



Adoubée « superaliment » par une industrie du complément alimentaire en pleine expansion et avide de nouveautés, la spiruline fait une entrée fracassante dans les rayonnages des pays occidentalisés dans les années 1970. Appartenant à la famille des cyanobactéries, soit l'une des premières formes de vie sur Terre, la spiruline possède en effet des propriétés et des vertus exceptionnelles qu'apprécient particulièrement les sportifs.

Spiruline, *un superaliment*

TEXTE INA CHONG ILLUSTRATION CANNELLE PETIT

« Quand ils connaissent, les gens pensent souvent qu'il s'agit d'une algue, témoigne Vincent Libeaut, producteur de spiruline en Auvergne-Rhône-Alpes et coprésident de la Fédération des spiruliniers de France (FSF). On leur explique qu'il s'agit plus particulièrement d'une cyanobactérie, l'un des premiers organismes photosynthétiques apparus sur Terre. Cet être microscopique, qui présente l'aspect d'une petite spirale, est l'une des premières formes de vie à avoir réussi à produire de l'oxygène. » À la frontière des règnes animal, végétal et bactérien, la spiruline est un organisme délicat à classer. Comme les végétaux, elle est capable de réaliser la photosynthèse en captant l'énergie solaire grâce à la chlorophylle et, comme les bactéries, elle peut échanger de l'information génétique.

« Contrairement à la spiruline industrielle, très forte, la spiruline paysanne a un goût beaucoup plus doux. »

→ Superaliment millénaire

On retrace son apparition à 3,5 milliards d'années. Depuis, elle croît naturellement dans des eaux alcalines et chaudes et on la retrouve dans certains lacs de la ceinture tropicale d'Amérique centrale ou d'Afrique, là où le milieu est riche en sels minéraux et dispose d'un ensoleillement suffisant. On raconte qu'au XV^e siècle, pour satisfaire son envie de poisson frais, l'empereur aztèque Moctezuma faisait appel à des coursiers spéciaux qui lui en rapportaient depuis le golfe du Mexique. Cela impliquait que ces coureurs d'exception se relayent sur près de 300 kilomètres de la côte à la capitale, souvent dans de rudes conditions climatiques, pour accomplir leur mission. Pour réaliser de telles performances, ils se seraient nourris de galettes de *teucitlatl*, une boue bleu et vert récoltée dans le lac de Texcoco et séchée au soleil avant d'être utilisée comme complément de farine ou consommée comme du fromage. Déjà, les propriétés nutritionnelles de cet « excrément de pierre », première occurrence de spiruline, étaient reconnues. N'appréciant guère ce mets local, les conquistadors décidèrent d'assécher les lacs pour privilégier la culture des céréales. Il faudra alors attendre plus de quatre siècles avant que les Européens ne redécouvrent la spiruline. Le premier épisode a lieu dans les années 1960 lorsque, entreprenant une traversée du Tchad pendant une expédition scientifique, le botaniste belge Jean Léonard s'intéresse plus particulièrement au mode d'alimentation de la population locale après avoir constaté leur bonne santé manifeste. Autour du lac Tchad, les populations consomment en effet du *dihé*, une sorte de gâteau sec traditionnel fabriqué à partir de spiruline récoltée

à la surface des lacs. L'espèce *Spirulina platensis* est officiellement déterminée. Le botaniste met alors à jour sa composition, ses propriétés et son immense potentiel nutritionnel.

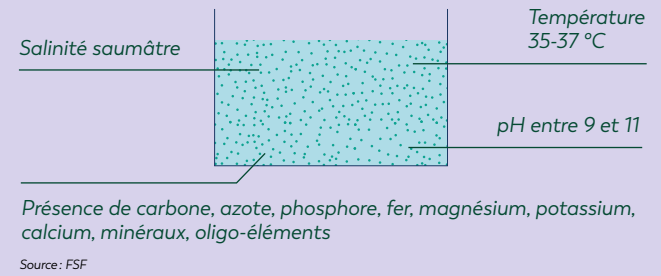
En effet, la spiruline est exceptionnellement riche en protéines, qui la composent à plus de 60 %, soit 2 à 3,5 fois plus que les œufs ou la viande. Surtout, l'absence de paroi cellulosique la rend très digeste et permet une absorption optimale de ces protéines. Elle contient par ailleurs tous les acides aminés essentiels (et la plupart des non-essentiels) ainsi que les vitamines B, E et K1. La présence de pigments comme la phycocyanine (à qui l'on doit sa couleur bleue), la chlorophylle et le bêta-carotène en font une bonne source d'antioxydants. Elle contient également des oligo-éléments et des minéraux

La spiruline est une cyanobactérie

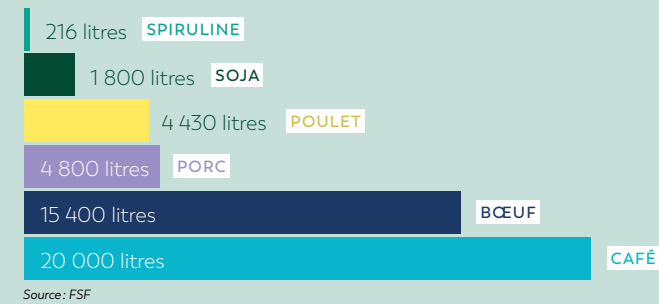


ANIMALE & VÉGÉTALE
Échange d'informations génétiques & Photosynthèse grâce à la chlorophylle

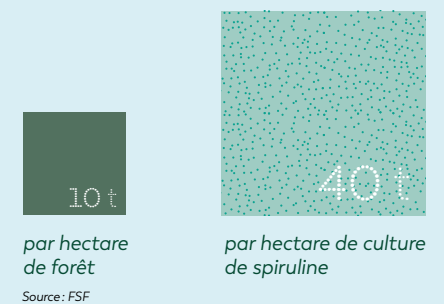
Milieu de culture optimal



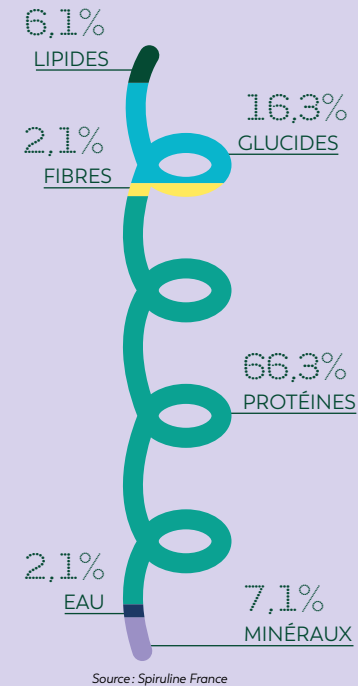
Besoins en eau pour produire 1 kg



Captation de dioxyde de carbone



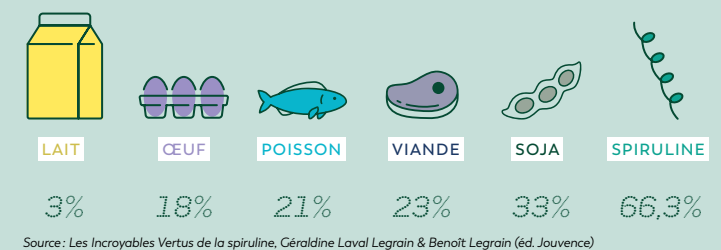
Valeurs nutritionnelles

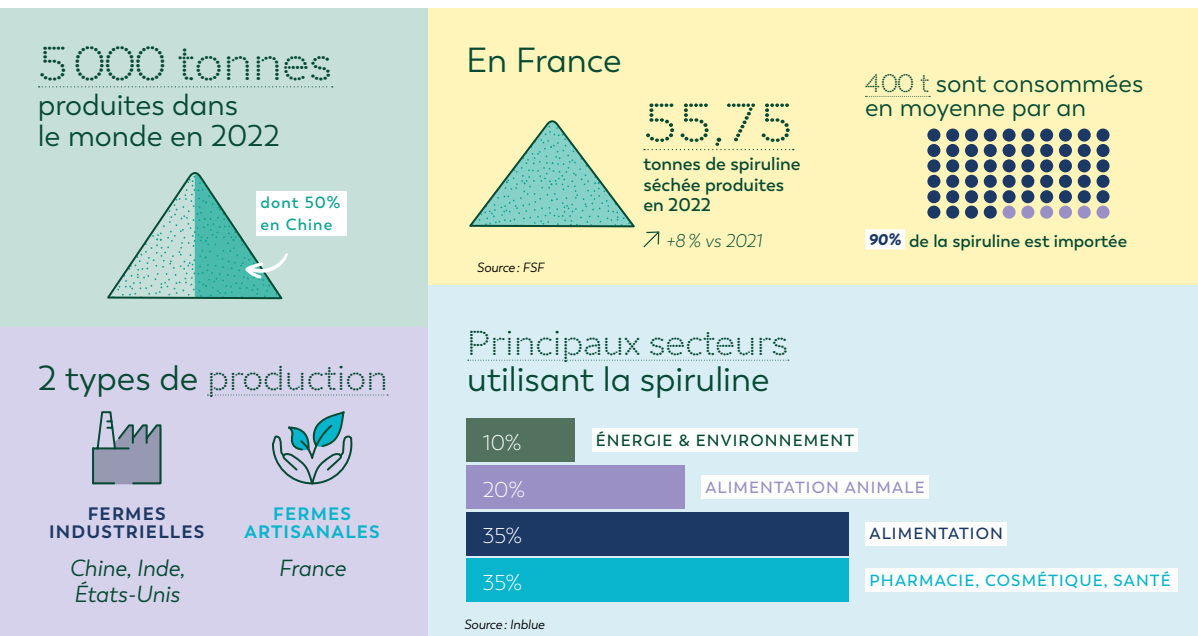


Comparatif nutritionnel



Proportion de protéines par aliment





→ comme le calcium, le fer, le magnésium, le potassium ou encore le zinc. « La spiruline constitue un excellent aliment avec une assimilation intéressante et qui, lorsqu'elle appartient à un régime diversifié, possède des effets très intéressants », explique Vincent Libeaut. La spiruline se démarque en effet par ses propriétés antioxydantes, antivirales et anti-inflammatoires.

Exploitation mondiale

Tout s'accélère dans les années 1970 lorsque, au Mexique, Sosa Texcoco, une société qui exploite les carbonates du lac Texcoco, s'aperçoit que les éléments qui ne cessent de boucher leurs tuyaux se révèlent être de la spiruline. Cela donne naissance à la première exploitation commerciale et industrielle de la cyanobactérie. En 1974, la Food and Drug Administration (FDA) reconnaît officiellement les bienfaits de la spiruline, mentionnant « l'une des meilleures sources de protéines ». De même, l'ONU déclare, lors de la World Food Conference, que la spiruline est « le meilleur aliment du futur ». Cinq ans plus tard, en 1979, la spiruline débarque dans les premiers rayonnages des magasins aux États-Unis, inaugurant son entrée sur le juteux marché des compléments alimentaires. La même année, l'entreprise Earthrise, aujourd'hui l'un des leaders mondiaux sur le marché, est créée en Californie et

structure un modèle de production hors sol à grande échelle. D'autres, comme Siam Algae Company à Bangkok ou Cyanotech à Hawaii, suivront son exemple. La production y est majoritairement mécanisée. La récolte se fait par aspiration et la spiruline est séchée à très haute température (180 °C) selon une technique de pulvérisations successives (« spray drying ») qui la réduit en poudre. Une solution industrielle faite pour traiter d'importants volumes de manière rapide, mais qui possède des inconvénients majeurs : l'utilisation massive d'eau et d'intrants et la destruction d'une grande partie des bénéfices de la spiruline, dont ses principes actifs les plus sensibles (phycocyanine, vitamines, etc.). Aujourd'hui, on estime à 5 000 tonnes la production dans le monde, la Chine fournissant près de 50 % de la spiruline consommée. Le marché mondial de la spiruline représentait plus de 500 millions de dollars en 2021, avec une croissance de 11 % par an.

La filière paysanne française

Parallèlement au développement industriel et commercial visant à répondre à la demande croissante du marché mondial, les propriétés de la microalgue inspirent également tout un courant défendant les principes d'une agriculture paysanne

et humanitaire, et particulièrement en France.

« Historiquement, les Français font partie des pionniers à vouloir créer des fermes à taille humaine pour produire de la spiruline en tant qu'aliment et permettre des échanges solidaires entre les pays du Nord et les pays du Sud, explique Hugo Baudet, producteur de spiruline en Pays de la Loire et coprésident de la FSF. L'objectif était de faire moins pour faire mieux. » C'est en effet en France que le microbiologiste américain Ripley Fox effectue l'une des premières expériences de culture artisanale de spiruline. Dans les années 1990, il développe la ferme expérimentale de La Roquette dans le Languedoc, persuadé que la spiruline peut constituer une solution pertinente et durable pour lutter contre les problèmes de malnutrition et d'anémie dans les pays en voie de développement. Dans les années 2000, le chimiste Jean-Paul Jourdan, qui collaborait avec lui, élabore le « Manuel de culture artisanale », faisant encore référence près de vingt ans plus tard dans les exploitations et les milieux de la recherche internationale. En 2005, le centre de formation professionnelle pour adultes de Hyères se dote d'une formation concernant la production de spiruline dans un cadre humanitaire. À cette époque, les premières fermes émergent dans le sud-est de la France avant de se développer partout sur le

→

La spiruline dans l'espace

Les propriétés exceptionnelles de la spiruline lui valent d'être un objet d'intérêt dans le domaine spatial. Lancé dans les années 1990 par l'Agence spatiale européenne (ESA), le projet MELISSA (Micro-Ecological Life Support System Alternative) vise à étudier les possibilités de transformer un vaisseau spatial en un écosystème fermé dans lequel algues, plantes et bactéries jouent un rôle de premier plan. L'approvisionnement de la station spatiale internationale (ISS) en oxygène, eau et aliments est en effet un processus long et coûteux. Or, pour envisager des sorties spatiales de longue durée, l'existence d'un écosystème autonome qui ne dépend plus des ravitaillements terrestres semble indispensable. L'objectif est donc de recycler le dioxyde de carbone (CO₂) et les déchets organiques pour les transformer en nourriture, en oxygène et en eau. Dans ce contexte, la spiruline constitue une composante clé du projet. Plusieurs applications sont étudiées. Ses capacités à produire de l'oxygène par photosynthèse et à recycler l'eau dans laquelle elle pousse la rendent particulièrement intéressante en vue d'une intégration dans un écosystème artificiel fermé. Par ailleurs, elle pourrait être cultivée directement à partir des déchets organiques produits par les astronautes. Enfin, ses caractéristiques nutritionnelles constituent un bon complément alimentaire pour les astronautes. L'ESA a retenu deux sociétés, QinetiQ, entreprise de recherche militaire britannique, et Capacités, la filiale d'ingénierie et de valorisation de la recherche de l'université de Nantes, pour démontrer l'efficacité d'un procédé de culture et de récolte de spiruline en condition zéro gravité. Débutées en 2020, les recherches ont conduit à la conception d'un photobioréacteur, où les ingénieurs étudient plusieurs technologies en vue de s'affranchir de la gravité pour la filtration des microalgues.

3 QUESTIONS À... **Vincent Libeaut**, producteur en Auvergne-Rhône-Alpes, et **Hugo Baudet**, producteur en Pays de la Loire, coprésidents de la Fédération des spiruliniers de France (FSF).

Quid de la spiruline bio ?

V.L. : Il faut savoir que la production paysanne de spiruline est une culture écologique avec peu d'impact sur le territoire. Les installations de taille moyenne que nous privilégions ne nécessitent pas d'infrastructures importantes et ne sont pas énergivores. Les bassins sont chauffés par le soleil et la consommation d'eau est faible [30 fois moins d'eau que la production de protéine de soja, NDLR]. Par ailleurs, la spiruline produit de l'oxygène et absorbe le CO₂. Notre production est principalement vendue en circuit court directement à la ferme ou via des magasins de producteurs locaux. Nous sommes dans des pratiques qui sont très proches de celle de l'agriculture biologique (AB), mais très peu de producteurs y ont droit. La problématique concerne les intrants de synthèse, de l'azote et du phosphore sous forme minérale utilisés pour nourrir la spiruline. Depuis 2017, la spiruline est classée dans le règlement européen dans la catégorie des algues marines. Or, le cahier des charges pour obtenir la certification biologique interdit l'utilisation de ce type d'intrants. Nous travaillons en ce moment sur les modalités d'une certification biologique acceptables et qui permettraient une différenciation claire de notre production. La spiruline industrielle étrangère, elle, bénéficie d'un régime d'équivalence AB au niveau européen. Il faut donc savoir que la certification AB ne garantit pas nécessairement la qualité du produit.

Comment aimez-vous consommer la spiruline ?

V.L. : J'ai une préférence pour la spiruline fraîche, quand elle vient d'être pressée et avant d'être séchée. La différence de texture lui donne un tout nouvel intérêt.

H.B. : J'aime bien la consommer au petit déjeuner, avec des céréales ou juste en prenant une cuillère de paillettes. Pendant les repas, il y a souvent un pot posé sur la table dans lequel tout le monde se sert. Cela marche assez bien, saupoudrée sur des crudités par exemple.

→ territoire. Avec 180 entreprises, la filière paysanne regroupe aujourd'hui le plus grand nombre d'exploitations à l'échelle européenne et près de 70 % adhèrent à la FSF, une association créée en 2009 soucieuse de défendre ces pratiques artisanales dans le respect des hommes et de l'environnement. En France, la production de la spiruline est en hausse de 8 % en volume, atteignant 223 tonnes en biomasse égouttée, soit 55,75 tonnes en poids séché en 2022, pour un chiffre d'affaires d'environ 7 millions d'euros. Mais avec une consommation toujours plus élevée – 400 tonnes de moyenne annuelle –, la grande majorité est importée. « Contrairement à la spiruline industrielle, qui peut avoir une odeur très forte, la spiruline paysanne a un goût beaucoup plus doux, précise Vincent Libeaut. Cela est principalement dû aux différences de conditions de séchage. Nous privilégions une forme sèche sans transformation, des "brindilles" qui offrent un côté croquant, et qui peut aussi se réhydrater dans les sauces. 15 % de nos clients consomment cette spiruline comme apport alimentaire et 80 % l'utilisent en cure comme complément alimentaire. »

Utilisation en cuisine

La spiruline a également rejoint la cuisine de certains chefs, séduits par ses propriétés colorantes, nutritionnelles mais aussi gustatives. Le chef Sylvain Renzetti (restaurant Son', à Bordeaux, 2 toques G&M) s'est inspiré de la spiruline pour créer l'un de ses plats signature, « L'univers iodé ». « L'idée était de partir dans l'espace et d'explorer plusieurs niveaux iodés, raconte le chef. L'avantage de la spiruline est qu'il s'agit d'un colorant bleu à la fois naturel et riche en protéines. Je me suis amusé à l'intégrer dans une panna cotta sous forme de gelée pour ce dessert. » Le chef Éric Guérin (restaurant La Mare aux Oiseaux, à Saint-Joachim, 3 toques G&M) est quant à lui un habitué de la spiruline, qu'il aime prendre en cure et qu'il décline dans diverses créations gastronomiques. « La couleur est une grande source d'inspiration, confirme Éric Guérin. On retrouve les couleurs de la nature, du bleu au vert, et cela permet de créer de véritables tableaux. Seule, la spiruline a un goût un peu ferreux, salé et iodé. Elle devient très intéressante en assaisonnement, car elle vient booster un côté marin et très végétal. Elle vient habiller un plat, lui donner de la consistance. Elle permet de réveiller des produits simples comme une vinaigrette et on peut la travailler pour garder une touche subtile ou au contraire pousser son côté iodé. » Lorsque sa qualité est garantie, la spiruline mérite donc largement sa place en cuisine. **G&M**



GAULT&MILLAU Quelle est l'histoire de la Fédération des spiruliniers de France ?

HUGO BAUDET : La FSF a été créée en 2009 dans l'objectif de mutualiser nos compétences et de structurer la filière. C'est un cas unique au monde, car elle découle d'une vision commune et de valeurs partagées et revendiquées par les producteurs pionniers, comme la défense d'un modèle d'agriculture paysanne, de qualité et éthique à la fois respectueuse de l'environnement, des consommateurs et des producteurs.

VINCENT LIBEAUT : L'association compte plus de 120 membres répartis partout en France. Il s'agit d'une jeune filière qui, néanmoins, est aujourd'hui bien structurée et, surtout, capable de garantir une traçabilité et un produit de grande qualité. L'enjeu actuel est de consolider la filière et la commercialisation.



Depuis plus d'une dizaine d'années, Vincent Salmon a installé sa ferme à Keratry, dans la baie de Douarnenez. Il y cultive avec soin et attention la spiruline tout en défendant une démarche locale, réfléchie et incarnée afin de garantir un aliment dont toutes les propriétés sont conservées.

Vincent Salmon, spirulinier de Bretagne

TEXTE INA CHONG PHOTO LOUISE GARIN

GAULT&MILLAU Comment avez-vous découvert la spiruline et pourquoi avoir choisi de la produire ?

VINCENT SALMON : C'est un ami qui m'en a parlé à un moment où ma compagne et moi avions envie d'un changement de vie. Plus je creusais le sujet, plus celui-ci me passionnait. C'était en 2005-2006. Il m'a ensuite fallu une dizaine d'années pour m'installer et développer mon projet. J'étais alors en Savoie et je me suis rendu compte qu'il y avait un spirulinier à 30 kilomètres de chez moi, la Scop L'Étoile Verte, qui produisait des plantes médicinales, des fleurs et de la spiruline. C'est là que je me suis formé après être passé par le lycée agricole de Hyères. À l'époque, on était tous un peu des pionniers à la tête de petites initiatives locales. Encore aujourd'hui, cette culture de l'échange demeure. J'ai décidé de m'installer en Bretagne dans la baie de Douarnenez et j'ai été parmi les premiers à me lancer dans le coin. Ça fait maintenant douze ans que je suis producteur.

→ **Parlez-nous de votre production...**

V.S. : J'ai deux bassins de 154 m² sous serre qui contiennent 18 m³ chacun et un troisième est prévu cette saison. Il est possible d'être vraiment écologique et *low tech*. Je n'utilise que très peu d'eau, d'espace, d'énergie ou d'intrants et pas d'effluents. La qualité de l'eau est l'un des éléments essentiels à la culture de la spiruline. Cette dernière se développe bien dans une eau possédant un pH élevé, de 9,5 à 10,5. La spiruline s'adapte à tous les environnements, mais nécessite un minimum de chaleur et d'ensoleillement. En dessous de 16 °C, elle hiberne et stagne ; au-delà de 40 °C, elle peut mourir. L'idéal est autour d'une trentaine de degrés. Avec mes deux bassins, je produis environ 6 à 8 kg par récolte en pleine saison, qui s'étale de mars à octobre, juillet étant généralement le mois le plus prolifique. Notre objectif est d'atteindre 400 kg à l'année. Aujourd'hui, j'ai un meilleur rendement avec deux bassins qu'à mes débuts où j'en ai eu jusqu'à cinq, mais où l'ensoleillement était moindre. J'étais alors à 600 ou 700 g/m²/an, là où j'atteins désormais plus de 1 kg/m²/an.

Quelles sont les principales étapes dans la culture de la spiruline ?

V.S. : Une fois que le milieu de culture est créé, on l'ensemence avec de la biomasse (une souche conservée). Lorsque la densité est suffisante – souvent moins d'une semaine plus tard –, on peut commencer à ramasser la spiruline. Lorsque le processus est enclenché, la spiruline peut se développer de 25% chaque jour. Après le pompage de l'eau du bassin, il y a d'abord un préfiltrage entre 150 et 300 microns, puis un tamisage à 32 microns. On obtient alors une pâte verte – la biomasse. Comme il s'agit d'une bactérie, une fois qu'elle est extraite de son milieu, on ne peut pas la laisser macérer et il faut la travailler rapidement. On la presse doucement comme on le ferait pour un fromage. Cela forme de grandes galettes qui sont ensuite manipulées en laboratoire. On fait passer la biomasse dans un pousoir pour faire des spaghettis qu'on répartit sur des claies avant de les mettre au séchoir. J'ai choisi de le faire totalement hermétique pour une bonne extraction de l'humidité sans apport d'air extérieur, souvent humide en Bretagne. On chauffe jusqu'à 35 °C pour bien préserver les nutriments. L'opération dure entre quatre et six heures. À la sortie du séchage, on réduit les spaghettis en paillettes avant de les conditionner pour la vente.

Comment garanzissez-vous la qualité de votre spiruline ?

V.S. : Nous effectuons des analyses régulières, notamment bactériologiques quand la spiruline sort du bassin, et nous assurons un suivi permanent. En parallèle, un grand travail collectif a été fourni à l'échelle de la Fédération des spiruliniers de France pour créer un guide de bonnes pratiques d'hygiène. Nous avons ensuite des manuels de base sur les principes de culture de la spiruline, que chacun va adapter à ses pratiques et à ses observations. Quand j'extrait 25% de biomasse, je donne la bonne quantité de nourriture pour retrouver exactement le même niveau de densité de spiruline ; mais par exemple, je donne toujours un peu de nourriture même si je n'effectue pas une récolte. C'est un métier où les inconnues restent nombreuses. Le suivi, l'observation mais aussi le ressenti sont essentiels. Cela nécessite un équilibre et des ajustements permanents, car on travaille avec du vivant microscopique et extrêmement réactif. La couleur verte varie en fonction de la nourriture donnée ou du lieu géographique. La spiruline, c'est un peu comme du vin ou du fromage. Il y a certes un goût de base, mais chaque producteur a ses petites spécificités. →





→ **Qu'est-ce qui démarque la spiruline artisanale de la spiruline industrielle ?**

V.S. : Les industriels ont la même contrainte temporelle que nous puisqu'ils ne peuvent pas non plus laisser en attente la spiruline une fois extraite de son milieu. Il faut donc que tout soit fait dans la journée, mais les volumes traités sont complètement différents. Pour la phase de pressage, l'utilisation de centrifugeuse pour extraire le milieu de culture va écraser l'unique cellule de spiruline. La phase de séchage n'a rien à voir non plus, car la spiruline est séchée à haute température, plus rapidement, ce qui se traduit par des odeurs très fortes et des nutriments détruits. C'est uniquement le processus de culture et de récolte qui va faire la différence. Pour moi, c'est lorsqu'on a une exploitation de petite taille dans une perspective d'agriculture paysanne qu'on peut assurer le suivi et garantir la préservation de tous les nutriments, et c'est par ailleurs le seul modèle économique qui fonctionne pour une spiruline de qualité.

Quels sont vos débouchés ?

V.S. : Nous faisons environ 50 % de ventes directes et 50 % via des petits magasins de producteurs. Jusqu'à l'année dernière, nous n'avions pas assez de production par rapport à la demande, mais désormais, nous pourrions également participer aux marchés. Cela fait longtemps que je suis installé et j'ai la chance d'avoir une clientèle stable qui compte pour 30 %. Nous faisons majoritairement de la spiruline en paillettes, mais il y a une demande croissante pour des formes en poudre ou en comprimés qui, jusque-là, étaient plutôt l'apanage des industriels. Nous réfléchissons également à commercialiser de la spiruline fraîche. La conservation peut aller jusqu'à une semaine et, surtout, au niveau gustatif, c'est très intéressant. Les perspectives changent complètement lorsque vous passez d'un produit sec à un produit frais. Mais les contraintes, notamment celles de la chaîne du froid, sont plus importantes et nécessitent des ajustements.

Qu'est-ce qu'une bonne spiruline ?

V.S. : C'est d'abord une spiruline produite localement. Il faut être extrêmement vigilant sur la provenance et l'étiquetage. Si on peut se la procurer directement chez le producteur, c'est une garantie de qualité et de pratiques respectueuses du vivant et de l'environnement. Pour moi, elle doit être en paillettes – c'est aussi une garantie de qualité, car il n'y a pas eu de transformation. Au niveau organoleptique, elle doit avoir un goût léger et une odeur douce. **G&M**

« Une exploitation de petite taille en agriculture paysanne assure le suivi et garantit la préservation de tous les nutriments. C'est le seul modèle économique qui fonctionne pour une spiruline de qualité. »