



HAL
open science

La spiruline : intérêts humanitaires et thérapeutiques

Soizic Louvel

► **To cite this version:**

Soizic Louvel. La spiruline : intérêts humanitaires et thérapeutiques. Sciences pharmaceutiques. 2019. dumas-02294252

HAL Id: dumas-02294252

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02294252v1>

Submitted on 23 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THESE

PRESENTEE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT LA
FACULTE DE PHARMACIE DE MARSEILLE

Le Lundi 15 Juillet 2019

PAR

Melle Louvel Soizic

Né(e) le 12 Février 1987 à Pertuis

EN VUE D'OBTENIR

LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

**La spiruline :
Intérêts humanitaires et thérapeutiques**

JURY :

Président : Madame Ollivier Evelyne, Professeure

Membres : Monsieur Lamy Edouard, Professeur
Madame Poupart Géraldine, Titulaire

Membres invités : Monsieur Mendelsohn Maxime, Titulaire
Madame Reboul Anne-Marie, Ancienne titulaire

Introduction.....5

Première partie : présentation de la spiruline.....6

I-Généralités sur la spiruline6

- I-1-Qu'est-ce que la spiruline ?.....6
- I-2-Taxonomie selon Ripley Fox.....7
- I-3-Caractéristiques structurales.....8
- I-4-Histoire.....9
- I-5-Habitat.....13
- I-6-Aspects productifs.....14
 - I-6-1-Où pousse naturellement la spiruline ?.....14
 - I-6-2-Reproduction.....14
 - I-6-3-Rendement.....15
 - I-6-4-Paramètres à prendre en compte.....16
 - I-6-5-Les différentes étapes de production.....18
 - I-6-6-Contraintes.....20
- I-7-Toxicité.....20

II-Composition chimique et aspects nutritionnels21

- II-1-Analyse nutritionnelle qualitative et quantitative22
 - II-1-a-Protéines23
 - II-1-b-Lipides24
 - II-1-c-Glucides24
 - II-1-d-Vitamines24
 - II-1-e-Pigments.....25
 - II-1-f-Enzymes.....26
 - II-1-g-Minéraux et oligo-éléments.....26
- II-2-Apports quantitatifs par rapport aux recommandations.....28
 - II-2-a-Fer.....28
 - II-2-b-Magnésium.....28
 - II-2-c-Calcium.....28
 - II-2-d-Phosphore.....28
 - II-2-f-Autres minéraux et oligo-éléments.....29
 - II-2-g-Récapitulatif.....29

Deuxième partie :

La spiruline dans les pathologies lourdes : effets bénéfiques et inconvénients.....31

I-Propriétés principales.....31

II-La spiruline et le diabète.....32

- II-1-Description de la pathologie : le diabète.....32
- II-2-Intérêts de la spiruline contre le diabète33
 - II-2-1-Etudes pharmacologiques.....34
 - II-2-2-Etudes cliniques.....34

III-La spiruline et l'hypercholestérolémie.....35

- III-1-Description de la pathologie : l'hypercholestérolémie.....35
- III-2-Intérêts de la spiruline contre l'hypercholestérolémie.....36

IV-La spiruline et le cancer.....37

- IV-1-Description pathologique : le cancer.....37
- IV-2-Intérêts de la spiruline contre le cancer.....39

IV-3-Exemple de Tchernobyl.....	41
V-La spiruline et les virus.....	41
IV-1-Virus du SIDA.....	42
IV-1-1-Description de la pathologie.....	42
IV-1-2-Intérêts de la spiruline contre le virus du SIDA.....	44
IV-2-Virus de l'Herpès.....	45
IV-2-1-Description du virus de l'herpès.....	45
IV-2-2-Intérêts de la spiruline contre le virus de l'herpès.....	46
VI-La spiruline et le microbiote.....	46
VI-1-Description du microbiote.....	46
VI-2-Intérêts de la spiruline.....	47
VII-La spiruline et la polyarthrite rhumatoïde.....	48
VII-1-Description de la pathologie : la polyarthrite rhumatoïde.....	48
VII-2-Etudes pharmacologiques.....	50
VIII-La spiruline et vision.....	50
IX-La spiruline et sport.....	51
X-Nutrivigilance.....	51

Troisième partie : la Spiruline pour lutter contre la malnutrition ?.....53

I-Définitions.....	53
I-1-Qu'est-ce que la malnutrition ?	53
I-2-Marasme.....	55
I-3-Kwashiorkor.....	56
I-4-Kwashiorkor marastique.....	59
II-Diagnostic de la malnutrition.....	60
III-Aspect biologique de la malnutrition.....	62
IV-Les causes de la malnutrition.....	64
IV-1-Causes immédiates.....	64
IV-2-Autres causes.....	64
IV-3-Causes fondamentales.....	65
V-Culture et production de la spiruline dans un pays en voie de développement.....	67
VI-La spiruline : une solution pour lutter contre la malnutrition	69
VI-1-Zone géographique.....	70
VI-2-La population.....	70
VI-3-Le Produit Industriel Brut.....	72
VI-4-Le système de santé malgache et les associations.....	73

Quatrième partie : Spiruline de qualité en officine.....75

I-Rechercher une spiruline de qualité.....	76
II-Comparaison de spiruline de différentes marques.....	77
II-1-Spirulines françaises.....	77
II-1-1-Marque 1 : Spiruline de Mallemort : SOSpiruline.....	78
II-1-2-Marque 2 : Spiruline de Saint-Cannat : Spiform.....	83
II-1-3-Marque 3 : santemedica : Ineldea.....	83
II-2-Spirulines « internationales ».....	83
II-2-1-Marque 4 : Solgar.....	83

II-2-2-Marque 5 : Arkopharma.....	85
III-Tableau récapitulatif.....	87
IV-Mise en avant dans une pharmacie d'officine.....	88
IV-1-Population cible.....	88
IV-2-Indications supplémentaires.....	88
IV-3-Posologie.....	91
IV-4-Contre-indications.....	91
IV-5-Précautions d'emploi.....	92
IV-6-Interactions médicamenteuses.....	92

CONCLUSION.....92

RESUME (français et anglais).....95

**ANNEXES
BIBLIOGRAPHIE
REMERCIEMENTS**

La spiruline : Intérêts humanitaires et thérapeutiques

Introduction

Les cyanobactéries, anciennement appelées algues bleues, compte parmi l'une des plus anciennes formes de vie sur Terre et constitue l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse et production d'oxygène. Dans ce groupe, existe le genre *Spirulina* ou *Arthrospira*, des cyanobactéries filamenteuses dont fait partie une bactérie particulièrement intéressante dénommée *Spirulina platensis* (ou *Arthrospira platensis*) plus connue sous le nom de algues spiruline.

Après avoir présenté la spiruline : de sa description jusqu'à son utilisation, nous mettrons en évidence l'implantation d'une spiruline de qualité dans une pharmacie d'officine puis montrerons l'intérêt qu'elle peut avoir dans les pays en voie de développement.

En effet, la spiruline est présentée comme le meilleur aliment pour l'avenir « the best food for the future » lors de la conférence des Nations Unies sur l'Alimentation en 1974. Pour l'UNESCO, elle est considérée comme « l'aliment idéal et le plus complet de demain » et « l'une des meilleures sources de protéines » pour la FDA, la spiruline est mise en avant par plusieurs structures au sein de l'ONU et de l'OMS pour son utilisation dans la lutte contre la malnutrition aigüe dans le monde.

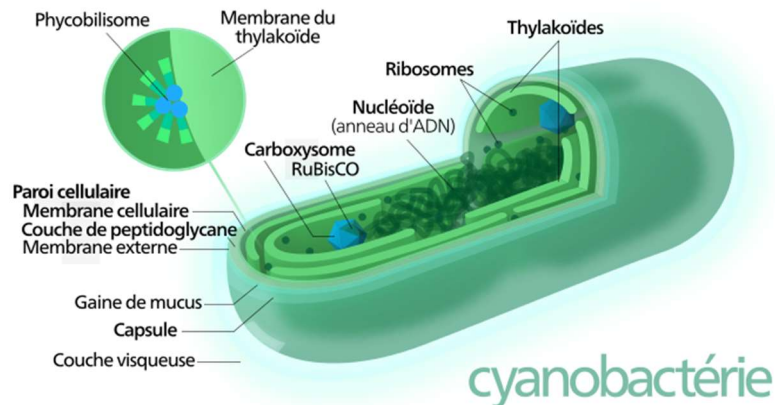
A Madagascar, bien que les tendances récentes soient en nette amélioration, l'UNICEF estime à 50% de la population le nombre d'enfant qui souffrent de problèmes de croissances liés à une malnutrition chronique. Parmi les solutions envisagées pour combattre ce fléau, les cyanobactéries et, plus particulièrement la spiruline, font aujourd'hui l'objet de recherches approfondies, auxquelles participent de nombreux organismes.

Première partie : présentation de la spiruline

I-Généralités sur la spiruline

I-1-Qu'est-ce que la spiruline ?

Les cyanobactéries forment l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène. Elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires; dans ce dernier cas, leurs cellules s'arrangent en amas de type colonies ou, le plus souvent, en filaments composés de cellules alignées.



(1)

Les cyanobactéries ont un système photosynthétique proche des végétaux chlorophylliens. Elles sont des photo-litho-autotrophes :

- photo- car elles pratiquent la photosynthèse en réduisant le CO_2 à la lumière,
- litho- car elles se nourrissent de minéraux,
- autotrophe au carbone et à l'azote car elles sont capables de réduire l'azote atmosphérique en ammonium ou en nitrates ce qui leur permet de produire des acides aminés et des protéines. Les algues produisent près de 90% de l'oxygène de la planète soit 330 milliards de tonnes par an (10% étant produits par les arbres et les plantes). En absorbant le dioxyde de carbone, elles permettent de lutter contre le réchauffement climatique.

La spiruline fait partie des Cyanobactéries. Elles sont apparues sur Terre il y a environ 3,5 milliards d'années et il existe environ 1500 espèces. Elles sont capables de transformer le gaz carbonique en matière organique, au cours d'un processus complexe qui dégage de l'oxygène. Aussi appelée algue bleue, verte ou arc-en-ciel car elle possède :

- un pigment bleu : la phycocyanine et
- un pigment vert : la chlorophylle.

Le nom scientifique de la spiruline est *Arthrospira platensis*. A ne pas confondre avec une cyanobactérie marine dont le nom est *Siputlina subsalsa* et qui n'est pas comestible.

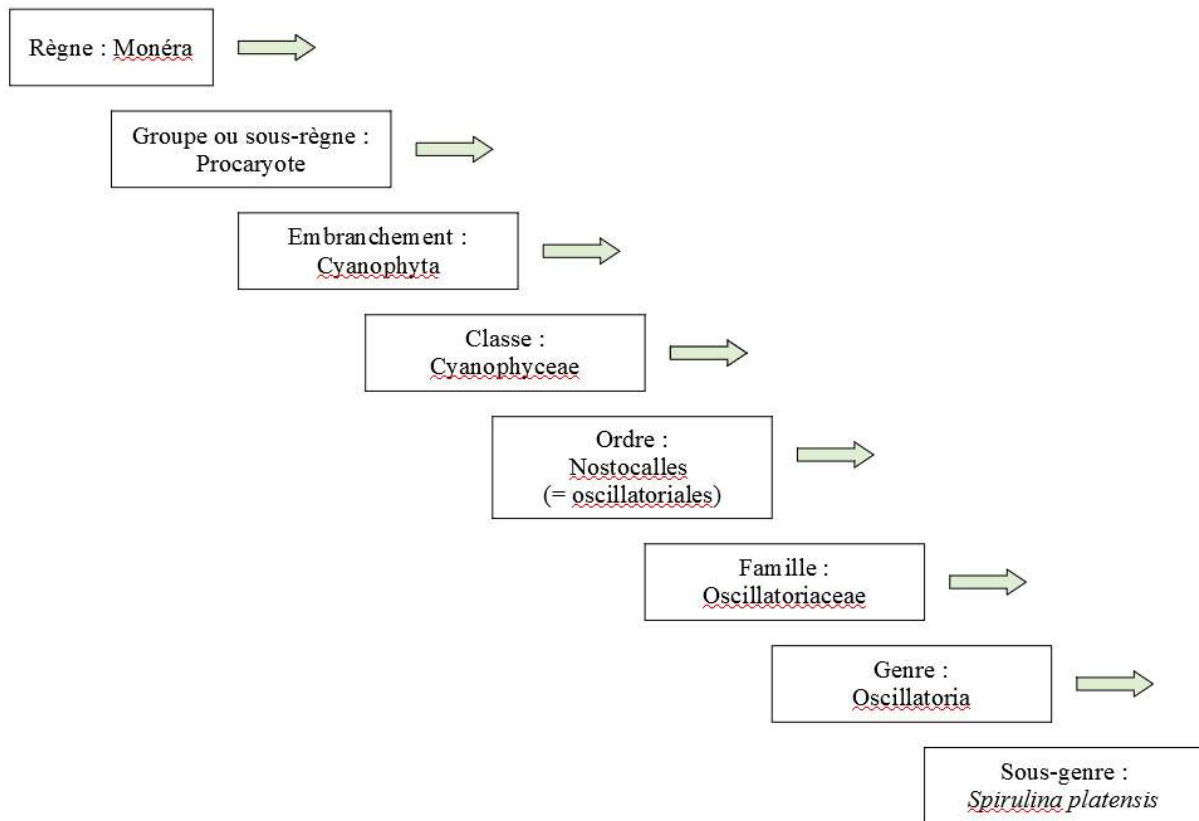
La spiruline, en plus de faire partie des Cyanobactéries, est :

- un végétal, organisme photosynthétique,
 - une algue, végétal sans différenciation en racines, branches et feuilles,
 - une micro-algue, algue microscopique – chaque spiruline a 0,5 mm de longueur typique et est donc individuellement invisible à l'œil nu,
 - un plancton, c'est-à-dire un organisme « errant », vivant en suspension dans un milieu aqueux, sans attachement à un substrat,
 - et même un phytoplancton, plancton végétal,
 - une cyanophycée, unique classe des cyanobactéries

I-2-Taxonomie

La spiruline était à l'origine considérée comme une algue. Cependant, en 1960 une claire distinction entre procaryote et eucaryote a été définie, basée sur la différence d'organisation cellulaire : les procaryotes regroupent les organismes dépourvus de compartiment cellulaire tandis que les eucaryotes regroupent ceux qui possèdent des organelles c'est à dire des nucléoles et des mitochondries (Durand-Chastel 1993). En 1962, Stanier et al (Stanier 1974 ; Stanier et Van Niel, 1962) constataient que cette algue bleu-verte était dépourvue de compartiments cellulaires, et donc faisait partie des procaryotes, ils proposaient de désigner ce microorganisme de «Cyanobactérie».

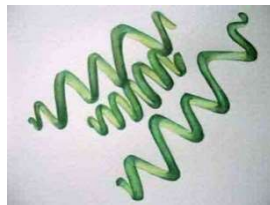
Classification de la spiruline selon Ripley Fox (1999) : **(2)**



I-3-Caractéristiques structurales

La spiruline est un microorganisme long d'un demi-millimètre qui comporte des filaments hélicoïdaux multicellulaires dont les cellules sont juxtaposées. Son nom dérive de cette configuration physique de ses filaments spiralés et hélicoïdaux. En latin, *spira* signifie enroulement.

La reproduction se fait par division : scissiparité de ces filaments de façon asexuée. Elle a survécu aux périodes glacières grâce à sa capacité de **cryptobiose** c'est à dire qu'elle est capable de se rétracter sous forme d'agrégats de filaments en conservant le minimum d'eau si les conditions de température et d'humidité lui sont défavorables.



La spiruline est une micro-algue uni ou multicellulaire et filamentaire. Elle a une structure procaryote qui possède une membrane pluristratifiée de 4 couches. Sa taille étant de

l'ordre du micromètre de 500µm de long et 3 à 4 µm de large. Sous microscope optique, des filaments bleu-vert composés de cellules végétatives sont observés ; ces trichomes (excroissances) sont régulièrement enroulés et enveloppés d'une gaine mince formant des constriction. Dans une cuillère à café se trouve un million de spires.

Les filaments prennent donc une forme hélicoïdale uniquement quand l'environnement est favorable (liquide ou milieu de culture). Les vacuoles de gaz font flotter les filaments et leur permettent de se protéger d'un ensoleillement excessif mais aussi d'atteindre les fonds remplis de sels nutritifs.

Quand la température est trop élevée (sur des rochers chauds dans les régions tropicales ou désertiques), la spiruline passe en état de repos et ne se reproduit plus. Les filaments prennent des formes irrégulières voire linéaires.

De couleur habituellement bleu-vert qui devient blanc nacré, la spiruline a un goût sucré.

Dans les espaces naturels, la spiruline se déplace à la vitesse de 5 µm/s, mais aussi et surtout grâce aux migrations du flamant rose qui la transporte dans ses plumes ou son bec.

I-4-Histoire

-Généralités

La spiruline se présente comme l'une des premières formes de vie sur la planète. Il y a 3,6 milliards d'années, durant le précambrien, les premières formes de vie, les cyanobactéries, sont apparues sur terre, parmi lesquelles, une minuscule algue bleue, la spiruline. Elle a permis l'enrichissement de l'atmosphère en oxygène (O₂) puis la formation d'ozone (O₃) protégeant ainsi la Terre des rayonnements ionisants. Dans ces conditions, la complexification du vivant s'enchaîna jusqu'à ce jour.

Elle est donc l'un des micro-organismes vivant le plus ancien de la planète. Des traces de cyanobactéries ont été retrouvées dans des stromatolithes (formation rocheuses calcaires) datant de plus de 3 milliards d'années en Afrique du sud et en Australie. Lors de la création de l'univers, ces cyanobactéries produisaient de l'oxygène à partir du dioxyde de carbone

(concentration 100 fois supérieure à nos jours) pour les autres formes de vie présentes à ce moment-là.

Elles ont ainsi rendu l'atmosphère respirable permettant une possible vie aérobie, et ont servi de nourriture aux poissons, mammifères marins et à l'espèce humaine. La spiruline a survécu aux périodes glaciaires grâce à sa capacité dite de cryptobiose en attendant que les conditions redeviennent favorables.

-Au Mexique au XV^{ème} siècle

L'empereur Montezuma (1466-1520) au XV^{ème} siècle adorait le poisson. Malheureusement son palais de Mexico se trouvait à quelques trois cent kilomètres du Golfe du Mexique et à deux mille mètres d'altitude. A cette époque, le Nouveau Monde ne connaissait pas le cheval... C'est ainsi que des coureurs se relayaient, de la mer jusqu'aux cuisines du palais, pour apporter le poisson en un temps record. La spiruline ou tecuitlatl constituait l'essentiel de la ration alimentaire de ces « coureurs de poisson ».



La redécouverte de la spiruline est due à Turpin qui l'isola en 1827 à partir d'un échantillon d'eau douce, puis en 1844 deux chercheurs Wittrock et Nordstedt signalèrent la présence d'une micro-algue bleu-vert près de Montevideo.

-Au XX^{ème} siècle

Durant la seconde guerre mondiale, plusieurs pays dont le Japon et l'Allemagne essayèrent de faire « pousser » des algues afin de nourrir les soldats face au blocus. Pour le Japon ce fut la chlorelle, une autre cyanobactérie qui fut utilisée et incorporée dans de nombreux aliments (biscuits, lait en poudre, boissons...).

Ensuite dès 1940, un physiologiste français, Pierre Dangeard s'intéressa à la consommation de dihé, un pain tchadien à base de spiruline, par les populations du lac Tchad et des lacs de la vallée du Rift et dont les enfants ne souffraient pas de malnutrition. En 1964-1965, Jean Léonard, botaniste français, témoigna de gâteaux verdâtres vendus sur les marchés tchadiens.

Au milieu des années 1960, une expédition belge mit le feu aux poudres. Le botaniste en mission, Jean Léonard, parcourait les marchés indigènes à la recherche des produits végétaux. Sa curiosité fût frappée par des galettes de couleur bleu-verte. La spiruline fût alors identifiée et analysée : trésor de protéines, vitamines, minéraux, enzymes, pigments... Parallèlement, la société Sosa Texcoco exploitait les eaux alcalines souterraines du lac Texcoco, à l'emplacement de l'actuelle ville de Mexico. L'extraction du carbonate de sodium était perturbée par une minuscule algue qui obstruait le système. Après identification, étant donné la richesse inégalée de la spiruline, la société Sosa Texcoco se mit à cultiver la spiruline et se fut l'une des premières cultures commerciales de spiruline. Avec l'américain Riplex Fox, ils commencèrent la culture de la spiruline, car ils voyaient en elle, un complément alimentaire d'exception et la solution au problème de la faim dans le monde.

Et en 1967, la spiruline fut nommée comme « *wonderful future food source* » par ***The International Association of Applied Microbiology***.

En 1974, La FDA reconnaît les bienfaits de la spiruline. Cette même année, la conférence des Nations Unis sur l'alimentation : « *United Nations World Food Conference* » déclare la spiruline comme « *best food for the future* ». Elle peut être légalement commercialisée comme nourriture ou complément nutritif si elle est étiquetée correctement et qu'elle ne contient pas de substances contaminées ou altérées et peut être ainsi incorporée dans des produits alimentaires (pâtes, barre de céréales, composant de salade...). Elle peut aussi être utilisée comme colorant alimentaire. (3)

En 1979, la spiruline arriva dans les premiers magasins aux États-Unis. La même année fut créée en Californie une firme, Earthrise Spirulina Company, aujourd'hui leader mondial sur le marché de la spiruline.

L'aventure continue aujourd'hui par l'implantation de fermes industrielles et l'installation de fermes artisanales dans les pays en développement pour lutter contre la malnutrition.

Cas de la France :

En France, il aura fallu 10 ans pour que le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique donne un avis favorable à la consommation d'algues en 1984. Il existe depuis 2009 une Fédération des spiruliniers de France. Ils se fédèrent autour d'une charte d'engagement et de valeurs de respect de la qualité de la production, de respect de l'environnement, des consommateurs et une entraide entre producteurs (Voir la charte détaillée en annexe 1). Le nombre de producteurs en France est passé de 10 à 105 de 2009 à 2014, ils produisent entre 40 et 50 tonnes de spiruline/an essentiellement pour le marché français, mais entre 70 et 80 % de la spiruline consommée en France est importée.

La Fédération française des spiruliniers de France (FSF) compte 170 fermes de spiruline en 2018 : on peut remarquer le nombre important dans le Sud de la France où la culture est beaucoup plus facile.



(4)

Situation dans le monde :

Les fermes se sont de plus en plus développées au niveau mondial :

- 1975 : On ne retrouvait pas de fermes à proprement parler ;
- 1976 : 500
- 1977 : 1000
- 1978 : 1500
- 1979 : 2000
- 1980 : 2500
- 1999 : 4000
- **2017 : 5000...**



I-5-Habitat

Contrairement à de nombreuses autres algues, la spiruline se développe naturellement dans des lacs alcalins riches en sels minéraux des régions chaudes et ensoleillées, soit dans une zone tropico-équatoriale entre la 35° latitude nord et 35° latitude Sud :

-zone qui comporte en Afrique : Tchad, Kenya, Tanzanie (lac Natron), Djibouti, Éthiopie, Congo, Zambie, Algérie, Soudan, et la Tunisie ;

-en Europe : France (essentiellement dans le Sud l'Ouest), Espagne ;

-en Asie : Inde, Thaïlande, Myanmar, Sri Lanka, Pakistan, Chine et

-en Amérique : Pérou, Mexique, Uruguay, Équateur, Californie, Haïti, République Dominicaine).

I-6-Aspects productifs

I-6-1-Où pousse naturellement la spiruline ?

Son habitat naturel est une eau :

- natronée (contenant du bicarbonate de sodium naturel) dont le pH doit être compris entre 8,5 et 11
- saumâtre (de 20 à 70 g de sel par litre d'eau).
- chaude (entre 35 et 40°C), la croissance varie durant la journée, en dessous de 15°C et au-dessus de 39°C, elle s'arrête.
- où le rayonnement solaire est important (donc soit sous les tropiques soit en altitude).
- riche en nutriments apportés par les affluents des lacs et des sols (fer, azote, urée, acide phosphorique, sulfate de magnésium...).
- riche en gaz carbonique et oxygène.

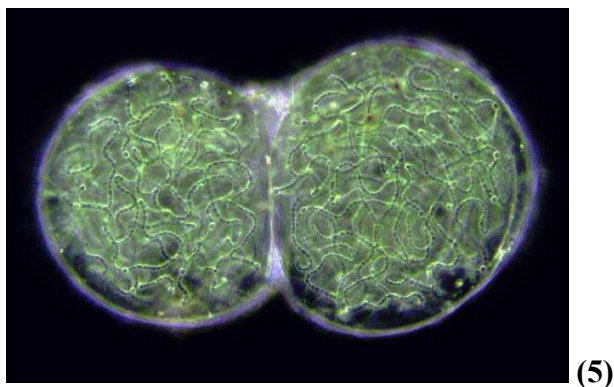
Par ailleurs ce milieu chaud et alcalin, et la forte concentration en bicarbonates sont peu propices à la prolifération d'autres micro-organismes, garantissant une propreté microbiologique ; les autres espèces ayant du mal à survivre. La présence d'ammoniac empêche la croissance des amibes.

I-6-2-Reproduction

La spiruline se développe de 25% chaque jour, sa quantité doublant en 4 jours. Sa reproduction est végétative (asexuée) et s'effectue par scission simple (séparation), fission binaire (= scissiparité, se divise en deux cellules égales) ou multiple, par bourgeonnement ou fragmentation au hasard. La cyanobactérie fait copie de son seul chromosome. La cellule s'allonge et les chromosomes se séparent. La paroi se forme pour diviser les deux cellules.

Les 3 étapes fondamentales de son cycle de vie sont :

- la fragmentation des trichomes,
- puis les cellules s'élargissent, le trichome mature,
- et se divise en filaments par fission binaire, ces filaments prenant une forme hélicoïdale.

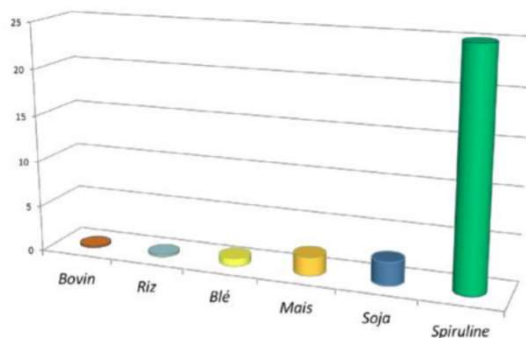


I-6-3-Rendement

La culture de spiruline permet un rendement élevé (entre 5 et 8g de produit sec / jour / m²). Combien d'enfants peuvent être traités par m² de récolte ?

- 1 m² de récolte fournit 2 kg de spiruline sèche par an.
- Le traitement d'un enfant souffrant de malnutrition dure de 6 à 8 semaines sur la base de 2 grammes de spiruline par jour, ce qui équivaut à 100 grammes au total.
- Ainsi, chaque m² de spiruline récolté fournit un traitement à 20 enfants malnutris

Rendement protéines par hectare/an



(19) (20)

Les avantages de la culture de la spiruline par rapport à d'autres cultures sont :

-Elle donne beaucoup plus de protéines, a de bons rendements (un hectare rapporte 50 Tonnes de protéines/an (260 fois plus que la viande de bœuf, 230 fois plus que le riz, 60 fois plus que le blé, 35 fois plus que le maïs, 30 fois plus que le soja;

-Elle n'a pas besoin de terres fertiles, mais plutôt des conditions salines défavorables à de nombreuses autres cultures ;

-Les besoins en eau sont faibles (4 fois moins d'eau que la culture du soja, et 5.000 fois moins que celle du bœuf) l'eau peut être recyclée, la seule perte est par évaporation ;

-L'empreinte écologique et environnementale est faible, elle ne menace pas la biodiversité, ne participe pas à l'érosion des sols, ni à la désertification ou la déforestation ;

-Elle nécessite moins d'intrants d'énergie : l'efficacité énergétique :

$$\frac{\text{production \u00e9nergie alimentaire / kg}}{\text{apport d'\u00e9nergie / kg}}$$

est 5 fois plus \u00e9lev\u00e9e que le soja, 2 fois plus que le ma\u00efs et 100 fois plus que le b\u00f4euf ;

-L'activit\u00e9 est g\u00e9n\u00e9ratrice de revenus en plus de la consommation locale et de l'utilisation dans l'alimentation animale et aquatique ;

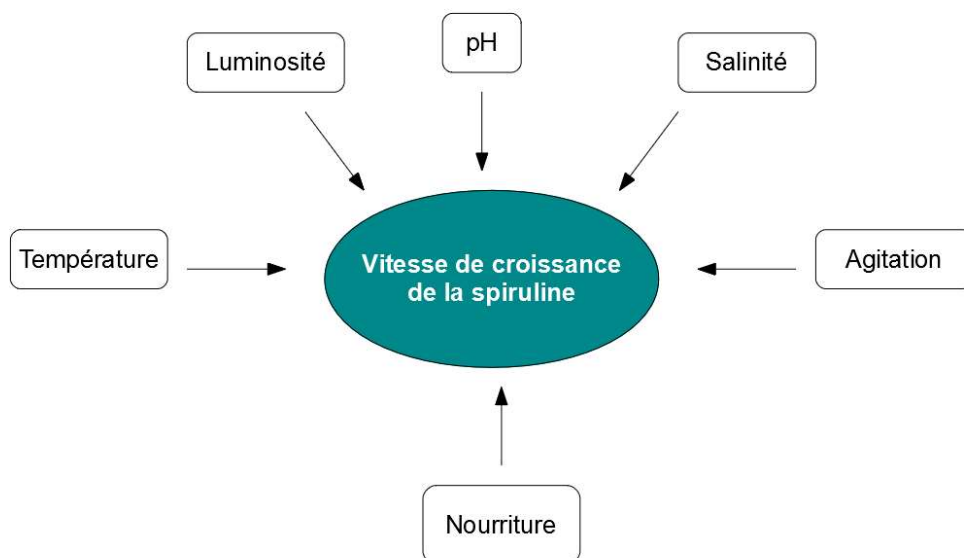
-La technologie pour la culture est tr\u00e8s simple, elle nécessite un foss\u00e9 sans rev\u00eatement, un \u00e9coulement d'eau faible, une agitation, un tapis de r\u00e9colte et un tapis de s\u00e9chage ou m\u00eame juste un pot de boue comme en Inde ;

-La culture n'utilise ni pesticide ni insecticide ;

-La spiruline peut servir \u00e0 d\u00e9polluer l'eau mais l'algue deviendra impropre \u00e0 la consommation.

I-6-4-Les param\u00e8tres \u00e0 prendre en compte

Lors de la production de spiruline, plusieurs param\u00e8tres sont \u00e0 prendre en compte dont essentiellement le climat, l'agitation et la nutrition de celle-ci. D'autres param\u00e8tres sont pr\u00e9sent\u00e9s sur le sch\u00e9ma suivant :



-Influence du climat

La température doit être comprise entre 20 et 43°C. A 20° : la culture s'arrête et à plus de 43°C : elle meurt.

Il ne faut pas une grande quantité d'eau en même temps et donc faire très attention aux orages dans certaines régions. L'idéal est qu'elle soit abritée. Il serait tout de même intéressant de récupérer l'eau de pluie.

Le climat idéal correspond à une région où il ne fait jamais froid, où il pleut harmonieusement et où l'évaporation est compensée par les eaux de pluie. On la retrouve sur le versant Est des Andes, là où il n'y a pas beaucoup de pesticides à chélater. D'où la bonne réputation de la spiruline des Andes. Le désert d'Atacama au Chili a une culture de spiruline équilibrée : l'eau s'évapore dans un bassin et permet de diminuer la température (elle descend à 40°).

La saison est prise en compte pour la culture : il y a un arrêt annuel à cause des pluies, de la sécheresse ou du vent. La spiruline doit donc être éclairer par une lumière artificielle et posséder un chauffage spécifique adapté.

-L'agitation

Une agitation régulière mais douce (2 à 4 fois par jour) est aussi nécessaire : les chutes d'eau avec éclaboussures et certaines pompes centrifuges (hors système naturel) sont néfastes pour la spiruline.

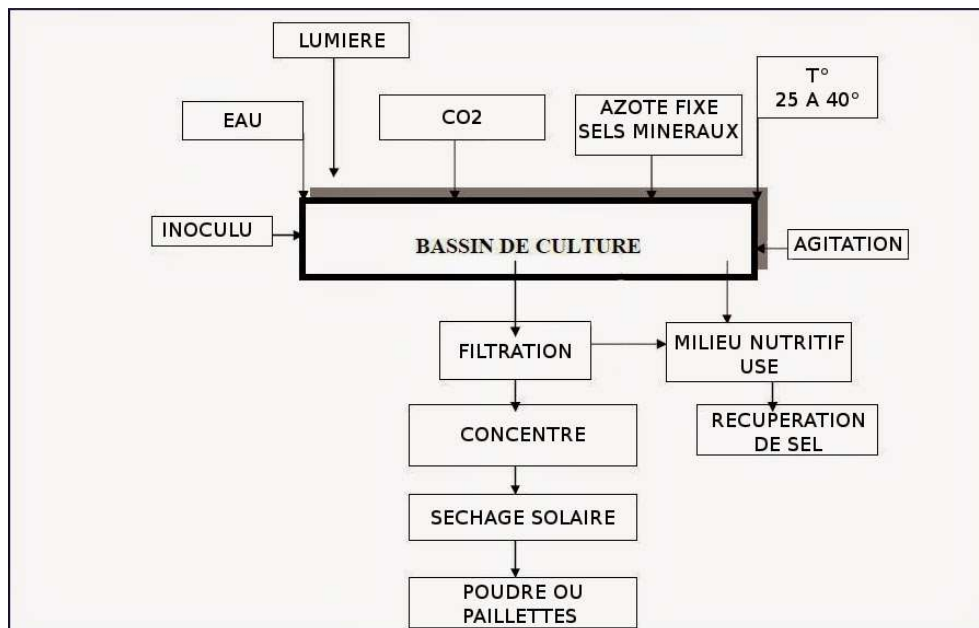
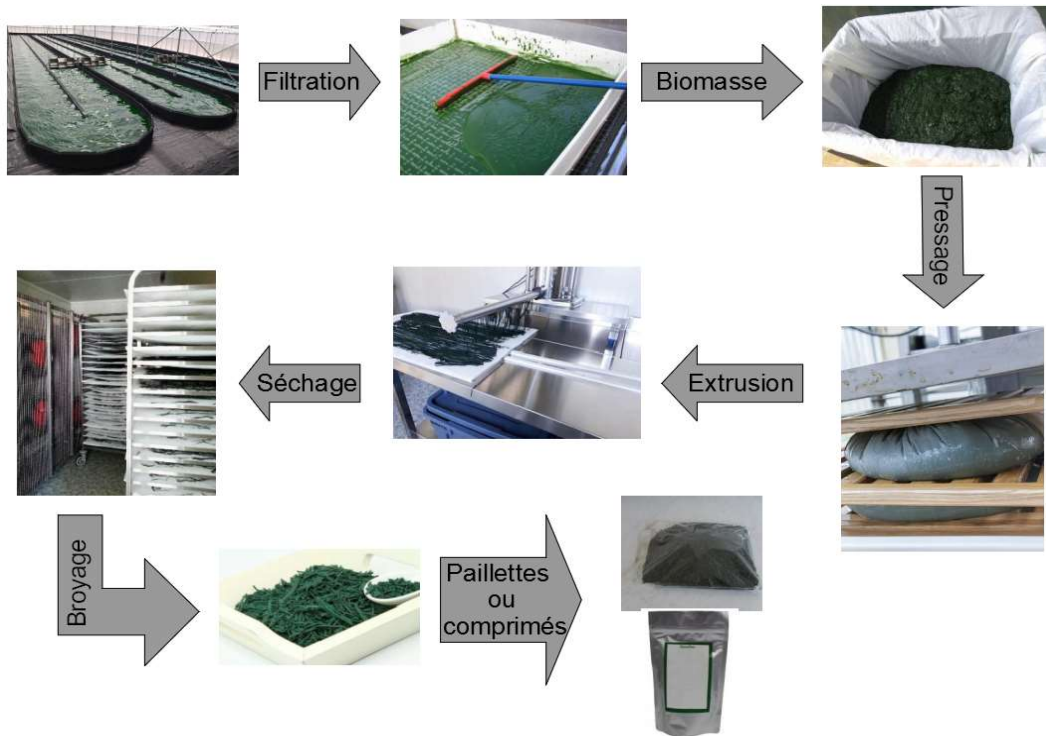
-Inoculum et nutrition

Il FAUT absolument garder une souche de spiruline ou inoculum. La température ne doit pas être inférieure à 18°C car risques de contaminations augmentées.

Le milieu très alcalin permet une meilleure absorption du gaz carbonique de l'air et une protection contre les contaminations.

Des engrais permettent d'assurer la croissance des spirulines : azote (N), phosphore (P), potassium (K) sont les trois éléments principaux mais Soufre (S), magnésium (Mg), calcium (Ca) et fer (Fe) doivent aussi être ajoutés s'ils ne sont pas ne quantité nécessaire dans l'eau.

I-6-5-Les différentes étapes de production



-Première étape : la filtration.

Il s'agit d'amener l'eau des bassins sur des filtres à l'aide de pompes. Celle-ci est envoyée sur un tamis de toile très fine de l'ordre de 50 microns (les mailles sont invisibles à l'œil nu), ce qui permet de conserver uniquement une "pâte verte", appelée "biomasse". L'eau restante retourne dans le bassin tandis que la spiruline reste « capturée » sur le filtre et s'accumule petit à petit.

-Seconde étape : le pressage.

La biomasse recueillie sur le filtre contient encore beaucoup d'eau, il faut alors la presser pour en éliminer un maximum. L'application d'un poids pendant quelques minutes permet cela. On obtient alors à ce stade de la production une pâte, ressemblant à de la pâte à modeler, appelée spiruline fraîche. Sous cette forme, la spiruline se consomme mais ne se conserve pas très longtemps. Le seul moyen de la conserver sera de la déshydrater.

-Troisième étape : l'extrusion.

La pâte pressée est donc introduite dans un poussoir de manière à la transformer en spaghettis de spiruline. Ces spaghettis sont étalés sur des cadres qui seront ensuite placés dans un séchoir.

-Quatrième étape : le séchage.

Un système de ventilation va permettre de déshydrater la spiruline en quelques heures. Pour garantir un produit de qualité, il faut veiller à ne pas monter au-delà des 40°, de manière à préserver toutes les vitamines de la spiruline. C'est ce qu'on appelle un séchage à basse température.

-Cinquième étape : le broyage et mise en conditionnement (éventuellement compression pour former des comprimés).

Le broyage permet d'obtenir des paillettes de spiruline. La compression quant à elle peut être utilisée pour la réalisation des comprimés. Des adjuvants ne sont pas forcément ajoutés lors de la compression.

La récolte se fait généralement quotidiennement du mois d'avril à octobre. Le principe est d'en récolter chaque fois de petites quantités de manière à en laisser suffisamment dans les bassins pour qu'elle puisse continuer à se développer correctement.

I-6-6-Contraintes

Il ne faut pas cultiver la spiruline dans de l'eau contenant des métaux lourds, sinon celle-ci les absorberait et elle ne serait plus consommable pour l'homme.

La Spiruline a tendance à pousser en hauteur, là où l'exposition au soleil est la plus importante. De ce fait, Les plants qui n'atteignent pas le sommet de la culture ne vont pas se reproduire et vont finir par mourir.

Pour maximiser l'exposition au soleil de la Spiruline, l'eau dans laquelle elle pousse doit être mélangée régulièrement : on peut le faire manuellement avec un bâton, ou en utilisant une pompe comparable à celle qu'on utilise dans les aquariums. (53) (52)

I-7-Toxicité

Selon la FDA, la spiruline est classée dans la catégorie GRAS : Generally Recognized As Safe, car de longues études sur l'animal n'ont montré ni toxicité ni effets indésirables graves mais une parfaite sécurité d'utilisation. Parmi les propriétés de la spiruline, il y en a une qui présente un grand intérêt, mais ce peut être une arme à double tranchant: cette microalgue est un grand **chélateur**. Elle a la capacité élevée de se lier aux métaux lourds de l'environnement, d'où la recherche d'un risque en cas de consommation excessive ou au long cours. Les deux types de toxicité concernant la spiruline seraient :

- une toxicité innée ou

- une toxicité externe due à une contamination au cours de la culture, de la récolte ou de la transformation.

La chélation est un processus physico-chimique au cours duquel est formé un complexe qui emprisonne le métal nécessaire à la vie (magnésium chélaté au sein de la chlorophylle, fer chélaté dans l'hémoglobine) ou indésirable (plomb, aluminium, mercure).

Les sujets qui ne possèdent pas assez de chélateurs efficaces développent des maladies neuro-dégénératives du fait de leur incapacité à éliminer les métaux toxiques. La consommation d'une spiruline contaminée à la source est un risque majeur. Elle peut donc se lier à des composants cellulaires tels que des protéines structurelles, des enzymes, des acides nucléiques et interférer avec leur fonction. Il est donc important de vérifier la provenance de l'algue, de doser les taux de métaux lourds, et de vérifier que l'eau de culture n'est pas contaminée. Il faut donc mettre en place des systèmes de traçabilité pour s'assurer que la spiruline, quelque soit son origine, est exempte de toute toxicité. Les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium, et arsenic) proviennent des pesticides de l'agriculture ; de la pollution des sols et se retrouvent dans les milieux de culture des algues et celles-ci l'accumulent. De fortes concentrations en cuivre, nickel, et zinc sont moins toxiques car elles mettent fin à la croissance des algues avant

d'atteindre des concentrations toxiques pour l'homme. L'eau utilisée pour la culture de la spiruline peut apporter tous ces éléments toxiques et produire l'inverse du résultat escompté : au lieu de détoxifier, elle intoxique !

Les taux de métaux lourds sont définis par la *Food and Agriculture Organization* et l'OMS avec des doses hebdomadaires tolérées : 720,011 mg de mercure ou 5 µg/kg/semaine ; 0,658 mg de plomb ou 25 µg/kg/semaine ; 0,472 mg de cadmium ou 7 µg/kg/semaine. Malheureusement, il n'existe pas de taux standard à ne pas dépasser pour les producteurs de spiruline même si les gros producteurs commencent à en proposer.

Mercure	Plomb	Cadmium
720, 011 mg ou 5 µg/kg/semaine	0,658 mg ou 25 µg/kg/semaine	0,427 mg ou 7 µg/kg/semaine

Deux tests permettent de mettre en évidence l'intoxication du corps humain par les métaux lourds

- Le dosage des porphyrines urinaires (visée quantitative)
- Le test Melisa (Memory lymphocytes immunostimulation assay) (visée qualitative) permettant de déterminer les anticorps liés aux métaux lourds. (6)

[II-Composition chimique et aspects nutritionnels](#)

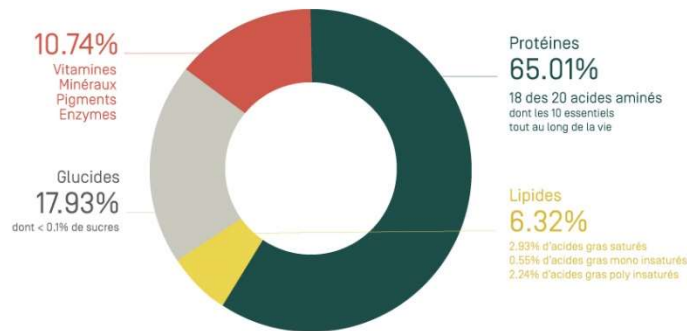
II-1-Analyse nutritionnelle qualitative et quantitative

La composition de la spiruline varie selon les conditions de culture, la période de récolte, l'origine géographique, le procédé de récolte, de séchage, de broyage, de conditionnement, mais aussi par le taux d'ensoleillement et par le fait que certains industriels supplémentent les milieux de culture afin que la spiruline produite soit plus riche en fer, en zinc ou encore en acides gras.

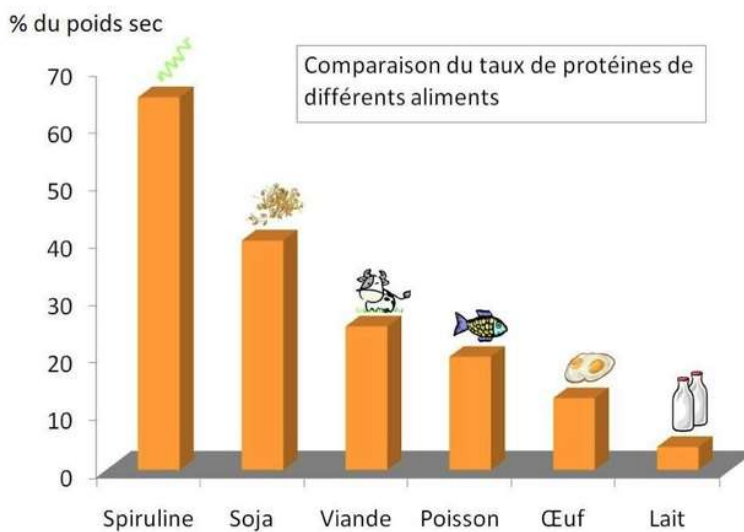
La spiruline contient en moyenne :

- 7 à 10% de minéraux : fer et magnésium surtout
- 60 à 65% de protéines : 8 AA essentiels (leucine, isoleucine, valine, phénylalanine, méthionine, tryptophane, thréonine et lysine) + AA non essentiels (cystine, glycine, alanine, acide aspartique, acide glutamique, arginine, histidine, proline, sérine...)
- 15 à 20 % de glucides
- 5 à 6% de lipides
- 2 à 5% de fibres

-pigments
-5% d'eau (7)



(8)



Comparaison du taux de spiruline en protéines par rapport à d'autres aliments (9)

II-1-1-Les protéines

Indispensables à la vie, les protéines sont les molécules organiques les plus abondantes dans le corps humain – responsables de la structure et de la constitution chimique des individus – sous forme d'enzymes, d'hormones, d'anticorps, réparant les tissus, et essentiels à l'équilibre acidobasique. 20 acides aminés sont à la base des protéines, le corps étant capable d'en fabriquer 12, les 8 autres étant considérés comme essentiels et doivent être apportés par l'alimentation. La spiruline contient ces 8 acides aminés essentiels en proportions intéressantes et directement assimilables. Elle possède 50 à 70 % de son poids sec en protéines avec des variations de 10 à 15 % selon le moment de la récolte. Plus la luminosité est élevée, plus le pourcentage en protéines est élevé. Les acides aminés essentiels sont présents représentant 47

% du poids total des protéines. Les acides aminés les moins représentés sont le tryptophane et ceux soufrés (méthionine, cystéine et lysine).

Concernant les protéines, une notion importante est l'utilisation protéique nette (NPU) déterminée par la digestibilité, et calculée à partir du pourcentage d'azote absorbé. La paroi cellulaire de la spiruline étant fragile – car ne contenant pas de cellulose –, la biodisponibilité des nutriments est optimale. Il n'est donc pas nécessaire de cuire ou de faire un traitement particulier pour rendre les protéines accessibles. Au bout de 18 h, 85 % des protéines sont digérées et assimilées. La NPU de la spiruline (83-90%) est d'autant plus intéressante lorsqu'elle est comparée à celle des lentilles (30 %), de la viande de bœuf (15 %) ou du lait de vache (12 %).

II-1-2-Les lipides

Selon les modes d'extraction, ou la souche de spiruline utilisée, les lipides totaux peuvent correspondre de 5,6 à 11% du poids sec. La teneur en cholestérol est faible (3,25 mg /10g) ; une cuillère à soupe de spiruline contient 1,3 mg de cholestérol et 36 kcal(1). La spiruline contient peu d'acides gras saturés (par ex. palmitique, stéarique, arachidique) mais de nombreux acides gras polyinsaturés (AGPI) (25 à 60 % des lipides totaux). Elle est l'une des rares sources d'acide γ -linoléique (GLA) (30 - 35 % des AGPI) et d'acide linoléique. Le taux de GLA peut être augmenté (de + 1,2 à + 1,6 %) si la culture se fait avec une alternance de lumière/obscurité. Le GLA est présent dans les huiles d'onagre, de bourrache, de pépin de cassis, de chanvre et dans la spiruline, c'est un oméga 6 indispensable à la synthèse des leucotriènes et des prostaglandines. La spiruline n'apportant que des omégas 6, il est important de compléter l'alimentation avec une source d'oméga 3, du poisson gras par exemple. En effet ni l'acide α -linoléique (ALA) ni l'acide eicosapentaénoïque (EPA) ni l'acide docosahexaénoïque (DHA), trois oméga 3 ne sont détectés par chromatographie dans des échantillons de spiruline.

II-1-3-Les glucides

Représentant 15 à 25 % de la matière sèche, les glucides sont des constituants de la membrane de la spiruline. Les glucides simples (fructose, glucose et saccharose) sont en faible quantité comme le glycérol, mannitol et sorbitol. Cette faible proportion fait de la spiruline un aliment peu calorique. Deux substances glucidiques sont importantes : - le méso-inositol phosphate, excellente source de phosphore, - et le calcium-spirulan un polysaccharide composé de rhamnose, fructose et en quantité moindre de ribose, mannose, glucose, xylose, soufre et

calcium. Il a été isolé par plusieurs équipes, et fait l'objet de nombreuses recherches qui seront abordées plus loin.

II-1-4-Les vitamines

Les vitamines sont des composés organiques qui agissent en petites quantités et ayant un rôle dans le développement, le fonctionnement et l'entretien de l'organisme. Hormis la vitamine D qui est synthétisée au niveau de la peau, les vitamines doivent être apportées par l'alimentation en quantité minimales, quelques milligrammes voire microgrammes par jour. Les carences mettent du temps à s'installer mais peuvent se traduire par de la fatigue, des troubles de la mémoire mais aussi des maladies tels que le scorbut (carence en vitamine C), le béribéri (carence en vitamine B1)... Il existe 13 vitamines décrites et de nombreuses fonctions leur sont encore attribuées, comme un rôle préventif contre des maladies telles que le cancer, la cataracte, les pathologies osseuses, maladies cardio-vasculaires, malformations fœtales et déficit de l'immunité. Pour rappel, la spiruline ne contient pas de vitamine C.

-Les vitamines liposolubles

Les vitamines A, D, E et K sont liposolubles. Elles sont retrouvées dans les aliments riches en graisse et sont stockées dans le foie ou dans le tissu adipeux d'où le risque de surdosage. Si la vitamine D est présente dans les corps gras (source exogène) elle est aussi produite par la peau (source endogène) suite à une exposition au soleil. Le β -carotène représente 80 % des caroténoïdes contenu dans la spiruline, les 20 % restants sont de la physoxanthine et de la cryptoxanthine. Ces deux caroténoïdes sont convertis en vitamine A uniquement par les mammifères. La vitamine A est retrouvée dans les aliments d'origine animale (foie, huile de foie de morue, poissons, œufs et laitages) sous forme de rétinol, directement utilisable; dans les végétaux c'est son précurseur, le β -carotène, ou provitamine A, uniquement transformé selon les besoins de l'organisme qui est retrouvé. 4 g de spiruline apportent autant de β -carotène que 100 g de légumes de couleur vive.

-Les vitamines hydrosolubles

Les vitamines hydrosolubles B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12, C ne sont pas stockées par l'organisme mais éliminées par le rein et dans la sueur donc si les besoins journaliers ne sont pas satisfaits les réserves s'épuisent. Selon la provenance de la spiruline, la vitamine C est soit absente soit en quantité négligeable.

II-1-5-Les pigments

La spiruline contient deux principaux pigments :

- La chlorophylle à hauteur de 1 % de la masse sèche, pigment responsable de sa coloration verte. Si les plantes l'utilisent pour la photosynthèse, elle permet au corps humain de capter le magnésium organique nécessaire au maintien de l'équilibre acido-basique. Sa structure moléculaire ressemble à l'hémoglobine mais la molécule centrale est le magnésium et non le fer. De plus la chlorophylle s'associe à un cofacteur, la porphyrine (composant également présent dans la spiruline), pour chélater les métaux lourds, mercure, plomb, arsenic, ou nickel et les éliminer de l'organisme. La chlorophylle augmente le péristaltisme et soulage ainsi la constipation, elle normalise aussi la sécrétion digestive acide et la pepsine responsable d'ulcères digestifs. Cependant la chlorophylle est détruite à haute température d'où l'importance d'un séchage à basse température ;

- La phycocyanine, responsable de la coloration bleue représente entre 12,6 % et 20% du poids sec. Cette protéine qui n'est retrouvée que dans la spiruline, contient un noyau renfermant un ion fer et un ion magnésium, et est donc considérée comme le précurseur de l'hémoglobine (noyau avec un ion fer) et de la chlorophylle (noyau avec un ion magnésium), à la charnière entre le monde végétal et animal.

II-1-6-Les enzymes

La spiruline contient une quantité intéressante de SOD (superoxyde dismutase) (1.000 à 4.000 UI/g), une puissante enzyme anti-oxydante, à la base du système endogène de la lutte contre le stress oxydatif. La biodisponibilité de la SOD est très importante grâce à la membrane de la spiruline dépourvue de cellulose.

II-1-7-Les minéraux et oligo-éléments

La différence entre minéraux et oligo-éléments est qu'un minéral excède 1/10 000 du poids du corps alors qu'un oligo-élément est présent dans des quantités 10 fois moindre ; ainsi les besoins en minéraux sont de l'ordre du gramme alors que les besoins en oligo-élément sont de l'ordre du milligramme ou microgramme. La spiruline contient tous les minéraux essentiels (7 % du poids sec). Selon le pH et la composition du milieu de culture, elle absorbe plus ou moins les minéraux d'où des teneurs variables. Concernant le fer, il est 2 à 3 fois mieux assimilé que celui des légumes ou de la viande. En effet, le fer de la spiruline n'est pas à l'état libre mais chélaté à des acides aminés qui vont favoriser son absorption.

II-2- Apports quantitatifs par rapport aux recommandations

Les apports Journaliers recommandés (AJR) sont des valeurs réglementaires européennes adoptées pour leur facilité d'usage. Elles ne tiennent pas compte des différences liées à l'âge et au sexe. Les AJR concernent un nutriment particulier, et la valeur est encore moins précise que les ANC. Mais les AJR ont le mérite de donner une vision concrète des nutriments apportés par un produit et donc de voir comment celui-ci s'inscrit dans l'équilibre alimentaire. Si vous respectez les AJR, a priori pas de risque de souffrir de carence.

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) représentent les besoins nutritionnels moyens mesurés sur un large groupe d'individus considérés en bonne santé auxquels sont ajoutés une marge de sécurité statistique. Ils couvrent ainsi les besoins de la plus grande partie de la population : 97,5%.

AJR	ANC
<ul style="list-style-type: none">- vision concrète des nutriments apportés par un produit- pas de différence liée à l'âge et au sexe- =VNR (valeur nutritionnelle de référence)	<ul style="list-style-type: none">-couvrent les besoins de la plus grande partie de la population-représentent la quantité de macro- et micronutriments nécessaires à la couverture de l'ensemble des besoins physiologiques.-correspondent aux besoins nutritionnels moyens-estimés à partir de données scientifiques et répondent à des règles fixées par ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail)

A. Apports énergétiques conseillés pour la population pour un niveau moyen d'activité										
	Âge (ans)		Poids (kg)			Énergie (kcal)				
Hommes	20-40		70			2700				
	41-60		70			2500				
Femmes	20-40		60			2200				
	41-60		60			2000				
Seniors	60-75					36/kg de poids corporel				
B. Vitamines										
	B1	B2	PP	B6	B9	B12	C	A	D	E
Hommes adultes	1,3 mg	1,6 mg	14 mg	1,8 mg	330 µg	3,4 µg	110 mg	800 µg	5 µg	12 mg
Femmes adultes	1,1 mg	1,5 mg	11 mg	1,5 mg	300 µg	2,4 µg	110 mg	600 µg	5 µg	12 mg
Femmes enceintes	1,8 mg	1,6 mg	16 mg	2 mg	400 µg	2,6 µg	120 mg	700 µg	10 µg	12 mg
Personnes âgées	1,2 mg	1,6 mg	14 mg	2,2 mg	350 µg	3,0 µg	120 mg	700 µg	10-15 µg	20-50 mg
C. Minéraux et oligoéléments										
	Ca	P	Mg	Fe	Zn	I	Se			
Hommes adultes	900 mg	750 mg	420 mg	9 mg	12 mg	150 µg	60 µg			
Femmes adultes	900 mg	750 mg	360 mg	16 mg	10 mg	150 µg	50 µg			
Femmes enceintes	1000 mg	800 mg	400 mg	30 mg	14 mg	200 µg	60 µg			
Personnes âgées	1200 mg	800 mg	400 mg	10 mg	12 mg	150 µg	80 µg			

II-2-1-Le fer

Essentiel à la formation de l'hémoglobine et au transport du fer, la spiruline contient en moyenne 18 mg. Les ANC sont donc respectés en prenant 10g de spiruline.

Besoins journaliers Homme	9 mg
Besoins journaliers Femme	16mg

II-2-2-Le magnésium

10mg de spiruline contient en moyenne 40mg de magnésium soit 17% des ANC.

Besoins journaliers Homme	420mg
Besoins journaliers Femme	360mg

II-2-3-Le calcium

La spiruline contient en moyenne 100mg de calcium dans 10g de spiruline, et représente 10% des ANC. Le calcium est nécessaire à la formation des os et des dents.

Besoins journaliers Homme	900 mg
Besoins journaliers Femme	900 mg

II-2-4-Le phosphore

Il stimule la croissance et la mémoire et représente en moyenne 8% des AJR. Dix grammes de spiruline contiennent en moyenne 60g de phosphore.

Besoins journaliers Homme	750 mg
Besoins journaliers Femme	750 mg

II-2-5-Autres minéraux et oligo-éléments

La spiruline contient d'autres minéraux et oligo-éléments :

- Zinc : 2mg pour 100g de spiruline
- Cuivre : 0,9mg pour 100g de spiruline
- Chrome : 0,3mg pour 100g de spiruline
- Sodium : 450g pour 100g de spiruline
- Potassium : 640mg pour 100g de spiruline
- Manganèse : 5mg pour 100g de spiruline **(10)**

II-2-6-Récapitulatif

Composants	Quantité dans 10 g de <i>Spirulina platensis</i>	Activités principales
Protéines	7 g	Construction de l'organisme, rôle de maintien
Acides aminés essentiels		
Isoleucine	350 mg (50% des AJR)	Réparation tissulaire, anabolisant
Leucine	540 mg (49% des AJR)	Réparation tissulaire, anabolisant
Lysine	290 mg (36% des AJR)	Croissance des os, des tissus, fixation du calcium
Méthionine	140 mg (23% des AJR)	Croissance des phanères, aide à maintenir taux de cholestérol bas
Phénylalanine	280 mg (140% des AJR)	Contribue aux activités mentales et à la santé mentale, mémoire, stimule les endorphines (douleur et idées positives)
Thréonine	320 mg (64% des AJR)	/
Tryptophane	100 mg (48 % des AJR)	Antidépresseur, aide à l'endormissement, précurseur de la sérotonine
Valine	400 mg (44% des AJR)	Réparation tissulaire, anabolisant
Acides aminés non essentiels		
Alanine	470 mg	Tonique, source d'énergie pour les muscles
Arginine	430 mg	Méiateur du stress, rôle dans la croissance et le système immunitaire
Acide aspartique	610 mg	Stimule immunité et endurance
Cystine	60 mg	Croissance des phanères
Acide glutamique	910 mg	Anti-radicalaire, augmente la formation du glutathion
Glycine	320 mg	Composant des os, tendons et peau
Histidine (essentiel chez le nourrisson)	100 mg	Croissance, réparation tissus, hématopoïèse
Proline	270 mg	Production de collagène
Tyrosine	300 mg	Précurseur de la dopamine et de la noradrénaline → anxiolytique, et de la mélatonine (protège du soleil)
Serine	320 mg	Formation des membranes, de l'ADN et de l'ARN, renforce système immunitaire, articulations et masse musculaire.

B9 (Folate, acide folique)	0,01 mg (2,5 % des AJR)	Synthèse de l'ADN, métabolisme du fer, croissance du fœtus et fermeture du tube neural
B12 (cobalamine)	0,015 – 0,032 mg (1000 % des AJR)	Fonctionnement du système nerveux, du métabolisme de l'homocystéine, de l'hématopoïèse, fatigue
Pigments		
Phycocyanine	100-160 mg	Voir plus loin
Lutéine	0,2 mg	Vision
Zéaxanthine	11 mg	Vision
Chlorophylle	60 mg	Chélateur de métaux lourds, équilibre acido-basique
Vitamines liposolubles		
β-carotène	15 à 24 mg 1000 % des AJR	Vision, croissance, antioxydant
K	0,2 mg (300 % des AJR)	Antihémorragique

Composants	Quantité dans 10 g de <i>Spirulina platensis</i>	Activités principales
D	1200 UI	Croissance des os, règle taux de calcium et améliore son absorption
E (α-tocophérol)	1 UI (3 % des AJR) : 0,5 à 1,9 mg	Antioxydant
Minéraux et oligo-éléments		
Calcium	130 mg (10 % des AJR)	Croissance, coagulation, contractions musculaires, neurotransmission
Phosphore	67 mg (8 % des AJR)	Croissance et mémoire
Magnésium	25-50 mg (9-25 % des AJR)	Fonctionnement des cellules, influx nerveux, contraction et développement des muscles.
Fer	7-18 mg (50-100% des AJR)	Formation de l'hémoglobine, transport de l'oxygène, résistance à la fatigue, aux infections et au stress
Zinc	0,4 mg (4 % des AJR)	Antioxydant, stimule immunité, synthèse ADN, fonctions cognitives, métabolisme des protéines et des acides gras
Sélénium	0,1-2,55 mg (20-100 % des AJR)	Antioxydant, détoxiquant, renforce immunité, neutralisation des radicaux libres
Cuivre	0,1 mg (5 % des AJR)	Contre infections, composition des os et cartilages
Chrome	0,03-0,25 mg (16 % des AJR)	Métabolisme des glucides
Manganèse	0,4 mg (12 % des AJR)	Anti radicaux libres, pour utilisation des glucides et lipides par l'organisme
Sodium	0,09 mg	Répartition de l'eau dans l'organisme
Potassium	100-200 mg (5-10 % des AJR)	Perméabilité des membranes, règle rythme cardiaque et tension
Iode	14 µg ou pas (8 % des AJR ou moins)	Formation des hormones thyroïdiennes
Fibres	0,5 g pour 10 g de spiruline	Digestion
SOD	10.000 à 40.000 UI	Puissante enzyme antioxydante
ADN	46 mg	
ARN	245 mg	
Eau	0,7 g	

(11)

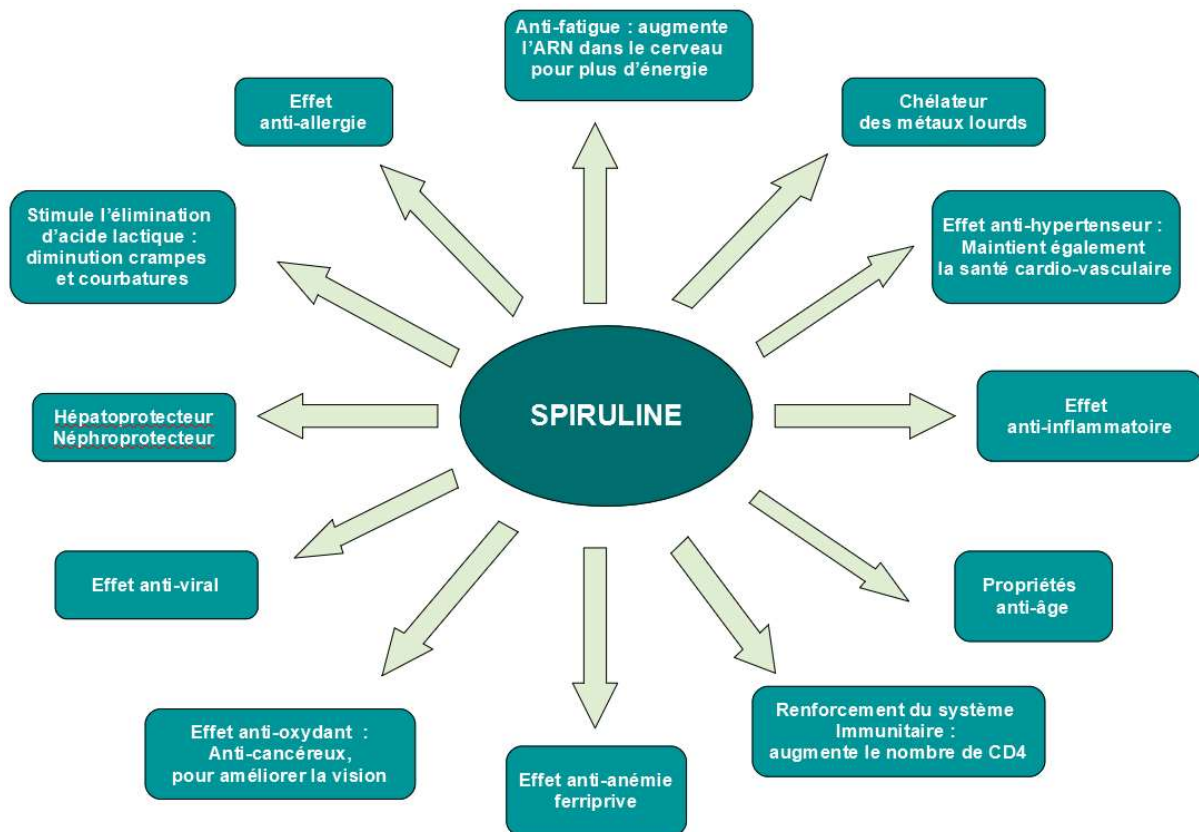
Deuxième partie : La spiruline dans les pathologies lourdes

Après avoir abordé la présentation de la spiruline, son histoire et sa composition chimique exceptionnelle, la deuxième partie a pour but d'étudier son intérêt thérapeutique voir si toutes les indications avancées par les revendeurs sont fondées sur des preuves scientifiques et des études cliniques.

Cette étude bibliographique a été réalisée à partir du site Pubmed avec comme mots clés « Spirulina », « Spirulina platensis » et « phycocyanin ». En ne sélectionnant que les études cliniques et les études pharmacologiques sur les cinq dernières années, 20 résultats apparaissent. Seuls 11 sont exploitables.

I-Propriétés principales

La spiruline possède plusieurs propriétés, en voici les principales répertoriées dans le schéma suivant:



II- La spiruline et le diabète

II-1-Description de la pathologie : le diabète

Le diabète est un trouble de l'assimilation, de l'utilisation et du stockage des sucres apportés par l'alimentation. Il se manifeste par un taux élevé de glucose dans le sang. On parle alors d'hyperglycémie. Les signes visibles généraux du diabétique sont :

- soif intense,
- urine abondante,
- amaigrissement rapide.

Cela résulte de la disparition des cellules bêta du pancréas ne produisant plus d'insuline.

Il existe deux types de diabète :

- type I : diabète insulino-dépendant touche 10 à 15% des cas de diabète. On retrouve souvent des anticorps anti-ilots de Langerhans, anticorps qui attaquent les cellules du pancréas fabriquant l'insuline. La réaction auto-immune est déclenchée par des facteurs environnementaux encore mal connus comme les toxiques, les virus, etc. Il existe une prédisposition génétique au diabète de type 1 liée à certains gènes du système HLA situé sur le bras court du chromosome 6. Les symptômes du diabète insulino-dépendant dans sa forme typique sont :

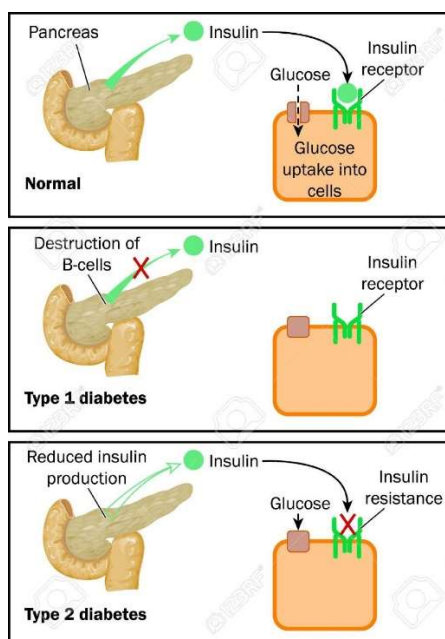
- Une soif vive (polydipsie) ;
- Des urines abondantes (polyurie) ;
- Une fatigue ;
- Un amaigrissement ;
- Des douleurs abdominales ;
- Des infections.

- type II : diabète gras ou de la maturité, le diabète non insulino dépendant (DNID) est une maladie métabolique caractérisée par un excès chronique de sucre dans le sang (hyperglycémie). Il représente 85% des cas de diabète. Il existe plusieurs facteurs de risque : la génétique, le surpoids, la sédentarité, certains médicaments... L'hyperglycémie chronique est le plus souvent asymptomatique, c'est-à-dire non ressentie. Si le diabète est très déséquilibré, des symptômes peuvent apparaître :

- soif importante,
- envie d'uriner très fréquente (c'est le syndrome polyuro-polydipsique)

Une fatigue (asthénie) majeure, un amaigrissement seront surtout les signes d'une insulino-nécessitance, imposant un bilan médical rapide. Certains problèmes de santé sont fréquemment associés au diabète : infections urinaires répétées, mycoses, furonculose...

Enfin, ce sont les signes de complications du diabète qui peuvent le révéler : troubles visuels, douleurs ou crampes des jambes, impuissance, pathologie cardiaque ou vasculaire, coma...



	Type I	Type II
Age du diagnostic	Enfance et Adolescence	Adultes
Population diabétique concernée	<10%	> 90%
Mode d'apparition	Rapide (semaines)	Souvent insidieux (mois voire années)
Auto-immunité	Présente	Absente
Obésité	Absente	Fréquente
Génétique	2 à 4% des parents avec un diabète	80% des parents avec un diabète
Sensibilité à l'insuline	Normale	Diminuée
Sécrétion de l'insuline	Absente	Variable
Injection de l'insuline	Indispensable	Dans 20% des cas
Complication sur le long terme	Pas avant 5 ans et surtout les petits vaisseaux sanguins (rein, rétine...)	Dans 30 % des cas, déjà présentes au moment du diagnostic, et concernent surtout les gros vaisseaux sanguins (cœur, cerveau...)

II-2- Intérêts de la spiruline

De par sa structure et sa composition, la spiruline permet de réguler et d'abaisser le taux d'insuline. Les études suivantes montrent une diminution de l'hyperglycémie et prévient les complications du diabète.

II-2-1-Etude pharmacologique

Voici une étude pharmacologique in vivo chez le rat diabétique où un apport de dose de spiruline (en fonction du poids du rat) a été donné en comparaison à l'insuline seule.

Particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
Etude in vivo chez le rat diabétique	spiruline 5% vs insuline 0,5/rat	3 semaines	- ↓ hyperglycémie et stress oxydatif - prévient les complications du diabète	(54)

Les résultats montrent une diminution de l'hyperglycémie et prévient des complications de cette pathologie : surtout l'hypercholestérolémie comme le montre les études cliniques suivantes. Il serait donc intéressant de compléter en spiruline en plus des traitements habituels.

II-2-2-Etudes cliniques

Voici trois études cliniques récentes confirmant et précisant l'étude pharmacologique précédente :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
15 patients diabétiques	2g placebo vs	2 mois	-↓ significative des TG, LDL et VLDL et HDL, Glycémie diminuée	(30)
25 patients diabétiques	2 g placebo vs	2 mois	-↓ significative des TG (-21,3 mg/dl), du cholestérol total (-6,4 mg/dl) du LDL (-7,1 mg/dl) et ↑ du HDL (+ 1,4 mg/dl) -↑ du rapport A1/B (apoprotéines) composants majeurs du HDL et LDL	(31)

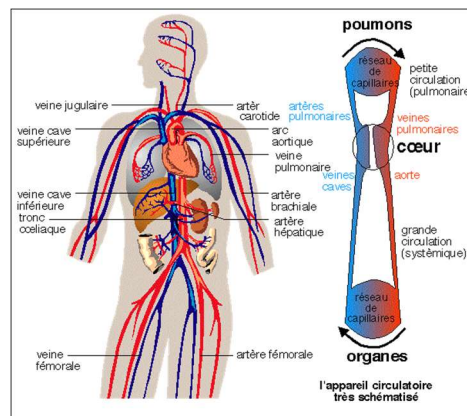
La spiruline a permis la diminution de l'hémoglobine glyquée et de la glycémie chez les patients diabétiques de type 2. L'effet anti-diabète de la spiruline n'a été observé que chez les sujets de diabète de type 2 (insulinodépendant) et non chez le diabétique de type 1.

La supplémentation en spiruline semble intéressante mais des essais complémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats.

III-La spiruline et hypercholestérolémie

III-1-Description de la pathologie : l'hypercholestérolémie

Entre 5 et 6 litres de sang circulent dans le corps d'un adulte entre veines et artères. Il nourrit les cellules de l'organisme et rejette les déchets et dioxyde de carbone de ces dernières.



Les maladies cardio-vasculaires sont la première cause de mortalité dans les pays développés comme en France avec 180.000 décès par an. Le cholestérol, indispensable à la composition et à la souplesse des membranes cellulaires, est aussi précurseur des hormones stéroïdes. Mais deux de ses lipoprotéines : à faible densité (LDL) et à très faible densité (VLDL) sont athérogènes et augmentent donc le facteur de risque des maladies cardio-vasculaires alors que la lipoprotéine à haute densité (HDL) est protecteur du développement de l'athérosclérose et permet le transport inverse du cholestérol.

Les maladies cardio-vasculaires ont de nombreux facteurs de risques (âge, sexe, excès de cholestérol, hypertension, diabète, tabagisme, sédentarité, stress, mauvaise alimentation....) dont certains pourraient être prévenus grâce à la consommation de spiruline. En effet, son action sur les lipides plasmatiques, cholestérol total, HDL et LDL est l'une des plus étudiées.

V-2-Intérêts de la spiruline contre l'hypercholestérolémie

La spiruline agit en raison de sa teneur en diverses vitamines, fer et en phycocyanine au transport de l'oxygène dans le sang. La spiruline réduit le taux de sucre dans le sang et va donc influencer la pression artérielle. Il s'agit du phénomène d'athérosclérose initié avec les radicaux libres et oxydant le HDL. Le LDL va donc se fixer sur les parois des vaisseaux sanguins avec plus ou moins présence de fibrome favorisant les troubles cardio-vasculaires.

C'est la richesse de la composition de la spiruline qui lui procure un effet hypolipémiant : la phycocyanine augmente la réabsorption des acides biliaires au niveau de l'iléon, les caroténoïdes, l'acide γ -linoléique, les fibres et stérols font diminuer l'absorption jéjunale et iléale du cholestérol et inhibent l'expression de la HMG-CoA Réductase (3-hydroxyle 3-methylglutaryl CoA Réductase) hépatique, enzyme responsable de la biosynthèse du cholestérol. Les acides gras essentiels abaissent le taux de cholestérol, diminuent la formation de la plaque d'athérome et le risque d'infarctus. Ils augmentent la flexibilité des membranes. L'acide γ -linoléique, précurseur des prostaglandines dont la PGE1, régule la tension artérielle et le ralentissement de la production de cholestérol. De plus, la spiruline contient de la vitamine PP encore appelée acide nicotinique qui est une vitamine hypocholestérolémiante.

Les études cliniques suivantes sont sur une durée minimum de trois mois :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
30 patients avec une ischémie cardiaque	2 g ou 4 g par jour	3 mois	-Dans le groupe avec une posologie de 2 g/j : Cholestérol total : -22 % ; LDL : -31 % ; VLDL : -22 % ; TG : -22 % et HDL : +11,5 % -Dans le groupe 4 g/j : Cholestérol total : -33,5 % ; LDL : -45 % ; VLDL : -23 % ; TG : -23 % et HDL : +12,8 %	(61)
15 adultes atteints de NAFLD	6 g/j vs placebo	6 mois	-Cholestérol : -9,1 %, -Triglycérides : -24,8 %, -LDL : -9,6 %, -HDL : +4,2 %	(62)
52 patients dyslipidémiques récemment diagnostiqués (crétois)	1 g/jour vs placebo	3 mois	-↓ significative du cholestérol total : -8,9 % (281,6±24,6 mg/dl à 256,5±21,6 mg/dl) des TG : -16,3% (166,3±29,1 à 139,1±24,8 mg/dl) du LDL : -10,1% de 211,8 ± 24,8 à 190,5±20,3 mg/dl du VLDL de 10,8 % donc une ↓ significative de l'index athérogène de 11,5% (7,8±1,4 à 6,9±1,2) -↑ de 3,5 % du HDL non significative	(32)

Comme le montre ces études, la spiruline permet d'améliorer le profil lipidique d'adultes en bonne santé ou dyslipidémiques sans effet secondaire contrairement aux effets hépatiques et myalgiques des statines. Si la diminution en LDL et Cholestérol est toujours significative par rapport à un groupe placebo, elle représente une baisse du cholestérol entre 9 et 33 %, de LDL entre 9 et 45 % et une augmentation de HDL entre 4,2 et 15 %.

Ces résultats sont encourageants, malheureusement la spiruline n'a jamais été comparée aux molécules de référence, les statines, pour voir si elle pourrait être rajoutée aux traitements conventionnels.

Cependant, à l'officine, un patient qui arrive avec un bilan sanguin et des taux de cholestérol au-dessus de la normale, peut, en plus de respecter des règles hygiéno-diététiques :

- limiter les aliments riches en graisses,
- manger du poisson 2 fois par semaine,
- de la viande maigre,
- des laitages allégés,
- utiliser des margarines au tournesol ou enrichies en stérols végétaux....
- faire une activité physique....

Faire une cure de spiruline avant d'envisager la mise en place d'un traitement hypocholestérolémiant pourrait être intéressant.

Par ailleurs un patient qui se plaint de douleurs suite aux statines l'empêchant d'être observant, peut discuter avec son médecin d'une cure de spiruline dont l'efficacité sera contrôlée tous les 3 mois par une prise de sang par exemple.

[IV- La spiruline et le cancer](#)

IV-1-Description de la pathologie : le cancer

Nous savons qu'il sévissait déjà chez les sauriens du Jurassique: des tumeurs cancéreuses parfaitement préservées ont été retrouvées dans des ossements de dinosaures datant de 150 millions d'années. Mais c'est Hippocrate qui lui donne son nom - karkinoma du grec Karkinos qui signifie crabe - et explique que cette maladie s'étend et s'accroche aux tissus adjacents " comme les pinces d'un crabe ".

Pourtant, il ne prend des proportions épidémiques qu'à partir de l'ère industrielle, avec une

augmentation de 60 % dans la plupart des pays industrialisés au cours des 50 dernières années. En France, cette progression est de 63 % en 20 ans, toutes localisations confondues. Selon l'Institut National du Cancer, un homme sur deux et une femme sur trois sont touchés par cette maladie responsable d'un décès sur trois chez l'homme et d'un sur quatre chez la femme. Et, selon les National Cancer Institute (NCI) et American Cancer Society, son taux devrait doubler dans les 50 ans à venir.

Le cancer peut évoluer. Le classement suivant nous aide à visualiser les différents stades :



Certaines équipes spécialisées en oncologie fondamentale estiment que certaines formes de cancer sont le résultat de l'altération de l'ADN cellulaire, provoquant ainsi une croissance cellulaire déchaînée. Par ailleurs, il a été clairement établi que nous produisons tous les jours des cellules cancéreuses.

En temps normal, notre organisme sait reconnaître ces cellules atypiques et les éliminer grâce à un système immunitaire extrêmement complexe et performant. La réparation de l'ADN endommagé met quant à lui en jeu un processus également complexe où intervient un ensemble d'enzymes et de coenzymes spécifiques. Mais, parfois, sous l'effet notamment de radiations ionisantes ou de toxines, ces enzymes sont alors désactivées, elles ne réparent plus les erreurs structurelles de l'ADN, les cellules anormales prolifèrent et le cancer se développe.

En fait, il n'y a pas un cancer mais des dizaines de formes différentes, qui ont toutes en commun deux caractéristiques: des cellules qui se multiplient sans limites, indéfiniment, sous l'effet d'une enzyme aberrante, la télomérase, et d'autre part la capacité de se propager dans le corps et de se refixer à distance (métastases).

Un mode de vie sain peut permettre de prévenir du cancer,

- avec un régime alimentaire :

-à base de végétaux,

-peu de protéines animales,

-peu de graisses mono-insaturées de sel et de potassium ;

- la pratique d'un exercice aérobic ;
- la prise de faible dose d'aspirine (75 mg/j) ;
- la faible consommation d'alcool et de tabac, et
- éviter la contamination microbienne en conservant correctement les aliments.
- l'apport en soja serait associé à un risque diminué de cancer de la prostate, du sein, de l'ovaire et du cancer colorectal, les végétaliens ont un risque de cancer diminué et l'incidence de nombreux cancers est plus faible chez les japonais que chez les américains (obésité, graisses mono-insaturées, résistance à l'insuline).
- L'apport d'oméga 3 à longues chaînes (EPA, DHA) qui peuvent agir comme inhibiteur compétitif de la liaison à la COX-2 diminue le risque de cancer du sein, de la prostate et du côlon.
- Un statut en vitamine D élevé diminue le risque de divers cancers, notamment colorectal mais des études de grande ampleur manquent.

IV-2-Intérêts de la spiruline contre le cancer

La spiruline a un avantage qui peut être aussi un inconvénient. C'est un très bon chélateur ou « phytosorbant ». L'efficacité de la spiruline permet d'adsorber les produits toxiques accumulés dans l'organisme humain. Elle attire les substances toxiques et les neutralise.

Les études cliniques réalisées sont in vivo et confirme le rôle anti-angiogénique que la spiruline aurait dans l'étude in vitro précédente :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
In vivo, chez le rat			-propriétés chimio-préventives -↓ des cytokines pro-inflammatoires	(56)
In vivo : souris	Complexe MB6 (soja, thé vert, spiruline, curcumine, pépin de raisin, anthrochia) avec chimiothérapie vs chimiothérapie seule (placebo)	16 semaines	-taux de progression de la maladie significativement inférieur à celui des patients du groupe placebo (0,0% vs 15,8%, p = 0,026) -incidence significativement plus élevée d'événements indésirables au moins de grade 4 par rapport au groupe sous MB-6 (28,9% contre 2,9%, respectivement, P = 0,004) -un nombre significativement plus élevé de créatinine sérique accrue par rapport au groupe sous MB 6 groupe (29% vs 5,9%, p = 0,014) - ↑ de l'efficacité de la chimiothérapie	(57)
In vivo : rats	1000mg/kg de spiruline pendant 8 jours	13 jours	-L'augmentation des taux plasmatiques d'urée, de créatinine, de bêta-NAG urinaire, de MDA plasmatique et tissulaire du rein et de modifications histomorphologiques a été significativement atténuée par la spiruline -↓ de la néphrotoxicité induite par la cisplatine grâce à ses propriétés antioxydantes.	(58)
In vivo : rats			-↓ la génération de ROS mitochondriales et de statut redox du glutathion (p = 0,0006; 0,016; et 0,006 pour S. platensis, le PCB et la chlorophylline, respectivement) - rôle chimiopréventif	(59)

La spiruline apporte cet effet préventif et curatif par sa composition :

- en polysaccharides qui améliorent l'activité enzymatique des endonucléases, enzymes réparatrices des dommages de l'ADN pouvant aboutir à des cancers,
- en antioxydant. Les plans anti-cancer français indiquent de pratiquer une activité physique régulière et de consommer 5 fruits et légumes par jour ; vu l'appauvrissement des sols et donc des fruits et légumes en minéraux et vitamines, si 5 fruits et légumes n'apportent plus assez d'antioxydants, l'alimentation peut être complétée par de la spiruline,
- en phycocyanine C qui a été étudiée dans la chimio prévention du cancer du côlon chez le rat. Le nombre et la taille des tumeurs et des lésions sont réduites sur des coupes histologiques par une liaison au VEGF- récepteur (vascular endothelial growth factor) ainsi que par une diminution de l'expression de plusieurs molécules: MMP-2 et 9, des métalloprotéines angiogéniques, empêchant la formation de néo-vaisseaux et donc la croissance de la tumeur. Elle bloque le cycle cellulaire dans le stade G-1 mais ne favorise pas toujours l'apoptose. Elle est cytotoxique et cytostatique in vitro sur le carcinome à cellule squameuse ; et elle empêche le développement d'une tumeur chez des hamsters et chez des souris via le développement du système immunitaire. In vitro, elle a aussi un effet anti-COX-2 sélectif, et inhibe le cycle cellulaire, en affectant l'expression de P53, régulant l'expression de cytokines pro-inflammatoires (IL-1, 2 et TNF α) et de facteurs de

transcription (Janus kinase 3) et Stat3 (activateur de la transcription) ce qui inhibe la progression des tumeurs.

IV-3-Exemple de Tchernobyl

Après la catastrophe de l'explosion du réacteur nucléaire soviétique de Tchernobyl, les médecins de l'Institut de la médecine des radiations de Minsk, qui avaient entendu parler des effets favorables de la spiruline sur les enfants vietnamiens contaminés par les armes chimiques de l'écocide américain, ont utilisé la spiruline pour traiter les enfants malades. Victimes des radiations, ils étaient immunodéprimés - leur moelle osseuse endommagée par les radiations ne pouvait produire que des globules rouges anormaux et en quantité très insuffisante, de même pour les globules blancs.

Après avoir vu les études pharmacologiques, voici les études cliniques :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
49 enfants	5g/jour	45 jours	-renforcement du système immunitaire -↓ de la radioactivité urinaire de 50% en 20 jours	(27)
270 enfants	5 à 10g/j	45j	-↓ du développement du cancer de la thyroïde	(28)

Ces études ont été réalisées après la catastrophe de Tchernobyl (1991-1994) et ont été re-confirmées depuis grâce aux études pharmacologiques précédentes MAIS pas cliniques. Depuis 1994, la spiruline est autorisée en Russie comme « aliment thérapeutique» dans le traitement des maladies liées aux radiations.

V-La spiruline et les virus

La notion de maladie virale remonte à la fin du XIX^{ème} siècle, avec la mise en évidence d'affections transmissibles par des agents ultra-filtrables et invisibles en microscopie électronique. Les virus, initialement définis par leur taille, sont retrouvés chez toutes les espèces animales, chez les végétaux (y compris les algues et les champignons), chez les bactéries (bactériophages).

Deux cents espèces sont pathogènes chez l'homme. La majorité des maladies virales

sont bénignes (ex : rhinites). D'autres présentent une gravité certaine (ex : encéphalites, SIDA, hépatites, fièvres hémorragiques). Enfin certains virus jouent un rôle dans le développement de tumeurs malignes et de cancers. Un virus est une entité biologique microscopique qui, en se multipliant grâce à l'ADN d'une cellule hôte, est source de maladie. Issu du latin "*virus*", son nom signifie "poison", en se multipliant, un virus cause des troubles à l'intérieur des cellules de l'organisme hôte qu'il infecte. Il peut exister sous forme libre (extracellulaire) ou intracellulaire, c'est-à-dire à l'intérieur d'une cellule hôte.

Ils dépendent de l'ADN des cellules hôtes qu'ils envahissent pour se multiplier (on parle de parasitisme obligatoire) car ils ne sont composés que d'une molécule d'acide nucléique entourée d'une coque de protéines : la capside. Une enveloppe peut parfois recouvrir ces deux éléments.

Les virus sont généralement de très petite taille. Ils mesurent moins de 250 nanomètres, soit autant que les bactéries. La forme libre du virus (ou de la particule virale) est appelée virion. Tous les êtres vivants peuvent être infectés par des virus.

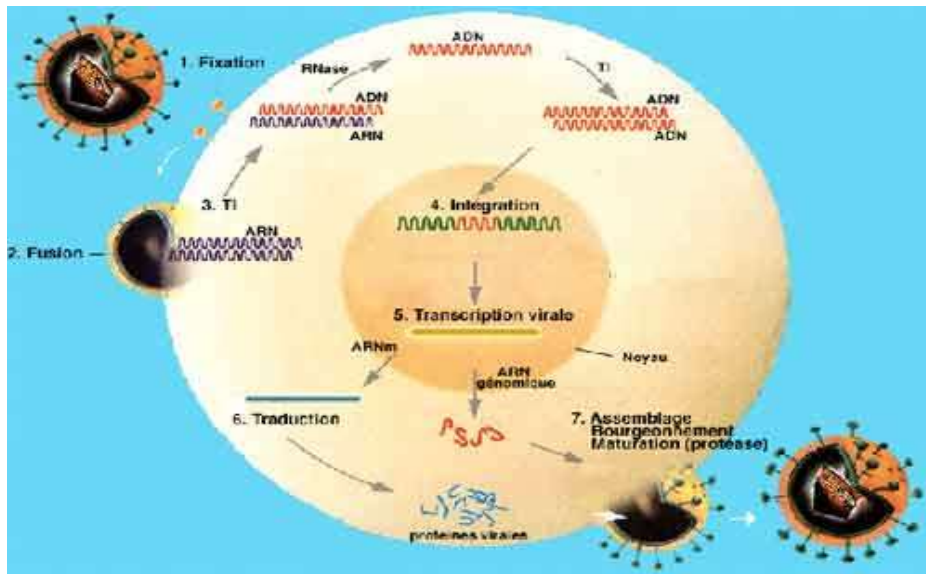
La vaccination est la technique la plus généralement employée pour combattre les virus de manière préventive. Elle consiste en l'implantation volontaire de particules virales inactivées ou atténuées au sein d'un organisme, afin que ce dernier reconnaisse la menace et produise des anticorps à même de lutter ultérieurement contre elle.

V-1-Virus du SIDA

V-1-1-Description du virus du SIDA

Le syndrome d'immunodéficience acquise, ou sida, est dû à l'infection par le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) qui détruit les défenses immunitaires. Si cette infection ne peut être éradiquée, elle peut être contrôlée efficacement par l'association de plusieurs traitements antirétroviraux : multi thérapies.

Différentes approches préventives et curatives permettent de réduire les risques de transmission du virus, en attendant un traitement qui permettra enfin de guérir définitivement les personnes infectées.



(60)

Le VIH est un rétrovirus qui colonise des cellules immunitaires présentant le marqueur CD4 à leur surface : principalement (mais pas exclusivement) les lymphocytes T CD4+. C'est pour lui le moyen de se répliquer et de se diffuser dans l'organisme. Dès son entrée chez un individu, il s'accumule dans ces cellules et forme en quelques jours, voire quelques heures, des réservoirs de virus latents. Ces réservoirs persistent à vie.

Le virus entraîne la disparition des lymphocytes T CD4 nécessaires au bon fonctionnement du système immunitaire. Il en résulte une sensibilité accrue aux infections et à certains cancers, principalement ceux dus à des virus. La sévérité de la maladie s'évalue entre autre par la quantité de cellules CD4 restantes dans l'organisme. A noter qu'il existe deux types de VIH, les VIH-1 et VIH-2 qui présentent des différences moléculaires. En France, plus de 98% des infections sont dus au VIH-1. Le VIH-2 est moins virulent, moins transmissible et sévit principalement en Afrique de l'Ouest. Le stade le plus avancé de l'infection à VIH est le syndrome d'immunodéficience acquise, ou sida. En l'absence de traitement, il apparaît environ 10 ans après l'infection, bien que ce délai varie fortement selon les personnes.

Le sida est caractérisé par l'apparition de certains cancers et d'infections opportunistes comme la pneumocytose pulmonaire, la tuberculose, la toxoplasmose cérébrale, la candidose œsophagienne, la maladie de Kaposi et les lymphomes non hodgkiniens. Le VIH peut se transmettre par le contact étroit et non protégé avec certains liquides biologiques d'une personne infectée :

- le sang
- le lait maternel

- le sperme et les sécrétions vaginales

Le risque de transmission à un tiers existe dès le stade précoce de l'infection et persiste toute la vie du porteur du virus. Ce risque devient cependant très faible si la charge virale, c'est-à-dire le nombre de copies du virus retrouvé dans un millilitre de sang, est bien contrôlée.

La transmission peut également avoir lieu entre la mère et l'enfant au cours d'une grossesse, pendant l'accouchement et lors de l'allaitement. Le risque d'infection est plus important pendant un accouchement par voie basse. Le risque de transmission en cas de transfusion sanguine est extrêmement faible grâce à la sélection des donneurs et à la recherche des anticorps et du virus dans les dons de sang. De même, les protocoles en vigueur rendent le risque de transmission à des professionnels de santé extrêmement faible. Le taux de lymphocytes T CD4 et la charge virale (nombre de copies de virus dans le sang) permettent d'évaluer la progression de l'infection. Sachant qu'un taux normal de lymphocytes T CD4 se situe entre 600 et 1 200/mm³, le diagnostic est :

- "précoce" lorsque le taux de lymphocyte T CD4 est supérieur ou égal à 500/mm³ : le patient est encore en bonne santé et dispose d'une bonne immunité
- "tardif" lorsque le taux de lymphocyte T CD4 est inférieur à 350/mm³.
- "à un stade avancé" lorsque le taux de lymphocyte T CD4 est inférieur à 200/mm³ : le risque de développer des maladies opportunistes est alors très élevé.

En France, depuis 2013, il est recommandé de démarrer un traitement antirétroviral au moment du diagnostic, quel que soit le stade de l'infection. Il permet de rendre la charge virale indétectable dans le sang et les sécrétions génitales. La diminution de la charge virale s'accompagne d'une remontée du taux de CD4 et diminue le risque de morbidité sévère. (16)

V-1-2-Intérêts de la spiruline contre le virus du SIDA

Dès 1989, un groupe de scientifiques de la faculté de médecine d'Harvard a montré que de faibles quantités d'extraits de spiruline et notamment de son composant breveté associant la spiruline avec du calcium : le calcium-spirulan, ont une action antivirale prometteuse in vitro permettant de réduire la réplication virale du VIH et à de plus fortes concentrations interrompent complètement sa réplication.

Voici des études cliniques montrant que la spiruline peut limiter la progression de la pathologie:

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
320 participants naïfs VIH-1	Soins standards vs soins standards avec supplément en spiruline	12 mois	-↑ significative du nombre de cellules CD4 (nombre de cellules 596.32-614.92) - diminution significative du niveau de charge virale ($74,7 \times 10^3$ - $30,87 \times 10^3$ copies / ml) - taux d'hémoglobine était également significativement plus élevé - glycémie à jeun diminuait après 12 mois par rapport au témoin. - réduit la charge virale après 6 mois	(39)
73 femmes	5g/j vs placebo	3 mois	-légère ↑ de la créatinine -↑ de la capacité anti-oxydante	(40)

Les carences en micronutriments surviennent tôt dans les infections par le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et ont des effets inverses sur l'état nutritionnel. La supplémentation alimentaire avec un nutraceutique (=alicament) naturel riche en protéines et en micronutriments, tel que *Spirulina platensis*, peut être efficace pour retarder la progression de l'infection par le VIH en améliorant fréquemment la réponse immunitaire.

V-2-Virus de l'herpes

V-2-1-Description du virus de l'herpès

L'herpès est une maladie virale provoquée par un virus : *Herpes simplex virus* de type 1 ou 2 (HSV1 ou HSV2). Il peut se situer au niveau de la bouche (herpès labial), autour des narines, à l'intérieur de la bouche, au fond de la gorge, sur les gencives, sur les joues, sur le front, sur l'appareil génital ou encore sur les yeux (herpès oculaire). A noter que l'herpès génital est un virus proche de celui de l'herpès labial mais légèrement différent. Ainsi, il est rare qu'un herpès labial soit à l'origine d'un herpès génital et inversement. Le réservoir est exclusivement humain. La transmission se fait par contact direct. La diffusion ou l'invasion se fait par voie hématogène chez le nouveau né, par voie nerveuse sur les nerfs ou sur les ganglions nerveux sensitifs spinaux (gîte du virus). A l'occasion de divers facteurs externes (soleil) ou internes (règles, infections), on assiste à une nouvelle réplication virale responsable des récurrences cliniques. Une excrétion virale asymptomatique est possible en dehors des poussées cliniques. La durée de l'incubation est variable entre 2 et 12 jours.

V-2-2-Intérêts de la spiruline contre le virus de l'herpès

Le traitement repose, la plupart du temps, sur un antiviral local : crème d'aciclovir à une fréquence de 5 fois par jour. Et par voie orale si infection sévère ou si récurrence : l'Aciclovir ou son dérivé à biodisponibilité orale améliorée le Valaciclovir.

- par voie IV dans les formes sévères : méningo-encéphalite : 10 mg/kg x 3 par jour
- par voie orale : Aciclovir 200 x 5 par jour pendant 10 jours ou Valaciclovir 500 x 2 par jour pendant 10 jours dans les primo-infections nécessitant un traitement.

Voici une étude comparative entre aciclovir et un complexe calcium-spiruline :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
In vitro sur cellules	Ca-Sp vs aciclovir		- ↓ à l'infection HSV-1 autant que l'aciclovir - ↓ également l'entrée du virus de l'herpès → le traitement prophylactique de l'herpès labial peut être possible avec un complexe Ca-SP contre les infections causées par HSV.	(41)

Nous remarquons qu'il pourrait s'agir d'un conseil associé au comptoir en plus d'un traitement local classique, sans oublier une protection solaire indispensable.

VI-La spiruline et le microbiote

VI-1-Description du microbiote

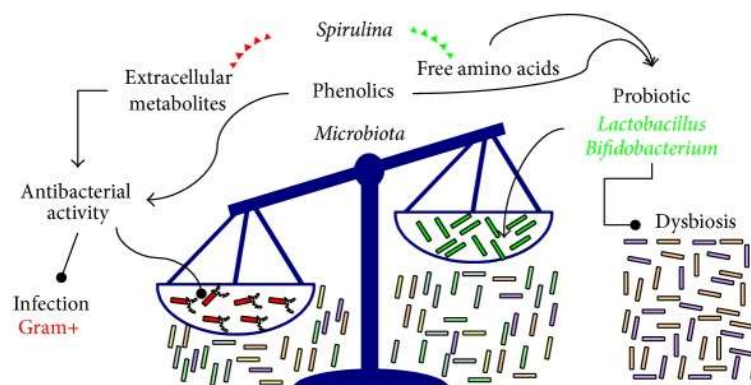
Notre tube digestif abrite pas moins de 10^{12} à 10^{14} micro-organismes, soit deux à dix fois plus que le nombre de cellules qui constituent notre corps. Cet ensemble de bactéries, virus, parasites et champignons non pathogènes constitue notre microbiote intestinal (ou flore intestinale). Lorsque cette flore n'est pas équilibrée, on parlera alors de dysbiose. La flore bactérienne intestinale est un équilibre bactérien fragile qui peut être mis à mal à la suite de diarrhées, de colites ou de la prise d'antibiotiques. Chez l'Homme, les Lactobacillus sont des bactéries hôtes naturels de l'intestin et du colon qui participent à l'équilibre microbien du tube

digestif. On les appelle des probiotiques (micro organismes vivants non pathogènes). Ils assurent trois types de fonctions :

- amélioration de la digestion, du transit digestif et de l'absorption des aliments ;
- protection contre les infections par renforcement de la barrière intestinale ;
- stimulation du système immunitaire.

VI-2-Intérêts de la spiruline dans le microbiote

La spiruline apporte des probiotiques : *Lactobacillus bifidobacterium*, ce qui expliquerait qu'une trop forte quantité de spiruline lors d'un démarrage de cure entraînerait comme effets indésirables des diarrhées. Il est donc important de commencer la cure par des petites doses puis d'augmenter petit à petit.



Les activités modulatrices microbiennes de la spiruline pourraient prévenir la dysbiose. L'activité antibactérienne de la spiruline pourrait protéger l'hôte des infections. Les modifications de la composition du microbiote sont généralement associées à plusieurs maladies, notamment les maladies inflammatoires de l'intestin (MICI) et les maladies métaboliques et immunologiques. Les modifications de la composition microbienne intestinale entraînent également des modifications des métabolites générés dans l'intestin par l'activité microbienne, ce qui est essentiel pour une homéostasie intestinale correcte. La consommation de spiruline peut favoriser le rétablissement de l'équilibre microbien correct en favorisant la croissance des espèces probiotiques.

Très peu d'études parlent de l'amélioration du microbiote intestinal par la spiruline. (17)

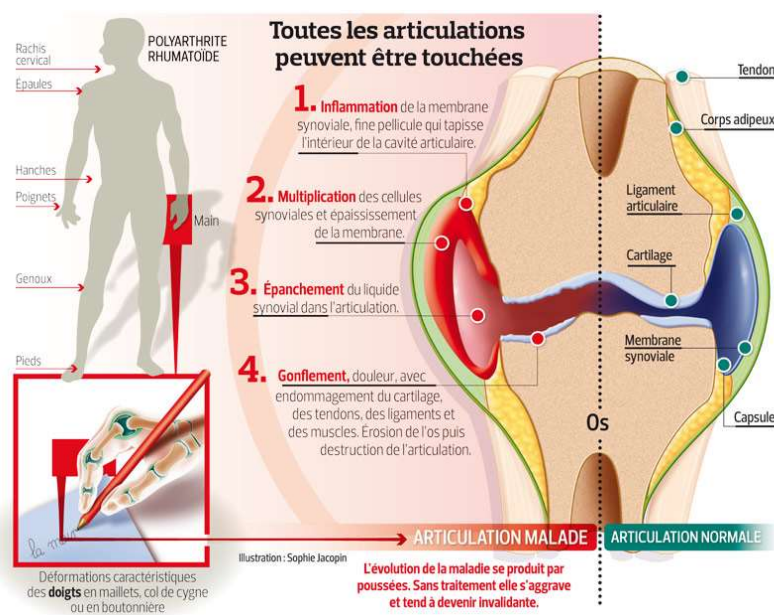
Une étude pharmacologique de 1987 conduite chez le rat a montré qu'un régime alimentaire quotidien enrichi en spiruline (5 %) pendant 100 jours, avait permis une

augmentation de 13 % du poids de leur cæcum et de plus de 300 % sa teneur en Lactobacillus et Bifidus, par rapport à des rats non nourris avec de la spiruline. Par ailleurs, le taux de vitamine B1 dans le cæcum avait augmenté de 43 % ; puisque la spiruline n'apporte pas directement cette quantité de vitamine B1, cela laisse penser qu'elle a permis une meilleure absorption de celle-ci à partir de l'alimentation des rats. Cependant, depuis 1987, je n'ai trouvé aucune études ayant permis de confirmer cet effet. (51)

VII-La spiruline et la polyarthrite rhumatoïde (PAR)

VII-1-Description de la pathologie : la polyarthrite rhumatoïde

La polyarthrite rhumatoïde est une maladie inflammatoire sévère touchant les articulations.

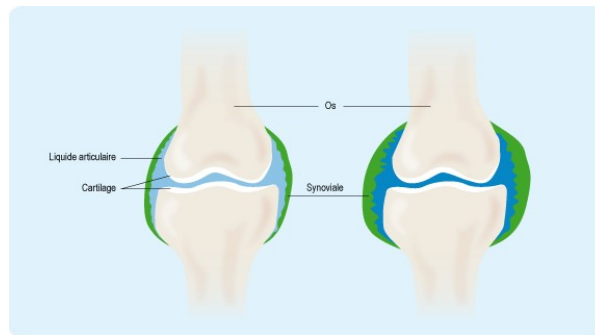


La PAR est chronique et touche plusieurs articulations. Elle se manifeste par des poussées de durée variable et des périodes d'accalmie. C'est une maladie auto-immune caractérisée par la production d'auto-anticorps dirigés contre la membrane synoviale des articulations. Sans traitement, la maladie atteint progressivement de nouvelles articulations et entraîne la déformation ou la destruction progressive des articulations touchées (souvent celles des mains et des pieds). Dans certaines formes plus rares de la maladie, des manifestations extra-articulaires apparaissent, touchant d'autres organes.

En France, la polyarthrite rhumatoïde touche 0,3 à 0,8 % de la population adulte, soit environ 200 000 personnes. Elle est deux à trois fois plus fréquente chez les femmes que chez les hommes. Elle apparaît le plus souvent entre 40 et 60 ans, autour de la ménopause. La maladie peut apparaître avant 30 ans et très rarement dans l'enfance. Elle peut également survenir tardivement après 70 ans. L'inflammation de la membrane synoviale entraîne son épaissement et une production excessive de liquide synovial qui s'accumule dans l'articulation.

Des cellules de l'inflammation envahissent la membrane synoviale et, petit à petit, détruisent les structures alentours :

- le cartilage, qui s'érode et s'amincit,
- l'os au sein duquel apparaissent des encoches ou des géodes, et qui se déminéralise tout autour de l'articulation,
- les tendons et les ligaments qui sont fragilisés et peuvent se rompre. (12)



La polyarthrite rhumatoïde est une maladie auto-immune relevant de facteurs multiples :

- un dérèglement du système immunitaire :
 - avec fabrication d'auto-anticorps (anticorps dirigés contre ses propres cellules). Les auto-anticorps sont dirigés contre certains composants articulaires et sont impliqués dans la destruction de l'articulation,
 - avec perturbation du fonctionnement des lymphocytes responsable d'une réaction inflammatoire diffuse pouvant atteindre d'autres organes et en particulier les vaisseaux sanguins,
- une prédisposition génétique qui favorise l'apparition de la maladie, mais qui n'est pas indispensable (l'antigène HLA DR1 est rencontré chez 60 % des malades et le DR4 chez 30 % d'entre eux) ;
- le sexe : la maladie est deux à trois fois plus fréquente chez la femme que chez l'homme;

- l'âge : le pic d'apparition de la polyarthrite rhumatoïde est d'environ 45 ans ;
- la fumée du tabac : la maladie est plus fréquente chez les fumeurs et elle est alors plus difficile à traiter.

Certains facteurs facilitent le déclenchement de la maladie : deuil, séparation, accouchement.

VII-2-Etudes pharmacologiques

Voici une étude pharmacologique réalisée chez le rat en administrant une dose de 400 mg/kg de spiruline pendant 25 jours :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
Etude in vivo chez le rat	400 mg/kg	25 jours	-effet anti-inflammatoire -effet anti-oxydant -anti-angiogénique -action neuroprotectrice contre la sensibilisation centrale induite dans l'arthrite induite par le collagène	(29) MAIS étude de 2011 !!

Il y a donc plusieurs effets et action. MAIS ATTENTION ces effets anti-inflammatoires, antioxydants... sont intéressants lors d'arthrose cependant la spiruline activant le système immunitaire et donc les auto-anticorps cela favorisera la dégradation des articulations. Nous ne pouvons donc pas conseiller la spiruline dans la PAR. **(13) (14)**

VIII-La spiruline et la vision

La spiruline renferme une variété de caroténoïdes (b-carotène, lutéine, zéaxanthine...) qui interviennent dans la protection de la peau, la vision et les défenses de l'organisme. Dans cette étude, l'effet protecteur de la spiruline sur les lésions cornéennes après une exposition au formaldéhyde a été évalué.

Nombres de rats et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
In vivo : 30 rats	400mg/kg	2 semaines	-la spiruline protège l'épithélium de la désorganisation et de l'érosion	(45)

IX-La spiruline et le sport

La spiruline (*spirulina platensis*) est une micro-algue qui fait aujourd'hui partie du quotidien d'un grand nombre de sportifs.

La spiruline est riche en acides aminés qui sont nécessaires à la production des muscles et à leur "réparation". Elle renferme également de nombreux de nutriments (vu précédemment) indispensables pour diminuer les pertes liées à l'activité physique, limiter la fatigue et améliorer la résistance à l'effort (course à pied et autres sports d'endurance).

L'étude clinique suivante présente 8 semaines de prise de spiruline à 3g/j vs placebo :

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
In vivo : chez l'homme	3g/j vs placebo	8 semaines	-↑ modeste de la production d'effort physique -amélioration dans les 4h après la première supplémentation	(63)

Nous observons bien une augmentation modeste de la production d'effort physique. La spiruline est donc un bon conseil pour les sportifs. Ils la demandent même spontanément au comptoir.

X-Nutrivigilance

La nutrivigilance est une vigilance mise en œuvre par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) depuis Juillet 2009. Son objectif est de surveiller la sécurité des produits dans leurs conditions réelles d'utilisation en recensant et analysant les effets indésirables pouvant être reliés à leur consommation et a donc pour objectif d'améliorer la sécurité du consommateur. Via le dispositif de nutrivigilance, l'ANSES a reçu des déclarations d'effets indésirables :

-allergie : l'observation d'un garçon de treize ans ayant présenté une crise d'urticaire avec asthme après avoir absorbé cinq comprimés de spiruline. L'allergie est démontrée par test natif, test labial et test de provocation. L'allergène responsable est une protéine de masse moléculaire élevée (~430 000), la phycocyanine C. Cet effet indésirables serait plutôt rare.

Nombre de volontaires et particularités	Dose de spiruline en g/jour	Durée	Résultats	Référence
	Test cutané		-allergie à la spiruline peut être posée par test cutané	(47)

- gastro-entérite
- rhumatisme

On en trouve d'autres mais dont les imputabilités sont faibles d'après l'ANSM :

- Mauvais goût
- Chélateur de métaux lourds : phytosorbant
- hyperuricémie car riche en acide nucléique donc maximum 80 g/j
- hypercréatinémie
- trouble hépatique (cytolyse ou cholestase)
- rare : diarrhée, nausée, vomissement, maux de tête à la première prise.

La spiruline a aussi des contre-indications à ne pas négliger. L'ANSM contre indique la spiruline :

- pour les personnes présentant une hémochromatose,
- chez les insuffisants rénaux
- pour les personnes ayant une crise de goutte
- pour les personnes ayant une maladie auto-immune.

Ces résultats sont logiques puisque la spiruline est un concentré de protéines et acides aminés avec ses inconvénients connus dont l'hypercréatinémie ou l'hyperuricémie. **(18)**

Troisième partie : la Spiruline pour lutter contre la malnutrition ?

I-Définitions

I-1-Qu'est-ce que la malnutrition ?

La malnutrition est définie comme un état pathologique dû à la consommation prolongée d'une nourriture ne fournissant pas l'ensemble des éléments nécessaires à la santé. Quand les apports sont inadaptés en plus d'être insuffisant, on parle alors de malnutrition.

En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la malnutrition comme « l'interaction entre une alimentation insuffisante et un état morbide dont résulte la plupart des troubles de croissance observés chez les enfants des pays les moins développés du monde ».

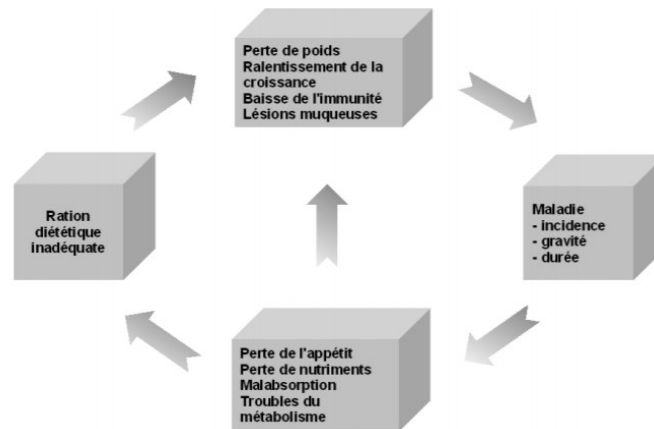
Dans les pays en développement (PED), la malnutrition entraîne chez le jeune enfant de nombreuses conséquences néfastes :

- augmentation du risque de mortalité,
- diminution des défenses immunitaires,
- retard du développement moteur,
- diminution des capacités cognitives et d'apprentissage à l'école.

Diverses organisations ont fait le choix d'intervenir dans la prévention de la malnutrition infantile. Cette prévention est notamment basée sur l'éducation nutritionnelle des populations, le développement et la consommation de produits cultivables localement et la mise à disposition d'aliments de complément.

Lorsque le déficit alimentaire résulte surtout d'un déficit énergétique et protéique, on parle de malnutrition protéino-énergétique (MPE). Si le déficit porte surtout sur le fer, on parle d'anémie nutritionnelle. Lorsqu'il porte principalement sur la vitamine A, il s'agit d'une avitaminose pouvant conduire à l'apparition de xérophtalmie.

La malnutrition est en général le fruit de l'association d'un apport alimentaire inadéquat et d'une infection. Chez les jeunes, la malnutrition est synonyme de troubles de la croissance, les enfants mal nourris étant plus petits et plus légers que ne le voudrait leur âge.



Ration diététique inadéquate et cycle de la maladie

La MPE est définie par les différentes formes de malnutritions sévères observées dans le tiers-monde que sont :

- le kwashiorkor,
- le marasme et
- le kwashiorkor marastique.

La distinction entre ces différentes formes de MPE a été établie à partir de deux critères :

-Le degré de déficit pondéral : lorsque l'alimentation est insuffisante en quantité, pour respecter les besoins en énergie et en protéines, et en qualité. Le problème de la qualité correspond à des déficits en certains acides aminés dits essentiels, certaines vitamines du groupe A et B ou en fer. Chez les enfants, cela se traduit par un ralentissement voire un arrêt de la croissance et une perte de poids.

-La présence d'œdèmes : Lorsque l'individu présente soit des œdèmes au niveau des deux pieds, soit une émaciation importante, soit des signes cliniques de malnutrition sévère.

Cependant, le terme MPE est utilisé en pratique pour désigner un ensemble d'états cliniques allant du plus bénin au plus grave. Une malnutrition modérée se traduit simplement par une croissance médiocre, alors que les formes les plus graves, le kwashiorkor (accompagné d'œdèmes) et le marasme nutritionnel (amaigrissement majeur) sont souvent mortelles.

La malnutrition peut donc revêtir une variété de formes qui apparaissent souvent simultanément, en symbiose. Ainsi, si nombre de gens parlent encore de « malnutrition protéinoénergétique » pour désigner le défaut de croissance. Malnutrition et infection constituent un cycle dont relève une grande partie de la morbidité et de la mortalité élevées enregistrées dans les pays en développement. Chez les enfants dont l'alimentation est quantitativement ou qualitativement insuffisante, les défenses immunitaires faiblissent, et l'incidence, la gravité et la durée des affections augmentent. Comme la maladie accélère la perte de nutriments et diminue l'appétit, l'enfant malade ne mange le plus souvent pas comme il le devrait et le cycle recommence. Il y a une insuffisance de micronutriments tels que les minéraux d'importance vitale (fer, zinc et iode notamment), les vitamines (A par exemple), et souvent aussi des acides gras essentiels. Les quantités nécessaires pour toutes les cellules de l'organisme sont très faibles, de l'ordre de quelques millièmes de gramme par jour ou même moins mais ces micronutriments sont indispensables pour orchestrer une gamme de fonctions physiologiques (production d'enzymes, hormones etc...) essentielles au développement physique et mental de l'enfant. Tous les minéraux dont le corps a besoin doivent être apportés soit par les aliments que nous consommons, soit par supplémentation. La spiruline, quel que soit l'état dans lequel elles sont, consommées (fraîches, séchées, sous forme de compléments alimentaires) peut répondre en grande partie aux besoins dont les personnes dénutries a besoin.

I-2-Marasme



Le marasme est observé plus précocement que le kwashiorkor puisqu'il touche majoritairement les enfants de moins de un an. Il peut, cependant, survenir jusqu'à l'âge de trois ans et demi. C'est la forme la plus fréquente. Le régime qui mène au marasme est non seulement pauvre en protéines, comme au cours du kwashiorkor, mais aussi en glucides et en lipides : le déséquilibre est global et homogène.

La néoglucogénèse est sollicitée. Par élévation de la cortisolémie, le catabolisme protéique au niveau du muscle strié s'accroît, l'anabolisme protéique hépatique se majore. Ceci provoque la disparition du pannicule adipeux et une fonte des masses musculaires.

Le marasme pur ne s'accompagne donc pas d'une baisse importante des protéines sanguines ni d'œdèmes, contrairement au kwashiorkor.

Les cas de marasme sont surtout observés dans les régions où sévit la famine ou dans les stades terminaux de maladies graves comme certains cancers.

Le traitement du marasme repose sur le traitement de sa cause en cas de pathologie identifiée, mais aussi par une reprise progressive d'une alimentation normale lorsque le patient est en état de s'alimenter de lui-même. Sinon, les nutriments doivent être réintégré dans l'organisme par voie veineuse (perfusion) ou être directement injectés dans l'estomac via une sonde gastrique.

I-3-Kwashiorkor

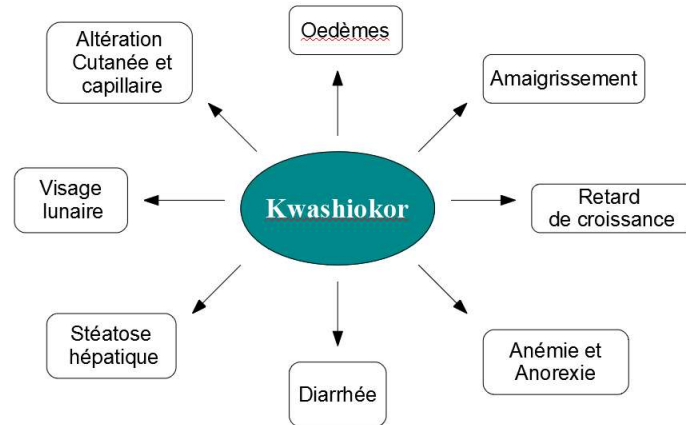


Le kwashiorkor désigne une forme de malnutrition qui touche les enfants ayant entre 6 mois et trois ans et qui se caractérise par un manque de protéines. Généralement, le kwashiorkor fait son apparition lorsque les enfants sont sevrés de façon brutale. Cette affection concerne environ 12 millions d'enfants. Le kwashiorkor entraîne la mort de plus de la moitié d'entre eux, leur malnutrition favorisant les infections. D'un point de vue clinique, les enfants qui souffrent de kwashiorkor sont fatigués, anémiés et amaigris. Ils présentent un gonflement du ventre et des pieds, des troubles digestifs, la peau et les cheveux s'éclaircissent et de nombreux organes dysfonctionnent (rein, foie, côlon, cerveau). Cette forme apparaît à la faveur d'un déséquilibre nutritionnel (régime pauvre en protéines et riche en glucides) dans les semaines ou les mois qui suivent le sevrage.

Cette carence en protéines est la source d'un ensemble de perturbations. En effet, elle provoque au niveau cellulaire, une diminution de la synthèse des protéines à demi-vie brève. Cela concerne essentiellement des protéines d'origine hépatique (en fait, la majeure partie des protéines plasmatiques à l'exception des globulines), et également une série d'enzymes produites par le pancréas exocrine et la muqueuse intestinale.

L'hypoalbuminémie qui en résulte entraîne une baisse de la pression oncotique, dont le résultat est la fuite d'eau et de sel dans le liquide interstitiel, ce qui aboutit à la constitution d'œdèmes et d'hypovolémie. Cette hypovolémie engendre une hypersécrétion de l'hormone antidiurétique et d'aldostérone, favorisant ainsi la rétention hydrosodée et la surcharge cardiaque. En outre, le mauvais fonctionnement du pancréas exocrine et des cellules intestinales ne permet pas une bonne absorption des aliments, ce qui exacerbe les effets de carence. Il se crée alors un véritable cercle vicieux qui, s'il n'est pas rompu, va s'emballer et provoquer un déficit tel que le ralentissement du fonctionnement de l'organisme voire l'arrêt de celui-ci.

Le schéma suivant résume les différents symptômes que peut présenter un enfant atteint de kwashiorkor :



L'enfant atteint de kwashiorkor va présenter les symptômes de types :

- Œdèmes : qui débutent par un léger gonflement des pieds qui remonte le long des jambes et peut ensuite toucher les mains et la tête.

- Amaigrissement : le poids de l'enfant est insuffisant, en général 60 à 80% du poids normal, parfois masqué par les œdèmes qui peuvent présenter 10 à 30% du poids, pouvant aller jusqu'à 50% dans les formes sévères. Les bras, quant à eux, sont quasiment toujours maigres.

- Retard de croissance : il s'agit d'un signe constant pouvant passer inaperçu si l'on ignore l'âge de l'enfant.

- Altération cutanée : des tâches hyper-pigmentées apparaissent sur la peau, en particulier au niveau des zones de frottements, puis la peau desquame prenant alors un aspect écaillé. Ce qui laisse place à une peau dépigmentée et atrophiée ressemblant à une cicatrice de brûlure. On parle de dermatose écailleuse.

- Altération de cheveux : les cheveux deviennent fins, se défrisent et se décolorent, prenant alors une teinte tirant vers le roux. Ils se laissent arracher facilement et sans douleur.

- Visage lunaire : cet aspect est lié au gonflement des joues, provoqué soit par la présence d'œdèmes, soit par une infiltration graisseuse.

- Modification du comportement : l'enfant devient apathique face aux stimuli extérieurs, irritable et triste. Ces troubles sont fréquents mais non systématiques.

- Stéatose hépatique : se traduisant cliniquement par une hépatomégalie.

- Diarrhées : les selles sont molles, elles peuvent être aqueuses ou striées de sang.

- Anémie : quasiment toujours présente en raison du manque de protéines nécessaires à la synthèse des globules rouges. Elle est souvent majorée par un manque de fer, une ankylostomose, un paludisme, ...

I-4-Le Kwashiorkor marastatique



C'est une forme de malnutrition pour laquelle le tableau clinique présente simultanément des signes des deux maladies. En effet, l'enfant présente tous les signes du marasme, c'est-à-dire, amaigrissement (poids pour âge inférieur à 60%) et disparition de la graisse sous cutanée. En plus des œdèmes constamment présents, il peut également avoir différents signes de kwashiorkor comme la dermatose écaillée, les altérations des cheveux, les troubles du comportement et l'hépatomégalie. La diarrhée est très fréquente.

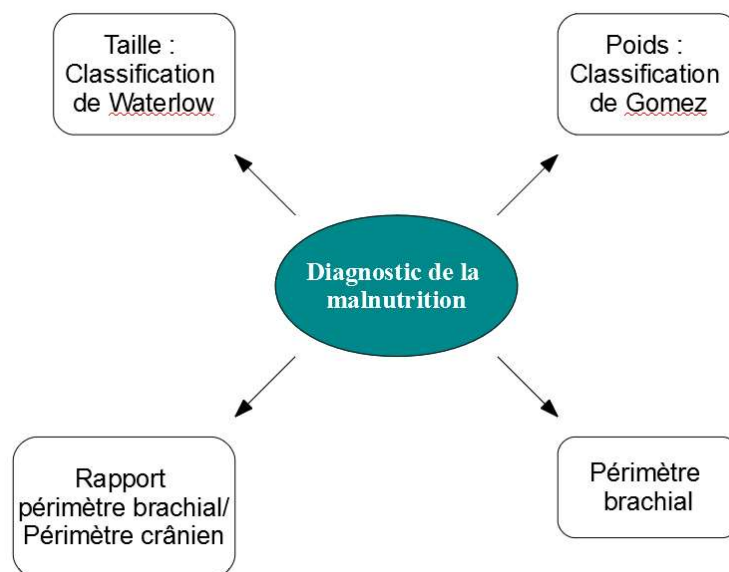
	Marasme	Kwashiorkor
Définition	Déficit énergétique globale et chronique	Malnutrition protéique isolée ou à prédominance aiguë
Evolution	Lente	Rapide
Retard structural	++	+/-
Poids/Poids moyen	<60%	>75%
Oedèmes	Absents	+++ Constants
Panicule adipeux	Absent	Conservé
Comportement	Normal ou vif	Triste, apathique, anorexique +++
Protidémie	Normales	↓↓↓
Anémie	Modérée	Sévère
Immunité	+/- altérée	Très altérée

II-Diagnostic de la malnutrition

Le statut nutritionnel d'un enfant du point de vue individuel est déterminé par l'anthropométrie. Elle est aussi un outil largement utilisé pour les enquêtes visant à évaluer la proportion d'enfants malnutris dans une population.

Il existe différents types d'indices et de mesures (de corpulence de masse corporelle, d'adiposité, de la masse musculaire...). Les indices anthropométriques doivent reposer sur des critères précis, simples et reproductibles en pratique de ville, en médecine hospitalière et en santé publique, pour reconnaître tôt et traiter efficacement une dénutrition débutante ou modérée.

Le schéma suivant présente un résumé des différents paramètres que l'on peut prendre en compte pour diagnostiquer la malnutrition :



Le poids et la taille sont les meilleurs témoins cliniques de l'état nutritionnel d'un enfant.

Toutes les classifications de l'état nutritionnel reposent sur ces mesures.

-La taille : la mesure doit en être faite avec une toise et répétée de manière à obtenir une précision d'environ 0,5 centimètre. Le rapport de taille sur la valeur attendue pour l'âge reste utilisé de façon courante pour classer les retards en trois grades, comme le montre la classification de Waterlow.

La taille est considérée comme un excellent indicateur de l'état nutritionnel d'un enfant à long terme, elle est cependant déterminée par de nombreux facteurs notamment endocriniens et génétiques. C'est pourquoi son interprétation doit toujours tenir compte de son évolution à différents examens successifs : une vitesse de croissance staturale normale est le meilleur indicateur d'une alimentation correcte.

Classification de Waterlow :

DENUTRITION	DENUTRITION AIGUË (POIDS/TAILLE EN %)	DENUTRITION CHRONIQUE (TAILLE/AGE EN %)
Grade 0	> 90	> 95
Grade 1 (mineure)	80 - 90	90 - 95
Grade 2 (modérée)	70 - 80	85 - 90
Grade 3 (sévère)	< 70	< 85

-Le poids : mesuré avec une précision de 10 grammes chez le nourrisson et de 100 grammes chez le grand enfant, il est un bon indicateur de l'état nutritionnel à court terme. Le poids doit, par ailleurs, être interprété en fonction de l'âge ou de la taille de l'enfant. Cependant ce mode d'expression suppose que tous les enfants d'un âge donné aient un poids idéal identique et cela quel que soit leur taille. Ainsi, il est habituel d'exprimer le poids en pourcentage de la valeur attendue pour la taille (P/T).

Classification de Gomez :

DEGRE DE DENUTRITION	POIDS/ AGE EN %
Grade 0 (absente)	91 - 100
Grade 1 (mineure)	76 - 90
Grade 2 (modérée)	61 - 75
Grade 3 (sévère)	< 60

D'autres témoins peuvent être utilisés :

-Le périmètre brachial est mesuré du côté droit à mi-distance entre l'acromion et le sommet de l'olécrâne, le membre étant fléchi à 90°. Cet indice est très utilisé pour les enquêtes épidémiologiques dans les pays du tiers monde, car sans être totalement indépendant de l'âge, il varie très peu entre 0 et 4 ans.

Cet indice est d'ailleurs un bon marqueur pour évaluer le risque relatif de décès pour les enfants situés en dessous d'une valeur seuil de référence.

-Le rapport périmètre brachial/périmètre crânien permet également d'évaluer l'état nutritionnel global des enfants de 3 mois à 4 ans indépendamment de leur état d'hydratation:

- $PB/PC > 0,31$: nutrition normale
- $PB/PC = 0,31-0,28$: dénutrition légère
- $PB/PC = 0,28-0,25$: dénutrition moyenne
- $PB/PC < 0,25$: dénutrition sévère

Il semble admis que la mesure simple du poids et de la taille permet d'évaluer la croissance et le développement des enfants en évaluant leur état nutritionnel global. Cela peut être confirmé par d'autres mesures.

Toutefois, elles ne nous permettent pas d'évaluer ce qui revient dans la masse corporelle à la masse grasse, au muscle, à l'eau et à l'os. C'est pourquoi il faut également dans l'évaluation de l'état nutritionnel connaître la composition corporelle. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que ces mesures permettent de définir l'état nutritionnel d'une population, mais en aucun cas les mécanismes ou carences spécifiques qui amènent un enfant ou un groupe d'enfants à être malnutri.

Il est nécessaire d'adjoindre à ces mesures, d'autres indicateurs situant la malnutrition dans son contexte et donc de prendre en considération les causes de cette situation.

III-Aspect biologique de la malnutrition

L'intérêt des examens biologiques dans le diagnostic ou l'évaluation de la MPE est limité. Quelques dosages biochimiques sont altérés dans les deux formes graves de MPE, alors qu'ils ne le sont pas en cas de malnutrition modérée. Leur interprétation est souvent difficile car elles résultent de l'interaction de la malnutrition et la surinfection. Dans le kwashiorkor, les protéines totales du sérum sont diminuées, surtout l'albumine. Cette réduction est moins marquée dans le marasme. Au contraire, les globulines sont souvent normales, voire élevées, en raison des infections. La diminution de l'albumine n'apparaît que dans un kwashiorkor cliniquement évident. Le taux d'albumine ne permet pas de prédire l'évolution d'une malnutrition modérée vers un kwashiorkor, alors que, dans un kwashiorkor avéré, sa diminution est proportionnelle à la gravité.

On admet généralement qu'un taux d'albumine inférieur à 3 g/dL est bas, et qu'en dessous de 2,5 g/dL le déficit est sérieux. On estime aussi que 2,8 g est le seuil d'alerte indiquant une évolution imminente vers une MPE grave.

Le taux d'albumine sérique est un examen facile et peu onéreux qui, contrairement aux autres examens, peut être fait dans des laboratoires modestes. Les taux de deux autres protéines sériques, la préalbumine et la transferrine, sont également utiles et pas trop difficiles à mesurer. Elles diminuent toutes deux dans le kwashiorkor et peuvent aider à en estimer la gravité. Mais le taux de transferrine est lié au statut du fer, ce qui réduit son intérêt comme indicateur de kwashiorkor. Le taux de la protéine porteuse du rétinol est également diminué dans le kwashiorkor et, à un degré moindre, dans le marasme. Mais il peut aussi être influencé par des affections hépatiques, un déficit en vitamine A ou en zinc et une hyperthyroïdie.

D'autres examens utilisés ou recommandés dans le diagnostic et l'évaluation de la MPE ont un intérêt limité, notamment:

- L'insuline à jeun, qui augmente dans le kwashiorkor et diminue dans le marasme ;
- Le rapport acides aminés essentiels/non essentiels, qui diminue dans le kwashiorkor mais est peu influencé par le marasme ;
- Les taux d'hydroxyproline et de créatinine urinaires, qui évoquent, en cas de diminution, un retard de croissance et un marasme.

Aucun de ces tests n'est spécifique et la plupart ne sont pas réalisables dans le laboratoire d'un hôpital de district.

Taux d'albumine chez les enfants mal nourris :

TAUX (G/DL)	SIGNIFICATION
> ou = 3,5	Normal
3 - 3,4	Subnormal
2,5 - 2,9	Bas
< ou = 2,5	Pathologique

Il est important de comprendre les causes de la malnutrition pour apprécier l'ampleur et la profondeur du problème, les progrès déjà accomplis et les possibilités de progrès futurs.

IV-Les causes de la malnutrition

IV-1-Causes immédiates

Les 2 principales causes immédiates de la malnutrition sont l'inadéquation de la ration alimentaire et la maladie. Leur interaction tend à créer un cercle vicieux : l'enfant malnutri résiste moins bien à la maladie, il tombe malade et de ce fait la malnutrition empire.

IV-2-Autres causes

Les causes de la malnutrition peuvent être multiples : génétiques, métaboliques ou environnementales. La malnutrition est en fait le résultat de toute une combinaison de facteurs sous-jacents. Elles se classent en trois groupes, aboutissant à l'inadéquation de la ration alimentaire et à la maladie: l'insécurité alimentaire des ménages, l'insuffisance des services de santé et d'assainissement, et la mauvaise qualité des soins apportés aux enfants et aux femmes.

-La sécurité alimentaire des ménages : Elle se définit comme un accès durable à des denrées alimentaires quantitativement et qualitativement suffisantes pour assurer à tous les membres de la famille une ration adéquate et une vie saine. La sécurité alimentaire des ménages dépend de l'accès aux vivres, à distinguer de la disponibilité des vivres. Même si le marché regorge de produits, une famille trop pauvre pour les acheter ne jouit pas de la sécurité alimentaire.

-Service de santé, eau potable et assainissement : Des services de santé de bonne qualité, pour un prix raisonnable, sont essentiels au maintien de la santé. Pourtant, dans 35 des pays les plus pauvres, entre 30 et 50% de la population n'ont aucun moyen d'arriver jusqu'à un quelconque service de santé. Le manque d'accès à l'eau potable et à un assainissement efficace, l'insalubrité dans et autour des maisons favorisent, on le sait, la propagation des maladies infectieuses. Or, plus de 1,1 milliard d'individus n'ont toujours pas accès à l'eau potable, et quelque 2,9 milliards ne disposent pas d'un assainissement satisfaisant.

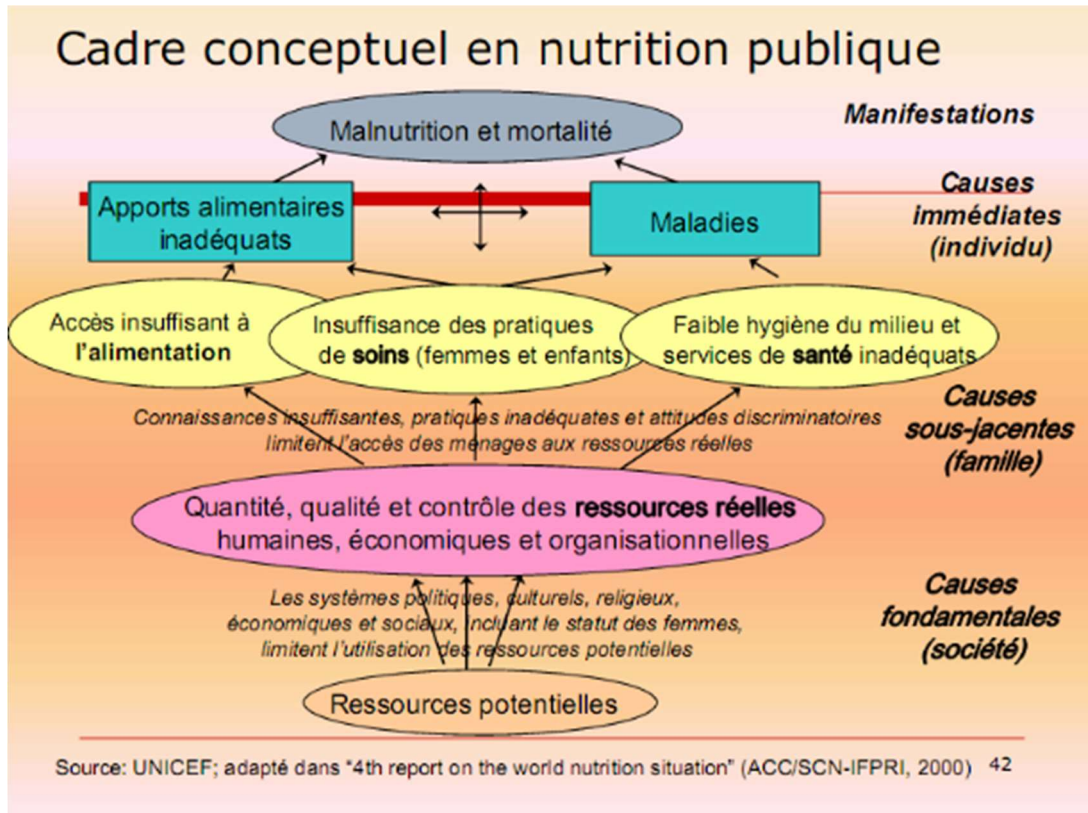
-Les pratiques de soin : Prendre soin d'un enfant, c'est le nourrir, l'éduquer, le guider. Cette charge incombe à l'ensemble de la famille, et à la communauté. Les pratiques les plus critiques à cet égard concernent les domaines suivants :

- Alimentation : le lait de sa mère est le meilleur aliment pour le bébé, qui protège de l'infection. Mais à partir de six mois, le nourrisson doit recevoir des aliments complémentaires, car le lait maternel ne satisfait plus tous ses besoins nutritionnels. Pendant cette période d'alimentation complémentaire, de l'âge de six mois environ jusqu'à 18 mois, l'enfant doit avoir au moins quatre fois par jour un repas riche en énergie et en nutriments, et facile à digérer.
- Protection de la santé des enfants : les enfants doivent recevoir des soins de santé essentiels au bon moment. Il y a un calendrier précis à respecter pour les vaccinations. Il faut offrir aux communautés une information sanitaire correcte, et aider les familles à rechercher en temps opportun des soins de santé appropriés.
- Soutien émotionnel et stimulation cognitive pour les enfants : pour se développer au mieux, les enfants ont besoin de trouver dans leur entourage, parents ou autres, un soutien émotionnel et une stimulation cognitive. Des études ont montré que les enfants malnutris soumis à une stimulation verbale et cognitive ont des taux de croissance supérieurs à ceux qui n'en bénéficient pas.
- Soins et soutien pour les mères : l'inégalité dans la division du travail et des ressources au sein des familles et des communautés, toujours favorable aux hommes, met en danger le bien-être des enfants comme celui des femmes. Les plus importantes des mesures dont doivent bénéficier les femmes enceintes ou allaitantes sont de leur apporter des quantités supplémentaires d'aliments de bonne qualité, de leur épargner les travaux pénibles, de leur laisser du temps pour se reposer, et de leur assurer de bons soins pré- et postnatals.

IV-3-Causes fondamentales

Tous les efforts des familles pour assurer une bonne nutrition peuvent être battus en brèche par des facteurs politiques, juridiques et culturels, comme le degré auquel les droits des femmes et des jeunes filles sont protégés par la loi et la coutume; le système politique et

économique déterminant la distribution du revenu et des avoirs; enfin, les idéologies et les politiques gouvernant les secteurs sociaux.



V-Culture et de production de la spiruline dans un pays en voie de développement



L'exemple se situe dans la banlieue de Tuléar.



Les bassins sont tous sous serres, c'est-à-dire, recouverts par un film transparent avec une pente plus importante. La serre permet de les protéger contre les excédents de pluie, de soleil ou de froid, et contre les chutes des feuilles, des fientes d'oiseaux, de vent de sable, des organismes indésirables et de débris divers. De plus, le bassin étant sous serre et sous agitateur,

cela permet un bon démarrage de la culture. En effet, la spiruline a besoin de la chaleur pour se développer et doit constamment être agitée pour qu'elle ne reste pas à la surface.

Le démarrage de la culture dépend de la quantité et de la qualité de souches disponibles. Le bassin (ou autres récipients) recevant un nouveau milieu de culture doit être propre et désinfecté pour éviter la contamination du milieu par des organismes étrangers pouvant entraîner la détérioration de la culture. S'il n'y a pas de souche suffisante pour démarrer une culture de volume voulu, on doit passer à l'étape de multiplication qui consiste à augmenter progressivement le volume de la culture afin d'éviter la photolyse. Le passage de la culture dans des récipients de petit volume jusqu'au bassin est donc une étape obligatoire.

La nutrition se fait avec la matière première locale. Jen-Pierre Jourdan, Docteur en médecine, vice-président et directeur de la recherche médicale de IANDS-France (International Association for Near-Death Studies), étudie les expériences de mort imminente depuis près de vingt. Une de ses spécialisations est la production de ferme de spiruline. Pour produire plus de 4g/m² /j de spiruline sèche, l'apport de carbone est nécessaire. D'après la formule préconisée par JOURDAN, le taux de bicarbonate qu'il faudra ajouter par jour est de 15g/m² et celui de l'urée de 3g/m². Pour une raison d'organisation, la fertilisation des bassins se fait tous les deux jours à raison de 100g de bicarbonate et 30 g d'urée pour un bassin de 10 m².

Besoin en nutriments par Kg de biomasse séchée de spiruline produite :

- Eau de mer filtrée : 5 L
- Solution de fer : 143 mL
- Acide phosphorique : 500 mL

L'agitation des milieux de culture est fondamentale afin de favoriser l'élimination de l'oxygène, d'homogénéiser le milieu de culture et pour assurer une bonne répartition de la lumière. L'agitation est mixte, c'est-à-dire, des agitations automatiques combinées avec des agitations manuelles. Les agitations automatiques sont assurées par des pompes aquariums avec une fréquence de 15 minutes toutes les heures. Les agitations manuelles sont accomplies avec une pelle plastique 4 fois par jour (2 agitations le matin et 2 agitations l'après-midi).

Les étapes de production sont identiques à celles citées dans la première partie avec les mêmes matériaux mais la plupart du temps moins récents que les fermes des spirulines en France par exemple.

Les séchoirs, sont quant à eux, un peu différents : ce sont : des séchoirs solaires, la récolte se fait tôt le matin pour bénéficier d'une pleine journée d'ensoleillement pour le séchage. Le séchage dure en moyenne 8 heures à une température Tmax de 60°C qui peut augmenter jusqu'à une température comprise entre 60 à 75°C en période d'été. La spiruline récoltée est donc un peu altérée par cette forte chaleur de séchage. En période froide, la finition du séchage est souvent remise au lendemain, dans ce cas, les claies (les plaques de séchage) sont récupérées aux alentours de 16 heures et sont fermées hermétiquement dans le laboratoire, aussi il faut renouveler cette étape le lendemain.

L'emballage se fait dans de sachet de couleur noir pour éviter l'exposition du produit à la lumière, ce qui favorisera l'oxydation et donc l'altération des qualités de la spiruline.

[VI- La spiruline, une solution pour lutter contre la malnutrition](#)

Des organisations comme celles des Suisses d'Antenna Technologie se proposent de créer des fermes de développement de cette algue en Afrique afin de contribuer à la lutte contre la malnutrition sur ce continent. "Nous avons monté une vingtaine de fermes. Certaines ont essaimé comme à Madagascar", explique Diane de Jouvencel, qui dirige cette ONG en France. Après avoir développé les différentes formes de malnutrition protéino-énergétique, leur diagnostic et leurs causes, je vais vous présenter un exemple de création de ferme de spiruline dans un pays en voie de développement ainsi que les effets de celles-ci sur la population cible.



VI-1-Zone géographique

Madagascar est la cinquième plus grande île de la planète : sa superficie est équivalente à celles de la France et de la Suisse réunies (Madagascar a une superficie de 587 000 km² , la France métropolitaine (550 000 km²) et la Suisse (40 000 km²) réunies représentent environ 590 000 km²).

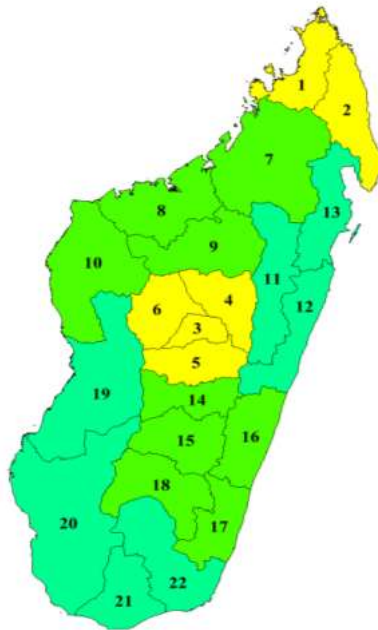
Madagascar est située à l'ouest de l'océan Indien, séparée de l'Afrique par le canal du Mozambique. Entourée des Comores, de La Réunion, de l'île Maurice et des Seychelles.



Le pays est constitutionnellement organisé d'une manière semblable à la France : c'est une république semi-présidentielle multipartite. Le président est le chef de l'Etat, le premier ministre est le chef du gouvernement. Le pouvoir exécutif est aux mains du président et du gouvernement et le pouvoir législatif revient au parlement. Le parlement est constitué de deux

assemblées : le sénat et l'assemblée nationale. Le pouvoir judiciaire est indépendant des deux autres pouvoirs.

Les 22 régions de Madagascar :



L'administration territoriale :



Madagascar étant une colonie française, l'île accède à l'indépendance le 26 juin 1960 mais la Première République malgache reste très étroitement liée à la France par les accords de coopération

VI-2-La population

La population de 24,89 millions (en 2016) de malgaches est très jeune : 43% d'entre eux ont moins de 14 ans. L'âge médian est de 18 ans et 4 mois et l'espérance de vie ne s'élève qu'à 64 ans. Ils ne disposent que d'un médecin pour 6 200 habitants (à titre de comparaison, les Suisses disposent d'un médecin pour 245 habitants) et le budget global de la santé pour tout le pays s'élève à 1,24 milliard de dollars (soit environ trente fois moins que le budget suisse dédié à la santé. Même si la comparaison est impossible, cela permet de se rendre compte de la situation précaire dans laquelle se trouve Madagascar du point de vue de la santé) soit 6,2% du PIB.

Malgré sa richesse en ressources naturelles, Madagascar figure parmi les pays les plus pauvres du monde. L'instabilité politique, la faiblesse des institutions et la médiocrité de la gouvernance nuisent à sa croissance.

VI-3-Le Produit Industriel Brut

Le PIB est réparti :

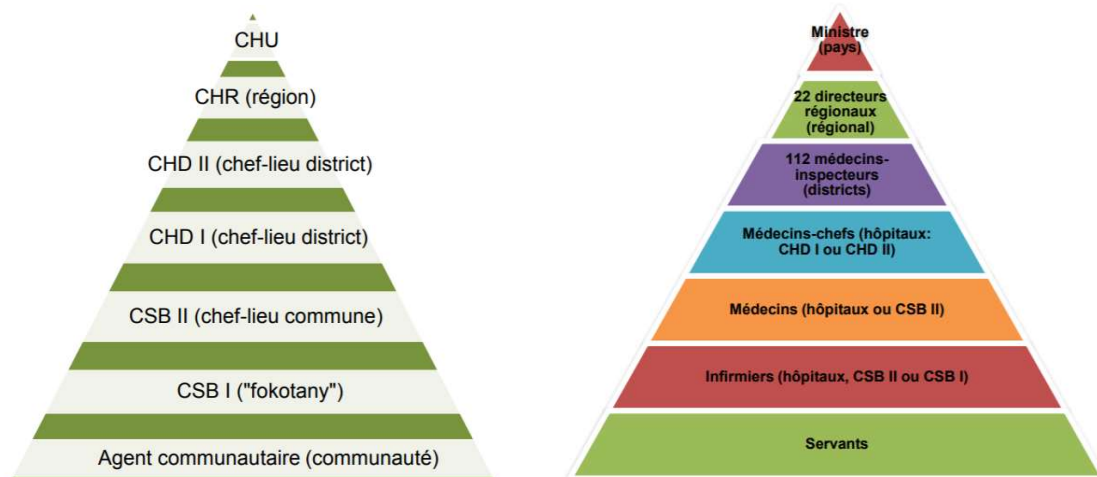
- L'agriculture, y compris la pêche et la foresterie, représente plus d'un quart du PIB et emploie environ 80% de la population.

- Le secteur industriel contribue à 16,3% de PIB et emploie 9,1% de la population active.

- Le secteur tertiaire contribue à presque 60% de PIB et emploie 16,4% de la population active.

VI-4-Le système de santé malgache et les associations

Le système de santé malgache est basé sur une hiérarchie en modèle pyramidal. La prestation des différents centres de santé est proportionnelle à celle de l'agglomération dans laquelle ils se trouvent, c'est-à-dire, dans une grande ville, on pourra trouver un hôpital universitaire, ainsi que toutes les structures de moindre importance.



A la base de cette pyramide, les agents communautaires, sorte de sentinelles du réseau de soins, orientent les patients vers les établissements adéquats. On peut les trouver jusque dans les villages les plus reculés. Ils jouent également un grand rôle dans la prévention, notamment dans celles du paludisme et du VIH/SIDA. Dans les communes, le centre de santé de base de niveau I (CSB I) ne dispose que de quelques lits et est dirigé par un infirmier diplômé d'Etat.

Malgré cette organisation qui, théoriquement, semble être parfaite, la réalité est bien différente. Le gouvernement n'ayant à sa disposition que de maigres moyens financiers, l'instabilité politique n'arrange pas la situation. En effet, les politiques souhaitant jouer sur un maximum d'électeurs exercent d'abord leur influence sur les agents de santé, idéalement placés au cœur des populations et dont la parole est respectée. Cette paralysie oblige les soignants à l'échelle locale à se débrouiller avec les faibles moyens dont ils disposent, tout en s'accommodant de la corruption ambiante.

Pour soulager un peu le système de santé, interviennent des organisations internationales qui vont pallier les déficits de l'Etat. Ces organisations vont soit renforcer le système de santé, soit proposer des campagnes de soins ciblées sur des pathologies précises.

A Madagascar, dans la région de Tolaria ou Tuléar, afin de lutter contre la malnutrition, cinq fermes de spiruline ont vu le jour. Trois fermes artisanales et deux fermes d'exploitations des mares à spiruline s'installent dans cette région du Sud-Ouest de Madagascar.

<u>PRODUCTEURS</u>	<u>TYPE DE PRODUCTION</u>	<u>LIEU D'EXPLOITATION</u>	<u>SURFACE EXPLOITEE</u>
SPIRUSUD ANTENNA	Milieu contrôlé	Maninday	580 m2
SPIROFIA	Milieu contrôlé	Betsinjaka	200 m2
SPIRU-LIGNE	Milieu contrôlé	Besasavy	150 – 200 m2
SPIRNAM	Milieu naturel	Ifaty	
SPIRARMES	Milieu naturel	Ankoronga	

Les cultures se font, en général, dans la périphérie de la ville à cause de l'envergure des surfaces exploitées. Chaque centre a une conduite de culture différente les uns des autres. La moitié adopte une culture en milieu contrôlé et les autres récoltent la spiruline en milieu naturel. Pour ces derniers, la biomasse recueillie passe dans des bassins d'affinage avant d'être traitée pour être vendue.

Fin 2006, la sous-alimentation ou « Kere » a refait surface dans les « Fivondronana » (régions) du Sud et Sud-Ouest. La sécheresse n'a pas permis d'avoir des réserves vivrières suffisantes et la pauvreté d'une partie de la population rend les produits alimentaires inaccessibles. Les aliments de disette comme le « raketa » (le cactus) et le « kily » (tamarin) ont refait leur apparition. La spiruline est une solution durable à cette situation car le climat de la région est favorable à sa culture. Les valeurs nutritionnelles de la spiruline permettent de résoudre les différentes carences alimentaires de la population.

Un centre nommé ECAR-SAKARAHHA à plus de 100 km de Tuléar a vu l'évolution des enfants atteints de marasme. La posologie de la spiruline séchée (comprimé ou paillette) est habituellement de 10 gr par jour en deux prises mélangé à de la bouillie de mil. Les résultats sont très convaincants.



Evolution des enfants atteints du marasme dans le temps ; supplémentés avec de la spiruline, résultats spectaculaires.

L'association Antenna Technologies a démontré par des essais cliniques que l'absorption d'une dose quotidienne de 1 à 3 grammes de spiruline pendant 4 à 6 semaines suffit à guérir un enfant souffrant de malnutrition grave, de type kwashiorkor ou marasme. En discutant avec les responsables des différents centres comme celui de ECAR-SAKARAHHA, la spiruline est considérée comme un aliment exceptionnel avec des résultats très satisfaisants et concluants dans la prise en charge des enfants malnutris.



Quatrième partie : Spiruline de qualité en officine

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... » (Directive 2002/46/CE du Parlement européen, transposée par le décret n°2006-352 du 20 mars 2006).

I-Rechercher une culture de spiruline de qualité

Comment choisir une bonne spiruline ?

-vérifier le pays de production et d'origine

-vérifier la méthode de production, d'extraction et de séchage :

. si la température trop haute, les protéines et les minéraux sont détruits

. si le séchage est trop long, on a une diminution de la qualité nutritionnelle

En France, on recense principalement deux méthodes :

. la méthode spray dry et

. la méthode par séchage convectif, plus traditionnelle et moins coûteuse.

Ces deux méthodes respectent l'environnement et permettent de produire des spirulines de qualité. Cependant, certaines études récentes décrivent la méthode Spray Dry comme la meilleure approche pour préserver les qualités nutritionnelles de la spiruline.

-vérifier son odeur : elle ne doit pas sentir fort, sinon cela signifie qu'elle a subi une oxydation trop importante ou pendant trop longtemps

-elle ne doit pas briller, sinon cela signifie qu'elle contient des produits agglomérant

-vérifier s'il y a un label de qualité pouvant garantir la production : sans OGM, sans radiation ionisante lors de la conservation, pas d'engrais chimique ou minérale à l'exception de l'azote minéral, respect du développement durable et de l'environnement, conservation des sols, des eaux et de l'air.

II-Comparaison de spiruline de différentes marques

II-1-Spiruline française

II-1-1Marque 1 : spiruline de Mallemort : SOSpiruline

So Spiruline est une exploitation aquacole située dans un site privilégié. Un environnement calme et naturel en pleine campagne, loin des sources de pollutions sur la commune de Mallemort. De la Spiruline Française de qualité, 100% naturelle, élaborée à partir d'une souche certifiée non OGM et cultivée sans pesticides, herbicides, fongicides ni conservateurs. Cette Spiruline appelée «Paracas» (qui provient du Pérou) est cultivée sous le soleil de Provence, de manière raisonnée et respectueuse de l'environnement. Il s'agit d'une Spiruline de haute qualité nutritionnelle et d'une qualité sanitaire irréprochable. L'eau utilisée est régulièrement contrôlée, chaque lot de produit fini est également soumis à des analyses par un laboratoire indépendant agréé. L'exploitation est équipée d'une salle de transformation, les matériaux utilisés sont de qualité alimentaire, la nourriture donnée à la Spiruline est méticuleusement sélectionnée, les mesures d'hygiène les plus strictes sont respectées, le séchage se fait à basse température pour préserver les principes actifs de l'aliment.



La spiruline est soumise à toutes les étapes classiques :

-filtration : Toutes les étapes de la récolte sont réalisées dans le laboratoire de transformation. La Spiruline est envoyée des bassins vers une récolteuse automatique contenant des filtres. Ces filtres très fins (30 microns) retiennent la Spiruline. Le liquide filtré se recycle, il circule en circuit fermé et repart aux bassins.

-pressage : la biomasse filtrée qui contient encore beaucoup d'eau va ensuite aller dans une presse à vide afin d'obtenir une pâte assez ferme. Et voici la Spiruline fraîche qui peut être consommée directement.

Elle est excellente mais du fait de son fort taux de protéines et de l'humidité encore présente, elle ne se conserve pas longtemps. (consommation le jour même)

-mise en forme de « spaghettis » : La Spiruline fraîche est ensuite transformée en longs "spaghetti" très fins (1mm) étalés sur des cadres de séchage. Ces cadres seront ensuite disposés dans un séchoir à basse température (40°C) et à l'abri de la lumière afin de conserver toutes les propriétés nutritionnelles de l'aliment.

-le conditionnement : La Spiruline une fois séchée et ensuite concassée en brindilles. Cultivée de A à Z de l'ensemencement au conditionnement.. Ces paillettes peuvent ensuite être compressées afin d'obtenir de la Spiruline sous forme de cachets. Les paillettes et cachets sont ensuite mis en sachet sous vide.

-le laboratoire : L'exploitation est équipée d'un laboratoire de transformation. Ce laboratoire est aussi utilisé pour toutes les prises de mesures et analyses du milieu de culture de chaque bassin et pour conserver la souche de Spiruline en aquariums chauffés et éclairés pendant l'hiver.

La souche vient du Pérou et il s'agit d'une souche la plus stable possible.

Afin de « nourrir » la spiruline correctement, elle est extraite et étudiée par spectrophotomètre pour savoir de quelles molécules elle a besoin pour être équilibrée afin d'éviter le surdosage qui pourrait entraîner plus facilement une contamination.

Des contrôles antibactériens sont effectués tous les trois mois. Le contrôle de la composition de la spiruline affichée sur le packaging est effectué tous les ans.

Tableau d'analyse bactérienne de Mai 2019 : Résultats conformes aux limites et référence de qualité :

Paramètres recherchés	Méthodes	Unités	Critères	Résultats	S/conclusion
Heure de la filtration	Mémoire interne			16h15	
Germes revivifiables à 22°C	ISO 6222	/ml		>3000	
Germes revivifiables à 36°C	ISO 6222	/ml		>3000	
Bactéries coliformes	NF EN ISO 9308-1 (36°C)*	/100ml	0	<1	RQ Satisfaisante
Bactéries coliformes	NF EN ISO 9308-1 (44°C)*	/100ml	0	<1	RQ Satisfaisante
Escherichia coli	NF EN ISO 9308-1 (36°C)*	/100ml	0	<1	LQ Satisfaisante
Escherichia coli	NF EN ISO 9308-1 (44°C)*	/100ml	0	<1	LQ satisfaisante
Entérocoques intestinaux	NF EN ISO 7899-2*	/100ml	0	<1	LQ satisfaisante
Bactéries et spores sulfito-réductrices	NF T99-417	/100ml	0	<1	RQ Satisfaisante

II-1-2-Marque 2 : Spiruline de Saint-Cannat : Spiform :

La culture de la spiruline SPIFORM s'effectue dans un environnement contrôlé sous serre à Saint-Cannat, loin des pollutions industrielles. Chaque étape de transformation est réalisée dans un laboratoire attenant à la serre (récolte, pressage, extrudage, séchage et

conditionnement). L'ensemble des installations répond aux normes alimentaires. Le séchage de la spiruline est réalisé à basse température (35°) permettant ainsi de garder toutes ses propriétés. Des analyses sont effectuées périodiquement par un laboratoire indépendant afin d'assurer la conformité et la qualité de la spiruline. La spiruline Spiform est affiliée à LA FEDERATION DES SPIRULINIERS DE FRANCE et s'engage à respecter la CHARTE D'ENGAGEMENT des Spiruliniers de France.



Les différentes étapes de production restent classiques :

-Lieu de culture : La culture de spiruline est saisonnière, elle s'échelonne d'avril à octobre dans 4 bassins de 100m² chacun agités par des roues à aube sous serre. Les éléments nutritifs du milieu de culture (azote, minéraux, fer, oligo-éléments), ainsi que l'énergie lumineuse permettent à la spiruline de croître dans de bonne condition.



- Lieu de transformation : une fois la concentration en spiruline arrivée au niveau désiré, nous avons 4 étapes pour produire de la spiruline déshydratée. Toutes ces étapes sont réalisées dans un laboratoire de transformation climatisé attenant à la serre. Cet environnement permet la production d'une spiruline de grande qualité.



-Table de récolte : la récolte consiste à acheminer le milieu de culture où baigne la spiruline vers une table munie d'une toile de récolte ($30\mu\text{m}$) par pompage (pompe vortex, sans hélice évitant de briser les filaments de la spiruline). Un pré-filtre de $130\mu\text{m}$ est installé avant l'arrivée de l'eau sur la table de récolte.



-L'eau passe à travers la toile de filtration et retourne dans le bassin tandis que la spiruline s'accumule petit à petit sur la table de récolte. Après égouttage, on obtient une pâte d'une texture ressemblant à de la faisselle. Cette pâte est appelé biomasse.



- Le pressage : Cette étape consiste à presser la biomasse qui contient encore beaucoup d'eau. Pour ce faire, une presse avec des vérins hydrauliques est utilisée. L'excédent d'eau s'évacue au fur et à mesure du pressage.



-On obtient une pâte, ressemblant à de la pâte à modeler, appelée spiruline fraîche. Sous cette forme, la spiruline se consomme mais ne se conserve pas très longtemps. Le seul moyen de la conserver pendant plusieurs années est de la déshydrater.



-La mise en forme : la pâte pressée est ensuite introduite dans un poussoir. Elle est transformée en spaghettis de spiruline sur des claies, par le biais d'une filière.



-Le séchage : La spiruline est ensuite séchée à l'abri de la lumière dans un séchoir alimentaire pendant 4 à 6 heures à une température d'environ 35°. Ce type de séchage doux et lent permet de conserver de façon optimale la qualité de la spiruline.



A la sortie du séchoir, les spaghettis de spiruline sont concassés pour obtenir les paillettes. Après réduction en poudre et compactage à froid, elle pourra être également consommée sous forme de comprimés.



II-1-3-Marque 3 : santemedica-Ineldea

Il s'agit d'une spiruline d'origine France issue de l'agriculture biologique. La culture se fait dans des bassins d'eau douce dont l'environnement et les conditions de culture sont rigoureusement contrôlés. Elle est récoltée et séchée sur place par des procédés mécaniques doux, sans aucun autre traitement. Et elle fait l'objet d'analyses de contrôle à chaque lot de fabrication : absence de contamination microbiologique, absence de métaux lourds, absence de pesticides, teneur en nutriments et autres constituants d'intérêts tels que Fer et Phycocyanine. Le laboratoire n'a pas voulu me donner plus d'informations !!

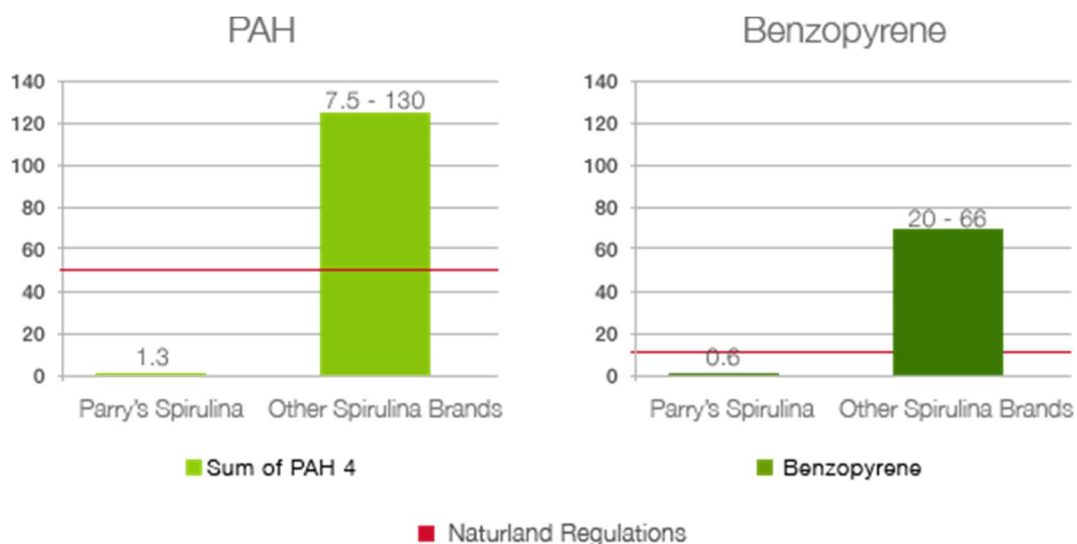
II-2-Spiruline « internationale »

II-2-1-Marque 4 : Solgar

La spiruline de la marque Solgar est produite dans la sud de l'Inde à OOnaiyur loin des établissements industriels, agricoles et humains, cultivée sans pesticides, herbicides ni engrais chimique dans des conditions contrôlées, surveillée quotidiennement pour éviter toute contamination. L'emplacement offre un environnement propice à la culture de la spiruline organique, avec une température idéale de 30°C à 39°C, une faible pluviosité, une faible humidité et une bonne quantité de soleil toute l'année.

Solgar a pour fournisseur la société Parry nutraceuticals. Cette dernière fait toutes les analyses nécessaires afin d'être conforme aux différentes réglementations.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont un groupe de composés CMR (cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction) qui s'accumulent dans l'environnement en raison de leur caractère bioaccumulatif persistant. Les HAP pénètrent dans l'environnement par l'air et finissent par se retrouver dans la chaîne alimentaire, s'accumulant dans les tissus adipeux lors de la consommation, causant des dommages irréparables. Sur plus de 100 HAP identifiés, 16 ont eu un impact potentiel (4 comme les plus critiques : HAP 4). Des limites ont été fixées dans divers aliments, y compris les algues par le règlement de l'UE 2015/1993. L'exposition à ces HAP est liée aux cancers du poumon, du foie, de la peau.





La spiruline organique de Parry est conforme aux spécifications strictes en métaux lourds avec les réglementations américaine, britannique et européenne.

Métaux lourds	California Prop 65 Limite (mg / jour)	Spiruline de Parry (mg / 10g)
Conduire	0,0005	0,0004
Arsenic	0,01	0,0008
Cadmium	0,0041	0,0001
Mercuré	0,0003	0,0001

La spiruline de Parry est sans danger pour la consommation : sans pathogénicité, sans toxines, exempt HAP (hydrocarbure...), de PCBS et de dioxines, sans OGM, sans irradiation et sans allergènes.

La spiruline de Parry en plus d'être conforme à toutes les recommandations internationales, elle possède diverses certifications :

Certifications biologiques et déclarations végétariennes	-Conforme aux normes USDA NOP	
	-Conforme aux normes biologiques Naturland, Allemagne	
	-Conforme au certificat biologique, France.	

Conforme à toutes les recommandations internationales en matière de sécurité et de qualité des aliments	<i>Kascher</i>	
	<i>Halal</i>	
	<i>Certifié ISO 22000 pour le système de sécurité alimentaire</i> <i>Certifié ISO 14001 pour le système de gestion de l'environnement.</i> <i>Certifié ISO 9001 pour le système de gestion de la qualité</i>	
	<i>Certifié pour les spécifications de produit GMP assure</i>	

II-2-2-Marque 5 : Arkopharma

La Spiruline Arkopharma est séchée selon la méthode du « Spray drying » : cette méthode consiste à appliquer un courant d'air chaud (moins de 50°C) durant 6 à 8 secondes environ afin de ne pas dénaturer la Spiruline et de lui conserver l'intégrité de sa composition et de son intérêt nutritif.

Elle est produite dans la région autonome de la Mongolie Intérieure et qui est essentiellement occupée par des massifs.

De plus, la spiruline d'Arkopharma est contrôlée par ECOCERT® selon le référentiel de production écologique pour les micro-algues d'eau douce et garantie de très haute qualité. En effet, la culture de la spiruline suit des procédés naturels : l'algue est cultivée en bassins, récoltée, puis filtrée et rincée à l'eau pour ne pas l'altérer. Elle est ensuite séchée et soumise à plusieurs tests afin de contrôler sa qualité.



Analyses microbiologiques :

Critères	UFC / g
Germes totaux	< 100 000
Levures et moisissures	< 300
Anaérobies sulfito-réducteurs	< 100
Coliformes fécaux	< 10
Clostridium perfringens	< 1
E.coli (/10 g)	Absence
S.aureus (/ 10g)	Absence
Salmonelles (/25 g)	Absence

Substances indésirables :

Métaux lourds	ppm
Arsenic (As)	< 1.0
Mercuré (Hg)	< 0.1
Cadmium (Cd)	< 0.1
Plomb (Pb)	< 1.0
Pesticides	ppm
Conforme à la réglementation européenne 396/2005 et 834/2007	
HAP	µg / kg
Benzo(a)pyrène	< 10.0
Somme du benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène, benzo(a)fluranthène et chrysène	< 50.0

La spiruline d'arkopharma est donc conforme à des spécifications européennes. Son taux de métaux lourds, de HAP et de pesticides est inférieur aux normes autorisées. Elle est donc sans danger pour la consommation.

III-Tableau récapitulatif

Marque	Sospiruline (Mallemort)	Spiform (Saint-Cannat)	Ineldea-STC	Solgar	Arkopharma
Composition	-3 cps : environ 1,5g de spiruline mais pas de taux de phycocyanine	-3 cps : 1,5g de spiruline -phycocyanine : 15 à 20%	3 gélules : 750 mg dont 150 de phycocyanine -20% de phycocyanine	-3 cps : 2250 mg -Pas de taux de phycocyanine spécifié	-3 gélules : 1176 mg et entre 82 et 152 mg de phycocyanine -7 à 13% de phycocyanine
Etapas	-respectées et séchées à basse température	-respectées et séchées à basse température	-sûrement respectées !! MAIS...	-étapes respectées	-respectées et méthode de « spray drying »
Origine	Locale mais souche vient du Pérou	Locale mais souche vient du Pérou	France	Inde	Mongolie
Environnement	-vente au magasin Bio de Mallemort -vente au « bar »	-Pas de démarchage local	-international	-international	-international
Substances indésirables	-respectent les normes	-respectent les normes	- doit respecter les normes internationales	-respectent les normes internationales	-respectent les normes internationales
Analyses microbiologiques	-respectent les normes	-respectent les normes	-doit respecter les normes internationales	-respectent les normes internationales	-respectent les normes internationales
Avantages	-local : vente à proximité	-local et vente par internet -recommandé par des sportifs -prix pour 100 gr moins cher que son concurrent direct	-Très bon dosage de phycocyanine	-certifications biologiques et déclarations végétariennes	-Ecocert
Inconvénients	-étiquette, vente au « bar » du quartier -comprimés pas fait sur place et pas d'informations -taux de phycocyanine ? -composition d'un lot une fois par an	-comprimés pas fait sur place et pas d'informations	-pas assez d'informations -international	-pas local : international	-international

Le prix peut permettre de nous orienter vers tel ou tel marque mais ne doit pas être le seul paramètre qui doit être pris en compte.

IV-Mise en avant en officine

De plus en plus de laboratoires proposent de la spiruline à l'officine, sous forme de gélules ou de comprimés, sous le label Ecocert ou non, et des marques de cosmétiques incorporent de la spiruline dans leurs crèmes anti-âge.

IV-1-Population cible

Du nourrisson à la personne âgée, tous les âges sont concernés par la spiruline. Les sportifs apprécieront cet apport en protéines. Dès la diversification alimentaire, de la spiruline sous forme de paillettes peut être rajoutée aux purées du nourrisson. Puis la spiruline est retrouvée dans des sirops destinés aux enfants avant qu'ils puissent utiliser gélules ou comprimés. Dans les aliments pour animaux, il y en a de plus en plus aussi. Connaissant maintenant les bienfaits, de plus en plus de personnes la cuisine ou la saupoudre sur des salades. Mais elle ne doit pas être soumise à une température dépassant 50° afin qu'elle garde toutes ses propriétés.

IV-2-Indications supplémentaires

Dans les indications proposées (publicité sur internet, articles dans des revues tout public, démarchage...) concernant des produits contenant de la spiruline, certaines n'ont aucun fondement scientifique puisqu'aucune étude n'a été menée actuellement. Ces indications sont fondées uniquement sur la richesse de la composition de la spiruline.

-La spiruline est considérée comme « aide-minceur ». Aucune étude ne montre que la spiruline fait perdre du poids mais elle peut être un allié des régimes qui ont tendance à faire perdre de la masse maigre (muscles), et de l'eau mais peu de graisses en maintenant la masse maigre par son apport conséquent en protéines, et en limitant les carences habituelles en cas de régime strict par sa composition en oligoéléments et en vitamines. L'apport en chrome, pourrait permettre de réguler la sécrétion d'insuline, de diminuer la glycémie et le taux de lipides sanguins et de diminuer les envies sucrées. Enfin, les fibres pourraient avoir un effet coupe-faim en régulant l'appétit et limitant ainsi le grignotage entre les repas, cet effet satiétogène pourrait être obtenu avec une prise 30 min avant un repas avec un grand verre d'eau, tout comme l'association tryptophane-phénylalanine qui stimule les chimiorécepteurs des centres de la satiété et baisse ainsi l'appétit. La spiruline apporte une supplémentation en zinc et restaure le métabolisme de la sérotonine qui est incriminé dans les crises de boulimie. Elle apporte du magnésium et de l'inositol, des vitamines B1, B2, B12, du calcium, du zinc et des acides gras,

incriminés dans les phénomènes d'anorexie mentale. La spiruline pourrait aider le sevrage tabagique en limitant la prise de poids et les envies sucrées grâce à son effet satiétogène. Mais ces effets ne sont pas prouvés scientifiquement alors que de nombreux laboratoires prônent cette indication.

-Accompagnement de la femme enceinte et allaitante : Aucune étude clinique n'a été effectuée avec des femmes enceintes, mais les études toxicologiques sont encourageantes, aucune étude chez l'animal n'a montré d'effet tératogène. Au vu de la composition de la spiruline, elle pourrait être à des doses de 3 à 5 g/jour, un apport en fer, en calcium et en acide folique dont les besoins sont soit, augmentés, soit importants pendant la grossesse, mais aussi d'acides gras essentiels pour le développement cérébral du fœtus. La spiruline pourrait améliorer la qualité nutritionnelle du lait maternel, notamment la quantité d'acides gras et stimuler la montée de lait, ses acides gras essentiels diminuant le risque de dépression post-partum (notamment le DHA) mais aucune étude n'existe dans ce sens.

-Trouble du sommeil/ anxiété/ fonctionnement cérébral. Grâce aux vitamines du groupe B, au sélénium, magnésium, et tryptophane, la spiruline permet de lutter contre le stress, la fatigue psychique, l'irritabilité, la tristesse, le pessimisme, la démotivation, la dépression, favorise le sommeil, le bien-être, l'équilibre du système nerveux, et la sénescence. Le tryptophane, précurseur de la mélatonine, et la phénylalanine favorise l'endormissement et la phase de sommeil paradoxal permettant d'obtenir un sommeil normal, profond et réparateur sans effet secondaire. De plus, elle apporte et stimule la production de mélatonine. Pour un étudiant, dont le régime alimentaire n'est pas toujours varié et qui a une activité intellectuelle intense donc avec des besoins nutritionnels augmentés, la spiruline lui apporte les vitamines, minéraux, et acides gras essentiels nécessaire au bon fonctionnement cérébral, la lysine et la phénylalanine peuvent améliorer la mémorisation, la vitamine B1 présente participe à l'équilibre du cerveau et du système nerveux.

-Effet antioxydant et anti-âge :

Le vieillissement est dû à un ensemble de facteurs :

- diminution de la production d'hormones,
- ADN endommagé,
- usure du corps et des cellules,
- présence de radicaux libres,
- dysfonctionnement des mitochondries,
- rigidité des membranes.

Or la spiruline intervient dans le processus de réparation de l'ADN, elle a un fort pouvoir antioxydant, avec les vitamines A, les vitamines du groupe B et la vitamine E permettant ainsi la régénération de cellules, notamment des cellules cérébrales. Enfin le vieillissement est dû à l'accumulation de métaux lourds (mercure, plomb, cadmium, aluminium pour ne citer que les plus dangereux). Au niveau du système nerveux central, cette accumulation entraîne démence, dépression, troubles du sommeil, perte de mémoire, déclin cognitif. La spiruline en chélatant les métaux lourds pourrait permettre de détoxifier l'organisme et limiter ces déclin. Le sélénium, le manganèse, le cuivre et le zinc permettent de lutter contre le vieillissement cellulaire. Faire régulièrement des cures de spiruline est un moyen de prévenir du vieillissement cellulaire et permet de vieillir en meilleure santé même si aucune étude clinique n'existe.

-Effet sur la peau et les phanères

La présence d'antioxydants : vitamine A, E, B, β -carotène permettent d'avoir un joli teint, les acides gras notamment l'acide γ -linoléique apporte souplesse, élasticité et douceur à la peau, la SOD aide à oxygéner la peau et la protéger contre les dommages des UV, le β carotène, antioxydant est photo-protecteur, protège du vieillissement lié aux UV, les vitamines du groupe B (B2, B5, B8, B12), la vitamine D, le calcium, magnésium, zinc et acides aminés sont nécessaires à la bonne croissance des phanères. Cet effet pourrait être obtenu par une prise de spiruline per os mais aussi en application locale, en cataplasme, ou dans les cosmétiques permettant d'absorber les impuretés, nettoyer la peau, hydrater et donner un teint éclatant. En effet, les laboratoires cosmétiques recherchent la formule antiâge la plus complète et la plus efficace, or la spiruline contient des actifs pour nourrir la peau, des actifs antioxydants, cicatrisants, détoxifiants, régénérant, antirides, antidessèchement c'est pour cela qu'elle est utilisée par certaines marques de cosmétiques. De plus, elle a une action régénératrice locale, pour améliorer le processus de cicatrisation sur des brûlures, ulcères ou lichens, en apportant des acides aminés pour la croissance et la reconstitution des tissus en appliquant de la spiruline mélangée avec de l'eau formant ainsi une pâte molle à garder sur la plaie plusieurs heures par jour jusqu'à cicatrisation. Et sur l'acné, 5g de spiruline par jour pendant 2 mois permet grâce au β -carotène, au zinc et à la vitamine E de lutter contre P.acnes, de cicatriser les boutons, d'éliminer les cellules mortes, de fabriquer des cellules cutanées saines et de réguler la sécrétion de sébum.

Voici quelques conseils que le pharmacien devrait mentionner au patient lors de la délivrance de compléments alimentaire à base de spiruline :

- faire des cures de 3 semaines par mois à renouveler ;

- éviter la prise le soir à cause de l'effet stimulant ;
- avertir que la présence de pigments (phycocyanine et chlorophylle) peut colorer les selles en noir ou vert ;
- conseiller une prise avec de l'eau plate froide ou tiède et non avec des jus de fruits, boissons gazeuses, thé, café ou alcool car ces boissons pourraient détériorer les nutriments et enzymes de la spiruline ;
- pour la conservation : afin de préserver la qualité nutritionnelle de la spiruline, il vaut mieux la conserver dans un milieu loin de toute source de chaleur et de lumière directe ; à l'abri de l'humidité, et la consommer dans les trois mois après ouverture en refermant correctement l'emballage après chaque utilisation. En effet sur 3 mois, aucune variation sur les teneurs en lipides, protéines et glucides n'est observée; par contre au bout de 10 mois, on peut voir une légère augmentation du pH et une diminution du taux de protéines mais rien de statistiquement significatif, la spiruline reste stable dans le temps ;
- augmenter progressivement les doses en commençant à 1 g par jour pour éviter la survenue d'effets indésirables.

IV-3-Posologie

La dose appropriée dépend de l'âge, de l'utilisation et de l'état de santé de l'individu. Il n'y a pas assez de données pour déterminer une dose optimale et universelle même si la plupart des études se basent sur une consommation de 1 à 3 g par jour. Les laboratoires de complément alimentaire proposent jusqu'à 1 g par jour chez l'enfant et entre 1 et 3 g chez l'adulte. Cette posologie peut être augmentée de 3 à 10 g/j en cas de carence avérée avec des cures de 3 semaines et les sportifs en période d'entraînement intensif pourront aller jusqu'à 20 g/j. Une consommation en continue n'est pas optimale, il est préférable de faire des cures de 3 semaines à renouveler et d'augmenter progressivement la dose, pour éviter des troubles digestifs.

IV-4-Contre-indications

Il existe de rares cas où la spiruline est contre-indiquée :

- en cas de phénylcétonurie, une maladie génétique rare car la spiruline contient de la phénylalanine,
- en cas d'hyperparathyroïdie, La spiruline n'est pas contre-indiquée en cas de dysthyroïdie car bien que ce soit une algue, elle est cultivée en eau douce et ne contient donc pas d'iode. Seule

exception l'espèce subsala cultivée en mer mais qui n'est jamais retrouvée dans les compléments alimentaires.

- en cas d'allergie aux algues,
- en cas de maladie auto-immune (sclérose en plaque, lupus, polyarthrite rhumatoïde...) car la spiruline active le système immunitaire ce qui pourrait aggraver ces maladies.

IV-5-Précautions d'emploi

Il existe quelques précautions d'emploi :

- en cas d'hémochromatose car la teneur en fer de la spiruline est élevée,
- concernant les femmes enceintes et allaitantes, à évaluer au cas par cas,
- en cas d'antécédents de crise de goutte ou de calculs rénaux. La spiruline a un haut contenu en acides nucléiques (ADN et ARN) de 4,2 à 6 % du poids de la matière sèche totale qui en se dégradant produit de l'acide urique pouvant se précipiter en cristaux d'oxalate de calcium se déposant dans les articulations déclenchant des crises de goutte ou créant des calculs rénaux. Par précaution, ces derniers ne doivent pas dépasser 5 à 10g de spiruline par jour même si une étude conduite à l'hôpital Bichat à Paris sur des enfants et adultes dénutris, n'a montré aucune augmentation de l'urémie alors que les patients consommaient jusqu'à 100 g de spiruline par jour,
- les fumeurs doivent limiter l'utilisation à cause de l'apport β -carotène,
- en cas de dialyse et immunodépression,
- en cas de prise d'anticoagulants (AVK, NACO).

IV-6-Interactions médicamenteuses

Il existe un risque modéré d'interaction médicamenteuse avec :

- les immunosuppresseurs (azathioprine, basiliximab, methotrexate, etanercept, adalimumab, infliximab, leflunomide, cyclosporine, mycophénolate et tacrolimus) et les corticoïdes (prednisone et corticostéroïdes) car la spiruline active le système immunitaire, mais il n'existe aucune preuve certaine.
- les anticoagulants (coumadine, Préviscan®, héparine), les antiagrégants plaquettaires (clopidogrel, aspirine) et les AINS (diclofénac, ibuprofène et naproxène) car la spiruline ralentit la coagulation donc le risque de saignement augmente.

Il n'existe aucune interaction connue à ce jour avec des plantes, d'autres compléments alimentaires ou des aliments. (11)

CONCLUSION

La spiruline est une cyanobactérie apparue sur Terre, il y a plusieurs milliards d'années. Les cyanobactéries sont phyto-, litho-, autotrophes. La spiruline est composée de filaments hélicoïdaux avec une reproduction par scissiparité.

Sa première utilisation au Mexique en XV Siècle a montré ses propriétés. Puis, employée pendant la seconde guerre mondiale, elle ne fut identifiée et analysée que dans les années 60 en Belgique. Début des années 80, on commence à la trouver dans des magasins aux Etats-Unis. En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique donne un avis favorable à la consommation d'algues. De nos jours, on retrouve la spiruline essentiellement dans le Sud de la France où la culture est plus aisée. Dans le monde, nous comptons plus de 5000 fermes de spiruline.

En effet, elle se développe plus vite dans les régions chaudes et ensoleillées. L'eau doit être basique, saumâtre, chaude, dans une région ensoleillée, riche en oxygène et en nutriments et en gaz carbonique. Pour une culture optimale, il faut prendre en compte : la température, la pluviométrie, le climat et la saison : le climat idéal se trouve sur le versant Est des Andes et au désert d'Atacama au Chili.

Mais la spiruline est un grand chélateur et peut provoquer des maladies neuro-dégénératives si elle est contaminée. La Chine est le plus grand producteur mondial de spiruline. Mais la qualité est-elle toujours satisfaisante ?

La spiruline contient en majorité des protéines mais aussi des glucides, des minéraux, des lipides, des fibres et des pigments. La spiruline contient, en moyenne, au minimum 6% et au maximum 20% de phycocyanine. Les études ont montré son effet hypoglycémiant, anti-oxydant, anti-hypertenseur, anti-inflammatoire, anti-viral, stimulant du système immunitaire, anti-anémique, hépato-protecteur, néphro-protecteur, anti-allergique, hypocholestérolémiant, régule le microbiote. Elle est contre-indiquée chez les insuffisants rénaux, lors d'hémocromatose mais indiquée dans le VIH et l'herpès, le cancer, le diabète, comme agent de chélation, pour optimiser les capacités physiques et mentales.

Du fait de sa composition qui explique la diversité de ses propriétés, le développement et la mise en place de ferme à spiruline dans les pays en voies de développement pour lutter contre la malnutrition étaient la suite logique. Les responsables des fermes de spiruline à Madagascar nous disent que la spiruline est considérée comme un aliment exceptionnel avec des résultats très satisfaisants et concluants dans la prise en charge des enfants malnutris.

La culture, à n'importe quel niveau, reste délicate pour plusieurs raisons : contrôle du pH, nutrition, agitation douce et régulière... Nous pouvons trouver des organismes proposant des « aquariums » prêt à l'emploi afin de développer notre spiruline : Alg & You avec leur Bloom ont mis en place ce système : beaucoup plus facile et pratique pour toute personne voulant rapidement une rentabilité.

Nous retrouvons de plus en plus de spiruline dans les recettes, dans les laits infantiles, dans les croquettes et pâtés pour chiens et chats. La chlorella et le Klamath sont des algues souvent retrouvés en suppléments avec la spiruline dans les compléments alimentaires.

Résumé

La spiruline ou *Spirulina platensis*, appartient à la famille des cyanobactéries filamenteuses ou microalgues bleu-vert. Cette cyanobactérie existe sur Terre depuis plus de trois milliards d'années et est vraisemblablement le micro-organisme le plus ancien de la planète.

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. Outre le titre de complément alimentaire, la spiruline possède plusieurs vertus thérapeutiques qui ont fait l'objet de nombreuses études pharmacologiques et cliniques, avec souvent des résultats satisfaisants et concluants.

L'utilisation majeure de cette algue dans les pays en voie de développement est son implication pour combattre la malnutrition qui est un problème majeur dans ces pays.

Abstract

Spirulina or *Spirulina platensis* belongs to the family of filamentous cyanobacteria or blue-green microalgae. This cyanobacterium has existed on Earth for more than three billion years and is probably the oldest microorganism on the planet. It has been considered for years as a natural, healthy and effective dietary supplement by a large number of people convinced by the results obtained following a cure. In addition to the title of dietary supplement, spirulina has several therapeutic virtues that have been the subject of numerous pharmacological and clinical studies, often with satisfactory and conclusive results. The major use of this algae in developing countries is its involvement in combating malnutrition, which is a major problem in these countries.

ANNEXES

Charte d'engagement des spiruliniers de France, du 16 avril 2014 :

Le spirulinier est attentif à la qualité de sa production :

- Il s'engage à respecter le Guide de Bonnes Pratiques et d'Hygiène élaboré par la Fédération des Spiruliniers de France.

- Il est en conformité avec la réglementation sanitaire en vigueur (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France).

- Il procède à des analyses qualité réalisées par un laboratoire agréé COFRAC.

- Il accepte des visites de conseil réalisées par des confrères expérimentés dans le cadre d'un parrainage et désignés par le collège de la FSF. Le spirulinier est respectueux de l'environnement

- Il met en œuvre une démarche compatible avec le développement durable.

- Il met en place des techniques permettant de limiter les dépenses énergétiques. Le spirulinier respecte les consommateurs

- Il pratique une action commerciale orientée vers la satisfaction du client.

- Il donne des informations sérieuses, justes et adaptées.

- Il privilégie la relation directe avec le consommateur final.

- Il fait preuve d'éthique et de transparence envers le client et la Fédération, par exemple en annonçant la commercialisation, complémentaire à sa production propre, de spiruline non produite sur place par un étiquetage clair.

- Il ouvre son lieu de production à ses confrères et aux visiteurs.

- Il signale à la Fédération les événements susceptibles de nuire à l'image de la spiruline en général et des spiruliniers en particulier. Le spirulinier est actif dans la solidarité et l'entraide

- Il s'inscrit dans une démarche de coopération et d'entraide entre producteurs (pas de dépréciation).

- Il s'abstient de tout dépôt de brevet risquant de gêner le développement de la culture artisanale de spiruline. En aucun cas le « secret industriel » ne pourra être évoqué dans ses échanges avec d'autres adhérents.

- Il participe de son mieux au développement de la culture artisanale de spiruline partout dans le monde et surtout là où sévit la malnutrition.

Source : <http://www.spiruliniersdefrance.fr/spip.php?article32>, dernière consultation le 16 mai 2015

ANNEXES

SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

- ❖ *D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ *D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ *De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.*
- ❖ *En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre, méprisé de mes confrères, si j'y manque.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Les fleurs d'eau de cyanobactéries*, revue de littérature (Laurion *et al.* 2007): Image cyanobactérie : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cyanobacteria>
2. Ripley Fox (1999) : Classification de la spiruline
3. Institution intergouvernementale pour l'utilisation de micro-algues spiruline contre la malnutrition : iinmsam 2014 : <http://iinmsam.org/eng/>
4. Fédération des spiruliniers de France : octobre 2018 : <http://www.spiruliniersdefrance.fr/spip.php?rubrique2>
5. Image Luxorion: <http://www.astrosurf.com/luxorion/bioastro-adaptation6.htm>
6. Evaluation de certains additifs alimentaires et des contaminants : Mercure, plombs et cadmium : OMS 1972 https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38504/WHO_TRS_505_fre.pdf;jsessionid=5C784A6C5C41F02FBB9A198EB01F99DC?sequence=1
7. Spirulinefrance.fr: Alain Casal: 2019: Composition de la spiruline: <https://www.spirulinefrance.fr/la-compositon-record-de-la-spiruline>
8. G et R Langel: Algorigin: *Comparison of Protein Extracts from Various Unicellular Green Source*. 2017 <https://www.algorigin.com/fr/algues/spiruline/composition-spiruline/>
9. Spiruline du Jura: Décembre 2015 :<https://spirulinedujura.com/index.php/productions/2015-11-28-06-54-46>
10. Dihé-Raphael Hun: 2017 disponible sur: <https://www.dihe.fr/blog-superaliments/spiruline-fer-magnesium.html>
11. Audrey Manet: La spiruline: indications thérapeutiques, risques sanitaires et conseils à l'officine: 2016: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01346709/document>
12. Novembre 2014: Principes de la santé n°72: les incroyables propriétés de la phycocyanine: <https://www.antenna-france.org/wp-content/uploads/2014/05/Principes-de-Sante-nov-2014-phycocyanine.pdf>
13. Inserm 2014: dossier d'information sur la polyarthrite rhumatoïde: réalisé en collaboration avec Marie-Christophe Boissier, unité inserm 1125 <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/polyarthrite-rhumatoide>
14. Février 2019: Ameli: <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/polyarthrite-rhumatoide/comprendre-polyarthrite-rhumatoide>
15. Cours de virologie générale: Alain Philippon: <http://www.microbes-edu.org/contact/som.html>
16. Inserm: ANRS en collaboration avec Dominique Costagliola (directrice de l'institut Pierre Louis unité 1136: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/sida-et-vih>
17. Oxid med longev: 2017:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5274660/figure/fig1/>

18. M. Petrus, L.Assih, B. Horen : Revue française d'allergologie: volume 50, issue 5: Septembre 2010: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877032010001910>
19. Antenna France, culture: Jean-Patrice Poirier: 2014-2019 : <https://www.antenna-france.org/la-spiruline/culture-de-spiruline/>
20. Culture biologique de spiruline en permaculture: Gilles Planchon: 2016 <https://www.spirulinasolutions.fr/wp-content/uploads/2015/11/20151116-RD-Culture-Spiruline-Bio-Gilles-Planchon.pdf>
21. La spiruline : activites therapeutiques et son interet dans la lutte contre la malnutrition a madagascar: Goulamabasse Tessine Raza : Juin 2018 : <https://pepitedepot.univlille2.fr/nuxeo/site/esupversions/39310f1b-cf15-411b-9f21-d462b10a952e>
22. Spirulina platensis et ses constituants interets nutritionnels et activites therapeutiques: Sébastien Sguera: 2008: http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDPHA_T_2008_SGUERA_SEBASTIEN.pdf
23. Le blog de la spiruline en aquarium : 2016: Dajaltosa: <http://spirulinaaquarium.blogspot.com/p/milieu-de-culture.html>
24. Solgar France: <http://www.solgar.fr/produits/spiruline/>
25. SoSpiruline: Mallemort: 2018: Nossardi Sophie: <https://www.sospiruline.net/>
26. Spiform: Saint-Cannat: 2015: Joan Besnard: <https://www.spiform.fr/la-spiruline/>
27. *"Spiruline et les enfants de Tchernobyl"* Du livre Spirulina World Food, de Robert Henrikson : Octobre 2010: <http://www.spiruline-entrecasteaux.com/2017/07/spiruline-et-les-enfants-de-tchernobyl.html>
28. Alain Casal: Spirulinefrance.fr : 2019: <https://www.spirulinefrance.fr/bienfaits-spiruline/la-spiruline-cancer>
29. Patro N, Sharma A , Kariaya K , Patro I ., Pubmed: octobre 2011: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22013740>
30. Spiruline et syndrome métabolique: Aude Debon: Juin 2015: <http://www.dietetique-lyon.fr/la-spiruline-dans-le-traitement-du-pre-diabete/>
31. Saini MK, Sanyal SN :Pubmed: Juin 2014: Targeting angiogenic pathway for chemoprevention of experimental colon cancer using C-phycoyanin as cyclooxygenase-2 inhibitor. Biochem Cell Biol Biochim
32. Mazokopakis EE¹, Starakis IK, Papadomanolaki MG, Mavroei NG, Ganotakis ES.: Pubmed: Février 2014: Mazokopakis EE, Starakis IK, et coll. (2014) The hypolipidaemic effects of Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation in a Cretan population: a prospective study.
33. Gargouri M, Magné C, El Feki A., Pubmed: Novembre 2016: Hyperglycemia, oxidative stress, liver damage and dysfunction in alloxan-induced diabetic rat are prevented by Spirulina supplementation. Nutr Res N Y N. nov 2016;36(11):1255-68
34. Saini MK, Sanyal SN., Pubmed: Juin 2014: Targeting angiogenic pathway for chemoprevention of experimental colon cancer using C-phycoyanin as cyclooxygenase-2 inhibitor. Biochem Cell Biol Biochim. 92 :206-18.
35. Saini MK, Vaish V, Sanyal SN., Pubmed: 2013: Role of cytokines and Jak3/Stat3 signaling in the 1,2-dimethylhydrazine dihydrochloride-induced rat model of colon carcinogenesis:early target in the anticancer strategy. Eur J Cancer Prev 22 :215-28.

36. Chen WT-L, Yang T-S, Chen H-C, Chen H-H, Chiang H-C, Lin T-C, et coll., Pubmed: 2014: Effectiveness of a novel herbal agent MB-6 as a potential adjunct to 5-fluoracil-based chemotherapy in colorectal cancer. *Nutr Res N Y N.* 34 :585-94.
37. Mohan IK, Khan M, Shobha JC, Naidu MU, Prayag A, Kuppusamy P, Kutala VK: Pubmed: Décembre 2006: Protection against cisplatin-induced nephrotoxicity by Spirulina in rats. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16552571>
38. Koničková R, Vaňková K, Vaníková J, Váňová K, Muchová L, Subhanová I, Zadinová M, Zelenka J, Dvořák A, Kolář M, Strnad H, Rimpelová S, Ruml T, J Wong R, Vítek L: pubmed: Mars 2014: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24552870>
39. Ngo-Matip ME, Pieme CA, Azabji-Kenfack M, Moukette BM, Korosky E, Stefanini P, Ngogang JY, Mbofung CM: Pubmed: Juillet 2015: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26195001>
40. Winter FS, Emakam F, Kfutwah A, Hermann J, Azabji-Kenfack M, Krawinkel MB: pubmed: Juillet 2014: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=25057105>
41. Mader J, Gallo A, Schommartz T, Handke W, Nagel CH, Günther P, Brune W, Reich K: Pubmed: Janvier 2016: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26341274>
42. Karkos PD, Leong SC, et coll.: Pubmed: 2011: Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications. *Evid-Based Complement Altern*
43. Mazokopakis EE, Papadomanolaki MG, et coll: Pubmed: 2014 The hepatoprotective and hypolipidemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic
44. Mazokopakis EE, Starakis IK, et coll.: Pubmed: 2014: The hypolipidaemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population: a prospective study. *J Sci Food Agric.* 94 : 432-7.
45. AF Al-Neklawy : pubmed: Septembre 2018: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=29732620>
46. Johnson M, Hassinger L, Davis J, Devor ST, DiSilvestro RA: Pubmed: 2016: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=26888417>
47. Le TM, Knulst AC, Röckmann H: pubmed: Décebre 2014: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=25445756%5Buid%5D>
48. Sandipayan Dutta : Décembre 2013 : Seminar on algae : <https://www.slideshare.net/sandipayan/algaspirulina-by-sandipayan-dutta>
49. Bartual J., Bilouboulou C., Gngang A., Hudzik H., Kerbout H. : 2016 : Etude de marché : la Spiruline : <https://player.slideplayer.fr/33/10232866/#>
50. Société canadienne du cancer : 2018 : Les stades du cancer : <http://www.cancer.ca/fr-ca/about-us/our-research/research-infographics/stats/stats-2018-2/?region=ab>
51. Tsuchihashi N, Watanabe T, Takai Y. Effect of Spirulina platensis on caecum content in rats. *Bull Chiba Hygiene College.* 1987 ; 5 : 27-30.
52. Jean-Bernard Simian: Planète spiruline : introduction à la culture de la spiruline artisanale : Février 2013 : <http://www.planete-spiruline.fr/introduction-culture-spiruline-artisanale/>
53. Sylvain Noyer : 2016 : Spiruline Algahé : <https://www.spiruline-algahe.fr/fr/content/9-production-de-la-spiruline>

54. Gargouri M, Magné C, El Feki A. : Novembre 2016 : Hyperglycemia, oxidative stress, liver damage and dysfunction in alloxan-induced diabetic rat are prevented by Spirulina supplementation. *Nutr Res N Y N*. nov 2016;36(11):1255-68
55. Saini MK, Sanyal SN. : 2014 : Targeting angiogenic pathway for chemoprevention of experimental colon cancer using C-phycoyanin as cyclooxygenase-2 inhibitor. *Biochem Cell Biol Biochim*. 92 :206-18.
56. Saini MK, Vaish V, Sanyal SN. (2013) Role of cytokines and Jak3/Stat3 signaling in the 1,2-dimethylhydrazine dihydrochloride-induced rat model of colon carcinogenesis: early target in the anticancer strategy. *Eur J Cancer Prev* 22 :215-28.
57. Chen WT-L, Yang T-S, Chen H-C, Chen H-H, Chiang H-C, Lin T-C, et coll. (2014) Effectiveness of a novel herbal agent MB-6 as a potential adjunct to 5-fluoracil-based chemotherapy in colorectal cancer. *Nutr Res N Y N*. 34 :585-94.
58. Protection against cisplatin-induced nephrotoxicity by Spirulina in rats. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16552571> dernière consultation le 12 mars 2016
59. Koničková R, Vaňková K, Vaníková J, Váňová K, Muchová L, Subhanová I, Zadinová M, Zelenka J, Dvořák A, Kolář M, Strnad H, Rimpelová S, Ruml T, J Wong R, Vítek L: pubmed : mars-avril 2014 : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24552870>
60. Classification et répllication des génomes viraux : Claire Debacq: <https://www.maxisciences.com/virus/>
61. Karkos PD, Leong SC, et coll. (2011) Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications. *Evid-Based Complement Altern Med* Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3136577/> (dernière consultation le 1 mars 2016)
62. Mazokopakis EE, Papadomanolaki MG, et coll (2014) The hepatoprotective and hypolipidemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study. *Ann Gastroenterol Q Publ Hell Soc Gastroenterol*. 27: 387-94.
63. Johnson M, Hassinger L, Davis J, Devor ST, DiSilvestro RA : pubmed : 2016 : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=26888417> PMID:26888417 DOI: 10.3109/09637486.2016.1144719
64. Anses : compléments alimentaires : 04/2019 : <https://www.anses.fr/fr/content/les-compl%C3%A9ments-alimentaires-0>

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette thèse et de cette reprise d'étude a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

A MADAME LA PRESIDENTE ET DIRECTRICE DE THESE :

Je voudrai dans un premier temps remercier, ma directrice de thèse Mme OLLIVIER, professeure à la faculté de pharmacie de Marseille, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

A MES JUGES :

Monsieur Lamy Edouard :

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de vous joindre à mon jury. Vous avez participé à ma formation tout au long de ces études. Votre regard critique sur mon travail est important à mes yeux. Je suis honoré de partager avec vous ce moment solennel qui clôturera mes études. Que ce travail soit le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

Madame Poupart Géraldine :

Tu m'as fait l'honneur d'accepter de te joindre à mon jury. Tes connaissances et ton expérience dans le milieu pharmaceutique sont pour moi les garants d'un regard critique et objectif sur mon travail. Sans le savoir, tu m'apportes cette sérénité dont j'ai besoin. Tu as cette façon de voir la vie, de prendre du recul et d'être heureuse tous les jours malgré les galères que tu as pu avoir et celles d'aujourd'hui. Tu es un modèle pour moi. Je vous souhaite plein de bonheur à toi et ta famille.

A MES RESPONSABLES ET TITULAIRES (anciens et nouveaux) :

Monsieur Mendelsohn Maxime :

Vous m'avez fait confiance et je vous en remercie. Même si ce fut plus long que prévu, nous y sommes enfin !! Merci de me faire aimer mon métier encore plus que ce que je l'aimais déjà.

Madame Reboul Anne-Marie :

Vous m'avez permis d'avoir une nouvelle vision de la pharmacie d'officine. Vous m'avez permis d'approfondir mes connaissances sur le conseil au comptoir et je vous en remercie beaucoup. Merci également pour votre présence en ce jour si important.

A MES PARENTS :

Papa, Maman. Ça y est, vous voyez enfin le bout de mes études. J'ai mis du temps mais j'ai grandi et je vais enfin devenir Docteur. Tout ça, c'est grâce à vous, MERCI. Merci de m'avoir supportée.

Merci de m'avoir permis de faire les études que je souhaitais. Merci d'être toujours là pour moi. J'ai de la chance de vous avoir comme parents. Même si je n'ai pas l'habitude de vous le dire mais sachez que je vous aime de tout mon cœur.

A MES FRERES : Florian et Fabrice

Mes modèles, mon sang. Eux qui sont toujours là. Eux qui m'écoutent, me conseillent et que j'aime très fort.

A MA BELLE FAMILLE :

Rencontrés à la fin de mes six années (même sept, je dois l'avouer !!), vous êtes ma deuxième famille et vous m'avez toujours soutenue pour finir le plus vite possible. Merci d'être là et de m'accepter comme je suis.

A MES AMIS : Anaïs : l'Amour de ma vie, Camille, Sandrine, La Delph : ma sœur ! et aux autres non cités !!

J'ai sacrifié beaucoup de temps à mes études... Et j'ai moins passé de temps avec vous. Mais vous êtes toujours là et même quand ça n'allait pas !! Merci de m'avoir comprise !!!

A MES COLLEGUES : (anciens et nouveaux)

Certains sont devenus amis, d'autres m'ont permis d'avancer, d'évoluer, d'apprendre à leurs côtés. Ils ont fait ou font partie de ma vie. Merci d'avoir été là ou d'être là.

A L'HOMME QUI PARTAGE MA VIE : Loïc

Peu de mots, trop d'émotion... Le jour où l'on s'est rencontré, je t'en parlais déjà de cette *fameuse* thèse, enfin, nous y voilà !! Quand je vois le chemin parcouru ensemble en si peu de temps et nous savons tous les deux que ce n'est que le début d'une belle aventure. C'est toi que j'attendais, c'est toi qui me fallait. Nous avons pris le temps de nous trouver mais aussi de nous adopter. Merci d'être là tous les jours à mes côtés. Je t'aimais, je t'aime et je t'aimerai.