

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB A BLIDA**

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES**

**DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**L'EFFET DE L'INCORPORATION DE LA SPIRULINE  
« *Arthrospira platensis* » A DIFFERENTES CONCENTRATIONS SUR  
LES PROPRIETES NUTRITIONNELLES DE VELOUTE DE LEGUMES  
DESHYDRATE « JUMBO »**

Projet de Fin d'Etudes 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

Présenté par :

M<sup>elle</sup> GHERMOUL IMANE

Devant le jury composé de :

M <sup>elle</sup> ABDELLAOUI Z.	MAA	USDB	Présidente
M <sup>me</sup> DOUMANDJI A.	MCA	USDB	Promotrice
M <sup>me</sup> FERNANE S.	MAA	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> KEBOUR D.	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

## Résumé

Nous espérons par ce travail donner une vision synthétique de l'effet de l'incorporation de la spiruline « *Arthrospira platensis* » à différentes sur les propriétés nutritionnelles de velouté de légumes déshydraté « JUMBO ».

La dose de la spiruline incorporée au velouté de légumes déshydraté est conditionnée par l'intensité de la couleur verte de la spiruline ainsi que de son fort pouvoir colorant, ce qui nous a empêchés d'incorporer une grande concentration, sinon notre produit risque d'être rejeté par le consommateur à cause de la remarquable modification de ses propriétés sensorielles.

Les analyses physico-chimiques effectuées nous ont permis de déduire que l'adjonction de la spiruline à différentes concentrations au produit en question a induit une augmentation proportionnelle de la teneur en protéines suivant la quantité ajoutée soit, ce qui peut être avantageux pour la soupe justement pauvre en protéines. En revanche la teneur en sucres totaux dans la soupe diminue faiblement avec l'augmentation de la dose en spiruline. On a pu remarquer aussi que le pH de notre produit qui était faiblement acide à l'origine s'est devenu relativement neutre après l'intégration de l'algue. On a déduit également que les échantillons témoins de velouté et les échantillons enrichis ont une faible valeur calorique, malgré cela leur consommation amène à la satiété plus rapidement ; cet apport a pour origine essentiellement les teneurs élevées en sucres totaux.

D'autre part les analyses microbiologiques pratiquées sur l'échantillon témoin et les échantillons enrichis montrent l'absence totale de germes pathogènes, cependant des colonies de moisissures ont pu être observées ; néanmoins ces valeurs restent dans les normes, ce qui signifie que la soupe étudiée et la spiruline utilisée ne présentent aucun risque pour la santé des consommateurs et ont été fabriqués dans de bonnes conditions d'hygiène.

Mots clés :

Soupe, velouté, déshydraté, spiruline, séchage et réhydratation

## **Abstract**

We hope this work by giving an overall view of the effect of the incorporation of Spirulina "*Arthrospira platensis*" at different concentrations on nutritional properties of cream of dehydrated vegetables "JUMBO".

The dose of Spirulina incorporated into velvety dehydrated vegetables is determined by the intensity of the green color of spirulina and its strong coloring power, which prevented us from exceeding the over concentration, if our product risks being rejected by the consumer because of the remarkable change in its sensory properties.

The physic- chemical analyzes allowed us to conclude that the addition of Spirulina at different concentrations product has led to a proportional increase in protein according to the amount, which may be advantageous for the soup just poor in protein. In contrast, the total sugar content in the soup decreases slightly with increasing dose spirulina. It was also noted that the pH of our product which was slightly acidic to origin became relatively neutral after the integration of the algae. It was also concluded that the control samples velvety and rich samples have a low calorific value, despite that consumption leads to satiety faster: this contribution originates mainly high levels of total sugars in the range.

On the other hand microbiological analyzes performed on the reference sample and the spiked samples show the complete absence of pathogens, however mold colonies were observed, however these values are within the standards, which means that the soup studied and used spirulina pose no risk to the health of consumers and have been manufactured in hygienic conditions.

### **Keyword :**

Soup, soup, dehydrated, spirulina, drying and rehydration

## ملخص

نتمنى من خلال هذا العمل إعطاء نظرة مختصرة عن تأثير اضافة سبيغولين « *Arthrospira platensis* » على تراكيز مختلفة على الخصائص الغذائية لحساء الخضر المجفف « JUMBO » .

جرعة السبي غولين المضافة إلى حساء الخضر المجفف تتعلق بشدة اللون الأخضر للسبي غولين و قدرتها القوية على التلوين, ما منعنا من تجاوز تركيز مرتفعة , و إلا فان منتجنا يخاطر باستبعاده من طرف المستهلك بسبب التغير الملحوظ في خصائصه الحسية.

التحليل الفيزيوكيميائية المجرات سمحت لنا باستنتاج أن اضافة سبي غولين على تراكيز مختلفة , إلى المنتج , يؤدي إلى زيادة نسبة البروتينات حسب الكمية المضافة , حيث , هذه الزيادة نافعة جدا للحساء الفقير أصلا من البروتينات. بالمقابل فان نسبة السكريات العامة في الحساء تتناقص بقليل مع زيادة جرعة السبيغولين. استطعنا أن نلاحظ أن pH منتجنا الذي كان نوعا ما حمضي في الأصل أصبح نسبيا معتدل بعد إضافة الطحلب. استنتجنا أيضا أن العينات الشاهدة للحساء المغنى تحتوي على قيمة حريرية قليلة, مع ذلك فان استهلاكها يؤدي إلى الشبع بسرعة, هذه القيمة مصدرها خاصة التراكيز العالية من السكريات العامة.

من جهة أخرى, التحليل الميكروبيولوجية المنجزة على العينة شاهد و العينة المغناة تبين الغياب التام للجراثيم الممرضة, لكن لوحظت مستعمرات العفن , مع ذلك هذه القيم تبقى في حدود الطبيعي , ما يدل على أن الحساء المدروس و السبيغولين المستعملة لا يشكلان أي خطر على صحة المستهلك , و صنعا في شروط و ظروف سلامة جيدة.

كلمات المفتاح :

شربة , حساء , مجفف , سبيغولين , تجفيف و تمييه

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce au Dieu tout puissant, de m'avoir donné la force nécessaire pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier en premier lieu M<sup>me</sup> Doumandji Amel, Maître de conférences A à l'université Saad Dahlab à Blida pour avoir accepté de m'encadrer et pour m'avoir permis de bénéficier de son aide tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie également :

La présidente de jury ainsi que les membres de jury pour leurs disponibilités et pour m'avoir honoré et accepté d'examiner ce modeste travail.

M<sup>me</sup> Heryouk Baya, Directrice de wilaya, de développement industriel et de la promotion de l'investissement pour sa compréhension, et pour m'avoir consacré le temps, pour que je puisse poursuivre mes études.

M<sup>me</sup> Hamerouche Djazia ingénieur d'état en agronomie, pour ses conseils, son aide et sa compréhension.

Je tiens à exprimer mes remerciements distingués à M<sup>r</sup> le commandant Bourbaba Nasre Eddin pour m'avoir accueilli dans le laboratoire régionale de l'intendance, et pour avoir mis à ma disposition la bibliothèque et tout le matériel disponible du laboratoire, aussi bien pour le service microbiologique, que physico-chimique, je remercie également tout le personnel de laboratoire pour sa considérable aide qu'il m'a attribué.

En fin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## *DEDICACE*

*Je dédie ce mémoire à mes irremplaçables parents*

*A mes frères*

*A ma sœur*

*A mes nièces*

*A ma belle sœur et mon beau frère*

*A ma grande famille*

*A mes fidèles amies*

*A tous ceux qui me sont chers*

*A tous ceux qui voulaient m'aider*

*A tous ceux qui me faisaient confiance et croyaient à mes capacités*

*A tout ce qui lis cette dédicace*

*A moi-même*

*Je vous aime tous*

*Fidèlement Imane*

# SOMMAIRE

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

## **Synthèse bibliographique**

### Chapitre I

#### Le velouté de légumes déshydraté

I -1 - Généralités.....	3
I -2 - Définitions.....	4
I -3 - Bref historique.....	4
I -4 - Classification.....	5
I -5 - Composition.....	5
I -6 - Technologie de fabrication.....	6
I -7- Formulation.....	11
I -8- Conditionnement.....	13
I -9- Conservation et stockage.....	13
I -10- Opération de reconstitution.....	13
I -11- Propriétés technologiques des poudres.....	14
I -12- Intérêts de la soupe de légumes déshydratée.....	15
I -13- Régime alimentaire et soupe.....	16
I -14- Points faibles de la soupe de légumes déshydratée.....	16

### Chapitre II

#### La Spiruline

II -1- Généralités.....	17
II -2- Qu'est-ce que la spiruline ? .....	18
II -3- Taxonomie.....	18

II -4- Répartition géographique.....	19
II -5- Morphologie et caractères généraux.....	19
II -6- La valeur nutritionnelle de la spiruline.....	20
II -7- La toxicité potentielle de la spiruline.....	30
II -8- Potentialités et utilisations de la spiruline.....	30
II -9- Spiruline et législation.....	32
II -10- Conservation de la spiruline.....	33

## Partie expérimentale

### Chapitre I

#### Matériel et méthodes

I -1- Objectif de l'étude.....	35
I - 2 Présentation de velouté de légumes « JUMBO ».....	35
I -3- Présentation de la spiruline « <i>Arthrospira platensis</i> ».....	42
I -4- Incorporation de la spiruline dans le velouté de légumes déshydraté.....	43
I -5- Méthodes d'analyses.....	46

### Chapitre II

#### Résultats et discussions

II -1- Incorporation de la spiruline dans la soupe « JUMBO ».....	68
II -2- Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'échantillon témoin de la soupe « JUMBO » et sur la même soupe enrichie en spiruline.....	69
II -2- Résultats des analyses microbiologiques.....	76
Conclusion.....	80

## Table des matières

Résumé	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des abréviations et sigles	
Introduction .....	1

### SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUE

#### CHAPITRE I : Le velouté de légumes déshydraté

I.1. Généralités.....	3
I.2. Définitions.....	4
I.3. Bref historique .....	4
I.4. Classification .....	5
I.5. Composition.....	5
I.6. Technologie de fabrication.....	6
I.6.1. Séchage sur cylindre.....	6
I.6.2. Atomisation.....	7
I.6.3. Lyophilisation.....	8
I.7. Formulation.....	11
I.8. Conditionnement.....	13
I.9. Conservation et stockage.....	13
I.10. Opération de reconstitution.....	13
I.11. Propriétés technologiques des poudres.....	14
I.11. 1. Mouillabilité.....	14
I.11. 2. Solubilité.....	14
I.11. 3. Dispersibilité.....	15
I.12. Intérêts de la soupe de légumes déshydratée.....	15
I.13. Régime alimentaire et soupe.....	16
I.14. Points faibles de la soupe de légumes déshydratée.....	16
I.14.1. Perte d'arômes.....	16
I.14. 2. Trop salées.....	16

#### CHAPITRE II : La spiruline

II.1. Généralités.....	17
II.2. Qu'est-ce que la spiruline ?.....	18
II.3. Taxonomie.....	18
II.4. Répartition géographique.....	19
II.5. Morphologie et caractères généraux.....	19

II.6. La valeur nutritionnelle de la spiruline.....	20
II.6.1. Composition en protéines et acides aminés.....	21
II.6.2. Composition en lipides.....	23
II.6.2.1. Les acides gras.....	23
II.6.2.2. La fraction insaponifiable.....	25
II.6.3. Composition en glucides.....	25
II.6.4. Composition en vitamines.....	26
II.6.5. Composition en minéraux et oligo-éléments.....	27
II.6.6. Composition en pigments.....	28
II.6.7. Composition en acides nucléiques.....	29
II.6.8. Les enzymes.....	30
II.7. La toxicité potentielle de la spiruline.....	30
II.8. Potentialités et utilisations de la spiruline.....	30
II.9. Spiruline et législation.....	32
II.10. Conservation de la spiruline.....	33

## PARTIE EXPERIMENTALE

### CHAPITRE I : Matériel et Méthodes

I.1. Objectif de l'étude.....	35
I - 2 Présentation de velouté de légumes « JUMBO ».....	35
I.2.1. Nature, origine et aspect.....	35
I.2.2. Composition.....	36
I.2.3. Présentation des légumes qui sont à la base de la soupe.....	37
I.2.3.1. La carotte : <i>Daucus carota L.</i> .....	38
I.2.3.2. Le poireau : <i>Allium porrum</i> (Liliacée).....	38
I.2.3.3. Chou de Bruxelles : <i>Brassica oleracea var. bullata germmifera</i> .....	39
I.2.3.4. La pomme de Terre.....	40
I.2.3.5. La tomate : <i>Lycopersicom esculentum</i> .....	41
I.2.4. Additifs de fabrication.....	41
I.2.5. Technologie de fabrication.....	42
I.3. Présentation de la spiruline « <i>Arthrospira platensis</i> ».....	42
I.4. Incorporation de la spiruline dans le velouté de légumes déshydraté.....	43
I.5. Méthodes d'analyses.....	46
I.1.1. Échantillonnage.....	46
I.5.2. Analyses physico-chimiques.....	46
I.5.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	46
I.5.2.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH).....	48

I.5.2.3. Détermination de la teneur en azote en vue du calcul de la teneur en protéines brutes.....	49
I.5.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse.....	50
I.5.2.5. Détermination de la matière minérale.....	51
I.5.2.6. Dosage des glucides.....	53
I.5.2.7. Détermination de la teneur en chlorures.....	55
I.5.3. Analyses microbiologiques.....	56
I.5.3.1. La préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique.....	57
I.5.3.2. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux...	58
I.5.3.3. Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	60
I.5.3.4. Le dénombrement des bactéries sulfito-réductrices.....	62
I.5.3.5. Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	63
I.5.3.6. Dénombrement des levures et moisissures.....	64
I.5.3.7. Méthode horizontale pour la recherche des Salmonella.....	66

## **CHAPITRE II : Résultats et Discussions**

II.1. Incorporation de la spiruline dans la soupe « JUMBO ».....	68
II.2. Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'échantillon témoin de la soupe « JUMBO » et sur la même soupe enrichie en spiruline.....	69
II.2.1. Le taux d'humidité.....	70
II.2.2. Le pH.....	71
II.2.3. Les protéines.....	72
II.2.4. Les glucides.....	73
II.2.5. Les matières grasses.....	73
II.2.6. Les éléments minéraux.....	74
II.2.7. La teneur en chlorure de sodium.....	75
II.2.8. Apport calorique.....	75

### II -2- Résultats des analyses microbiologiques

#### **Conclusion et perspectives**

#### **Références bibliographiques**

#### **Table des matières**

#### **Annexes**

#### **Lexique**

## Liste des tableaux

Tableau 1 ♦ Bref historique sur la soupe déshydratée.....	4
Tableau 2 ♦ Composition nutritionnelle de velouté de légumes déshydraté.....	5
Tableau 3 ♦ Les conditions de séchage conseillées pour un certain nombre de produits.....	9
Tableau 4 ♦ Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs utilisés dans la fabrication de velouté de légumes déshydraté.....	10
Tableau 5 ♦ Composition nutritionnelle pour 100 g de Spiruline.....	21
Tableau 6 ♦ Pourcentage moyen des acides aminés de <i>Spirulina platensis</i> selon différents auteurs et de <i>Spirulina mexican</i> déaprès Borowitzka.....	22
Tableau 7 ♦ Composition typique en pourcentage des principaux acides gras de trois espèces de spiruline.....	24
Tableau 8 ♦ Teneur en vitamines en µg/g de matière sèche de spiruline.....	26
Tableau 9 ♦ Composition en minéraux de la spiruline cultivée en µg/g de sa matière sèche.....	27
Tableau 10 ♦ Teneurs en pigments exprimées en mg pour 10g de matière sèche de <i>Spirulina platensis</i> .....	29
Tableau 11 ♦ La composition du velouté de légumes selon l'étiquette.....	37
Tableau 12 ♦ Composition approchée et valeurs énergétiques en g pour 100 g de matière fraîche.....	39
Tableau 13 ♦ Composition du chou de Bruxelles frais pour 100 g de partie comestible.....	39
Tableau 14 ♦ Composition chimique du tubercule de pomme de Terre pour 100 g de produits frais.....	40
Tableau 15 ♦ Composition en glucides du tubercule.....	41
Tableau 16 ♦ Différentes concentrations la spiruline incorporée dans le velouté de légumes déshydraté.....	44
Tableau 17 ♦ Résultats des analyses physico-chimiques.....	69

Tableau 18 ♦ Résultats des analyses microbiologiques.....	76
Tableau 19 ♦ Table des valeurs des sucres totaux pour 25 ml de réactif Luff-Schoorl.....	Annexe A
Tableau 20 ♦ Composition de la gélose PCA .....	Annexe B
Tableau 21 ♦ Composition di milieu sélectif solide (VRBL).....	Annexe B
Tableau 22 ♦ Composition de milieu de culture (TSC).....	Annexe B
Tableau 23 ♦ Composition de la gélose OGA.....	Annexe B
Tableau 24 ♦ Composition de l'eau peptonée tamponnée.....	Annexe B
Tableau 25 ♦ Composition de Bouillon Muller-Kauffmann au tétrathionate-novobiocine ( MKTTn).....	Annexe B
Tableau 26 ♦ Composition de la Gélose xylose lysine désoxycholate (gélose XLD).....	Annexe B

## Liste des figures

Figure 1 ♦ Schéma de principe de séchage sur doubles cylindres.....	7
Figure 2 ♦ Schéma d'un atomiseur.....	8
Figure 3 ♦ Schéma d'un lyophilisateur.....	9
Figure 4 ♦ Schéma technologique de fabrication des potages en boites et déshydratés.....	12
Figure 5 ♦ La spiruline.....	18
Figure 6 ♦ Différentes formes prises par la Spiruline.....	19
Figure 7 ♦ Différentes formes commercialisées de spiruline.....	32
Figure 8 ♦ Spiruline déshydratée.....	33
Figure 9 ♦ La soupe de légumes déshydratée « JUMBO ».....	36
Figure 10 ♦ La spiruline utilisée.....	43
Figure 11 ♦ Schéma de l'incorporation de la spiruline à différentes concentrations au velouté.....	45
Figure 12 ♦ Étuve de séchage réglée à 103°C.....	47
Figure 13 ♦ Dessiccateur.....	47
Figure 14 ♦ Mesure de pH de la soupe enrichie.....	48
Figure 15 ♦ Appareil soxhlet.....	51
Figure 16 ♦ Rotavapeur pour extraction du solvant.....	51
Figure 17 ♦ Diluions mères $10^{-1}$ .....	58
Figure 18 ♦ Dilutions décimales.....	58
Figure 19 ♦ Ensemencement du milieu VRBL par l'inoculum.....	61
Figure 20 ♦ Hôte à flux laminaire.....	61
Figure 21♦ Jarres pour anaérobiose.....	63
Figures 22 ♦ Soupe enrichie en spiruline à différentes concentrations.....	68

Figure 23 ♦ Courbe de la teneur en protéines dans la soupe « JUMBO » en fonction de la concentration en spiruline incorporée.....	72
Figure 24 ♦ Dosage des cendres.....	74
Figure 25 ♦ Précipitation des chlorures.....	75
Figure 26 ♦ Dénombrement des colonies des GAMT.....	77
Figure 27 ♦ Absence de colonies de coliformes.....	77
Figure 28 ♦ Colonies dénombrées de moisissures.....	77
Figure 29 ♦ Balance analytique.....	Annexe A
Figure 30 ♦ Four à moufle.....	Annexe A
Figure 31 ♦ Représentations graphiques de la composition nutritionnelles de la soupe « JUMBO », témoin et enrichie en spiruline à différentes concentrations.....	Annexe A
Figure 32 ♦ Bain Marie.....	Annexe B

## LISTE DES ABREVIATIONS

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**AHF** : Aliments à humidité faible

**AJC** : Apports journaliers conseillés

**AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché

**A<sub>w</sub>** : Activité de l'eau (Activity of water)

**BMAA** : Beta-N-methylamino-L-alanine

**BNE** : Brunissement non enzymatique

**°C** : Degré celsius

**C.A.C.Q.E** : Centre Algérien du Contrôle de Qualité et de l'Emballage

**CEE** : Communauté Economique Européenne

**DM** : Dilution mère

**DTS** : Dispersion des temps de séjour

**GAMT** : Germes Aérobie Mésophiles Totaux

**g** : Gramme

**h** : Heure

**H** : Humidité

**IAA** : Industrie Agro-alimentaire

**ISO** : International Standard Organisation

**Kcal** : kilocalorie

**Kg** : kilogramme

**Kj** : kilojoule

**m** : Mètre

**MKTTn** : Muller Kauffmann au Tétrathionate novobiocine

**mm** : Millimètre

**M<sub>m</sub>** : Masse molaire

**MS** : Matière sèche

**NA** : Norme Algérienne

**NF** : Norme Afnor

**ONS** : Office National des Statistiques

**PCA** : Plat Count Agar

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**RS** : Résidu Sec

**RVS** : Rappaport Vassilias avec Soja

**t** : Tonne

**T** : Température

**TSC** : Tryptose Sulfite à la Cyclosérine

**TSE** : Tryptone Sel Eau

**U** : Unité

**UFC** : Unité formant une colonie

**XLD** : Xylose Lysine Désoxycholate

**µg** : Microgramme

**µm** : Micromètre

## INTRODUCTION

**La prise en compte des services liés à la restauration** caractérisant le passage dans le système alimentaire du stade agro-industriel vers le stade agro-tertiaire a permis le développement de nouvelles entreprises. L'intégration de la cuisson a conduit aux **produits de cinquième gamme** qui sont des préparations, d'origine animale ou végétale, cuisinées, cuites et présentées sous vide. Les produits déshydratés et les produits à humidité intermédiaire telles les soupes et les plats cuisinés constituent les **produits de sixième gamme** dont la préparation est aussi immédiate et rapide (Siret, 2000).

Au fil du temps, les soupes se sont adaptées aux besoins des consommateurs et il en existe actuellement une multitude, sous diverses formes déshydratées, en boîte, liquides en briques ou en bouteilles, liquides au rayon frais. Néanmoins, ce mémoire se limitera à l'analyse de la soupe de légumes déshydratée. Cette dernière, préparée en déshydratant les légumes, abaissant ainsi leur  $A_w$  et les formulant ensuite selon des fiches spécifiques, tout en essayant de garder leur valeur nutritionnelle et les protégeant des altérations d'origine microbienne, enzymatique, physico-chimique, Elle est ainsi très pratique, mais cela constitue-t-il son seul avantage ? Quels sont les désavantages de l'usage de telle préparation industrielle ? Peut-on l'enrichir avec de la spiruline entre autres compléments alimentaires pour améliorer ses caractéristiques nutritionnelles ?

La spiruline est l'un des compléments alimentaires très connus, c'est d'abord l'impressionnante teneur en protéines des spirulines, ainsi que leur vitesse de croissance, dans des milieux totalement minéraux, qui ont attiré l'attention des chercheurs, comme des industriels. Au cours d'analyses plus approfondies, nombre de points particulièrement intéressants sur le plan nutritionnel sont apparus : composition protéique équilibrée, présence de lipides essentiels rares, de nombreux minéraux et vitamines (Ciferri, 1983). Cultivée en milieu naturel (Indo-Pacifique, Atlantique subtropical), la spiruline ne peut l'être que sous serre en zone tempérée comme la Méditerranée.

Certaines propriétés physiques de la spiruline ont été déterminées afin d'en faciliter l'usage dans l'industrie alimentaire (Chronakis, 2001).

On notera aussi l'intérêt manifesté pour la spiruline dans le domaine des « alicaments » : l'ajout de spiruline dans certains produits laitiers industriels a été envisagé (Varga, 2002). L'introduction de spiruline dans des aliments pour enfants a également fait l'objet de recherches et depuis quelques années, une série de formulations de farines de sevrage contenant de la spiruline sont apparues dans divers pays : farine « Xeweul » au Sénégal (Simpore, 2006).

L'acceptabilité alimentaire de la spiruline a longtemps constitué un contre-argument systématique et à priori à son introduction dans les programmes nutritionnels. L'intensité de sa couleur verte et son extrême pouvoir colorant sur d'autres aliments l'empêche d'être « dissimulé » dans une préparation culinaire (Picard, 1993).

Face aux exigences sans cesse croissantes des consommateurs est ce bouleversement de mentalités, peut-on croire en un avenir prometteur pour la soupe de légumes déshydratée enrichie en spiruline ? Existe-t-il des formulations réalisables et applicables ? Quels sont-elles et sont-elles adaptées ?

Pour tenter de répondre à ces interrogations, nous allons orienter notre étude selon quatre points. Dans un premier temps, nous expliquerons les notions relatives aux soupes de légumes déshydratées. Puis la description et la fabrication de ce produit, sous sa forme déshydratée, seront proposés, accompagnés des outils de la qualité que chaque producteur applique en interne, selon les recommandations de la législation. Ceci nous permettra de nous familiariser avec la soupe de légumes déshydratée et de mieux comprendre les éléments qui l'opposent à son principal adversaire qu'est la soupe fait maison. Ensuite nous parlerons sur la fameuse algue utilisée comme complément alimentaire « la spiruline », sa taxonomie, sa morphologie, son utilisation, ses bienfaits et surtout son importance nutritionnelle. Enfin nous proposerons des idées de revalorisation de notre produit déshydraté, par adjonction d'une très petite quantité de spiruline. Ces propositions permettraient de renforcer la position de notre produit sur un secteur fortement concurrencé.

L'objectif de ce travail est d'essayer de répondre à cette problématique posée, par l'évaluation de l'intérêt nutritionnel que va ajouter la spiruline au velouté de légumes déshydraté tout en effectuant des analyses physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques.

## I.1. GENERALITES

Les légumes sont peu caloriques, et apportent fibres, vitamines, micronutriments, antioxydants, nécessaires pour protéger notre organisme contre certaines maladies, pour faire le plein de santé.

Les experts nous recommandent de consommer entre 400 et 800 g de fruits et légumes chaque jour, répartis sur chaque repas, ce qui représente entre cinq et 10 portions par jour, Il s'agit de jouer sur la complémentarité des fruits et des légumes. Une portion de fruits ou de légumes correspond à environ 80 g.

La soupe fait partie des mœurs alimentaires depuis que l'homme maîtrise le feu. Les soupes sont généralement bien appréciées, surtout en hiver, dans notre société où la population active mange régulièrement à l'extérieur du domicile. Toutes participent aux apports hydriques dont le besoin journalier pour un adulte est 1-1,5 L.

Quoi de plus réconfortant qu'un bol de soupe fumant quand arrive l'automne ! Bien sûr, rien ne vaut le goût et la valeur nutritionnelle d'une bonne soupe maison faite à partir de vrais légumes. Mais pour dépanner, les soupes commerciales peuvent s'avérer très pratiques. La soupe de légumes déshydratée est un aliment transformé, une soupe commerciale. À l'épicerie, les soupes commerciales occupent de plus en plus d'espace et ne cessent de se diversifier.

Pour les veloutés de légumes déshydratés, le qualificatif « déshydraté » peut être accompagné ou remplacé par le qualificatif « instantané » ou toute autre mention analogue selon le procédé de déshydratation utilisé. En effet, on distingue les soupes instantanées où l'eau est ajoutée bouillante à la poudre (sans cuisson) et les préparations à cuire pour lesquelles la poudre se délaye dans l'eau froide puis le mélange est porté à ébullition. Leurs méthodes de fabrication ne divergent pas.

Il n'existe aucun texte conventionnel définissant l'appellation velouté de légumes déshydraté. Chacun possède donc son propre savoir-faire, et garde secrète la recette qui le rend célèbre.

Des poudres existent en velouté déshydraté, donnant des soupes au goût de légumes, contenant des dextrans, des glucides, des sels minéraux, des additifs acidifiants, stabilisants, antioxydants, des arômes artificiels et naturels, des colorants (Vierling, 2008).

**La prise en compte des services liés à la restauration** caractérisant le passage dans le système alimentaire du stade agro-industriel vers le stade agro-tertiaire a permis le développement de nouvelles entreprises. L'intégration de la cuisson a conduit aux **produits de cinquième gamme** qui sont des préparations, d'origine animale ou végétale, cuisinées, cuites et présentées sous vide.

Les produits déshydratés et les produits à humidité intermédiaire telles les soupes et les plats cuisinés constituent les **produits de sixième gamme** dont la préparation est aussi immédiate et rapide (Siret, 2000).

## I.2. DEFINITIONS

**Bouillon** : Aliment liquide obtenu en faisant bouillir dans l'eau de la viande, des légumes.

**Potage** : Bouillon dans lequel on fait cuire de la viande, des légumes ou des pâtes alimentaires ou autre ingrédient.

**Soupe** : Potage ou bouillon épaissis avec des tranches de pain, des légumes.

**Velouté** : Potage rendu onctueux par ajout de crème (Larousse, 1983).

*NB : la définition d'aliments déshydratés s'applique au velouté de légumes déshydraté.*

Comme le terme l'indique, il s'agit d'**aliments** bruts ou préparés qui ont été privés d'une partie plus ou moins importante de leur eau de constitution. Le résultat de cette **déshydratation** est que les enzymes et les micro-organismes ne peuvent plus agir car il n'y a plus l'eau nécessaire à leur action. Donc pas de fermentation possible et une durée de conservation quasiment illimitée (Chatelan et Duboule, 2008).

Les aliments déshydratés sont des produits formulés, issues d'une réflexion et d'un calcul initial de composition, combiné à une technologie de préparation pour conférer à la poudre finale la fonction désirée (Melcion, Ilari et al., 2003)

## I.3. BREVE HISTORIQUE

Le tableau suivant synthétise l'historique de la soupe déshydratée en Europe jusqu'à l'année 2004.

Tableau 1 ♦ Bref historique sur la soupe déshydratée (Chatelan et Duboule, 2008).

Année	Production
1873	Production et vente des premières soupes déshydratées en Allemagne par Knorr.
1886	Lancement des potages « à la minute » par Maggi, sous forme de « rouleaux ». Mise en vente des soupes en briques, en France, par Knorr.
1922	Commercialisation d'une nouvelle variante de conditionnement des soupes déshydratées par Knorr : emballage en forme de « saucisses ».
1950	Début de la soupe en boîte par Liebig.
1986	Paysage du marché des soupes bouleversé par Liebig qui commercialise le potage conditionné en briques aseptiques. Puis arrivée sur le marché d'autres industriels et diversification de l'offre.
2004	Développement d'une gamme « Légère » par Liebig avec des recettes de soupes déshydratées faibles en matières grasses et en calories.

## I.4. CLASSIFICATION

En fonction de la capacité à résister aux altérations biochimiques, enzymatiques et/ou microbiennes on peut les classer parmi les denrées non périssables qui se conservent à température ambiante ; et selon les transformations effectuées sur un aliment avant sa distribution, on les classe parmi les produits alimentaires finis qui sont aussi « prêts à l'emploi » mais surtout « prêts à être consommés » après une remise en température (Murat, Tisset et *al*, 2004).

## I.5. COMPOSITION

Il n'existe pas de recette industrielle universelle. En effet, chaque fabricant utilise les ingrédients, les légumes et le process qu'il pense être les meilleurs. De plus, certains ajouteront des additifs ou des auxiliaires technologiques.

Chaque velouté de légumes déshydraté a sa propre composition, cette dernière varie suivant, la qualité de la matière première (les légumes) et les ingrédients entrants dans sa formulation, la technique appliquée, la formulation, la destination de l'aliment.

Un velouté de légumes déshydraté se compose généralement de la matière première : les légumes et d'autres ingrédients et additifs ayant un rôle technologique défini. (Tableau 2).

Tableau 2 ♦ Composition nutritionnelle de velouté de légumes déshydraté (Feinberg, Favier et *al.*, 1993).

	Soupe, tomates et légumes déshydratés
Glucides	56,9 %
Cendres	19,54 %
Protéines	11,73 %
Lipides	5,09 %
Eau	3,73 %
Fibres	3 %
Energie	325 kcals

## I.6. TECHNOLOGIE DE FABRICATION

Plusieurs technologies sont applicables à la fabrication de soupes déshydratées, mais toutes sont basées sur l'évaporation de l'eau. En terme général elles comportent : la préparation des légumes à sécher qui dépend de la formule choisie par le fabricant et de la technologie disponible, le séchage proprement dit, selon la technologie choisie, conditionnée par la sensibilité de légumes à la chaleur, la consommation d'énergie par kilo d'eau évaporée, et comme dernière étape le conditionnement de la poudre obtenue (Espiard, 2002).

Les légumes frais sont triés, lavés, coupés, blanchis puis séchés ; pour cela les légumes sont soumis progressivement à un flux d'air de plus en plus sec. L'appareil peut être un four-tunnel ou une colonne portant des plateaux dont la durée totale de la déshydratation est de 3 h 30. Par ces procédés l'humidité des légumes est portée à 10% environ ; alors que l'humidité des légumes lyophilisés est abaissée jusqu'à 1%. Par la suite, les légumes sélectionnés sont broyés, mélangés selon la formulation de la recette choisie par le fabricant, additionnés d'autres composés, le mélange doit être aseptiquement conditionné (Trimolières et al, 1980).

Les techniques de séchage les plus utilisées pour la préparation de velouté de légumes déshydraté sont :

### I.6.1. Séchage sur cylindre

Il s'agit d'une technique de séchage de liquides visqueux, ou pâteux, en continu et par ébullition, le plus souvent à pression atmosphérique. Elle s'applique à certains produits tels que les purées de pommes de terre instantanées, les soupes instantanées, l'amidon, les farines infantiles et certains laits spéciaux.

L'appareil industriel consiste en un cylindre à axe horizontal chauffé à l'intérieur par de la vapeur aux environs 150°C. Le liquide pâteux est appliqué en couche mince sur la surface chaude du cylindre et sèche rapidement grâce à un apport de chaleur par conduction. Il est détaché après environ 3/4 de tour par un couteau racleur.

L'élimination de l'eau libre est très rapide et se fait par ébullition à un peu plus de 100°C. Cette phase est suivie d'un séchage à vitesse ralentie par entraînement, au cours de laquelle la température du produit augmente, ainsi que la résistance thermique de la couche de produit qui devient limitante. Le flux évaporatoire est environ, en moyenne, de 50 kg eau/m<sup>2</sup>/ h, ce qui permet d'évaporer environ 1 t eau/h sur un cylindre industriel.

La consommation énergétique est peu élevée, de l'ordre de 1,1 kg vapeur/kg eau évaporée, soit environ 2 500 kJ/kg eau évaporée. En outre, le produit de départ peut être plus concentré que pour le séchage en atomiseur, par exemple, d'où une dépense énergétique moindre si on la rapporte au tonnage de matière sèche.

# Chapitre I : Le velouté de légumes déshydraté

La qualité des produits ainsi séchés peut être préservée, si le temps de séjour sur le cylindre est faible, donc si les couches enduites sont fines et la concentration initiale élevée (Figure 1). Un tel procédé a l'avantage de ne présenter aucune dispersion des temps de séjour. Les produits obtenus sont poreux, du fait de l'ébullition, et ne nécessitent aucun post traitement (Bonazzi et Bimbenet, 2002).

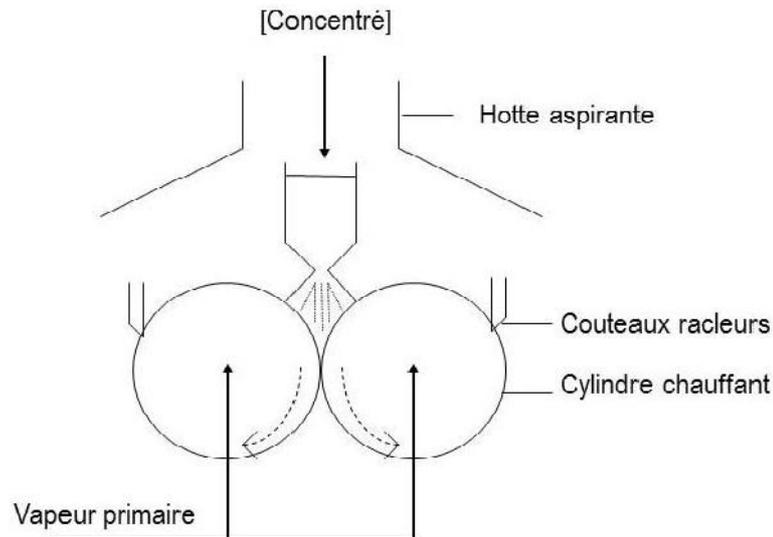


Figure 1 ♦ Schéma de principe du séchage sur doubles cylindres (Jeantet et *al.*, 2006)

## I.6.2. Atomisation

Cette technique très ancienne, encore appelée « pulvérisation » peut être utilisée dans la fabrication du velouté de légumes déshydraté. Le principe de la technique consiste à pulvériser le produit, en fines gouttelettes de manière à former une sorte de brouillard, dans un courant d'air chauffé, ce qui permet un séchage très rapide par la création d'une grande surface de contact air-liquide, l'air sert à la fois de fluide caloporteur et de gaz vecteur pour l'eau enlevée : entrant chaud et sec dans la tour de séchage, il ressort humide et moins chaud, par conséquent les gouttelettes liquides se transforment en particules solides séparées de l'air usé (Mafart, 1997).

Cette technique est limitée par un plafond de teneur en matière sèche du produit à traité, au-delà duquel il devient trop visqueux pour être atomisé. Celle-ci oscille entre 30 et 50%.Egalement il y a lieu de tenir compte aussi de l'oxydabilité du produit à l'air car elle reste dépendante de l'humidité et de la température de l'air admis dans l'appareil (Espiard, 2002).

Une opération de séchage par atomisation permet d'avoir directement des particules plus lourdes (Bayvel et Orzechowski, 1993 ; Masters, 1988) et de tailles plus importantes qui développent une meilleure capacité de réhydratation par rapport à une poudre conventionnelle, quoique la vitesse de réhydratation reste encore faible.

Ces installations peuvent traiter jusqu'à 20 à 30 t/h de concentré, soit une capacité évaporatoire de 10-15 t/h (Figure 2) (Bonazzi et Bimbenet, 2002).

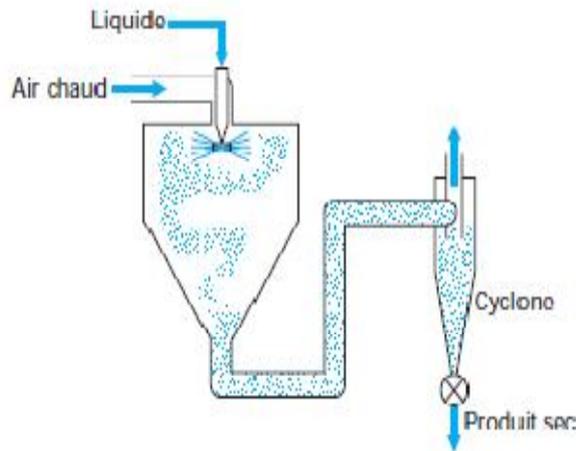


Figure 2 ♦ Schéma d'un atomiseur (Bonazzi et Bimbenet, 2002)

### I.6.3. Lyophilisation

Autrefois appelée cryodessiccation, la lyophilisation est un procédé de séchage dont le principe consiste à sublimer la glace d'un produit congelé : l'eau du produit passe directement de l'état solide à l'état de vapeur (Mafart, 1997).

Souvent un mélange de produits séchés selon un autre procédé avec un relativement faible pourcentage de lyophilisés permet de donner le parfum et la saveur d'un légume frais à l'ensemble (Espiard, 2002). Le cycle de séchage se déroule en deux phases :

- La phase de sublimation proprement dite, encore appelée « dessiccation primaire », élimine environ 90% de l'eau, ce qui amène le produit à une humidité de l'ordre de 15%.
- La phase de « dessiccation secondaire » ou « désorption », qui élimine les 10% d'eau liée restant et qui peut aboutir à un produit d'une humidité atteignant 2%. Cette phase consiste en une vaporisation sous vide, à température supérieure à 20°C.

En dehors du fameux café en poudre lyophilisé, du séchage de certains champignons, de petits légumes etc., le volume de produits traités par lyophilisation reste limité (Figure 3). Techniquement, la lyophilisation est un procédé remarquable, qui assure le mieux la conservation des qualités organoleptiques du produit lorsqu'il est réhydraté par le consommateur. Malheureusement, cet atout coûte très cher, non seulement en énergie, mais en investissement c'est pourquoi elle est réservée dans l'industrie agroalimentaire à certains produits à forte valeur ajoutée (Mafart, 1997).

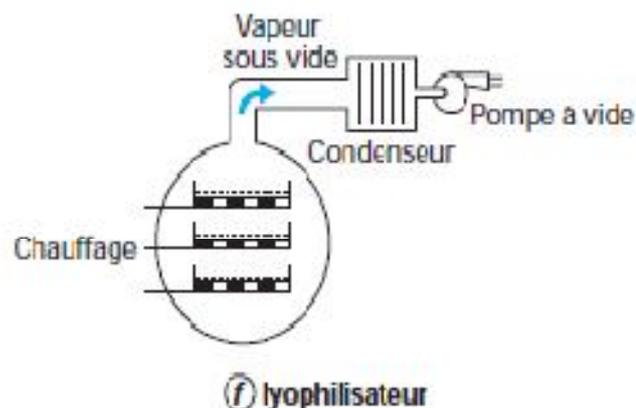


Figure 3 ♦ Schéma d'un lyophilisateur (Bonazzi et Bimbenet, 2002)

La sélection d'un séchoir doit d'abord tenir compte du comportement mécanique du produit initial (liquide/solide/pompable, fragile, etc.) et de la forme du produit final (poudre, paillettes, morceaux, etc.), de sa sensibilité à la chaleur, des modes de manipulation, des débits à traiter, de l'énergie disponible, etc. (Bonazzi et Bimbenet, 2002).

Le tableau suivant montre les conditions de séchage conseillées pour un certain nombre de produits.

Tableau 3 ♦ Les conditions de séchage conseillées pour un certain nombre de produits (Mafart, 1997).

Produits	% humidité initiale	% humidité finale	T (°C) pendant le séchage	Pré-traitement
<b>Maïs</b>	35	15	60	
<b>Carotte</b>	70	5	65	Blanchiment
<b>Abricot</b>	70-80	12-20	55	Sulfurage
<b>Plantes aromatiques</b>	80	5	55	
<b>Noix de coco</b>	50	3	60	sulfurage

Le tableau (4) résume les caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs utilisés dans la fabrication de velouté de légumes déshydraté :

## Chapitre I : Le velouté de légumes déshydraté

**Tableau 4 ♦ Caractéristiques techniques et applications des principaux types de séchoirs utilisés dans la fabrication de velouté de légumes déshydraté (Bonazzi et Bimbenet, 2002)**

Type de séchoir	Variantes	Températures de fonctionnement	Temps de séjour	Capacité de traitement	Applications
<b>Etuve</b>	-Chariots -Séchage + fumages	< 70 – 80°C	30 mn à qq.heures voire qq. jours	Très variable selon les produits	Fruits, légumes, viandes, poissons
<b>Tapis</b>	Tapis agencés en séries, ou superposés	-30 à 200°C -Ajustable selon le produit -Refroidissement en fin de séchage	qq. s à qq. Mn, voire qq.heures	-1 à 50 kg eaux/h/m <sup>3</sup> de séchoir	Fruits et légumes, herbes et plantes médicinales, gélatine, pulpe de betterave, biscuits
<b>Lit fluidisé</b>	-Lit vibre -Lit à échangeurs immergés -Lit en fontaine	50 à 200°C	2 à 60 mn	30 à 200 kg eau/h/m <sup>2</sup> de sole	Levures, caséine, légumes, graines, poudres à post-sécher et/ou à agglomérer
<b>Cylindre chauffant</b>	Bi- ou multi-cylindres	100 à 180°C	3 à 30 s	15 à 40 kg eau/h/m <sup>2</sup> de contact	Flocons de pomme de terre, farines infantiles instantanées, soupes
<b>Lyophilisateur</b>	-A chariots -Pulvérisation + lyophilisation (café, thé, lait) (rare) -à pression atmosphérique	-Produit froid : - 10 à - 40°C Tmax en surface 30°C à 90°C -P : 10 à 300 Pa	-10 à 72 h -30 à 40 h en général	0.1 à 0.5 kg eau/h/m <sup>2</sup> de plateau	Champignons, morceaux de fraises, oignons, herbes aromatiques, café
<b>Séchoir par pulvérisation</b>	-Avec lit (vibro.)fluidisé pour agglomération -Avec lit fluidisé ou séchoir flash pour post-séchage -VES à la place de l'air	-Entrée : 100°C à 600°C -sortie : 60°C à 200°C	10 à 30 s	1 à 30 kg eaux/h/m <sup>3</sup> de séchoir	Lait, lactosérum, café, thé, jus de fruits, levures

### I.7. FORMULATION

La variabilité potentielle de conception et de création de veloutés de légumes déshydratés apparaît énorme, mais ils ont tous en commun une opération centrale de « mélange des poudres » qui justifie de leur désignation de « produits formulés ».

Il s'agit de mélanger les différents constituants provenant de plusieurs classes génériques d'opérations unitaires, préalablement préparés, rassemblés, repris sous forme généralement pulvérulente, selon la recette voulue.

Les légumes, les matières grasses, les épices et les liants nécessaires à l'élaboration d'une soupe déshydratée sont d'abord rigoureusement sélectionnés. Tous ces ingrédients sont ensuite déshydratés ou lyophilisés. Ce procédé permet de diminuer la croissance des micro-organismes et de prolonger la stabilité du produit dans le but d'améliorer sa conservation. Malgré cela, la plupart de ces soupes contiennent des conservateurs, principalement sous forme d'acidifiants et d'anti-oxydants, ainsi que d'autres additifs. La préparation est ensuite réalisée dans des mélangeurs pour garantir l'homogénéité du produit et maintenir les saveurs. Le résultat obtenu est immédiatement conditionné en sachets protecteurs spécialement étudiés pour préserver le contenu (Figure 4). Pour atteindre les qualités organoleptiques voulues, les recettes ont souvent été longuement étudiées au niveau du goût, des ingrédients et de la texture.

D'une façon globale, plus le nombre de constituants d'un mélange est élevé, et plus le mélange est délicat et susceptible d'évolutions difficilement maîtrisables.

Le développement de ces produits répond à plusieurs logiques : une meilleure adaptation aux usages ; un enrichissement de propriétés sensorielles ; une réponse à de nouvelles caractéristiques, souhaitées par les acheteurs ; une réponse à des besoins nutritionnels mieux définis ; une spécialisation dans des activités de service du type formulation ; une recherche d'une diminution de prix de revient ; une mode de l'innovation dans l'industrie alimentaire ; une récupération de valeur ajoutée par l'ajout d'un service ; une adaptation à des conditions d'usage simplifiées en milieu domestique ou industriel.

La relative facilité de mélange des poudres, et l'intérêt que peut présenter le fait de combiner plusieurs ingrédients et additifs rassemblés pour un usage bien spécifique, ont conduit à une récente floraison de produits formulés dont la composition finit par devenir extrêmement complexe (Melcion et Ilari, 2003).

# Chapitre I : Le velouté de légumes déshydraté

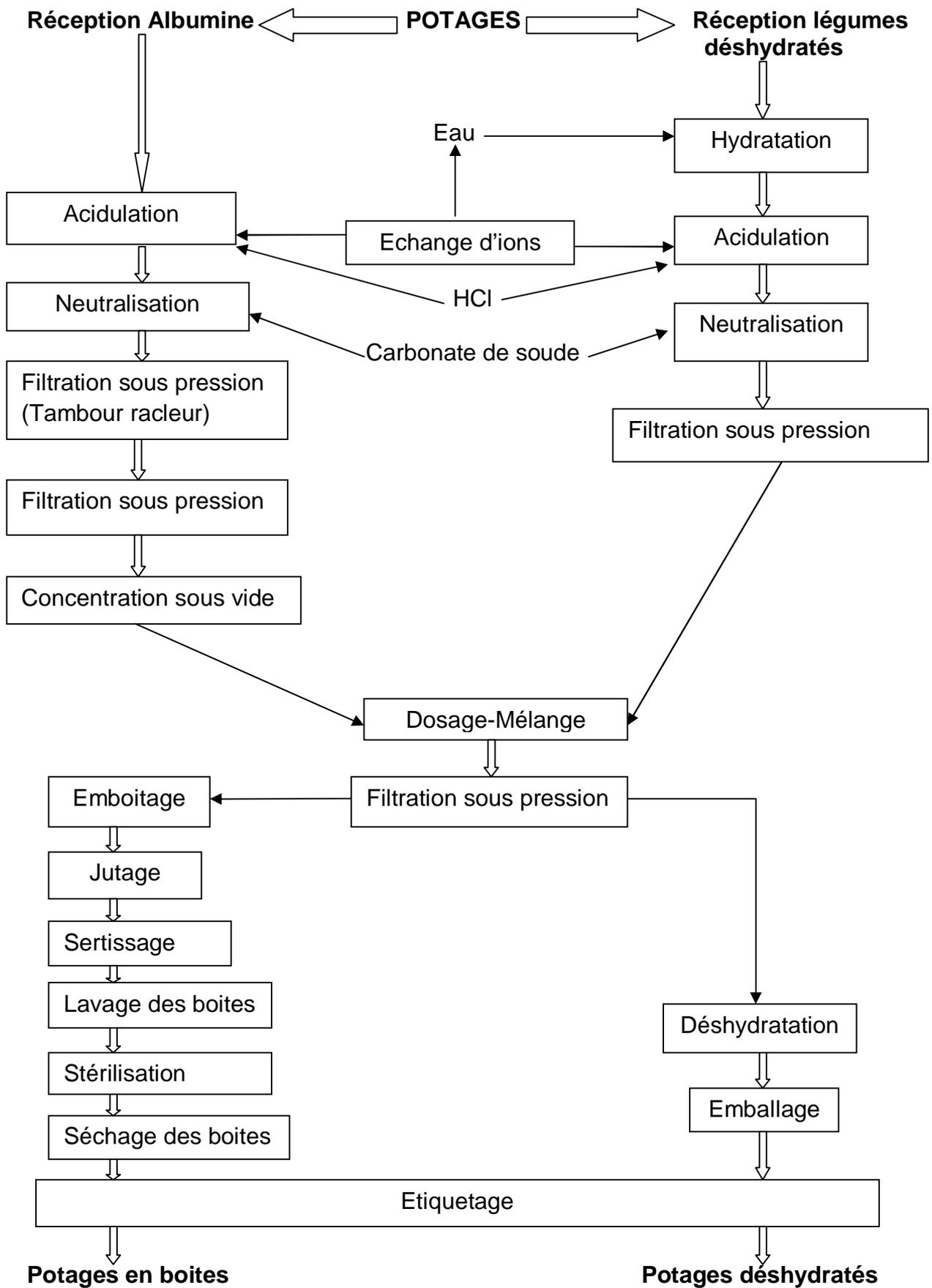


Figure 4 ♦ Schéma technologique de fabrication des potages en boîtes et déshydratés. (ISSAA-MF)

### **I.8. CONDITIONNEMENT**

Les soupes de légumes déshydratées sont conditionnées en sachets thermoscellables, étanches à l'humidité, éventuellement métallisés pour permettre l'adjonction d'un gaz inerte comme N<sub>2</sub>, le CO<sub>2</sub> ... (Tirilly et *al.*, 1999).

Le choix de l'atmosphère modifiée pour un produit donné est étroitement lié à son Aw, qui détermine sa sensibilité aux divers agents d'altération.

La durée de vie de ces produits est généralement limitée par des phénomènes d'oxydation et de rancissement de la matière grasse : l'azote, utilisé pour réduire la teneur en oxygène dans l'emballage, est donc couramment employé. L'argon peut également être choisi pour une désoxygénation performante de l'atmosphère de l'emballage. La durée de vie de ces produits stockés à température ambiante peut ainsi être triplée ou quadruplée, sans utilisation d'antioxydants.

Le conditionnement sous gaz inerte diminue les risques d'accidents (Trémolières et *al.*, 1980)

### **I.9. CONSERVATION ET STOCKAGE**

Il importe de conserver les soupes déshydratées au sec et à température ambiante modérée, il est également souhaitable de les conserver dans une pièce sèche. Il convient également de refermer très soigneusement le récipient après chaque prélèvement effectué proprement en raison de l'hygroscopicité de ces produits (Trémolières et *al.*, 1980)

### **I.10. OPERATION DE RECONSTITUTION**

Ces aliments sont utilisés ou consommés à différents niveaux de la production industrielle et de la chaîne alimentaire humaine, à la suite d'une opération de mélange à l'eau, de reconstitution qui consiste en une réhydratation de la poudre séchée par une quantité d'eau généralement équivalente à celle qui se trouvait dans le produit original.

Cette opération dépend d'une catégorie de propriétés fonctionnelles de la poudre, appelées propriétés de reconstitution : la mouillabilité, « l'immersibilité », la dispersibilité et la solubilité. Toutes ces propriétés sont liées.

Une petite taille des particules est un premier frein à la reconstitution car elle affecte la mouillabilité et l'immersibilité, favorisant dans la plupart des cas la formation de grumeaux. La présence des matières grasses affecte la dispersibilité, la solubilité et l'homogénéité de la solution résultante.

Une poudre se « reconstitue » très bien si elle se mouille, se disperse ou se solubilise très facilement. On parle alors d'une poudre instantanée et l'opération qui permet de l'obtenir est appelée instantanéisation.

Plusieurs événements se passent successivement et même simultanément lors d'une opération de reconstitution : mouillage des surfaces en contact avec l'eau, pénétration de l'eau dans les pores des particules, immersion des particules humides dans l'eau, désintégration des granules en plus petites particules originelles, dissolution des petites particules dans l'eau (Melcion et Ilari, 2003).

### **I.11. PROPRIETES TECHNOLOGIQUES DES POUDRES**

La propriété de réhydratation se caractérise essentiellement par trois indices : la solubilité, la dispersibilité et la mouillabilité. Ces propriétés dépendent d'une part, de la composition de la poudre et de l'affinité entre ces composants et l'eau et d'autre part, de l'accessibilité de l'eau en terme de structure (porosité et capillarité) aux constituants de la poudre (Romain, Thomas et *al.*, 2008).

#### **I.11. 1. Mouillabilité**

La mouillabilité, aptitude d'une poudre à s'immerger après avoir été déposée à la surface de l'eau (Haugaard, Sorensen et *al.*, 1978 In Schuck, 2011), reflète la capacité de la poudre à absorber de l'eau à sa surface (Cayot et Lorient, 1998). La mesure de cet indice consiste à mesurer le temps nécessaire à une certaine quantité de poudre pour pénétrer dans l'eau à travers sa surface libre au repos. Il faut également associer à la mouillabilité, l'aptitude au gonflement de la poudre. En effet, lorsqu'une poudre de protéines absorbe de l'eau, elle gonfle progressivement. Puis, la structure de la poudre disparaît lorsque les divers constituants, essentiellement les protéines, sont solubilisés ou dispersés. Parmi les facteurs influençant la mouillabilité, il y a la présence de grosses particules primaires, la réintroduction des fines, la masse volumique de la poudre, la porosité et la capillarité des particules de poudre ainsi que la présence d'air, la présence de matières grasses à la surface des particules de poudre et les conditions de reconstitution (Schuck, 2011).

#### **I.11. 2. Solubilité**

La solubilité est un critère essentiel dans le contrôle de la qualité des poudres. Elle permet de déterminer l'aptitude d'une poudre à se solubiliser dans des conditions préalablement définies. De nombreux paramètres mis en œuvre lors du séchage par atomisation affectent considérablement la solubilité tels que l'augmentation de la viscosité, l'augmentation des températures de l'air d'entrée et de sortie, la composition biochimique des poudres, la taille des particules et les conditions de reconstitution (Schuck, 2011).

### I.11. 3. Dispersibilité

La dispersibilité d'une poudre dans l'eau représente son aptitude à se briser en particules pouvant passer à travers un tamis dont le diamètre des pores est défini préalablement. La dispersibilité est probablement le meilleur critère pris isolément pour évaluer le caractère "instantané" d'une poudre, puisque dans une certaine mesure, elle est influencée par les autres propriétés de réhydratation (solubilité et mouillabilité). En particulier, la dénaturation des protéines nuit à la réhydratabilité des produits (Schuck, 2011).

### I.12. INTERETS DE LA SOUPE DE LEGUMES DESHYDRATEE

L'objectif principal est de convertir des denrées périssables à savoir la soupe de légumes en produit stabilisé, qu'est le velouté de légumes déshydraté par abaissement de l'activité de l'eau, il s'agit de ; l'extraction de leur contenu humide jusqu'à obtention d'un milieu environnant qui s'oppose au développement des bactéries et des moisissures.

Les raisons de sécher la soupe de légumes sont nombreuses, mais elles peuvent être regroupées comme suit :

- Le plus souvent, les coûts de conditionnement sont réduits puisqu'on utilise des sacs en plastique plutôt que des récipients en verre ou en métal (anonyme, 1993)

- Permettre ou faciliter la conservation

- Réduction de la masse ou le volume à transporter ou à stocker.

- Modification de l'aspect du produit et facilitation de son utilisation (Branger, Richer et *al.*, 2007).

- Donner une présentation, une structure ou une fonctionnalité particulière au produit (Bimbenet, Duquenoy et *al.*, 2002).

Autres avantages :

- Chaleur : l'hiver est propice à la consommation de soupe, elle réchauffe et reconforte

- Fraîcheur : l'été, une soupe glacée rafraîchie et désaltère

- Hydratation : lorsqu'on ne boit pas suffisamment, elle réhydrate l'organisme pour favoriser l'élimination des déchets et toxines

- Apport nutritionnel : minéraux, vitamines, fibres ... Pour améliorer la capacité de l'organisme à résister aux agressions de toutes sortes.

- Apport calorique : la soupe est idéale pour la ligne (30 à 50 Kcal aux 100 g) car elle limite l'apport calorique global.

### **I.13. REGIME ALIMENTAIRE ET SOUPE**

Les personnes qui consomment régulièrement de la soupe ont un indice de masse corporelle moins élevé que ceux qui n'en consomment pas. Mais la soupe ne fait pas de maigrir.

En revanche, prise en début de repas, elle permet de limiter la quantité d'aliments que nous mangeons ensuite, en arrivant plus rapidement à satiété.

La soupe est donc idéale lorsque l'on fait attention à sa ligne, et permet de limiter l'apport calorique global (Anonyme, 2008).

### **I.14. POINTS FAIBLES DE LA SOUPE DE LEGUMES DESHYDRATEE**

#### **I.14. 1. Perte d'arômes**

Manque de la richesse aromatique : Les arômes, substances volatiles au même titre que l'eau, vont en toute logique, s'évaporer en partie au cours du séchage. En réalité, la perte d'arômes est inférieure à celle à laquelle on pourrait s'attendre sur la base de la volatilité des molécules aromatiques, la rétention étant un procédé contrôlé, essentiellement par la diffusion. Or, la diffusivité de l'eau diminue beaucoup plus vite que celle des molécules aromatiques avec la siccité du produit. Il en résulte que, au cours du séchage, le produit se comporte comme s'il était de plus en plus sélectivement imperméable aux arômes par rapport à l'eau, ceux-ci se trouvant, en quelque sorte, emprisonnés dans la matrice sèche.

La rétention des arômes dépend également de la structure (amorphe ou cristalline) du produit. En séchage par pulvérisation, ou en lyophilisation, il est possible de retenir des substances volatiles dans la nouvelle structure amorphe créée. On a recours à des ajouts de constituants à longues chaînes, à caractère amphiphile, capables de créer des barrières. Celles-ci devront être préservées au cours du procédé de séchage. L'ajout d'additifs à longues chaînes (gommes) permet d'éviter un surdosage préventif en arômes dans le mélange à sécher

#### **I.14. 2. Trop salées**

Les soupes commerciales ont cependant toutes le même défaut : leur teneur en sodium est très élevée. Et on sait qu'une trop grande consommation de sel contribue à faire augmenter la tension artérielle chez certaines personnes, en plus d'accroître les risques de maladies cardiovasculaires et des reins, d'accidents vasculaires cérébraux et d'ostéoporose. Nous devrions donc n'en consommer qu'une quantité limitée. Ainsi, un adulte ne devrait pas ingérer plus de 2 300 mg de sodium par jour, soit l'équivalent d'environ une cuillerée à thé de sel. La quantité de sodium varie énormément d'un produit à l'autre: l'écart entre la soupe la plus faible et la plus riche en sel dépasse 2 800 mg ! (Chatelan et Duboule, 2008)

### II.1. GENERALITES

Nourriture traditionnelle des Aztèques du Mexique et des Kanembous du Tchad, plus riche en protéines que la viande, la spiruline est maintenant cultivée dans de grandes usines aux U.S.A., en Inde, en Chine, en Thaïlande, etc., car on lui découvre toujours plus de qualités intéressantes pour l'alimentation et la santé, tant pour les hommes que pour les animaux.

La Spiruline est une cyanobactérie utilisée traditionnellement depuis plusieurs centaines d'années par certaines populations et connue depuis les années soixante pour ses propriétés alimentaires en protéines. Par la suite ses teneurs en micronutriments, en bêta-carotène, en fer, en vitamine B12, en acides gras ; ont intéressé les chercheurs, les industriels.

Tandis que l'intérêt suscité par d'autres micro-organismes s'estompe quelque peu devant des problèmes comme leur digestibilité ou leur teneur en acides nucléiques, la spiruline semble actuellement l'une des meilleures solutions pour la production simple d'un complément alimentaire de haute qualité. Mentionnons aussi que les conditions extrêmes (salinité et pH) dans lesquelles la spiruline se développe assurent l'hygiène des cultures, car bien peu d'autres micro-organismes sont capables de survivre dans de telles conditions.

La production mondiale de la spiruline a régulièrement augmenté surtout depuis 1995, elle serait aujourd'hui supérieure à 4000 Tonnes. La Spiruline est commercialisée en poudre sèche à l'état brut ou bien intégrée dans les produits finis. Elle est généralement vendue sous forme de gélules ou de comprimés ou directement intégrée dans les aliments et dans les crèmes (Charpy et *al.*, 2008).

La Spiruline est une algue alimentaire naturelle qui peut être prise à n'importe quel moment de la journée, en une ou plusieurs fois, en dehors ou pendant les repas. Il n'y a à ce jour aucune contre-indication connue quant à sa consommation. C'est pourquoi la Spiruline convient à toutes les personnes désireuses d'équilibrer leur quotidien nutritionnel, et ce à n'importe quel âge, y compris les nourrissons. Il n'est pas impossible d'imaginer une filière commerciale pour la biomasse de spiruline fraîche, à l'état pure ou sous forme de préparation alimentaires (pâtés, sauces, pâtes à tartiner, etc.)

De récents travaux portant sur la biologie moléculaire de la spiruline ont démontré l'extrême homogénéité génétique des diverses « espèces » de spirulines, au point que l'on peut remettre en question l'existence même de telles espèces; mieux vaudrait sans doute parler de « variétés » ou d' « écotypes » d'une même espèce dont le nom scientifique est « *Arthrospira platensis* ».

## Chapitre II : La Spiruline

### II .2. QU'EST- CE QUE LA SPIRULINE ?

Les cyanobactéries anciennement appelées algues bleues ou bleu vertes sont des micro-organismes procaryotes vrais, dépourvues de membrane nucléaire, et unis ou pluricellulaires, le plus souvent se trouvent en filaments composés de cellules alignées (Perez, 1997).

Elles croissent naturellement dans les eaux alcalines de certains lacs, en zones chaudes.

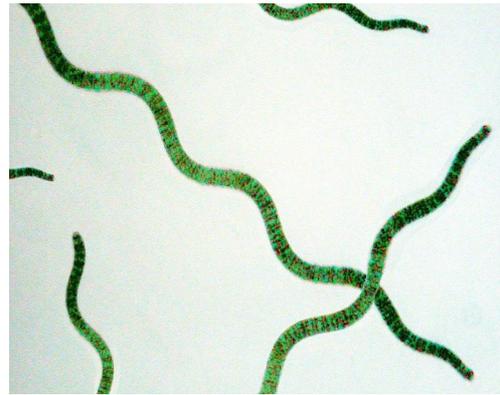


Figure 5 ♦ La spiruline (www.utex.org)

La Spiruline c'est un petit être aquatique (0,3 mm de long), vieux comme le monde dont le nom scientifique est "cyanobactérie *Arthrospira platensis*", qui vit de photosynthèse comme les plantes.

La spiruline se présente sous forme de filaments constitués de cellules juxtaposées. La, reproduction de la spiruline asexuée, se fait par division des filaments.

Dans la nature, la spiruline n'a besoin pour "pousser" que d'une cuvette argileuse retenant une eau saumâtre et alcaline, sous un climat chaud, et de quelques déjections animales.

### II .3. TAXONOMIE

Autrefois classées parmi les "algues bleues-vertes", elles ne sont pas à proprement parler des algues, même si par commodité on continue à les désigner comme telles.

La Spiruline est une cyanobactérie, elle appartient donc au domaine des bactéries (*Bacteria*), l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène et peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires.

La Spiruline appartient à l'ordre des Nostocales (= Oscillatoriales), la famille des Oscillatoriaceae, le genre *Oscillatoria* et le sous genre *Spirulina* ou *Arthrospira*.

Selon Vidalo (2008), la systématique de la Spiruline est comme suit ;

<b>Règne</b>	<b>Monera</b>
<b>Sous règne</b>	<b>Procaryota; Phylum: Cyanophyta</b>
<b>Classe</b>	<b>Cyanophyceae</b>
<b>Ordre</b>	<b>Nostocales</b>
<b>Famille</b>	<b>Oscillatoriaceae</b>
<b>Genre</b>	<b>Arthrospira.</b>
<b>Espèce et sous-espèce</b>	<b><i>A. plantensis</i>, <i>A. maxima</i>, <i>A. toliara</i> <i>A. lonar</i> et autres</b>

### II .4. REPARTITION GEOGRAPHIQUE

La Spiruline se développe préférentiellement dans des eaux chaudes, alcalines et riches en nutriments azotés et phosphorés. Plus communément, elle s'observe dans les eaux saumâtres, ainsi que dans les lacs salins de régions tropicales et semi tropicales. Son caractère thermophile et ses besoins importants en lumière limitent son aire de répartition à une bande intertropicale située environ entre 35° de latitude Nord et 35° de latitude Sud.

Sa forte plasticité écologique permet de la retrouver à l'état naturel à la fois dans les lacs alcalins en Afrique (Tchad, Ethiopie, Tunisie), en Amérique latine (Mexique, Pérou), en Asie du Sud (Inde, Srilanka, Thaïlande). Cet organisme est dit ubiquiste. Il est cependant beaucoup moins abondant en Amérique du Nord et en Europe (Borgne, 1986.).

### II .5. MORPHOLOGIE ET CARACTERES GENERAUX

D'une taille de l'ordre de 0.1 mm, elles se présentent généralement comme de minuscules filaments verts enroulés en spires plus ou moins serrées et nombreuses, suivant les souches.

La Spiruline est une cyanobactérie microscopique d'une longueur moyenne d'environ 250µm. Elle est composée de filaments mobiles de 10 à 12 µm de diamètre, non ramifiés et enroulés en spirale, généralement en 6 ou 7 spires. Cette forme hélicoïdale lui donnant l'allure d'un minuscule ressort lui a valu son appellation de « Spiruline ». Cependant les spirulines présentent différentes formes (Figure 6). On trouve des formes spiralées classiques, ondulées et parfois droites. Cette particularité est en relation directe avec les conditions écologiques rencontrées dans leur habitat.

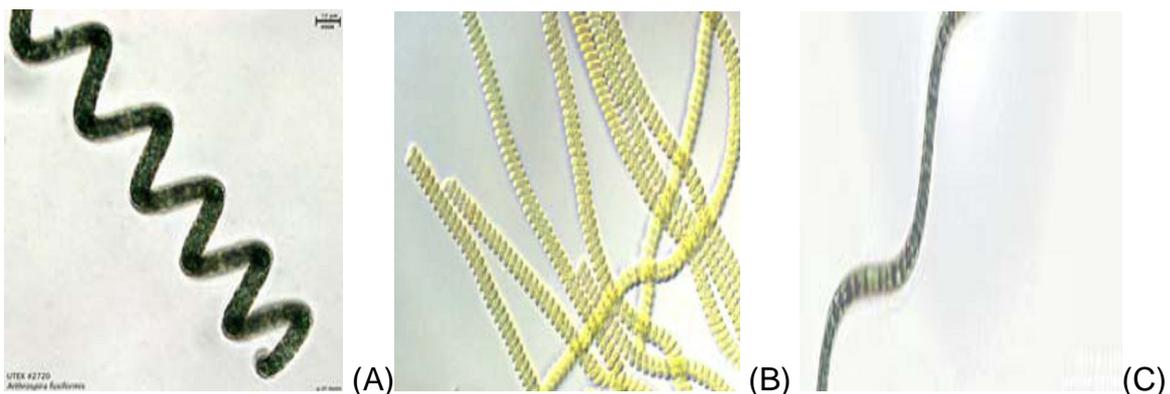


Figure 6 ♦ Différentes formes prises par la Spiruline.

A = Forme spiralée (*Arthrospira fusiformis*) Image provenant du site [www.utex.org](http://www.utex.org),

B = *Arthrospira platensis*,

C = Forme ondulée (*Spirulina maxima*) Image provenant du site [www.utex.org](http://www.utex.org).

---

## Chapitre II : La Spiruline

---

Plus précisément, la Spiruline est constituée de cellules transparentes empilées bout à bout formant ainsi un filament ou trichome. L'enroulement du trichome sur lui-même s'effectue suivant le sens des aiguilles d'une montre lorsqu'on regarde au dessus de la spirale. Les facteurs environnementaux tels la température auraient cependant une influence sur l'orientation de l'hélice. Cette morphologie typique lui permet de se déplacer dans l'eau en adoptant le mouvement d'une vis.

La paroi cellulaire est constituée d'une membrane composée de 4 couches minces de muco-polymères et de polysaccharides, le cytoplasme est dépourvu de noyau malgré la présence d'acides nucléiques, renferme plusieurs inclusions, les plus importantes : les granules de cyanophycines, les carboxysomes, les vésicules de gaz, les granules de glycogène et de phosphate (Charpy *et al.*, 2008).

Le système pigmentaire de la Spiruline est constitué de chlorophylle *a* ; de pigments hydrosolubles, les phycobilines rouge (phycoérythrine) et bleu (phycocyanine) ; decaroténoïdes ( $\beta$ -carotène, cryptoxanthine).

### II .6. LA VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA SPIRULINE

Rappelons que la qualité de la Spiruline est variable.

La composition de la Spiruline dépend des éléments chimiques dont elle dispose dans le milieu. En milieu cultivé, il est possible de jouer sur les intrants et d'influer sur sa composition. La culture en bassin permet en tous les cas de maîtriser la qualité.

La plupart des études des constituants de la Spiruline ont été réalisées sur *Spirulina platensis*, connue aussi sous l'appellation de *Arthrospira platensis* ou *S. geitler*. Cette espèce sert de référence car sa composition est relativement constante même si elle varie selon la souche, les conditions de culture et le mode de conditionnement.

Fabuleuse source de protéines (teneur garantie entre 50 et 70% du poids sec), la spiruline apporte donc à l'organisme la quasi-totalité des acides aminés essentiels. Riche également en acide gras essentiels, la Spiruline est considérée comme l'une des meilleures sources d'acide gamma-linolénique, rarement apporté par notre alimentation courante.

Les glucides constituent 15 à 25% de la masse, dont la majorité à assimilation lente.

La Spiruline est particulièrement riche en vitamines. Le bêta-carotène présent, convertible en vitamine A, permet de couvrir les besoins journaliers d'un adulte avec seulement 2g de Spiruline (Tableau 5). On trouve aussi de la vitamine E aux vertus antioxydantes, de nombreuses vitamines du groupe B en particulier la vitamine B12. Cette vitamine est la plus difficile à trouver dans un régime sans viande.

N'oublions pas sa richesse en oligo-éléments et minéraux. Sa forte teneur en fer permet de limiter les risques d'anémie. A souligner, la présence de calcium, de phosphore et de magnésium en quantité équivalente à celle contenue dans le lait.

## Chapitre II : La Spiruline

Tableau 5 ♦ Composition nutritionnelle pour 100 g de Spiruline (Vidalo, 2008).

<b>Composés</b>	<b>Quantités</b>
Valeur énergétique	<b>358 kcal (1 496 kJ)</b>
Protéines (g)	<b>60</b>
Glucides (g)	<b>16</b>
Lipides (g)	<b>6</b>
<b>minéraux (mg)</b>	
calcium	<b>25-50</b>
phosphore	<b>80</b>
fer	<b>7-10</b>
zinc	<b>0.3</b>
magnésium	<b>20-40</b>
sodium	<b>90-120</b>
cuiivre	<b>0.12</b>
manganèse	<b>0.5</b>
chrome	<b>0.25</b>
sélénium	<b>0.1</b>
<b>vitamines (mg)</b>	
bétacarotéinnes	<b>17 000UI</b>
B1	<b>10-35</b>
B2	<b>0.2-0.4</b>
B3	<b>1.2</b>
B6	<b>0.8</b>
B8	<b>0.5</b>
B12	<b>0.15-0.20</b>
E	<b>1</b>
K	<b>0.2</b>
<b>phytonutriments (mg)</b>	
chlorophylle	<b>100</b>
caroténoïdes	<b>30-40</b>
phycocyanine	<b>110</b>
acide gamalinoléique	<b>100-130</b>
polysaccharides	<b>460</b>

### II .6.1. Composition en protéines et acides aminés

La teneur en protéines de la Spiruline est élevée (Tableau 6). Elle représente 10 à 11% de la masse humide, soit 50 à 70% de sa matière sèche (Clément, 1975b ; Fox, 1999). Ce pourcentage est bien plus élevé que celui du poisson (25%), du soja (35%), de la poudre de lait (35%) et des céréales (14%).

## Chapitre II : La Spiruline

Tableau 6 ♦ Pourcentage moyen des acides aminés de *Spirulina platensis* selon différents auteurs et de *Spirulina mexicana* d'après (Borowitzka, Borowitzka, 1988).

Acides Aminés	Jacquet 1974	Clément 1975b	Fox 1999	Borowitzka
<b>Acides aminés essentiels (%)</b>				
Isoleucine	5,60	6,40	5,98	5,70
Leucine	8,00	9,00	8,71	8,70
Lysine	4,20	4,80	5,28	5,10
Méthionine	2,25	2,60	2,85	2,60
Phénylalanine	4,40	4,60	5,09	5,00
Thréonine	4,70	5,50	5,58	5,40
Tryptophane	1,00	1,60	1,48	1,50
Valine	5,70	6,90	7,72	7,50
<b>Acides aminés non essentiels (%)</b>				
Alanine	7,25	7,90	8,24	7,90
Arginine	6,60	6,70	7,92	7,60
Acide aspartique	9,30	9,20	9,50	9,10
Cystéine	0,95	0,90	0,93	0,90
Acide Glutamique	–	12,90	13,20	12,70
Glycine	4,80	5,00	5,07	4,80
Histidine	1,60	1,60	1,50	1,50
Proline	3,60	3,90	4,32	4,10
Sérine	5,00	5,60	5,46	5,30
Tyrosine	4,30	4,90	–	4,60

## Chapitre II : La Spiruline

---

La Spiruline possède la plupart des acides aminés dont les acides aminés essentiels que sont l'isoleucine (Ile), la leucine (Leu), la lysine (Lys), la méthionine (Met), la phénylalanine (Phe), la thréonine (Thr), le tryptophane (Trp) et la valine (Val). Les plus fortes teneurs sont celles de la leucine, la valine, et l'isoleucine. Les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) ainsi que d'autres non-soufrés (tryptophane, lysine et l'histidine), essentiels chez l'enfant, sont peu abondants, ce qui relativise sa richesse protéique.

La teneur en protéines peut décroître de 10 à 15% selon le moment de la récolte, celle en méthionine de 30% selon le mode de séchage. Les conditions pour une teneur optimum sont une récolte au début de la photopériode et un séchage par pulvérisation au détriment des tambours chauffants (Falquet et Hurni, 2006).

La richesse de la spiruline en matières azotées est cependant à relativiser, compte tenu de la faible quantité de Spiruline utilisée en complément alimentaire (<10g par jour) et des apports quotidiens recommandés actuellement, soit 0.7 à 1 g par kg de poids corporel. En terme de rendement en protéines, il faut aussi considérer que la totalité de la spiruline est consommable, contre une petite fraction pour les végétaux habituels.

D'un point de vue qualitatif, les protéines de la spiruline sont complètes, car tous les acides aminés essentiels y figurent, ils représentent 47% du poids total des protéines (Bujard, 1970). Parmi ces acides aminés essentiels, les plus faiblement représentés sont les acides aminés soufrés : méthionine et cystéine (Bujard, 1970 ; Clément, 1967). Ce spectre d'acides aminés montre que la valeur biologique des protéines de la spiruline est très haute, et que l'optimum pourrait être atteint par complémentation avec une bonne source d'acides aminés soufrés et éventuellement de lysine et/ou d'histidine.

A noter que les protéines majeures de la spiruline sont les phycocyanines. La spiruline ne nécessite ni cuisson ni traitements spéciaux destinés à rendre ses protéines accessibles.

### **II.6.2. Composition en lipides**

Bien que plusieurs publications (Bujard, 1970 ; Santillan, 1974) aient donné une valeur de 5,6 à 7% du poids sec en lipides totaux, de meilleurs systèmes d'extraction permettent d'obtenir des valeurs jusqu'à 11 % (Ariel, 2003). La composition en lipides totaux se caractérise par un bon équilibre entre acides gras saturés et acides gras polyinsaturés. Elle se subdivise en deux fractions : une fraction saponifiable « ou acides gras » (83%) et une fraction insaponifiable (17%) (Clément, 1975a).

#### **II.6.2.1. Les acides gras**

On considère que chez l'homme, les besoins en acides gras essentiels sont de 1 ou 2% des calories alimentaires pour l'adulte et de 3% pour les enfants. La fraction saponifiable, représentant 4,9 à 5,7% de la matière sèche de la Spiruline (Fox, 1999)

## Chapitre II : La Spiruline

Est essentiellement composée de monogalactosyldiglycérade et de digalactosyldiglycérade (23%), de sulfoquinovosyldiglycérade (5%) et de phosphatidyl glycérol (25,9%) (Tableau 7). Les triglycérades ne sont présents qu'à de très faibles taux (0,3%).

Tableau 7 ♦ Composition typique en pourcentage des principaux acides gras de 3 espèces de spiruline d'après (Pascaud et al. 1993).

Acides gras	<i>S.pacifica</i>	<i>S.maxima</i>	<i>S.platensis</i>
<b>Palmitique (16:0)</b>	44,2	63,0	25,8
<b>Palmitoléique (16:1)oméga-6</b>	4,4	2,0	3,8
<b>Stéarique (18:0)</b>	Traces	1,0	1,7
<b>Oléique (18:1) oméga-6</b>	0,4	4,0	16,6
<b>Linoléique (18:2) oméga-6</b>	24,3	13,0	40,1
<b>Gamma-linolénique (18:3) oméga-6</b>	22,1	13,0	40,1
<b>Alpha-linolénique (18:3) oméga-3</b>	Traces	Traces	Traces

La spiruline est très riche en acides gras essentiels (acides gras insaturés C18). Ces acides gras incluent les oméga-3 et des oméga-6 qui sont qualifiés d'essentiels car l'organisme humain en a absolument besoin et ne peut les produire. Les acides gras oméga-3 et oméga-6 de la spiruline préviendraient l'accumulation de cholestérol dans l'organisme.

L'acide gamma-linolénique constitue 10 à 20% des acides gras (soit 1-2% du poids sec) chez *Spirulina maxima* et jusqu'à 40% chez *S. platensis*, (soit 4% du poids sec).

La Spiruline figurerait parmi les meilleures sources connues d'acide gamma-linolénique, avec le lait humain, et quelques huiles végétales peu connues. La présence d'acide gamma-linolénique est à souligner du fait de sa rareté dans les aliments courants (Falquet et Hurni, 2006).

### II.6.2.2. La fraction insaponifiable

La fraction insaponifiable est composée essentiellement de stérols, de terpènes, d'hydrocarbures saturés (paraffines) et de pigments. Cette fraction représente 1,1% à 1,3% de la matière sèche de la Spiruline (Fox, 1999).

Bien que certaines études révèlent l'absence de stérols, il semblerait que ces derniers représentent néanmoins 1,5% de la fraction lipidique non polaire de la Spiruline (Falquet et Hurni, 2006). Certains des stérols présents pourraient partiellement expliquer l'activité antimicrobienne de la Spiruline (Clément, 1975).

Les terpènes représentent de 5 à 10% de la fraction insaponifiable (Clément 1975a).

Les hydrocarbures saturés à longues chaînes (paraffine) constituent 25% des lipides insaponifiables chez *Spirulina platensis* et *Spirulina maxima* (Bujard et al., 1970), soit 0,1 à 0,3% de la matière sèche. Les paraffines sont fréquemment retrouvées dans diverses sources alimentaires. Ce type de molécules et en particulier le n-heptadécane peut être toxique.

### II.6.3. Composition en glucides

Les glucides constituent globalement 15 à 25% de la matière sèche des spirulines (Quillet, 1975). L'essentiel des glucides assimilables est constitué de polymères tels que des glucosannes aminés (1.9% du poids sec) et des rhamnosannes aminés (9.7%) ou encore de glycogène (0.5%).

Les glucides simples ne sont présents qu'en très faibles quantités, ce sont le glucose, le fructose et le saccharose ; on trouve aussi des polyols comme le glycérol, le mannitol et le sorbitol.

Les parois cellulaires des spirulines s'apparentent à celles des bactéries Gram positives puisqu'elles sont formées de glucosamines et d'acide muramique associés à des peptides. Bien que digestibles, ces parois sont relativement fragiles et rendent le contenu cellulaire très accessible aux enzymes de digestion : c'est là un avantage important par rapport aux organismes pourvus de parois cellulosesiques (levures, chlorelles...). Du point de vue nutritionnel, la seule substance glucidique intéressante par sa quantité chez la spiruline est le méso-inositol phosphate qui constitue une excellente source de phosphore organique ainsi que d'inositol (350-850 mg/kg mat. sèche).

La Spiruline est constituée aussi de polysaccharides sulfatés spécifiques comme le spirulane-calcique (Ca-Sp) ou le spirulane-sodique (Na-Sp). Ces polysaccharides sont porteurs de nombreux résidus sulfatés et se composent de rhamnose, ribose, mannose, fructose, galactose, xylose, glucose, d'acide glucuronique et galacturonique, ainsi que d'ions Calcium et Sodium. Un nouveau polysaccharide d'un poids moléculaire élevé a été isolé chez *Spirulina platensis*. Cet activateur potentiel des monocytes et macrophages humains a été nommé « Immulina ». Ce polysaccharide, structurellement complexe et fortement hydrosoluble, représente entre 0,5% et 2% du poids sec de cette cyanobactérie.

## Chapitre II : La Spiruline

### II.6.4. Composition en vitamines

Selon les aliments la biodisponibilité d'un micronutriment peut être très faible, jusqu'à moins de 10 %.

La Spiruline contient une large gamme de vitamines (Tableau 8). Parmi les vitamines hydrosolubles, on note la présence de vitamines du groupe B. Les teneurs sont moins importantes que dans la levure, exceptées pour la vitamine B12. Bien que cette teneur soit exceptionnelle pour un végétal. La biodisponibilité de la vitamine B12 semble hautement dépendante de la souche de spiruline utilisée et des procédés de culture (Falquet et Hurni, 2006).

Le besoin journalier en vitamine B12 d'un enfant de 6 mois à 3 ans est de 0,5 à 0,9 µg.

La vitamine C n'existe qu'à l'état de trace dans la spiruline.

Tableau 8 ♦ Teneur en vitamines en µg/g de matière sèche de spiruline d'après Falquet et Hurni (2006).

Vitamine	Teneur	Vitamine	Teneur
<b>Vitamines hydrosolubles</b>		<b>Vitamines liposolubles</b>	
B1 (thiamine)	34-50	Provitamine A (β-carotène)	700-1700
B2 (riboflavine)	30-46	Cryptoxanthine	100
B3 (niacine)	130	Vitamine E (alpha-tocophérol)	120
			50-190
			13
B5 (pantothénate)	4,6-25		
B6 (pyridoxine)	5-8		
B8 (biotine)	0,05		
B9 (folate)	0,5		
B12 (cobalamine)	0.10-0.34		
C (acide ascorbique)	Traces		

## Chapitre II : La Spiruline

Parmi les vitamines liposolubles, on note une teneur très élevée en  $\beta$ -carotène. Cette provitamine A représenterait 80% des caroténoïdes totaux (Pierlovisi, 2007), le reste étant principalement composé de xanthophylle, de cryptoxanthine, d'échinénone, de zéaxanthine et de lutéine. La Spiruline ne contient pas de vitamine A libre, seulement du  $\beta$ -carotène. Il faudrait prendre entre 3 et 6 g de spiruline pour couvrir les besoins journaliers recommandés chez l'adulte, estimés à 900  $\mu$ g. En ce qui concerne les enfants de 6 mois à 3 ans, si le coefficient de conversion du  $\beta$ -carotène en vitamine A est le même que pour les adultes, compte tenu de leur besoin journalier en cette vitamine (300 - 500  $\mu$ g), il leur faudrait une dose de spiruline entre 1 et 3 g/j.

### II.6.5. Composition en minéraux et oligo-éléments

Les minéraux spécialement intéressants chez la spiruline sont le fer, le zinc, le magnésium, le calcium, le phosphore et le potassium. Des enrichissements dans le milieu de culture en Zn, Fe, Se peuvent fortement augmenter la teneur en ces minéraux de la Spiruline (Falquet et Hurni, 2006). La composition en minéraux de la Spiruline apparaît dans le Tableau 9.

Tableau 9 ♦ Composition en minéraux de la Spiruline cultivée en  $\mu$ g/g  
de sa matière sèche d'après (Falquet et Hurni, 2006)

Minéraux	Teneur	Minéraux	Teneur
<b>Calcium</b>	1 300-14 000	Cuivre	8-10
<b>Phosphore</b>	6 700-9 000	Chrome	2,8
<b>Magnésium</b>	2 000-2 900	Manganèse	25-37
<b>Fer</b>	580-1 800	Sodium	4 500
<b>Zinc</b>	21-40	Potassium	6 400-15 400

- **Fer**

Les Spirulines naturelles ont rarement des teneurs en Fer dépassant 500 mg/kg. La spiruline de culture peut être enrichie en Fer.

Par comparaison ; les céréales complètes classées parmi les meilleures sources de Fer n'en contiennent que 150 à 250 mg/kg ; de plus le Fer d'origine végétale ne présente qu'une très faible biodisponibilité, seul environ 5 % de ce Fer est réellement absorbable, à cause de la présence de facteurs antinutritionnels (comme les phytates et les tanins) qui empêchent la métabolisation du Fer ; quant aux

---

## Chapitre II : La Spiruline

---

suppléments de fer donnés sous forme de sulfate ferreux, Ils peuvent poser des problèmes de toxicité (Flaquet et Hurni,2006).

Le Fer est essentiel à l'organisme humain car il intervient dans la constitution de l'hémoglobine, de la myoglobine et d'enzymes jouant un rôle capital dans de nombreuses réactions métaboliques. Sa biodisponibilité (absorption + utilisation) ne peut être mesurée chez l'Homme que par des études *in vivo* avec des isotopes stables.

- **Zinc**

Le Zinc est considéré comme un micronutriment majeur dans la lutte contre la malnutrition. Le zinc est essentiel au bon fonctionnement du système immunitaire, les personnes souffrant d'une carence importante présentent une susceptibilité accrue à divers agents pathogènes.

La Spiruline cultivée ne contient généralement que des traces de Zinc (21 - 40 µg/g). Alors qu'on peut en trouver dans certaines spirulines naturelles près de 400 µg/g.

Ces teneurs sont insuffisantes pour que la spiruline soit considérée comme une bonne source en Zinc.

- **Magnésium**

La Spiruline est naturellement riche en Mg. Elle peut être considérée comme une excellente source alimentaire de magnésium avec une teneur de 2000-2900 µg/g.

- **Potassium**

La teneur en potassium ( $6,4 \cdot 10^3$ - $15,4 \cdot 10^3$  µg/g) pourrait être intéressante, notamment dans les pays industrialisés où le rapport potassium/sodium serait trop faible dans la grande majorité des aliments disponibles (Falquet et Hurni, 2006).

### II.6.6. Composition en pigments

La spiruline doit son surnom d'arc-en-ciel à ses nombreux pigments. La Spiruline contient des chlorophylles dont la chlorophylle *a* (typique des végétaux), des caroténoïdes dont le principal est le  $\beta$ -carotène et des phycobiliprotéines telles la phycocyanine et la phycoérythrine.

Les teneurs en pigments de *Spirulina platensis* apparaissent dans le Tableau 10. Ces pigments sont responsables de la couleur caractéristique de certaines espèces de flamants qui consomment cette cyanobactérie.

## Chapitre II : La Spiruline

Tableau 10 ♦ Teneurs en pigments exprimées en mg pour 10g  
de matière sèche de *Spirulina platensis* (Pierlovisi, 2007).

Pigments	Teneur en mg/10g
<b>Chlorophylles totales</b>	115
<b>Chlorophylle a</b>	61-75
<b>Caroténoïdes (orange)</b>	37
<b>Phycocyanine (bleu)</b>	1 500-2 000
<b>Phycoérythrine (rouge)</b>	2 900-10 000

Les teneurs en phycocyanine et phycoérythrine varient selon la souche et les conditions de culture. En effet, les teneurs en phycobiliprotéines, qui captent l'énergie lumineuse vers les photosystèmes sont régulées par l'intensité de l'éclairage.

La cyanobactérie *Spirulina platensis* est une excellente source de phycocyanine. D'après Vonshak (1997), la fraction protéique pourrait contenir jusqu'à 20% de phycocyanine. La forte teneur en ce pigment pourrait être d'un grand intérêt industriel. Naturellement colorées d'un bleu intense et pourvue d'une fluorescence rouge, les phycocyanines sont responsables du bleuissement de la poudre de spiruline exposée trop longtemps à la lumière : moins sensible que la chlorophylle à la photo-destruction, leur couleur domine lorsque le vert chlorophyllien disparaît. C'est aussi aux phycocyanines que l'on doit l'intense couleur bleue qui apparaît plus ou moins rapidement lorsque l'on réhydrate de la spiruline séchée : l'éclatement des cellules libère ces protéines très solubles dans l'eau, alors que la chlorophylle reste associée aux débris cellulaires.

### II.6.7. Composition en acides nucléiques

La spiruline renferme 4,2 à 6% d'acides nucléiques totaux (30% ADN et 70% ARN) dans sa matière sèche (Santillan, 1974). Il est admis que la dose maximale d'acides nucléiques tolérables à long terme est de 4g/j pour un adulte.

L'excès de l'ARN peut entraîner à la longue des calculs rénaux et des crises de gouttes. La teneur en acides nucléiques (ADN et ARN) est un point nutritionnel important car la dégradation biochimique d'une partie de leurs composants (les purines : adénine et guanine) produit en dernier lieu de l'acide urique. Toutefois, il faudrait pour obtenir cet effet, consommer plus de 80 grammes de spiruline sèche par jour, soit 20 fois plus que la dose nécessaire et suffisante habituellement (10 g de matière sèche) (Ariel, 2003).

### **II.6.8. Les enzymes**

L'algue bleue contient une grande quantité d'enzymes, dont la principale est le superoxyde-dismutase ou SOD, enzyme antioxydante (Venkataraman et Becker, 1985).

### **II.7. LA TOXICITE POTENTIELLE DE LA SPIRULINE**

Certaines cyanobactéries synthétisent des toxines. En ce qui concerne les spirulines, elles ne possèderaient pas les gènes qui assurent la synthèse des cyanotoxines.

Un acide aminé potentiellement toxique, le Beta-N-méthylamino-L-alanine<sup>5</sup> (BMAA), serait présent dans 97 à 98% des cyanobactéries souches et espèces. Cependant il paraît important de vérifier si le gène responsable de la synthèse du BMAA existe dans le génome de la spiruline et si c'est le cas, de connaître les conditions de cultures qui provoquent ou non l'expression du gène. A cause de ce risque, il vaut mieux extraire les molécules actives de la spiruline plutôt que la consommer directement.

D'autres molécules comme le cyclitol, capteur de Ca (Quillet, 1975), pourraient entraîner une décalcification.

La spiruline accumule des métaux lourds mais en quantité en dessous des seuils de toxicité donnés par la FAO. Il est recommandé de contrôler les teneurs en métaux lourds pour la spiruline destinée à l'alimentation humaine (Falquet et Hurni, 2006).

Il faut noter que le pH élevé du milieu de culture empêche la prolifération d'autres espèces et de bactéries pathogènes.

### **II.8. POTENTIALITES ET UTILISATIONS DE LA SPIRULINE**

La composition chimique de la Spiruline a vivement intéressé les scientifiques, plusieurs la voient comme un moyen de lutte contre la malnutrition.

Les produits naturels utilisés comme compléments alimentaires intéressent de plus en plus les populations. La spiruline, qui ne s'avère pas toxique, répond à la législation sur les compléments alimentaires. La commercialisation de la Spiruline pour la santé semble indépendante de l'obtention de preuves d'efficacité, non réclamées pour les compléments alimentaires.

## Chapitre II : La Spiruline

---

Le marché de la spiruline se développe avec une utilisation chez l'homme, chez l'animal et sous forme d'extrait comme la phycocyanine.

Dans les pays développés, et depuis peu dans quelques régions d'Afrique, la spiruline est consommée comme complément alimentaire « bénéfique à la santé ».

Elle est vendue dans le secteur des produits dits « Bio ». Diverses utilisations sont proposées par les négociants, avec des arguments basés sur la composition de ce microorganisme et les études sur les activités de ses composants.

La Spiruline n'est pas un médicament, donc pas soumise à l'obligation de test d'efficacité, le dosage recommandé et la qualité du produit vendu ne sont pas nécessairement en adéquation avec les effets affichés.

La Spiruline est vendue :

- Pour une alimentation équilibrée : par ses apports en micronutriments.
- Dans les régimes amaigrissants : pour ses taux importants en protéines et en phénylalanine, qui réguleraient l'appétit.
- Pour l'amélioration des capacités sportives : par ses teneurs en Fer, en vitamine B12, et en  $\beta$ -carotène qui faciliteraient la récupération
- Pour lutter contre l'asthénie par son apport en oligoéléments et vitamines
- Pour ses effets sur la sénescence : par les propriétés antioxydantes du  $\beta$ -carotène, de la phycocyanine et de la vitamine E, elle serait un frein au vieillissement des cellules
- Pour son activité anticoagulante liée au Spirulane Calcique (Sp-Ca) et au Spirulane Sodique (Sp-Na).
- Pour renforcer le système immunitaire grâce aux polysaccharides.
- Pour son activité antivirale : liée au sulfoquinovosyl-diacyl-glycerol riche en sulfolipides
- Pour son activité antitumorale liée à la phycocyanine
- Pour son activité pour diminuer le cholestérol grâce aux acides gras polyinsaturés oméga-3 et oméga-6.
- Pour ses autres actions sur la santé : une diminution du diabète chez l'homme ; une activité anti-inflammatoire sur les articulations; une hépato protection ; un effet possible de la molécule Spirulane-sodique dans la prévention de l'athérosclérose.

- Autres utilisations :

Le groupe des cyanobactéries produit une variété de métabolites secondaires dans leur milieu de culture. Beaucoup de ces produits naturels ont des activités antibiotiques, algicide, antiviral, fongicide.

En cosmétique, la spiruline est utilisée dans les masques cryogéniques et crèmes anti-âge, par son action sur le renouvellement cellulaire et la tonicité des tissus. Elle est aussi utilisée en synergie avec d'autres algues, comme agent cicatrisant et antiseptique.

Dans l'agroalimentaire, elle est utilisée comme colorant naturel, la phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue, dans les chewing-gums, sorbets, sucreries, produits laitiers, boissons non alcoolisées. Elle apparaît également dans une gamme de produits algaux mélangée à du sel, des tagliatelles etc... En Suisse et au Japon, il existe depuis longtemps du pain à la Spiruline.

### I.9. SPIRULINE ET LEGISLATION

La définition européenne des compléments alimentaires : « *on entend par compléments alimentaires, les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité* » (Figure 7).

La Spiruline répond à la législation sur les compléments alimentaires.



Gélules

Comprimés

Vermicelle

Figure 7 ♦ Différentes formes commercialisées de spiruline ([www.utex.org](http://www.utex.org)).

L'étiquetage de ces produits doit comprendre la dénomination de vente de « complément alimentaire », ainsi que d'autres informations comme le mode d'emploi détaillé, la dose journalière recommandée, la liste de toutes les substances utilisées lors de la fabrication, les précautions d'emploi (Seshadri, 1991).

### II.10. CONSERVATION DE LA SPIRULINE

La spiruline fraîche (biomasse non-lavée, pressée jusqu'à une teneur en matière sèche comprise entre 20 et 30%) ne se conserve guère que quelques heures à température ambiante. Réfrigérée à 4°C, cette biomasse peut être conservée deux à trois jours ; cette période peut être portée à plus d'une semaine par ajout de sel (5 à 10%).

Le mélange de biomasse de spiruline avec une huile alimentaire ainsi que certains condiments (herbes aromatiques) peut aussi prolonger sa bonne conservation. La congélation de la biomasse de spiruline est possible mais doit s'effectuer aussi rapidement que possible (couches minces ou installations spéciales) sans quoi la taille des cristaux de glace produits endommage les filaments de spiruline. Dans ce dernier cas, il se produit, lors de la décongélation, une exsudation massive du contenu cellulaire, ce qui peut aboutir à un produit semi-gélifié d'un bleu profond tirant sur le pourpre, principalement dû aux phycocyanines, d'un aspect assez peu engageant (Seshadri, 1991).

#### Conservation de la Spiruline par le SECHAGE

Le séchage est le seul moyen sûr de conserver et de distribuer la spiruline sans chaîne de froid.

Dans l'industrie, la spiruline est classiquement séchée par « atomisation » (spray-drying), dans un courant de gaz de combustion à très haute température mais pendant un temps très court.



Figure 8 ♦ Spiruline déshydratée

Pour cela les filaments doivent être préalablement réduits en bouillie pour casser leur membrane : c'est en fait le jus de spiruline broyée que l'on sèche. A moins que le gaz de séchage ne soit très pauvre en oxygène, le spray-drying risque fort d'altérer le produit.

Dans la production artisanale, au contraire, ce sont les filaments de spiruline entiers que l'on sèche : le temps de séchage est plus long, mais l'intérieur des cellules n'est pas soumis au contact direct des gaz chauds.

## Chapitre II : La Spiruline

---

Si la spiruline pressée ne peut être séchée de suite, il faut la conserver en récipient fermé au réfrigérateur bien froid et pas trop longtemps (sinon elle dégage une odeur désagréable lors de l'extrusion) ; attention à ne pas la congeler, et à éviter les retombées de gouttes d'eau condensée sur la biomasse en cours de stockage. En chambre froide à 1°C la biomasse peut se conserver jusqu'à une semaine. La biomasse lavée ne peut se conserver, même au réfrigérateur, sauf si elle a été lavée avec de l'eau salée isotonique, à l'exception des souches Paracas qui supportent bien le lavage à l'eau douce.

Le séchage reste de loin le processus de conservation le plus utilisé pour la spiruline. Le séchage industriel sur tambours chauffant ne semble plus guère utilisé, par contre la pulvérisation dans l'air chaud (spray drying) reste la principale méthode pour les grosses productions. Cette technique présente le désavantage de provoquer une très forte fragmentation des filaments de spiruline, laissant les constituants cellulaires exposés à l'oxydation.

Du point de vue de la qualité nutritionnelle et de la conservation, il semble préférable d'adopter les méthodes de séchage en couche mince par flux d'air à température modérées. Ces méthodes, développées par de petits producteurs artisanaux, sont maintenant adoptées par certains producteurs industriels : elles consistent à extruder une pâte de spiruline sous forme de filaments d'environ 2mm de diamètre qui sont déposés sur les grilles d'un séchoir. Une fois secs, ces filaments sont broyés grossièrement afin d'obtenir un produit en semoule plus ou moins fine. Réhydratée, une telle spiruline laisse apparaître sous le microscope des filaments multicellulaires pratiquement intacts.

Une forte différence de conservation du bêta-carotène de la spiruline a été constatée suivant le type de séchage adopté (Seshadri, 1991).

### III.1. OBJECTIF DE L'ETUDE

Il s'agit de l'enrichissement d'un velouté de légumes déshydraté, en augmentant sa teneur en protéines par l'adjonction de la spiruline à différentes concentrations ne dépassant pas 20mg.

On espère par ce travail donner une vision synthétique de l'impact de l'adjonction de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles du produit en question, sur lequel on a réalisé plusieurs analyses physico-chimiques et microbiologiques effectuées au niveau du laboratoire régional de l'intendance durant une période de 4 mois, allant du mois d'Avril au mois de Juillet.

### III.2. PRESENTATION DE VELOUTE DE LEGUMES « JUMBO »

#### III.2.1. Nature, origine et aspect

Il existe, dans le commerce Algérien, des soupes déshydratées aux diverses saveurs, textures, et modes de préparation.

Le leader des soupes de légumes déshydratées en Algérie est une industrie agroalimentaire reconnue, se trouvant à Sénia, à l'ouest du pays (Oran), il s'agit de « JUMBO » ; cette marque déposée est concurrencé par des marques étrangères telles « Knorr », « Maggi » et « Royco ».

Elle a une importante capacité de production et une large gamme de produits et de marchés.

Parmi ses nombreux produits labellisés, il ya une préparation désignée sous le nom de - velouté de légumes - en arabe - حساء الخضار - ayant selon le fabricant un goût algérien traditionnel et déclaré - HALAL -

Le velouté de légumes déshydraté étudié « JUMBO » est une préparation industrielle, à base de végétaux, obtenue après mélange de différents légumes en poudre. Cette forme pulvérulente contient en outre d'autres ingrédients et additifs.

Le fabricant assure la fabrication, le conditionnement et la distribution.

La soupe « JUMBO » se présente sous forme de poudre jaune, avec présence de petits morceaux de légumes tels la carotte, la pomme de terre, le poireau. Ces morceaux sont de formes différentes, généralement aléatoires ayant la couleur de légumes frais correspondants (Figure 9). Elle présente une odeur bien marquée ; elle se colle plus ou moins aux doigts et aux parois internes de la verrerie au cours des différentes manipulations.



Figure 9 ♦ La soupe de légumes déshydratée « JUMBO » (Photographie originale)

### III.2.2. COMPOSITION

La soupe de légumes déshydratée étudiée est un mélange complexe de substances nombreuses et variées.

La soupe « JUMBO » conditionnée dans un emballage en métalloplastique de poids net : 68 g, peut servir 4 bols, elle contient 44% de légumes dont pomme de Terre, poireaux, oignon, chou, tomate, carotte. Elle contient aussi : la farine de blé, sel, amidon de blé, lactosérum, graisse végétale hydrogénée, exhausteur de goût (E621), arômes (dont céleri), amidon de maïs, épaississants (E410, E407), épices, colorant (E101) (Tableau 11).

Elle est également fabriquée dans un atelier qui utilise : œuf, soja, crustacés, poisson.

A savoir que d'autres soupes de légumes déshydratées commercialisées sur le marché algérien contient de la graisse de porc, or le consommateur est sensé de lire ce qui est indiqué sur l'étiquetage.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

Tableau 11 ♦ La composition du velouté de légumes selon l'étiquette

44 % Légumes dont pomme de Terre, poireaux, oignon, chou, tomate, carotte. Épices				
Le lactosérum : qui est un composé hygroscopique dont l'addition améliore l'aptitude à l'écoulement d'une poudre. (Romain, Thomas et <i>al.</i> , 2008)				
Le Chlorure de sodium : utilisé comme ingrédient de sapidité possède une action bactériostatique quand sa concentration dépasse 2 %. Son utilisation n'est pas limitée par la législation.				
Farine de blé : a été incorporé, depuis des siècles ; comme épaississant pour augmenter la consistance des préparations (Multon, 2002)				
N°CE	Nom de l'additif	Quantités maximales	Fonction de l'additif	Origine
E 621	Glutamate de sodium (MSG)	0,1 à 2 % (10 g/kg : Codex)	Exhausteur de goût	Micro-organismes
E 407	Carraghénanes	2,5 – 5 g/hl	Émulsifiant	Extrait d'algues rouges
E 101	Riboflavine ou vitamine B2	–	Colorant	–
E 410	Gomme caroube	–	Épaississant	gousses du caroubier (l'albumen des graines)
Amidons : de blé, de maïs.			Épaississant	Extraits de céréales

### III.2.3. Présentation des légumes qui sont à la base de la soupe

Tous les légumes concernés sont constitués d'organes vivants ayant chacun des caractéristiques physiologiques particulières et pouvant s'altérer plus ou moins rapidement après leur récolte du fait même de leurs activités biologiques.

De plus, leur richesse en eau les rend souvent très fragiles et sensibles aux agressions extérieures. Une bonne connaissance des caractéristiques biologiques de ces organes est donc nécessaire pour assurer leur commercialisation et leur conservation et pour limiter les pertes entre la production et la consommation.

### III.2.3.1. La carotte : *Daucus carota* L.

Crudité par excellence, aliment primordial du tout-petit. Appartenant à la vaste famille des apiacées qui comprend bien d'autres légumes tels que les céleris, le persil, etc., la carotte offre de multiples qualités nutritionnelles et diététiques.

Les types variétaux : Nantaise, Flakkee, Berlikum, Danvers, Chantenay et Imperator sont utilisés pour la fabrication des carottes déshydratées, entrant par la suite dans la formulation des potages et sauces.

Parmi ses éléments diététiques incontestés, on remarque, en premier lieu, une teneur relativement élevée en caroténoïdes, en particulier le  $\beta$ -carotène. Cette provitamine A, outre le fait qu'elle contribue à la couleur orange si typique, protège de troubles de la vision et maintient en bon état les tissus de l'organisme, notamment la peau et les bronches. La richesse en provitamine A explique également une utilisation tout aussi large par les particuliers -cru ou cuite, dans les salades, les soupes- que par l'industrie pour l'appertisation, la congélation, la déshydratation, la fabrication de jus ou même les aliments pour animaux. Par ailleurs, la carotte constitue une importante source de sucres et de vitamines (notamment A, B et C), et prend ainsi une large part dans la nutrition des enfants.

Les fibres contenues dans la carotte sont particulièrement bien acceptées par l'organisme et sont moins agressives que celles contenues dans les céréales. La valeur alcalinisante de ce légume-racine permet aussi de combattre les acidoses aiguës ou chroniques.

La carotte renferme aussi des réserves immenses de sucres, qui sont principalement du saccharose et des sucres simples tels que glucose et fructose. La teneur en sucres solubles varie en fonction de la variété et de l'époque de récolte, de 2 à 8 g pour 100 g de carotte fraîche. Ces sucres participent pour une large part au plaisir gustatif. Notons également la présence de quelques acides aminés libres (glutamique), des substances terpéniques et phénoliques qui interviennent également dans l'agrément gustatif des préparations de ce légume (Howard et *al.*, 1995, 1996).

### III.2.3.2. Le poireau : *Allium porrum* (Liliacée)

Plusieurs légumes tiges et feuilles font l'objet de productions pour la transformation. Pour certains d'entre eux, des productions spéciales sont pratiquées en vue de cet objectif : c'est le cas du poireau, chou de Bruxelles, chou à choucroute, épinard, céleri-blanc.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

Tableau 12 ♦ Composition approchée et valeurs énergétiques en g pour 100 g de matière fraîche (Randoin et *al.*, 1974) .

Eau	Protides	Lipides	Glucides	Valeur énergétique (kcal)	Fibres				
83-89	1,6-2,2	0,2-0,4	5-11,2	31-66	3				
Éléments minéraux (mg/100 g de matière fraîche)									
Ca	P	K	Na	Mg	Fe	S	Zn	Cu	Mn
52-63	43-50	250-347	5-9	10	2-5	72	0,23	0,30	0,07
Vitamines en mg/100 g de matière fraîche									
Carotène	Riboflavine (B <sub>2</sub> )	Thiamine (B <sub>1</sub> )	Acide ascorbique (C)		Acide nicotinique (PP)				
0,04	0,05	0,1	20		0,6				

Ses principaux acides gras sont les acides palmiques, linoléiques et linoléiques. Sa teneur en potassium est élevée

Les plantes appartenant au genre *Allium* doivent leurs arômes à des composés volatils soufrés qui n'existent pas en tant que tels dans la plante mais qui se forment lors du broyage des cellules grâce à la présence d'une enzyme : l'allinase et de précurseurs de substances antibiotiques. Chez le poireau, il s'agit du méthyle sulfoxide, de cystéine principalement et également dans une moindre mesure du propenylsulfoxide de cystéine.

### III.2.3.3. Chou de Bruxelles : *Brassica oleracea var. bullata germifera* (Crucifères)

Le tableau suivant montre la composition du chou de Bruxelles frais pour 100g de partie comestible.

Tableau 13 ♦ Composition du chou de Bruxelles frais pour 100 g de partie comestible (Randoin et *al.*, 1974)

Valeur calorifique (kcal)	Eau (g)	Protides (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Éléments minéraux (g)	Caroténoïdes actifs			
54	85	4	0,7	8	2,5	0,30			
Éléments minéraux (mg)									
S	P	Cl	Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Mn
131	60	10	10	375	30	30	1,30	0,10	0,25
Vitamines (mg)									
C	B <sub>6</sub>	PP		B <sub>2</sub>		B <sub>1</sub>			
20 à 100	0,10	0,70		0,16		0,08			

La teneur est bonne en glucides, soufre, potassium, fer.

### III.2.3.4. La pomme de Terre

Sa transformation à destination de l'alimentation humaine est une industrie jeune. A partir des années soixante la fabrication de produits déshydratés à base de pomme de terre s'est essentiellement développée.

#### Composition chimique du tubercule

Étant un très bon support pour les graisses, sa valeur énergétique dépend du produit élaboré ; à titre d'exemple la purée déshydratée reconstituée contient pour 100 g ; 96 kcal, 78,6 g eau, 14,4 g glucides, 2,0 g protides, 13,2 g lipides (Talbur et Smith, 1967).

La pomme de Terre est, avec le pain et les céréales, une source importante de glucides lents. Sa teneur en amidon est élevée, de l'ordre de 20%. Le tubercule de pomme de Terre est un aliment énergétique. Il contient environ les trois quarts de son poids en eau, une quantité élevée d'hydrate de carbone (sucres ou glucides), un faible taux de substances azotées et très peu de lipides.

Sa composition moyenne est donnée dans le tableau 14.

Tableau 14 ♦ Composition chimique du tubercule de pomme de Terre pour 100 g de produits frais (Grison, 1981).

Constituants (g)	Minéraux (mg)	Vitamines (mg)	Pertes à la cuisson (%)
Eau 77,5	<b>Potassium</b> : 410	B <sub>1</sub> : 0,11	40
MS 22,5	<b>Sodium</b> : 3	B <sub>2</sub> : 0,04	25
Protides 2,0	<b>Phosphore</b> : 53	PP : 1,20	25
Lipides 0,1	<b>Calcium</b> : 14	B <sub>5</sub> : 0,30	—
Glucides 19,4	<b>Magnésium</b> : 27	B <sub>6</sub> : 0,20	—
Cendres 1,0	<b>Fer</b> : 0,8	C : 15,0	—
Valeur énergétique : 80 Cal	<b>Iode</b> : 0,01		60

Les sucres représentent la partie la plus importante de matière sèche, les trois-quarts de celle-ci étant constitués par l'amidon (Tableau 15)

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

Tableau 15 ♦ Composition en glucides du tubercule (Burton, 1989)

Constituants	Valeurs moyennes		Écarts (% de la matière sèche)
	(% de la matière sèche)	(% de la matière fraîche)	
Amidon	70	15,7	60-80
Saccharose	0,5-1,0	0,1-0,2	0,25-1,5
Glucose G et fructose F (sucres réducteurs)	0,5-2,0	0,07-0,45	0,25-3,0
Cellulose brute	2,0-4,0	---	---
Pectines	2,5	---	---

La pomme de terre est riche en potassium, en fer et en iode. Elle possède la plupart des vitamines hydrosolubles ; elle renferme une quantité non négligeable de vitamine B<sub>1</sub>, mais se caractérise surtout par sa richesse en vitamine C. ses teneurs en vitamines diminuent au cours de la conservation (Keijbeits et *al.*, 1990 ; Vencken, 1991).

Les pommes de terre peuvent également contenir des éléments indésirables tels que des nitrates, des glycoalcaloïdes et des résidus d'inhibiteurs de germination.

### III.2.3.5. La tomate : *Lycopersicom esculentum*

La tomate appartient à la famille des Solanacées, au genre *Lycopersicom*, à l'espèce *esculentum*. La tomate est destinée aussi bien à la transformation qu'au marché du frais.

Les fruits doivent être de couleur homogène à maturité. De plus, la coloration doit être intense, à l'extérieur comme à l'intérieur du fruit. La teneur en matière sèche et la viscosité sont des caractères importants pour les tomates d'industrie.

La tomate contient 5% de matière sèche soluble (MSS) mesurée au réfractomètre, et qui est en corrélation avec la matière sèche totale.

### III.2.4. Additifs de fabrication

**E101** : Riboflavine ou vitamine B<sub>2</sub> ; colorant ; utilisé pour renforcer les colorants naturellement présents dans les denrées alimentaires ou pour restaurer la couleur que les aliments ont perdue lors de leur fabrication ou encore pour identifier des arômes normalement associés à certaines denrées alimentaires ; sa dose journalière pour l'être humain est d'environ 0,5 mg/kg (Multon, 2002) ; n'a aucun effet secondaire possible (Verhertbruggen, 2006).

**E410** : Caroube ; gomme extraite de l'albumen des graines contenues dans les gousses du caroubier, cet épaississant est utilisé dans les aliments formulés, pour le maintien ou l'amélioration de la consistance, la viscosité, la rhéologie ou la souplesse de ces derniers (Multon, 2002), Cet épaississant a un intérêt diététique selon le docteur Peeters (1998).

**E407** : Carraghénanes ; polysaccharide extrait d'algues rouges. Les carraghénanes sont utilisés sous forme séchée bruts, ou en poudre à raison de 2,5 – 5 g/hl, émulsifiant prouvant une innocuité toxicologique (Séror, 2002).

**Amidon de blé, amidon de maïs**: sont des amidons natifs provenant de céréales. Les amidons ont une valeur nutritive propre aux glucides et ont une influence sur le goût, la viscosité, la texture des aliments dans lesquels ils sont incorporés. Les amidons natifs supportent mal les contraintes technologiques résultant de la cuisson, de l'appertisation, de la congélation/décongélation. En modifiant physiquement et chimiquement les amidons natifs, on obtient une gamme d'amidons modifiés de comportement différent (Moll, 1998).

**E621** : glutamate monosodique MSG, exhausteur de goût ou agent de sapidité ; est une substance inodore ou peu odorante qui renforce le goût d'autres ingrédients. Elle dérive de l'acide glutamique et des glutamates. En 1995 le FASEB a conclu que le MSG ne présente pas de risque pour la population aux concentrations généralement consommées. La réglementation française autorise l'utilisation du MSG à une dose ne dépassant pas les 200 g/kg, dose maximale en mélange avec d'autres denrées alimentaires pour assaisonnement (Moll, 1998).

### III.2.5. Technologie de fabrication

Les légumes, les matières grasses, les épices et les liants nécessaires à l'élaboration de la soupe de légumes déshydratée sont d'abord rigoureusement sélectionnés. Tous les légumes, les matières grasses, les épices et les liants nécessaires à l'élaboration de la soupe sont déshydratés soit par séchage dans un courant d'air chaud ou lyophilisés. Ce procédé permet de diminuer la croissance des micro-organismes et de prolonger la stabilité du produit dans le but d'améliorer sa conservation. La préparation est ensuite réalisée dans des mélangeurs pour garantir l'homogénéité du produit et maintenir les saveurs. Le résultat obtenu est immédiatement conditionné en sachets protecteurs spécialement étudiés pour préserver le contenu. Pour atteindre les qualités organoleptiques voulues, les recettes ont souvent été longuement étudiées au niveau du goût, des ingrédients et de la texture.

### III.3. PRESENTATION DE LA SPIRULINE « *Arthrospira platensis* »

La spiruline est utilisée sous forme de poudre d'un vert vif (Figure 10), dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination de la souche, le transport des échantillons est assuré d'une manière à éviter tout contact avec l'air extérieur dans des récipients stériles (Chadereta, 2009). Elle était conservée à l'abri de l'air et surtout de la lumière.

C'est une souche algérienne, son nom scientifique est *Arthrospira platensis* ; elle appartient au règne des Monera, sous règne des Procaryota, phylum des Cyanophyta, classe des Cyanophyceae, ordre des Nostocales, famille des Oscillatoriaceae, genre des Arthrospira.



Figure 10 ♦ La spiruline utilisée (Photographie originale)

### **III.4. INCORPORATION DE LA SPIRULINE DANS LE VELOUTE DE LEGUMES DESHYDRATE**

La masse de spiruline disponible est 40 g environ, dont la quantité totale utilisée pour les analyses microbiologiques et physico-chimiques est 37,5.

La spiruline est incorporée dans le velouté de légumes déshydraté, sous forme d'une poudre finement broyée, à différentes concentrations ne dépassant pas 1g, soit 1mg/g, 5mg/g, 10mg/g, 15mg/g, 20mg/g (Tableau 16).

Ces différentes concentrations sont choisies au hasard de façon à ne pas dépasser une teneur de 2% de spiruline dans le produit, et sont aussi justifiées par la couleur verte que va prendre la soupe au fur et à mesure qu'on augmente la concentration en spiruline, la soupe ne doit pas être très verte, ceci va s'opposer à sa flaveur (saveur et odeur), par conséquent elle risque être rejetée, notamment par le consommateur algérien non habitué aux soupes très vertes.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

Tableau 16 ♦ Différentes concentrations la spiruline incorporée dans le velouté de légumes déshydraté.

	Concentrations de spiruline dans 1 sachet de soupe (68g), dont 1 sachet se délaye dans 1 litre d'eau.	Concentration de spiruline dans 100 g de soupe de légumes déshydratée.
1 mg/g	68 mg	100 mg (0,1%)
5 mg/g	340 mg	500 mg (0,5%)
10 mg/g	680 mg	1 000 mg (1%)
15 mg/g	1 020 mg	1 500 mg (1,5%)
20 mg/g	1 360 mg	2 000 mg (2%)

L'incorporation est réalisée comme suit (Figure 11) :

- Réaliser 5 essais d'adjonction de la spiruline au velouté
- A l'aide d'une spatule, on prélève la spiruline sèche.
- A l'aide d'une balance analytique à précision, on pèse la masse spécifiée de spiruline, soit 1mg/g, 5mg/g, 10mg/g, 15mg/g, 20mg/g, pour chaque essais.
- Homogénéiser bien la quantité de spiruline avec la soupe

L'essai consiste à prendre l'échantillon qui donne approximativement une soupe à propriétés sensorielles acceptables avec amélioration des propriétés nutritionnelles.

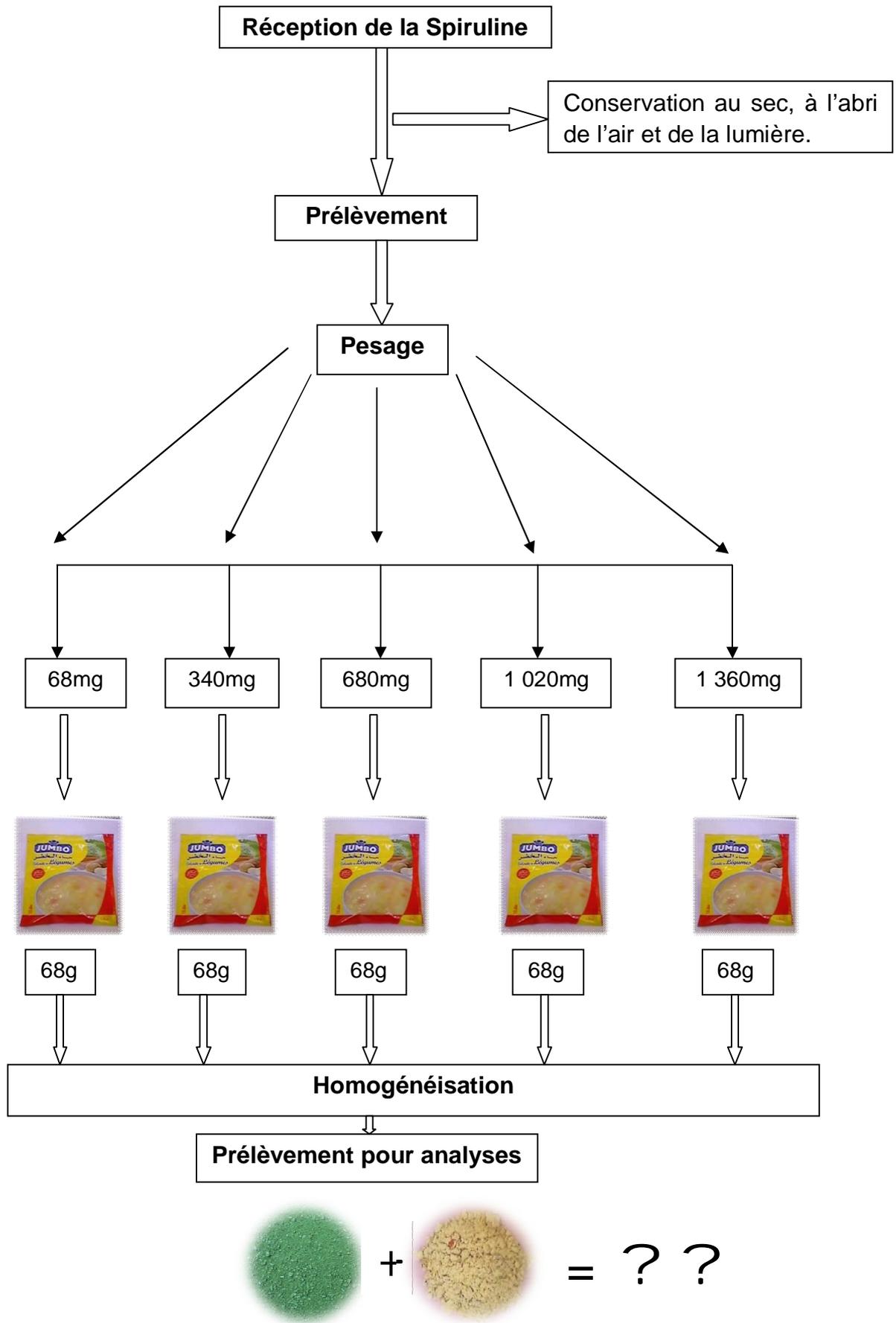


Figure 11 ♦ Schéma de l'incorporation de la spiruline à différentes concentrations au velouté

### III.5. METHODES D'ANALYSES

#### III.1.1. Échantillonnage

La préparation de l'échantillon et le prélèvement de la portion servant à l'analyse sont les deux premières étapes d'une analyse physico-chimique. Ces étapes sont importantes pour la réussite d'une analyse, car l'exactitude du résultat en dépend. L'aliquote prélevé pour l'analyse doit être le plus représentatif possible du lot.

A partir d'un lot constitué de plusieurs cartons contenant les soupes déshydratées stockées à température ambiante, on prélève de façon au hasard la quantité d'échantillon nécessaire, soit 6 sachets pour la réalisation des différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques ; On prélève ensuite une portion de l'échantillon appelée aliquote ou parfois prise d'essai, servant pour une analyse donnée.

Certaines analyses telles les analyses microbiologiques et l'humidité nécessite le prélèvement de la partie aliquote dès l'ouverture du sachet de la soupe déshydratée.

#### III.5.2. Analyses physico-chimiques

##### III.5.2.1. Détermination de la teneur en eau (NA 1213-1990) Méthode A

###### Principe

Séchage du produit à une température de 103°C pendant 4 h.

###### Mode opératoire

Les opérations décrites ci-après ont été effectuées immédiatement après l'ouverture des emballages contenant les échantillons pour laboratoire.

- Peser, après refroidissement le récipient vide préalablement séché, ainsi que son couvercle, à 103°C pendant 30 min.

- Peser, à 0.001 mg près, environ 5 g d'échantillon pour essai dans le récipient préalablement taré.

-Étaler uniformément la prise d'essai

-Placer le récipient dans l'étuve (Figure 12), préalablement chauffée à 103°C. Mettre le couvercle du récipient à coté de celui-ci.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

- Laisser sécher pendant 4 h comptées à partir du moment où la température de l'étuve atteint à nouveau 103°C.
- Retirer le récipient de l'étuve, mettre le couvercle.
- Laisser refroidir pendant environ 30 min dans le dessiccateur (Figure 13).
- Peser à 0.001 mg près.
- Réintroduire le récipient dans l'étuve pendant 2 h ; peser chaque une heure afin de contrôler la stagnation du poids de l'échantillon.



Figure 12 ♦ Etuve de séchage réglée à 103°C  
(Photographie originale)



Figure 13 ♦ Dessiccateur  
(Photographie originale)

### Expression des résultats

La teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$\%H = (m_0 - m_1) \times (100 / m_0)$$

Où :

$m_0$  : Est la masse, en grammes, de la prise d'essai

$m_1$  : Est la masse, en grammes, de la prise d'essai après séchage.

### III.5.2.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) selon la norme ISO 1842, NA 2233, 1993

#### Principe

Mesurage de la différence de potentiel entre deux électrodes, plongées dans le liquide à analyser. Le pH mètre de type (Inlabo Multi 720) utilisé, permet une lecture directe du pH de la solution analysée.

#### Mode opératoire

- Régler le système de correction de la température du pH-mètre.
- Étalonner le pH-mètre en utilisant deux solutions tampons l'une à  $\text{pH} = 7.00 \pm 0.02$ , T (20°C) et l'autre à  $\text{pH} = 4.00 \pm 0.02$ , T (20°C) ; pour un mesurage précis, et afin de compenser la diminution de la sensibilité de l'électrode due ; au vieillissement.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Essuyer l'électrode avec du papier Joseph.
- Introduire l'électrode dans la prise d'essai préalablement homogénéisée (Figure 14).
- Lire le pH directement sur l'échelle de l'appareil lorsqu'une valeur constante a été obtenue.
- Effectuer deux déterminations sur cinq prises d'essai séparées provenant du même échantillon préparé.



Figure 14 ♦ Mesure de pH de la soupe enrichie (Photographie originale)

### III.5.2.3. Détermination de la teneur en azote en vue du calcul de la teneur en protéines brutes selon la méthode Kjeldahl (norme ISO 646)

Cette norme spécifie une méthode de détermination de la teneur en azote total des aliments selon la méthode de Kjeldahl, et une méthode de calcul de la teneur en protéines brutes.

#### Principe

Minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, alcalinisation des produits de la réaction, distillation et titrage de l'ammoniac libéré. Calcul de la teneur en azote et multiplication des résultats par le facteur conventionnel 5,75 afin d'obtenir la teneur en protéines brutes.

#### Mode opératoire

- **La minéralisation de l'échantillon** : pendant cette étape ; l'azote protéique se transforme en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique ; qui sert aussi à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium par action de l'acide et la base ; en présence d'un catalyseur « sulfate de cuivre » et du sel  $K_2SO_4$  qui a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation.

Sous une hotte bien ventilée, procéder comme suit :

- Introduire la prise d'essai « 5 g » dans un matras à minéralisation de Kjeldahl
- Ajouter 15 ml de sulfate de potassium  $K_2SO_4$
- Ajouter 1 g de sulfate de cuivre  $CuSO_4$  comme catalyseur
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique  $H_2SO_4$
- Mélanger soigneusement de façon à assurer un mouillage complet de la poudre
- Chauffer pendant 3 h à  $350^\circ C$
- Laisser refroidir

- **La distillation de l'ammoniac** : avant de distiller l'ammoniac sous la forme du sel  $(NH_4)_2SO_4$  par l'addition d'une solution de NaOH en excès ajouter 50ml d'eau pour dissoudre complètement les sulfates. Le distillat d'ammoniac est recueilli dans 150ml d'acide borique afin de former des sels borates d'ammonium.

**-Titration de l'ammoniac** : l'ammoniac sous forme de borates d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide sulfurique et d'un indicateur mixte. Ce titrage est recommandé car il facilite la vérification de la fin de distillation par changement de la coloration de l'indicateur mixte.

### Expression des résultats

La teneur en azote, exprimée en pourcentage en masse du produit, est égal à :

$$\% N = \frac{(v1-v0)*N*0,014*100}{m} = \frac{1,4(v1-v0)*N}{m}$$

Où :

V0 : Est le volume, en ml, de la solution d'acide sulfurique utilisé pour l'essai à blanc

V1 : Est le volume, en ml, de la solution d'acide sulfurique utilisé pour les déterminations.

N : Est la normalité de la solution d'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage (0,1N ; 0.25 N).

m : Est la masse, en grammes, de la prise d'essai

### Calcul du pourcentage des protéines dans l'échantillon

Le pourcentage de protéines dans l'échantillon est obtenu en multipliant le pourcentage d'azote par le facteur 5,75.

$$\% \text{ Protéines} = \% N \times F$$

### **III.5.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse - La méthode Soxhlet -**

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la teneur en matières grasses dans les aliments solides déshydratés .C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

### Principe

L'échantillon issu de la détermination de l'humidité est réutilisé pour la détermination de la matière grasse. L'échantillon placé dans une capsule, est extrait en continu par de l'hexane qui dissout graduellement la matière grasse ; le solvant contenant la

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'hexane est évaporé, et la matière grasse est pesée (Figures 15 et 16).



Figure 15 ♦ Appareil soxhlet  
(Photographie originale)



Figure 16 ♦ Rotavapeur pour extraction  
du solvant (Photographie originale)

### Expression des résultats

$$\% \text{ lipides} = \frac{B_p - B_v}{M \text{ échantillon}} \times 100$$

Où :

B<sub>p</sub> : Poids du ballon plein

B<sub>v</sub> : Poids du ballon vide

M : Masse d'échantillon

### **III.5.2.5. Détermination de la matière minérale (NA 1218, 1992)**

La NA 1218 spécifie une méthode de décomposition des matières organiques présents dans les légumes ou les produits dérivés, par incinération, en vue de l'analyse minérale de ces produits.

#### Principe

Incinération à  $525 \pm 25^\circ\text{C}$  d'une prise d'essai de 5g après addition d'une solution d'acétate de magnésium ou de chlorure d'aluminium destinés à faciliter l'incinération.

### Mode opératoire

- Peser, à 0,001g près, 5g de l'échantillon dans un creuset
- Ajouter 1,5 ml d'acétate de magnésium
- Mélanger soigneusement avec une baguette en verre
- Essuyer celle-ci avec un morceau de papier filtre sans cendres, et le déposer dans le creuset.
- Recouvrir le creuset avec la rondelle de papier filtre sans cendres.
- Carboniser le produit dans un bain de sable
- Introduire le creuset dans le four à moufle à 525°C
- Incinérer pendant 60 mn jusqu'à la disparition totale des particules charbonneuses

Il reste des particules charbonneuses, donc on procède comme suit :

- Refroidir
- Humidifier avec de l'eau
- Évaporer l'eau sur la plaque chauffante
- Réintroduire dans le four à moufle
- L'incinération est terminée lorsqu' on observe plus de particules charbonneuses

### Expression des résultats

$$\text{Cendres totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

Où :

$m_0$  : Masse en (g) du creuset vide

$m_1$  : Masse en (g) du creuset plein

$m_2$  : Masse en (g) du creuset après incinération

### III.5.2.6. Dosage des glucides selon la méthode de Luff-Schoorl

#### Objet et domaine d'application

La méthode permet de doser les sucres réducteurs et les sucres totaux après inversion, exprimés en glucose ou, le cas échéant, en saccharose, par conversion à l'aide du facteur 0,95. Elle est applicable aux aliments composés. Des modalités particulières sont prévues pour d'autres aliments.

#### Principe

Les sucres présents dans la prise d'essai soit de 2,5 g sont dissous dans l'éthanol dilué ; la solution est déféquée en moyen des réactifs de Carrez I et II. Après élimination de l'éthanol, les dosages sont effectués avant et après inversion, selon la méthode de Luff-Schoorl.

#### Mode opératoire

##### **- Mise en solution :**

- Peser, à un mg près 2.5 g de l'échantillon, et les introduire dans une fiole jaugée de 250 ml.
- Ajouter 200 ml d'éthanol et mélanger pendant une heure dans l'agitateur rotatif.
- Ajouter 5 ml de solution de Carrez I et agiter pendant une minute.
- Ajouter ensuite 5 ml de solution de Carrez II et agiter à nouveau pendant une minute.
- Porter au volume avec de l'éthanol, homogénéiser et filtrer.
- Prélever 200 ml du filtrat et évaporer environ la moitié du volume, afin d'éliminer la majeure partie de l'éthanol.
- Transvaser quantitativement le résidu d'évaporation ; à l'aide de l'eau chaude, dans un ballon jaugé de 200 ml, refroidir, porter au volume avec de l'eau, homogénéiser et filtrer, si nécessaire.

Cette solution sera utilisée pour le dosage des sucres totaux après inversion.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

### - Dosage des sucres totaux après inversion :

- Prélever à la pipette 50 ml de solution et les porter dans une fiole jaugée de 100 ml.
- Ajouter quelques gouttes de solution de méthylorange, puis prudemment et tout en agitant ; l'acide chlorhydrique 4 N jusqu'à virage net au rouge.
- Ajouter 15 ml d'acide chlorhydrique 0.1 N
- Plonger la fiole dans un bain d'eau à forte ébullition et l'y maintenir durant trente minutes, refroidir rapidement à 20°C environ.
- Ajouter 15 ml de solution d'hydroxyde de sodium 0.1N.
- Compléter à 100 ml avec de l'eau et homogénéiser.
- Prélever 25 ml.
- Déterminer la teneur en sucres selon luff-schoorl.

### - Titration selon luff-schoorl

- Prélever à la pipette 25 ml du réactif selon luff-schoorl et les porter dans un erlenmeyer de 300 ml
- Ajouter 25 ml, exactement mesurés, de la solution déféquée de sucres. Ajouter deux granulés de pierre ponce.
- Chauffer, en agitant à la main, sur une flamme libre de hauteur moyenne et porter le liquide à ébullition en deux minutes environ, placer immédiatement l'erlenmeyer sur un chauffe ballon, de façon que seul le fond de l'erlenmeyer soit chauffé.
- Adapter ensuite un réfrigérant à reflux sur l'erlenmeyer. A partir de ce moment, faire bouillir pendant dix minutes exactement.

Refroidir immédiatement dans l'eau froide et après cinq minutes environ, titrer comme suit :

- Ajouter 10 ml de solution d'iodure de potassium et, immédiatement après et avec prudence (en raison du risque de formation d'une mousse abondante), 25 ml d'acide sulfurique 6 N.
- Titrer ensuite par la solution de thiosulfate de sodium 0.1 N jusqu'à apparition d'une coloration jaune terne, ajouter l'indicateur à l'amidon et achever la titration.

### **Essai à blanc**

Effectuer la même titration sur un mélange exactement mesuré de 25 ml de réactif selon luff-schoorl et 25 ml d'eau, après avoir ajouté 10 ml de solution d'iodure de potassium et 25 ml d'acide sulfurique 6 N, sans porter à ébullition.

### Calcul des résultats

Établir à l'aide de la table la quantité de glucose en mg correspondant à la différence entre les valeurs des deux titrations, exprimées en ml de thiosulfate de sodium 0,1 N.

Exprimer le résultat en pour cent de l'échantillon.

### **III.5.2.7. Détermination de la teneur en chlorures (NF V 05-116, 1974)**

#### Définition

On entend par « teneur en chlorures » dans les fruits, légumes et produits dérivés, la quantité de chlorures totaux déterminés conformément à la méthode décrite.

La teneur en chlorures s'exprime :

- Soit en pourcentage en masse
- Soit en grammes de chlorure de Sodium pour 100 ml de produit

#### Principe

Précipitation des chlorures par addition d'un excès de solution de nitrate d'argent et titrage de cet excès avec une solution de thiocyanate de potassium.

#### Mode opératoire

- Prélever à l'aide d'une pipette 25 ml de l'échantillon pour essai préalablement homogénéisé et les introduire dans un bécher.
- Ajouter à la prise d'essai 100 ml d'eau à 70°C environ et mélanger le contenu du bécher jusqu'à obtention d'une consistance homogène. Porter le contenu du bécher à l'ébullition et maintenir l'ébullition pendant une minute.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

- Laisser refroidir, et transvaser quantitativement le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 250 ml. Compléter jusqu'au trait-repère avec de l'eau.
- Mélanger soigneusement puis laisser reposer 15 mn, filtrer alors sur papier filtre à plis et recueillir le filtrat dans un récipient sec.
- Prélever à l'aide d'une pipette 20 ml du filtrat et les introduire dans une fiole conique, ajouter 5 ml d'acide nitrique et 1 ml de la solution indicateur.
- Introduire ensuite, à l'aide d'une pipette, 20 ml de la solution de nitrate d'argent dans la fiole conique.
- Ajouter 3 ml de nitrobenzène et agiter vigoureusement le contenu de la fiole pour coaguler le précipité.
- Titrer l'excès de nitrate d'argent avec la solution de thiocyanate de potassium jusqu'à obtention d'une couleur brun-rouge persistant 10 s. noter à 0,02 ml près le volume ( $V_1$ ) de solution de thiocyanate de potassium utilisé.

### Expression des résultats

La teneur en chlorures, exprimée en grammes de chlorures de sodium pour 100 ml de produit, est égale à :

$$\text{Teneur en chlorures} = 0,005845 (20 - V_1) \times \frac{250}{20} \times \frac{100}{v_0} = 7,306 \frac{(20 - v_1)}{v_0}$$

Où :

$V_0$ : Est le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

$V_1$  : Est le volume, en millilitres, de la solution de thiocyanate de potassium 0,1 N utilisé.

### **III.5.3. Analyses microbiologiques**

Les manipulations sont faites sous une hotte ventilée et/ou dans une zone stérile assurée par le bec benzène ; tout en désinfectant les mains avec un gel antiseptique ainsi que l'emballage au niveau de la zone du sertissage avant son ouverture.

### III.5.3.1. La préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique (N° 01.98.51)

#### Principe

- Préparation de la suspension-mère de façon à obtenir une répartition aussi uniforme que possible des micro-organismes contenus dans la prise d'essai.
- Préparation, si nécessaire, de dilutions décimales qui permettent, après ensemencement et incubation des milieux de culture :

**Dans le cas des boîtes**, d'effectuer un dénombrement valable des colonies (existence de boîtes comportant entre 30 et 300 colonies et pour certains groupes, tels les coliformes, entre 15 et 150 colonies).

**Dans le cas des tubes**, de disposer d'un nombre suffisant de tubes montrant un développement bactérien et des tubes sans culture, de manière telle que le calcul du nombre le plus probable (NPP) à l'aide des tables, puisse être réalisé.

#### Prise d'essai

Les prises d'essai sont effectuées sur l'échantillon homogénéisé en tenant compte de deux facteurs essentiels à savoir :

- Le nombre de pièces soumises à l'analyse
- Les opérations analytiques à conduire

On prélève 10 grammes serviront à l'analyse bactériologique courante.

On prélève 25 grammes serviront à la recherche de Salmonella

#### Suspension mère et dilutions décimales

- Introduire aseptiquement 10 grammes de produit à analyser dans un sachet stérile de type « Stomacher » contenant au préalable 90 ml de diluant soit le TSE (tryptone sel eau).
- Homogénéiser

Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 ou  $10^{-1}$  (Figure 17).

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1ml de la DM dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant ; cette dilution est alors au 1/100 ou  $10^{-2}$

- Introduire ensuite aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile, 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant ; cette dilution est alors au 1/1000 ou  $10^{-3}$ , procéder de la même manière pour la préparation des dilutions  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  (Figure 18).



Figure 17 ♦ Diluions mères  $10^{-1}$   
(Photographie originale)



Figure 18 ♦ Dilutions décimales  
(Photographie originale)

### III.5.3.2. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (NF V 08 - 051, 2003)

La Flore Mésophile Aérobie Totale est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre de germe (UFC) présente dans un produit. Ce dénombrement se fait en milieu solide après incubation en aérobiose à  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### Principe

Ensemencement en profondeur d'un milieu de culture défini, coulé dans une boîte de Pétri, avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai si le produit à examiner est liquide, ou avec une quantité déterminée de suspension mère dans le cas d'autres produits.

Dans les mêmes conditions, ensemencement d'autres boîtes avec des dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

Incubation des boîtes à 30°C, en aérobiose pendant 72h.

A partir du nombre de colonies obtenues dans les boîtes de pétri retenues, on calcule le nombre de microorganismes par ml ou par gramme de l'échantillon analysé.

### Méthodologie

- A partir des dilutions décimales  $10^{-1}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$ , porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.
- Compléter ensuite avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 »
- Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Cette double couche a un rôle protecteur contre les diverses contaminations pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 30°C pendant 72 h avec :

- Première lecture à 24 h
- Deuxième lecture à 48 h
- Troisième lecture à 72 h

### Lecture et dénombrement

Les colonies des GAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse. Il s'agit de compter les colonies ayant poussées sur les boîtes tenant compte des facteurs suivants :

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions.

### **III.5.3.3. Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux - méthode par comptage des colonies - (ISO 4832, 2006)**

*NOTE* : Le dénombrement des coliformes fécaux peut être effectué, soit par comptage des colonies, soit par calcul du nombre le plus probable, ces deux techniques diffèrent de celles utilisées pour les coliformes uniquement par la température d'incubation.

#### **Méthode par comptage des colonies**

Appliquer la norme en remplaçant le terme coliforme par coliformes fécaux et la température de 30°C par 44.5°C

#### Principe

Préparation de cinq boîtes de Pétri, en utilisant un milieu de culture sélectif solide et une quantité spécifiée de suspension mère.

Incubation des boîtes à 30°C ou 37°C pendant 24 h. Comptage des colonies caractéristiques.

Calcul du nombre de coliformes par millilitre à partir du nombre de colonies caractéristiques dénombrées par boîte de Pétri.

#### Méthodologie

##### Ensemencement et incubation

- Prendre cinq boîtes de Pétri stériles pour la dilution primaire.
- Transférer à l'aide d'une pipette stérile 1 ml de la dilution mère au centre de chaque boîte.
- Verser environ 15 ml du milieu VRBL, de 44°C à 47°C, dans chaque boîte de Pétri ;(Le temps qui s'écoule entre la fin de la préparation de la suspension mère et le moment où le milieu est versé dans les boîtes ne doit pas dépasser 15 min).
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture par des mouvements en 8 et circulaires.
- Laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface fraîche et horizontale.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

- Préparer également une boîte témoin avec environ 15 ml du milieu de culture pour contrôler sa stérilité.
- Après solidification complète, couler à la surface du milieu ensemencé environ 4 ml du milieu VRBL, de 44°C à 47°C ; laisser solidifier (Figure 19 et 20).
- Retourner les boîtes ainsi préparées et les incuber dans l'étuve réglée à 30°C ou 37°C pendant 24 h  $\pm$  2 h.



Figure 19 ♦ Ensemencement du milieu VRBL  
Par l'inoculum (Photographie originale)



Figure 20 ♦ Hôte à flux laminaire  
(Photographie originale)

### Dénombrement

Après la période d'incubation spécifiée, sélectionner les boîtes de Pétri ayant, si possible, 10 ou plus de 10 et moins de 150 colonies. Procéder au comptage des colonies violacées ayant un diamètre minimal de 0,5 mm (parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile). Ces colonies sont considérées comme des colonies typiques de coliformes et ne nécessitent pas de confirmation.

### **III.5.3.4. Le dénombrement des bactéries sulfito-réductrices (XPV 08-601, 2005)**

#### Principe

Ensemencement en profondeur du milieu gélosé tryptose sulfite à la cyclosérine exempt de jaune d'œuf, coulé dans une boîte de Pétri, avec une quantité déterminée de la suspension-mère.

Recouvrement avec une couche du même milieu lorsque l'essai est effectué en boîte de Pétri.

Incubation des boîtes à 46°C en anaérobiose pendant 20 h  $\pm$  2 h.

Dénombrement des colonies caractéristiques (entourées d'un halo noir).

#### Méthodologie

##### Ensemencement et incubation

- Prendre une boîte de Pétri stérile. A l'aide d'une pipette stérile, transférer dans la boîte 1 ml de la suspension-mère.
- Couler dans chaque boîte de Pétri environ 15 ml du milieu tryptose-sulfite à la cyclosérine, maintenu entre 44°C et 47°C au bain d'eau. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on distribue l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 min.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface fraîche et horizontale.
- Après solidification du mélange, ajouter 5 ml à 10 ml du milieu tryptose-sulfite à la cyclosérine maintenu entre 44°C et 47°C. Laisser solidifier.
- Retourner les boîtes ainsi préparées et les placer dans les jarres pour anaérobiose (Figure 21).
- Incuber à 46°C pendant 20 h  $\pm$  2 h à l'aide de l'étuve.



Figure 21♦ Jarres pour anaérobiose (Photographie originale)

### Comptage des colonies

Choisir les boîtes contenant moins de 150 colonies caractéristiques et moins de 300 colonies au total.

Compter les colonies caractéristiques.

### **III.5.3.5. Recherche des *Staphylococcus aureus* (NF V 08-052, 1989)**

#### Principe

Ensemencement en surface d'un milieu de culture gélose sélectif, coulé dans une boîte de Pétri, avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai si le produit à examiner est liquide, ou de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

Incubation des boîtes à 37°C, en aérobie pendant 24h à 48h.

Calcul du nombre de staphylocoques par ml ou par gramme d'échantillon, à partir du nombre de colonies caractéristiques et/ou non obtenues dans les boîtes retenues aux niveaux de dilutions donnant un résultat significatif.

### Méthodologie

- Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Baird Parker.
- Le refroidir ensuite dans un bain d'eau à 45°C, puis ajouter 15 ml d'une solution de tellurite de potassium, mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Répartir le milieu en boîtes de Pétri à raison de 15 à 18 ml par boîte.
- Laisser solidifier les boîtes sur pailleasse.
- Inoculer les boîtes avec 0,1 ml de la dilution mère (en raison de quatre gouttes dans chaque boîte)
- Étaler les gouttes à l'aide d'un râteau.
- Incuber les boîtes pendant 48h ± 2h à 37°C, première lecture après 24h ± 2h.

### Lecture

Seront considérés comme positives, les boîtes contenant des colonies caractéristiques à savoir des colonies noires, brillantes, convexes entourées d'une zone de transparence qui peut être translucide.

### **III.5.3.6. Dénombrement des levures et moisissures ; technique par comptage des colonies à 25°C (C.A.C.Q.E. N° 01-97-61)**

#### Principe

Ensemencement en profondeur d'un milieu de culture sélectif déterminé, coulé dans cinq boîtes de Pétri, avec une quantité définie de l'échantillon pour essai, si le produit est liquide, ou de la suspension mère pour les autres produits.

Dans les mêmes conditions, ensemencement des dilutions décimales des autres boîtes, obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère.

Incubation de ces boîtes en aérobiose à 25°C pendant 3, 4 ou 5 jours.

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

---

Calcul du nombre de levures et moisissures par gramme ou par millilitre d'échantillon, à partir du nombre de colonies obtenues dans des boîtes choisies aux niveaux de dilution donnant un résultat significatif.

### Méthodologie

- Prendre cinq boîtes de Pétri stériles.
- Transférer, dans chacune de ces boîtes, à l'aide d'une pipette stérile, 1ml de la suspension mère.
- Couler dans chaque boîte de Pétri, environ 15 ml de la gélose, provenant d'un flacon de culture fondue au préalable et maintenue à  $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  dans le bain d'eau. Le temps qui s'écoule entre la fin de la préparation de la suspension mère ; au moment où le milieu est coulé dans les boîtes, ne doit pas dépasser 15 min.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu et laisser se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface fraîche horizontale.
- Préparer également une boîte témoin avec 15 ml du milieu pour contrôler sa stérilité.
- Retourner les boîtes et les placer à l'étuve à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

### Lecture

Compter les colonies sur chaque boîte après 3,4 et 5 jours d'incubation. Après 5 jours, retenir les boîtes contenant moins de 150 colonies. Si des parties de boîtes sont envahies par des moisissures ou s'il est difficile de compter des colonies bien isolées, retenir les comptages obtenus après 4, ou même 3 jours d'incubation.

### Expression des résultats

Le nombre de levures et moisissures par gramme ou par millilitre est égal à :

$$\frac{\sum c}{(n1 + 0.1 n2)d}$$

Où :

C : Est la somme des colonies sur toutes les boîtes comptées ;

n1 : Est le nombre de boîtes comptées à la première dilution ;

n2 : Est le nombre de boîtes comptées à la seconde dilution ;

d: Est la dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus ;

Le résultat doit être exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par  $10^x$ , x étant la puissance appropriée de 10.

### **III.5.3.7. Méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella* spp (ISO 6579, 2002)**

#### Principe

La recherche de *Salmonella* nécessite trois phases successives (Annexe B).

- **Pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide :**

Ensemencement de la prise d'essai dans de l'eau peptonée tamponnée à température ambiante, puis incubation à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant  $18 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ .

- **Enrichissement en milieux sélectifs liquides**

Ensemencement du bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (bouillon RVS) et d'un bouillon Muller-Kauffmann au tétrathionate-novobiocine (MKTTn) avec la culture obtenue ci-dessus.

Incubation du bouillon RVS à  $41,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  et du bouillon MKTTn à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ .

- **Isolement et identification**

A partir des cultures obtenues, ensemencement de deux milieux sélectifs solides :

- Gélose xylose lysine désoxycholate (gélose XLD).
- Un autre milieu sélectif solide approprié, laissé au choix du laboratoire, complémentaire du milieu gélose XLD permettant la recherche de *Salmonella* lactose positive, incluant *Salmonella Typhi* et *Salmonella Paratyphi*.

Incubation du milieu gélose XLD à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  puis examen après  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ .

Incubation du second milieu sélectif selon les recommandations du fabricant.

### Méthodologie

- Pour la préparation de la suspension-mère, utiliser comme diluant le milieu de pré-enrichissement : eau peptonée tamponnée.

- Incuber la suspension-mère à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant  $18 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ .

- Transférer 0,1 ml de la culture obtenue dans un tube contenant 10 ml de bouillon RVS et 1 ml de la culture obtenue dans un tube contenant 10 ml de bouillon MKTTn.

- Incuber le bouillon RVS ensemencé à  $41,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  et le bouillon MKTTn à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

- A partir de la culture obtenue dans le bouillon RVS, après  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  d'incubation, ensemencer avec une anse la surface d'une boîte de Pétri contenant le premier milieu d'isolement sélectif (gélose XLD), de façon à permettre le développement de colonies bien isolées. Utiliser deux boîtes, l'une après l'autre, en se servant de la même anse.

Opérer de même avec le deuxième milieu d'isolement sélectif en se servant d'une nouvelle anse et de boîtes de Pétri de dimensions appropriées.

- A partir de la culture obtenue dans le bouillon MKTTn, après  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  d'incubation, répéter les opérations décrites ci-dessus avec les deux milieux d'isolement sélectifs.

- Dans le cas du premier milieu d'isolement, retourner les boîtes, les placer dans une étuve réglée à  $37^{\circ}\text{C}$ . Pour le second milieu d'isolement, suivre les recommandations du fabricant.

- Après  $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$  d'incubation, examiner les boîtes afin de rechercher la présence de colonies typiques de Salmonella, ainsi que les colonies atypiques susceptibles d'être des Salmonella. Marquer leur position sur le dessous de la boîte.

Les colonies typiques de Salmonella cultivées sur gélose XLD ont un centre noir et sont entourées d'un halo clair transparent rouge du à un changement de l'indicateur du milieu.

Incuber le second milieu sélectif à la température et au temps appropriés puis examiner la présence de colonies qui, d'après leurs caractéristiques, peuvent être considérées comme des Salmonella présumées.

### IV.1. INCORPORATION DE LA SPIRULINE DANS LA SOUPE « JUMBO »

Premièrement, La soupe de légumes "JUMBO" n'est pas une soupe instantanée et ce par rapport à son mode de préparation. Ainsi, dans les soupes instantanées l'eau est ajoutée bouillante à la poudre, sans cuisson, or ce n'est pas le cas. Elle est plutôt une préparation à cuire pour laquelle la poudre se délaye dans l'eau froide puis le mélange est porté à ébullition.

Nous notons cependant que de nombreux consommateurs ne tiennent pas forcément compte des conseils de reconstitution des diverses soupes et les diluent plus ou moins.

Nous comparerons ici la valeur nutritionnelle d'une soupe de légumes industrielle déshydratée - marque déposée "JUMBO" - commercialisée sur le marché algérien ; avec la valeur nutritionnelle de la même soupe citée ci-dessus enrichie à différentes concentrations en Spiruline –*Spirulina platensis*- souche algérienne.

L'addition de la spiruline à différentes concentrations, à la soupe de légumes déshydratée « JUMBO » a permis d'obtenir 5 échantillons, à des concentrations croissantes comme suit : 1 mg/g, 5 mg/g, 10 mg/g, 15mg/g, 20mg/g (Figure 22).



Figures 22 ♦ Soupe enrichie en spiruline à différentes concentrations (Photographie originale)

La Spiruline possède l'un des taux les plus élevés en pigments chlorophylliens que l'on puisse trouver dans la nature, elle en contient 1% environ. En effet notre soupe a tendance à prendre de plus en plus la couleur de ce pigment naturellement vert au fur et à mesure qu'on augmente la concentration de la spiruline incorporée, la soupe de légumes qui est à l'origine jaune, être verte !, cela pose la question d'acceptabilité du point de vue, couleur, goût et odeur par le consommateur notamment algérien inhabité de soupes de couleur verte. Pour cette importante raison de flaveur et d'aspects organoleptiques globalement, il est recommandé de ne pas dépasser la concentration de 100mg/g de spiruline incorporée. L'ajout de plus grande quantité de spiruline, vas affecter les qualités organoleptiques de la soupe, requises et attendues par le consommateur.

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

### IV.2.RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES EFFECTUEES SUR L'ECHANTILLON TEMOIN DE LA SOUPE « JUMBO » ET SUR LA MEME SOUPE ENRICHIE EN SPIRULINE :

Une alimentation équilibrée devrait comporter cinq portions de fruits et légumes par jour afin de couvrir les besoins en fibres (>25g/j) assurant la régulation du transit intestinal. Les soupes industrielles contiennent généralement moins de 100g de légumes (Chatelan et al., 2008) ; la soupe étudiée en contient 44 %. Néanmoins, elle ne peut en aucun cas remplacer une portion de légumes, ni un repas complet à elle seule. Elle peut faire partie d'une alimentation équilibrée mais la soupe cuisinée « fait maison » reste plus avantageuse sur le plan nutritionnel car elle est moins salée et plus riche en légumes.

Ces cinq portions recommandées de 150g amènent aussi suffisamment de vitamines, minéraux et substances protectrices pour le bon fonctionnement de l'organisme. Ces derniers atouts peuvent être complétés par d'autres nutriments par l'ajout d'une petite quantité de Spiruline ne dépassant pas le 1g au produit.

Le tableau (17) suivant synthétise les résultats des différentes analyses physico-chimiques, effectuées sur l'échantillon témoin et les différents échantillons enrichis en spiruline, de la soupe de légumes déshydratée « JUMBO ».

Tableau 17 ♦ Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètres	Soupe « JUMBO » "Témoin"	Spiruline	Soupe « JUMBO » enrichie en spiruline				
			[ ] 1 mg/g	[ ] 5 mg/g	[ ] 10 mg/g	[ ] 15 mg/g	[ ] 20 mg/g
Potentiel d'hydrogène	5,75	8	6,42	6,48	6,67	6,86	6,95
Taux d'humidité (%)	5,71	6,25	5,53	5,39	4,99	4,78	4,42
Teneur en protéines (%)	6,55	58,2	6,60	6,81	7,07	7,32	7,60
Teneur en matière grasse (%)	4,41	4 à 7	3,34	3,59	3,90	4,12	2,70
Taux des sucres totaux (%)	59,52	16	59,50	59,30	59,08	58,90	58,65
Taux des cendres (%)	14,02	15,62	13,88	13,5	14,02	14,02	13,64
Teneur en chlorure (%)	1,27	---	1,29	1,32	1,27	1,21	1,15
Apport calorique (Kcal) pour 100g	303, 97	332,8	294,46	296,75	299,7	301,96	289,3

### IV.2.1. Le taux d'humidité

La mesure de la teneur en eau est définie comme étant la quantité en grammes d'eau rapportée à 100 g de substances sèches.

Il convient souvent de contrôler la teneur en eau des aliments au cours de leurs transformations et au cours de leur commercialisation.

Les besoins journaliers en eau d'un adulte sont 1-1,5 L. Toutes les soupes déshydratées participent aux apports hydriques après reconstitution.

Pour ce qui est du taux d'humidité des échantillons de la soupe « JUMBO » : échantillon témoin est à 5,71%, une autre méthode utilisant un dessiccateur infrarouge nous a permis d'aboutir presque aux mêmes résultats soit de 5,68% avec un extrait sec de 94,32%, cette teneur reflète que la soupe a été préparée par une efficace méthode de séchage, ce qui garantit une meilleure conservation. On note que les valeurs obtenues sont supérieures à la valeur trouvée dans une étude canadienne sur les soupes de légumes déshydratées (2007) qui est de 3,73% et celle de 4% trouvée par Romain et Thomas (2008), on remarque ainsi que la soupe « JUMBO » renferme plus d'humidité que d'autres soupes. Comparant encore nos résultats avec la teneur en eau de la poudre de lait obtenue par atomisation : 4% (Alais, Miclo et *al.*, 2004) on déduit que le lait en poudre contient plus de matière sèche que la soupe déshydratée. Ces différences peuvent être dues aux technologies de séchage appliquées pour la fabrication de chaque produit et aussi étant donné que l'eau est un constituant instable, son taux est susceptible de varier dans le temps par suite des échanges avec l'atmosphère ou entre les particules le constituant (Bar, 2001).

Il est généralement admis que le taux d'humidité résiduel limité des algues se situe vers 8 % au-delà duquel la croissance des moisissures et des bactéries devient possible (Belay, 1997). On remarque que plus on augmente la concentration en spiruline dans la soupe enrichie plus l'extrait sec de la soupe augmente et son humidité diminue ! Les taux d'humidité pour les échantillons enrichis (1mg/g, 5mg/g, 10mg/g, 15mg/g, 20mg/g) sont respectivement : 5,52%, 5,3%, 4,8%, 4,5%, 4,04%.

En fait, l'incorporation de la spiruline à la soupe déshydratée n'affecte pas son humidité. Plus on ajoute de la spiruline à la soupe plus l'extrait sec de cette dernière augmente et son humidité diminue.

D'autres facteurs intrinsèques à la méthode d'analyse pouvant influencer l'exactitude des résultats, entre autres :

- Échantillon séché hygroscopique : l'échantillon une fois séché, peut réabsorber l'humidité de l'air pendant les manipulations.

- Dépôt de la graisse des doigts sur le plat avant la pesée
- Quantité et répartition de l'échantillon dans le plat
- Nombre trop élevé d'échantillons dans l'étuve

### IV.2.2. Le pH

Est le potentiel d'hydrogène, il représente la concentration en ions H<sup>+</sup> dans le milieu.

Les valeurs de pH et nos commentaires se réfèrent tous à une portion de 73,53 ml, reconstituée selon les indications de l'emballage. Le pH de la soupe « JUMBO » ; pour les échantillons témoins et enrichis en spiruline à différentes concentrations (1 mg/g, 5 mg/g, 10 mg/g, 15 mg/g, 20 mg/g) ; mesuré après reconstitution est respectivement 5,75 ; 6,42 ; 6,48 ; 6,67 ; 6,86 ; 6,95.

La légère acidité de la soupe témoin peut être due à sa composition, son pH est compatible au pH de certains légumes constituant la soupe à leurs états frais, tel celui de la carotte 5,2-6, l'oignon 5,3-5,8, la pomme de terre 5,4-6 (Bourgeois et *al.*, 1995).

On remarque que c'est un pH acide, qui tend à être neutre au fur et à mesure qu'on augmente la concentration de la spiruline ajoutée, ce qui peut être expliqué par le pH basique de la spiruline qui est de 8.

Selon Schuck (2011) : Au cours des différentes étapes du procédé technologique, les produits subissent différents traitements thermiques associés à une réduction de la teneur en eau dans les évaporateurs et les séchoirs ; Ceci se traduit par une augmentation de la concentration de tous les éléments constitutifs, un accroissement de la viscosité et une réduction du pH consécutive à une augmentation de la force ionique.

L'augmentation du pH jusqu'à le seuil de la neutralité suite à l'adjonction de la spiruline favorise la prolifération de micro-organismes notamment les neutrophiles.

### IV.2.3. Les protéines

Les protéines présentes dans les soupes sont des composés organiques quaternaires formés de C, H, O, et N. d'origine végétale (Siret, 2010). Les soupes de légumes déshydratées sont pauvres en protéines.

La teneur en protéines dans l'échantillon témoin (6,55%) reste négligeable (<10% des besoins journaliers. Cette teneur est faible, par rapport à celle trouvée par Feinberg, Favier et *al.*, (1993) (11,73%) pour les soupes déshydratées. Ces différences peuvent être dues aux différentes méthodes de dosage.

La teneur en protéines de la Spiruline est élevée. Elle représente 10 à 11% de la masse humide, soit 50 à 70% de sa matière sèche (Clément, 1975 ; Fox, 1999).

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

La spiruline contient 8 fois environ de protéine plus que la soupe « JUMBO ». Les apports en protéines de tous nos échantillons enrichis sont augmentés proportionnellement avec les doses de spiruline ajoutées (Figure 23). Néanmoins selon notre expérience, on note que l'incorporation de la spiruline n'a pas fait varier significativement le taux de protéines dans la soupe, or il faut en augmenter la dose.

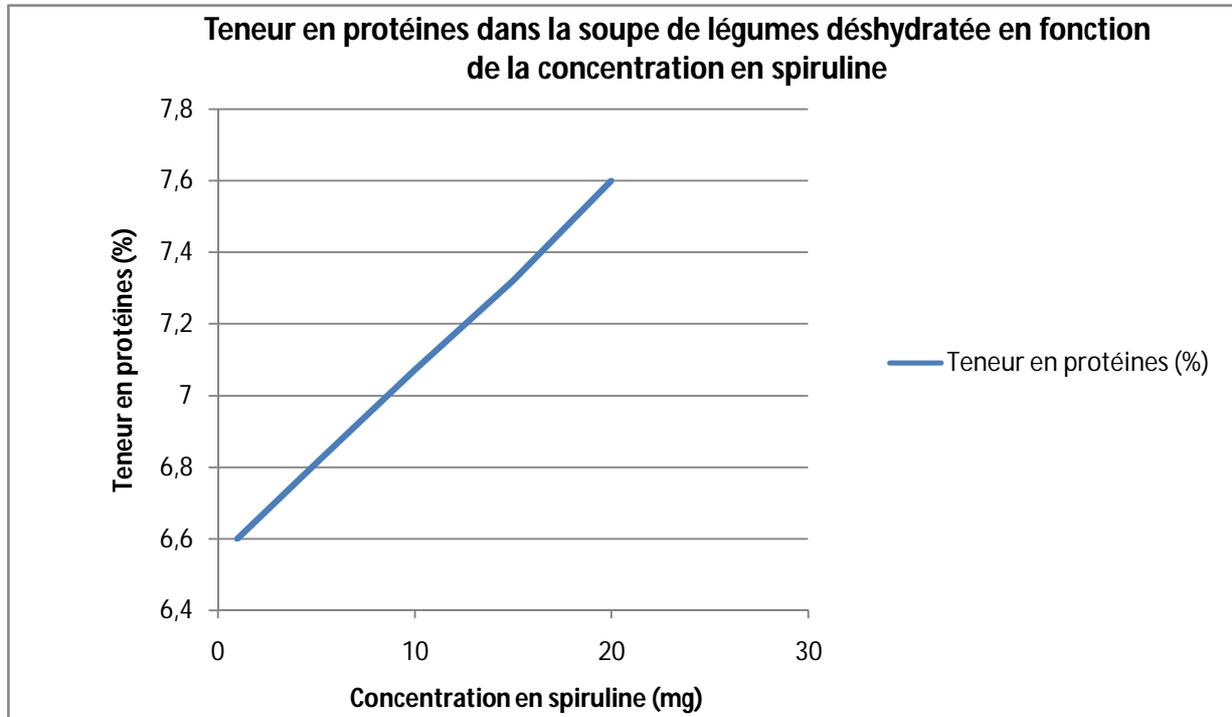


Figure 23 ♦ Courbe de la teneur en protéines dans la soupe « JUMBO » en fonction de la concentration en spiruline incorporée.

On remarque selon la courbe ci-dessus que la teneur en protéines dans la soupe de légumes déshydratée augmente avec l'augmentation de la dose de spiruline incorporée. Selon notre expérimentation, on note que la concentration de la spiruline incorporée peut être augmentée pour augmenter par la suite la teneur en protéines dans la soupe.

La richesse de la spiruline en matières azotées est cependant à relativiser, compte tenu de la faible quantité de spiruline utilisée en complément alimentaire (<10g par jour et des apports quotidiens recommandés actuellement, soit 0,7 à 1g par kg de poids corporel (Briend, 1998).

Est à souligner qu'en particulier, la dénaturation des protéines nuit à la réhydratabilité des soupes déshydratées (Schuck, 2011).

### IV.2.4. Les glucides

Les glucides prennent la majeure partie dans la composition des échantillons de soupe témoins et enrichis, ils représentent pour l'ensemble des échantillons plus de 50%. La soupe témoin est plus riche en sucres que la purée déshydratée reconstituée, qui en contient pour 100g 14,4g glucides (Talbert et Smith, 1967). Notre taux en sucres trouvé pour l'échantillon témoin (59,52%) se situe entre celui mentionné sur l'étiquetage (67,5%) et celui trouvé par Feinberg, Favier et *al.*, (1993) (56,9%) pour les soupes déshydratées.

Les glucides constituent globalement 15 à 25% de la matière sèche des spirulines (Quillet, 1975), dont la majorité à assimilation lente.

On remarque que le taux de sucres totaux dans la soupe déshydratée analysée avant et après incorporation de l'algue, diminue avec l'augmentation de la concentration en spiruline, alors qu'on s'attendait à une relative augmentation, néanmoins cette diminution n'est pas significative, on note 59,5% ; 59,3% ; 59,08 ; 58,9% ; 58,65% ; suivant l'ordre croissant des concentrations de la spiruline. Elle peut être justifiée en comparant le taux de sucres dans la soupe témoin et celui de la spiruline (16%) (Vidal, 2008), celui de la spiruline est moins important par rapport à celui de la soupe.

### IV.2.5. Les matières grasses

Les apports lipidiques peuvent varier de 2,7 à 4,41 grammes d'un échantillon à l'autre. Cela correspond aussi à des apports inférieurs à 5% des besoins journaliers. On a remarqué que les échantillons témoins sont plus riches en lipides (4,41g pour 100g), Or l'adjonction de la spiruline n'a pas influencé sur la teneur en lipides de la soupe.

Les graisses contenues dans la Spiruline sont néanmoins de meilleure qualité (oméga-3 et oméga-6, acides gras polyinsaturés). Les acides gras oméga-3 et oméga-6 de la Spiruline préviendraient l'accumulation de cholestérol dans l'organisme. En revanche, des acides gras trans et/ou saturés sont en effet trouvés dans les soupes déshydratées. Ces graisses de mauvaise qualité peuvent, à long terme, favoriser les maladies cardio-vasculaires.

Donc ça sera avantageux de combiner les graisses de la spiruline avec ceux de la soupe déshydratée qui demeure toujours faible en matières grasses.

### IV.2.6. Les éléments minéraux

Ils sont classés en deux catégories selon l'importance de l'apport nécessaire en rapport avec leur teneur dans l'organisme. Les macroéléments sont les éléments minéraux majeurs à rôle constitutif. Les oligoéléments ou éléments à l'état de traces sont nécessaires à doses infimes et jouent plutôt un rôle fonctionnel (Siret, 2010).

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---

La teneur en éléments minéraux de la soupe « JUMBO » est élevée, elle est de l'ordre de 14,02 %. Nos résultats diffèrent des résultats rapportés par Feinberg, Favier et *al.*, (1993) de l'ordre de 19,54%.

Ces teneurs élevées en éléments minéraux ont pour origine la richesse minérale de légumes utilisés comme matière première. La spiruline est également riche en oligo-éléments et minéraux. Malgré cela son incorporation n'influe pas sur la richesse minérale de la soupe vu les petites doses incorporées. .



Figure 24 ♦ Dosage des cendres (Photographie originale)

### IV.2.7. La teneur en chlorure de sodium

Une consommation excessive de sel peut engendrer une hypertension artérielle également néfaste pour le système cardio-vasculaire. Nous soulignons cela car la teneur sodée des soupes industrielles se situe entre 1,4g à 2g tout en sachant que les fabricants ont tendance à la diminuer. Comme il est recommandé d'ingérer au maximum 5-6g de sel par jour, les soupes industrielles composent donc un apport non négligeable de sel. Un adulte ne devrait pas ingérer plus de 2 300 mg de Sodium par jour, soit l'équivalent d'environ une cuillerée à thé de sel (Anonyme, 2009).

La quantité de Sodium varie énormément d'un produit à l'autre ; l'écart entre la soupe la plus faible et la plus riche en sel dépasse 2 800mg ! La teneur en sel de la soupe « JUMBO » est de 1,27%, soit l'équivalent de 1 270mg pour 100g. Le chlorure de Sodium, utilisé comme ingrédient de sapidité possède une action bactériostatique

quand sa concentration dépasse 2%. Son utilisation n'est pas limitée par la législation.

On note que les fabricants ont tendance à diminuer la teneur en sel des soupes déshydratées.



Figure 25 ♦ Précipitation des chlorures

### IV.2.8. Apport calorifique

C'est l'énergie exprimée en Kcal (ou Cal) ou KJ libérée par la dégradation de 100 g de partie comestible de l'aliment.

Les personnes qui consomment régulièrement de la soupe ont un indice de masse corporelle moins élevé que ceux qui n'en consomment pas. Mais la soupe ne fait pas de maigrir. En revanche, prise en début de repas, elle permet de limiter la quantité d'aliments que nous mangeons ensuite, en arrivant plus rapidement à satiété (Anonyme, 2009)

Le velouté de notre comparatif contient peu de calories (entre 289,3 et 303,97 kcal). Les valeurs énergétiques des échantillons de soupe sont proches, comparant la valeur de la soupe « JUMBO » qui est de 303,97 kcal avec la valeur mentionnée sur l'étiquetage qui est de 350 Kcal, on observe une différence remarquable, cela indique que les valeurs inscrites sur l'étiquète ne reflète pas effectivement les valeurs réelles.

Les échantillons de soupe de notre comparatif contiennent peu de calories, mais ce faible apport peut procurer la satiété. Ce qui peut être intéressant - voire recherché (Chatelan et *al.*, 2008).

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

### IV.3. RESULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sont représentés par le tableau 18 ci-dessous :

Germes recherchés	Nombres de germes trouvés / gr						
	Soupe témoin	Spiruline	Soupe enrichie				
			[ ] 1 mg/g	[ ] 5 mg/g	[ ] 10 mg/g	[ ] 15 mg/g	[ ] 20 mg/g
GAMT à 30°C	00	00	00	00	00	00	00
Coliformes totaux à 30°C	00	00	00	00	00	00	00
Coliformes fécaux à 44,5°C	00	00	00	00	00	00	00
Clostridium sulfitoréducteurs à 46°C	00	00	00	00	00	00	00
<i>Staphylococcus aureus</i> à 37°C	00	00	00	00	00	00	00
Levures et moisissures à 25°C	<b>80</b>	115	200	164	227	273	264
Salmonella à 37°C	00	00	00	00	00	00	00

La possibilité de multiplication de la microflore est en relation avec la composition des légumes, leur pH, l'Aw, le potentiel redox et les facteurs environnementaux (température, composition de l'atmosphère...).

Les analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons de soupe de légumes déshydratée témoins et enrichis ont montré que ces produits ne contiennent pas des coliformes fécaux et totaux, ni bactéries sulfito-réductrices, ni germes aérobies mésophiles totaux, ainsi que les germes de *staphylococcus aureus* et les salmonella. Ces résultats montrent que la soupe « JUMBO » ainsi que la spiruline sèche utilisées ont été fabriquées dans de bonnes conditions d'hygiène et ne représentent pas un milieu favorable au développement de ces micro-organismes et ne présentent aucun risque pour la santé des consommateurs.

Tous les échantillons de la soupe analysés sont dépourvus de germes pathogènes. La croissance microbienne est liée à l'activité de l'eau. Si  $A_w < 0,4$  la croissance microbienne s'arrête ainsi que les réactions enzymatiques et biochimiques se ralentissent (Branger et al., 2007). Lors d'une diminution d'Aw, certains micro-organismes développent des stratégies d'adaptation consommatrices en énergie, ce qui ralentit leur croissance. Ces conditions sont donc favorables pour la conservation et la qualité sanitaire des produits déshydratés. Selon Alais, Linden (1997) pour la plupart des micro-organismes, l'optimum de croissance est réalisé pour  $0,92 < A_w < 0,99$ . La stabilité microbienne est donc très grande dans les produits déshydratés où  $A_w = 0,2-0,4$ .

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---



Figure 26 ♦ Dénombrement  
Des colonies des GAMT  
(Photographie originale)



Figure 27 ♦ Absence de colonies  
de coliformes (Photographie originale)

Les germes d'altération trouvés dans les échantillons témoins, et soupe enrichie, ne présentent aucun effet dangereux en raison de leurs conformités aux normes établies dans le journal officiel de la république algérienne N° 35 pour les potages déshydratés ; cette flore ne doit pas dépasser  $10^3$  germes / g. On a pu observer des colonies cotonneuses des moisissures et même des boîtes envahies par des moisissures.



Figure 28 ♦ Colonies dénombrées de moisissures

Les activités d'eau minimales requises sont différentes selon les micro-organismes : 0,80 pour les moisissures ; cependant certaines espèces peuvent présenter des valeurs minimales d'Aw plus faible pour la croissance ; ainsi, les moisissures xérophiles se développent à partir d'Aw égale à 0,65, les bactéries pathogènes ou toxigènes ne se multiplient pas pour des activités d'eau inférieures à 0,85-0,90 pour les moisissures, la limite inférieure est de 0,7 à 0,8, ce qui peut être dangereux s'il y a production de mycotoxines (Delmi-Bouras, 2004).

La synergie entre le pH et la destruction thermique est connue et utilisée depuis longtemps. On sait bien que la thermorésistance des spores bactériennes disparaît

## Chapitre IV : Résultats et Discussions

---

en dessous de pH 4,5. Notons cependant qu'entre 5,0 et 8,0 l'action du pH sur les thermorésistants n'est pas toujours très forte. La vitesse de développement des microorganismes diminue quand le pH diminue, dans ces conditions les bactéries sont les premières touchées, puis les levures et enfin les champignons.

La soupe de légumes déshydratée « JUMBO » a un pH acide soit 5,75, on a observé qu'elle est devenue légèrement neutre après son enrichissement par de la spiruline « *Arthrospira platensis* » qui a un pH basique soit : 8. L'augmentation du pH jusqu'à le seuil de neutralité suite à l'adjonction de la spiruline favorise la prolifération de microorganismes notamment les neutrophiles (Bourgeois et *al.*, 1996).

En résumé, les conditions d'hydratation d'un aliment déterminent avec de nombreux autres paramètres du milieu (composition, température, pH...) la flore potentiellement présente.

Les opérations technologiques telles que le broyage et le mélange aboutissent à une homogénéisation des flores des différents ingrédients et à une modification de la structure des produits ; la contamination de surface se trouve alors introduite dans la masse. Les denrées ainsi traitées sont sur le plan microbiologique plus fragile que les produits entiers et doivent faire l'objet de soins hygiéniques particuliers et de rigueur dans les conditions et les temps de stockage si on ne veut pas voir augmenter leur charge microbienne (Bourgeois et *al.*, 1996).

Il ressort en fait, que la soupe analysée, avant et après son enrichissement, ainsi que la spiruline, utilisée pour cela possèdent une qualité microbiologique satisfaisante. La soupe de légumes déshydratée étudiée est un produit sain ainsi que la spiruline utilisée et sont tout deux conformes à la réglementation en vigueur et ont une bonne hygiène et une bonne qualité marchande.

## CONCLUSION

Lors de cette petite étude, on a pu constater que la soupe de légumes déshydratée est un produit en compétition avec la soupe de légumes "fait maison".

La soupe étudiée renferme un taux élevé de sucres totaux, représentant plus de deux tiers de sa composition, une teneur également élevée en minéraux, des valeurs faibles en protéines, en lipides et une faible humidité ce qui justifie l'efficacité du procédé industriel de séchage mis en œuvre pour sa fabrication. Ces caractéristiques biochimiques permettent une longue conservation, et diminuent les risques d'altération de la soupe au cours du stockage. Aussi, vu qu'elle est préparée à base de légumes, elle présente une proportion de glucides importante comparée aux autres éléments, malgré cette teneur élevée en sucres totaux, la soupe est recommandée en régime amaigrissant, Elle procure la satiété plus rapidement et donne l'impression d'être rassasié. La soupe est relativement riche en sels minéraux, l'étude des minéraux met en valeur un apport considérable en sel. En outre ce produit est présent pendant l'année entière, il est pratique, facile et rapide à préparer, facile à digérer, non encombrant, répondant aux besoins de la restauration hors foyer, pour les adultes préparation intéressante en cas de difficultés à mastiquer, pour les enfants et même les adultes intéressant pour faire manger toutes sortes de légumes.

La soupe déshydratée étudiée dans cette présente étude contient du glutamate de sodium (E621), un additif alimentaire utilisé comme exhausteur de goût souvent décrié par les consommateurs et médias. Nous nous sommes alors interrogés sur un éventuel danger à consommer régulièrement ce type de produits.

D'après nos résultats, la spiruline a une valeur nutritive propre aux protéines et a une influence sur le goût, la couleur, de la soupe dans laquelle elle est incorporée, la soupe devient de plus en plus verte avec l'augmentation de la dose de spiruline. Son incorporation à la soupe de légumes déshydratée à différentes concentrations ne dépassant pas 20mg/g, a induit une augmentation proportionnelle de la teneur en protéines de la soupe, a augmenté l'extrait sec de la soupe et diminué son humidité, a fait varier le pH de faiblement acide à neutre, a diminué la teneur en sucres totaux. Cependant, cette adjonction n'a pas influencé sur la teneur en cendres et celle de lipides.

On peut estimer que la plupart des micronutriments de la soupe ne sont que peu endommagés, sauf la fragile vitamine C partiellement détruite par la déshydratation, cette même vitamine n'existe qu'à l'état de traces dans la spiruline.

Les soupes commerciales ont cependant toutes le même défaut : leur teneur en sodium est très élevée. Et on sait qu'une trop grande consommation de sel contribue à faire augmenter la tension artérielle chez certaines personnes, en plus d'accroître les risques de maladies cardiovasculaires et des reins, d'accidents vasculaires

cérébraux et d'ostéoporose. Nous devrions donc n'en consommer qu'une quantité limitée. Les soupes commerciales y compris la forme déshydratée, sont salées et ne remplacent pas une portion de légumes, ni un repas complet à eux seules, les soupes cuisinées « maison » restent plus avantageuses sur le plan nutritionnel car elles sont moins salées et plus riches en légumes. Les soupes industrielles peuvent cependant faire partie d'une alimentation équilibrée. Nous tenons à préciser que les producteurs prennent conscience des recommandations de santé et ont tendance à faire évoluer leurs recettes dans ce sens en augmentant le pourcentage de légumes, en analysant les teneurs en vitamines et sel, tout en maintenant un goût des plus agréables.

Les consommateurs auront probablement à l'égard de notre produit déshydraté, revalorisé par ajout de la spiruline, certaines réserves qui semblent plus ou moins justifiables.

Perspectives :

- Incorporation de la spiruline à la soupe de légumes déshydraté au cours de la chaîne de fabrication.

- Analyses des micronutriments de la soupe déshydratée enrichie en spiruline.

- Un enrichissement des propriétés sensorielles.

- Augmentation de la concentration en spiruline incorporée dans le velouté de légumes déshydraté.

- Études des propriétés technologiques : solubilité, dispersibilité, mouillabilité de la soupe de légumes déshydratée.

## Références bibliographiques

- 1- **Alais C., Linden G. et Miclo L., 2004**, cinquième édition DUNOD, abrégé de biochimie alimentaire, Belgique, 250p.
- 2- **Anonyme, 1993**, UNIFEM, fonds de développement des nations unies pour la femme, séchage, 6 manuel de technologies du cycle alimentaire, États-Unis, 65p.
- 3- **Anonyme, 2008**, Ed.TEC & DOC, science des aliments, tome 2, Paris, 449p.
- 4- **Ariel E., 2003**. Quel avenir pour la spiruline ? INSTM. Univ Montpellier.
- 5- **Bimbenet J.J., Duquenoy A., Trystram G., 2002**, Ed. RIA, Génie des procédés alimentaires des bases aux applications, Paris, 545p.
- 6- **Bonazzi C., Bimbenet J.J., 2002**, Éditions T.I., Séchage des produits alimentaires, France, 17p.
- 7- **Borgne Y., 1986**. La culture des micro- algues. Aquaculture TEC et DOC – Lavoisier. 1 .181-192.
- 8- **Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J., 1996**, Ed.TEC & DOC, Microbiologie alimentaire, tome 1, Paris, 672p.
- 9- **Branger A., Richer M.M., Roustel S., 2007**, Ed.Educagri, alimentation et processus technologique, France, p.
- 10- **Brulé G., Croguennec T., Jeantet R., Schuck P., 2006**, Ed.TEC & DOC, Sciences des aliments, Stabilisation biologique et physicochimique, tome 1, Paris, 383p.
- 11- **Brulé G., Croguennec T., Jeantet R., Schuck P., 2008**, Ed.TEC & DOC, science des aliments, Biochimie, Microbiologie, Procédés, France, 456p.
- 12- **Cayot P., Lorient D., 1998**, Ed.TEC & DOC, Structures et technofonctions des protéines du lait, Paris, 363 p.

- 13- **Charpy I; Langlade M. J; ROMAIN ALLIOD R., 2008.** La spiruline peut elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? Institut de Recherche pour le Développement UR 167 (CYROCO).
- 14- **Chatelan A., Duboule L., Magnin M., 2008,** H e d s : haute école de santé, Filière Nutrition et diététique, LES SOUPES DESHYDRATEES, LA PANACEE, Genève
- 15- **Clement G., 1975 .** Production et constituants caractéristiques des algues *Spirulina platensis* et *S.maxima* Ann.Nutr. Aliment. N° 29, p477-487.
- 16- CODEX STAN 117-1981
- 17- Cours universitaires de technologies des fruits et légumes, 2009.
- 18- **Dilmi-Bouras A., 2004,** OPU, biochimie alimentaire, Algérie, 110p.
- 19- **Espiard E., 2002,** Ed.TEC & DOC, introduction à la transformation industrielle des fruits, Paris, 356p.
- 20- **Favier J.C., Feinberg M., Ireland J., 1993,** Ed.CIQUAL, tables de composition des aliments, « *centre informatique sur la qualité de l'aliment* », 30p.
- 21- **Flaquet J et hurni J-P., 2006 .** Aspect nutritionnels de la spiruline .publier par Antenna Technologie.
- 22- **FOX R.D., 1999,** La Spiruline, Technique, Pratique et Promesse, EDISUD, Aix en Provence (246).
- 23- **Ilari J.L., Melcion J.P., 2003,** Ed.TEC & DOC, collection sciences et techniques agroalimentaires, technologie des pulvérulents dans les IAA, France, 814 p.
- 24- **Kapoor R. and Mehta U., 1993,** Utilization of beta-carotene from *Spirulina platensis* by rats, Plants-Foods-Hum-Nutr, 1993, 43(1)1-7.
- 25- Petit Larousse illustré, 1983.
- 26- **Limouse M., Murat M., Tisset M., 2004,** Ed. TEC & DOC, ALIMENTATION PRATIQUE, Paris, p.
- 27- **Mafart P., 1997,** deuxième édition TEC & DOC, génie industriel alimentaire- les procédés physiques de conservation-, tome 1, Paris, 341p.

- 28- **Manfred D., Moll N., 1998**, deuxième édition DUNOD, additifs alimentaires et auxiliaires technologiques, Paris, p. <http://www.DUNOD.com>
- 29- **Multon J.L., 2002**, troisième édition TEC & DOC, additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires, Paris, 746p.
- 30- ONS : Office National des Statistiques, statistiques économiques, Alger, série E n° 148.
- 31- **Peeters E.G., 1988**, guide Marabout : L'ABC DE LA DIÉTÉTIQUE, 320p.
- 32- **Pierlovisi C., 2007**. L'homme et la spiruline un avenir commun ? Faculté des Sciences pharmaceutiques et biologiques. Parie.
- 33- **Quillet M., 1975**. Recherches sur les substances glucidiques élaborées par les Spirulines .Ann.Nutr. Alim.29. pp 553-561.
- 34- **Santillon C., 1974**. Cultivation of the spirulina for Human Consumption and for Animal Feed. International Congress of Food Science and Technology.
- 35- **Schuck P., 2001**, Ed INRA, *Innovations Agronomique*, Modifications des propriétés fonctionnelles des poudres de protéines laitières : Impact de la concentration et du séchage, 71-99p., pierre.schuck@rennes.inra.fr.
- 36- **Séror R., 2002**, portail d'environnement et de géographitre notre planète-info, additifs alimentaires, 23p. (4-18-20)
- 37- **Siret C., SD**, les composants chimiques des produits alimentaires, Centre français d'exploitation du droit de copie, Paris, 18p.
- 38- **Tirilly Y., Bourgoie M., 1999**, Ed.TEC & DOC, technologie des légumes, Paris, 558p.
- 39- **Trémolière J., Serville Y., Jacquot R., Duppin H., 1980**, Éditions ESF, manuel d'alimentation humaine, Tome 2, Paris, 516p.
- 40- **Verherbruggen J.M., 2006**, Rapport de pole de développement durable, Additifs alimentaires, p2/7
- 41- **Vidal J. L., 2008**, Spiruline l'algue bleu de santé et de prévention. ED. Dauphin pp47-82.

42- **Vierling E., 2008**, troisième édition doin CRDP, aliments et boissons filière et produits, France, 271p.

43-**Vonshak A., Francis.1997**. *Spirulina platensis .Arthrospira. Physiology, Cell-biology, and Biotechnology"*, Taylor and Francis

44- <http://www.journaldunet.com/economie/tendances/soupe/index.shtml>

## ANNEXE A : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

### 1-Détermination de la teneur en eau (NA 1213-1990)

#### Appareillage

-Récipient, en verre, muni d'un couvercle suffisamment étanche et présentant une surface utile permettant d'obtenir une répartition de la prise d'essai d'environ 0,3 g/cm<sup>2</sup> soient des vases à tare.

-Étuve électrique, bien ventilée, réglable à 103°C.

-Dessiccateur, garni d'un déshydratant efficace, soit sable de fontaine bleue.

-Balance analytique.

-Spatule.



Figure 29 ♦ Balance analytique

### 3- Détermination de la teneur en azote en vu du calcul de la teneur en protéines brutes selon la méthode Kjeldahl (norme ISO 646)

#### Réactifs

-Sulfate de potassium

-Sulfate de cuivre pentahydraté (CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O)

-Acide sulfurique ou acide chlorhydrique

-Saccharose

-Indicateur mixte

-Acide borique

## Appareillage

Matériel courant du laboratoire, et notamment :

- Balance analytique
- Appareillage pour la minéralisation, la distillation et le titrage.

## **4- Détermination de la teneur en matière grasse selon le protocole interne de LCI**

### Réactifs

n-hexane (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)

### Appareillage

- Appareil soxhlet
- Vases à tare
- Cartouches
- Spatule
- Coton
- Etuve
- Balance analytique

## **5- Détermination de la matière minérale (NA 1218, 1992)**

### Appareillage

Matériel courant du laboratoire, et notamment :

- Balance analytique
- Creusets en porcelaine inattaquable dans les conditions d'essai
- Rondelle de papier filtre sans cendres ; s'adaptant exactement aux creusets, ayant au centre un cercle de 2mm de diamètre et incisée le long du rayon
- Papiers filtre sans cendres
- Baguette en verre
- Four à moufle réglé à 550°C

-Dispositifs appropriés pour la dessiccation et la pré-incinération (bain de sable, plaque chauffante)



Figure 30 ♦ Four à moufle

## 6-Dosage des glucides selon la méthode de Luff-Schoorl

### Réactifs

- Ethanol à 40%
- Solution de carrez I : 24 g acétate de zinc  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$  ; 3g acide acétique glacial et de l'eau
- Solution de carrez II : 10.6 g de ferrocyanure de potassium  $K_4[Fe(CN)_5] \cdot 3H_2O$  et l'eau
- Méthylorange
- Acide chlorhydrique 4N
- Acide chlorhydrique 0.1N
- Solution d'hydroxyde de sodium 0.1N
- Réactifs selon Luff-Schcoorl : (Acide citrique, solution de carbonate de sodium, solution de sulfate de cuivre)
- Solution de thiosulfate de sodium 0.1N
- Solution d amidon
- Acide sulfurique 6N
- Solution à 30% d'iodure de potassium
- Granulés de pierre ponce

## Appareillage

Matériel courant du laboratoire et notamment :

- Balance analytique
- Erlenmeyers, béchers, fioles jaugées, entonnoirs, papiers filtre, pipettes
- Agitateur rotatif
- Bec benzène
- Réfrigérant à reflux
- Burette

Tableau 18 ♦Table des valeurs des sucres totaux pour 25 ml de réactif Luff-Schoorl

Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1 N	Glucose	
	Ml	mg
1	2,4	2,4
2	4,8	2,4
3	7,2	2,5
4	9,7	2,5
5	12,2	2,5
6	14,7	2,5
7	17,2	2,6
8	19,8	2,6
9	22,4	2,6
10	25,0	2,6
11	27,6	2,7
12	30,3	2,7
13	33,0	2,7
14	35,7	2,8
15	38,5	2,8
16	41,3	2,9
17	44,2	2,9
18	47,1	2,9
19	50,0	3,0
20	53,0	3,0
21	56,0	3,1
22	59,1	3,1
23	62,2	3,1

## 9- Détermination de la teneur en chlorures (NF V 05-116, 1974)

### Réactifs

Tous les réactifs sont de qualité analytique ; de l'eau distillée est utilisée.

-Nitrobenzène.

-Acide nitrique, solution environ 4N.

Mélanger 1 volume d'acide nitrique ( $\rho_{20} = 1,39$  à  $1,42$  g/ml) avec 3 volumes d'eau.

-Nitrate d'argent, solution titrée 0,1000 N.

-Thiocyanate de potassium, solution titrée 0,1 N.

Dissoudre dans l'eau environ 9,7 g de thiocyanate de potassium (KSCN) et compléter à 1000 ml avec de l'eau dans une fiole jaugée. Étalonner la solution obtenue à 0,0001 N près avec la solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur mentionné ci-après.

-Sulfate double d'ammonium et de fer (III).  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . Solution aqueuse saturée, (33 g environ pour 100 ml). à laquelle on ajoute 1 ml d'acide nitrique ( $\rho_{20} = 1,39$  à  $1,42$  g/ml).

### Appareillage

Matériel courant de laboratoire, et notamment :

-Agitateur magnétique.

-Pipettes à un trait de 1, 10, 20, 25 ml.

-Béchers

-Éprouvette.

-Plaque chauffante.

-Fiole jaugée de 250 ml.

-Erlenmeyers, entonnoirs, papier filtre à plis.

-Fioles coniques.

-Burette

-Balance analytique.

-Hotte ventilée.

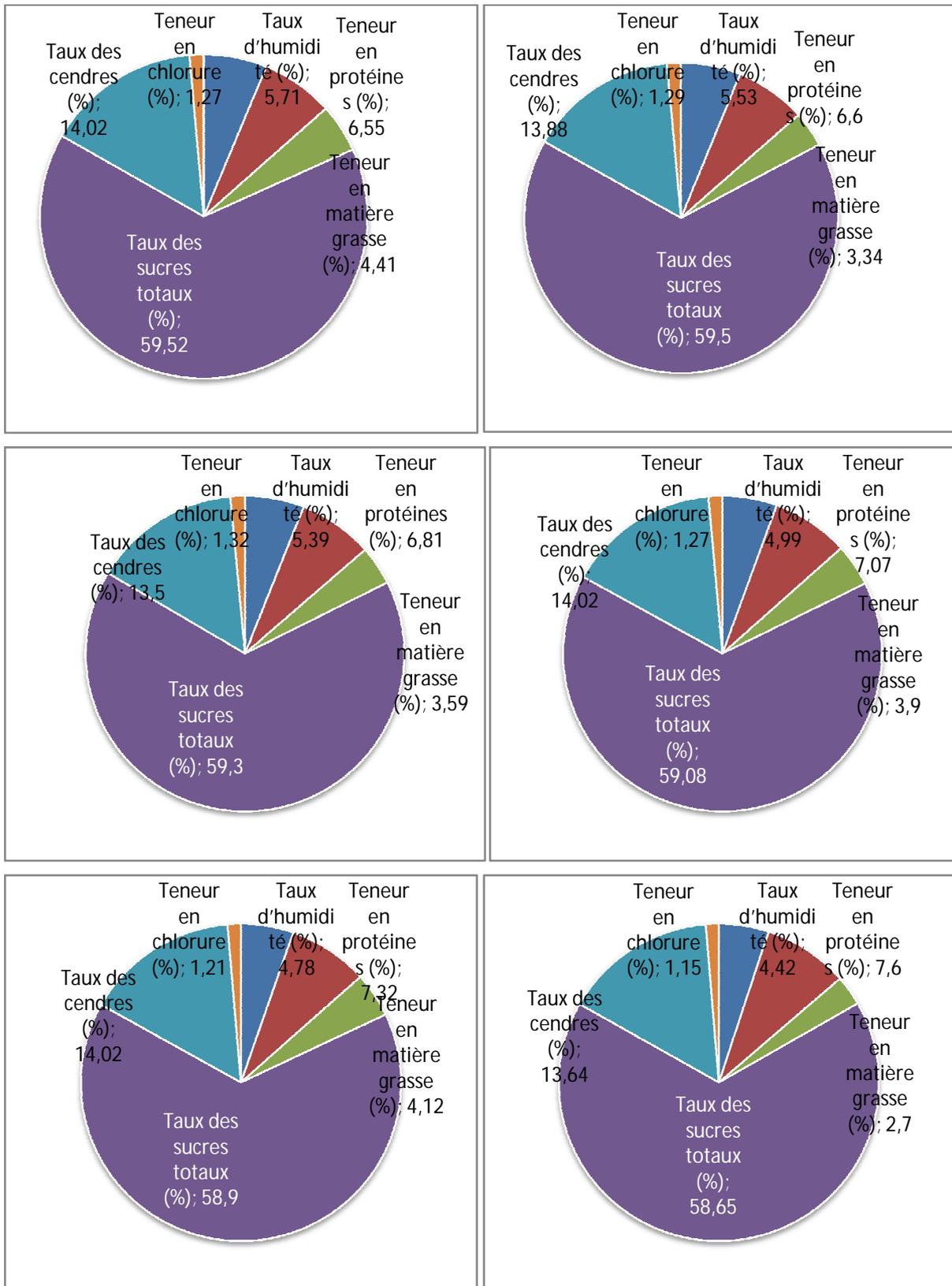


Figure 30 ♦ Représentations graphiques de la composition nutritionnelles de la soupe « JUMBO », témoin et enrichie en spiruline à différentes concentrations

## **ANNEXE B : ANALYSES MICROBIOLOGIQUES**

### **1-La préparation des dilutions en vue de l'examen microbiologique (N° 01.98.51)**

#### Appareillages utilisés pour la préparation de la suspension-mère et les dilutions décimales :

*NOTE : Le matériel destiné à entrer en contact avec le diluant, l'échantillon, les dilutions, sauf s'il est livré stérile (sacs en plastique, pipettes en plastique, etc. ...) doit être stérilisé.*

Matériel courant de laboratoire de microbiologie, et notamment :

- Appareils pour la stérilisation en chaleur humide (autoclave)
- Homogénéisateur, de type péristaltique (stomacher), avec des sacs stériles en plastique.
- Agitateur Vortex
- Tubes à essais ayant une capacité suffisante pour contenir, avec un espace libre suffisant pour permettre une agitation convenable, 10 ml de la suspension-mère, ou des dilutions décimales suivantes.
- Pipettes (bouchées avec du coton) ayant une capacité nominale de 1ml
- Pipettes graduées de grande capacité (bouchées avec du coton), par exemple de 10 ou 20ml
- Balance, de portée suffisante (sensibilité 0,01 g).

### **2-Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (NF V 08-051, 2003)**

#### Appareillage et verrerie

Matériel courant de laboratoire de microbiologie et, en particulier, ce qui suit :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide (autoclave)
- Étuve, réglable à 30°C ±1°C
- Boîtes de Pétri
- Bain d'eau, réglable à une température comprise entre 44°C et 47°C

- Appareil de comptage de colonies
- Tubes à essai

### GELOSE POUR DENONBREMENT (PCA)

Tableau 20 ♦ Composition de la gélose PCA

Digestat enzymatique de caséine	5,0 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose anhydre	1,0 g
Agar	9 à 18 g
Eau	1000 ml

#### Préparation :

- Préparation à partir de milieu commercial complet déshydraté ; suivre les instructions du fabricant.
- Répartir le milieu dans des flacons.
- Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 10 min.
- Le refroidir entre 44°C et 47°C avant l'emploi dans un bain d'eau.



Figure 32 ♦ Bain Marie

### 3-Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes totaux et fécaux selon la norme ISO 4832

#### Appareillage et verrerie

Matériel courant de laboratoire de microbiologie et notamment ce qui suit :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide soit un autoclave.
- Étuve, réglable à  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ou  $37^{\circ}\text{C}$ .
- Boîtes de Pétri, en plastique d'un diamètre de 90 mm à 100 mm.
- Pipettes à écoulement total, ayant une capacité nominale de 1 ml.
- Bain d'eau, capable de fonctionner de  $44^{\circ}\text{C}$  à  $47^{\circ}\text{C}$ .
- Flacons, pour porter à ébullition et conserver les milieux de culture.
- pH-mètre, précis à 0,1 unité de pH à  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Anse bouclée, en platine iridiée ou en nickel chrome ayant un diamètre de 3 mm environ ou anses à usage unique.

Milieu sélectif solide gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL)

Tableau 21 ♦ Composition di milieu sélectif solide (VRBL)

Digestat enzymatique de tissus animaux	7g
Extrait de levure	3g
Lactose ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}, \text{H}_2\text{O}$ )	10g
Chlorure de sodium	5 g
Sels biliaires	1,5 g
Rouge neutre	0,03 g
Cristal violet	0,002 g
Agar-agar <sub>a</sub>	12 g à 18 g
Eau	1000 ml
Selon le pouvoir gélifiant de l'agar-agar	

## Préparation

On procède comme suit pour conserver au milieu son pouvoir sélectif et sa spécificité :

- Mélanger soigneusement le milieu complet déshydraté dans l'eau et laisser reposer plusieurs minutes.
- Ajuster le pH de sorte qu'après ébullition, il soit de  $7,4 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Chauffer jusqu'à ébullition en agitant de temps en temps.
- Laisser bouillir 2 min
- Mettre le milieu à refroidir immédiatement au bain d'eau de  $44^{\circ}\text{C}$  à  $47^{\circ}\text{C}$ .
- Éviter la surchauffe du milieu, un chauffage trop prolongé ou des chauffages répétés
- Ne pas stériliser à l'autoclave et contrôler la stérilité du milieu au moment de l'emploi
- Utiliser le milieu dans les 4 h qui suivent sa préparation

## **4- Le dénombrement des bactéries sulfite-réductrices selon la norme XP V 086061**

### Appareillage et verrerie

Matériel courant de laboratoire de microbiologie et en particulier ce qui suit :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide soit un autoclave.
- Étuve, réglable à  $46^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Jarres pour anaérobiose.
- Bain d'eau, pouvant être maintenu à une température comprise entre  $44^{\circ}\text{C}$  et  $47^{\circ}\text{C}$ .
- Flacons de capacité appropriée (au maximum 100 ml).
- Boîtes de Petri, stériles, en matière plastique, de diamètre 90 mm à 100 mm.
- Pipettes graduées à écoulement total, de capacités nominales de 1 ml.
- pH-mètre, précis à 0,1 unité pH à  $25^{\circ}\text{C}$  et de seuil minimal de mesure de 0,01unité pH.

Milieu de culture : gélose tryptose-sulfite à la cyclosérine (TSC) exempte de jaune d'œuf

Tableau 22 ♦ Composition de milieu de culture (TSC)

Peptone pepsique de viande	15,0 g
Peptone de soja	5,0 g
Extrait autolytique de levure	5,0 g
Bisulfite disodique (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) anhydre	1,0 g
Citrate de fer (III) ammoniacal	1,0 g
Agar-agar bactériologique	9 g à 18 g
Eau	1000 ml

### Préparation

- Dissoudre les composants déshydratés dans l'eau, en portant à ébullition.
- Ajuster le pH si nécessaire, mesuré à l'aide du pH-mètre de sorte qu'après stérilisation, il soit de  $7,6 \pm 0,2$  à 25°C.
- Répartir la quantité appropriée de milieu en flacons, et stériliser à 121°C pendant 15 min.
- Conserver au réfrigérateur à  $30\text{C} \pm 20\text{C}$ .
- Si la préparation n'est pas extemporanée, les flacons de milieux de culture doivent être fondus et désaérés avant utilisation. La désaération nécessite au moins 15 min dans le bain de surfusion, après la fusion de la gélose, pour être effective.

Solution de D-cyclosérine

## **5- Recherche des *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* (NF V 08-052)**

### Préparation du milieu : BAIRD PARKER

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon contenant 225 ml de gélose Baird Parker, le refroidir ensuite dans un bain d'eau à 45°C, puis ajouter 15 ml d'une solution de téllurite de potassium, mélanger soigneusement et aseptiquement, puis répartir le milieu en boîtes de pétri à raison de 15 à 18 ml par boîte.

Laisser solidifier les boîtes sur paille, puis les sécher en les plaçant retournées couvercle en bas, dans une étuve de séchage réglée entre 45 à 55°C (les boîtes non séchées peuvent être conservées entre 0°C et 5°C au).

## 6- Dénombrement des levures et moisissures (C.A.C.Q.E. N° 01- 97-61)

### Appareillage et verrerie

Matériel courant de laboratoire de microbiologie, et notamment :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide (autoclave).
- Étuve, réglable à 25°C + 1°C.
- Bain d'eau, réglable à 45 ± 1°C.
- pH-mètre à compensation de température, ayant une précision de réglage de + 0,1 unité de pH à 25° C.
- Flacons (des flacons de culture munis de couvercles à vis en métal non toxique peuvent être utilisés).
- Pipettes graduées, de capacités nominales de 1ml.
- Boîtes de Pétri, d'un diamètre de 90 à 100 mm.

### Gélose OGA

Milieu de culture déshydraté utilisé pour la recherche des moisissures et levures

Tableau 23 ♦ Composition (g/litre) de la gélose OGA

Extrait de levure	5
D (+) glucose	10, 0
Agar-agar	18
Gentamycine	0,015
Eau	1000 ml

Dissoudre les composants dans l'eau, en portant à l'ébullition. Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation, il soit de 6,6.

Répartir le milieu gélosé dans des flacons appropriés. Stériliser à 121° C pendant 15 min.

## 7- Méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella* spp (ISO 6579, 2002)

### Appareillage et verrerie

Matériel courant de laboratoire de microbiologie et en particulier, ce qui suit :

- Appareil pour la stérilisation en chaleur humide, soit un autoclave
- Étuve, réglable à  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Étuve, réglable à  $41,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Bain d'eau, réglable à  $44^{\circ}\text{C}$  à  $47^{\circ}\text{C}$ .
- Anses bouclées, d'environ 3 mm de diamètre.
- pH-mètre, ayant une précision de réglage de  $\pm 0,1$  unité de pH de  $20^{\circ}\text{C}$  à  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Tubes à essai, de capacité appropriée.
- Flacons à capsules métalliques à vis non toxiques peuvent être utilisés.
- Pipettes graduées, de 1 ml de capacité nominale.
- Boîtes de Pétri, de petites dimensions (diamètre de 90 mm à 100

### Milieus de cultures

Eau peptonée tamponnée

Digestat enzymatique de casséine	10,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Disodium hydrogénophosphate dodécahydraté ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4, 12\text{H}_2\text{O}$ )	9,0 g
Dihydrogénophosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	1,5 g
Eau	1000 ml

### Préparation

- Dissoudre les composants dans l'eau, en chauffant si nécessaire.
- Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de  $7,0 \pm 0,2$  à  $25^{\circ}\text{C}$ .
- Répartir le milieu, par quantités nécessaires pour l'analyse, dans des flacons de capacité adéquate.
- Stériliser à l'autoclave réglé à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 min.

## Bouillon Muller-Kauffmann au tétrathionate-novobiocine ( MKTTn)

Tableau 25 ♦ Composition de Bouillon Muller-Kauffmann au tétrathionate novobiocine ( MKTTn)

Extrait de viande	4,3 g
Digestat enzymatique de caséine	8,6 g
Chlorure de sodium (NaCl)	2,6 g
Carbonate de calcium (CaCO <sub>3</sub> )	38,7 g
Thio sulfate de sodium pentahydraté (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,5H <sub>2</sub> O)	47,8 g
Sels biliaires à usage bactériologique	4,78 g
Vert brillant	9,6 mg
Eau	1 000 ml

### Préparation

- Dissoudre les composants de base déshydratés ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en portant à ébullition durant 5 min.
- Si nécessaire, ajuster le pH à  $8,0 \pm 0,2$  à 25°C.
- Bien homogénéiser le milieu.

Le milieu de base se conserve 4 semaines à  $3^{\circ}\text{C} \pm 0,2$ .

### Gélose xylose lysine désoxycholate (gélose XLD)

Tableau 26 ♦ Composition de la Gélose xylose lysine désoxycholate (gélose XLD)

Extrait de levure en poudre	3,0 g
Chlorure de sodium (NaCl)	5,0 g
Xylose	3,75 g
Lactose	7,5 g
Saccharose	7,5 g
Hydrochlorure de L-lysine	5,0 g
Thiosulfate de sodium	6,8 g
Citrate d'ammonium-fer (III)	0,8 g
Rouge de phénol	0,08 g
Désoxycholate de sodium	1,0 g
Gélose	9 g à 18 g
Eau	1 000 ml

### Préparation

- Dissoudre les composants de base déshydratés ou le milieu complet déshydraté dans l'eau, en chauffant si nécessaire. Éviter de surchauffer.
- Si nécessaire, ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de  $7,4 \pm 0,2$  à 25°C.
- Répartir le milieu de base dans des tubes ou flacons de capacité appropriée.
- Chauffer en agitant fréquemment jusqu'à ébullition du milieu et dissolution de la gélose. ne pas surchauffer.

# LEXIQUE

## **Additifs**

Substances ajoutées (en très petite quantité) à certaines denrées alimentaires lors du processus de fabrication dans des buts précis : accroître la durée de conservation, améliorer la texture, la couleur....

## **AET : Apport Energétique Total**

- D'une ration dont le sujet consommateur est précisé. En général, on se réfère à l'AET de l'adulte.
- Apport énergétique des macronutriments et de certaines molécules.

## **Aliment**

Substance solide ou liquide, d'origine végétale ou animale, propre à la consommation. Il assure la satisfaction des besoins en énergie et/ou en matière de l'organisme pour permettre entretien, croissance et activité physique.

## **Apport énergétique d'un aliment**

Energie exprimée en Kcal (ou Cal) ou KJ libérée par la dégradation de 100 g de partie comestible de l'aliment.

## **Arôme**

Mélange complexe destiné à donner gout et odeur (flaveur) à un aliment.

## **Aw : Activité de l'eau**

Elle représente l'eau disponible pour les réactions chimiques.

## **Calorie**

Unité de mesure de quantité de chaleur ; la « calorie » des nutritionnistes est en fait une kilocalorie. Dans le système international d'unités de mesure, l'unité servant à mesurer l'énergie est le joule (1 kilocalorie = 4,18 kilojoules).

## **Colorants**

Substances qui ajoutent ou redonnent de la couleur à des denrées alimentaires.

## **Epaississants**

Substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, en augmentant la viscosité.

## **Étiquetage nutritionnel**

A toutes les informations habituelles obligatoires ou facultatives portées sur le conditionnement de l'aliment s'ajoutent les caractéristiques nutritionnelles (énergie, minéraux, vitamines) rendues obligatoires si une allégation (exemple : « aliment riche en fibres ») est faite.

## **Exhausteurs de goût**

Substances qui renforcent le goût et/ou l'odeur d'une denrée alimentaire.

## **Glucides**

Substances organiques contribuant, avec les lipides et les protéines, aux apports énergétiques. Selon le nombre de molécules, on distingue deux catégories de glucides : les oses et les diholosides (ou di-osides) dits glucides simples, l'amidon dit glucide complexe.

## **Glucides complexes ou amidon**

Longue chaîne de molécules de glucose. L'amidon est le principal constituant du pain, des céréales, des marrons, aliments appelés féculents, légumes secs, pomme de terre.

## **Glucides simples ou sucres**

- Les oses (terme biochimique) ou mono saccharides (terme réglementaire) comportent une molécule. Ce sont le glucose, fructose des légumes et fruits et miel.
- Les diholosides ou di-osides (terme réglementaire) comportent deux molécules. Ce sont : le saccharose (le sucre de table), le lactose (lait). D'autres sont produits industriellement.

## **Ingrédient**

Les ingrédients sont des substances possédant généralement une valeur nutritive, utilisées en quantités significatives dans la fabrication des denrées alimentaires, habituellement consommées comme aliments en soi ou non.

## **L'instantanéisation**

Peut se définir comme toute action pouvant améliorer la mouillabilité, l'immersion tout en garantissant la résistance à la sédimentation, la dispersibilité et la solubilité d'une poudre.

## **Lipides**

Les lipides sont fortement énergétiques et peuvent être vecteurs d'acides gras essentiels et/ou vitamines liposolubles. La présence de lipides dans les aliments contribue à leur nature moelleuse et à leur palatabilité recherchée.

## **Lot**

Une quantité finie ou une unité de production qui peut être identifiée par le même code. S'il n'y a pas d'identification par code, un lot peut être considéré comme étant :

- a) la quantité de produit fabriquée dans des conditions identiques, dans le même établissement, et ne représentant pas plus que la production d'une journée; ou
- b) la quantité de la même sorte de produit, fabriquée par un seul et même fabricant, disponible lors de l'échantillonnage à un endroit donné.

## **Minéraux**

N'apportant pas d'énergie, ils sont nécessaires au fonctionnement de l'organisme. Certains sont indispensables en quantité importante, de l'ordre du gramme par jour (Exemple : le calcium), ce sont les macroéléments. D'autres sont nécessaires en quantité moindre : de quelques milligrammes par jour (exemple : le fer et le zinc) ou de quelques centaines de microgramme par jour (exemple : le sélénium et le chrome) ce sont les oligo ou micro éléments. L'apport conseillé en mg est de 400 mg par jour pour l'adulte.

## **Nutriments**

Substances servant à l'organisme pour produire de l'énergie ou les molécules à rôle structural ou fonctionnel de l'organisme. Ils sont regroupés en macronutriments (Protides, lipides, glucides, qui apportent de l'énergie) et en micronutriments nécessaires en quantité faible (minéraux, vitamines).

## **Pakaging**

Conditionnement, mise en valeur d'un produit par son emballage.

## **Protéines (nom féminin) ou protides (nom masculin)**

Elles sont les constituants essentiels de tous les organismes vivants. Composées de molécules d'acides aminés dont certains sont essentiels (AAE) ou dits aussi indispensables. Les protéines sont présentes dans les aliments d'origine animale et végétale ; en quantité notable dans les viandes, poissons, œufs, produits laitiers (en particulier les fromages), légumes secs, soja et céréales.

## **VB : Valeur Biologique**

Elle permet de classer la valeur qualitative d'une protéine ou d'un aliment protéique. Elle est généralement déterminée en expérience sur des rats.

## **Vitamines**

Substances organiques, sans valeur énergétique, indispensable à l'organisme humain qui ne peut pas toutes les synthétiser.

Elles doivent être fournies par l'alimentation ou leur précurseur organique ou même sous forme de provitamine (exemple : les carotènes provitamines A).

Il existe deux catégories de vitamines : les hydrosolubles (solubles dans l'eau) : groupe B et C, et les liposolubles (solubles dans les lipides) : A, D, E, K. Les vitamines sont au nombre de 13.