ÉCHOS D'ESCALE

LA MALLE À SOUVENIRS DE TARA

LIEU— DE L'ESCALE

BUSAN
Corée du Sud

TYPE— AGE

RESSOURCES

L'OBJET— DE L'ESCALE

DES ALGUES

LA PROBLÉMATIQUE— DE L'ESCALE

En quoi la culture des algues peut-elle modifier notre alimentation ?

LES THÉMATIQUES— DE L'ESCALE

BIODIVERSITÉ

ALIMENTATION

MOTS— CLÉS

BIODIVERSITÉ - ALIMENTATION - AQUACULTURE- CHAÎNE ALIMENTAIRE - ENGRAIS - ESTRAN

tara EXPEDITIONS FONDATION

taraexpeditions.org

ADEME — ifé — académie Rennes — académie Versailles

© Design graphique : La Niak — Photo : Pete West

I. Généralités sur les algues

Les algues sont des êtres vivants capables de photosynthèse oxygénique. Leur cycle de vie se déroule généralement en milieu aquatique, elles sont donc parfaitement adaptées pour peupler les eaux, s'y reproduire et y défendre leur place afin de disposer de lumière. Elles constituent une part très importante de la biodiversité et la base principale des chaînes alimentaires des eaux douces, saumâtres et marines. Elles sont donc nécessaires à la vie de milliers d'animaux en eau douce comme en eau salée.

Diverses espèces sont utilisées pour l'alimentation humaine, l'agriculture ou l'industrie. Dans de nombreux domaines, les algues n'ont pas fini de nous étonner… La production et la consommation des algues sont en progression dans des domaines et pour des applications très variés. Mais leur exploitation à des fins alimentaires, chimiques ou bioénergétiques est encore très marginale. Les algues, macro et micro, ont une richesse spécifique en grande partie inexplorée.

La base de données internationale sur les algues AlgaeBase (M.D. Guiry, Irelande, http://www.algaebase.org/) recense environ 127 000 noms d'espèces, dont la majorité de micro-algues. Il y aurait environ 9 000 espèces de macro-algues, dont 1 500 peuplent les mers d'Europe. Le nombre total d'espèces d'algues varie selon les estimations de 30 000 à plusieurs millions.

Les algues peuvent appartenir à des groupes phylogénétiques très divers. Tous les végétaux aquatiques ne sont cependant pas des algues. Plusieurs groupes de plantes terrestres se sont adaptés à une existence immergée en eau douce et quelques familles de plantes à fleurs vivent même dans la mer. Des algues unicellulaires ont conquis des habitats terrestres humides.

Certaines algues contribuent à des formes symbiotiques répandues dans la nature, telles que les lichens et les coraux à zooxanthelles, mais certaines espèces peuvent aussi être impliquées dans des formes de symbioses plus rares ou plus insolites (éponges en eau douce). Il existe quelques cas d'algues parasites.

La morphologie des algues est donc très diversifiée : de nombreuses espèces sont unicellulaires, éventuellement mobiles, d'autres forment des filaments cellulaires ou des lames simples, d'autres développent des architectures complexes et différenciées, par apposition cellulaire ou par enchevêtrement de filaments tubulaires.

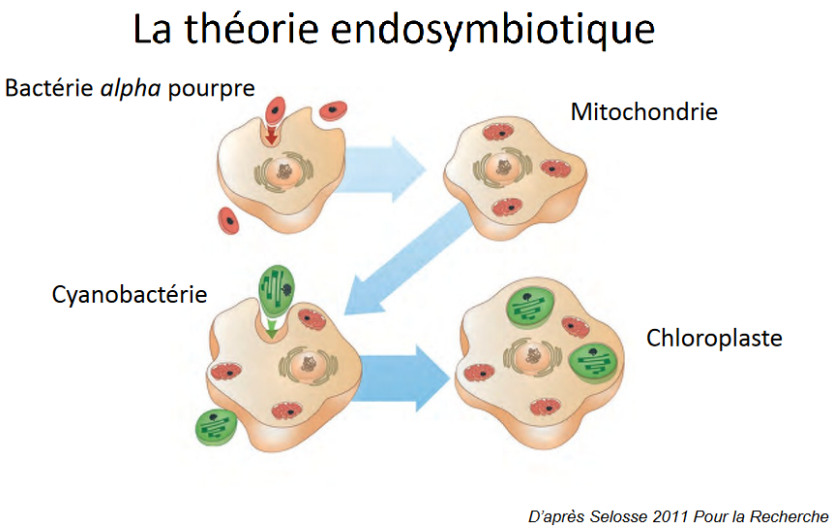
II. Biologie des algues

A- Les algues et l'activité photosynthétique

Il y a 4 milliards d'années, la Terre a une atmosphère sans oxygène et sans couche d'ozone, mais riche en gaz divers. Les premières cellules sont hétérotrophes, pratiquant la fermentation (processus anaérobie). Des bactéries présentes dans l'eau deviennent capables de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique, il y a 3,5 milliards d'années (elles possédaient donc déjà de la chlorophylle). De telles cellules existent encore de nos jours.

En cherchant à comprendre l'évolution des formes de vie primitive aquatique, on se penche très vite sur le cas des cyanobactéries (voir les études évoquant la formation des stromatolithes). Les cyanobactéries sont photosynthétiques, mais différentes... Elles apparaissent il y a entre 2,5 et 3 milliards d'années, évoluant dans un milieu peu éclairé (l'atmosphère est épaisse et les eaux sont profondes). Leur chlorophylle ne suffisant pas à cette intensité lumineuse, elles auraient intégré d'autres pigments plus sensibles, comme par exemple la phycocyanine, qui leur donne cette teinte bleue. En réalisant la photosynthèse, les cyanobactéries ont produit d'immenses quantités d'oxygène par photolyse de l'eau. Elles ont donc dû contribuer significativement à l'apparition de la vie aérobie sur Terre, la saturation des océans en oxygène, les modifications de la composition de l'atmosphère...

L'endosymbiose apporterait l'explication de la présence des chloroplastes chez les eucaryotes : une cellule primitive capable de respirer et se trouvant à cours de matière à oxyder, a incorporé par phagocytose une cyanobactérie capable de photosynthèse. Ceci aurait eu lieu vers 1 milliard d'années pour les algues vertes et rouges, beaucoup plus tard encore pour les algues brunes…



Source : application.sb-roscoff.fr

B- Le cas du phytoplancton

Le phytoplancton est le plancton végétal, c'est-à-dire l'ensemble des organismes végétaux vivant en suspension dans l'eau. Plus précisément, il s'agit de l'ensemble des espèces de plancton autotrophes vis-à-vis du carbone.

« Plancton, atmosphère et climat sont irrémédiablement liés et cela depuis les premières traces de vies sur la planète. Cette histoire commence il y a plus de 3 milliards d'années, quand des films de cyanobactéries photosynthétiques – tirant leur énergie de la lumière du soleil – ont commencé à injecter l'oxygène (O_2) dans une atmosphère primitive qui en était dépourvue, et à fixer le gaz carbonique (CO_2) atmosphérique. Ces êtres microscopiques – bactéries, archées puis leurs chimériques descendants, les protistes - ont produit la matière organique et vivante à la base de la chaîne alimentaire et initié un processus d'évolution foisonnant menant jusqu'à nous. Ces êtres invisibles sont aussi à la source de l'accumulation de la matière organique au fond des océans devenue pétrole et gaz - nos combustibles fossiles. L'accumulation de coques et squelettes microscopiques a généré d'innombrables sédiments au fond des océans devenus falaises et montagnes. Au-delà de leur rôle nourricier et malgré leurs tailles infinitésimales, les organismes du plancton capables de photosynthèse – le phytoplancton – sont de grands régulateurs du climat par leur capacité à fabriquer de la biomasse, absorbant et régulant ainsi le CO_2 atmosphérique. En fin de vie, la matière organique sédimente sous forme de cadavres, détritus et déjections devenus des écosystèmes riches de bactéries et archées, nourrissant les créatures des abysses. Depuis des millions d'années, cette « neige marine » emmène au fond des océans une gigantesque quantité de carbone. L'ensemble du processus constitue la "pompe à carbone". Les organismes uni- et multi-cellulaires qui se fabriquent des coques et des squelettes en carbonate de calcium ont également un impact sur ce bilan carboné. Chaque jour, nous devrions ainsi remercier le plancton de réduire les augmentations de CO_2 atmosphérique et de température et de maintenir la planète habitable. […]

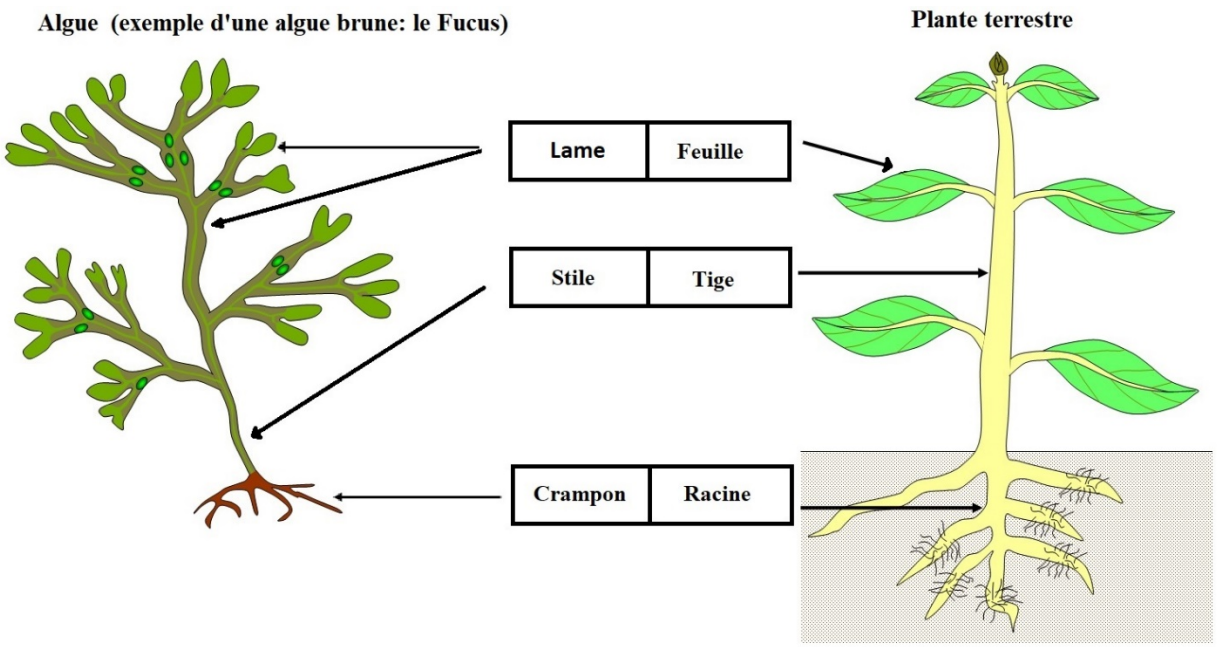
Il a été publié dans l'une des meilleures revues que le phytoplancton avait diminué de 40 % en un siècle… »

Source : Christian Sardet, « Les écosystèmes dans la régulation du climat », FFEM et Fondation Tara Expéditions.

C- Appareil végétatif des macro algues

Au contraire des plantes, dont les organes et les cellules sont regroupées en tissus aux fonctions souvent très spécialisées (les feuilles, les tiges et les racines constituent le cormus), les cellules des algues sont peu "différenciées" (il peut pourtant y avoir pour certaines algues un certain degré de spécialisation des cellules). Les algues étant dépourvues de tige, feuille, racine, et de système vasculaire, leur appareil végétatif est appelé « thalle » par opposition au cormus des plantes.

Ces cellules du thalle sont généralement toutes capables d'absorber de l'eau et de la lumière, ce qui n'est pas le cas pour une plante terrestre. Les algues s'accrochent sur le fond marin, mais elles n'ont ni racines pour leur approvisionnement, ni systèmes de transport des éléments nutritifs.

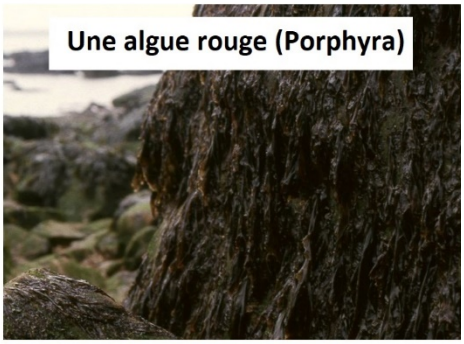


Comparaison d'une algue et d'un plante terrestre *(Source : svt.ac-dijon.fr/schemassvt)*

D- Les algues dans la classification

Source : Pixabay

Source : Pixabay



Source: By Gabriele Kothe-Heinrich (Own work) [CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/license

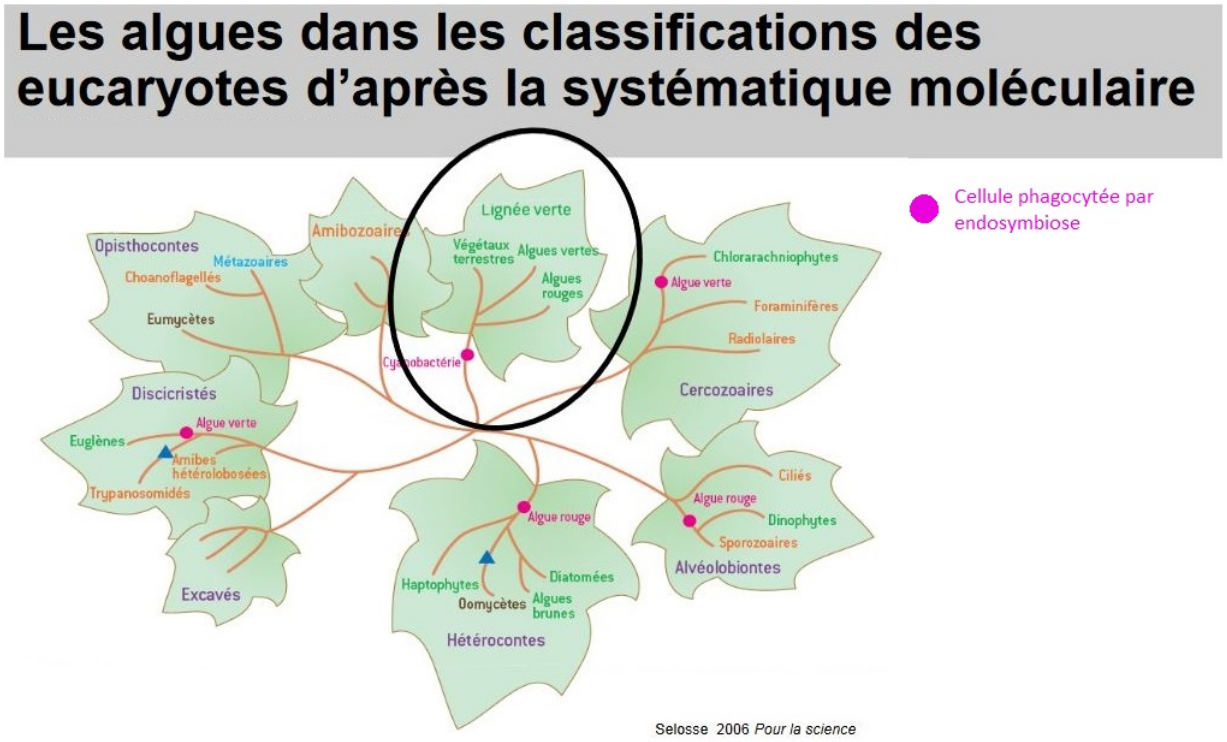
1-Un peu d'épistémologie

Sans vraiment les classer, Linné (1758) définit les algues comme des organismes fixés au substrat et vivant en milieu aquatique. Lamouroux (1813) propose une classification des algues d'après leur couleur (brun, noir, rouge, vert, doré…). Cette approche sera parfois même utilisée jusqu'aux années 1970. Des classifications basées sur l'observation de caractères morphologiques ont aussi été utilisées jusqu'en 1990. On admet que les algues ne constituent pas un groupe évolutif unique, mais rassemblent toute une série d'organismes pouvant appartenir à des groupes phylogénétiques très différents.

2- Classer les algues

En écartant le cas des algues bleues qui sont des cyanobactéries et en simplifiant au maximum, on distingue plusieurs ensembles d'algues Eucaryotes :

- Les algues de la lignée verte (lignée qui inclut aussi les végétaux terrestres). Vers la base de cette lignée évolutive, on trouve les algues rouges qui sont uniquement aquatiques et plutôt marines, puis viennent les algues vertes…
  L'hypothèse d'une première endosymbiose serait donc à l'origine de cette lignée :



Source : application.sb-roscoff.fr

- La lignée brune est assez « éloignée » de la précédente. Elle résulterait d'autres endosymbioses. Dans cette lignée, il y a aussi plusieurs branches : vers la base, des algues unicellulaires et marines, des algues brunes au sens strict, surtout marines et les diatomées, microalgues majeures du plancton…

- D'autres groupes d'algues, en général unicellulaires, sont dispersés dans la classification (Euglènes, Dinophytes…).

E- La répartition des algues marines

Il existe des algues terrestres, mais plus généralement les algues sont des végétaux aquatiques peuplant l'eau douce ou l'eau salée. Les algues sont rapidement en stress face à

la vie aérienne. Elles sont incapables de rester durablement à l'air libre pour vivre ou pour se reproduire.

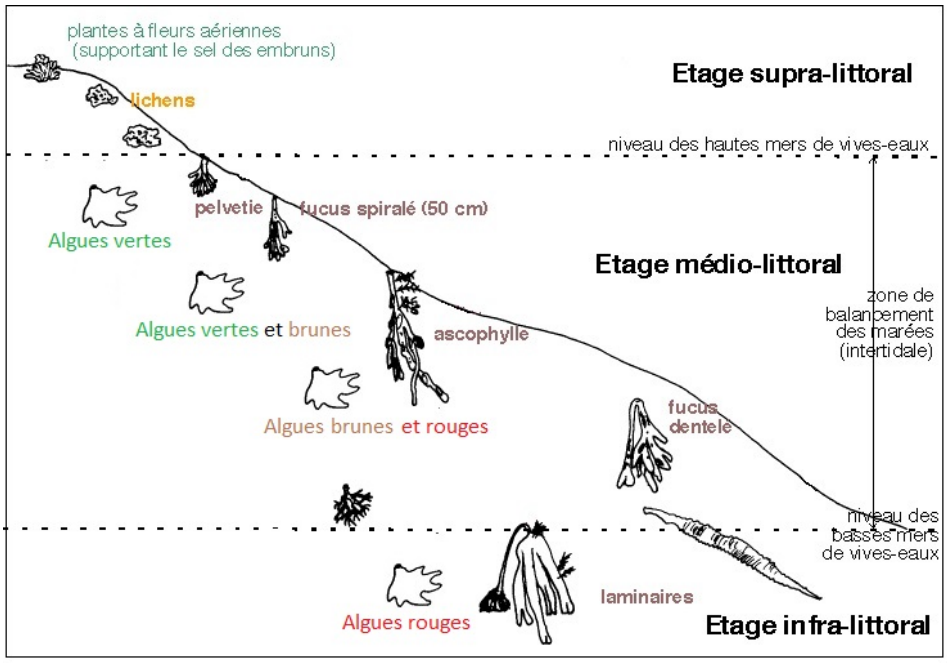
L'estran est la partie du littoral située entre les limites extrêmes des plus hautes et des plus basses marées. Il constitue un milieu de vie spécifique.

Source : Pixabay

La répartition des algues que l'on observe à marée basse est le résultat de la compétition qui s'exerce depuis 500 à 600 millions d'années entre les différents groupes. Deux facteurs jouent un rôle primordial dans cette répartition :

- L'eau, et plus précisément la durée de l'absence d'eau, due au mouvement des marées,
- La quantité et la qualité (longueurs d'onde des radiations) de la lumière disponible.

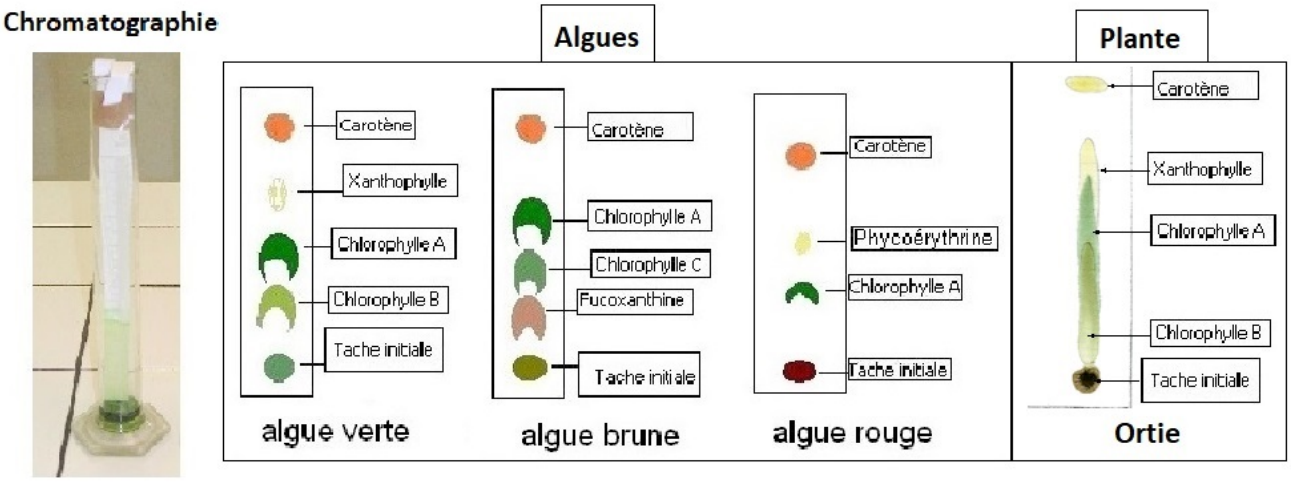
A marée basse, les algues marines font face à des changements physiques plus ou moins importants qui les placent dans des conditions de stress. Selon les espèces, elles se développent dans une zone qui correspond à leurs capacités à résister au dessèchement, aux variations de la température ou de la salinité.
L'importance de la houle et des vents dominants peuvent aussi influencer la distribution des algues sur l'estran. En effet, certaines populations y sont plus ou moins sensibles.



Source : Image adaptée de http://pst.chez-alice.fr/svtiufm/zoninter.htm

L'eau de mer joue le rôle d'un filtre qui absorbe progressivement les radiations lumineuses dans l'ordre décroissant de leurs longueurs d'onde (700 à 400 nm pour le spectre visible). Les radiations rouges ont par exemple déjà disparu vers 10 mètres de profondeur. Les radiations sont ainsi absorbées jusqu'au vert et au bleu qui sont les seules à subsister en faible quantité à des profondeurs comprises entre -75 et -100 mètres.

La chromatographie permet d'observer les différentes chlorophylles et pigments présents dans les algues :

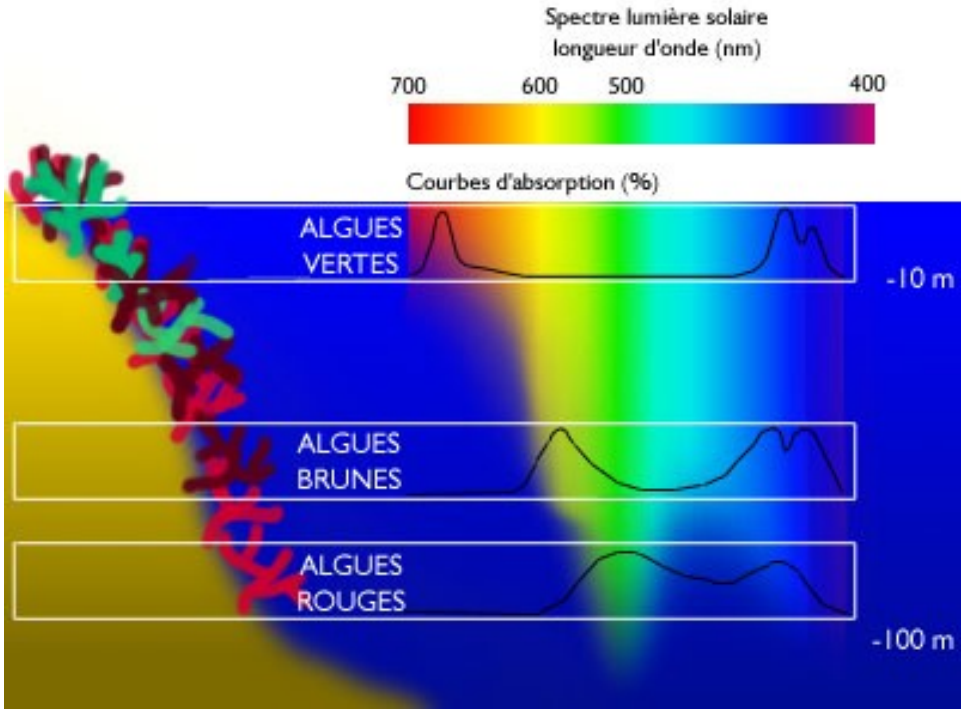


Source : http://espace-svt.ac-rennes.fr/travaux/algues/pages/lumiere4.htm

Toutes les algues possèdent des chloroplastes renfermant de la chlorophylle A qui leur permettent d'être photosynthétiques en absorbant dans le rouge et le bleu. Mais selon les

groupes d'algues, on retrouve d'autres pigments. Ce sont des chlorophylles b, c, ou d, des caroténoïdes (carotènes alpha, bêta, et xantophylles), ou des phycobilines. Les caroténoïdes des algues brunes favorisent l'absorption dans le bleu et la phycoérythrine (phycobiline) des algues rouges dans le vert.

Par exemple, en schématisant un peu, on constate qu'une algue à dominante verte n'absorbe pas le vert (c'est d'ailleurs pour cette raison que nous la voyons avec cette couleur), mais plutôt le rouge ! Elle est donc plus présente sur la partie supérieure de l'estran. La répartition des algues sur le littoral se fait donc globalement de la manière suivante :



Source : eric.lacouture.free.fr/

La présence d'une algue à un niveau du littoral marin est donc caractéristique de sa capacité à absorber ou non certaines ondes lumineuses et dépend de la nature de la combinaison de ses pigments. D'autres facteurs expliquent également le peuplement de l'estran par les algues.

On observe schématiquement de bas en haut de l'estran des algues rouges, brunes et vertes. Ces dernières représentent un stade pionnier du fait de leur grande capacité d'adaptation.

F- Reproduction

Par reproduction asexuée (mode de reproduction le plus fréquent) : L'algue est capable d'assurer sa descendance par des phénomènes ne faisant intervenir ni

organes ni cellules sexuelles. Le génotype est conservé et les individus obtenus sont identiques génétiquement à l'individu souche.

Par reproduction sexuée (mode de reproduction le moins fréquent et le plus aléatoire) : Un nouvel individu naît de la fusion de 2 types de cellules reproductrices (gamètes) distinctes génétiquement, l'une mâle, l'autre femelle. Les individus obtenus sont génétiquement différents. Il existe un vrai cycle de reproduction en 2 parties distinctes : 1/ la germination de spores (N) donne les cellules mâles (N) et femelles (N) ; 2/ces cellules, après fécondation, donnent un zygote (2N), et ce zygote donne un sporophyte (2N) qui va, lui, produire les spores (N).

III- L'algue : une ressource indispensable à la société ?

A- La dimension économique

L'algue devient une ressource très intéressante pour les industriels qui y voient des débouchés dans l'agroalimentaire (sous les appellations E401, E407 et E406), la cosmétologie et thalassothérapie, la pharmacie et le médical ou bien dans la fabrication de matériaux innovants (peinture, textile, traitement des eaux usées). Au niveau médical, de récentes recherches ont ainsi démontré que les algues brunes ont un intérêt dans l'imagerie médicale et même dans la réparation des vaisseaux sanguins avec l'utilisation du fucoïdane.

La mer regorge de plus de 20 000 espèces d'algues naturelles. Mais certains pays ont décidé d'élever l'algue pour en tirer des bénéfices, c'est l'algoculture. En effet, 75% de la planète consomme les algues comme une salade de la mer ou comme condiment, ces pays produisent des macro-algues. A cette utilisation, on peut ajouter des produits dérivés : alimentation animale, cosmétique, alimentation, production de biomatériaux, qui sont produits à partir de la culture des micro-algues. En 2010, 19 millions d'algues sont produites à travers le monde selon Alcimed, dont la Chine est le premier producteur.

L'algoculture est principalement asiatique, les pays comme la Chine, le Japon et la Corée du Sud en ont été les précurseurs. Cette production est principalement destinée à l'alimentation locale ou à l'exportation toujours liée à l'alimentation. L'algue est, en effet, très riche en protéines (substitut possible à la viande). En Corée du Sud, sur l'île de Sisan, les fermes d'algue sont visibles de l'espace tellement cette production y est importante. En Corée du Nord, des photos satellitaires montrent aussi, en octobre 2017, une exploitation très importante des algues. L'algoculture s'est aujourd'hui mondialisée, les pays occidentaux en produisent aussi mais l'utilisent davantage transformée (alimentation animale, cosmétique, pharmacie…).

L'algue est donc une production marchande réagissant aux effets de l'offre et de la demande. L'algue devient un enjeu économique important (estimé à 100 milliards d'euros) et les richesses dégagées par cette production ne cessent de croître (environ 10 milliards de tonnes par an). Certains économistes estiment que d'ici 2050, l'algue nourrira la planète, ce qui va créer de nombreux emplois.

Mais cette production a aussi des incidences en termes d'environnement, de gestion de la ressource avec des conséquences sociales.

B- La dimension sociale

L'algue est la base de l'alimentation pour de nombreuses populations. Elle a d'ailleurs été utilisée dès la Préhistoire où les hommes profitaient des qualités nutritives des algues. Riches en protéines et faibles en lipides, elle est un aliment très apprécié en Asie. Par exemple, les coréens consomment 14 kilos d'algues par personne par an en 2014 (7 kilos pour les japonais).

Si aujourd'hui 90% de la production d'algues se fait en Asie, les trois-quarts sont consommés directement sous forme de préparations culinaires : bouillies dans des soupes, fraîches en salade, en feuilles séchées pour les makis, les sushis ou gim. Une soupe d'algues, miyuk guk, est même donnée pendant 4 semaines aux jeunes mamans coréennes pour les détoxifier. L'algue est donc un aliment culturel dans les pays asiatiques.

La Corée du Sud exporte de plus en plus de produits alimentaires à base d'algues dans les pays occidentaux. Par exemple, des chips d'algues appréciées par les Etats-Unis ou bien les algues en doy pack en Suisse, en Suède et au Danemark.

La culture d'algues permet aussi des revenus aux habitants de zones souvent peu dynamiques. En Corée du Sud, sur l'île de Jeju-do, les femmes les plus pauvres étaient des plongeuses nommées "haenyos", elles ramassaient des algues et coquillages. Aujourd'hui, il n'en existe plus beaucoup du fait de la culture de l'algue.

C- La dimension politique et les développements menés

L'algue naturelle est un bien commun, partagée par tous. La planète compte plus de 20 000 espèces différentes, elle joue un rôle important sur la biodiversité, la sphère économique et sociale. La culture de l'algue apparaît comme étant une solution à de nombreux problèmes et défis de l'avenir.

La culture de l'algue peut avoir des effets positifs en termes d'environnement. L'algue se cultive sur les littoraux qui sont très convoités par des projets immobiliers liés au tourisme, de zones portuaires et industrielles polluantes. Cette production permet aussi de sauvegarder certains territoires de la surpêche qui entraîne des dégradations environnementales sur la biodiversité, l'exploitation des ressources halieutiques…

Par ailleurs, les algues vont permettre aussi d'absorber les matières fécales de l'aquaculture (ferme de poissons) qui sont à l'origine de l'eutrophisation du milieu marin. L'algue a donc des effets de purification des eaux. La Corée du Nord ainsi que la Chine ont mis en place plusieurs projets allant dans ce sens, par exemple la production de diverses algues destinées à améliorer la qualité des eaux et des productions aquacoles (moins de maladies, plus de production).

Les algues peuvent aussi avoir des impacts inattendus comme le fait d'absorber les rejets de CO_2 des voitures sur une autoroute et même permettre de produire du bio-bitume ou du biocarburant. De plus, les algocarburants ne sont pas des « agro-carburants » (avec leurs externalités négatives), ils ne concurrencent pas l'alimentation humaine pour ce qui est de l'eau et des surfaces arables, leur exploitation est bien moins polluante et moins gourmande en surface (20 à 30 fois moins de place). A ce titre, on peut les considérer comme des biocarburants de 3ème génération, après les oléagineux (actuellement commercialisés) et les biocarburants à base de bois, paille et feuilles. D'ailleurs EADS (Airbus) ou bien le constructeur Peugeot-Citroën s'intéressent particulièrement à ce nouveau type de carburant beaucoup moins cher. La recherche et les innovations par rapport à l'exploitation de l'algue comme carburant n'en sont qu'à leurs balbutiements.

L'algue peut aussi devenir un aliment important et répondant aux besoins croissants des populations. En effet, l'algue est une ressource riche en protéines, peu polluante et abondante. Elle peut donc relever le défi de nourrir les hommes. En 2050, nous serons plus de 9 milliards, les scientifiques pensent que les algues vont devenir une ressource alimentaire essentielle pour nourrir l'humanité car peu polluante à produire, abondante et riche en protéine. L'algue semble être un aliment d'avenir.

La recherche et développement liée à l'utilisation de l'algue devient un enjeu. Les filières de l'enseignement doivent donc proposer des formations autour de l'algue pour former les futurs chercheurs dans cette filière notamment autour de l'INSA (Institut national des sciences appliquées à Toulouse qui travaille sur la micro algue). Si l'utilisation de l'algue devient un secteur stratégique, les politiques doivent donc proposer de nouvelles formations adaptées. Par exemple, en France, le CEVA (Centre d'Étude et de Valorisation des Algues), basé à Pleubian dans les Côtes d'Armor, est un organisme de recherche privé et un centre technique du réseau ACTIA, labellisé Institut Technique Agro-Industriel (ITAI) par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (http://www.ceva.fr/).

SOURCES

Photos des fermes d'algues en Corée du Sud et du Nord

http://www.laboiteverte.fr/des-fermes-dalgues-en-coree-du-sud-vues-de-lespace/, en Corée du Sud.

et http://www.amitiefrancecoree.org/2017/10/algues-spiruline-coree-du-nord.html, en Corée du Nord.

Article de Usine Nouvelle à propos du marché de l'algue

https://www.usinenouvelle.com/article/les-algues-miraculeuses-de-la-cosmetique.N345649

Visuel de l'université des Sciences et Technologies de Lille sur l'ensemble des utilisations connues des algues

http://sm-wimereux.univ-lille1.fr/formation/DocumentsPedagogiques/documents/macroalgues/UtilisationAlgues.pdf :

Les algues brunes et leurs applications pour la médecine

http://www.industrie.com/pharma/des-algues-brunes-pour-l-imagerie-medicale,73865

Mobilisation citoyenne en Corée du sud pour protéger un site où l'on pêche les algues

https://reporterre.net/En-Coree-du-sud-la-lutte-tenace :

L'utilisation à des fins de purification de l'air

https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/pollution/une-colonne-d-algues-pour-purifier-l-air-de-nos-villes_102457

L'utilisation des algues pour faire du bio-bitume
http://www2.cnrs.fr/presse/communique/3979.htm

Un dossier complet (2017) présentant les aspects positifs de l'algue pour la société française

https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-01526926/document :

Le livre du FFEM « Les écosystèmes marins dans la régulation du climat »

https://www.ffem.fr/sites/ffem/files/2017-08/Les%20%C3%A9coyst%C3%A8mes%20marins%20dans%20la%20r%C3%A9gulation%20du%20climat-FFEM-TARA_%20Dec2015.pdf

Article de Sciences et Avenir sur les algues

https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/mers-et-oceans/les-algues-a-la-recherche-d-une-croissance-durable_104830

Autres site web ressources

http://www.encyclopedie-environnement.org/zoom/les-algues-et-leur-classification/

https://fr.wikipedia.org/wiki/Algoculture

http://ecole-ile.de.batz.pagesperso-orange.fr/btj/btj.htm

http://pst.chez-alice.fr/svtiufm/zoninter.htm

http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch01/co/apprendre_ch1_07.html

http://synerj.logiciel-reseau-vdi.com/AFA_classifications_des_algues2.pdf

http://eric.lacouture.free.fr/lycee/termS_spe/cours_term_spe_ch1.htm

http://espace-svt.ac-rennes.fr/travaux/algues/pages/lumiere4.htm

http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese/exp22.html

http://biochimej.univ-angers.fr/Page2/TexteTD/5TDBioCellL1/1TDComparProEucar/1TDCompProEucar.htm

http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/evolution/relations-de-parente/enseigner/activites-pratiques-et-classification/les-tp/tp-pigments-des-algues-par-chromatographie