8 L'ADN et ARN

- La Chlorella contient la haute concentration des éléments ADN et ARN (3% d'ARN et 0.3% d'ADN par poids) du noyau du facteur de croissance chlorelle, se mérite une place spéciale parmi les extraits complémentaires alimentaires et les extraits cellulaires de haute valeur, C'est la plus complète en ARN et ADN et elle peut fournir 17 fois plus d'ARN que les sardines **(Anonyme, 2010)**

-Une vie longue et saine exige des quantités suffisantes d'ADN et d'ARN. Selon Dr FRANK Liebke: aucune autre source d'acide nucléique ne se compare au facteur de croissance chlorelle.

L'apport d'ADN, ARN, participe à l'entretien et à la réparation des cellules de notre corps, favorisant l'action: Anti – dépressive.

En plus la chlorelle contient :

- Des enzymes.
- Des porphyrines, activateurs du métabolisme cellulaire.
- De la sporopollénine, qui aide à la détoxification, ce composé naturel le plus résistant au monde, uniquement dans le pollen et des algues unicellulaires.
- De la chlorelline qui joue le rôle d'antibiotique naturel.
- Toutes les substances thérapeutiques que contient la chlorella (la chlorophylle, le CGF, la sporopolléine, la chlorelline, les vitamines) sont également contenues dans les tablettes, les capsules et la poudre de chlorella **(Bernard, 2010)**

III.2 Valeurs caloriques moyennes de la Chlorella

-La chlorella, pauvre en calories, est idéale en complément et accompagnement des régimes amincissants ou amaigrissants. **(Merchant, 1990):**

- Pour 100 g : 1722 kJ (409 kcal).
- Pour 3 g : 52 kJ (12 kcal).

III.3 Bienfaits de la chlorella

Des études préliminaires tendent à montrer que la chlorelle est utilisée à des fins préventives pour se maintenir en bonne santé et à des fins curatives pour soigner diverses pathologies. Cela prendrait un livre complet pour énumérer tous les bienfaits attribués à cette petite algue. La chlorelle n'étant pas un médicament, mais une nourriture nutraceutique, ses actions exigent du temps et des efforts
(Anonyme II, 2009)

Tableau 03: Les bienfaits de la Chlorella

La chlorelle est donc une plante "multi-usages" est utile dans les cas suivants :

| Pour les humains | Pour les Animaux |
|---|--|
| Obésité, Diabète, Arthrite, Dépression, ménopauses, Fatigue et épuisement, la fibromyalgie, la répétition de mycoses, asthme, crises de mycoses vaginales récidivantes, Affections hépatiques, prévention et traitement des infections, Maladies dégénératives, Déminéralisation, ostéoporose, maladies cardio-vasculaires, la jaunisse, constipation, allergies, Odeur corporelle, favorise l'équilibre acido-basique, Combat les germes, les levures, A des propriétés anti-oxydantes, lutter contre l'anémie , capacité de mémorisation, la correction de la chimie sanguine, Amélioration de l'état de la peau, des ongles, des cheveux | -Un rôle important pour le maintient de bonne santé, la vitalité et la bonne apparence physique des animaux de compagnie (Chats et chiens) |
| Diminue le "mauvais" cholestérol (LDL) et augmente le "bon" cholestérol (HDL), lutter contre le stress, la mauvaise alimentation et aide à combler les carences de l'alimentation moderne. Facilite l'oxygénation du sang, réduit l'acidité, Augmenterait l'efficacité du vaccin antigrippe | -La Vitamine B ₁₂ absente de la plupart des suppléments nutritionnels, a de la plus haute importance pour la santé des animaux âgés. |
| Utilisation industrielle pour la production de biocarburant à partir d'eau, de la lumière solaire, d'oxygène et l'absorption de gaz carbonique, <ul style="list-style-type: none"> • La biosynthèse des phytohormones nécessaires au développement et à la croissance des plantes terrestres. | -L'abondance qualité de chlorophylle contenue dans la Chlorella facilite l'oxygénation du sang et stimule la production des globules rouges. La chlorophylle nettoie et purifie le flux sanguin, les reins, le foie et l'intestin, qui sont des zones de grande vulnérabilité chez notre population animale. |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Diminution des symptômes dus à : Herpès labial, Aphtes, Candida Albicans, Régulatrice du transit intestinal, • Disparition de douleurs articulaires chroniques, Diminution de la fréquence des bouffées de chaleur (ménopause), Plus éveillé, plus alerte, plus calme, plus posé et plus équilibré, Apaise le système nerveux | <p>-La Chlorella contient de très hautes concentrations de bêta carotène naturel</p> <p>(Provitamine A) ainsi que les vitamines C et E : trois vitamines anti-radicaux libres. Les radicaux libres endommagent l'ADN, altèrent les composés biochimiques, corrodent les membranes cellulaires</p> |
| <p>La chlorophylle bloque les agents carcinogènes alimentaires au niveau intestinal et protège le foie.</p> <p>Elle favorise également le bon fonctionnement du pancréas grâce surtout à l'apport important de chlorophylle. et de diminuer le taux de nitrogène porté par l'urée</p> | <p>-La chlorella est également riche en potassium, qui stimule le développement neuromusculaire.</p> |
| <p>Elle apporte des porphyrines, substances qui activent le métabolisme cellulaire : cicatrisation, contrôle des apports en sucre et en graisses, lutte contre les phénomènes inflammatoires et soulage les ulcères de l'estomac.</p> | <p>Embellit le poil grâce à leur richesse en vitamines B.</p> |
| <p>Elle permet ainsi une meilleure pureté du lait maternel et suggère un bénéfice immunitaire pour la santé des nourrissons, utilisée sur les blessures,</p> <p>refermer" les gencives autour des dents qui se déchausser.</p> | <p>-Dans la chlorella il existe une hormone de croissance 'CGF' naturelle qui stimule la régénération cellulaire. Des études montrent que les enfants et les jeunes animaux nourris à la chlorella grandissent plus vite. Une fois que nous avons atteint notre croissance maximale, cette hormone continue à stimuler la régénération des cellules. C'est sans doute pour cela que des grandes marques de cosmétiques mettent de l'extrait de chlorella dans leurs crèmes depuis 20 ans.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • D'après Garry Null Ph.D : la chlorelle est capable de lutter contre les radicaux libres et retarder le vieillissement cellulaire grâce à des puissants antioxydants (le bêta-carotène, la vitamine E) a été testé pour empêcher la prolifération des cellules cancéreuses et le renforcement de système immunitaire et l'ensemble des nutriments aident à protéger les cellules et procurent un surplus d'énergie. | <p>-Utiliser pour les chevaux de courses.</p> <p>Il est recommandé de donner aux animaux de la poudre ou des comprimés broyés.</p> <p>Pour les animaux à poils tels que chiens et chats : 1 à 3 % en poids de la ration alimentaire journalière</p> |

(Hagino et al., 1975; Terziev et al., 1983; Reda., 1998 ; Merchant et al., 2002; Dexmier et Soullé, 2003; Nguyen, 2003; Anonyme, 2007; Nakano et al., 2007, Anonyme III, 2009; Julie, 2009 ; Guillaume et al., 2010; Lacoste et Farcy, 2010; Liebke, 2010; Anonyme, 2011; Pigani, 2011; Anonyme I, 2012; Anonyme II., 2012; Anonyme III, 2012; Frank, 2012)

Dr Mark Drucker M.D : Estime que la chlorelle, de par sa richesse en nutriments et en chlorophylle est le meilleur agent de purification qu'il soit possible d'utiliser. En plus la chlorelle est une championne de la détoxification traditionnellement consommée comme "detoxifiante" naturel. Intervient dans la captation et l'élimination de contaminants, Elle nous libère des toxines, métaux lourds et autres agents polluants lourds et autres agents polluants, les particules métalliques, les dioxines et composés aromatiques organochlorés (PCBs) (**Anonyme, 2007**) notamment au travers de composés de sa paroi cellulaire (membrane fibreuse) qui est capable de s'ouvrir sous l'effet de l'acidité élevée de l'estomac et de libérer les composants de la plante. Cette membrane, qui n'est pas assimilable par l'organisme, possède la particularité de fixer des éléments toxiques. Elle est évacuée naturellement par les intestins qu'elle contribue ainsi à dynamiser tout en les nettoyant qui tombe à point nommé à une époque où l'on parle beaucoup de la toxicité des aliments et des médicaments. Des essais prouvèrent qu'à la suite d'une intoxication, quelqu'un qui mangeait de la chlorella pouvait éliminer 7 fois plus de cadmium .

Selon **Dr Hasuda** et le **Dr Mito**: le C.G.F est un concentré énergétique qui apporte en moins d'une heure une sensation de bien-être, de détente et de chaleur durant toute la journée et qui se prolonge pendant la semaine. Au niveau corporel interne, le C.G.F est actif très longtemps et agit à 100% dans toutes les parties du corps favorisant la multiplication et la régénération cellulaire, renforçant toutes les fonctions des organes.

-La sporopolléine, membrane fibreuse de la cellule de la chlorella contenant de la cellulose non digestible, dépourvu des enzymes nécessaires à la dégradation de la cellulose, est capable de fixer, en les absorbant, des éléments toxiques ou polluants, tels les particules des métaux lourds comme le mercure, le plomb, l'arsenic, le cadmium, l'aluminium, et certains insecticides à base de PCB (ou Poly-Chloro-Biphényles), certains pesticides et certains engrais chimiques, présents dans notre environnement qui se sont avec le temps, accumulés dans les tissus de l'organisme. Lors de la digestion, elle est naturellement évacuée par les intestins et donc rejetée hors de l'organisme et en accélère l'élimination par les voies naturelles.

Sous surveillance médicale, elle est utilisée dans le but de chélater les métaux lourds et peut faire partie du protocole de désintoxication pour les patients désirant déposer leurs anciens amalgames dentaires au mercure pour favoriser la détoxification du mercure résiduel (La *chlorella pyrenoidosa* serait la plus efficace pour l'absorption des toxines et la détoxification). La capacité de stimuler la production des globules rouges et densifier le muscle et donc plus d'énergie pour les sportifs, pendant la convalescence, pour les femmes enceintes ou allaitantes qu'elle apporte à l'organisme. Pendant la convalescence, pour les femmes enceintes ou allaitantes

-Le CGF est un extrait de l'algue verte *Chlorella pyrenoidosa* fortement concentré en substances de grande valeur. Les spécialistes estiment que l'algue crue contient entre 3 et 5% de cet extrait. Des chercheurs ont même réussi, lors de certaines expériences de culture, à produire une Chlorella qui contient jusqu'à 20% de CGF.

L'obtention de l'extrait unique CGF à partir de la matière première Chlorella requiert un procédé comportant plusieurs phases. Le CGF n'est pas simplement une forme concentrée de Chlorella ou une certaine substance de cette algue, comme certains experts renommés le prétendent. En outre, le CGF ne remplace pas tout à fait la Chlorella et ne la rend pas superflue. En fait, les deux, Chlorella et CGF, se complètent d'une façon extraordinaire, et ont des effets remarquables lorsqu'ils sont combinés.

Bien sûr, on peut obtenir des très bons résultats en consommant uniquement du CGF et en tirer les plus grands bénéfices. D'ailleurs, pour la majorité des consommateurs, les capsules inodores de cet extrait ainsi que le petit dosage quotidien constitue un grand avantage et une facilité qu'offre la présentation du produit.

Le procédé d'obtention du CGF est très complexe. Cet extrait ne se trouve que dans la Chlorella. Aucun autre végétal sur la terre n'offre un concentré comparable. Il s'agit d'un extrait soluble provenant du noyau ainsi que d'autres parties de la Chlorella - et non d'un médicament. Les gens qui utilisent la Chlorella disent avoir plus d'énergie pour affronter les tâches de tous les jours. Mais la Chlorella n'est pas excitante, ni agressive pour le cœur. La consommation de 2 grammes de chlorella par jour a fait chuter les gripes et les rhumes de 37%

CGF : les chercheurs ont découvert que le facteur de croissance chlorelle est produit par la chlorelle durant une photosynthèse accélérée, capturant le pouvoir vivant de la lumière du soleil et permettant à la chlorelle de se multiplier quatre fois toutes les vingt heures. Aucune autre plante ni aucun animal ne peut se reproduire aussi rapidement que la chlorelle.

Le facteur de croissance chlorelle apparaît à améliorer les facteurs de l'ARN et de l'ADN responsables de la production de protéines, d'enzymes et d'énergie au niveau cellulaire, stimulant la réparation des tissus et la protection des cellules contre les substances toxiques.

- La chlorella représente un puissant stimulant du système immunitaire grâce au CGF (facteur de croissance de la chlorella).
- **Selon Muriel Cathaud, docteur en sciences** : Grâce au C.G.F (Chlorella growth factor ou le facteur de croissance de la chlorelle) disponible sous forme liquide; La chlorelle est la seule plante à posséder ce facteur, un élément du noyau cellulaire contenu dans la cellule de chlorella. Ce complexe est formé de chlorophylles, de vitamines, de dix sortes de sucre naturels et d'un segment de peptides composé de six acides aminés dont l'adénosine, la cytidine et l'acide glutamique indispensable à l'activité du cerveau, de

nucléotides (ADN, ARN). Ces éléments sont formés grâce au programme d'ADN inclus dans le noyau des cellules, il représente le patrimoine génétique de l'algue est reconnue pour être le meilleur tonifiant naturel sur le marché, dépassant de loin le ginseng ou la gelée royale. Ou des études montrent que les enfants et les jeunes animaux nourris à la chlorella grandissent plus vite. Une fois que nous avons atteint notre croissance maximale grâce à cette hormone qui stimule la régénération des cellules et de la croissance cellulaires et favorise la reproduction cellulaire (cellules saines non cancérigènes), elle améliore la résistance et l'endurance. Accélère la cicatrisation et augmente nos propres fonctions ADN et ARN, activant la production des protéines, des enzymes et de l'énergie. Le C.G.F aide à protéger les cellules et les organes contre les substances toxiques.

Depuis les années 70, les japonais l'utilisent pour éliminer les métaux lourds dans le corps des personnes intoxiqués. Les premiers essais prouvèrent qu'à la suite d'une intoxication, quelqu'un qui mangeait de la chlorella pouvait éliminer 7 fois plus de cadmium.

Le CGF est un véritable concentré énergétique : chez les sportifs par exemple, après une seule prise, l'effet se fait ressentir dans l'heure qui suit et son action se prolonge dans le temps au-delà de 10 heures.

Défenses naturelles : Ce facteur stimule l'activité biologique, notamment le système immunitaire en participant à l'augmentation des lymphocytes T et des cellules saines dans l'organisme. La résistance et l'énergie. Il aurait également un effet prébiotique (qui favorise l'augmentation des lactobacilles (bactéries favorables à la santé de la flore intestinale)

II.9 Les effets désagréables de la Chlorella

De possibles perturbations intestinales peuvent être ressenties les premiers jours :

En effet, la Chlorella va immédiatement stimuler l'activité intestinale. Ainsi, un léger dérèglement, avec de possibles ballonnements peuvent apparaître les premiers jours. Ils ne durent pas.

- Si le, trop vite, il est recommandé de diminuer la dose, voire même de l'arrêter quelques jours, si nécessaire. En général la majorité des nouveaux consommateurs voit leur transit augmenter les premiers jours sans occasionner de véritable gêne.
- Si le transit est ralenti il convient d'augmenter plus rapidement les doses et son volume de boisson (de l'eau de préférence) dont elle a provoqué la «remise en circulation» et ainsi diminuer les symptômes associés. **(Dogna, 2006)**. Ce cas concerne très peu de personnes et tout doit rentrer dans l'ordre après quelques jours (une dizaine au grand maximum)

Même s'ils sont rares, de possibles effets secondaires peuvent être observés en début des premières prises dans la plupart des cas ressentis lors des premières

prises (*). Pour les faire disparaître dans les meilleurs délais (maximum quelques jours), il est recommandé d'augmenter rapidement les doses (jusqu'à 15 à 30 comprimés 4 fois dans une journée, répétée à intervalles de 8 à 10 *jours* pour augmenter la rapidité d'élimination des produits toxiques que la Chlorella aura pu déloger puis réduire ensuite petit à petit les doses et les intervalles jusqu'à atteindre une prise quotidienne normale»

(*): Les effets secondaires observés peuvent être dus au démarrage du processus de désintoxication. Ils peuvent être différents d'une personne à l'autre en nature et intensité, selon les types et niveau de pollution. Ils concernent une petite proportion de personnes (environ 10%). Les effets secondaires doivent disparaître rapidement lorsque les doses sont augmentées.

Parmi les effets les plus cités sont:

- o Perturbations du transit intestinal.
- o Douleurs abdominales.
- o Maux de tête.
- o Douleurs musculaires (courbatures)
- o Douleurs articulaires.
- o Irritabilité.
- o Légère accentuation de la déprime.
- o Humeur dépressive, vertiges, tremblements *engourdissements*.
- o Sinusite ou rhume. (**Anonyme, 2007 ; Klinghard, 2007**)

Ces effets restent tout à fait tolérables et surtout ils ne durent pas. Ils disparaissent au bout de quelques jours (maximum une semaine). Pour environ 80% le transit est augmenté et pour 20% il est diminué (**Anonyme, 2007**).

Environ 80% des nouveaux consommateurs, perçoivent les effets positifs de la chlorelle avant la fin du premier mois.

Les spécialistes conseillent généralement des cures de trois semaines, mais de façon progressive : la détoxification – ou détoxination – de l'organisme peut provoquer des réactions allergiques. (**Pigani, 2011**)

- Selon **Medizinisches (2007)** : Les chlorelles du commerce pouvaient être fortement contaminées par des métaux lourds puisque il est cultivé dans des bassins à ciel ouvert (**Beijerinck, 2012**). Or, on connaît l'avidité de l'algue pour les métaux lourds et les pesticides classés dans le tableau suivant

Tableau 4 : Les métaux lourds et les pesticides présents dans la chlorelle

-Les recherches de résidus de pesticides (organochlorés, fongicides halogénés, polychlorure de bi phényles, herbicides azotés, pyréthroïde et organophosphoré, pesticides à l'azote organique) donnent ces résultats:

| | |
|-------------|---------------------------------|
| L'arsenic | 20µg/kg et 85µg/kg |
| Plomb | 100µg/kg et 400µg/kg |
| Cadmium | <25µg/kg dans les deux cas |
| Mercuré | <2µg/kg et 5,6µg/kg |
| L'aluminium | 5260µg/kg et 10300µg/kg |
| L'étain | 610µg/kg et <25µg/kg |
| Norme | Afssa - Saisine n° 2002-SA-0014 |

(AFSSA, 2008, Anonyme III, 2009).

Les résultats trouvées sont négatifs à la précision près du seuil de détection des appareils est qui est de 0,005 mg/kg et/ou 0,001 mg/kg pour les fongicides halogénés.

Les recherches d'Aflatoxines (B1/B2/G1/G2) ne révèlent la présence d'aucune trace (seuil de détection 0,1 µg/kg).

Il faut donc s'assurer du sérieux des fabricants et porter son choix sur les produits purs, naturels et bio.

L'état microbiologique du milieu est parfaitement conforme à la législation européenne des produits alimentaires.

Lorsqu'un aliment est présenté comme possédant des propriétés nutritives et curatives aussi exceptionnelles que celles attribuées à la chlorelle, il est normal qu'il provoque de la controverse et du scepticisme (**Nakano et al., 2007**)

Chapitre IV:

L'utilisation de la chloretrie

IV.1 Consommation de la chlorelle

La chlorella a été utilisée par de nombreuses populations à travers le monde depuis les années 50. La consommation de la Chlorella doit être adaptée à nos propres besoins, Les valeurs moyennes de la consommation sont bien données à titre indicatif mais le dosage doit être adapté pour chacun et par chacun. Nous devons être à l'écoute des réactions de notre corps (**Takechi et al., 1990**).

A cette époque tous les écoliers du Japon et toutes les troupes consommaient de la chlorella ajoutée au lait en poudre. Les japonais ajoutent de chlorella aux boissons gazeuses, aux produits de soja, au pain et aux nouilles, Il est estimé que 14 millions de personnes consomment de la chlorella chaque jour (**Merchant et al., 1990**)

-Dans une expérience en 1962, la chlorella a été donnée aux nourrissons comme une source de protéine dans un lait de substitution. Cette expérience démontre l'innocuité de la Chlorella. Les nourrissons, qui étaient allergique à un lait commercial, ont très bien toléré l'algue (**Takechi, 1967**)

L'utilisation de la Chlorella demande, comme pour tous les autres produits naturels, de faire l'effort de trouver sa bonne posologie par une prise en compte globale des signaux de son corps. La poudre peut être dissoute dans de l'eau froide ou une boisson, par exemple une bouteille de boisson énergétique à l'acérola à boire petit à petit au long de la journée.

La chlorelle est une algue qui a la propriété de fixer très facilement les métaux lourds et autres polluants. Il est donc primordial que la chlorelle consommée soit produite dans un environnement exempt de toute pollution. Il faut donc favoriser le produit d'un producteur sérieux, garantissant la pureté de son produit. (**Pigani, 2011**)

Il n'y a aucune contre indication connue à la consommation de chlorella, mais certaines personnes peuvent présenter une allergie à cette algue. Il faut donc commencer par consommer de petites quantité et augmenter ensuite progressivement, si elle est bien tolérée. (**Pigani, 2011 ; Anonyme III, 2012**).

La chlorelle d'être exploitée de façon très agressive par certaines compagnies commerciales et d'être vendue à un prix excessif

En complément de la prise de comprimés, l'utilisation de poudre de chlorelle dans la cuisine est très importante surtout si vous consommez du poisson. Il est conseillé de l'incorporer à une température peu élevée (inférieure à 60 °C) pour ne pas perdre le bénéfice des vitamines

La Chlorella n'est pas un médicament, c'est un complément alimentaire composé d'éléments précieux pour la santé. Des laboratoires pharmaceutiques cherchent à extraire de la Chlorella des principes actifs pour enrichir leurs médicaments.

La Chlorelle est riche en fer bio-assimilable, il est donc recommandé de ne pas prendre de thé avec la Chlorella car le thé empêche l'assimilation du fer (**Anonyme, 2006**)

La chlorelle est la meilleure algue comestible et que c'est la seule qu'il ne déconseille pas de consommer. Il est un grand partisan de l'utilisation de la chlorelle comme supplément alimentaire. **(Ecker, 2002)**.

IV.2 Dosages

Le dosage varie en fonction du poids du comprimé ou de la gélule. Pour une cure d'entretien, quelques grammes suffisent pour remédier aux carences de l'alimentation moderne.

La quantité de la chlorelle à consommer quotidiennement est en moyenne de 3 à 5 gr/ par jour, soit de 1 à 4 comprimés, 2 gélules de 300 mg. Ou ½ cuillères à café de poudre, matin, midi et soir, une ½ heure avant les repas, N'oubliez pas de boire de l'eau régulièrement pour favoriser le transit. Il est important de respecter cet intervalle pour que l'action de la chlorella se produise en même temps que le début du processus digestif. L'ajustement du dosage dépend principalement des réponses obtenues et désirées **(Anonyme III, 2009)**

Néanmoins, certaines personnes peuvent ne pas supporter ce traitement d'une dizaine de jours.

Commencez à intégrer la chlorella progressivement en débutant avec une dose réduite et en l'augmentant régulièrement les jours suivants si elle est bien tolérée, jusqu'à atteindre la posologie conseillée. Vous éviterez d'éventuels petits désagréments ou malaises occasionnés par la détoxination.

La chlorella peut être consommée toute l'année ou en cure, de préférence au printemps et à l'automne. Si vous ne souhaitez pas prendre la Chlorella tout au long de l'année, il est conseillé de faire 2 cures de trois mois par an, une à la fin de l'hiver l'autre en automne.

Aujourd'hui, tous les poissons, sans exception, contiennent du méthylmercure et / ou des dioxines. Le poisson est pourtant excellent pour la santé donc consommez le avec de la Chlorella ajoutée en fin de cuisson pour garder ses vitamines (1 à 2 cuillères de poudre). **(AFSSA, 2002)**

L'augmentation rapide de la quantité de Chlorella va accélérer l'élimination des produits toxiques dont elle a provoqué la « remise en circulation » et ainsi diminuer les symptômes associés avant quelles ne puissent causer le cancer et d'autres maladies dégénératives **(Anonyme, 2007 ; Anonyme, 2010)**

Le mieux est de commencer par un comprimé le matin avant le petit déjeuner pendant cinq jours. De passer ensuite à deux comprimés pendant cinq jours, puis à deux comprimés supplémentaires avant le déjeuner. **(Steeblock, 2010 ; Pigani, 2011)**

- Pour les enfants, le dosage devrait être de la moitié, à un quart de la dose des adultes **(Réda, 1998)**

Des physiologiques de détoxification peuvent être causées par :

1. Un dosage trop élevé des agents de désintoxication, ayant pour résultat un processus de désintoxication trop rapide.
2. Une fonction entravée d'organes lents et affaiblis, en général ceux de

l'élimination.

3. Un manque de force vitale provoqué par la malnutrition, la pollution interne, la malabsorption etc.

Les symptômes de désintoxication les plus communs se manifestent par des maux de tête, des sensations de chaud et/ou de froid, par de la fatigue ou un sentiment d'épuisement, par de l'aérophagie intestinale, des ballonnements, par de la constipation, des selles noires, ou de la diarrhée, par de l'aérophagie et des selles nauséabondes, par des boutons d'acné, des éruptions cutanées ou de l'eczéma, par des décharges nasales et vaginales, par de douleurs musculaires ou articulaires. Des vomissements sont possibles.

- Au fur et mesure que les réactions initiales s'amointrissent. Pour les personnes ayant tendance à être ballonnées et constipées, nous suggérons fortement de commencer avec 3 à 4 tablettes pour les premiers deux jours car la pureté de notre chlorelle pourrait provoquer des réactions de détoxination immédiates. Lorsque le transit intestinal devient plus facile, le dosage peut être alors progressivement augmenté, au cours des trois semaines suivantes, jusqu'à l'obtention de résultats désirés (en général de un à trois mouvements intestinaux quotidiens). Si, initialement, l'organisme devient constipé (ce qui pourrait signifier que les réactions de détoxination soient trop rapides), réduisez le dosage jusqu'à l'obtention d'un transit intestinal régulier, puis augmentez le à nouveau (**Anonyme III, 2009**)

Une prise quotidienne de chlorelle peut fortifier le corps d'éléments essentiels et vitaux pour son fonctionnement (tels que protéines, enzymes, chlorophylle, fibre diététique, éventail complet de vitamines, d'acides aminés et de minéraux) sans

aucune possibilité d'accumulation toxique (**Anonyme III, 2009**)

IV.3 Assimilation

-Pendant dans son état naturel la chlorelle est difficilement digérée en raison de sa membrane cellulaire trop solide, et les expériences furent peu probantes. Cette difficulté peut être évitée par un procédé qui permet d'éclater la membrane cellulaire de l'algue, ceci à pour effet de rendre la chlorelle digeste à 80 %.(**Anonyme III, 2012**).

Des études comparatives ont été menées sur des petits animaux tels que le rat. Elles confirment que dans les deux états, éclatées ou intactes, les cellules de *Chlorella* présentent une digestibilité comparable, un peu supérieure à 80% (**Komaki et al ., 1997**).

IV.4 Commercialisation de la chlorelle

La chlorelle est largement disponible sur le marché des produits naturels, en vente par correspondance, dans les magasins de produits naturels, en parapharmacies ou sur Internet, dans les salons, foires ou fêtes "bio" ou "bien-être". On peut trouver la chlorella présentée sous forme de poudre, de gélules, de comprimés ou plus rarement de concentré liquide. On trouve aussi des biscuits, du miel ou des boissons

enrichis à la chlorella en Asie, mais il faut être extrêmement prudent.

Le prix varie selon les marques, la provenance, et le dosage en chlorella. Les prix varient fortement d'un producteur à l'autre (entre 20 et 35 euros la boîte de 200 comprimés ou capsules). Et ce n'est pas toujours le produit le plus cher qui est le meilleur (**Lacoste et Farcy, 2010**).

Du fait de sa capacité à capter les métaux lourds de son environnement, la chlorella peut contenir un pourcentage élevé de polluants. Certains fournisseurs vous procureront les résultats d'analyses qui vous permettront de vous assurer que ce produit est exempt de métaux lourds, de pesticides et d'insecticides.

En Allemagne, la chlorella est encore peu connue. Cependant, depuis le début des années 90, on peut s'en procurer sans difficulté.

La chlorelle se présente sous différentes formes

- **Comprimés** (la forme la plus répandue)

Contenants de 150 et 300 comprimé » a 500 mg chacun, selon les producteurs. En général, une boîte contient 200 à 350 comprimés mais il existe également des boîtes de 1000 mg. Ni agents liants, ni la technique de la haute pression n'interviennent dans le processus de fabrication des comprimés de chlorella, même des plus gros, qui pèsent entre 350 et 400 mg, car la chaleur produite par la haute pression endommage les éléments essentiels contenus dans la chlorella.

- **Capsule**

Il s'agit en général de chlorella importée des Etats-Unis.

Ce sont souvent des capsules de 330 à 520 mg.

- **Poudre**

Vendue par correspondance par Vita green dans des boîtes de 500 gr.

Avant tout, il est nécessaire de signaler que dans quelques rares cas seulement, la qualité des produits à base de chlorella a été remise en cause. Les expériences dans d'autres domaines de la diététique l'ont bien montré: malgré des consommateurs de plus en plus exigeants et avertis, la qualité ne peut être toujours à 100 % garantie.

IV.5 Conservation de la Chlorelle

La chlorelle a une durée de vie et de conservation de deux ans, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Il doit être stocké à une température ambiante, dans un placard, ou dans un endroit sec, car sa sensibilité à la lumière et à l'humidité diminueraient son efficacité.

- La chlorelle ne doit pas être conservée au réfrigérateur (**Anonyme, 2010**)

Chapitre I: Matériel et Méthodes

I.2 Matériel

I.2.1 Matériel biologique

La chlorelle qu'on fait l'objet de notre analyse est produite par Natural S.L. vitae nutrition C / Vallès Cugat del Vallés 'Barcelona' manufacturés en Belgique. D'où les prélèvement de la souche a été effectué dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination de la souche mère, le transport des échantillons est assuré d'une manière à éviter tout contact avec l'air extérieur dans des récipients stériles et à basse température (glacières) puis la souche est séchée est transformée en comprimées.

I.2.2 Matériel chimique

(Cité en Annexe II)

I.3 Méthodes d'analyses

I.3.1 Méthodes d'analyses microbiologiques

Le contrôle microbiologique est une vérification de l'examen de la qualité microbiologique qui vise à vérifier d'une part l'absence des germes pathogènes et d'autres part la présence en nombre limite de microorganismes indicateurs d'hygiène et à contrôler l'absence des germes ayant des incidences technologiques défavorables. Elles se font par isolement des microorganismes du substrat solide et les mettre en suspension dans un diluant et les placer après au contact d'un milieu nutritif et dans les conditions favorables au développement (humidité et température).

I.3.1.1 Prélèvements et échantillonnage

Nature et constitution des échantillons : Le produit qu'on fait l'objet de notre étude est : la chlorelle. C'est un médicament qui présent sous forme des comprimés sous le nom/ Chlorelle/

↗ **Mode de prélèvement :** Les prélèvements ont été effectués dans des conditions qui garantissent un haut niveau hygiène et de sécurité pour une chlorelle pure de première qualité

➤ **La chlorelle :** Les analyses nutritionnelles ont été réalisées sur la Chlorelle (sous forme de comprimées).

La boite des comprimés porte ces informations :

Micro-algues vertes d'eau douce avec forte teneur en chlorophylle. Il aide à réguler le transit intestinal, pour fournir des nutriments et de revitaliser.

Analyse nutritionnelle pour l'apport quotidien « pour 15 comprimés»

Chlorella pyrenoidosa

3 g Taille réelle de l'air comprimé

L'information nutritionnelle "**pour 100g** "

| L'information nutritionnelle " pour 100g " | |
|---|---------------------------|
| Protéines | 60,5 g |
| Glucides | 18g |
| Matières grasses | 11g |
| Calories | 425 kcal '1780kj ' |

A consommer meilleur avant la fin de : 31-03-2014

Micro-algue ***Chlorella pyrenoidosa*** est une algue fraîche unicellulaire qui existe sur Terre pour plus de 2,500 millions années. Tienne valeur nutritive élevée et haute en Chlorella.

Ingrédients: *Chlorella pyrenoidosa*

Sans agents de conservation, de sucre, de sodium, levure, colorants ou arômes artificiels et liquides.

Poids net: **60 g**.

La Chlorella est un complément alimentaire.

Magasin dans un endroit frais, sec. Maintenir hors de portée des enfants. Ne dépasser les suppléments quotidiens alimentaires -doses spécifiquement recommandés.

Ne peuvent se substituer à une alimentation équilibrée

Important d'avoir une alimentation variée et équilibrée et soudable.

Consulter le mode de vie

Consulter votre médecin ou votre pharmacien si vous prenez des médicaments ou souffrent une maladie avant le début de la supplémentation.

Vitae Distribué par: Natural S.L. vitae nutrition C / Vallès, 96 -102 g-29 locale 08172 Sant Cugat del Vallés 'Barcelona' manufacturés en Belgique

- Ces comprimés vont broyées a l'aide d'un broyeur désinfecté par de l'eau de javel et devant un bec bunsen.
- La poudre de Chlorelle obtenus par broyage est subie des analyses microbiologiques.



Chlorelle(Comprimé)

Broyage
→



Chlorelle(Poudre)

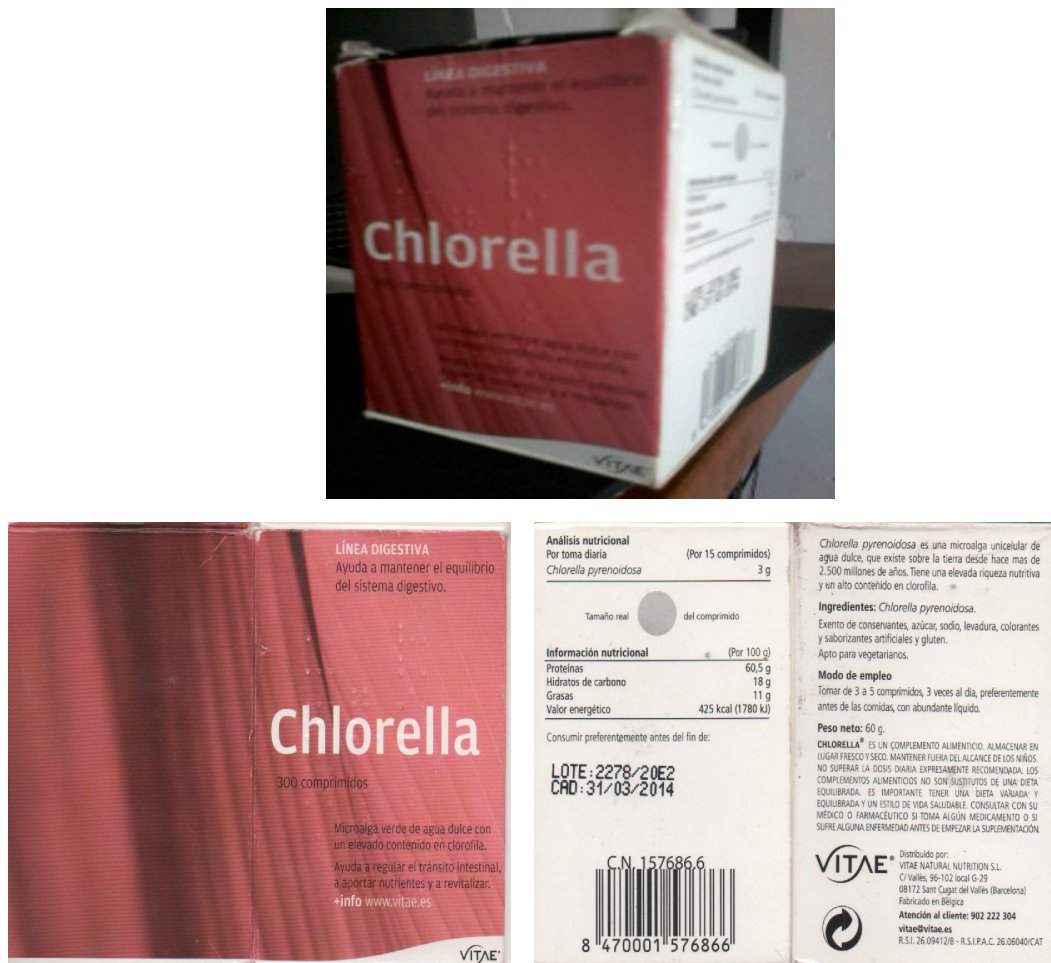


Figure IV : Chlorelle sous forme de comprimés

- **Préparation des dilutions des produits solides**

Dans ce cas la préparation des dilutions se fait selon les étapes suivantes :

- Introduire aseptiquement 25 grammes de produit à analyser (la chlorelle séchée) dans un sachet stérile contenant au préalable 225 ml de TSE, homogénéiser pendant 3 à 4 minutes selon la texture du produit, cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution $1/10$ (10^{-1}).

- **Dilutions décimales**

- Introduire aseptiquement 1 ml de la solution mère dans un tube contenant 9 ml de diluant stérile « TSE », on obtient la dilution $1/10$ (DM).

- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile 01 ml de la dilution mère, dans un tube à vis stérile contenant au préalable 09 ml de diluant « TSE » ; cette dilution constitue alors la dilution 10^{-2} , mélanger soigneusement et doucement.

- Changer de pipette et prendre aseptiquement 1 ml de la dilution 10^{-2} , à introduire dans un tube à vis stérile contenant au préalable 09 ml de diluant TSE ; cette dilution est alors $1/100$ ou 10^{-3} , mélanger soigneusement et doucement.

I.3.1.2 Méthodes d'analyses microbiologiques de la chlorelle

Les microorganismes recherchés sont :

I.3.1.2.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux à 30 °C (AFNOR VFV 08-051)

Pour la recherche des germes aérobies, il est nécessaire de procéder à un ensemencement en profondeur d'une gélose TDYM coulée dans des boîtes de pétries, l'incubation se fait à 30 °C en aérobiose pendant 72h.

Les colonies des germes mésophiles totaux se présentent sous formes lenticulaires en masse de couleur blanchâtre. Le démembrement consiste à compter toutes les colonies ayant poussées sur les boîtes en tenant compte des facteurs suivants :

- ✓ Ne dénombrer que les boites contenant plus de 30 colonies et moins de 300 colonies.
- ✓ Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution et faite ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

I.3.1.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (AFNOR NF V 08 -050)

Pour la recherche des coliformes, il faut procéder à un test de présomption sur le milieu sélectif VBL réservé à la recherche des coliformes totaux et un test de confirmation dans une eau peptonée exempte d'indole réservé à la recherche des coliformes fécaux essentiellement Escherichia. Coli.

La lecture finale s'effectue selon la table de MAC GARDY.

I.3.1.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (AFNOR NF T 90-411)

La Recherche ainsi que le dénombrement des streptocoques fécaux se fait en milieu liquide (milieu Rothe simple et double concentration) par la technique du NNP (nombre le plus probable) selon la table de Mac Grady.

I.3.1.2.4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfite -réducteur (AFNOR NF V 08-056)

Les anaérobies sulfite -réducteur sont un groupe de germes appartenant au genre Clostridium, germes anaérobies qui ont la capacité de réduire les sulfites en sulfure par réaction d'oxydation. La recherche se fait sur une gélose viande foie avec une lecture tous les 9h.

Sont considérés comme positifs les tubes présentant des tâches noires qui correspondent à des spores de Clostridium.

I.3.1.2.5 Recherche et dénombrements des staphylocoques (ISO 6888-1999)

La recherche des staphylocoques est réalisée sur la gélose de Baird Parker, incubé à 37°C pendant 24h.

Leur lecture est caractérisée par la formation de colonies noires, brillantes, convexes, entourées d'un halo d'éclaircissement du jaune d'œuf (2 à 5 mm de diamètre, correspondant à une protéolyse), à l'intérieur du halo il peut apparaître une zone opaque due à l'action d'une lécithinase.

I.3.1.2.6 Recherche et dénombrement des levures et des moisissures (AFNOR NFV 08-052)

Il est nécessaire de procéder à un ensemencement sur un milieu de culture sélectif OGA à 25 °C pendant 5 jours, le comptage se fait à partir de nombre de colonies obtenu sur le milieu gélosé.

I.3.2 Méthodes d'analyses nutritionnelles

Les analyses nutritionnelles appliquées pour la Chlorelle sont les suivantes :

I.3.2.1 Prélèvements et échantillonnage

- ↗ **Nature et constitution des échantillons** : Les produits qu'on fait l'objet de notre étude sont : la chlorelle.

- ↗ **Mode de prélèvement**: Les prélèvements ont été effectués de même façon que le mode de prélèvement pour les analyses microbiologiques

- **La chlorelle** : La poudre de la chlorelle obtenue est subie des analyses nutritionnelles suivantes.

I.3.2.2 Méthodes d'analyses nutritionnelles de la chlorelle

I.3.2.2.1 Détermination de la teneur en humidité (NF V 04-282/ ISO 5534).

La détermination de la teneur en humidité s'est faite par étuvage à $103\pm 2^\circ\text{C}$ jusqu'à stabilité du poids. Les résultats exprimés en pourcentage du poids d'eau par rapport au poids initial, sont exprimés par l'équation suivante :

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

H : taux d'humidité, exprimé en pourcentage (%) en masse ;

m₀ : masse, en grammes, de la capsule vide ;

m₁ : masse, en grammes, de la capsule et de la prise d'essai ;

m₂ : masse, en grammes, de la capsule et le résidu sec.

Il faut signaler que cette méthode ne mesure pas la teneur en eau proprement dite, le terme « humidité » que nous avons utilisé pose problème également. Le terme correct pour le résultat de cette méthode devrait être « perte de masse » ce qui ne correspond pas seulement à de l'eau, mais à tous les composés volatils dans les conditions opérationnelles de séchage.

I.3.2.2.2 Détermination du taux des cendres totales (NA 732/1991 tirer des méthodes normalisées AFNOR NFV 03-720 décembre 1981)

Principe

Le taux de cendres a été déterminé après incinération d'une prise d'essai dans un four à moufle réglé à 560°C .

Mode opératoire

- On pèse 2g de l'échantillon dans une capsule
- On verse 2 ml d'éthanol sur la prise d'essai et on enflamme durant 2h
- ensuite on refroidi et on humidifie les cendres avec quelques gouttes d'eau et on chauffe a nouveau dans le four a moufle durant 1h
- puis on transfère la capsule dans le dessiccateur et on la lasse refroidir a la température ambiante et on pèse

Les résultats, exprimés en pourcentage du poids de cendres par rapport au poids initial, ont été obtenus à partir de l'expression suivante :

$$C = \frac{m_3 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

C : Taux de cendres, exprimé en pourcentage (%) en masse ;

m₀ : Masse, en grammes, du creuset vide ;

m₁ : Masse, en grammes, du creuset et de la prise d'essai ;

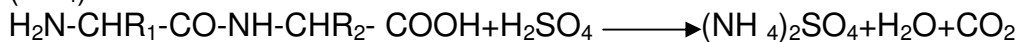
m₃ : Masse, en grammes, du creuset et son contenu (cendres) après incinération.

I.3.2.2.3 Méthode de dosage de l'azote ISO8968-1

Le dosage se fait en 3 étapes pour chaque souche :

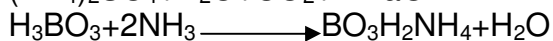
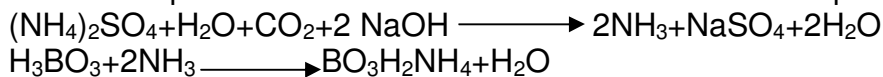
✦ Minéralisation

On minéralise la prise d'essai (la chlorelle) par l'acide sulfurique concentré qui transforme l'azote organique en ion d'ammonium, en présence de catalyseurs (sulfate de cuivre et sulfate de potassium) donc l'azote libéré a l'état d'ammoniac (NH₄)



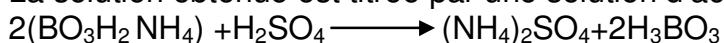
✦ Distillation

Un excès de NaOH neutralise l'acide sulfurique et libère l'ammoniaque entraîné par distillation qui sera recueilli dans une solution d'acide borique



✦ Titrage

La solution obtenue est titrée par une solution d'acide sulfurique



➤ Mode opératoire

Pour la préparation de notre échantillon, on met dans le Matra de kjeldahl

6g de sulfate de potassium (K₂SO₄)

0.5g de sulfate de cuivre (Cu SO₄)

1g de la spiruline séchée

25 ml de l'acide sulfurique (H₂SO₄) à 0.25 N

La détermination des protéines par la méthode kjeldahl s'effectue en 3 étapes :

✦ Digestion ou minéralisation de l'échantillon

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide concentré à haute température (408 °C)

✦ Distillation de l'ammoniac

Après la minéralisation ajouter 50ml d'eau distillée et 04 gouttes d'indicateur mixte (pH neutre 4.4 et 5.8)

On dispose le Matra dans le l'appareil de kjeldahl

On ajoute dans le Matra 8 a 10 ml de NaOH a 35 % (l'ajout se fait automatiquement)

Dans l'autre poste de l'appareil on met de l'acide borique

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique et réagit avec ce dernier pour former des sels borates d'ammonium.

✦ Titrage de l'ammoniac

L'ammoniac sous la forme de borate d'ammonium est titré directement à laide d'une solution du HCl à 0.1N

On fait un blanc (on ajoute 5 ml de l'eau distillée et 20 ml de l'acide sulfurique al a place se 25 ml de l'acide sulfurique) en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon, pour qu'on est sur que l'ammoniac contenu dans les matras est l'ammoniac de notre l'échantillon (**Makhloof, 2004**)

➤ Expression des résultats

Le pourcentage des protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le pourcentage d'azote par un facteur **f** dépendant du type d'aliment analysé

$$Tp = \frac{1.4 \times 0.25 \times (V1 - V0) \times f}{p}$$

V₁ : volume en millilitres d'HCl utilisé pour la détermination

V₀ volume en ml d'HCl utilisé pour la détermination de l'essai à blanc

P : masse en gramme de la prise d'essai (1g).

f : facteur de conversion des protéines de l'échantillon est de 6.25.

I.3.2.2.4 Teneur en glucides (**Miron et al., 2003**)

La méthode utilisée pour déterminer le taux des carbohydrates est inspirée de celle de la réaction acide sulfurique + anthrone adaptée à la biomasse algale.

A 100 mg de biomasse sont ajoutés 8 ml d'acide perchlorique agité fortement et laissé pour hydrolyse pendant 12 h.

Cinq (5) ml du réactif à l'anthrone fraîchement préparé sont ajoutés à 1 ml du filtrat précédemment obtenu puis chauffés à 100°C pendant 12 minutes, une couleur verte se développe en raison de la formation d'un complexe glucose – anthrone, auquel on détermine la densité optique à 630 nm après refroidissement du mélange.

Le blanc étant 5 ml du réactif additionné à 1 ml d'eau distillée. Un courbe étalon est réalisé en préparant des concentrations connues de D⁺glucose dissous dans de l'eau distillée. Densité optique et concentration en glucose (C_g; mg/ml) sont la relation suivante :

$$C_g = 0,536 \times DO_{630} + 0,0028$$

C_g : concentration de glucose (mg/ml).

I.3.2.2.5 Détermination de la teneur en matière grasse par SOXHLET

➤ Principe

L'extraction de la matière grasse avec un solvant (n-hexane) puis l'élimination du solvant et la pesée de la matière grasse.

➤ Mode opératoire

Dans une capsule en verre, on pèse 1g de l'échantillon à tester

On met la capsule dans l'étuvage réglée à 103 °c pendant 2 heures

On retire la capsule et on met dans le dessiccateur

Après refroidissement, mettre la chlorocelle dans une cartouche d'extraction

L'extraction de la matière grasse se fait par (n-hexane) qui dissout graduellement la matière grasse.

-Le solvant contenant la matière grasse retourne dans un ballon par déversement successifs causés par un effet de SIPHON dans le coude latéral

-Une fois l'extraction est terminée n-hexane est récupéré et la matière grasse

-On met le ballon contenant la matière grasse dans l'étuve pendant 1 heure à 103 °c

-Laisser refroidir dans le dessiccateur

-Peser le bécher contenant la matière grasse, l'expression des résultats se fait selon la réaction suivante :

$$MG(\%Ms) = \frac{Bp - Bv}{p} \times 100$$

MG : Taux de la matière grasse exprimé en pourcentage (%) en masse

I.3.2.2.6 Teneur en chlorophylles et en caroténoïdes (Hausmann, 1973)

La quantité des chlorophylles est mesurée par spectrophotométrie, 5 mg de poids sec de micro algue sont centrifugés (800 x g pendant 2 min) puis mélangés à 8 ml d'acétone 90% (v/v) pour extraire tous les pigments.

La suspension est agitée vigoureusement puis mise à l'obscurité à 4°C pendant 48 h. Un surnageant est obtenu après centrifugation (800 tr pendant 5 min). La densité optique de ce dernier est lue au spectrophotomètre (UV - Visible) à 665, 645 et 630 nm.

La quantité des chlorophylles est calculée selon les équations suivantes :

$$[ch_a] = 11,6 DO_{665} - 1,31 DO_{645} - 0,14 DO_{630}$$

$$[ch_b] = 20,7 DO_{645} - 4,34 DO_{665} - 4,42 DO_{630}$$

$$[ch_c] = 55,0 DO_{630} - 4,64 DO_{665} - 16,3 DO_{645}$$

Ch_a, Ch_b et Ch_c sont les concentrations des chlorophylles a, b et c en mg/l.

Les caroténoïdes sont extraits en ajoutant des parts de 1 ml d'éthyle éther jusqu'à obtention d'un extrait clair. Le solvant est ensuite évaporé, le culot obtenu est alors suspendu dans 5 ml d'acétone 90% (v/v) puis lu par spectrophotométrie à 444 nm.

La concentration en caroténoïdes (Ct en mg/l) est donnée par l'équation suivante :

$$Ct = 4,23x DO_{444} - 0,043$$

II.1 Résultats des analyses microbiologiques

II.1.1 Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la chlorelle

II.1.1.1 Résultats des analyses microbiologiques des germes aérobies mésophiles totaux

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des germes aérobies mésophiles totaux réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 05: Résultats des *germes aérobies mésophiles totaux*

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Prélèvements | La chlorelle |
| Germes | |
| GAMT 30 °C | 20germes/gr |
| Normes (Législation européenne) | <10 ⁶ germes / g |

-Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la chlorelle séchée montrent une présence peu inférieure aux normes établies. Cela s'explique les risques de contamination après récolte, du fait des conditions de culture de la chlorelle qui peut favorisées la prolifération de ces germes. Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Medizinisches** qui a montré que des chlorelles du commerce pouvaient être fortement contaminées puisque il est cultivé dans des bassins à ciel ouvert (**Beijerinck, 2012**). Ces contaminations peuvent être dus a de l'air ambiant puisque la culture se fait dans des bassins, aux personnels porteurs des germes, ainsi aux conditions de stockage et de transport, aux différents traitements réalisés pour la cyanobactérie.

On constate alors que cette algue est de bonne qualité bactériologique en raison d'absence des germes aérobies mésophiles totaux.

Les Chlorelles cultivées en bassins extérieurs sont fortement chargées de microorganismes étrangers et doivent faire l'objet d'un traitement pour en réduire le nombre. Il peut s'agir d'un traitement par la chaleur mais celui-ci n'est pas utilisé car il réduit directement de bon nombre de propriétés de l'algue. Des traitements physiques lui sont préférés tels que l'usage de filtres mécaniques et de traitements sous hautes pressions. Ces traitements physiques sont efficaces pour purifier le milieu mais, se faisant, ils maltraitent grandement les cellules de la Chlorelle.

En effet, ces traitements provoquent l'éclatement des membranes. Les cellules éclatées libèrent ainsi leur contenu dans le milieu extérieur. Leurs précieux composants, sortis de leur abri cellulaire, sont alors exposés aux dégradations. Il en est ainsi par exemple pour les antioxydants et les acides gras insaturés (les omégas) qui sont sensibles à l'oxygène de l'air.

A l'inverse les Chlorelles cultivées dans des tubes de verre (en photo-bioréacteurs) qui garantissent un haut niveau d'hygiène et de sécurité, se développent à la lumière naturelle et donnent au final un produit intact. Le contenu de la Chlorelle reste bien protégé à l'abri de leur membrane garantira ainsi l'intégrité de l'algue et toutes ses propriétés (**Komaki et al ., 1997**).

II.1.1.2 Résultats des analyses microbiologiques des *coliformes totaux et fécaux*

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux et fécaux réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 06: Résultats des *coliformes totaux et fécaux*

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| | La chlorelle |
| Coliformes totaux | Abs |
| Coliformes fécaux | Abs |
| Normes (Législation européenne) | Non détectable / g |

-D'après les résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux et fécaux indiqués dans le tableau précédent qui présentent des risques sanitaires se transmettant par voie fécale et constituent la base du contrôle bactériologique des eaux, responsable des infections hydriques indique une absence totale des

coliformes dans la chlorelle, En se référant aux normes imposées, on peut dire que notre chlorelle possède une bonne qualité microbiologique.

II.1.1.3 Résultats des analyses microbiologiques des *Streptocoques fécaux*

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des Streptocoques fécaux réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 07: Résultats des *Streptocoques fécaux*

| | |
|---------------------------------|--------------|
| | La chlorelle |
| <i>Streptocoques fécaux</i> | Abs |
| Normes (Législation européenne) | 0 |

-D'une façon générale les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la chlorelle sont conformes aux normes. Ces résultats indiquent l'absence totale des Streptocoques fécaux témoigne d'une contamination d'origine animale qui contient des espèces qui sont spécifiques des animaux (**Bourgeois et Leveau, 1980 ; Rodier et al ., 1984 ; Bourgeois et al ., 1996 ; Jourdan I, 2006**).

II.1.1.4 Résultats des analyses microbiologiques des anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*)

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*) réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 08: Résultats des anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*)

| | |
|---|---------------|
| | La chlorelle |
| Anaérobies sulfito-réducteurs (<i>Clostridium</i>) | - |
| Normes (Législation européenne) | ≤100 germes/g |

-Selon le tableau 14, les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la chlorelle notent une absence totale des anaérobies sulfito-réducteurs chez la chlorelle.

II.1.1.5 Résultats des analyses microbiologiques des *Staphylococcus aureus*

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des *Staphylococcus aureus* réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 09: Résultats des *Staphylococcus aureus*

| | |
|---------------------------------|---------------|
| | La chlorelle |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Abs |
| Normes (Législation européenne) | ≤100 germes/g |

-D'après le tableau, on peut dire que la qualité microbiologique de la chlorelle est satisfaisante et présente une absence de *Staphylococcus aureus* (pH max pour leur développement =9.8) cela est due par leurs sensibilité au pH alcalins (**Jourdan II, 2006**). On conclue alors que notre échantillon est exempte des germes pathogène cela confirme l'efficacité de séchage réalisé et au respect des conditions d'hygiène aux cours de la culture des algues précédentes.

II.1.1.6 Résultats des analyses microbiologiques des levures

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des levures réalisées sur la Chlorelle :

Tableau 10: Résultats de la recherche des levures dans la chlorelle

| | |
|--|---------------------|
| | La chlorelle |
| Levures | Abs |
| <i>Normes</i> (Législation européenne) | $< 10^2$ germes / g |

-D'après les résultats du tableau 10, on révèle l'absence totale des levures au niveau de la chlorelle en raison de la faible teneur en eau qui présente un facteur limitant de la croissance des levures.

II.1.1.7 Résultats des analyses microbiologiques des moisissures

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques des moisissures réalisées sur la Chlorelle :

Tableau 11: Résultats de la recherche des moisissures

| | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| | La chlorelle |
| Moisissures | Abs |
| Normes (Législation européenne) | <10 ² germes / g |
| Références | Législation européenne |

-Les résultats des analyses des moisissures sont conformes à la norme, du fait qu'ils ont révélé l'absence totale des moisissures, ceux qui montre surtout de la conformité de différentes étapes de production et de conditionnement, Ainsi le milieu alcalin utilisé.

- En général ; La Clorelle séché est exempte de germes d'altération et germes pathogènes, ce qui indique la bonne qualité hygiénique et microbiologique du produit grâce au milieu de culture qui constitue une excellente barrière contre la plupart des contaminations (**Aberkane, 2009**).

-L'état microbiologique de produit séché est parfaitement conforme à la législation européenne des produits alimentaires d'ou la *Chlorella* cultivée, sous serre donc en milieu fermé dans des tubes en verre(en photo bioréacteurs) a l'abri des poussières de l'air, des déchets d'insectes, d'oiseaux ... dans des conditions uniques et brevetées qui garantissent sa pureté avec un haut niveau d'hygiène et de sécurité, et par conséquence permet de garantir une parfaite qualité du produit vis à vis des polluants extérieurs.

Le contenu des Chlorelles reste bien protégé à l'abri de leur membrane. Cette culture en milieu fermé permet un contrôle permanent de la qualité de la production (**Anonyme, 2011**).

En plus ; La chlorelle est une algue qui a la propriété de fixer très facilement les métaux lourds et autres polluants. Il est donc primordial que la chlorelle consommée soit produite dans un environnement exempt de toute pollution.

- Dans le cas de doute d'une contamination, il est suggéré l'emploi systématique d'eau de Javel pour tous les nettoyages, avec rinçage final à l'eau chlorée (minimum 1 ppm de chlore actif libre, soit environ 1 goutte d'eau de Javel dans un litre d'eau de rinçage) (**Jourdan III, 2006**)

La meilleure méthode de nettoyage au moment de la culture c'est de transférer provisoirement la majeure partie du contenu du bassin dans un bassin voisin, puis de vidanger les boues, et brosser les bords et le fond.

En cas de doute sur la qualité bactériologique de la Chlorelle, fraîche ou sèche, il est prudent de la cuire au moins une ou deux minutes, surtout pour les personnes affaiblies ou les enfants en bas âge.

Ainsi, une pasteurisation du produit fini peut être nécessaire mais elle doit être évitée si possible (**Jourdan III, 2006**).

Dans le milieu de culture, au pH élevé (> 9,5) où l'on travaille, la majorité des microbes dangereux pour l'homme sont normalement inactivés en deux jours. Attention aux cultures à pH < 9,5 (cultures jeunes à base de bicarbonate, ou trop forte injection de CO₂), qui risquent de ne pas bénéficier de cet effet protecteur. Par ailleurs il a été signalé le risque que certains microbes pathogènes introduits dans des cultures de chlorelle (sans doute par suite d'une mauvaise observation des règles d'hygiène) deviennent résistants aux pH élevés, ce risque pouvant être augmenté si le sucre est utilisé comme apport de carbone; mais il n'a jamais été confirmé. Il a été signalé aussi l'existence de microbes ou parasites africains risquant d'être résistants aux pH élevés: là non plus aucun cas réel n'a été observé si l'on suit des règles normales d'hygiène.

L'usage du sucre comme apport de carbone, ainsi que le fait de ne pas récolter pendant longtemps, provoquent une augmentation dans la culture du nombre de microorganismes filamenteux apparemment incolores, qui gênent la filtration mais ne se retrouvent pratiquement pas dans le produit fini (N.B. ces filaments apparemment incolores semblent provenir des boues où ils sont présents en grand nombre).

Les cultures contiennent par ailleurs des microbes bio-dégradeurs adaptés au milieu de culture et qui jouent un rôle bénéfique, à côté du zooplancton, en purifiant le milieu et en recyclant des nutriments, tout en aidant à éliminer l'oxygène et en fournissant du gaz carbonique (**Jourdan I, 2002**)

II.2 Résultats des analyses nutritionnelles

II.2.1 Résultats des analyses nutritionnelles effectuées sur la chlorelle

II.2.1.1 Résultats des analyses de la teneur en eau

La mesure de la teneur en eau est définie comme étant la quantité en gramme d'eau rapportée à 100 g de substances sèches, elle constitue une opération capitale qui présente trois intérêts :

- Un intérêt technologique qui détermine la conduite rationnelle des opérations de récoltes, de séchage, de stockage et de transformation industrielle.
- Un intérêt analytique qui rapporte les résultats de toutes les analyses à une base fixe (matière sèche).
- Et enfin un intérêt commercial et réglementaire.

Le tableau suivant présente les résultats des analyses de la teneur en eau réalisée sur la Chlorelle :

Tableau 12 : Résultats des analyses de la teneur en eau

| | La chlorelle |
|------------------------|---------------------|
| Taux d'humidité | 6,83% |
| Normes / Pierre (2001) | 3-6% |

L'eau étant un constituant instable, son taux est susceptible de varier dans le temps par suite des échanges avec l'atmosphère ou entre les particules qui constituent

-La teneur en eau de la Chlorelle mesurée atteint **6,83%**, un taux moyennement élevée par rapport aux résultats donnés par **Pierre (2001)** qui présente des valeurs comprises entre **3%** et **6%**. Ces valeurs peuvent être dues aux conditions de séchage non appropriées ou par la forte teneur en eau contenant naturellement et aux procédés de séchage qui est insuffisantes pour la chlorelle.

En effet, une poudre avec un tel taux d'humidité risque de s'agglomérer (**Espirad, 2002**). Aussi, la répercussion sur le stockage de la Chlorella en poudre serait à considérer (**Oliveira, 2009**).

En général ; le séchage dans un four jusqu'à 60° semble ne pas modifier de façon notable les propriétés de la chlorelle.

L'algue fraîche et crue est environ deux fois plus efficace que l'algue séchée et trois fois plus que l'algue séchée et cuite, car plus digeste et plus riche en certains éléments actifs comme le bêta-carotène, la phyco cyanine, l'acide gamma-linoléniques et le fer assimilable.

En effet, le comportement des algues transformées en produit sec en termes de contenu nutritionnel doit répondre avant tout à 4 paramètres :

- ✓ Type de séchage (filaments intacts ou filaments brisés)
- ✓ Taux d'humidité résiduel
- ✓ Protection contre la lumière
- ✓ Protection contre l'oxygène

Il est généralement admis que le taux d'humidité résiduel limite des algues se situe vers 8 % au delà du quel la croissance des moisissures et des bactéries devient possible. (**Belay, 1997**).

II.2.1.2 Résultats des analyses de taux des cendres

Selon le **CODEX STAN 202 (1995)**, le taux de cendres dans un produit alimentaire ne doit pas dépasser 1,1% (dans le cas d'enrichissement avec ces algues) qui peut avoir un effet défavorable sur la qualité réglementaire sans atteindre sa qualité nutritionnelle.

Le tableau suivant présente les résultats des analyses de taux des cendres réalisées sur la Chlorelle :

Tableau 13 : Résultats des analyses de taux des cendres

| | |
|------------------------|---------------|
| | La chlorelle |
| Taux des cendres | 7 ,02% |
| Normes / Pierre (2001) | 6-9% |

- Les résultats des analyses de taux des cendres mentionnées dans le tableau 13 montrent que le taux des cendres pour la Chlorelle séchée est conforme aux normes d'où la valeur trouvée est de 7 ,02%

Ces résultats montrent la richesse de la de la chlorelle en nombreux minéraux

(~ 10 % de la composition de la Chlorelle) tels-que : fer, calcium, magnésium, phosphore, soufre, cuivre, manganèse, zinc qui apaise le système nerveux et favorise le sommeil exprimé en pourcentage (**Anonyme I, 2009**), sont ainsi indispensables aux réactions du métabolisme cellulaire. Ils arrivent aussi en renfort lors de la construction des substances telles que les os, les dents et les ongles en favorisant des constructions de meilleures qualités ou résistances et permettent d'éviter des carences nutritionnelles (**Pierre, 2005**).

II.2.1.3 Résultats des analyses de taux des protéines

La teneur en protéines est un critère important d'appréciation de la qualité nutritionnelle d'un produit alimentaire.

La teneur en protéines peut décroître de 10 à 15% selon le moment de la récolte, par rapport à la photopériode, mais contrairement a d'autres sources de protéines contenant des fibres dures et difficiles à digérer (**Vidal, 2008**)

Celle en méthionine (acide aminée soufré) de 30% selon le mode de séchage. Les conditions pour une teneur optimum sont une récolte au début de la photopériode (y est généralement plus élevée que le soir) et un séchage par pulvérisation au détriment des tambours chauffants (**Falquet et Hurni, 2006**).

Le tableau suivant présente les résultats de taux des protéines réalisées sur la Chlorelle :

Tableau 14 : Résultats des analyses de taux des protéines

| | La chlorelle |
|------------------------|---------------|
| Taux des protéines | 46,12% |
| Normes / Pierre (2001) | 45-55% |

Les résultats des analyses de taux des protéines mentionnées dans le tableau 14 présentent des valeurs de **46.12%** des proportions représentatifs de celle données par **Pierre (2001)** ce qui fait environ 3 % de la dose journalière recommandée, alors qu'ils sont faibles par rapport à celle trouvés par **Saarbrücken (2011)** qui a trouvés environs 60% des protéines, De même ces résultats restent inférieurs à celle mentionnées dans la boîte des comprimés produite par **Natural S.L.** est qu'est de 60,5% et de **Dexmier (2009)** qui a trouvés des valeurs de 60-65% des protéines.

Cette déférence est due à la sensibilité et à la détérioration des protéines par les traitements thermiques et à l'influence de la température soit de conservation et de stockage. Cella confirme l'attention à la température de conservation et aux traitements réalisés afin de préserver la proportion de protéines.

La chlorophylle renferme la majorité des acides aminés est dit essentiel car il n'est pas synthétisé par l'homme qui doit l'intégrer dans son alimentation.

La chlorelle contient presque tous les acides aminés requis par le corps humain, et le niveau d'acides nucléiques le plus élevé dans une plante (**Vidalò, 2008**).

- Une cuillère à soupe de poudre de chlorella contient autant de protéine que 50 gr de steak et trois fois plus de protéine que le poulet et vingt fois plus que le riz ou la pomme de terre.
- Elle contient 40 fois plus de protéines que le soja, le riz ou le blé. Notons pour la même occasion que cette teneur dépasse toute les sources de protéines alimentaires connues.

II.2.1.4 Résultats des analyses de taux de glucides

Le tableau suivant présente les résultats de taux de glucides réalisés sur la Chlorelle :

Tableau 15 : Résultats des analyses de taux de glucides

| | La chlorelle |
|------------------------|--------------|
| Taux des glucides | 13% |
| Normes / Pierre (2001) | 15-20% |

-D'après les résultats de tableau précédent, le taux de glucides dans la chlorelle a une teneur de 13% qu'il est inférieur aux résultats élaborés par **Pierre (2001)** avec des valeurs entre 15 et 20% comprise d'après **Saarbrücken (2011)** une quantité importante qui présente environ 20% des glucides essentiellement : le saccharose, glucose et le fructose. Cela peut être dû au milieu de culture, à la faible digestion de la paroi par les enzymes.

De même ces résultats sont inférieurs que ceux élaborés par **Natural S.L.** mentionnés dans la boîte des comprimés est qu'est de 18% ainsi que de **Dexmier (2009)** présente une valeur de 18%.

Cette variabilité est due à la différence des appareillages et aux moyennes d'analyses appliquées en plus des erreurs de la manipulation.

Cette teneur représente selon **Flaquet et Hurni (2006)** ; le glucosanes aminés; de glycogène et des rhamnosanes aminés. C'est donc une source naturelle d'énergie rapide qui ne risque pas de déclencher de l'hypoglycémie ni de trop faire travailler le pancréas environ huit fois celle de la viande et plusieurs centaines de fois celle des végétaux les plus riches en cette molécule et une teneur en cellulose très faible, soit 0,5% de son poids frais .Elle serait donc facilement assimilable même par les personnes ayant une absorption intestinale faible (**Jacquet, 1974**).

II.2.1.5 Résultats des analyses de taux de matière grasse

Les acides gras sont utilisés comme agents thérapeutiques dans la pharmacopée occidentale ainsi que dans la préparation des médicaments des maladies cardiovasculaires en plus de diverses inflammations de la peau (**Pierre, 2001**).

Le tableau suivant présente les résultats de matière grasse réalisés sur la Chlorelle :

Tableau 16 : Résultats des analyses de taux de matière grasse

| | La chlorelle |
|------------------------|---------------------|
| Taux de matière grasse | 14% |
| Normes / Pierre (2001) | 10-13% |

Selon le tableau 16, les résultats de matière grasse réalisés sur la Chlorelle sont d'une valeur de 14%, ces valeurs sont proches aux celles citées par **Pierre (2001)** situées entre 10-13% et moyennement élevées par rapport à ceux données par **Saarbrücken (2011)** qui a trouvés des valeurs de 10%, de même avec celle de la

boite des comprimés est qu'est de 11% trouvés par **Natural S.L.** de même de **Dexmier (2009)**.

Cette différence est due aux différences de la température appliquée pour le séchage de cette algue.

Par conséquent ces teneurs en matière grasse renferment presque 10 % de la composition de la Chlorelle, des acides gras essentiels non saturés et une forte concentration en acide alpha linoléiques, un acide gras oméga-3 courte chaîne, des acides gras polyinsaturés comme les acides gamma-linoléique et linoléique qui sont utilisés comme agents thérapeutiques dans la pharmacopée occidentale. Des médicaments qui en contiennent sont prescrits comme traitement de certaines maladies cardiovasculaires ainsi que comme traitement de diverses inflammations de la peau selon les résultats données par **Pierre (2001)**.

Le séchage de la Chlorelle a température ambiante (27°C/1semaine) n'a pas eu d'influence sur la valeur nutritionnelle (taux de cendres, taux des protéines et taux des matières grasse) (**Aberkane, 2009**)

II.2.1.6 Résultats des analyses de taux des pigments

La Chlorelle possède l'un des taux les plus élevés en pigments chlorophylliens que l'on puisse trouver dans la nature (environ 2 à 3 %) qui est une micro-algue très intéressante sur le plan nutritionnel.

Le tableau suivant présente les résultats de taux des pigments réalisés sur la Chlorelle :

Tableau 17 : Résultats des analyses de taux des pigments

| | | | La chlorelle |
|-------------------|------------------------|-----------------|--------------|
| Taux des pigments | Chlorophylle (%) | Ch _a | 17,98 |
| | | Ch _b | 3,46 |
| | | Ch _c | 4,8 |
| | Normes / Pierre (2001) | 2,6-3,6 % | |
| | Caroténoïdes (%) | 0,85 | |
| | Normes / Pierre (2001) | 0,33% | |

Selon le tableau 17: la chlorelle contient 17,98% de la [Ch_a], 3,46% de la [Ch_b] et de 4,8% de la [Ch_c] 2,6-3,6 % ; et un moyenne de 8,75% Une quantité élevée par rapport à celle trouvée **Pierre (2001)2,6-3,6%** et par **Saarbrücken (2011)** (5% de chlorophylles), de même ces résultats sont supérieurs a celle données par **Dexmier (2009)** qui a trouvé une valeur de 2,25%, cette différence est due grâce à son mode de culture unique et à son exposition optimale à la lumière. C'est la plante la plus riche sur terre en chlorophylle (quatre fois plus que la Spiruline, les épinards et les orties) et cinquante fois plus de chlorophylle que la luzerne (**Anonyme II, 2012**) Alors que les caroténoïdes présentes des valeurs de **0,85%** un peut supérieur a celle de **Pierre (2001)**

Ces pigments présentent un intérêt dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique.

Plusieurs paramètres peuvent influencées sur la valeur des pigments tels-que :

Dans le cas d'une culture sous ombrage.

- L'intensité lumineuse.
- Les conditions de culture semblent avoir un effet sur la teneur en ces pigments.
- Le mode de séchage par les ultra-violets peut détruit la chlorophylle.
- Un séchage et une conservation mal réalisés (température trop élevée, exposition à la lumière) entraînent une perte de quantité en chlorophylle.

Cette différence pourrait être due à la différente composition des milieux de culture utilisés, elle pourrait être attribuée au fait qu'il existe une relation inverse entre le taux des caroténoïdes et la concentration en azote dans le milieu de culture utilisé ceci au fait que la division des cellules des algues cultivées sous azote, engendre un blocage pendant que la photosynthèse se poursuit, menant aux installations de stockage de composés spécifiques dont les caroténoïdes. (**Colla, 2007**).

Des travaux antérieurs (**Athukorala et al., 2006 ; Colla et al., 2007**), ont rapporté la même constatation en attribuant ceci au fait que la division des cellules des algues cultivées sous azote, engendre un blocage pendant que la photosynthèse se poursuit, menant aux installations de stockage de composés spécifiques dont les caroténoïdes.

- La chlorophylle permet d'oxygéner l'organisme, de le désintoxiquer et surtout de maintenir l'équilibre acido-basique. La chlorophylle permet également d'assainir la flore intestinale. Une fois la chlorophylle "implantée" dans la muqueuse intestinale, aucune colonisation de bactéries n'est possible et aide à oxygéner les tissus ainsi favorise la santé des bactéries pro-biotiques.
- La chlorophylle est responsable de la coloration verte des végétaux et participant à la photosynthèse, la chlorophylle est indispensable à la croissance des plantes. Sa structure chimique se compare à l'hémoglobine.
- A une action purifiante, dépuratif, chélateur des métaux lourds,
- Elle favorise également le bon fonctionnement du pancréas grâce surtout à l'apport important de chlorophylle.
- La chlorophylle bloque les agents carcinogènes alimentaires au niveau intestinal.
- L'abondance qualité de chlorophylle contenue dans la Chlorella facilite l'oxygénation du sang et stimule la production des globules rouges.

Les caroténoïdes variés dont la provitamine A (Bêta-carotène) et la lutéine, de puissants antioxydants. Ces vitamines sont absolument indispensables en complément alimentaire pour tous ceux qui suivent un régime végétarien.

Les caroténoïdes améliorent la résistance des cellules vis à vis du vieillissement dû aux effets des radicaux libres et sont connus pour leur pouvoir protecteur de la peau (**Pierre, 2005**).

II.3 Résultats des ensembles des analyses nutritionnelles

L'ensemble des analyses nutritionnelles réalisées sur la Chlorelle vont mentionnées dans le graphique suivant :

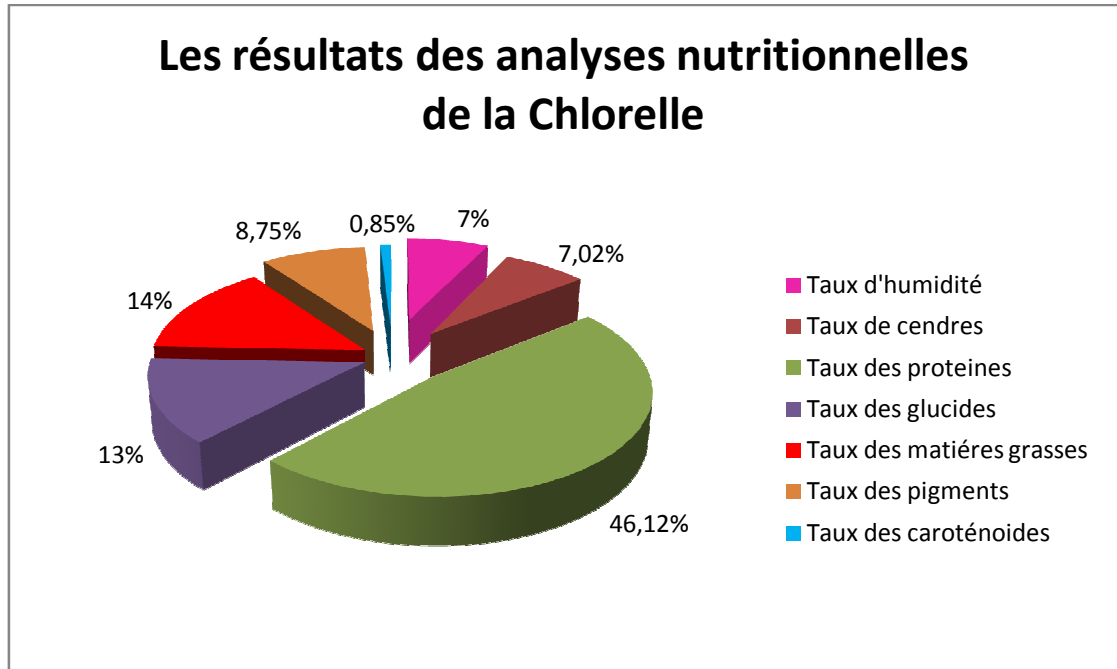


Figure 05 : Résultats des analyses nutritionnelles de la Chlorelle

-D'après le graphique suivant, on observe une richesse et une diversité nutritionnelle de la chlorelle dont elle est composée de différents éléments nutritifs classés en premier lieu les protéines avec des valeurs de 46,12% ; une valeur assez importante pour la satisfaction des apports journalières recommandés en terme des protéines. La Chlorella contient autant de protéine que 50 gr de steak et trois fois plus de protéine que le poulet et vingt fois plus que le riz ou la pomme de terre.

Ainsi que la Chlorelle présente des valeurs importantes des matières grasses environs 14 %.

De même, les glucides sont présents avec des valeurs de 13%.

De même le taux des cendres qui est présents avec des valeurs de 7,02% cela confirme que la chlorelle est riche en minéraux indispensables aux bons fonctionnements de notre organisme.

En plus, la Chlorelle riche en pigments avec des valeurs de 8,75%; un taux de chlorophylle (pigment vert) exceptionnel.

C'est la plante la plus riche en chlorophylle (quatre fois plus que la Spiruline, les épinards et les orties et cinquante fois plus de chlorophylle que la luzerne). La Chlorelle riche en caroténoïdes qui présentent des valeurs de 0,85%

Ces caroténoïdes sont variés dont la provitamine A (Bêta-carotène) et la lutéine, de puissants antioxydants. Ces vitamines sont absolument indispensables en complément alimentaire pour tous ceux qui suivent un régime végétarien.

Avec encore des valeurs de 7% pour la teneur en eau qui donne un intérêt technologique qui détermine la conduite rationnelle des opérations de récoltes, de séchage, de stockage et de transformation industrielle.

- Un intérêt analytique qui rapporte les résultats de toutes les analyses à une base fixe (matière sèche).
- Et enfin un intérêt commercial et réglementaire.

La richesse de la chlorelle permet de limiter les carences nutritionnelles ponctuelles et de lutter contre la malnutrition dans le monde.

Conclusion

Conclusion

Durant notre stage pratique réalisé au niveau de la fromagerie d'Alger « Le Berbère » et de L'Institut National Spécialisé dans la Formation en Industrie Agroalimentaire de Sidi Abdelkader du (Blida) « INSFP IAA » ainsi que au niveau de laboratoire d'analyse de la qualité « PILAB » de (BLIDA) dont l'objectif de l'étude a porté sur :

- Détermination de la potentialité nutritionnelle de la chlorelle (Eau, protéines, lipides, cendres, glucides).
- Le dosage des pigments majeurs (chlorophylle-a, b, c et caroténoïdes).
- L'analyse micro-bactériologique de la chlorelle.
- Vérification du niveau de la conformité par comparaison des résultats d'analyses avec les normes.
- La richesse nutritionnelle de la chlorelle
- Appréciation de l'importance nutritionnelle de l'algue.

L'ensemble des analyses ont montré que :

La Chlorelle séché est exempte de germes d'altération et germes pathogènes, ce qui indique la bonne qualité hygiénique et microbiologique du produit grâce au milieu de culture qui constitue une excellente barrière contre la plupart des contaminations

Cette algue se révèle être un complément alimentaire ou un cocktail de bons nutriments de premier ordre contenant les principaux éléments nutritifs et pleine de bonne nutrition.

Le quasi totalité des protéines en quantité importantes, assimilables près de 46,12% ; Une valeur assez importante pour la satisfaction des apports journaliers recommandés en termes de protéines. La Chlorella contient autant de protéine que 50 gr de steak et trois fois plus de protéine que le poulet et vingt fois plus que la pomme de terre ; elle contient 40 fois plus de protéines que le soja, le riz ou le blé.

En plus, la Chlorelle riche en pigments avec des valeurs de 08,75% ; un taux de chlorophylle (pigment vert) exceptionnel.

C'est la plante la plus riche en chlorophylle (quatre fois plus que la Spiruline, les épinards et les orties et cinquante fois plus de chlorophylle que la luzerne).

La Chlorelle est encore riche en caroténoïdes qui présentent des valeurs de 0,85%

Ainsi que la Chlorelle présente des valeurs importantes des matières grasses environs 14 %.

De même, les glucides sont présents avec des valeurs de 13%. De même le taux des cendres qui est présents avec des valeurs de 7,02% cela confirme que la chlorelle est riche en minéraux indispensables aux bons fonctionnements de notre organisme.

Avec encore des valeurs de 7% pour la teneur en eau qui donne un intérêt technologique qui détermine la conduite rationnelle des opérations de récoltes, de séchage, de stockage et de transformation industrielle.

- Un intérêt analytique qui rapporte les résultats de toutes les analyses à une base fixe (matière sèche).
- Et enfin un intérêt commercial et réglementaire.

La richesse de la chlorelle permet de limiter les carences nutritionnelles ponctuelles et de lutter contre la malnutrition dans le monde.

A ce jour, la Chlorella est la solution naturelle la plus efficace pour l'élimination des métaux lourds. Elle constitue un moyen simple et naturel pour se détoxifier. La chlorelle est l'un des aliments recherchés sur la terre grâce à sa capacité d'aider et à maintenir un corps sain, de prévenir les maladies, et d'améliorer le rajeunissement cellulaire.

En plus la chlorelle vise à nourrir et rajeunir directement chacune des soixante millions de cellules constituant le motif structural de notre corps

La chlorelle est le complément alimentaire idéal pour la famille entière y compris les enfants, les personnes âgées et les animaux familiers, afin d'assurer une santé et une vitalité optimales et ce en fournissant le soutien nutritionnel essentiel dont notre régime alimentaire peut manquer.

❖ Au terme de cette étude, il convient de faire quelques recommandations pour améliorer la richesse nutritionnelles de la Chlorelle:

- ✓ Faire plus des analyses pour mieux connaître la richesse nutritionnelles de cette algue(le dosage des acides gras et des acides aminés).
- ✓ Choisir les méthodes de séchage qui ne diminuer pas la valeur nutritionnelles.
- ✓ Application d'une culture de Chlorelle pure afin d'éviter toute contaminations.
- ✓ Bien choisir le milieu de culture et les conditions de production afin de l'obtention d'une chlorella riche.
- ✓ Application des mêmes analyses pour d'autres algues comme la spiruline.

Comme perspectives il serait intéressant de réaliser les points suivants:

Il est préférable d'étudier l'importance de la chlorelle par

- 🌱 L'incorporation de la chlorelle dans nos habitudes alimentaires dont le but de faire bénéficier leurs intérêts.
- 🌱 Elaborer un nouveau nutriment contenir deux algues : la spiruline et la chlorelle.
- 🌱 Application des mêmes analyses pour autres espèces de la chlorelle.
- 🌱 Etude de rôle de la chlorelle comme agent thérapeutique médical.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- AFSSA., 2002.** : Agence Française de sécurité sanitaire des aliments - 004 AFSSA
- AFSSA., 2008** : Table de composition nutritionnelle-ciqua.agence française de sécurité sanitaire des aliments.afssa.fr.consulter le 15/3/2012
- Anonyme., 1966:** Effect of Chlorella on rate of catching cold of the 1966 training crew fleet. Japan Medical Science Meeting, Japan, 10 BONNES RAISONS POUR CONSOMMER LA CHLORELLA, 2p.
- Anonyme., 2001:** Aujourd'hui dans le monde (source UNICEF) .2p. [en ligne]. [Consulté le 23-05-2012]. Disponible sur <http://www.flamantvert.com/combattre-malnutrition.html-www.antenna-france.org>
- Anonyme., 2006** : Spiruline – Chlorella/Spiruline et Chlorella - Algues et Vie - Pontarion – France, 2p. [en ligne]. [Consulté le 23-05-2012]. Disponible sur [http://www.xeoo.com/?k=la chlorelle contre la malnutrition-](http://www.xeoo.com/?k=la%20chlorelle%20contre%20la%20malnutrition-)
- Anonyme., 2007** : Le Blog Icilavie, Temoignages Chlorella, Dernière édition le par Synergie 21 – Icilavie/ Santé Magazine publie un article sur la Chlorella Copyright - RANCE ,4p. [en ligne]. [Consulté le 04-04-2012]. Disponible sur :[http://www. icilavie .com/synergie-21/1030-chlorella.html](http://www.icilavie.com/synergie-21/1030-chlorella.html).
- Anonyme I., 2009:** DOSAGES SUGGÉRÉS DE LA BIO+ CHLORELLA, Bio+Sources. 5p. [en ligne]. [Consulté le 23-05-2012]. Disponible sur [http://www.xeoo.com/?k=la chlorelle contre la malnutrition-](http://www.xeoo.com/?k=la%20chlorelle%20contre%20la%20malnutrition-)
- Anonyme II ., 2009** : Conseils d'utilisation de la Chlorelle, echlorial, 2p.
- Anonyme III ., 2009** : Composition et Analyses de notre Chlorella Echlorial, Valeurs nutritives et compositions moyennes en proportion de matière sèche www.echlorial.com/Composition-et-Analyses-de-la-Chlorella-Echlorial...
- Anonyme I., 2010:** Nettoie. Nourrit, Rajeunit, Chloressences, Chlorelle avec hauts facteurs de croissance chlorelle de qualité supérieure (la source la plus riche de la nature en chlorophylles, ADN et ARN .Edition Sexuel, Seek Welluess.6p.
- Anonyme II., 2010:** La chlorella - Complément alimentaire Chlorella [en ligne]. [Consulté le 15-03-2012]. Disponible sur :http://search.handycafe.com/search?q=tout+sur+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=15-03-2012
- Anonyme.,2011:** . [en ligne]. [Consulté le 04-04-2012]. Disponible sur :http://www.lorand-nature.fr/chlorelle-xml-326_319-1563.html

-Anonyme I., 2012 : Spiruline et chlorelle, points communs et différences par Natesis. Edition Terre de Femme. [en ligne]. [Consulté le 23-05-2012]. Disponible sur [http:// file:///F:/spiruline-et-chlorelle-points-communs-et-differences.html](http://file:///F:/spiruline-et-chlorelle-points-communs-et-differences.html)

-Anonyme II., 2012 : FLAMANT VERT, - Mentions légales - Réalisation CH1.2p. BOURGES [en ligne]. [Consulté le 23-05-2012]. Disponible sur <http://www.flamantvert.com/pure-chlorelle.html>

-Anonyme III., 2012 : Centre de promotion et d'études en santé naturelle, une corporation sans but lucratif ccueil. [en ligne]. [Consulté le 04-04-2012]. Disponible sur :<http://www.lorand-nature.blog4ever.com/blog/index526879.html>.
[masantenaturelle.com](http://www.masantenaturelle.com) Copyright© - www.masantenaturelle.com.

-Aberkane Sana.,2009 : Contrôle physicochimique et microbiologique d'un aliment a base de la spiruline et Bifidobacterium adolescentis mise en application in vivo (effet hypocholestérolémiant),Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en biologie , Option : Contrôle de qualité et analyse, USDB.75p.

-Athukorala Y, Nam K, Jeon Y., 2006: Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, Ecklonia cava. Food Chem. Toxicol., V. 44, 1065-1074.

-Beijerinck, 2012 : *Chlorella/ Chlorella vulgaris* VeryPDF.com, Inc. All rights r-

-BELAY. , 1997: Mass culture of Spirulina outdoors- the Earthise farms experience. In. vonshak,A, A, A., ED. Spirulina platensis (arthspira).physiology, cell biology and biotechnology, Taylor and Francis, London.

-Bernard Jensen.,2010: La chlorella, bijou de l'Extrême-Orient (Chlorella Jewel the Far East),eserved.<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Chlorella&oldid=76342503>

-Bourgeois C M et Leveau JY., 1980. Techniques d'analyse et de contrôles dans les IAA : Le contrôle microbiologique, Ed Technique et documentation-Lavoisier, 2^{ème} édition ; Tome 3 ; 454p.

-Bourgeois C M., Mexle J.F., Zucca.J., 1996. Microbiologie alimentaire (Tome 2), Aspect microbiologique de la sécurité et qualité des aliments, pp272.292 Ed Lavoisier, Paris.

-Colla L.M., Furlong E.B. et Costa J. A. V., 2007: Antioxidant properties of Spirulina (Arthrospira) platensis cultivated undre different temperature and nitrogen regimes. Brazilian archives of biology and technology; V. 50, n° 1, 161-167.

-Chorus T.,Bartam J.,1999: Toxine cyanobactéria in water.E.et F.N.spon,London et Newyork.416p.

-David Steeblock., 2010: La Chlorella, l'algue naturelle médicinale,

-Dexmier Bernard., 2009 : "Nutrition plus", Extrait du discours de Sally, Hesmondhalgh lors de la conférence 'Nutrition-Santé' Sodimex, Revue vie et action. [Consulté le 03-06-2012]. Disponible sur <http://www.biovidex.com/conseiller/remedes-naturel/132-chlorella>.

-Dogna Michel., 2006: Journal Soignez vous N°26 "Mort lente par les métaux lourds" (Editeur: Sté Santé Port Royal (éditrice des revues "Quelle santé", "Plantes & Santé", "Principes de Santé" et "Pratiques de Santé")

-Ecker M., 2002 : Actions physiologiques de la microalgue *Chlorella vulgaris* décrites dans la littérature médicale Synthèse bibliographique sur la *Chlorella* – a22html. [en ligne]. [Consulté le 15-03-2011]. Disponible sur :<http://www.echlorial.com>

-Espirad E., 2002 : Introduction à la transformation industrielle des fruits. Edition Technique et Documentation, Paris, 360p.

-Fay., Van Baalen C., 1987: The cyanobactéria. Elsevier, Amsterdam, 534p.

-FLAQUET J et HURNI J-P., 2006 : Aspect nutritionnels de la spiruline .publier par Antenna Technologie.

-Françoise Cambayrac, 2008 : *Vérités sur les maladies émergentes*, Embourg, Marco Pietteur, coll. « Résurgence », 416 p. (ISBN 2874340391)

-Frémy Marc-jean, Lassus patrick ., 2001 : Toxine d'algues dans l'alimentation, Edition :lfremer, Afssa, ministère de l'environnement.553p.

-Guéret Mickaël., 2004 : Les conditions de culture, [en ligne]. [Consulté le 15-03-2011]. Disponible sur : <http://www.aquoa.net/spip.php> Wikipédia de la photographie : chapitre sur la photométrie ,8p.

-Guillaume Blanc, Garry Duncan, Irina Agarkova, Mark Borodovsky, James Gurnon, Alan Kuo, Erika Lindquist, Susan Lucas, Jasmyng Pangilinan, Juergen Polle, Asaf Salamov, Astrid Terry, Takashi Yamada, David D. Dunigan, Igor V. Grigoriev, Jean-Michel Claverie, James L. Van Etten., 2010 : « *The Chlorella variabilis NC64A Genome Reveals Adaptation to Photosymbiosis, Coevolution with Viruses, and Cryptic Sex* », The Plant Cell (in press), Paris. [[texte intégral](#) (page consultée le 25 mars 2012)]

-Hagino et al., 1967: Japan Journal of Hygiène Health Journal, no 5 décembre, 30 (1)77 April 755 .

-Hagino et al., 1975 : Effect of *Chlorella* on fecal and urinary cadmium excretion in « Itai-Itai ». Japan Journal of Hygiène 30 (1)

-Huss V.A.R.; Frank C.; Hartmann E.C.; Hirmer M.; Kloboucek A.; Seidel B.M.; Wenzeler P. & Kessler E. 1999. Biochemical taxonomy and molecular phylogeny of

the genus *Chlorella* sensu lato (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 35: 587-598. [en ligne]. [Consulté le 15-03-2012]. Disponible sur : http://search.handycafe.com/search?q=pr%C3%A9sentation+de+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=

-Jacquet J., 1974 : Utilisations biologiques des Spirulines . Bull. Acad. Vét. XLVII

-Julie St., 2009 : echlorial/BONNES RAISONS POUR CONSOMMER LA CHLORELLA-viesarychlo.com-chlorella_presentation-FR.pdf Etienne (42)

--JOURDAN I J.P., 2006 : Cultivez votre spiruline. Manuel de culture artisanale de la spiruline. Publication Antenna Technologie. <http://www.antenna.ch/publications.html> (interprétation) 143 p.

-Jourdan II ,j.p., 2006 : présentation Microsoft PowerPoint :Qualité(en ligne).c12/. (consulté le 18/03/2012) disponible sur <http://pagesperso-orange.fr/petites-nouvelles/presentation-powerpoint-qualite.ppt>

-Jourdan III j.p., 2006 : compte- rendu du « Mini-colloque » de Mialet sur la production de la spiruline artisanale (en ligne).Mialet (France) ; P.1-7.

-Kessler E. & Huss V.A.R. 1992. Comparative physiology and Biochemistry and taxonomic assignment of the *Chlorella* (Chlorophyceae) strains of the culture collection of the University of Texas at Austin. *Journal of Phycology* 28: 550-553. [en ligne]. [Consulté le 15-03-2012]. Disponible sur : http://search.handycafe.com/search?q=pr%C3%A9sentation+de+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=

-Klinghard , Michel Dogna ., 2007 : du Journal Soignez vous "Mort lente par les métaux lourds" .N°26[en ligne]. [Consulté le 15-03-2012], Medizinisches Labor Breme.

-Komaki,H., Yamashita,M., Niwa,Y., Tanaka,Y., Kamiya,N., Ando,Y., Furuse,M. 1997 : The effect of processing of *Chlorella vulgaris*: K-5 on in vitro an in vivo digestibility in rats *Animal Fedd Science Technology* 70 (1998) 363-366.

-Krienitz L.; Hegewald E.H.; Hepperle D.; Huss V.A.R.; Rohr T. & Wolf M. 2004. Phylogenetic relationship of *Chlorella* and *Parachlorella* gen. nov. (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Phycologia* 43: 529-542. [en ligne]. [Consulté le 15-03-2012]Disponiblesur :http://search.handycafe.com/search?q=pr%C3%A9sentation+de+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=

-Lacoste Sophie , Farcy Pascal., 1999/2010: La chlorella algue microscopique aux effets géants,3p. [en ligne]. [Consulté le 15-03-2012]. Disponible sur :<http://www.univers-nature.pg-pib/pg-bannieres-pro.cgi>.

-Liebke Frank ., 2010 : Les algues, super-vertu curative pour le corps et l'esprit, www.natesis.com/boutique/chlorella-proprietes.cfm
www.soins-alternatifs.ch/r...ref=53

-Liebke Frank., 2012 : Chlorella Guide - Diphycal.com..Textes originaux en allemand. [en ligne]. [Consulté le 15-05-2012].Disponible sur : [http://search.handycafe.com/search?q=tout+sur+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=1 / 1](http://search.handycafe.com/search?q=tout+sur+la+chlorelle&utm_source=HandyCafe&utm_medium=start_vn&utm_campaign=start&l=vn&hl=vi&s=start&meta=1/1)

-Makhlouf faiza., 2004 : Contribution a l'étude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique de différentes poudres de lait importées par la laiterie de Béni-tamou W(BLIDA) ,Mémoire de T supérieur en INSFP DE Sidi Abdelkader ,Option :Contrôle de qualité,96p.

-Merchant, ER, Rice, CD et al.,1990: Dietary Chlorella pyrenoidosa for patients with malignant glioma Phytotherapy Research -Medical Vol. 4 No. 6

-Merchant RE, André CA, Sica DA. J. Med ., 2002: Nutritional supplementation with Chlorella pyrenoidosa for mild to moderate hypertension, SicaFall;;5(3):141-52p.

-Nakano S. et al., 2005 : "Maternal-fetal distribution and transfer of dioxins in pregnant women in Japan, and attempts to reduce maternal transfer with Chlorella (Chlorella pyrenoidosa) supplements..." *Chemosphere*; 61(9): 1244–55.

-Nakano S, Takekoshi H, Nakano M ,J Med ., 2007: «Chlorella pyrenoidosa supplementation decreases dioxin and increases immunoglobulin concentrations in breast milk». *Food*. 10(1):134-42.

-Nguyen Caroline., 2003 : Les micro-algues, présentation microsoftrt office power point,N°97,10p.

-Oliveira E.G. ; Rosa G. S.; Moraes M. A., L. A. A. Pinto, 2009: Moisture sorption characteristics of microalgae *Spirulina platensis*. *Braz. J. Chem. Eng.* V. 26, n°.1 São Paulo.

-Philippe CAILLAT. , 2009: CHLORELLA An invaluable resource, a great potential in Nutrition & Health-Did you expect that? Chlorella by ALGOMED®, a fountain of benefits for your future products, 9635PublireductionnelchlorellaDEF. [Consulté le 04-04-2012].Disponible sur : <http://www.algohub-roquette.com>.

-Pierre Jean ., 2001 : Amicalement –Composition de la chlorelle/ [en ligne]. [Consulté le 11-04-2012].Disponible sur :<http://www.l'Appart'-dspasmos.fr/forum/ucp.php>.12p.

-Pierre Jean. , 2005 : Amicalement. Polyradiculonévrite Chronique /[en ligne]. [Consulté le 11-04-2011].Disponible sur :<http://www.l'Appart'-despasmus.fr/forum/ucp.php>.

-Pigani Erik., 2011 : Les vertus de la chlorelle/. [En ligne]. [Consulté le 04-04-2012]. Disponible sur : <http://www.Psychologies.com> ,1p.

-Reda., 1998 : La malnutrition: causes, conséquences et solutions/ La situation des enfants dans le monde, Edition UNICEF, p16 ; Adobe Acrobat Document, consulté le 23-05-2012

-Rodier J., Bazin C., Broutin J P., Champsaur H et Rodi L., 1984. L'analyse de l'eau: eaux résiduaires, eaux de mer, 3^{ème} édition, édition DUNOD, 1390p.

-Saarbrucken., 2011: BIO Chlorellea, Biologische Nahrungsergänzung & Heilmittel GmbH, Edition Nature land et BIO GSE Vertrieb GmbH DE-66119 www.gse-vertrieb.com,2p.

-Singh, SP et al., 1995 : "Post-exposure radioprotection by *Chlorella vulgaris* (E-25) in mice". *Indian J Exp Biol.*; 33(8): 612–5.

-Takechi,Y, MD., 1967 : Health Journal, no 5 décembre.

-Takechi,Y , Merchant ER, Rice CD et al., 1990 : Dietary *Chlorella pyrenoidosa* for patients with malignant glioma , MD6. *Phytotherapy Research/Medical* Vol. 4 No 6.

-Terziev, Planski, Vet Med Nauki .,1983: 1983 Use of non-specific agents ...in bronchopneumonia prevention . 20(1):364

-Troen AM, Shea-Budgell M, Shukitt-Hale B, Smith DE, Selhub J, Rosenberg IH.,2008 : ."B-vitamin deficiency causes hyperhomocysteinemia and vascular cognitive impairment in mice". *Proceedings of the National Academy of Sciences.*105 (34): 12474-12479.

-Van den Hock C.,Mann D.G., Jahns H.M.,1995: *Algae .An introduction to phycology.*cambridge University Press,Cambridge.623p.

-VIDALO J. L., 2008: Spiruline l'algue bleu de santé et de prévention. ED. Dauphin pp47-82.

-Vogiatzoglou A. , H. Refsum, C. Johnston, S. M. Smith, K. M. Bradley, C. de Jager, M. M. Budge, A. D. Smith., 2008: "Vitamin B12 status and rate of brain volume loss in community-dwelling elderly" . / *University of Oxford study* Volume 71, Pages 826-832.

Annexe

Annexe I : présentation des unités

-Une formation de niveau mondial « L'Institut national spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire de Sidi Abdelkader (Blida) » « **INSFP** » organise périodiquement des cycles de formation au profit des TS et ingénieur. En plus des formations diplômâtes en transformation céréalière, en contrôle de la qualité, en technologie de la conserve, des boissons, du lait et de ses dérivés sont disponibles en mode d'apprentissage au profit des stagiaires. Toutefois,



et pour lancer le cursus, cela demeurera tributaire de l'implication des industriels et opérateurs économiques pour les prendre en charge puisque ces formations sont basées surtout sur la pratique au sein des entreprises.

-La fromagerie « **le Berbère** » doit sa rapide croissance à de lourds investissements, faisant appel à des équipements de dernière génération et à la mise sur le marché d'une gamme diversifiée de produits, soumis à une charte de qualité dont la rigueur est alignée sur les normes des spécialistes en fromage fondu les plus réputés au monde.



1996 : Création de la société avec au départ une équipe de 60 salariés et une production annuelle de 535 tonnes.

2001 : Nouvelle usine dans la zone d'activité Amara II à Chéraga, dotée d'équipements de dernière génération. Augmentation des capacités de production qui ont atteint un volume de 6500 tonnes.

2007 : Première phase de mise à niveau, en collaboration avec l'Euro développement PME : Aménagements, Installations, Nouveaux équipements.

2009 : Deuxième phase dans le cadre du programme de mise à niveau PMEII : Mise en œuvre d'un système HACCP.

Ce plan d'investissement a permis :

- L'augmentation des capacités de production, portées à 10.000 tonnes/an.
- La mise en place d'un cadre approprié pour la poursuite du processus HACCP Il vise à :

-Optimiser l'outil de la production.

-L'élaboration d'un plan d'action qualité.-Le respect des normes en matière de sécurité des denrées alimentaires.

-Assurer les exigences de traçabilité requises.

-La relance de l'exportation.

La fabrication de nos produits fait appel à un processus technologique moderne qui, allié à nos recettes, nous permet de réussir des fromages fondus exceptionnels d'un point de vue goût, composition et texture.

Notre laboratoire est entièrement équipé pour les contrôles physico-chimiques et bactériologiques.

Nous proposons une gamme variée de produits, destinée à satisfaire les gourmets et les gourmands, les particuliers et les collectivités.

Notre gamme se décline en six familles de produits :

- La portion triangulaire.
- La portion carrée.
- La barre.
- La Mini-barre.
- Les spécialités à râper.
- Les produits frais.

-Laboratoire d'analyse de la qualité « **PILAB** », situé au 136, rue zabana, 0900-BLIDA- créé en 2006 pour répondre aux besoins des industries agroalimentaires afin d'assurer un produit fini conforme a la qualité définie pour ce produit et cosmétiques en matière d'assurance qualité et les accompagner dans le processus de conception de produits concurrentiels dans le marché national et international.



Ainsi, l'analyse des produits agroalimentaires est avant tout un outil de diagnostic permettant l'établissement de conseils pour l'obtention d'un produit sain et de qualité

En plus des analyses des risques pour la maitrise des points critiques(HACCP) les analyses microbiologiques et chimiques.

-Annexe II : Matériels d'analyses microbiologiques et physicochimiques:

-Verrerie et appareillage :

✓ **Appareillages :**

- Balance analytique de type (QE-400)
- Etuve de 130 °C de type (MEMMERT Max 220 °C)
- Etuve de type (JPSELECTA, s, r) de (25-37-46) °C

- Dessiccateur de type (TESTED FOR 294 KPa).

- Four à moufle de type (Linn Température Max 1200 °C)
- Minéralisateur
- Dispositif de Kjeldahl.
- Centrifugeuse.
- Etuves d'incubation (25 °C et 37 °C et 47 °C).
- Bec bunsen.
- Spectrophotomètre.
- Distillateur.
- Bain marie.
- Hotte
- Homogénéisateur de type NF 200.nuvc
- Appareil SOXHLET

✓ **Verrerie et autres :**

- Verreries (tubes aessai, pipettes pasteur, fioles , hotonoir, nacelles, capsules....)

- Pipettes Pasteur.
- Tubes à essai stérile.
- Pipette graduée 1 ml, 100ml.
- Flacons stériles.
- Eprouvette graduée.
- Boites pétri.
- Bécher.
- Burette.
- Erlen-Meyer.

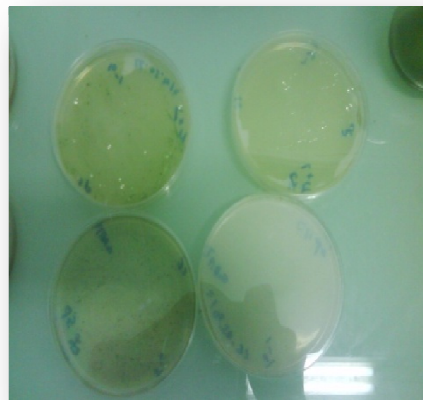
Milieux des cultures:

- ✓ Gélose glucosée à l'oxytétracycline (OGA).
- ✓ Gélose viande fois(VF).
- ✓ Gélose de Baird Parker.
- ✓ Gélose TDYM.
- ✓ Bouillon TSE.
- ✓ Milieu sélectif de Rothe S/C et D/C.
- ✓ Milieu sélectif VBL.
- ✓ Milieu Hiri.
- ✓ Milieu Sabouraud
- ✓ Milieu Giolliti Cantoni.
- ✓ Bouillon à la poudre de bromocresol (BCPL).
- ✓ Bouillon SFB.
- ✓ Réactif de KOVACS.
- ✓ Eau distillée.
- ✓ Eau peptones exempte d'indole.

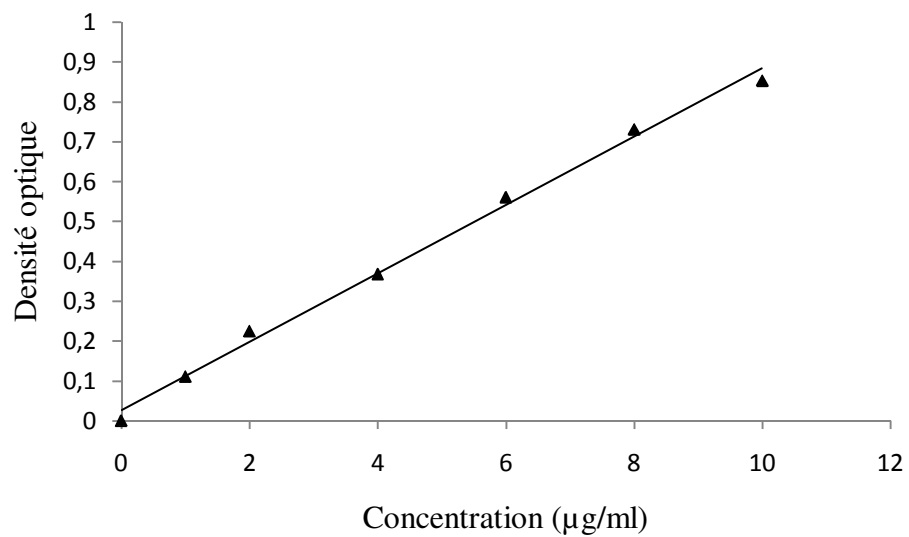
Réactifs et additifs :

- ✓ Réactif Ethyle éther.
- ✓ Catalyseur ammoniac.
- ✓ Solution d'Hydroxyde de Sodium à 93%.
- ✓ Acide Sulfurique concentré à 0.25 N.
- ✓ Solution d'acide Borique.
- ✓ Acide Perchlorique.
- ✓ Anthrone.
- ✓ L'éthanol à 95%.
- ✓ Alcool éthylique à95%.
- ✓ Acétone à 90%.
- ✓ D⁺glucose
- ✓ Sulfite de sodium.
- ✓ Tellurite de potassium.







Annexe V : Courbe d'étalonnage des carbohydrates d'une solution de D glucose

Courbe d'étalonnage du glucose.