

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجبالي بونعامة لخميس مليانة

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre

Département des Sciences biologiques



## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Hydrobiologie marine et continentale

**Spécialité :** Hydrobiologie Appliquée

# Essai de l'incorporation de la spiruline dans l'élaboration d'une boisson

Préparé par

- ❖ M TOUHARI Youcef
- ❖ M TAIB Soufyane

Devant le jury :

Présidente : M Djezzar. M	MCB	U.D.B Khemis Miliana
Examineur : M Rouabah. A	MCB	U.D.B Khemis Miliana
Encadrant : Mme Zaouadi. N	MAA	U.D.B Khemis Miliana
Co-Encadrante : Mme Bensehaila. S	MCB	U.D.B Khemis Miliana

Année universitaire : 2019 / 2020

# Remerciements

*Nos remerciements vont premièrement à Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné pour réaliser ce modeste travail.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier les membres du jury M Djeddar. M, pour avoir accepté de présider ce jury.*

*M Rouabah. A, qui a accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons également à exprimer nos remerciements à notre promotrice Mme ZAOUADJ Nesrine pour nous avoir guidé et conseillé lors de la réalisation de ce mémoire*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos parents et familles qui nous ont toujours soutenus.*

*Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de notre travail.*

*Qu'elles trouvent ici le témoignage de nos sincères remerciements*

## Résumé :

La spiruline ou *Arthrospira platensis*, appartient à la famille des cyanobactéries filamenteuses ou microalgues bleu-vert. Elle est considérée depuis des années comme un complément alimentaire naturel, sain et efficace par un grand nombre de personnes convaincues par les résultats obtenus à la suite d'une cure. La spiruline possède plusieurs vertus thérapeutiques qui ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques. L'objectif du présent travail était de pouvoir Préparer une nouvelle recette de jus de citron et développer ses propriétés nutritionnelles et santé en ajoutant de la spiruline et en utilisant des édulcorants naturels *Stevia Rebaudiana*. Suite à la crise sanitaire (Covid 19), le travail a été limité à une synthèse bibliographique sur les travaux de recherches relatifs aux ingrédients qui composent la boisson.

**Mots clés :** *Arthrospira platensis*, Spiruline, Boisson, *Stevia rebaudiana*, Citron.

## Abstract

Spirulina or *Arthrospira platensis*, belongs to the family of filamentous cyanobacteria or blue-green microalgae. It has been considered for years as a natural, healthy and effective food supplement by a large number of people convinced by the results obtained after a cure. spirulina has several therapeutic virtues which have been the subject of numerous scientific studies. This work was supposed to be Preparing a new lemon juice recipe and developing its nutritional and health properties by adding spirulina and using natural sweeteners *Stevia Rebaudiana*. Following the health crisis (Covid 19), the work was limited to a bibliographical synthesis of the research work on the ingredients that make up the beverage.

**Keywords :** *Arthrospira platensis*, Spirulina, Beverage, *Stevia rebaudiana*, Lemon

## المخلص

سبيرولينا، أو سبيرولينا بلاتنسيس ، تنتمي إلى عائلة البكتيريا الزرقاء الخيطية أو الطحالب الدقيقة الخضراء المزرققة. لقد تم اعتباره لسنوات كمكمل غذائي طبيعي وصحي وفعال من قبل عدد كبير من الناس مقتنعين بالنتائج التي تم الحصول عليها بعد العلاج، فإن سبيرولينا لها العديد من المزايا العلاجية التي كانت موضوع العديد من الدراسات العلمية . كان الهدف من هذا العمل هو تحضير وصفة عصير ليمون جديدة وتطوير خصائصها الغذائية والصحية عن طريق إضافة سبيرولينا واستخدام المحليات الطبيعية ستيفيا ريبوديانا.. في أعقاب الأزمة الصحية (كوفيد 19 )، اقتصر العمل على توليف ببليو غرافي لأعمال البحث حول المكونات التي يتكون منها المشروب.

**الكلمات المفتاحية:** السبيرولينا، المشروبات، ستيفيا ريبوديانا، الليمون.

# SOMMAIRE

Résumé

Liste de figures

Liste des tableaux

## Table des matières

INTRODUCTION GENERALE .....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA SPIRULIE	
I.1. Définition .....	3
I.2.Taxonomie de la Spiruline.....	3
I.3.Reproduction.....	4
I.4.Cycle biologique.....	5
I.5.Aspect nutritionnel.....	5
I.5.1. Protéines.....	6
I.5.2. Glucides.....	6
I.5.3. Lipides.....	6
I.5.4. Vitamines.....	7
I.5.5. Minéraux et Oligoéléments.....	7
I.5.6. Pigments.....	7
I.6.L'utilisation et l'importance de la spiruline.....	7
I.6.1. Santé.....	7
I.6.2Cosmétique.....	9
I.6.3. Alimentation humaine.....	10
I.6.3.1. Dans les pays en voie de développement.....	10
I.6.3.2. Dans les pays développés.....	10
I.6.4. Alimentation Des animaux.....	11
I.7. Culture de la spiruline.....	11
I.7.1. Biologie de la micro-algue.....	11
I.7.2. Bases techniques de la production.....	12
I.7.3. Le milieu de culture.....	12
7.4. Lumière et agitation.....	14
I.8. Suivi des cultures.....	14
CAPITRE II : GENERALITES SUR LES BOISSONS	

II. Les boissons.....	15
II.1. Définition.....	15
II.2. Valeur nutritionnelle des BRSA.....	15
II.3. Différents types des boissons.....	16
II.3.1. Les jus de fruits et de légumes.....	16
II.3.1.1. Les purs jus de fruits.....	17
II.3.1.2. Les jus à base de jus concentrés.....	17
II.3.1.3. Jus de fruits obtenus par extraction hydrique.....	17
II.3.1.4. Purée de fruits.....	17
II.3.1.5. Les boissons aux fruits.....	17
II.3.1.6. Concentré de purée de fruits.....	18
II.3.1.7. Concentré de fruits.....	18
II.3.1.8. Nectars de fruits.....	18
II.3.1.9. Eaux fruitées.....	18
II.3.1.10. Les jus de légumes.....	18
II.4. Bienfaits des boissons sur la santé.....	19
II.5.1. Consommation des boissons en Algérie.....	19
<b>CHAPITRE III : LES INGREDIENTS DE FORMULATION DU BOISSON (STEVIA ET CITRON).</b>	
III.1. La Stévia :.....	20
III.1.1. Définition.....	20
III.1.2. L'origine du nom Stévia.....	20
III.1.3. Classification.....	21
III.1.4. L'Histoire de la Stévia.....	21
III.1.5. Les principaux stéviol glycosides.....	22
III.1.6. Composition nutritionnelle de la stévia.....	23
III.1.7. Les avantages de la stévia.....	23
III.1.7.1. Non cariogénicité.....	23
III.1.7.2. Effets sur la glycémie.....	24
III.1.7.3. Effets cardio-vasculaires.....	24
III.1.8. Comparaison avec l'aspartame et autre édulcorants.....	25
III.2. Le citron.....	26
III.2.1. Définition.....	26

III.2.2. Classification.....	26
III.2.3. Intérêts nutritionnels.....	27
CONCLUSION GENERALE .....	28
BIBLIOGRAPHIE.....	29

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Aspect microscopique(Gx40) de l' <i>Arthrospira platensis</i> . .....	3
<b>Figure 2 :</b> Cycle biologique de la Spiruline .....	5
<b>Figure 3 :</b> image de brindilles d'herbes fraîches de stevia, stevia déchiquetée à sec et poudre blanche.....	20
<b>Figure4 :</b> Feuilles et fruits de citron.....	26

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 01</b> : Classification de l' <i>Arthrospira platensis</i> .....	4
<b>Tableau 02</b> : Composition moyenne globale de la spiruline .....	6
<b>Tableau 03</b> : Certaines utilisations de la spiruline en l'alimentation humaine.....	10
<b>Tableau 04</b> : La composition du milieu de Hiri (pour 1 L d'eau distillée).....	13
<b>Tableau 05</b> : Valeurs nutritionnelles moyennes de boissons à base de fruits et de légumes.....	16
<b>Tableau 06</b> : Consommation moyenne des jus de fruit en Algérie par catégorie d'âge en 2003.....	19
<b>Tableau 07</b> : caractéristiques gustatives des différents stéviol glycosides.....	22
<b>Tableau 08</b> : Composants de la stevia.....	23
<b>Tableau 09</b> : Comparaison entre Stévia et autre édulcorants.....	25
<b>Tableau 10</b> : Composition biochimique moyenne dans 100 gr de citron (Ciquel, 2013).....	27



## Introduction

Le groupe des cyanobactéries, anciennement appelées algues bleues, compte parmi l'une des plus anciennes formes de vie sur Terre et constitue l'essentiel des bactéries photosynthétique avec production d'oxygène. Parmi elles existe le genre *Spirulina* ou *Arthrospira*, des cyanobactéries filamenteuses dont fait partie une bactérie particulièrement intéressante dénommée *Arthrospira platensis* (**Gomont, 1892**), qui semble actuellement l'une des meilleures solutions pour la production simple d'un complément alimentaire de haute qualité (**Sguera, 2008**).

La spiruline est consommée depuis des siècles par certains peuples primitifs d'Afrique et d'Amérique, et est connue par les scientifiques depuis plusieurs décennies pour sa richesse nutritionnelle, elle fait l'objet d'une redécouverte depuis quelques années (**Trabelsi et al., 2010**).

Cette micro algue bleu-verte a été proposée dans l'alimentation humaine par plusieurs scientifiques et nutritionnistes grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles, sa facilité de culture, sa haute productivité et son faible cout de production. La spiruline est considérée comme une ressource alimentaire non conventionnelle pouvant contenir jusqu'à 70% de protéines ; elle est riche en sels minéraux, en oligo-éléments et en nombreuses vitamines (B1, B2, B12, E) (**Sall et al.,1999**).

Outre des propriétés nutritionnelles avérées, la spiruline connaît aujourd'hui un regain d'intérêt de la part de la communauté scientifique internationale du fait de sa possible utilisation comme source de produits à vertus thérapeutiques (**Pascaud, 1993**).

Les jus de fruits contiennent les éléments nutritifs des fruits dont ils sont issus, excepté les fibres : minéraux, vitamines et sucres. Ils sont une bonne source de vitamine C, dont un verre de jus de citron peut fournir 100% des apports conseillés en vitamine C d'un enfant de moins de 10 ans (**Lecerf et Ragot, 2006**). Ce qui n'est pas le cas de la spiruline (absence de la vitamine C) (**Pietri, 2011**).

L'objectif du présent travail consistait à mettre au point une nouvelle formule de boisson fonctionnelle faite à base de spiruline, de jus de citron, et édulcorée à l'extrait de feuilles de *Stevia rebaudiana*. Pour cerner le contexte de cette étude, ce mémoire est structuré en trois chapitres.

Le premier chapitre est consacré à la spiruline à savoir généralités, origine, culture, qualité nutritionnelle et son utilisation dans différents domaines.

Le second chapitre comporte généralités sur les boissons.

Enfin le troisième chapitre est consacré pour les ingrédients de formulation de la boisson (l'édulcorant stévia et citron « *Citrus limon* »).

Notre stage a débuté a été interrompu le 16 Mars 2020 suite à la crise sanitaire (Covide 19), pour cette raison nous n'avons pas pu réaliser la partie pratique.

# CHAPITRE I :

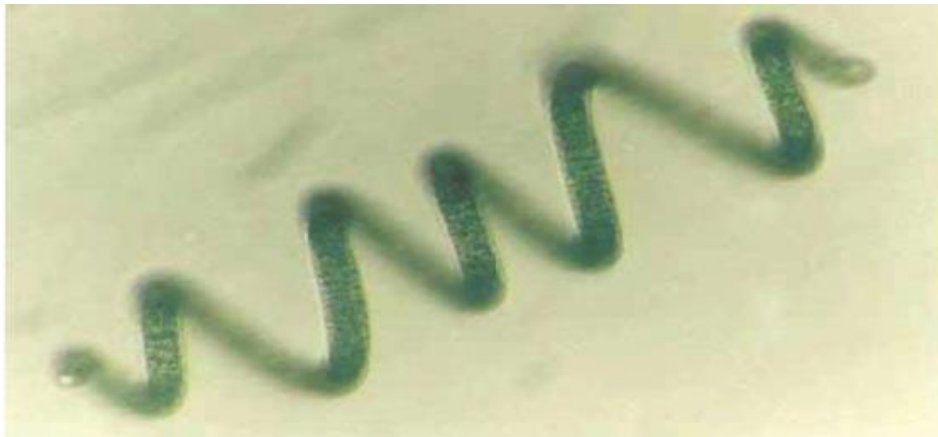
## Généralités sur la spiruline

## I.LA SPIRULINE

### I.1 Définition

La Spiruline est un micro-organisme appartenant au groupe des cyanobactéries qui est un groupe comprenant l'ensemble des bactéries autotrophes, c'est-à-dire capables d'utiliser l'énergie de la lumière pour la photosynthèse (Roger, 2006). Contrairement aux algues et aux plantes également dotées de ce pouvoir photosynthétique, elle appartient à l'embranchement des procaryotes, car elle n'a pas de noyau bien individualisé. Elle a été longtemps classée parmi les « algues bleu-vert », pour ces raisons :

- sa morphologie proche de celle des algues,
- sa couleur liée à sa teneur en pigments bleu (phycocyanine) et vert (chlorophylle) (Roger, 2006).



**Figure1** : Aspect microscopique (G =10\*40) de l'*Arthrospira platensis* (Vicente, 2008).

### I.2. Taxonomie de la Spiruline :

Apparue sur la terre il y a environ trois milliards et demi d'années les spirulines sont donc une des plus anciennes formes de vie « photosynthétique ». La Spiruline est considérée souvent comme une algue planctonique microscopique. En réalité elle est une bactérie appartenant aux cyanobactéries filamenteuses du genre *Arthrospira*, le plus souvent enroulée en spires d'où son nom commercial (Giraldin et Andréani, 2005).

La terminologie de la Spiruline est assez confuse. La confusion entre les deux noms *Arthrospira* et *Spirulina* est due à la décision d'unifier les deux genres *Arthrospira stizenberger* et *Spirulina turpin* sur la base de leurs trichomes en spirale (Geitler, 1932 Reprinted 1971). Néanmoins la "vraie" *Spirulina* n'est pas affiliée au genre *Arthrospira* (Nelissen, 1994). Les organismes du genre *Arthrospira* se trouvent communément dans des eaux saumâtres, ainsi que dans des lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales (Castenholz et al. 2001).

Le mot Spirulina est le nom commercial anglophone de la spiruline, mais il désigne également un genre de cyanobactérie assez éloigné de *Arthrospira* et surtout non comestible, par exemple : *Spirulina major*, *Spirulina subtilissima*, *Spirulina princeps*, *Spirulina gigantea* ou *Spirulina subsalsa* (Fox, 1999). *Spirulina subsalsa* se classe parmi les espèces de cyanobactéries potentiellement toxiques puisqu'une toxine à été révélée présente mais non identifiée (Levi et al. 2006).

Les deux espèces les mieux connues sont *Arthrospira platensis*, originaire d'Afrique et *Arthrospira maxima* originaire d'Amérique centrale. L'espèce qui nous intéresse dans ce travail est l'espèce *Arthrospira platensis* dont la classification est donnée dans le tableau suivant (Gomont, 1892).

**Tableau 1** : classification de l'*Arthrospira platensis*

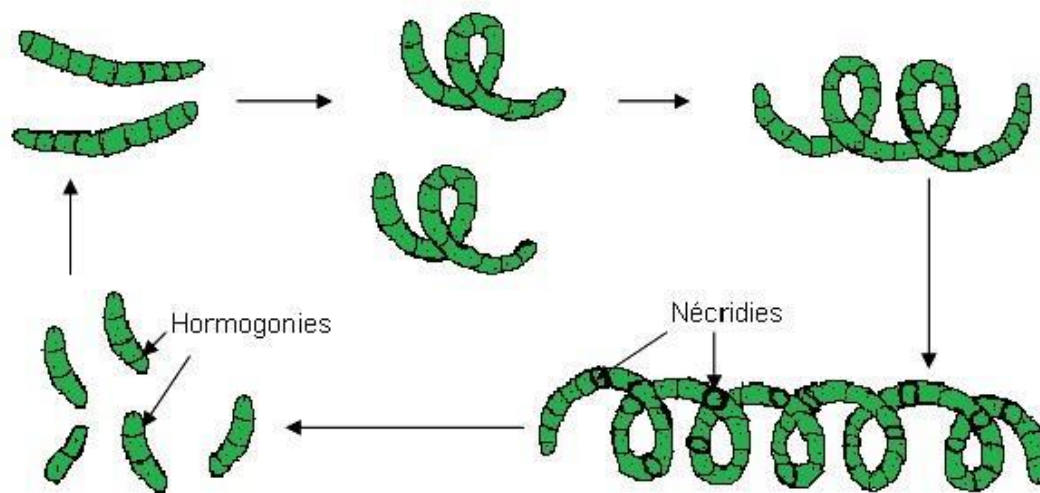
<b>Règne</b>	Monera ou Bacteria
<b>Sous-règne</b>	Prokaryota
<b>Phylum ou Division</b>	Cyanophyta ou Cyanobacteria
<b>Classe</b>	Cyanophyceae
<b>Ordre</b>	Oscillatoriales
<b>Famille</b>	Oscillatoriaceae
<b>Genre</b>	<i>Arthrospira</i>
<b>Espèce</b>	<i>Arthrospira platensis</i>

### **I.3. Reproduction :**

Son mode de reproduction est la bipartition par scission simple. C'est une reproduction asexuée, par segmentation des filaments ; ce processus ne doit pas être confondu avec la mitose, laquelle n'existe que chez les eucaryotes (König, 2007). Sa vitesse de multiplication est particulièrement rapide dès que la température dépasse 30°C à l'ombre ; lorsque ces conditions sont réunies et que le milieu est favorable, le temps de régénération est très court (7 heures) (Zarrouk, 1966 in Jourdan, 2006)

#### I.4. Cycle biologique :

Le filament de Spiruline à maturité forme des cellules spéciales appelées Nécriidies. Elles se différencient des autres cellules par leur aspect biconcave et sont assimilées à des disques de séparation. A partir de ces derniers, le trichome se fragmente pour donner de nouveaux filaments de 2 à 4 cellules appelés Hormogonies. Les Hormogonies vont croître en longueur par division binaire (chacune des cellules va donner deux cellules par scissiparité) et prendre la forme typique hélicoïdale (**Balloni *et al.* 1980 in Charpy, 2008**)



**Figure 2 :** Cycle biologique de la Spiruline selon (**Balloni *et al.* 1980 in Charpy, 2008**)

#### I.5. Aspect nutritionnel :

La spiruline est un aliment naturel qui a des valeurs nutritionnelles exceptionnelles en protéines, lipides, glucides et vitamines. Sa composition chimique varie en fonction de la souche et le milieu de croissance, La composition biochimique de la spiruline a été analysée depuis 1970 (**Salle *et al.*, 1999 ; Charpy *et al.*, 2008**). Elle est considérée comme une source alimentaire de haute qualité nutritive (**Ould Belahcent, *et al.*, 2013**). Le tableau (2) indique la composition quantitative moyenne en nutriments et micro-nutriments de la spiruline

**Tableau 2 :** Composition moyenne globale de la spiruline (Jourdan, 2006)

Nutriments	Teneurs en % du poids de la spiruline
Protéines	65
Glucides	15
Minéraux	7
Lipides	6
Eau	5
Fibres	2

### **I.5.1. Protéines :**

Selon les souches et les conditions de culture, la quantité en protéines *d'Arthrospira platensis* varie de 55 à 70 % du poids sec. La spiruline contient la plupart des acides aminés et notamment tous les acides aminés essentiels constituant près de 60% du poids total des protéines. C'est l'aliment le plus riche en protéines connu à ce jour puisqu'elle en contient deux fois plus que le soja et trois plus que la viande ou le poisson (Jean, 2006).

### **I.5.2. Glucides :**

Les glucides constituent globalement 15 à 25% de la matière sèche des spirulines (Ciferri, 1983 ; Falquet et Hurni, 2006). Les sucres simples et les polyols ne sont présents qu'en très faible quantité. Les glucides assimilables sont représentés par du rhamnosane et du glucosane aminés, respectivement environ 2% et 10%. On note aussi la présence de glycogène (0,5%) (Ould Belahcent, *et al.*, 2013).

### **I.5.3. Lipides :**

La composition en lipides totaux se caractérise par un bon équilibre entre acides gras saturés et acides gras polyinsaturés. La composition des principaux acides gras révèle la présence d'une forte concentration en acides gras essentiels, incluant des oméga-3 et des oméga-6 qui préviendraient l'accumulation de cholestérol dans l'organisme (Hug et Von der wied, 2011).

Les lipides totaux peuvent être séparés en une fraction saponifiable (83%) et une fraction insaponifiable (17%), contenant essentiellement des paraffines, des pigments, des alcools terpéniques et des stérols (Ross,1990).

La spiruline est considérée comme l'une des meilleures sources alimentaires connues d'acide  $\gamma$ -linoléique, après le lait humain et quelques huiles végétales peu courantes, fort chères et non chauffées (huiles d'onagre, de bourrache, de pépin de cassis et de chanvre) (**Cruchot, 2008**).

#### **I.5.4. Vitamines :**

La Spiruline est une algue vitaminée, elle est la deuxième source de vitamine B1 après la levure de bière. Elle contient aussi une concentration relativement élevée en provitamine A, vitamine B 12 et  $\beta$ -carotène (**Belay, 1997 ; Salle et al., 1999 ; Cruchot, 2008**). La biodisponibilité de la vitamine B12 semble hautement dépendante de la souche de spiruline utilisée et des procédés de culture (**Falquet et Hurni, 2006**).

#### **I.5.5. Minéraux et Oligoéléments :**

Les minéraux les plus intéressants chez la spiruline sont le calcium, le magnésium, le phosphore et le potassium. Les trois premiers minéraux cités sont présents dans la spiruline à des teneurs comparables à celles trouvées dans le lait. Les oligo-éléments présentant le plus d'intérêts dans la spiruline sont le fer, zinc, le sélénium (**Cruchot, 2008**).

Des enrichissements dans le milieu de culture en Zn, Fe, Se peuvent fortement augmenter la teneur en ces minéraux de la Spiruline. Il est même possible d'enrichir la Spiruline en acides gras (**Kiet et al., 1994**).

#### **I.5.6. Pigments :**

Le système pigmentaire de la Spiruline est constitué de chlorophylle a ; de pigments hydrosolubles, les phycobilines rouge (phycoérythrine) et bleu (phycocyanine) ; de caroténoïdes ( $\beta$ -carotène, cryptoxanthine) (**Charpy et al., 2008**).

### **I.6. Utilisation et importance de la spiruline :**

Elle est utilisée dans plusieurs domaines

#### **I.6.1. Santé :**

Dans les pays développés, et depuis peu dans quelques régions d'Afrique, la Spiruline est consommée comme complément alimentaire « bénéfique à la santé ». Longtemps recommandée comme complément en cas de carences en acides gras essentiels (**Hudson et Karis, 1974**).



Elle est utilisée :

- 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.

La spiruline peut aider à diminuer l'excès de cholestérol et à améliorer la santé. La spiruline est un concentré de nutriments essentiels telles que les protéines et les vitamines B. seulement trois grammes par jour assurent la quantité suffisante en vitamine B12 et elle en contient deux fois plus que la viande. C'est pourquoi la spiruline est considérée comme la source la plus abondante de cette vitamine. Ce supplément alimentaire joue également un rôle dans la prévention de nombreuses maladies. Sa teneur en calcium, en potassium, en sodium, en phosphore et en fer est élevée. Ses effets contre l'anémie ont été démontrés grâce à sa haute teneur en fer. Le calcium et le potassium sont importants pour la formation des os, le sodium et potassium aident à maintenir l'équilibre acide-base (**Grosgogeat, 2009**).

C'est un puissant détoxifiant du foie et des reins qui favorise la réduction du cholestérol. La spiruline est également riche en acides gras essentiels et recèle de la provitamine A (betacarotène) et de la vitamine B12. Ce serait le complément alimentaire capable de rééquilibrer un régime peu varié. (**Grosgogeat, 2009**).

- 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 antioxydante liée à la phycocyanine. (**Charpy et al., 2008**).
- Pour son activité anticoagulante : (**Yamamoto et al., 2003**) montrent les effets anticoagulants du Spirulane Sodique (Sp-Na).
- Pour renforcer le système immunitaire : Plusieurs expériences positives sur les animaux attestent que la Spiruline régulerait favorablement le système immunitaire (**Qureshi et al., 1996 ; Pascaud, 1993 ; Borchers et al., 2007**).
- Pour son activité antivirale : L'activité antivirale de la Spiruline interviendrait selon deux mécanismes :
  - Inhibition de la pénétration des virus (**Hayashi et al., 1996**).
  - Inhibition de la phase de réplication des virus. (**Kiet Pham Quoc et Durand Chastel 2006**).

- Pour son activité antitumorale : la phycocyanine de la Spiruline induirait un mécanisme d'apoptose (autodestruction) des cellules cancéreuses (**Li et al., 2006**).

- Pour ses autres actions sur la santé : En plus de son utilité dans la prise en charge de la malnutrition et des personnes vivant avec le VIH, de nombreuses études de laboratoire et quelques études pré-cliniques indiquent plusieurs autres effets thérapeutiques. (**Falquet, 2006**).

- **Anti-inflammatoire** : l'activité anti-inflammatoire est constatée lors d'une administration *per os* avant l'induction de la réaction inflammatoire (**Sguera, 2008**).
- **Effets contre le diabète** : la fraction soluble dans l'eau de la Spiruline a la propriété de diminuer le taux de glucose dans le sérum (**Takai et al. 1991**).
- **Effets contre l'hypertension** : **Iwata et al.** En 1990 ont remarqué une suppression de l'hypertension chez les rats, suite à un apport de Spiruline.
- **Effets contre l'obésité** : **Becker et al.** Ont montré en 1986 qu'une supplémentation en Spiruline de 2,8 g 3 fois par jour pendant 4 semaines entraînait une réduction du poids corporel chez les obèses.
- **Effets protecteurs contre les radiations** : d'après **Schwartz et al.** En 1987, les molécules protectrices présentes dans l'extrait de Spiruline agissent comme facteurs stabilisants de l'ADN. On observe alors une diminution des micronucleus induits par les rayons  $\gamma$  (**Belay, 2002**).
- **Hépatoprotection** : Les actions de la spiruline ou de ses composants sont donc plus préventives que curatives (**Sguera, 2008**).

### **I.6.2. Cosmétique :**

Elle est utilisée dans les masques cryogéniques et crèmes anti-âge, par son action sur le renouvellement cellulaire, la tonicité des tissus. Elle est aussi utilisée en synergie avec d'autres algues, comme agent cicatrisant et antiseptique (**Xue et al., 2002**).

La spiruline renferme toutes les vitamines et minéraux nécessaires pour avoir une peau, des cheveux et des ongles sains. La vitamine A permet un bronzage plus rapide et plus uniforme, la vitamine B5 permet à la peau de conserver son hydratation et sa souplesse et la vitamine B8, en diminuant l'excrétion de sébum, réduit la principale cause de chute des cheveux (**Algosopette, 2017**). La phycocyanine est utilisée en cosmétologie pour la variété de couleurs qu'elle peut donner mélangée avec d'autres composés. (**Sguera, 2008**).

### **I.6.3. Alimentation humaine :**

En alimentation humaine elle est utilisée comme colorant naturel dans les chewing-gums, produits laitiers, boissons non alcoolisées comme la menthe. La phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue. Elle apparaît également dans une gamme de produits algaux mélangée à du sel, des tagliatelles. En Suisse et au Japon, il existe depuis longtemps du pain à la spiruline (**Sguera, 2008**).

#### **6.3.1. Dans les pays en voie de développement**

La spiruline ne remplace pas les aliments caloriques tels que le manioc, le riz, le blé, la pomme de terre ou le maïs, mais c'est un ingrédient idéal de la source protéinée qui accompagne ces aliments, elle permet ainsi d'apporter non seulement ses protéines, mais les nombreux autres éléments très favorables à la bonne santé de tous et notamment des jeunes enfants (**Cruchot, 2008**).

#### **I.6.3.2. Dans les pays développés**

L'industrie alimentaire propose, à l'heure actuelle, de nombreux produits enrichis en spiruline : tagliatelles, soupes instantanées, gelées, pâte à tartiner, barres énergétiques, crèmes glacées, desserts chocolatés, gâteaux, boissons fermentées, yaourts, bonbons et aliments diététiques pour régimes hyperprotéinés. Néanmoins, ces modes de consommation restent rares. La spiruline est plutôt utilisée sous forme de poudre, comprimés, granulés ou gélules en guise de complément alimentaire. (**Cruchot, 2008**).

**Tableau03** : Certaines utilisations de la spiruline dans l'alimentation humaine

<b>Aliments</b>	<b>Références</b>
Gâteau de nouille (0,1-10) de spiruline ajoutée à la farine	Brevet chinois ( <b>Xu, 1993</b> )
Pain de spiruline	( <b>Chen et Li, 1999</b> )
Boisson de spiruline	Brevet chinois ( <b>Zeng et Liang, 1995</b> )
Liquide alimentaire constitué de l'extrait de spiruline et de miel	( <b>Jaouen et al., Liang et al., 2001</b> )
Comprimés de spiruline	( <b>Yamaguchi, 1997</b> )

#### **I.6.4. Alimentation des animaux :**

- **Complément alimentaire :** La spiruline est utilisée comme complément alimentaire chez les animaux de compagnie (chiens, chats, les chevaux, les vaches, les poules, les poissons et les oiseaux) (**Henrikson, 1994**).
- **Favoriser la croissance et la fertilité :** Des études sur les poissons d'aquarium et la crevette ont montré les effets bénéfiques de *Spirulina platensis* en ce domaine (**Kim et al. 2006**).
- **Renforcer les défenses immunitaires :** La Spiruline est ajoutée aux granulés dans la nourriture des poissons d'élevage, plus souvent soumis à des infections virales ou bactériennes que les poissons sauvages, à cause de l'effet immunostimulant de *Spirulina platensis* (**Watanuki et al. 2006**).
- **Augmenter la pigmentation**
  - En aquariophilie pour accentuer la coloration des poissons d'ornement.
  - En aquaculture pour améliorer la pigmentation des crevettes et des poissons
  - En agroalimentaire pour rendre les œufs et la chair de poulet plus attrayants au consommateur par les caroténoïdes qu'elle contient (**Henrikson, 1994**).
- **Améliorer les performances des animaux :** Elle est utilisée comme additif alimentaire pour les taureaux reproducteurs et les chevaux de course.
- **Elevage larvaire :** Elle est utilisée à hauteur de 1 à 10% de l'alimentation pour augmenter la résistance immunologique des larves (**Henrikson, 1994**) et utilisée aussi dans la production des proies vivantes comme l'Artémia et les daphnies.

#### **I.7. Culture de la spiruline :**

##### **I.7.1/Biologie de la micro-algue :**

Les cyanobactéries, famille de microorganismes à laquelle on inclut la spiruline, sont des bactéries Gram négative, faisant le même type de photosynthèse que les végétaux supérieurs (**Lindblad et al.,1998**). Elles colonisent des milieux très divers : eau douce, eau de mer, eau saumâtre, et même en écosystème terrestre. Plusieurs d'entre elles peuvent fixer l'azote atmosphérique : ce sont les espèces à hétérocyste qui pullulent dans les étangs piscicoles riches en phosphate. Certaines sont toxiques. D'autres, qui sont utilisées comme engrais, aliment, source d'énergie ou de produits chimiques présentent un intérêt économique véridique (**Richmond, 1986 ; Watanabe et al., 1995**).

### **I.7.2/Bases techniques de la production :**

L'environnement doit comprendre une zone de température convenant à la plante, de la lumière fournissant l'énergie pour la photosynthèse, et de l'eau ; avec en plus, en algoculture, un certain mouvement de l'eau pour assurer une répartition moyenne de la lumière et des éléments nutritifs. Un équilibre acido-basique et un pH favorables doit être maintenu, un rythme de récolte et d'ajout d'éléments nutritifs doit être établi et la culture doit se faire dans un système ou un bassin convenablement conçu (**Jourdan, 1997 ; Jourdan, 2012**).

Dans le cas de la spiruline, la croissance optimale est obtenue pour une température de 25°C à 40°C, avec une population dense, un ensoleillement généreux, un pH de 8,5 à 10,5 ; les éléments nutritifs essentiels doivent être en quantité suffisante (le manque d'un d'entre eux inhibe la croissance), l'eau doit être suffisamment agitée (**Jourdan, 2007**).

Une intensité lumineuse élevée sans agitation conduit à la photolyse des microalgues. Une forte intensité lumineuse conjuguée avec une forte agitation donne la croissance optimale tous les filaments reçoivent des charges de lumière fréquentes et sont ensuite rapidement protégés d'une exposition trop longue par les autres filaments. En lumière et agitation faibles, la croissance est lente, mais la pigmentation plus marquée, c'est-à-dire que la couleur est d'un vert plus foncé et le bleu de la phycocyanine apparaît (**Fox, 1999**).

Le CO<sub>2</sub> étant moins soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, l'élévation de la température réduit son taux, limitant la croissance. Une température trop basse réduit aussi la croissance. En absorbant le CO<sub>2</sub> par photosynthèse, les algues remontent le pH. Le pH optimum pour la croissance de la spiruline est entre 8,5 et 10,5 (**Jourdan, 2012**).

### **I.7.3/Le milieu de culture :**

Les spirulines poussent dans une eau à la fois salée et alcaline. L'eau utilisée pour le milieu de culture doit être de préférence potable (toutefois sans excès de chlore à défaut de tuer les algues) ou au moins filtrée, le plus important étant l'élimination des algues étrangères. Une eau dure produira des boues minérales (plus ou moins abondantes selon la teneur en calcium, magnésium et fer), qui décantent rapidement et n'encombrent pas particulièrement la culture, à condition que l'ensemencement initial en spirulines soit assez concentré. La composition des milieux de culture peut varier énormément, selon la disponibilité des produits chimiques nécessaires à leur élaboration (**Jourdan, 1997**).

Les limites de salinité et d'alcalinité permises sont généralement assez larges mais on se place souvent vers les minimas, cela pour des raisons d'économie et de productivité, avec une salinité totale de 13g/L. L'alcalinité est habituellement apportée par du bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ), mais ce dernier peut être remplacé en partie par de la soude caustique ou du carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pour relever le pH initial du milieu de culture (par exemple 5g/L de bicarbonate et 1,6 g/L de soude donnent un pH de 10) ; le carbonate ou la soude peuvent même être la seule source d'alcalinité à condition de les transformer en bicarbonates par addition de  $\text{CO}_2$  ou par exposition à l'air avant usage. La salinité complémentaire est apportée par les différents engrais et du chlorure de sodium. Le milieu de culture contenant des engrais va assurer la croissance des spirulines comme en agriculture habituelle : l'azote, le phosphore, le potassium sont les éléments classiques, mais le soufre, le magnésium, le calcium et le fer doivent aussi être ajoutés s'ils ne sont pas apportés en quantité suffisante par l'eau (**Jourdan, 1997**).

**Tableau 4** : La composition du milieu de Hiri (pour 1 L d'eau distillée)

<b>Composés</b>	<b>Quantité (g/L)</b>
<b>Bicarbonate de soude (<math>\text{NaHCO}_3</math>)</b>	16
<b>Chlorure de sodium (<math>\text{NaCl}</math>)</b>	1
<b>Phosphate d'ammonium (<math>\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4</math>) Sulfate de fer (<math>\text{FeSO}_4</math>)</b>	0.1
<b>Sulfate de magnésium (<math>\text{MgSO}_4</math>)</b>	0.01
<b>Sulfate de potassium (<math>\text{K}_2\text{SO}_4</math>)</b>	0.1
<b>Chlorure de calcium (<math>\text{CaCl}_2</math>)</b>	0.5
<b>Urée azotée <math>\text{CO}(\text{NH}_2)_2</math></b>	0.1

La culture de la spiruline débute par l'ensemencement qui est réalisé par dilution d'un inoculum 100 % spiralé de grande taille, d'un vert tirant vers le bleu-vert en respectant les mêmes conditions physiques (une température d'incubation à  $30^\circ\text{C}$ ., une intensité lumineuse égale à 1512 lux et une agitation mécanique à l'aide d'une pompe à air toute la journée avec des coupures de 20 minutes de temps en temps) (**Chader et al., 2009**)

#### **I.7.4/Lumière et agitation :**

Comme en diminuant l'éclairement on diminue aussi la photosynthèse totale, il faut si possible éviter la photolyse autrement. Deux conditions sont nécessaires. Ensemencer le bassin avec assez d'algues pour que la lumière ne puisse pas atteindre le fond du bassin. La vérification peut se faire avec un simple disque de Secchi. Agiter suffisamment la culture pour que les filaments individuels ne restent pas plus d'une demi-minute à la surface en plein soleil, mais plongent et remontent fréquemment. Les roues à aubes constituent les systèmes d'agitation les plus utilisés ; le but est de remuer l'eau et non de créer un dénivellement comme on le croit généralement (Fox, 1999).

#### **I.8. Suivi des cultures :**

Selon Fox, 1999 le diagnostic des couleurs fournit généralement une bonne appréciation de l'état de la culture :

Une couleur pâlie indique souvent un manque d'azote fixé et/ou de CO<sub>2</sub> et aussi, que du magnésium est nécessaire. Si l'examen au microscope ne montre qu'une couleur pâlie, il faut vérifier le pH. Une couleur pâlie, surtout manquant de pigment bleu (phycocyanine), avec un pH en dessous de 10,5, indique le manque d'azote fixé. Si la couleur pâle est due à des cellules « vides », la culture a probablement été stressée.

S'il y a de l'écume, cela peut indiquer qu'en essayant d'équilibrer la pression dans les cellules avec celle du milieu brusquement plus chargé, la cellule a concentré son cytoplasme en expulsant les molécules plus légères. Bien des algues mourront si le choc osmotique a été sévère.

Si, sous forte lumière, la culture est jaune ou vert-olive, il y a photolyse, ou destruction de la chlorophylle. Dans les conditions les plus sévères, on peut perdre la culture en quelques heures. Une agitation renforcée peut réduire la concentration en oxygène et si possible la culture doit être ombragée. Quand la lumière est très intense, il faudra aussi une température élevée (38°C), une population dense et une forte agitation (turbulence) de la culture. Ces conditions favorisent la meilleure productivité. Une couleur jaunâtre avec écume peut signifier que les parois des cellules sont rompues, en expulsant des polysaccharides dans l'eau. Là aussi, il faut ombrager. Si la culture est jaunâtre sur un fond d'eau grisâtre ou laiteux, les algues souffrent d'un défaut de carbone et peut-être d'azote, et de plus il y a beaucoup de bactéries.

# CHAPITRE II :

Généralités sur les boissons



## II. Les boissons

### II.1. Définition

Les boissons rafraîchissantes, boissons-plaisir par excellence, existent depuis des siècles, même si elles ont connu un développement important au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Leur composition est assez hétérogène, avec une composante commune qui est la présence majoritaire d'eau (au minimum 85 %). Ces boissons contiennent également d'autres ingrédients par exemple sucre, édulcorant intense, arôme, jus de fruits qui permettent de les distinguer sur le plan organoleptique (**Meunier, 2011**)

Une Boisson Rafraîchissante sans Alcool (BRSA) est une boisson contenant essentiellement de l'eau mais aussi des extraits de végétaux et/ou du jus de fruits, du sucre ou des édulcorants, des arômes. La préparation fait intervenir, le cas échéant, une adjonction de gaz (**OFG-R, 2014**).

### II.2. Valeur nutritionnelle des BRSA

Chez l'homme, le besoin en eau est un besoin vital puisque la diète hydrique maximale supportée par l'organisme est de 7 jours. En moyenne, nous perdons 2,5 à 3 L d'eau par jour ce qui nous oblige pour conserver notre poids et nos fonctions vitales à en consommer au moins autant (**FREDOT, 2005**).

Les apports nutritionnels conseillés en eau sont par conséquent de 2,5 à 3 L par jour et les boissons participent à plus de la moitié dans la couverture de ce besoin indispensable (soit 1 à 1,5 L par jour). Les autres sources en eau correspondent à l'eau que nous consommons par l'intermédiaire des aliments (qui représente environ 1L par jour) et celle produite par notre organisme au travers de différentes réactions chimiques (soit environ 0,3 L par jour). Les boissons permettent donc d'étancher la soif mais on les consomme aussi pour :

-leur gout : sucré, acidulé....

-leur qualité thermique : fraîcheur...

-leurs qualités visuelles : limpidité, clarté, brillance.

-leurs apports en minéraux : les boissons participent à la couverture de certains minéraux tels que le calcium, le fer, le magnésium, le fluor ou le cuivre (**FREDOT, 2005**).

Les jus de fruits frais et les purs jus de fruits sont exclusivement obtenus par des moyens mécaniques et sont donc des aliments qui contiennent tous les éléments nutritifs des fruits excepté les fibres qui sont le plus souvent en teneur réduite. Les boissons et les jus apportent donc l'eau, les glucides, les vitamines, les minéraux et les constituants « non nutritifs » des fruits (polyphénols, caroténoïdes, flavonoïdes, limonènes, terpènes...) (tableau 5). (LECERF, 2001).

**Tableau 05** : Valeurs nutritionnelles moyennes de boissons à base de fruits et de légumes pour 100 ml

Composants	Jus de fruits	Jus de fruits à base de concentré	Nectar de fruits	Jus de légumes
Protéines(g)	N	N	N	N
Lipides(g)	N	N	N	N
Glucides(g)	12	10	20	05
VE(KJ)	200	170	220	85
Na (mg)	1	1.5	2.5	160
K (mg)	35	150	85	250
Vitamine (mg)	5-50	20	10	10
Carotène (mg)	15-330	20	70	6015
Ca (mg)	10	10	5	20

N : Négligeable

Source (FREDOT, 2005).

### II.3. Différents types de boissons :

Il existe plusieurs types des jus de fruits

#### II.3.1 Les jus de fruits et de légumes

Le jus de fruits est un suc naturel d'un fruit obtenu par plusieurs méthodes, pour faire la distinction entre ces boissons on peut donner les particularités suivantes.

### **II.3.1.1. Les purs jus de fruits**

Ce sont des jus obtenus à partir de fruits par des procédés mécaniques (**Boidin et al, 2005**).

### **II.3.1.2. Les jus à base de jus concentrés**

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits concentré, après restitution de la proportion d'eau extraite du jus lors de la concentration, l'eau ajoutée présentant des caractéristiques appropriées, notamment de point de vue chimique, microbiologique et organoleptique de façon à garantir les qualités essentielles du jus. La restitution de son arôme se fait au moyen des substances aromatisants, récupérées lors de la concentration de jus de fruits dont il s'agit ou de jus de fruits de la même espèce et qui présente des caractéristiques organoleptiques et analytiques équivalentes (**Leyral, 2008**).

### **II.3.1.3. Jus de fruits obtenus par extraction hydrique**

Le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution. La restitution des composants aromatiques est obligatoires (**Boidin et al., 2005**).

Pour les jus de fruits déshydratés, le qualificatif "déshydraté" peut être accompagné ou remplacé par le qualificatif "lyophilisé" ou toute autre mention analogue selon le procédé de déshydratation utilisé (**Vierling, 2008**).

### **II.3.1.4. Purée de fruits**

Produit obtenu par des procédés appropriés, par exemple en passant au tamis ou en broyant la partie comestible du fruit entier ou pelé sans en prélever le jus. Le fruit doit être sain, parvenu à un degré de maturation approprié et frais ou bien conserver par des moyens physiques ou par un ou plusieurs des traitements appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la commission du (**Codex Alimentarius, 2005**).

### **II.3.1.5. Les boissons aux fruits**

Sont composées de jus de fruits concentrés ou non, d'eau et de sucre et contiennent au moins 25% de jus de fruits, dans le cas des boissons plate. Dans les boissons gazeuses aux fruits cette teneur est d'au moins 10% (**Boiron, 2008**).

### **II.3.1.6. Concentré de purée de fruits**

Produit obtenu par élimination physique de l'eau de la purée de fruits en quantité suffisante pour accroître la valeur Brix d'au moins 50% par rapport à la valeur Brix établie pour le jus reconstitué du même fruit (**Codex Alimentarius, 2005**).

### **II.3.1.7. Concentré de fruits**

Le concentré de jus de fruit est un produit obtenu par élimination physique de l'eau en quantité suffisante pour porter la valeur Brix à un niveau supérieur à 50% de la valeur Brix établie pour le jus reconstitué du même fruit. Le jus obtenu à partir d'un concentré est défini comme le produit de reconstitution de l'eau, des arômes, et de la pulpe perdue lors de la concentration (extraction) (**Codex Alimentarius, 2005**). L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées, notamment du point de vue chimique, microbiologique et organoleptique, de façon à garantir les qualités essentielles du jus (**Prolongeau et Renaudin, 2009**).

### **II.3.1.8. Nectars de fruits**

Le nectar de fruits est le produit non fermenté, mais fermentescible, obtenu en ajoutant de l'eau, sucres et/ou miel aux jus de fruits frais ou reconstitué (concentré, jus déshydratés, purée de fruits ou un mélange de ces produits). L'addition de sucres ou de miel est autorisée dans une quantité n'excédant pas 20% en poids par rapport au produit fini (**Codex Alimentarius, 2005**).

### **II.3.1.9. Eaux fruitées**

La dénomination « eaux fruitées », « boisson à la pulpe de fruits » ou « eau au jus de fruits » est réservée aux boissons préparées à partir d'eau potable et de jus de fruits dans une proportion égale ou supérieure à 12% (**Lecerf, 2003**). Elles sont composées de jus de fruit, d'eau et de sucre, ils contiennent au moins 25% de jus de fruits, dans le cas des boissons plates (non gazeuses) et 10% dans les boissons gazeuses aux fruits (**Boiron, 2008**).

### **II.3.1.10. Les jus de légumes**

La dénomination et les caractéristiques

“ Frais ” : le jus n'a subi aucun traitement, ni physique, ni thermique.

“ pur ” : le jus n’a subi aucune addition d’un produit quelconque.

“ salé ” : le jus de légumes est additionné de sel (chlorure de sodium) avec indication de la quantité de sel en g/L si elle dépasse 1 g/L (**Kucharski,2016**)

#### **II.4. Bienfaits des boissons sur la santé**

La consommation de jus de fruit et légume est recommandée pour une alimentation saine et pour plusieurs bienfaits sur la santé. Les jus de fruits et légumes présentent un grand intérêt nutritionnel grâce aux sels minéraux (potassium, calcium, magnésium) et aux vitamines (exemple : vit C) qu’ils contiennent, malgré la pasteurisation qu’il est nécessaire de leur faire subir pour leurs assurer une bonne conservation. Les jus de fruits et légumes sont nutritifs et rafraichissants. Coupés d’eau fraîche, ils sont plus désaltérants (**Arthur, 1986**).

La haute teneur des jus de légume en substances minérales et en vitamine détermine la croissance continue de leur production et de leur consommation (**Benamara et al ,2003**).

Les jus de fruits participent à la couverture des besoins hydriques du corps humain et des besoins en certains minéraux et certaines vitamines. Ce sont des boissons rafraîchissantes qui apportent de l’énergie (**Lecerf ,2001**).

#### **II.5. Consommation des boissons en Algérie**

L’Algérien consomme près de 57,4 litres de boissons par an, dont 22,2 litres pour les boissons gazeuses. Des limonades, boissons plates, jus de fruits et nectars, bières et alcools, une multitude de boissons dont la consommation double en mois de ramadhan (**Larbi, 2017**).

**Tableau 6** : Consommation moyenne des jus de fruit en Algérie par catégorie d’âge en 2003

Catégorie d’âge	Consommation en litres/hab/an	%
<b>Enfants : 0 -14 ans</b>	10,9	34
<b>Adolescents : 15-19 ans</b>	3,8	12
<b>Adultes : 20 - 64 ans</b>	15,7	49
<b>Seniors : &gt; 65 ans</b>	1,6	5
<b>TOTAL</b>	32	100

Source Questionnaire Experts(2003)

# CHAPITRE III :

Les ingrédients de formulation  
de boisson (*Stevia rebaudiana*  
et *Citrus limon*)

### III.1. La Stévia :

#### III.1.1. Définition

La *Stevia rebaudiana* bertonii, plus connue sous le nom de stévia, est une herbe vivace à feuilles oblongues et crénelées et à saveur sucrée (**Serio, 2010**).

La plante de stévia fait partie de la famille des Asteraceae, liée à la marguerite et à l'herbe à poux. Plusieurs espèces de stévia appelées candyleaf sont originaires du Nouveau-Mexique, de l'Arizona et du Texas. Mais l'espèce prisée, *Stevia rebaudiana* (Bertonii), pousse au Paraguay et au Brésil, où les gens ont utilisé des feuilles de la brousse de stévia pour sucrer la nourriture pendant des centaines d'années (**Cox, 2018**).



**Figure 3** : image de brindilles d'herbes fraîches de stévia, stévia déchiqtée à sec et poudre blanche

#### III.1.2. L'origine du nom Stévia

Ce nom a été donné à la plante parce qu'elle a été découverte au 16ème siècle par un botaniste espagnol du nom de Pedro Jaime Esteve. Stévia est ensuite devenu le nom de genre d'un groupe d'arbrisseaux et d'herbes aromatiques dont beaucoup possèdent un pouvoir édulcorant naturel (**Wagner ,2012**)

Cependant, le premier nom officiel de la plante lui a été donné par un autre botaniste, Moises Santiago Bertonii, qui décida de l'appeler *Eupatorium rebaudianum* Bertonii en 1899. Ce nom rend hommage au chimiste Ovidio Rebaudi qui isola la substance active de la plante après de nombreuses analyses chimiques complexes. Puis il décida de la classer dans le genre *Stevia* décrit par Pedro Jaime Esteve et la rebaptisa *Stevia rebaudiana* Bertonii. C'est le nom qui est toujours utilisé aujourd'hui (**Wagner ,2012**).

### III.1.3. Classification

**Embranchement** : Spermatophytes

**Sous-embranchement** : Angiospermes

**Classe** : Dicotylédones

**Ordre** : Asterales

**Famille** : Asteraceae

**Genre** : *Stevia*

**Espèce** : *Stevia rebaudiana* (Bert.)

**(PubMed Taxonomy)**

### III.1.4. L'Histoire de la Stévia

En 1887, Moises Santiago Bertoni, un botaniste suisse, découvre la Stévia dans le cadre de son étude des plantes herbacées utilisées par les Indiens Guarani du Paraguay. Les propriétés sucrantes de la Stévia sont pour la première fois décrites dans son journal de botanique. **(Wagner, 2012)**

En 1899, Bertoni communique le résultat de ses recherches et de sa découverte au monde scientifique par le biais du Bulletin d'Agriculture d'Asuncion. Ceci représente le premier écrit officiel sur la Stévia **(Wagner, 2012)**

En 1908 a lieu la première récolte de stevia cultivée.

En 1918, un glycoside cristallin est mis en évidence dans les feuilles, et sera officiellement dénommé en 1924 « stéviolose ».

En 1931, 2 chimistes français la décrivent comme « une poudre blanche, cristalline, hygroscopique et d'une valeur environ 300 fois plus sucrée que celle du sucre de canne ». Les scientifiques démontrent la non-toxicité de la stévia sur les animaux (cochon d'Inde, lapin), puis la non absorption par le corps humain des agents sucrants contenus dans la stévia (stéviolose et rébaudioside), c'est-à-dire qu'ils n'apportent pas de calorie **( l'APPA , 2013)**

En 1937, E. Thomas affirme que le pouvoir sucrant du stéviolose était 300 fois plus élevé que celui du sucre classique **(Dubau, 2010)**



En 1954, la culture de la plante commence au niveau national dans un pays asiatique : le Japon (**Wagner, 2012**)

Dans les années 70, les édulcorants artificiels sont classés cancérigènes. Des extraits de stévia et du stéviol purifié sont alors commercialisés pour la première fois, pour substituer les édulcorants de synthèse (**l'APPA, 2013**).

Dans les années 80, la Chine se lance dans la production commerciale de la stévia et devient le principal fournisseur du Japon. Depuis plus de 25 ans, l'extrait de la plante est ainsi utilisé comme édulcorant acalorique par les Japonais et Coréens (**l'APPA, 2013**).

Dans les années 90, le Paraguay et le Brésil produisent et distribuent dans le monde entier des produits élaborés à base de Stévia, par le biais de points de vente de produits à base de plantes, de magasins d'aliments naturels, et de vente par correspondance (**Wagner, 2012**)

En 2008, le comité mixte d'experts FAO/OMS sur les additifs alimentaires (CMEAA) a conclu que l'utilisation de la stévia dans les aliments et boissons ne présentait pas de danger et la FDA aux Etats-Unis a annoncé en décembre 2008 la libre commercialisation de l'édulcorant sur leur territoire (**Loumé, 2015**).

### III.1.5. Les principaux stéviol glycosides

Les quatre stéviol glycosides majeurs sont : le stéviol, le rebaudioside A, le rebaudioside C et le dulcoside A. Il est connu depuis longtemps que le rebaudioside A est celui des quatre stéviol glycosides majeurs qui possède les meilleures caractéristiques organoleptiques (**Loumé, 2015**).

**Tableau 7** : caractéristiques gustatives des différents stéviol glycosides (Prakash et al., 2008).

<b>Stéviol glycosides</b>	<b>Propriétés gustatives</b>
<b>Stéviol</b>	Pouvoir sucrant 300 fois plus puissant que le saccharose Saveur sucrée un peu trop persistante Arrière-goût amer
<b>Rebaudioside A</b>	Pouvoir sucrant 400 fois plus puissant que le saccharose Moins amer que le stéviol
<b>Rebaudioside C , Dulcoside A</b>	Pouvoir sucrant 20 à 75 fois plus puissant que le saccharose
<b>Rebaudioside B</b>	Saveur amère très marquée

### III.1.6. Composition nutritionnelle de la stévia

En outre, elle apporte des huiles essentielles, des dérivés stéroliques et des flavonoïdes

**Tableau 8 :** Composition moyenne des feuilles de *Stevia rebaudiana* en (%) (**Serio, 2010**)

Composants	Quantité
protéines végétales	11,2
Lipides	5,6
hydrates de carbone, transformés sans charge calorique par notre métabolisme	53
potassium	1,8
Calcium	0,6
magnésium	0,349
phosphore	0,318
manganèse	0,0147
Silicium	0,0123
bêta-carotène	0,0075
Chrome	0,0039
Fer	0,0039
Sélénium	0,0025
Zinc	0,0015
Rutine	0,011
Fibres	15
Vitamine C	0,011
stéviolosides	6 à 7
rébaudioside A	1 à 4
rébaudioside C	1 à 2
dulcoside	0,2 à 0,7

### III.1.7. Les avantages de la stévia

#### III.1.7.1. Non cariogénicité

Les sucres des Diterpènes glycosylés ne sont pas libérés dans la cavité buccale. Le stévioloside n'est donc pas cariogène. Le stévioloside est antibactérien pour *Streptococcus mutans*

et limite sa production d'acide. Cela lui donne donc en outre des propriétés pour la lutte et la prévention contre les caries. (Berry et Henry,1981 ; Yabu et al, 1977).

### **III.1.7.2. Effets sur la glycémie**

L'extrait brut a un effet hypoglycémiant pour les diabétiques (étude sur des lapins par Von Schmeling (Von et al, 1977) et sur des humains par Curi (1986). En revanche le stéviol seul n'aurait pas d'effet sur la glycémie (Yamamoto, et al.,1985). L'effet hypoglycémiant ne serait donc pas dû à ce dernier mais au stéviol et à l'isostéviol. Ces deux composés agiraient au niveau des mitochondries du foie comme inhibiteurs de la phosphorylation oxydative (Kelmer et al, 1985 ; Yamamoto et al, 1985). Cela se traduit par une baisse de la synthèse d'ATP ce qui augmente la glycolyse et réduit la gluconéogenèse. Un autre mécanisme est proposé par Jeppesen, (2000), le stéviol stimulerait la sécrétion d'insuline par une action directe sur les cellules  $\beta$  du pancréas.

### **III.1.7.3. Effets cardio-vasculaires**

L'étude de Haebisch sur des sujets sains montre que l'administration de 200 mg de stéviolide versus placebo provoque une diminution de la pression artérielle diastolique et systolique, ainsi qu'une légère réduction de la fréquence cardiaque (Haebisch, 1992). Celle de Chan sur des sujets souffrant d'hypertension montrent que le stéviolide a un réel effet anti-hypertenseur au bout de trois mois, et très peu d'effets secondaires (Chan et al,2000).

L'étude sur des rats hypertendus (SRH) et normaux montrent que la baisse de pression artérielle est due à une vasodilatation des vaisseaux (Chan et al,2000 ; Melis et al, 1995). Lee a montré que le stéviolide agit sur la vasodilatation en inhibant l'influx de Calcium dans les cellules des muscles des vaisseaux (Lee et al, 2001). Liu a en outre indiqué que l'isostéviol a aussi un très fort pouvoir hypotenseur, qui serait dû au même mécanisme (Liu et al, 2001).

### III.1.8. Comparaison avec l'aspartame et autre édulcorants

**Tableau 9** : Comparaison entre Stévia et autre édulcorants

Produit	code	origine	Pouvoir sucrant	utilisation	Thermo-sensibilité
Acésulfame K (ou acésulfame de potassium)	E 950	Synthèse	~ 2	Boissons ( lactées ,jus de fruits, sirops, desserts, glaces, pâtisseries, bonbons, sauces et édulcorants de table	Résiste jusqu'à 200°C
Aspartam	E 951	Synthèse	~ 2	Boissons, confitures, desserts, édulcorants de table, poudre cristallisée , pâtisseries et chewing-gums	Instable à faible température (dès 28°C)
Cyclamate	E 952	Synthèse	~ 3 à 5	Limonades, boissons pour sportifs, produits laitiers , céréales pour petit déjeuner, confitures, dessert, biscuits, chocolats, sauces et bonbons	Résiste à la chaleur
Glycoside de stéviol (stévia)	E 960	Naturelle	~ 2 à 3	Boissons, crèmes, glaces, légumes en conserve, confitures chocolats sucreries, chewing-gums, céréales pour petit déjeuner, desserts sauces et édulcorants de table	Résiste à la chaleur
Glycyrrhizine	E 958	Naturelle	~ 0,75	Additif alimentaire pharmaceutiques et cosmétiques	Résiste à la chaleur

Par rapport au sucre (= saccharose)

**Source : Terraponia.fr**

## III.2. Le citron

### III2.1. Définition

Le citronnier, appartient à la famille des Rutacées, est un petit arbre (arbuste) vert et aromatique dont la taille peut varier de 2 à 10 m de haut, porte 5-6 branches charpentières très fournies en rameaux, les racines superficielles forment un réseau dans les 80 premiers centimètres de sol. Les feuilles des citronniers sont des feuilles vertes, alternatives et persistantes, très adurantes en raison des multiples poches à essence qu'elles contiennent, qui sont visible à l'œil nu (**Gollouin et Tonelli, 2013**).



**Figure 4 :** Feuilles et fruits de citron « *Citrus limon* »

Le fruit est lourd, charnu, ovoïde dont la texture, la forme et la couleur varient selon les espèces. Sa chair se divise en 6 ou 12 quartiers et contient peu de pépins (**Rymond D, 1998, Nathalie R, 2007-2008, Isabelle E, 2011**).

Le goût acide de citron provient d'acide organique (citrique et malique) ne reste pas à l'état d'acides dans les cellules. Des expériences ont largement prouvés que l'usage prolongé du citron apporte à l'organisme du carbonate de potasse lui permettant de neutraliser l'excès d'acidité du sang et du milieu hormonal (**Rymond D, 1998**).

### III.2.2. Classification

La classification des agrumes est selon **Adjdir et Bensnoussi, (2009)** comme suit :

- **Règne :** Végétale
- **Embranchement :** Spermaphyte
- **Sous embranchement :** Angiospermes

- **Classe** : Eudicotes
- **Sous classe** : Archichlomydeae
- **Ordre** : Geniales (Rutales)
- **Famille** : Rutaceae
- **Sous famille** Aurantoideae
- **Tribu** : Citreae
- **Sous tribu** : Citrineae
- **Genre** : *Citrus*
- **Espece** : *Citrus limon L.*

### III.2.3. Intérêts nutritionnels

Le citron est riche en calcium, magnésium, phosphore, potassium et en vitamine A, B2, B12, PP et contient une grande quantité de vitamine C (tableau 10) qui protège contre le Scorbut (**Sabri, 1980**). Les citrons frais sont faibles en calories et en sucre, mais ils sont une excellente source des fibres, des pectines, des inositols et de bio-flavonoïdes. C'est également une bonne source d'acide folique. (**Eugene et al. 1994**).

**Tableau 10** : Composition biochimique moyenne dans 100 gr de citron (**Ciquel, 2013**).

<b>Constituant</b>	<b>Teneur moyenne</b>	<b>Constituant</b>	<b>Teneur moyenne</b>
<b>Eau (g)</b>	89,2	<b>Beta-Carotène (µg)</b>	3
<b>Protéines (g)</b>	0,8	<b>Vitamine E (mg)</b>	0,8
<b>Glucides (g)</b>	2,45	<b>Vitamine C (mg)</b>	53
<b>Lipides (g)</b>	0,3	<b>Vitamine B1 (mg)</b>	0,05
<b>Sucres (g)</b>	2,2	<b>Vitamine B2 (mg)</b>	0,02
<b>Fibres (g)</b>	2	<b>Vitamine B3 (mg)</b>	0,2
<b>Sodium (mg)</b>	<3	<b>Vitamine B5(mg)</b>	0,19
<b>Magnésium (mg)</b>	8,93	<b>Vitamine B6 (mg)</b>	0,08
<b>Potassium (mg)</b>	149	<b>Vitamine B9 (µg)</b>	11
<b>Calcium (mg)</b>	18	<b>Phosphore (mg)</b>	15,5

Le citron renforce les défenses immunitaires indispensables pour prévenir les maladies, favorise la digestion, stimule la circulation apporte tonus et vitalité, reminéralise et lutte contre l'anémie. Ses qualités antiseptiques en font également un puissant désinfectant (**Frédérique, 2011**).

## Conclusion

Le but de notre étude était de formuler une boisson à base de spiruline (*Arthrospira platensis*) avec de propriétés nutritionnelles en incorporant le jus de citron et l'extrait de *Stevia rebaudiana* comme un édulcorant naturel.

Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser la partie pratique, et d'aboutir à l'obtention d'un produit alimentaire nouveau de type fonctionnel à base de spiruline.

Compte tenu de ça, notre travail reste préliminaire, donc nous proposons comme recommandations et perspectives :

- Elaborer de nouveaux produits avec l'introduction de la spiruline dans des produits alimentaires comme les yaourts, les fromages, les compotes, les biscuits et les pâtes.
- Faire une étude économique sur le cout de ces produits.
- Encourager la culture de la spiruline.

## Références Bibliographie

- Adjdir et Bensnoussi**, (2009). Bilan d'une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdelkader (Remchi Wilaya de Tlemcen). Mémoire d'ingénieur, Univ. Tlemcen, p. 81.
- Algosopnette**, (2017) LA PEAU, LES CHEVEUX, LES ONGLES avec Spiruline. <http://www.algosopnette.com/association/spiruline-redactionnel-30.html> Consulté le 7.6. 2020
- Arthur W.**, (1986). Le livre des produits alimentaires, Ed. MAX BREZOL, paris.
- Balloni W, Tomaselli L, Giovannetti L, Margheri MC** (1980). Biologia fondamentale del genere Spirulina. In : Materassi R (ed) Prospettive della Coltura Massiva di Spirulina in Italia. CNR Rome, pp 49-85
- Becker, et al.** (1986). Clinical and biochemical evaluations of spirulina with regard to its application in the treatment of obesity. Inst. Chem. Pflanz in Nutrition Reports Int'l, Vol. 33, No. 4, pg 565. Germany.
- Berry C. W., Henry. A.** Effect of stevioside on the growth and acid production of Streptococcus mutans. J. dent. res., 1981, vol 60, p 430.
- Belay A.**, (1997). Mass culture of Spirulina platensis - The Earth rise farms Experience In "Spirulina platensis (Arthrospira)" Ed. Avigad Vonshak, Taylor & Francis, Londres, pp 131-158.
- Belay A.** (2002). The potential application of Spirulina (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. The Journal of the American Nutraceutical. ; 5 (2) : p. 26-49.
- Benamara S., Agougou A.**, 2003 Production du jus alimentaire technologie des industries agro-alimentation offices de publication universitaires
- Bodin M., Abtroun A., Boudra A., Jolibert F., Tirard A. et Touaiba H.** (2005). Etude de la filière boissons, Rapport principal. Euro développement pme Alger.
- Borchers At., Belay A., Keen Cl., Gershwin Me.**, (2007). Spirulina and Immunity. In Gershwin & Belay (ed.) Spirulina in Human Nutrition and Health, pp 177-193.
- Boiron A.** (2008). Les décrets permettraient de fixer et faire respecter les catégories. Ed. La revue de l'industrie agroalimentaire, Algérie. PP 30.
- Castenholz R.W., Rippka R., Herdman M. and Wilmotte A.** (2001). Form-genus I. Arthrospira Stizenberger 1852. D. R. Boone & R.W. Castenholz, eds. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. New York, USA : Springer ; 1. p. 542-543.



**Chader. S, T. Mila, A. Rabhi, A. Chegrane, H. Rahmoun et N. Chibane** (2009). Sélection des Souches locales de microalgue d'intérêt industriel. Rapport interne projet 6/7 CNRPDA / MPRH. Algérie

**Chan P., Tomlinson B., Chen Y. J., et al.** A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension. *Br. j. clin. pharmacol.*, 2000, vol 50, n° 3, p 215-220.

**Chan P., Xu D.-Y., Liu J.-C., et al.** The effect of stevioside on blood pressure and plasma catecholamines in spontaneously hypertensive rats. *Life sci.*, 1998, vol 63, n° 19, p 1679-1684

**Charpy L., Jose Langlade M et Alliod R.,** (2008). La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? Vol 6, N°17. pp 16, 27.

**Charpy L,** (2008). Colloque International « la Spiruline et le développement », formation et transfert de technologie, en matière de culture de Spiruline : 28 - 29 et 30 avril 2008. Toliara SUD-OUEST MADAGASCAR : 8, 9, 89, 91, 131-134.

**Ciferri O.,** (1983). Spirulina, the edible microorganism microbial, *Rev* 47 : pp 551-578.

**Codex Alimentarius.** (2005) Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits.

**Cox, L.** (2018). What Is Stevia? Consulté le 6 aout2020, à l'adresse <https://www.livescience.com/39601-stevia-facts-safety.html>.

**Cruchot H.,** (2008). La Spiruline, Bilan et Perspective. Thèse docteur en pharmacie. Université de France-Comite, pp 332.

**Curi R., Alvarez M., Bazotte R. B., et al.** Effect of Stevia rebaudiana on glucose tolerance in normal adult humans. *Braz. j. med. biol. res.*, 1986, vol 19, n° 6, p 771-774.

**Devi M. A., Venkataraman L.V.** (1983). Hypocholesterolemic effect of blue-green algae spirulina in albino rats in *Nutrition Reports Int'l*, 28 :519-530. India.

**Dubau Christiane.** (2010). Plante sucrée du Paraguay Consulté le 20 aout2020, à l'adresse <https://docplayer.fr/18513023-La-stevia-rebaudiana-bertoni-plante-sucree-du-paraguay.html>

**Ensminger M, Audrey H. Ensminger.,** 1994 *Foods & Nutrition Encyclopedia*, Two Volume

Set Ed CRC Press

**Falquet J., Hurni JP.** (2006). Spiruline, Aspects Nutritionnels. *Antenna Technologies* : 41 p. (<http://www.antenna.ch/malnutrition/aspects-nutritionnels.html>. Consulté le : 18/07/2020

- Flaquet J. et Hurni J.**, (2006). Spiruline : Aspects nutritionnels. Antenna technologies, pp41
- Fredot E.** (2005). Connaissance des aliments, base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. Institut de commerce et de gestion, édition médicale internationale tec & doc, Lavoisier Paris.
- Fox, R. D.** (1999). La spiruline : technique, pratique et promesse. Edisud: 246. ISBN 2-7449- 0100-8.
- Fox R.D. (1996).** ‘‘Spirulina, production & potentia’’. Aix en Provence : Edisud.
- Frédérique J.**, 2011 Le citron malin : Maison, santé, beauté .... Tous les bienfaits d’un ingrédient Ed LEDUC
- Geitler, L.** (1932). Cyanophyceae. In : Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Leipzig, Akad. Verslagsges. 1932. Reprinted 1971, New York, Johnson. p. 1-1196.
- Giraldine-Andreani C.**, (2005). Spiruline, système sanguine, système immunitaire et cancer. Phytothérapie, pp 158-161.
- Gollouin F., Tone Ili N.** 2013. Des fruits et des graines comestibles du monde entier. Edition Brigitte Peyrot Poos, Paris Lavoisier SAS.PP. 186-195.
- Grosogeat H.**, (2009). ‘‘Ma promesse anti-âge. « Ralentir le vieillissement, Maigrir durablement, Combattre les maladies modernes »’’. Ed Odile Jacobe, 212p. Paris.
- Haebisch E. M. A. B.** Pharmacological trial of a concentrated crude extract of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni in healthy volunteers. Arq. biol. tecnol., 1992, vol 35, n° 2, p 299-314.
- Hayashi T., Hayashi K., Maeda M., Kojima I.**, (1996). Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a blue-green alga *Spirulina platensis*. Journal of Natural Products 59, pp 83-87.
- Henrikson**, (1994). Earth food Spirulina, How this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet. Ronore Enterprises Inc., U.S.A.
- Hudson B.J.F., Karis I.G.**, (1974). The lipids of the alga *Spirulina*. J. Sci. Food Agric 25, pp 759-763.
- Hug C et Von Der Wied D.**, (2011). La spiruline dans la lutte contre la malnutrition, Bilan et perspectives. Antenna Technologies, Genève, pp 30.
- Isabelle Escartin**, (2011). Guide des agrumes.
- Iwata, et al.** (1990). Effects of spirulina on plasma lipoprotein lipase activity in rats in Journal Nutr. Sci. Vitaminol, 36 :165-171. Japan.
- Jean –Paul J.**, (2006). Manuel de culture artisanale pour la production de spiruline pp 06.

**Jeppesen P. B., Gregersen S., Poulsen C. R., et al.** Stevioside acts directly on pancreatic beta cells to secrete insulin: Actions independent of cyclic adenosine monophosphate and adenosine triphosphate-sensitive K<sub>sup</sub> +-channel activity. *Metab. Clin. exp.*, 2000, vol 49, n° 2, p 208-214

**Jourdan**, (2006). Manuel de culture artisanale de spiruline. Edition 2006, Révision mars 2013.

**Jourdan J. P.** (2012). “Cultivez votre spiruline », manuel de culture artisanale”. [http://www.antenna.ch/medias/Manuel\\_Cultivez\\_votre\\_spiruline\\_REVISION\\_2013.pdf](http://www.antenna.ch/medias/Manuel_Cultivez_votre_spiruline_REVISION_2013.pdf). Consulté le 20/10/2012.

**Jourdan J.P.** (2007).” Manuel de culture de la Spiruline”. Antenna Technologies. Disponible sur : <http://www.antenna.ch/documents/manuelJourdan2061.pdf>. Consulté le 20/07/2020.

**Jourdan J.P.**, (1997). “Cultivez votre spiruline, manuel de culture artisanale de la spiruline”. Disponible sur le site <http://www.antenna.ch/publications.htm>. Remis à jour le 08 juin 2002.consulté le 25/07/202012

**Kelmer-Bracht A. M., Alvarez M., Bracht A.** Effects of Stevia rebaudiana natural products on rat liver mitochondria. *Biochem. pharmacol.*, 1985, vol 34, n° 6, p 873-882

**Kiet P.Q., Durand-Chastel H.**, (2006). Spirulina rich in AIDS-Antiviral Sulfo lipids. In Charpy et al. (ed.) International Symposium on Cyanobacteria for Health, Science and Development, pp111-117.

**Kim. C.J, et al.** (2006). Effet of Spirulina platensis and probiotics as feed additives on growth of shrimp Fenneropenaeus chinensis. *Journal of microbiology and biotechnology*.

**König C.** Les algues : première lignée végétale. Disponible sur : <http://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/botanique-algues-vegetaux-aquatiques523/> publié en 2005 modifié en 2015.

**Kucharski. Nicole.** (2016) Diététicienne Nutritionniste, Les boissons.

**Larbi Farida**, (2017).la consommation des boissons en algerie, **Elmoudjahid**, publie-le : 12-06-2017. Consulté le 26 09 2020, à l'adresse Elmoudjahid.dz

**l'APPA.**(2013). Pour en savoir plus sur la stévia. D'après le mémoire de thèse de Pharmacie de Maxime VIDAL, Université de Lille 2, 2011,

**Lee C.-N., Wong K.-L., Liu J.-C., et al.** Inhibitory effect of stevioside on calcium influx to produce antihypertension. *Planta med.*, 2001, vol 67, n° 9, p 796-799.

**Lecerf J.** (2001). Santé des enfants et jus de fruits, review médicale- édition 2001 institut Pasteur de Lille.

**Lecerf J.-M.** (2003). Nutrition, jus de fruits et vitalité. Service de nutrition et de Médecine interne, Institut Pasteur de Lille, F-59000 Lille, France.

**Levi, Y., Harvey, M. et Cervantès, P.** (2006). L'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives. Afseet agence française de sécurité sanitaire et de l'environnement. p. 1-231.

**Leyral G., Vierling E.** (2008) Aliment et boisson, technologie et aspect réglementaire. Biosciences et technique, 3<sup>ème</sup> édition.

**Li B., Gao MH., Zhang XC., Chu XM.,** (2006). Molecular immune mechanism of C-phycoerythrin from *Spirulina platensis* induces apoptosis in HeLa cells in vitro. *Biotechnology And Applied Biochemistry* 43(3), pp 155-164.

**Liang A.C., Chen L.I.H.,** (2001). Fast-dissolving intraoral drug delivery systems : a review. *Expert Opin. Ther. Patents*. Vol 11, pp 981-986.

**Lindblad P., Oxelfelt F., Tamagnini P., Troshina O.** (1998). "Cyanobacterial Biotechnology Nostoc PCC 73102 and H2 : Knowledge, Research and Biotechnological Challenges Cyanobacterial biotechnology : proceedings of the International Symposium". Oxford & IBH Publishing CO.PVT.LTD. 11-13.

**Liu J.-C., Kao P. F., Hsieh M. H., et al.** The antihypertensive effect of stevioside derivative isosteviol in spontaneously hypertensive rats. *Acta cardiol. Sin.*, 2001, vol 17, n° 3, p 133-140.

**Loumé L,**2015, précise l'Autorité européenne de Sécurité alimentaire, Publié le 6 mars 2020 Mis à jour le 11 mars 2020 à l'adresse <http://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/aspartame.htm>. Consulté le 20 aout2020

**Melis M. S.** Chronic administration of aqueous extract of *Stevia rebaudiana* in rats : renal effects. *J. ethnopharmacol.*, 1995, vol 47, n° 3, p 129-134.

**Meunier C, (2011)** - Cahiers de Nutrition et de Diététique, Elsevier Volume 46, Issue 1, Supplement 1, Pages H5-H12.

**Nathalie Raynaud,** (2007-2008). Saveur du monde.

**Nelissen B., Wilmotte A., Neefs J.M. and De Wachter R.** (1994). Phylogenetic relationships among filamentous helical cyanobacteria investigated on the basis of 16S ribosomal RNA gene sequence analysis. *Systematic and Applied Microbiology* ; 17: p. 206-210.

**Nordst. Gomont,**( 1892) *Arthrospira platensis*.

**OFG-R,** Origine France Garantie, (2010) Référentiel sectoriel de délivrance du label. SECTEUR BOISSONS RAFRAICHISSANTES.

**Ould Bellahcen T., Bouchabchoub A., Massoui M., El Yachioui M.,** (2013). Qualité nutritionnelle de spirulina platensis en croissance dans les eaux usées domestiques. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°14, Juin 2013, Rabat, Maroc, pp. 123-129.

**Pascaud M.,** (1993). The essential polyunsaturated fatty acids of Spirulina and our immune response. Bulletin de l'Institut Océanographique 12 : pp 49-57

**Prakash, I., Jiang, X., Wheeler, A., Boileau, A.C., Winkler, P.C. Compton, J.C., Mandarino, D.A.** (2008). Pharmacokinetics of rebaudioside A and stevioside after single oral doses in healthy man. Food and Chemical Toxicology 46, S54-S60

**Pietri A.M.,** (2011). L'aliment le plus complet de la planète : L'algue bleu-vert A.F.A. Editions LANORE. Paris, pp 73.

**Prolongeau V., Renaudin N.** (2009) Charte d'engagement volon

**PubMed Interface,** onglet "Taxonomie" <url : [www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/)> Consulté le 6 aout2020

**Qureshi M.A., Garlich J.D., Kidd M.T.,** (1996). Dietary Spirulina platensis enhances humoral and cell-mediated immune functions in chickens. Immunopharmacology and Immunotoxicology 18, pp 465-476.

**Qureshi M.** (1994). Immune enhancement potential of spirulina in chickens. Journal of Poultry Science ; 73 : p. 46.

**Qureshi M.A., Ali R.A., Hunter R.L.** (1995). Immunomodulatory effects of Spirulina platensis Supplementation in chickens. Poultry Disease Conférence ; 44 : p. 171-121.

**Qureshi M.A.** (1996). Spirulina platensis exposures enhances macrophage phagocytic function in cats. Immunopharmacology and Immunotoxicology. 1996 ; 18 : p. 457-463.

**Questionnaire Experts.** (2003), Consommation moyenne des jus de fruit en Algérie par catégorie d'âge en 2003

**Rengassamy Cynthia.** (2015). La stévia (Stevia rebaudiana), sa place au sein des édulcorants et son avenir thérapeutique. Thèse de Docteur en pharmacie.univ-poitiers.fr

- Richmond A.** (1986). ‘‘Handbook of microalgal mass culture’’. CRC Press, 301p. New York.
- Ross E., Dominy W.** The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry . Poultry Science. May 1990; 69 (5): p. 794-800.
- Rymond Dextreit,** (1998). Les cinq merveilles naturelles éd : vivre en Harmonie.
- Sabri K.,** 1980El Ghidaala el Dawae .ed dar El Ilme li el Malayine
- Sall, M.G., Dankoko, B., Badiane, M., Ehua, E. et Kuakuwi, N.** (1999). La spiruline : une source alimentaire à promouvoir. Médecine d'Afrique Noire. Vol. 46 (3) : 140-141.
- Sall M., Dankoko B., Badiane M., Ehua E., Kuakuwi N.** (1999). La spiruline : une source alimentaire à promouvoir. Médecine d’Afrique Noire. Vol 46, pp 3.
- Serio L.** ,2010 La Stevia rebaudiana, une alternative au sucre, Phytothérapie (2010). S 8 : pp26-31.
- Sguera S., (2008).** Spirulina platensis et ses constituants intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques.
- Table Ciqual.,** Composition nutritionnelle des aliments version 2013 [www.TableCiqual.com](http://www.TableCiqual.com).
- Takai et al.** (1991). Effect of water soluble and water insoluble fractions of spirulina over serum lipids and glucose resistance of rats in J. Japan Soc. Nutr. Food Science, 44 :273-277.
- Terraponia.fr.** (2018), Édulcorants intenses : un pouvoir sucrant absolument dévastateur, Consulté le 20.09.2020
- Trabelsi. L, Benouadah., Bassa.H,** (2010). Activités biologiques des métabolites excrètent par les cyanobactéries filamenteuse arthrospira platensis, journal pharmacognosie. Tunisie. pp 282.
- Vierling E.** (2008). Science des aliment, 3e édition. Ed. Centre régional de documentation pédagogique d’Aquitaine. Bordeaux. PP 236-237.
- Von S. G. A., Varela D. C. F., Domingos E. A.** Stevia rebaudiana Bert. avliacao do eito hipoglicemiante em coelhos aloxanidalos. Cienc. cult., 1977, vol 29, n° 5, p 599-601
- Wagner. Véronique.** (2012). De Stevia rebaudiana à la Stévia : Parcours chaotique de l’« herbe sucrée » parmi les édulcorants. Thèse de Docteur en pharmacie. univ-lorraine.
- Watanuki. H, Ota. K, et al.** (2006). Immunostimulant effects of dietary Spirulina platensis on carp, Cyprinus carpio. Aquaculture 258,p 157-163.

**Watanabe Y., de la Noue J., Hall D.O.** (1995). "Photosynthetic performance of an helical tubular photobioreactor incorporating the Cyanobacterium *Spirulina platensis*". *Biotechnology and bioengineering*, 47, 2 : 261-269.

**Xu C.W.**, (1993). An instant algal noodle and its production method, Chinese Patent CN1077857A. *Technol.* Vol 3, N°2, pp 79–88.

**Xue CH., Hu YQ., Saito H., Zhang ZH., Li ZJ., Cai YP., Ou CR., Lin H., Imbs AB.**, (2002). Molecular species composition of glycolipids from *Spirulina platensis*. *Food Chemistry* 77, pp 9-13.

**Yabu M., Takase M., Toda K., et al.** Studies on stevioside, natural sweetener, effect on the growth of some oral microorganisms. *J. Hiroshima Univ. Dent. Soc.*, 1977, vol 9, p 12-17.

**Yamaguchi K.**, (1997). Recent advances in microalgal bio-science in Japan, with special reference to utilization of biomass and metabolites : a review, *Journal. Appl. Phycol.* Vol 8 N°6, pp 487-502

**Yamamoto N. S., Kelmer-Bracht A. M., Ishii E. L., et al.** Effect of steviol and its structural analogues on glucose production and oxygen uptake in rat renal tubules. *Experientia*, 1985, vol 41, n° 1, p 55-57.

**Yamamoto C., Nakamura A., Shimada S., Kaji T., Lee JB., Hayashi T.**, (2003). Differential effects of sodium spirulan on the secretion of fibrinolytic proteins from vascular endothelial cells : Enhancement of plasminogen activator activity. *Journal of Health Science* 49, pp 405-409.

**Zarrouk C.**, (1966), Contribution à l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima*. Thèse de doctorat, Paris

**Zeng Z., Liang M.S.**, (1995). Production of *Spirulina* drink (in Chinese). *Food Sci.* Vol 16 N°7, pp 39-412.