ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

Encyclopédie : *Question sur*

Les erreurs passent, il n'y a que le vrai qui reste (Diderot)

Acquis et promesses de la biodiversité algale, pour l'alimentation

Fiche *QUESTIONS SUR…* n° 03.14.Q01 **2021, révisée en février 2025**

Philippe POTIN, directeur de recherche, CNRS Roscoff

Mots clés : algue, ressource marine, biodiversité, sécurité alimentaire, algoculture

Beaucoup d'espoirs sont placés aujourd'hui dans le végétal, pour atténuer les effets climatiques et leurs conséquences sociales, politiques et économiques et bien sûr, pour la disponibilité de ressources alimentaires, énergétiques et en matières premières renouvelables.

Les algues, dans la diversité de leurs espèces et de leurs styles de vie, pourraient être des acteurs majeurs de la transition écologique.

Une biodiversité encore sous-estimée et largement sous-exploitée pour l'alimentation.

Les algues macroscopiques et microscopiques distribuées sur onze lignées évolutives indépendantes d'eucaryotes, ont une richesse spécifique et génétique en grande partie inexplorée. Le nombre total d'espèces d'algues varie selon les estimations de 30 000 décrites, à plus d'un million ; cette diversité fait l'objet de multiples expéditions actuelles, comme celles du voilier Tara ou du Muséum national d'histoire naturelle (*Figure 1*).

Les gisements naturels de macro-algues marines ont constitué des ressources alimentaires depuis le berceau de l'humanité[1]. En Asie, l'algue est restée un aliment quotidien, et la domestication de plusieurs espèces a permis de développer une mariculture florissante ; mais la diversité génétique et la notion de ressource génétique ont été très peu prises en compte dans la domestication des espèces d'algues.

Dans les pays occidentaux comme la France, ce n'est que récemment que leur intérêt alimentaire a été réhabilité. D'autres micro-organismes photosynthétiques – comme des cyanobactéries exploitées de manière ancestrale en Afrique et Amérique Latine – ou des micro-algues marines ou d'eau douce, sont devenues des sources potentielles de protéines, d'anti-oxydants et/ou d'acides gras à très longues chaînes.

Cependant, du fait d'une forme de répulsion de la consommation d'algues et de la maîtrise difficile de cycles de production, l'algoculture peine à se développer.

La maîtrise des procédés de culture est pourtant l'enjeu majeur pour accroître l'approvisionnement de la ressource, limiter les importations et préserver les écosystèmes. Mais elle nécessite de développer des productions à forte valeur ajoutée, contrairement aux développements des cultures d'algues rouges tropicales productrices de gélifiants, qui ont assuré plus du tiers de la croissance de la production mondiale ; mais celles-ci restent très mal valorisées pour les producteurs, et reposent sur des bases génétiques et écologiques très précaires.

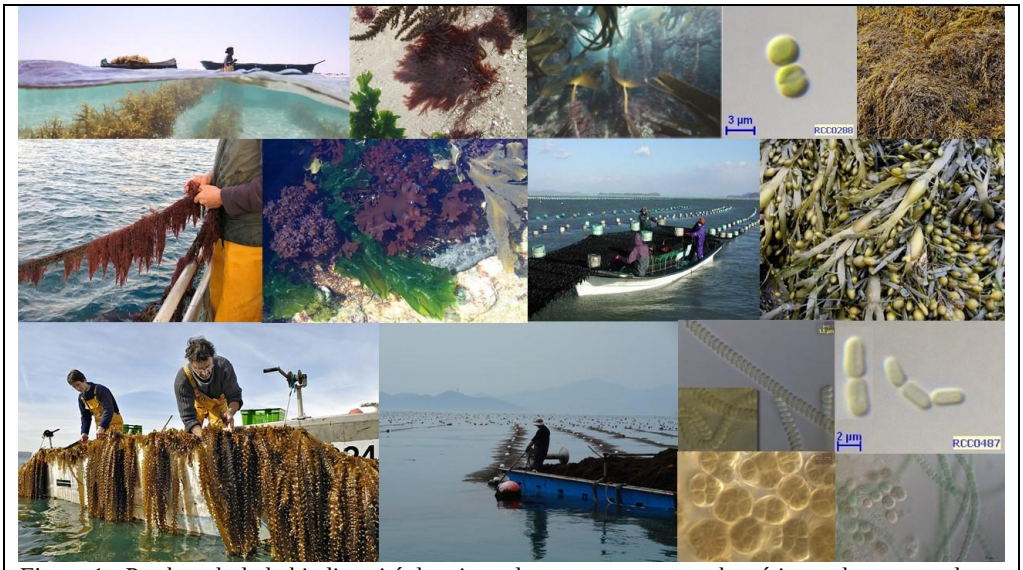

Figure 1 : Patchwork de la biodiversité de micro-algues vertes et cyanobactéries et des macro-algues rouges, brunes et vertes et de quelques cultures en Europe et en Asie. Détails et crédits photos p.4

Aujourd'hui, si la production mondiale d'algues et végétaux aquatiques s'élève à près de 32 millions de tonnes fraîches en 2018, 96 % de ce tonnage provient de la culture de macro-algues en Asie[2]. Les productions de micro-algues, dominées par les tonnages de cyanobactéries, sont encore très minoritaires et loin de contribuer significativement à l'approvisionnement mondial en protéines (*Figure 2*). Moins d'une douzaine d'espèces de macro-algues représentent 99 % des productions mondiales, et seules quatre espèces de microalgues rentrent dans l'alimentation humaine, dont la bactérie photosynthétique appelée communément *spiruline*, et l'algue verte *Chlorella spp.* qui dominent la production.

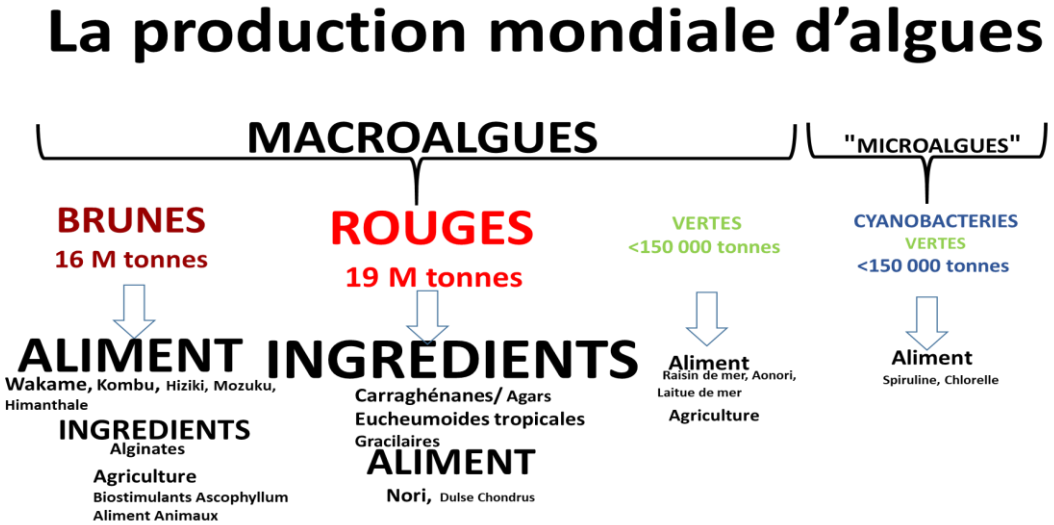

Figure 2 : Illustration des proportions des différentes algues cultivées dans le monde avec les tonnages de production et leurs utilisations principales dont l'importance est proportionnelle à la taille des caractères. Un tiers de la production mondiale rentre directement dans l'alimentation humaine. Un autre tiers fournit des ingrédients pour l'agroalimentaire.

La biodiversité algale est donc largement sous exploitée pour l'alimentation humaine.

Et pourtant les algues permettent de développer une aquaculture durable, qui ne nécessite ni terre, ni eau douce, ni pesticides, ni engrais. Les algues peuvent par ailleurs être intégrées à l'élevage de coquillages, crustacés ou de poissons, dans un modèle circulaire où les rejets des uns nourrissent les autres.

La situation en France au sein de l'Europe

La production de l'Europe (de l'ordre de 320 000 t/an de macro-algues) représente à peine 1 % de la production mondiale.

Pour l'Europe, la production est concentrée principalement sur la Norvège, la France, le Danemark et l'Irlande ; elle provient en quasi-totalité d'algues sauvages, et génère une grande valeur économique. En

 Cette fiche est consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "***Publications***" puis "***Encyclopédie de l'Académie***"
Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

France, selon les études du projet Idealg[3], les tonnages produits (essentiellement en Bretagne) dépassent 80 000 t/an ; mais il s'agit à 90 % de laminaires récoltées en mer par des navires goémoniers, et destinées à l'extraction de phycocolloïdes (alginates). Les algues de rives – une douzaine d'espèces cueillies sur l'estran par des récoltants à pied – représentent 5 000 t/ an. Quant à l'algoculture, pratiquée par une quinzaine d'entreprises, elle totalise 105 à 350 t selon les années[4].

En France, la production est donc restreinte, car la consommation alimentaire directe reste faible : elle a surtout été adoptée comme un complément d'alimentation, avec des propriétés très bénéfiques pour la santé, agissant notamment sur le microbiote intestinal comme le montrent de nombreuses études récentes[1].

À partir du début des années 1970, on vit apparaître des algues dans les magasins spécialisés en diététique, puis dans l'alimentation biologique ; ce furent notamment des spirulines et des algues asiatiques (*konbu*, *nori*, *wakame*). Le *Centre d'étude et de valorisation des algues* (CEVA) et quelques pionniers tentèrent de relancer la consommation d'algues dans les années 1980, mais le commerce des algues alimentaires n'était pas officiellement autorisé ; cependant, les efforts conjugués de cette filière naissante et du CEVA permirent d'obtenir dès 1981 une première autorisation de mise sur le marché. En 1994, une douzaine d'algues étaient autorisées, et la liste atteint désormais 25 espèces de micro- et macro-algues[5].

Aucune macro-algue marine n'est toxique, elles peuvent cependant accumuler des produits issus de pollutions locales (métaux lourds ou radioéléments par exemple) ; en dehors de celles dont la commercialisation est réglementée, il ne faut donc pas en manger de grandes quantités ni les récolter n'importe où.
Les macro-algues contiennent surtout beaucoup d'eau, des éléments minéraux et des fibres, ce qui en fait un complément alimentaire riche en oligoéléments, en particulier d'iode nécessaire au fonctionnement de la glande thyroïde. Leur composition varie considérablement d'un groupe à l'autre et d'une espèce à l'autre[6]. La spiruline, la chlorelle et la *dulse* sont réputées pour leur teneur en protéines.
Certaines micro-algues, comme la spiruline ou les diatomées sont riches en acides gras oméga-3. D'autres comme la *nori* (dont on entoure les *maki-sushi* japonais) sont surtout intéressantes pour leur richesse en vitamines et en protéines.
L'Europe est actuellement le site d'un véritable engouement pour ces végétaux marins dont la palette de couleur, la texture infiniment variable ou le goût parfois improbable, inspirent nos restaurateurs.

Des perspectives mondiales limitées, mais significatives

Même s'il apparaît impossible de nourrir la planète entière uniquement avec des algues, leurs apports restent très intéressants, notamment pour des pays à forte population qui connaissent des carences nutritionnelles.

Le développement de la production d'algues locales est donc un enjeu majeur pour l'Organisation des Nations unies (ONU). Car avec les limites de la disponibilité de terres cultivables, les océans – qui représentent 70 % de la surface de notre planète – s'imposent comme un environnement clé. Des études ont montré que pour fournir à la population mondiale la quantité d'algues dont se nourrit en moyenne un Japonais, il ne faudrait utiliser que 0,3 % des océans !

Au final, les transformateurs de l'agroalimentaire restent encore dépendants des importations de matière première, fraîche ou séchée.

Des perspectives prometteuses pour la France

En France, beaucoup de transformateurs de l'agroalimentaire se sont installés en Bretagne, près de zones de production, afin d'intégrer la cueillette ou – de manière encore émergente – l'algoculture.

Avec une croissance du marché à deux chiffres, et plus d'une douzaine d'entreprises dont certaines atteignent 30 salariés, la France est devenue leader en Europe pour l'approvisionnement, la consommation, la cuisine et l'élaboration de la législation en matière d'algues alimentaires.

Avec des compétences scientifiques reconnues mondialement et la seconde zone maritime du monde, notre pays possède donc tous les atouts pour mieux tirer parti de cette biodiversité unique[3].

Ce qu'il faut retenir :

Les algues macroscopiques et microscopiques relèvent de onze lignées évolutives indépendantes d'eucaryotes majoritairement marines, et présentent une richesse spécifique et génétique en grande partie inexplorée. Le nombre total d'espèces d'algues varie selon les estimations : de 30 000 décrites à plus d'un

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

million. La diversité de leurs espèces et de leurs styles de vie pourrait en faire des acteurs majeurs de la transition écologique et alimentaire.

Seulement 20 espèces de macro-algues contribuent significativement à l'alimentation, et d'autres produits et 6 espèces assurent 95 % des productions mondiales alimentaires et d'ingrédients, essentiellement localisées en Asie. Elles représentent un potentiel sous-exploité, et pourraient donc contribuer à de nouveaux systèmes alimentaires plus axés sur les océans, en étant une source de nourriture pour les humains, d'aliments pour l'aquaculture et les animaux terrestres, et de stimulateurs des cultures végétales. Les algues marines seront également le socle d'une nouvelle aquaculture multi-trophique intégrée.

Mais la diversité génétique et la notion de ressource génétique ont été très peu prises en compte dans la domestication des espèces d'algues.

Des barrières réglementaires, culturelles, politiques, environnementales peuvent remettre en question les promesses de la biodiversité algale, notamment l'acceptabilité sociétale de l'algoculture. Un travail important reste à accomplir vers les citoyens, consommateurs, mais aussi les décideurs et investisseurs. Le Green Deal de l'Europe créera-t-il des opportunités ?

Résumé en anglais :

Algal biodiversity has been estimated to include anything from 30,000 to more than 1 million species. Most algae live in aquatic habitats, their sizes vary from microscopic sizes to giant seaweeds. There is a great untapped potential for seaweed and other algae to contribute to the food system by being a nutritional source of food for humans, feed for aquaculture and land animals, and crop boosters. Seaweed could also serve as the basis of a new integrated multi-trophic aquaculture.

Pour en savoir plus :

[1] O. MOURITSEN : *Algues marines. Propriétés, usages, recettes*, Delachaux et Niestlé, 2015, ISBN 2603021788

[2] R.L. NAYLOR, R.W. HARDY, A.H BUSCHMANN *et al.* : *A 20-year retrospective review of global aquaculture*, *Nature* 591, 2021, p. 551–563

[3] www.idealg.org

[4] https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-

[5] https://www.ceva-algues.com/wp-content/uploads/2020/03/Reglementation-algues-alimentaires-MAJ-2019.pdf

[6] ML.WELLS, P. POTIN, JS. CRAIGIE, JA. RAVEN, S. MERCHANT, KE. HELLIWELL, AG. SMITH, ME. CAMIRE, SH. BRAWLEY : *Algae as nutritional and functional food sources : revisiting our understanding*, J. Appl. Phycol., 29, 2017, p. 949-982.

Détails et crédits photographiques de la *Figure 1*. De gauche à droite en partant du haut à gauche : Culture de macro-algues rouges tropicales *Kappaphycus alvarezii* à Madagascar (Cargill Texturing Solutions)- Macro-algue rouge *Polysiphonia elongata* encadrée par une algue verte *Ulva* sp. et une brune *Sargassum muticum* sur un estran roscovite (P.Potin-SB Roscoff)- Forêt sous-marine de macro-algue brune *Laminaria hyperborea* (Wilfiried Thomas, SB-Roscoff)- Micro-algue verte *Chlorella sp*. RCC0288 (Roscoff Culture Collection)- Macro-algue brune *Sargassum fusiforme* Hiziki ou Tott Corée du Sud (PP). Culture de la macro-algue rouge *Asparagospis armata* à Ouessant (Algues&Mer). Macro-algue rouge *Chondrus crispus* encadrée par une algue verte *Ulva* sp. et une brune *Fucus serratus* dans une cuvette roscovite (Jonas Collén-SB Roscoff)- Culture de macro-algues rouges *Pyropia yezoensis* à Wando Island-Corée du Sud (Prof . Gwan Hoon Kim). Macro-algue brune *Ascophyllum nodosum* Roscoff (PP). Culture de macro-algues brunes *Saccharina latissima* à Saint Malo-France (C-Weed Aquaculture). Culture de macro-algues brunes *Sargassum fusiforme* à Wando Island-Corée du Sud (PP). Quatre souches de cyanobactéries de la RCC : *Spirulina sp.* RCC1786 – *Synechococcus sp.* RCC0487- *Pleurocapsales* RCC 1775- *Cyanophyceae* non identifiée RCC5181.

 Cette fiche est consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "***Publications***" puis "***Encyclopédie de l'Académie***"
Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance