

## Article de synthèse

### Des ressources marines

# Les algues ont-elles une place en nutrition ?

H. Marfaing, Y. Lerat

Centre d'étude et de valorisation des algues (CEVA) – Presqu'île de Pen Lan, BP 3, 22610 Pleubian, France

**Correspondance** : e-mail : elisabeth.deboise@ceva.fr

**Résumé** : La quantité de macro-algues transformées annuellement dans le monde est de plus de 9 millions de tonnes (poids frais). Premier débouché mondial en valeur et volume, les applications alimentaires directes (algue légume) concernent 75 % de cette production. L'algue est un aliment traditionnel qui présente un intérêt nutritionnel connu et exploité depuis de nombreuses années par les populations du Sud-Est asiatique. La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de trois grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines), mais également par la présence de métabolites présentant des propriétés antioxydantes et antiradicalaires tels que caroténoïdes, polyphénols, vitamines ou acides gras polyinsaturés.

**Mots clés** : Nutrition – Santé – Algues – Antioxydants – Caroténoïdes – Polyphénols – Minéraux – Fibres

#### Is there a need for seaweed in human nutrition?

**Abstract**: In the Far East and Pacific Islands, there has been a long tradition of consuming seaweed as sea vegetables, while in Western countries the main use of seaweed has been as source of phycocolloids (alginate, carrageenan and agar) used as thickening and gelling agents in various industrial applications, including food processing. Seaweed is also a source of compounds with protective health effects. The beneficial effects of seaweed on human health appear to derive from the presence of three categories of constituents (fibre, proteins and minerals) as well as metabolites with antioxidant properties, including carotenoids, polyphenols, vitamins and polyunsaturated fatty acids.

**Keywords**: Nutrition – Health – Seaweed – Antioxidant – Carotenoids – Polyphenols – Minerals – Fibre

#### Introduction

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité. En Occident, cette consommation directe

d'algues est plus marginale et plus récente. L'algue en alimentation fait cependant partie de notre quotidien, mais de façon discrète, utilisée pour ses propriétés technologiques et cela depuis le début des années 1960. Avec le développement grandissant de l'alimentation santé, la nutrition est au cœur des préoccupations des consommateurs et des industriels qui redécouvrent les vertus des substances d'origine naturelle.

#### Utilisation des algues dans le monde

La quantité d'algues produites annuellement par culture ou récoltées dans le monde est de l'ordre de 9 millions de tonnes d'algues fraîches. Les producteurs principaux sont la Chine, la Corée et le Japon qui, à eux seuls, totalisent les quatre cinquièmes de la production, principalement par la culture (90 % de cette production). Cette production est majoritairement destinée à l'alimentation humaine directe qui représente 75 % de la production mondiale. La deuxième utilisation est l'extraction des colloïdes, qui représente 12,5 %. Le restant est exploité dans les différents secteurs que sont l'agriculture, l'alimentation animale, la cosmétique [12].

L'ampleur de la consommation directe est due aux pays du Sud-Est asiatique. L'algue y est présente depuis des millénaires et constitue même, sous certaines formes, un produit très prisé (feuilles de *Nori*) grâce à ses propriétés organoleptiques. En salade, en consommé ou sous forme de feuilles d'algues reconstituées, l'algue est très présente dans le bol du consommateur. Les Japonais consomment actuellement 1,4 kg d'algue (poids sec) par an et par habitant [15].

#### Réglementation française

Dès les années 1980 se met en place une filière de production en France, assortie d'une réglementation. Aujourd'hui 16 macro-algues et microalgues alimentaires sont autorisées à la vente sur le territoire français (Tableau 1).

**Tableau 1.** Liste des macroalgues et microalgues alimentaires autorisées à la vente en France

<i>Nom scientifique</i>	<i>Nom commun</i>
<b>Algues brunes</b>	
- <i>Ascophyllum nodosum</i> (1990)	Spaghetti de mer, haricot de mer
- <i>Fucus vesiculosus</i> (1990)	
- <i>Himantalia elongata</i> (1990)	
- <i>Undaria pinnatifida</i> (1990)	Wakamé
- <i>Laminaria digitata</i> (1997)	Kombu
- <i>Laminaria saccharina</i> (1997)	Kombu royal
<b>Algues rouges</b>	
- <i>Palmaria palmata</i> (1990)	Dulse
- <i>Porphyra umbilicalis</i> (1990)	Nori
- <i>Chondrus crispus</i> (1990)	Pioca, lichen
- <i>Gracilaria verrucosa</i> (1990)	Ogonori
- <i>Lithothamnium calcareum</i> (1996)	Mäerl
<b>Algues vertes</b>	
- <i>Ulva</i> sp. (1990)	Laitue de mer
- <i>Enteromorpha</i> sp. (1990)	Aonori
<b>Microalgues</b>	
- <i>Spirulina</i> sp. (1990)	
- <i>Ondontella aurita</i> (2002)	
- <i>Chlorella</i>	

## Intérêt nutritionnel

Les algues présentent un intérêt nutritionnel connu et exploité depuis de nombreuses années, notamment par les populations du Sud-Est asiatique. Ainsi des études épidémiologiques menées en Asie mettent en évidence une incidence plus faible des cancers du sein, du côlon et de la prostate liée à la consommation régulière d'algues [3, 21]. Ces résultats seraient en faveur du rôle possible de facteurs nutritionnels multiples, en particulier liés à la présence simultanée dans les algues de différents nutriments comme les polysaccharides plus ou moins sulfatés, minéraux et oligoéléments, et protéines mais également métabolites secondaires tels que les polyphénols, caroténoïdes, stérols, bêtaïnes. Citons en exemple des thématiques nutritionnelles où les algues peuvent jouer un rôle important :

## Transit

Les algues constituent des sources importantes de fibres (de 33 à 61 %) ayant des structures variées et originales, différentes des fibres des végétaux terrestres [11].

La fraction de fibres solubles, constituée selon l'espèce d'agars, de carraghénanes, de xylanes, d'alginate, de fucanes, de laminaranes et d'ulvanes, offre un intérêt particulier lié à la nature chimique originale des monomères constitutifs. Trois catégories apparaissent en fonction de leur dégradabilité par les bactéries intestinales humaines. Si les agars, carraghénanes, ulvanes et fucanes sont très peu dégradés, les xylanes et laminaranes sont

dégradés entièrement et rapidement, conduisant à la production importante d'acides gras à courte chaîne. Les alginates, eux, sont partiellement dégradés, après une phase de latence. Les oligo-alginates et oligo-laminaranes ainsi produits ont démontré des effets bifidogènes *in vitro*, ce qui ouvre le champ à des applications de type prébiotique [14]. Il faut noter également que les alginates, très visqueux, modifient l'absorption intestinale du glucose et la réponse insulínique chez le porc en retardant l'absorption du glucose [23].

## Statut nutritionnel

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux. La fraction minérale peut représenter jusqu'à 36 % de la masse sèche. La diversité des éléments représentés est énorme : calcium, sodium, magnésium, potassium, phosphore, iode, fer, zinc, magnésium, etc.

### Calcium

Les algues constituent une des sources végétales de calcium les plus importantes avec des teneurs pouvant atteindre 6 % de la masse sèche chez les macroalgues (*Ulva* sp.). Encore plus intéressant, l'algue calcaire lithothamne contient de 25 à 34 % de calcium. Le calcium du maërl se solubilise très bien dans les conditions gastriques (pH = 1,5) et produit quantitativement du calcium ionisé biodisponible [1].

### Magnésium

L'algue calcaire lithothamne est également une source très intéressante de magnésium : de 1,7 à 3,3 % de magnésium (par rapport au poids sec). Les différentes macroalgues sont également bien pourvues en magnésium, en particulier les algues vertes avec *Ulva* sp. (teneur moyenne de 4,7 g/100 g MS) et *Enteromorpha* sp. (teneur moyenne de 3,7 g/100 g MS).

### Vitamines

La composition vitaminique des algues est intéressante, malgré de grandes variations saisonnières. L'ensemble des vitamines est bien représenté. L'intérêt principal réside dans la vitamine B12 dont les teneurs sont assez importantes dans les algues contrairement aux plantes terrestres qui en sont totalement dépourvues [25]. Dans les algues où la forme active de la vitamine B12 est présente (et non l'analogue structural), cette vitamine B12 est bien assimilée (études *in vivo* chez le rat) [26, 27].

### Protéines

La teneur en protéines des algues marines est variable [7]. Une microalgue comme la spiruline en contient jusqu'à 70 % de la matière sèche. Chez les macro-algues, certaines

espèces d'algues rouges possèdent une fraction protéique (30–40 % de la matière sèche) comparable, du point de vue quantitatif, à celle des légumineuses.

---

## Minceur

Parmi les compléments alimentaires aux algues, 50 % contiennent l'algue brune *Fucus vesiculosus* et sont formulés pour combattre la cellulite et l'excès de poids. Ces actions sont dues en partie à la richesse en iode de l'algue mais également à la présence de polysaccharides, de polyphénols et d'oligoéléments.

## Iode

L'effet de l'iode des algues brunes sur la thermogénèse et la lipogénèse est lié à son incorporation dans la structure moléculaire des deux hormones thyroïdiennes : la tri-iodothyronine (T<sub>3</sub>) et la tétra-iodothyronine (thyroxine ou T<sub>4</sub>). Cette sécrétion endocrine contrôle les grandes fonctions vitales dont la thermogénèse [8] et l'homéostasie glucidique et lipidique [24] qui sont étroitement liées à la prise de poids. Il a été montré notamment, sur des cellules humaines *in vitro*, que ces hormones thyroïdiennes ont une action sur la régulation des gènes de l'obésité.

La teneur en iode des algues est exceptionnelle. Les championnes toutes catégories sont les algues brunes avec les laminaires et les fucales qui peuvent accumuler de 1 500 à 8 000 mg/kg sec et de 500 à 1 000 mg/kg sec respectivement. Sauf exception, les teneurs dans les algues rouges et vertes sont plus modestes (de 100 à 300 mg/kg sec) mais restent importantes face aux sources « classiques ». Dans un pays comme la France où le pourcentage de sujets à risque de déficience en iode est important, jusqu'à 30 % des femmes et 22 % des hommes en région Auvergne-Limousin selon les résultats de l'étude Suvimax [22], les algues peuvent contribuer à couvrir les apports nutritionnels conseillés.

---

## Antioxydants

### Polyphénols

La plupart des algues marines contiennent des polyphénols algaux aussi appelés phlorotannins. Les phlorotannins constituent un groupe très hétérogène de molécules (structure et degré de polymérisation) fournissant ainsi une grande variété d'activités biologiques potentielles. Les teneurs les plus élevées sont retrouvées dans les algues brunes qui en contiennent entre 5 et 15 % du poids sec [9, 13]. L'activité antioxydante d'extraits de polyphénols d'algues brunes et rouges a été mise en évidence par des études *in vitro* [16].

### Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont de puissants antioxydants. Les algues brunes sont particulièrement riches en caroténoïdes

et notamment en fucoxanthine,  $\beta$ -carotène et violaxanthine. Les principaux caroténoïdes des algues rouges sont le  $\beta$ -carotène, l' $\alpha$ -carotène et leurs dérivés dihydroxylés : zeaxanthine et lutéine. La composition en caroténoïdes des algues vertes reste voisine de celle des plantes supérieures. Un grand nombre d'études a démontré les propriétés antioxydantes des caroténoïdes algaux et le rôle qu'ils jouent dans la prévention de plusieurs pathologies liées au stress oxydatif [18, 28].

### Protéines

Parmi les protéines algales, il faut citer la présence chez les algues rouges et bleues de molécules particulières : les phycobiliprotéines, qui sont les principaux pigments de ces algues et font partie du système de collecte de l'énergie lumineuse [6]. Les phycobiliprotéines (phycocyanine de spiruline et phycoerythrine des algues rouges) possèdent par ailleurs des propriétés antioxydantes qui pourraient être mises à profit dans la prévention ou le traitement de maladies dégénératives : certaines formes de cancer, maladies cardiovasculaires ou ophtalmiques liées au stress oxydatif [10, 19, 20].

---

## Protection cardiovasculaire

### Lipides

La teneur lipidique des algues est très faible : de 1 à 5 % de la matière sèche. Cependant, du point de vue qualitatif, les lipides algaux présentent une proportion en acides gras essentiels importante : les algues rouges contiennent des taux élevés d'acides gras polyinsaturés à 20 carbones : l'acide gras oméga 3 EPA ( $\omega 3 - C20 : 5$ ) constitue 50 % des acides gras polyinsaturés chez *Porphyra* sp. et *Palmaria palmata* [4].

Certaines microalgues se distinguent par une teneur en lipides plus importante. En particulier, la microalgue *Odontella aurita*, récemment habilitée, est une source importante d'acides gras insaturés à longue chaîne : de 1,6 à 3,4 % d'acide gras EPA sur le poids sec [2, 17]. Par ailleurs, l'huile extraite de la microalgue *Schizochytrium* autorisée en tant que nouvel ingrédient alimentaire contient au minimum 32 % de DHA ( $\omega 3 - C22 : 6$ ) [5].

---

## Conclusion

Ce bref tour d'horizon illustre la richesse des potentialités d'applications nutritionnelles des algues. Ces dernières peuvent trouver leur place autant dans une alimentation courante que dans des régimes particuliers comme source de complémentation ou d'apport spécifique.

Les algues ont donc une place en nutrition qui est unique par rapport aux autres végétaux et plus généralement aux autres sources de nutriments.

## Bibliographie

1. Assoumani MB (1997) AquaMin, a natural calcium supplement derived from seaweed. *Agro-Food-Industry Hi Tech*: 45-47
2. Braud JP (1998) Simultaneous culture in pilot tanks of the macroalga *Chondrus crispus* and the microalga *Odontella aurita* producing EPA. *Marine Microorganisms for Industry*. Ed Ifremer, Actes Colloq., 21: 39-47
3. Carper J (1989) Seaweed, or kelp. *The Food Pharmacy 1989*: 264-8 Bantam Books New York, NY
4. Darcy-Vrillon B (1993) Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *Int J Food Sci Nutr* 44 (1 p. 1/4), S23-S35
5. Décision de la communauté européenne du 5 juin 2003 (2003/427/CE)
6. Fan-jie Z, Zi-xuan Y, Li-jin J (1984) Isolation and characterization of R-phycoyanin from *Polysiphonia urceolata*. *Hydrobiologia* 116/117: 594-6
7. Fleurence F, Kaas R (1999) Les algues marines : une source méconnue de protéines végétales. *Équinoxe* 56: 12-7
8. Freake HC, Oppenheimer JH (1995) Thermogenesis and thyroid function. *Annu Rev Nutr* 15: 263-91
9. Glombitza KW, Keusgen M (1995) Fuhalols and deshydroxyfuhalols from the brown alga *Sargassum spinuligerum*. *Phytochemistry* 38: 987-95
10. Gonzalez R, Rodriguez S, Romay C, et al. (1999) Anti-inflammatory activity of phycocyanin extract in acetic acid-induced colitis in rats. *Pharmacological Research* 39: 55-9
11. Lahaye (1991) Marine algae as source of fibres: determination of soluble and insoluble dietary fibre content in some "sea-vegetables". *Journal Sciences Food Agricole* 54: 587-94
12. Mac Hugh DJ (2003) FAO Fisheries technical paper n° 441
13. Mc Innes AG, Ragan, MA, Smith DG, et al. (1984) High-molecular weight phloroglucinol-based tannins from brown algae: structural variants. *Hydrobiologia* 116/117: 597-602
14. Michel C, Bénard C, Lahaye M, et al. (1999) Les oligosides algaux comme aliments fonctionnels : étude *in vitro* de leurs effets cellulaires et fermentaires. *Sci Aliments* 19: 311-32
15. Murata M, Nakazoe JI (2001) Production and use of marine algae in Japan *JARQ* 35(4): 281-90
16. Nakamura T, et al. (1996) Antioxidant activity of phlorotannins isolated from the brown alga *Eisenia bicyclis*. *Fish Sci* 62(6): 923-6
17. Nongonierma R, Dubois N, Braud JP, et al. (2002) Unsaponifiable matter of the cultured diatom *Odontella aurita* : phytol and sterols as major components. In *Marine Biotechnology: an overview of leading fields*. Ed. Ifremer
18. Okuzumi J, Takahashi T, Yamane T, et al. (1993) Inhibitory effects of fucoxanthin, a natural carotenoid, on N-ethyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine-induced mouse duodenal carcinogenesis. *Cancer Lett* 68: 159-68
19. Padula, Boiteux S (1999) Photodynamic DNA damage induces by phycocyanin and its repair in *Saccharomyces cerevisiae*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 32: 1063-71
20. Ramirez D, Gonzalez A, Merino N, et al. (1999). Effect of phycocyanin in Zymosan-induced arthritis in mice-phycoyanin as an antiarthritic compound. *Drug Dev Res* 48: 70-5
21. Teas J (1981) The consumption of seaweed as a protective factor in the etiology of breast cancer. *Med Hypotheses* 7: 601-13
22. Valeix P, Zarebska M, Preziosi P, et al. (1999) Iodine deficiency. *Lancet* 353: 1766-67
23. Vaugelade P, Hoebler C, Bernard F, et al. (2000) Non-starch polysaccharides extracted from seaweed can modulate intestinal absorption of glucose and insulin response in the pig. *Reprod Nutr Dev* 40: 33-47
24. Viguerie N, Millet L, Avizou S, et al. (2002) Regulation of human adipocyte gene expression by thyroid hormone. *J Clin Endocrinol Metab* 87(2): 630-4
25. Watanabe F, Takenaka S, Katsura H, et al. (1999) Dried green and purple lavers (Nori) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *J Agric Food Chem* 47: 2341-3
26. Watanabe F, Takenaka S, Katsura H, et al. (2000) Characterization of a vitamin B12 compound in the edible purple laver *Porphyra yezoensis*. *Biosci Biochem* 64(12): 2712-5
27. Watanabe F, Takenaka S, Kittaka-Katsura H, et al. (2002) Characterization and bioavailability of vitamin-B12 compounds from edible algae. *J Nutr Sci Vitaminol* 48: 325-31
28. Yan X, Chuda Y, Suzuki M, et al. (1999) Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Biotechnol Biochem* 63: 605-7