

Thème n°17

Les algues

Les objectifs

- Comprendre ce qu'est une algue.
- Découvrir les nombreuses applications des algues dans l'industrie et au quotidien.

Ce qu'il faut savoir

➤ Qu'est ce qu'une algue ?

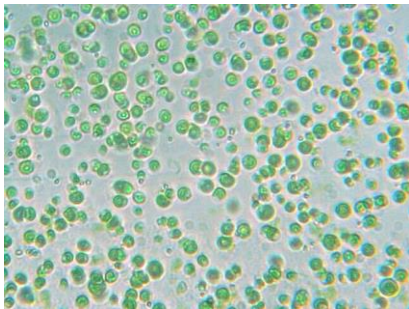
Les algues ne constituent pas un groupe évolutif unique, mais désignent des organismes appartenant à des groupes phylogénétiques* très différents. Les algues sont des eucaryotes* c'est-à-dire que leurs cellules comportent un noyau et des organites tels que des mitochondries. Les algues sont des êtres vivants capables de fabriquer leur matière vivante grâce à la photosynthèse* et dont le cycle de vie se déroule le plus souvent en milieu aquatique.

Certaines algues unicellulaires ont conquis des habitats terrestres où règne une relative humidité (mur des maisons exposé à l'ombre, glaciers...)

Des algues sont parfois associées à d'autres organismes. ex symbiose chez les coraux, les méduses, les lichens...

Tous les êtres vivants capables de photosynthèse et se développant en milieu aquatique ne sont pas des algues (exemple des zostères et posidonies, plantes à fleurs composant des herbiers sous-marins).

➤ Morphologie des algues

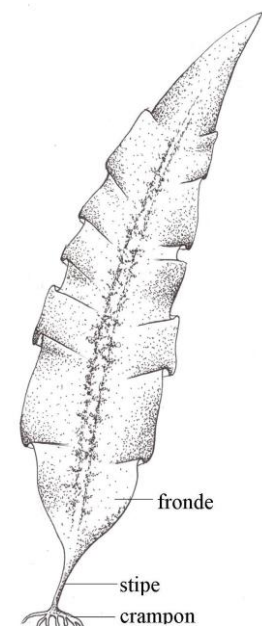


Les algues dont la taille moyenne n'excède pas quelques dizaines de microns sont appelées microalgues. Elles sont souvent constituées d'une seule cellule et sont parfois mobiles. Ces microalgues composent le phytoplancton* ou plancton végétal.

Algues unicellulaires, Chlorella sp.

Les algues de grande taille, pluricellulaires, appelées également macroalgues, prennent des formes diverses selon les espèces : filament, lame, lanière... Certaines ont une architecture plus complexe avec des parties distinctes mais on n'observe pas de tissus nettement individualisés comme chez les plantes à fleurs terrestres. Chez les algues, l'ensemble des tissus appelé thalle est composé de 3 parties :

- un système de fixation sous forme de disque ou de crampon
- un pédoncule plus ou moins long appelé stipe
- une lame ou fronde plus ou moins découpée formant des filaments, lanières...



Laminaria saccharina

La taille des thalles varie selon les espèces de quelques millimètres à plusieurs mètres (jusqu'à 40m pour le kelp, *Macrocystis sp.* qui se rencontre dans le Pacifique).

Il existe 3 grands groupes ou « lignées » de macroalgues : les chlorophytes (algues vertes), les rhodobiontes (algues rouges) et les phéophycées (algues brunes).

Toutes contiennent de la chlorophylle, pigment vert permettant la photosynthèse, même si celle-ci peut être masquée par d'autres pigments.

Les algues brunes possèdent un pigment brun-jaune qui est dominant : la fucoxanthine. Avec près de 1500 espèces, elles représentent les algues les plus abondantes des mers tempérées et froides.

Les algues rouges contiennent, un pigment rouge prédominant, la phycoérythrine et accessoirement un pigment bleu, la phycocyanine.

➤ La photosynthèse

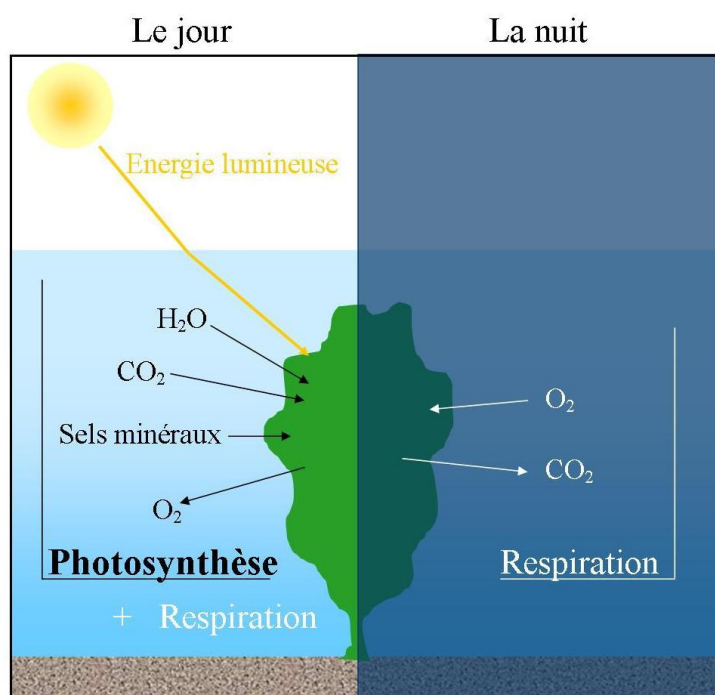
Grâce à la présence de chlorophylle* dans leurs tissus, les algues accomplissent la photosynthèse. En présence de lumière, elles fabriquent leur propre matière organique à partir de l'eau des sels minéraux et du di-oxyde de carbone. Ces éléments dissous dans l'eau sont puisés directement par toute la surface du thalle. La photosynthèse conduit à la production de di-oxygène.

Echanges eau/algue au cours d'une journée.

Comme tous les êtres vivants, les algues respirent.

Elles consomment alors du di-oxygène et rejettent du di-oxyde de carbone.

Pendant la journée elles accomplissent également la photosynthèse. Ce phénomène entraîne une production de di-oxygène dont la quantité sera plus importante que celle consommée pour la respiration.*



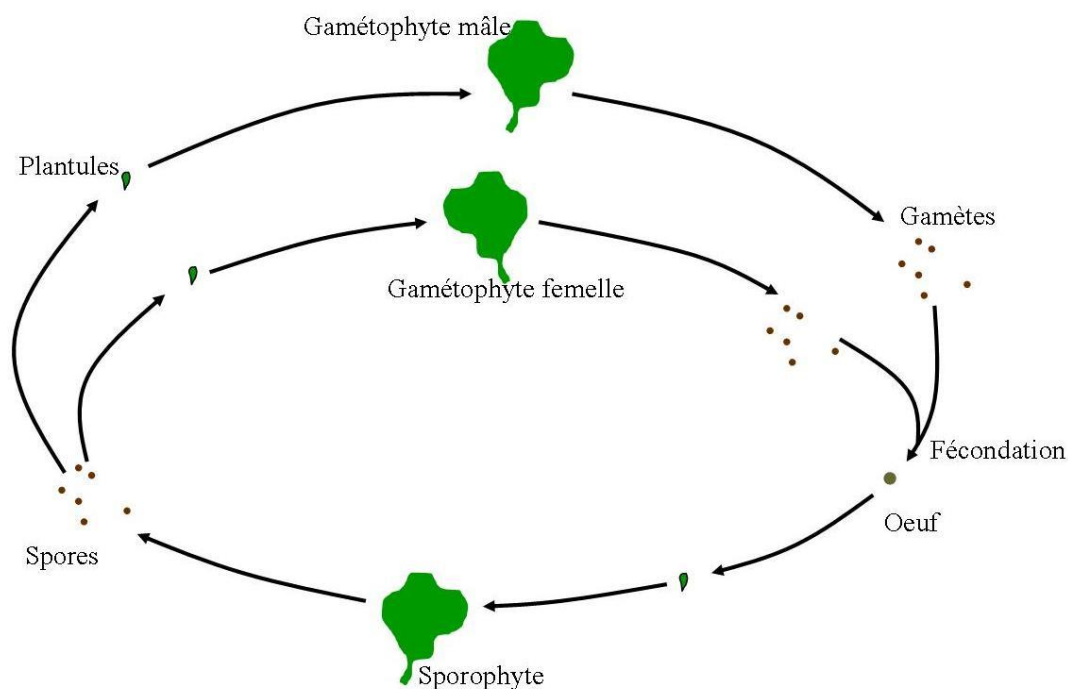
➤ Le cycle de vie des algues

Le cycle de vie des algues se déroule en général en 2 phases caractérisées chacune par une forme qui lui est propre. Ces 2 formes présentent des différences morphologiques plus ou moins marquées.

La forme sporophyte produit à maturité des spores. Ceux-ci sont libérés dans le milieu et se dispersent. Ils se fixent ensuite au substrat avant de germer pour donner un nouvel organisme. Celui-ci est appelé gamétophyte et produit des cellules reproductrices. Les organes mâle et femelle peuvent se trouver sur le même thalle ou sur des individus différents. L'union d'un gamète* mâle avec un gamète* femelle donne un œuf. Après germination, cet œuf engendre un nouveau sporophyte.

Ainsi le cycle de vie des algues est caractérisé par l'alternance d'une phase sexuée : gamétophyte, et d'une phase asexuée : sporophyte. Toutefois selon les espèces d'algues, ce cycle peut présenter de nombreuses variantes.

La reproduction asexuée peut également se faire par fragmentation du thalle ou par bourgeonnement : la partie du thalle qui se détache, se fixe et se développe pour donner un nouvel individu.



Cycle de vie de l'algue Ulva lactuca : le gamétophyte et le sporophyte ont la même morphologie.

➤ Distribution des macroalgues

Plusieurs facteurs déterminent la répartition géographique et bathymétrique* des macroalgues.

Lumière : les algues dépendent de la lumière pour leur développement. Celle-ci varie en fonction de la profondeur et de la turbidité* de l'eau. Les algues ne se rencontrent donc pas au-delà de 50 à 70 m de profondeur mais se raréfient rapidement au delà de 30m. Leur aire de distribution ne dépasse donc pas 1% de la surface des océans. Les algues qui ont besoin de beaucoup de lumière (photophiles) vivent près de la surface. Celles ayant besoin de peu de lumière (sciaphiles) se développent en profondeur, sous les surplombs ou les autres algues. La présence de pigments chez les algues brunes et les algues rouges explique pourquoi elles peuvent vivre à des profondeurs plus importantes que les algues vertes là où la lumière n'est plus représentée que par des ondes bleues ou violettes. Ces ondes n'étant pas utilisables par la chlorophylle, ce sont les autres pigments qui les absorbent et lui transmettent ensuite l'énergie lumineuse qui sera utilisée pour la photosynthèse.

Température : les températures (moyenne et extrême) sont déterminantes dans la répartition géographique de tous les êtres vivants. Dans le cas des macroalgues, les températures aériennes et aquatiques exerceront une influence. Toutefois, l'eau ayant une forte inertie thermique, les variations quotidiennes et saisonnières seront d'autant moins marquées que les algues sont implantées profondément.

Nature du fond : Les algues puisent leurs éléments nutritifs dans l'eau de mer et non dans le sol. La nature chimique de ce dernier intervient donc peu dans leur implantation. En revanche la texture joue un rôle important. Les algues ne se développent que sur les substrats durs.

Agitation de l'eau : elle conditionne les chocs mécaniques, l'oxygénation, la circulation des sels nutritifs et intervient donc dans les peuplements d'algues. Elle a également un impact sur

la forme des thalles au sein d'une même espèce selon qu'elle se développe en mode abrité ou en mode battu.

Dessèchement : il est lié à la durée d'émergence et donc au niveau qu'occupent les algues sur l'estran*. Celles-ci s'implantent en fonction de leur capacité à retenir l'eau.

Salinité* : au cours de la marée basse, l'évaporation due au vent et à l'augmentation de température, les pluies, font varier considérablement la teneur en sels de l'eau retenue entre les thalles émergés et dans les cuvettes rocheuses. Les espèces situées en haut de l'estran* ou dans les cuvettes sont celles qui résistent le mieux à ces variations. Elles sont dites euryhalines*.

La combinaison de tous ces facteurs conduit à une répartition par bandes horizontales qui forment des ceintures d'algues.

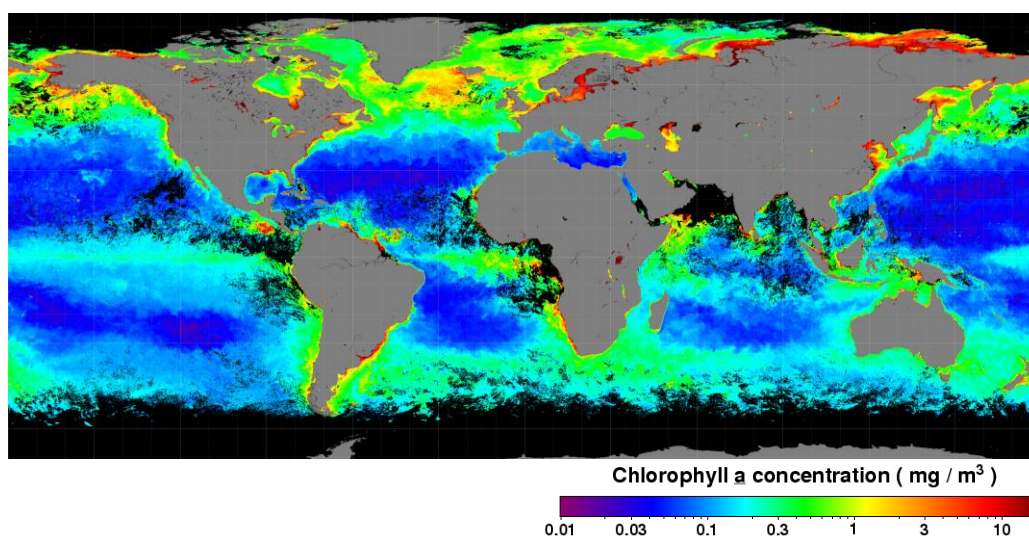
➤ Distribution du phytoplancton

Lumière: la lumière est indispensable au développement du phytoplancton*. Le développement de celui-ci est donc limité en profondeur.

Teneur en éléments nutritifs : les sels nutritifs sont indispensables au développement des organismes chlorophylliens. Dans les océans ils ont deux origines : les apports des fleuves pour une faible part et la dégradation des organismes morts (animaux, phytoplancton*) qui tombent au fond des océans d'autre part. Les eaux du fond des océans sont donc très riches en sels minéraux mais aucune algue ne s'y développe faute de lumière. A proximité des côtes, les courants et les tempêtes peuvent faire remonter ces eaux à la surface. Les sels minéraux sont alors disponibles pour le phytoplancton*. En revanche, les eaux océaniques ne peuvent bénéficier de ses remontées d'eau et constituent donc de véritables déserts.

Température : comme sur terre, les processus biologiques dans le milieu marin se déroulent plus rapidement à haute température qu'à basse température. La richesse des eaux en phytoplancton dépend donc de la latitude et de la saison.

Toutefois, dans les régions tropicales et subtropicales, la grande différence de température entre l'eau de fond et l'eau de surface constitue une véritable barrière. Les eaux riches en sels minéraux restent piégées au fond et inaccessibles aux microalgues. Ce phénomène explique la pauvreté des eaux tropicales en phytoplancton. Dans les meilleures conditions de développement, le phytoplancton peut doubler sa biomasse en 1 journée.



Carte de concentration en chlorophylle a des océans (août 2013), Cette mesure est utilisée comme indicateur de la quantité de phytoplancton. (source <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>)

➤ Le cas des vasières : exemple des estrans* charentais

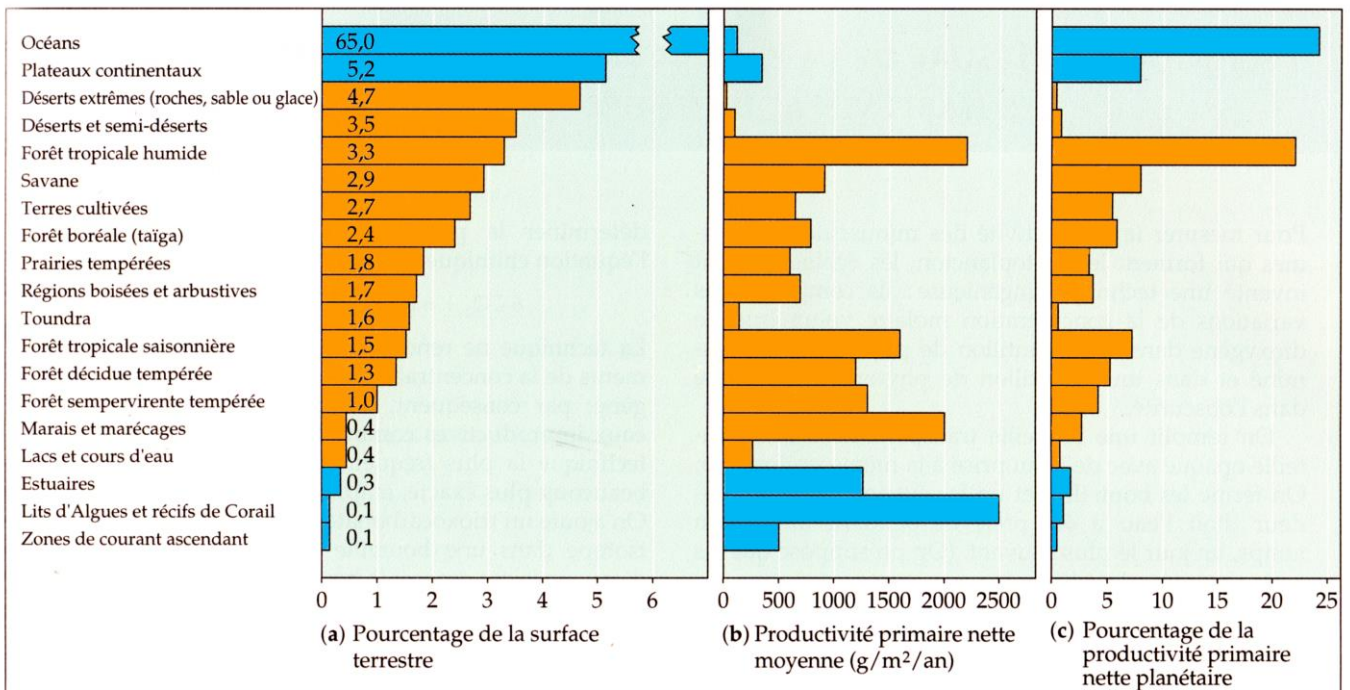
Les vasières des estrans* charentais ne semblent pas adaptées au développement des algues. Les fonds meubles ne permettent pas aux macroalgues de se fixer et la turbidité des eaux est telle que la lumière pénètre très peu. Ces zones sont pourtant très productives et accueillent un grand nombre d'espèces qui viennent s'y nourrir ou s'y reproduire.

Les vases contiennent des algues unicellulaires benthiques* ou microphytobenthos. Lors des marées basses diurnes, celles-ci migrent à la surface du sédiment pour accéder à la lumière et accomplir la photosynthèse. Elles forment alors un biofilm de quelques centaines de microns, identifiable par un changement de couleur de la surface du sédiment. Une partie de ces microalgues sera remise en suspension à marée haute et sera alors disponible pour la microfaune et les animaux filtreurs.

➤ Rôle des algues dans le milieu naturel

Grâce à la photosynthèse, les algues produisent les 2/3 du dioxygène terrestre et fixent une grande quantité de dioxyde de carbone.

Dans les océans, les algues assurent la majeure partie de la production primaire* (production par des organismes de leur propre matière vivante à partir d'éléments minéraux).



Productivité de divers écosystèmes : Les océans et les forêts tropicales humides contribuent pour une grande part à la productivité de la planète. Les premiers parce qu'ils sont très vastes et les secondes parce qu'elles sont très productives.

Dans les océans comme dans les écosystèmes* terrestres, les êtres vivants chlorophylliens sont à la base des chaînes alimentaires*. Si quelques animaux phytophages* se nourrissent de macroalgues, ce sont surtout les algues microscopiques (phytoplancton*) qui sont à la base des chaînes alimentaires marines. Elles sont ingérées par le zooplancton* ou par des animaux filtreurs qui à leur tour seront consommés par d'autres animaux.

➤ Utilisation des algues

Histoire : Les algues ont été utilisées par l'Homme depuis la Préhistoire. L'algue rouge *Palmaria palmata* est citée dans les récits des populations d'Europe du Nord tant pour l'alimentation humaine qu'animale. Au XIV^{ème} siècle, le goémon était utilisé en Bretagne pour fertiliser les sols.

Au XVII^{ème} siècle, les algues étaient brûlées pour récupérer les cendres riches en soude qui était utilisée pour fabriquer du verre. Ce mode d'obtention de la soude a été abandonné au

profit de nouveaux procédés plus rentables. Toutefois, la découverte de l'iode dans les cendres d'algues et de ses bienfaits en médecine a relancé ce procédé d'extraction jusqu'en 1952 où l'iode extrait au Chili lui a été préféré.

Utilisation des macroalgues :

Au niveau mondial, 75% des algues produites sont consommées dans l'alimentation humaine directe notamment dans la cuisine asiatique. La production mondiale d'algues alimentaires s'élèverait à 15,5 millions de tonnes dont 90% sont cultivés, 10% sont des algues sauvages récoltées.

En Europe et en Amérique du nord en revanche, ce sont surtout les usages industriels qui prédominent.

Les algues sont recherchées dans l'industrie en raison de la présence de substances utilisées comme gélifiants ou épaississants. Ainsi il est possible d'extraire :

- des alginates E401 à E405 à partir de laminaires ou de fucus :

- de l'agar-agar E406 à partir d'algues rouges appartenant au groupe des gélidiacés et des gracilariacées

- des carraghénanes E407 à partir de *Chondrus crispus* et divers algues rouges

Ces substances entrent dans la composition de nombreux produits alimentaires mais aussi cosmétiques et pharmacologiques.

Les algues sont toujours utilisées dans l'agriculture comme amendement ou comme complément alimentaire pour le bétail sous forme de farine ou de tourteau.

Leur utilisation comme source d'énergie (fermentation pour l'obtention de bioalcool et de biogaz) fait l'objet de nombreux projets en recherche et développement.

Utilisation des microalgues :

De nombreux composés ont été identifiés dans les microalgues : acides gras, vitamines, polysaccharides, protéines, pigments, antioxydants...

La biomasse brute, peut être utilisée dans l'alimentation humaine et animale avec en particulier le secteur de l'aquaculture, et dans les domaines de l'énergie (production de biodiesel, d'éthanol et de biogaz) et de l'environnement (traitement des effluents par lagunage).

Les produits issus des micro-algues sont utilisés dans les domaines de la santé et du bien être : (alimentation humaine, cosmétique pharmaceutique) de l'alimentation animale, de l'énergie, et de la chimie verte (plastiques biodégradables, bio-polymères, tensio-actifs...).

Aujourd'hui les utilisations les plus avancées (cosmétique, pharmaceutique et alimentation de santé) ne concernent que quelques kilos à quelques tonnes par an de microalgues. Les autres domaines et notamment la production d'énergie ne pourront se développer sans une production de biomasse stable, de qualité et à moindre coût, non atteinte à ce jour.

Remarque : La spiruline souvent citée comme une solution pour lutter contre la malnutrition n'est pas évoquée ici. En effet, appelée à tort « algue bleue », la spiruline, est une bactérie (cyanobactérie). Ses cellules ont une structure procaryote* et non eucaryote comme c'est le cas des algues.

En direct de l'aquarium

Vous découvrirez au sein de l'exposition :

- Aquarium 8 dans la salle atlantique. Un mouvement continu dans l'aquarium permet de reproduire le mouvement de l'eau en bord de mer. Ce brassage est indispensable au maintien des algues en aquarium.

Activités pédagogiques en lien avec ce thème

- Travaux pratiques : niveau cycle III et collège
 - Lumière sur les algues

La fiche descriptive de cet atelier est disponible sur le site :

http://www.aquarium-larochelle.com/sites/default/files/activite_lumiere_sur_les_algues_1.pdf

Après votre visite

➤ Lors d'une sortie "pêche à pied", observer les étagements de la faune et de la flore le long du littoral, reconnaître les différentes espèces d'algues rencontrées à l'aquarium

➤ Réaliser un alguier : les algues collectées seront identifiées avant d'être rincées puis disposées sur une feuille de papier épais (100g/m²). Recouvrir l'algue d'un linge fin. Placer l'ensemble entre des feuilles de papier journal. Changer quotidiennement le journal jusqu'à ce que l'algue soit totalement sèche.

Ressources

- Sites Internet

- CEVA Centre d'Etude et de Valorisation des Algues
<http://www.ceva.fr/> : Marée verte et algues alimentaires

- Trimatec : télécharger le livre turquoise « algues, filières du futur » sur le site : https://adebiotech.org/home/img/algues/LIVRE_TURQUOISE-V.screen.pdf. Œuvre collective des acteurs académiques et industriels des filières algues : état des lieux et des propositions sur les filières micro et macro-algues en France, aspects scientifiques et techniques, marchés et applications...

- Ouvrages et reportages :

- C'est pas sorcier : les algues, une forêt sous la mer. Emission de vulgarisation de France 3. Histoire, biologie et utilisation des algues.

- Les fruits de la mer et plantes marines des pêches françaises, de Jean-Claude Quéro et Jean-Jacques Vayne, Ed. Delachaux et Niestlé, 1998. Encyclopédie présentant les principales espèces d'algues et d'invertébrés marins commerciales et susceptibles d'être utilisées.

- Les algues, de Jean-Paul Alayse et Yann Le Nozer'h, Coll. Océanopolis Brest, Ed. Jean-Paul Gisserot-Nature, 2002 : Définitions, classification, répartition, reproduction, et rôle des algues.

- Les algues, produits, saveurs et santé de la mer, de Pierre Arzel et Olivier Barbaroux, Ed. Libris, 2003. Culture, exploitation et utilisation des algues

⇒ *Les mots suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire.*