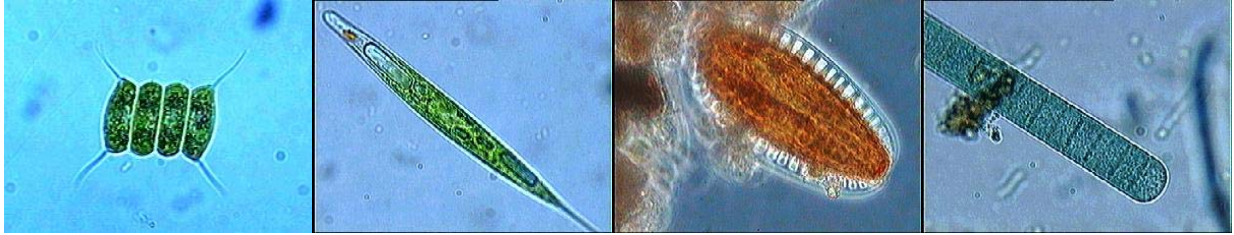


LES ALGUES - LES MICROALGUES

Michel Cavalla 2000



I. Définition :

Les algues sont définies comme des organismes eucaryotes (excluant les cyanobactéries qui sont des procaryotes photosynthétiques) dépourvus de racines, de tige (absence de tissus vasculaires) et de feuilles, mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments accessoires pour réaliser la photosynthèse productrice d'oxygène.

Les cyanobactéries (ex algues bleues ou Cyanophycées) sont généralement étudiées ensemble car bien que ne possédant pas de noyau, elles ont beaucoup d'affinités avec les algues vraies.

Les algues sont classées dans le groupe des thallophytes, dans le règne végétal, mais du fait de la diversité des formes, certaines espèces phytoplanctoniques sont classées dans le règne des protistes qui regroupe les eucaryotes unicellulaires.

La taille des algues peut varier de la cellule microscopique unique, à quelques cellules en colonie et jusqu'à 75 m (laminaires, sargasses) pour certaines formes multicellulaires.

II. Distribution :

La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, mais certaines sont terrestres et sont capables de se développer à même le sol ou sur le tronc des arbres.

Dans l'eau, les algues ainsi que de petites plantes forment le phytoplancton, le zooplancton étant constitué par des animaux et des protistes non photosynthétiques.

Certaines algues se développent sur des rochers humides, sur le tronc des arbres (*Pleurococcus*, Chlorophyte), ou sur un sol mouillé (*Nostoc*, Cyanobactérie).

D'autres sont des endosymbiotes de protozoaires (Zooxanthelles chez *Paramecium bursaria*), de plantes (*Anabaena* chez *Azolla*, *Cycas*), d'hydrides, de bryozoaires, de mollusques, vers ou coraux chez lesquels elles se développent dans le cytoplasme.

Des algues vivent en symbiose avec des champignons pour former les lichens.

Les algues et les cyanobactéries sont parmi les premiers organismes apparus sur Terre. Aux USA au voisinage des grands lacs, on a trouvé des cyanobactéries fossiles ressemblant à des oscillaires dans des terrains cambriens de 2 milliards d'années.

III. Classification :

Il existe plusieurs classifications différentes, mais les algues peuvent être réparties dans sept embranchements distribués dans deux règnes (protistes, végétal).

Caractéristiques importantes des groupes d'algues

Embranchement (Règne)	Nom commun	Nombre d'espèces	Représentants	Pigments	Réserves	Paroi	Habitat
Chlorophytes (Protistes)	algues vertes	7500	<i>Chlorella, Scenedesmus, Spirogyra, Ulva</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	Sucres, amidon, fructane	Cellulose, mannanes, protéines, CaCO ₃	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Charophytes (Protistes)		250	<i>Chara, Nitella</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	amidon	Cellulose, CaCO ₃	eau douce et saumâtre
Euglenophytes (Protistes)	Euglènes	700	<i>Euglena, Phacus</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	paramylon, huiles, sucres	absente	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Chrysophytes (Protistes)	algues brun-jaune, vert-jaune et diatomées	6000	<i>Dinobryon, Surirella</i>	Chloro. a, C1, C2 Carotènes fucoxanthine, xanthophylles	Chrysolaminarine, huiles	Cellulose, silice, CaCO ₃	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Phaeophytes (Plantes)	algues brunes	1500	<i>Laminaria, Fucus</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	laminarine, mannitol, huiles	cellulose, alginate, fucoidane	eau salée et saumâtre
Rhodophytes (Plantes)	algues rouges	3900	<i>Gracilaria, Gelidium, Chondrus</i>	Chloro. a rarement d Xanthophylles carotènes, zéaxanthine, phycocyanine C, phycoérythrine	amidon floridéen	cellulose, xylanes, galactanes, CaCO ₃	eau douce, saumâtre et salée
Pyrrhophytes (Protistes)	dinoflagellés, dinophytes	1100	<i>Gymnodinium, Ceratium, Alexandrium</i>	Chloro. a, C1, C2, carotènes, fucoxanthine, péridinine, dinoxanthine	amidon, glycanes, huiles	cellulose ou absente	eau douce, saumâtre ou salée
Cyanophytes (Procaryotes)	Cyanobactéries, algues bleues		<i>Anabaena, Nostoc, Microcystis</i>	chloro. a, allophycocyanines, phycocyanine, phycoérythrine, phycoérythrocyanine			

Remarque : Les Cyanophytes ou Cyanobactéries ont été ajoutées à titre de comparaison.

IV. Structure :

1/ Structure du thalle :

Le corps végétatif des algues est appelé un thalle. Il peut être constitué d'une cellule unique jusqu'à un grand nombre de cellules associées.

- Les thalles les moins élaborées sont unicellulaires, coloniaux (cœnobes) ou filamenteux non ramifiés. il n'y a pas de communications cytoplasmiques entre les cellules.
- Les thalles intermédiaires sont des filaments plus ou moins ramifiés, dont les cellules communiquent entre elles (plasmodesmes). On distingue une partie rampante et une partie dressée.
- Les thalles fucoïdes (*Fucus*) sont les plus complexes, ils sont ramifiés et très structurés.

2/ Ultrastructure des cellules :

Les cellules d'algues sont isolées ou en colonies plus ou moins structurées.

Mise à part le groupe des Euglènes, chaque cellule possède une paroi, le plus souvent composée de cellulose. Les Euglènes ne possèdent pas de paroi rigide, ce qui leur donne une mobilité de forme caractéristique au cours de leur déplacement qui s'appelle le mouvement euglénoloïde.

Le noyau n'est présent que chez les eucaryotes.

La chlorophylle est contenue dans des chloroplastes chez les eucaryotes et dans des membranes lamellaires chez les cyanobactéries. Les Euglènes peuvent perdre leurs chloroplastes et donner des individus dépigmentés hétérotrophes peu différents des protozoaires flagellés (*Peranema*).

Certaines algues unicellulaires mobiles (Euglènes, *Chlamydomonas*) possèdent un stigma, tache orangée qui remplit le rôle de photorécepteur et permet au micro-organisme de se diriger.

Les flagelles sont présents en permanence chez certaines cellules comme *Chlamydomonas* ou les Euglènes. Chez d'autres espèces, ils sont absents ou présents seulement sur les spores.

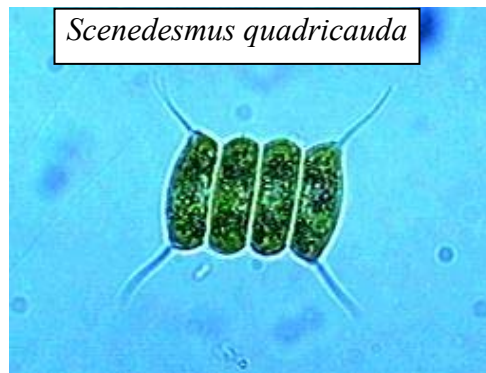
Des Cyanobactéries (*Anabaena*, *Nostoc*) sont capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à la nitrogénase contenue dans les hétérocystes. La paroi de ces cellules spécialisées est plus épaisse pour protéger l'enzyme de l'oxygène qui lui est nocif. L'hétérocyste n'est pas capable de photosynthèse, mais est en relation avec les cellules somatiques adjacentes qui lui fournissent les matières carbonées en échange de composés azotés.

Cultivée dans un milieu riche en azote, la cyanobactérie ne produit pas d'hétérocystes. Par contre, dans un milieu pauvre en azote, ces cellules spécialisées se forment et le filament flotte grâce à des vésicules de gaz pour se rapprocher de l'interface avec l'air.

V. Reproduction :

1/ Reproduction asexuée : Elle peut être de 3 types :

- **fragmentation** : le thalle se sépare en deux parties qui redonneront chacune un nouveau thalle.
- **sporulation** : des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges.
- **scission binaire** : division du noyau puis du cytoplasme.

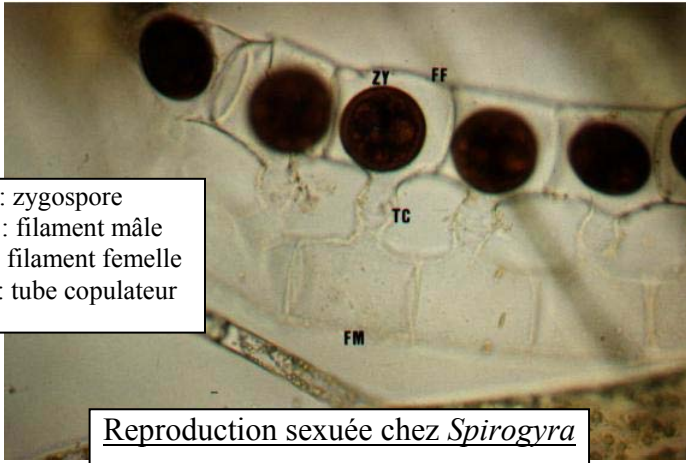


La forme caractéristique du cœnobe de *Scenedesmus quadricauda* provient de deux divisions successives par scission binaire. Les divisions suivantes provoquent la fragmentation de cette forme coloniale. Chez les cyanobactéries (*Oscillatoria*), des zones plus sensibles aux cassures sont présentes et favorisent ce mode de reproduction asexuée.

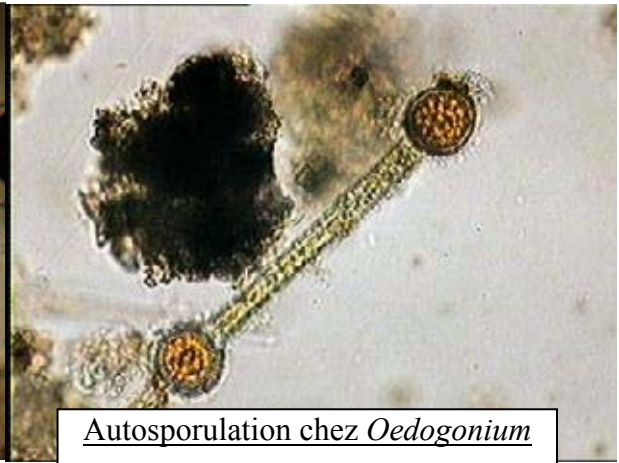
2/ Reproduction sexuée :

Dans la reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde. Des œufs se forment dans les cellules réceptrices identiques aux cellules somatiques (*Spirogyra*) ou dans des cellules végétatives femelles peu modifiées nommées oogones (*Fucus*). Les spermatozoïdes sont produits dans des structures mâles spécialisées appelées anthéridies.

ZY : zygospore
 FM : filament mâle
 FF : filament femelle
 TC : tube copulateur



Reproduction sexuée chez *Spirogyra*



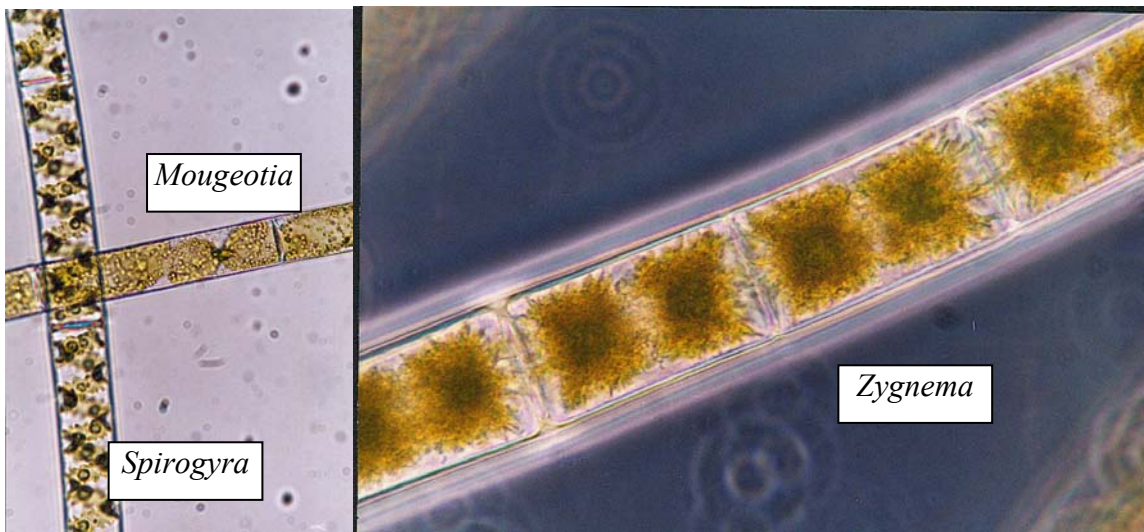
Autospore formation chez *Oedogonium*

VI. Caractéristiques des groupes d'algues :

Les Chlorophytes ou algues vertes :

Elles présentent une grande diversité de forme, depuis le type unicellulaire jusqu'au type en colonie ou filaments. Certaines espèces ont un crampon qui leur permet de se fixer.

Les algues vertes filamenteuses (Zygnématales) forment des masses chevelues et plus ou moins gluantes au toucher dans les mares - leur développement est le plus important au printemps, mais elles sont présentes en toutes saisons dans les points d'eau bien éclairés : mares, étangs et même dans les bassins des jets d'eau en association avec d'autres algues filamenteuses comme la diatomée *Melosira*.



Les Chlorophytes non filamenteuses peuvent être isolées ou bien en colonies plus ou moins importantes.



La desmidiée *Closterium* et *Pediastrum* une Chlorophyte coloniale

Les Charophytes

Chara et *Nitella* peuvent être confondues avec des plantes aquatiques car elles sont ramifiées. Elles peuvent recouvrir la vase des mares ou des ruisseaux peu profonds.

Les Diatomées et les Chrysophytes:

Les Diatomées forment la majeure partie du phytoplancton dans les zones les plus froides de l'océan et représentent la seule source d'alimentation pour les animaux vivant dans ces régions. On peut trouver jusqu'à 1 000 000 de diatomées par litre d'eau de mer.

Les diatomées sont présentes depuis 200 millions d'années.

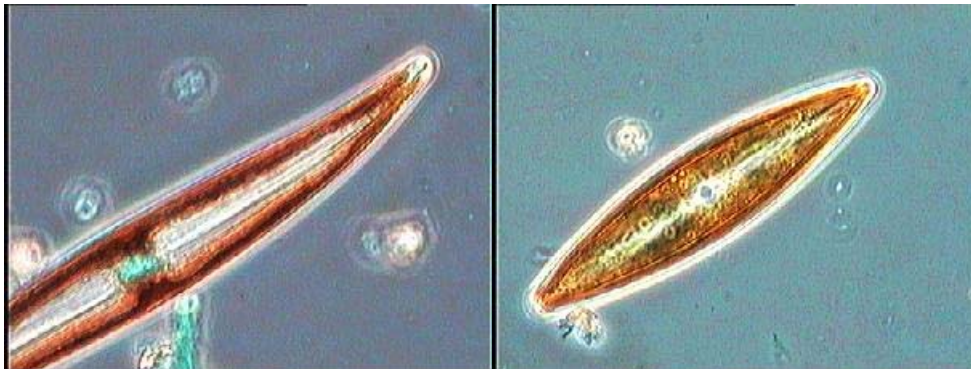
Les diatomées possèdent une couche externe de silice que l'on nomme la frustule. Lorsque les diatomées meurent, leur contenu cellulaire se décompose et il ne reste plus que cette paroi externe qui sédimente et qui forme une roche que l'on appelle la diatomite ou terre de diatomées (« diatomaceous earth »).

On a trouvé en Californie un dépôt de plus de 400 m d'épaisseur. on trouve également des diatomées fossiles en Auvergne.

La terre de diatomées ou Diatomite est utilisée comme abrasif, comme additif dans les décapants, les huiles décolorantes et désodorisantes et les engrais.

Elle est également employée en tant que filtre pour les piscines, comme isolant thermique (briques réfractaires) et phonique et comme additif à la peinture pour augmenter la visibilité nocturne des signaux indicateurs et des plaques d'immatriculation.

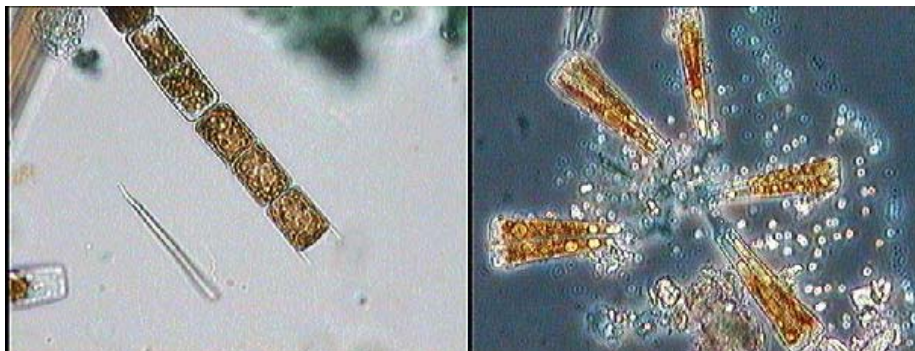
Les diatomées sont un indicateur de la pollution de l'eau, les tolérances de différentes espèces ont été déterminées vis à vis de facteurs environnementaux (concentration en sels, pH, éléments nutritifs, azote, température).



Gyrosigma et *Navicula* colorées au vert de méthyle qui met en évidence le noyau



Cocconeis et *Epithemia* une diatomée épiphyte



La diatomée filamenteuse *Melosira* et *Gomphonema*, une diatomée pédonculée

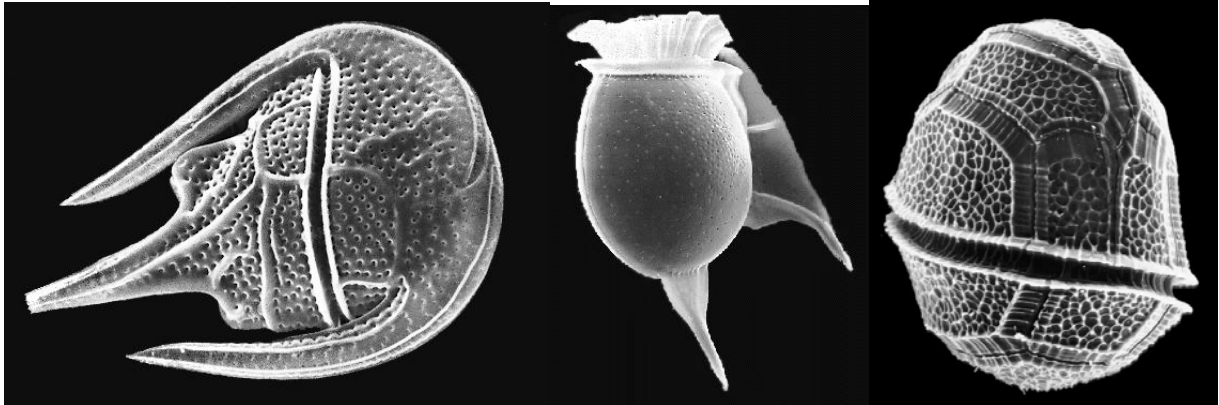


Surirella spiralis et *Tabellaria*

Pour se procurer ce genre de spécimens, il suffit de récolter le dépôt brun-doré qui se forme à la surface des eaux stagnantes sous le couvert des arbres, dans les étangs ou les ruisseaux calmes.

Les Pyrrophytes ou Dinoflagellés :

Gymnodinium, une Dinophycée est responsable des "marées rouges" où l'eau peut contenir jusqu'à 46 millions de cellules d'algues par litre d'eau. Lors de la mort des cellules, la libération de substances toxiques provoque une grave pollution des coquillages et de la faune aquatique



Ceratium, Dinophysis et Peridinium

(photo provenant du site : <http://www.biol.tsukaba.ac.jp/~inouye/>)



Une marée rouge produite par des Dinoflagellés

(photo provenant du site : <http://www.redtide.who.edu/hab/rtp/photos/noctiluca.jpg>)

Les Rhodophytes ou Algues rouges:

Chondrus crispus (la mousse d'Irlande) produit des polysaccharides (carraghénanes) utilisés comme épaississants alimentaires, ainsi que pour immobiliser enzymes et cellules

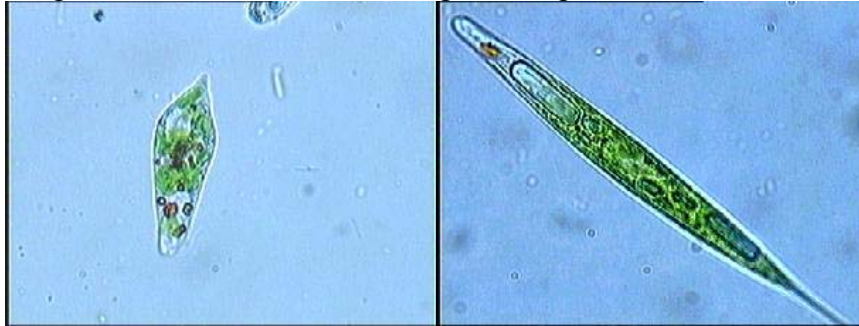


Porphyra, une algue rouge entrant dans la composition de plats japonais sous le nom de « Nori »
(provient du site :

<http://www.wisc.edu/botit/img/bot/130/Protista%20I/Rhodophyta%20Images/Porphyra%20.jpg>)

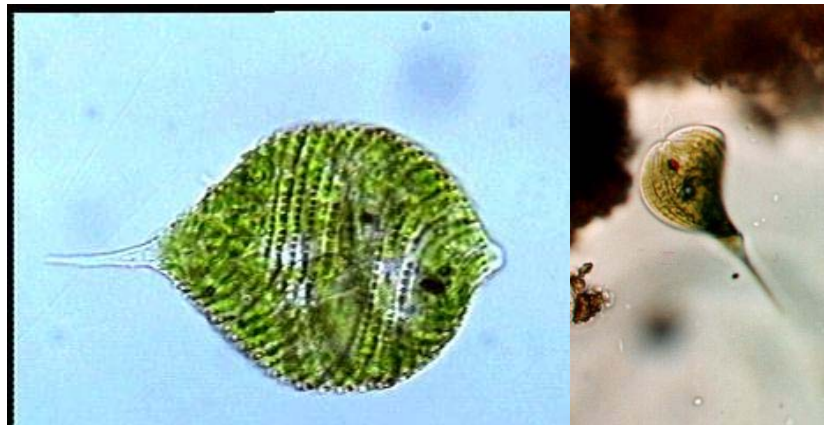
Les Euglenophytes

Les cellules d'euglènes sont souvent déformables et la plupart d'entre elles possèdent un flagelle avant qui leur permet également de se mouvoir en l'agitant un peu comme un lasso.



2 représentants du genre *Euglena*, noter la présence du stigma orangé

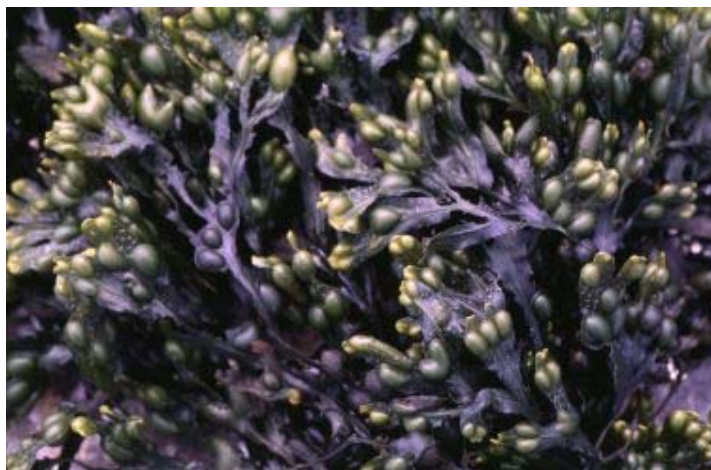
Le métabolisme des Euglènes est polyvalent. En présence de lumière, ils sont photo-autotrophes, et en absence de lumière ou après la perte de leur chloroplaste, ils deviennent organotrophes et sont en particulier capables de métaboliser le lactate. Cette propriété particulière, partagée avec les hépatocytes, en fait un modèle d'étude privilégié (cf article de J. Briand dans Biofutur cité en bibliographie).



2 représentants du genre *Phacus* sp.

Les Phaeophytes

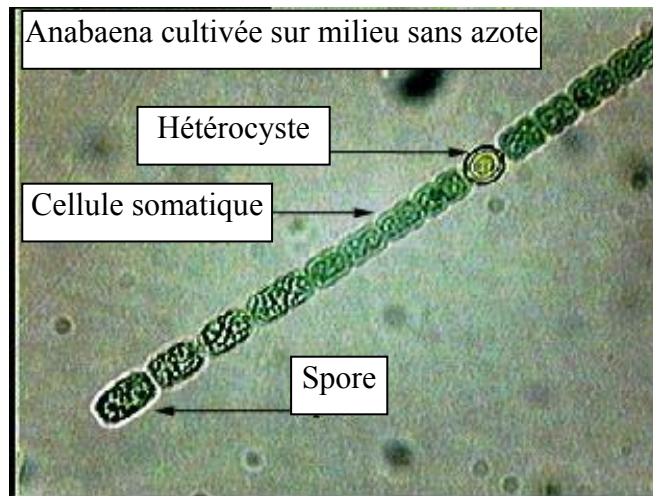
Les algues brunes produisent des polysaccharides de haute viscosité comme l'Agar-Agar ou les Alginates. Cet embranchement regroupe les représentants des algues ayant le thalle le plus complexe.



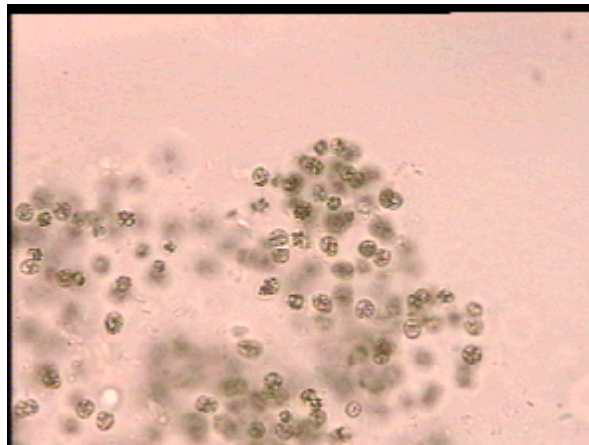
Le *Fucus* vésiculeux possède des vésicules de flottaison et des organes reproducteurs mâle et femelle bien distincts, c'est une algue marine

Les Cyanobactéries

De même que les algues vertes, les cyanobactéries peuvent être sous forme de cellules isolées, de cœnope (*Microcystis*) ou de filaments (*Nostoc*, *Anabaena*)



Merismopedia et *Oscillatoria*



Microcystis aeruginosa forme une poussière verte à la surface des plants d'eau au mois d'août.

VII. Les algues toxiques, intoxication par les fruits de mer

La consommation de mollusques (moules, huîtres, coques, clams et même crabes) surtout de mai à septembre, peut provoquer une intoxication grave, parfois mortelle, causée par une toxine paralysante.

Les spécialistes s'accordent à dire que ces organismes microscopiques représentent la principale menace du prochain millénaire pour l'homme et plus globalement pour l'équilibre biologique océanique...

L'origine probable de ces problèmes est la culture intensive avec des engrais chimiques qui provoquent une abondance de nitrates, l'élevage intensif de porcs qui entraîne des rejets de sulfates et pour finir le délestage des bateaux : lorsqu'un navire voyage à vide, il remplit sa coque d'eau de mer qu'il rejettera dans le port d'un autre continent. C'est ainsi que ces micro-organismes peuvent se répandre.

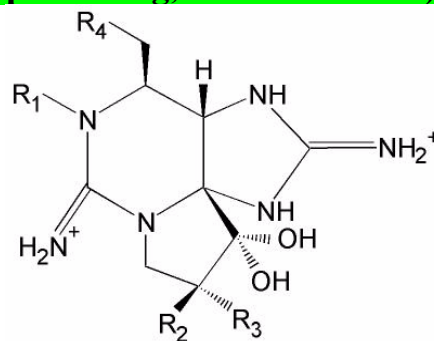
Les cinq classes de syndromes sont :

- la **PSP** (Paralysing shellfish poisoning; **STX** = saxitoxine) la plus connue.
- l'**ASP** (Amnesic shellfish poisoning, acide domoïc).
- la **CFP** (Ciguatera Fish poisoning)
- la **DSP** (Diarrheic shellfish poisoning, acide okadaïque),
- la **NSP** (Neurotoxic shellfish poisoning)

Les normes de FDA (Food and Drug Administration) sont les suivantes :

Toxine	Normes FDA
ASP	20 ppm d'acide domoïc, à l'exception des viscères de crabe ou 30 ppm sont tolérées.
DSP	0.2 ppm d'acide okadaïque (DXT 1)
NSP	0.8 ppm (20 unités souris/100g) équivalentes en brevetoxine-2.
PSP	0.8 ppm (80 µg/100g) équivalents saxitoxine

La PSP (Paralysing shellfish poisoning, SAXITOXINE)



Il existe 20 types de saxitoxines. Sur recommandation de l'OMS, la dose maximale de saxitoxine (PSP) est fixée à 80 µg pour 100 g de chair de moule.

Il a été détecté la première "marée" d'algues à toxines paralysante (PSP), en octobre 1988 sur la côte nord-ouest de la Bretagne, ainsi que les deux suivantes en 1989 et 1990.

En 1987, une intoxication survint au Guatemala, faisant 187 victimes dont 26 morts. L'aliment incriminé était une soupe de poisson.

Cette toxine, nommée saxitoxine, est biosynthétisée par des dinoflagellés : *Gonyaulax catanella*, *Gonyaulax tamarensis*, *Alexandrium catenella*, *Alexandrium tamarense* et *Pyrodinium phoneus*.

Cette toxine est caractérisée par un effet paralysant neuromusculaire extrêmement puissant; son intensité est 20 fois plus forte que celle du curare.

Son action consiste à inhiber la transmission de l'influx nerveux, en particulier au niveau du système nerveux périphérique, elle bloque aussi le fonctionnement des centres respiratoires et circulatoires.

Par ailleurs, en diminuant l'entrée massive des ions sodium nécessaires à la contraction musculaire, la toxine provoque la paralysie graduelle des muscles striés et du muscle cardiaque, provoquant l'arrêt cardiaque et l'état de choc.

La saxitoxine est thermolabile. La quantité de toxine dans un coquillage peut être réduite en retirant le siphon, les branchies et les glandes digestives.

Un engourdissement, un picotement des lèvres s'étendant progressivement à toute la figure puis aux doigts constituent les premiers symptômes de l'intoxication paralysante.

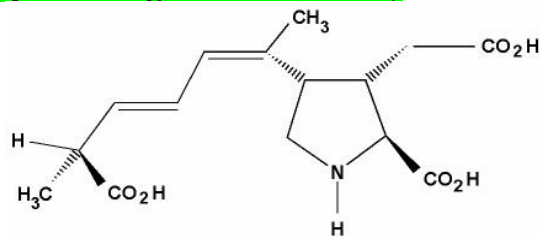
Si l'intoxication est grave, les sensations de picotement s'étendent à l'ensemble des membres (cou, bras, doigts, jambes, orteils), sont accompagnées de raideur et douleur musculaire et d'affaiblissement général. Il y a salivation, soif intense, dysphagie, anurie. Puis asthénie avec vertige, malaises, prostration et maux de tête.

Des symptômes gastro-intestinaux peuvent apparaître ; ils sont assez variables et secondaires aux altérations du système nerveux. Au stade terminal on peut voir des fibrillations musculaires, des convulsions et de la paralysie. En phase critique, la respiration peut devenir difficile et le malade meurt d'étouffement.

Les symptômes peuvent apparaître de trente minutes à 12 heures.

Un test récent de cytotoxicité, le "DRAME" développé par la faculté de pharmacie de Nantes, devrait rapidement remplacer le "test souris" actuellement en place.

L'ASP (Amnesic shellfish poisoning, acide domoïc)



L'ASP fut pour la première fois mise en évidence en 1987 lorsqu'une intoxication de moules bleues (*Mytilus edulis*) fit 156 victimes dans l'Ile du prince Edward (Canada). 3 victimes y trouvèrent la mort.

Les symptômes les plus significatifs sont une perte de la mémoire à court terme, ce qui a donné le nom d'ASP, ils sont accompagnés de gastro-entérite intervenant dans les 24 heures suivant l'ingestion de coquillages empoisonnés. Les symptômes sont des nausées, vomissements, crampes abdominales et diarrhée.

L'ASP est due à l'action de l'acide domoïc (Domoic Acid Poisoning), produit entre autres par la diatomée *Pseudo-nitzschia multiseries*. Les dommages causés au cerveau sont irréversibles.

En 1991, le long des plages de Monterey Bay, CA, des oiseaux morts et mourants ont été trouvés, qui présentaient des symptômes inhabituels suggérant la présence d'une neurotoxine. L'analyse du contenu de leur estomac a montré la présence d'acide domoïc et d'anchois. Le tube digestif des anchois contenait une diatomée phytoplanctonique : *Pseudo-nitzschia australis*. L'intervention des autorités sanitaires a évité une contamination à l'homme en interdisant la vente du poisson et des fruits de mer dans cette région.

L'action de l'acide domoïc s'effectue en perturbant la transmission de l'influx nerveux. L'acide domoïc se fixe sur les synapses à glutamate. Lorsqu'il se fixe sur la partie terminale du nerf, il provoque la libération de l'acide glutamique jusqu'à complet épuisement du neurone, provoquant la mort cellulaire.

CIGUATERA (CFP, Ciguatoxine)



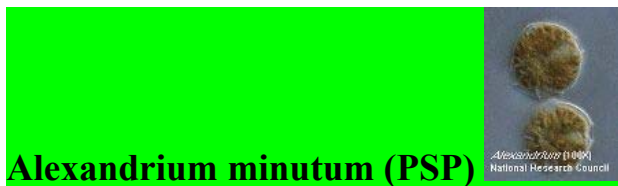
***Dinophysis acuminata* (DSP).**

Les moules sont le principal vecteur de cette contamination, mais elle peut également être transmise par les palourdes, clams, tellines et autres coquilles Saint-Jacques, seules les huîtres se voyant, à ce jour, lavées de tout soupçon.

Les *Dinophysis* toxiques sévissent à l'état endémique sur les côtes françaises, dans le Finistère et dans le Morbihan, mais aussi, à un moindre degré, en Normandie, dans la partie ouest de la Méditerranée, ainsi qu'en Corse. Le nombre d'intoxications élevé au début (4000 en 1983 et 2000 en 1984) a baissé rapidement (moins de 10 à partir de 1985) après la mise en place d'un réseau de surveillance IFREMER CSRU et la fermeture préventive des zones contaminées.

Les douleurs abdominales avec diarrhée associée sont les symptômes prédominants et constants des gastro-entérites à *Dinophysis*. Ils apparaissent toujours en moins de 12 heures après le repas toxique de coquillages et il n'y a pas de fièvre associée ce qui permet de les distinguer des autres gastro-entérites.

Ces intoxications sont saisonnières et ont été reliées à la présence de divers *Dinophysis* dans l'eau de mer, en l'absence de toute efflorescence forte et dans les coquillages consommés.



***Alexandrium minutum* (PSP)**

Alexandrium minutum est plus rare que le *Dinophysis* mais aussi plus dangereux. Ce dinoflagellé, mû par deux filaments, relâche différentes toxines paralysantes, dont la saxitoxine et les gonyautoxines, qui se retrouvent, concentrées, dans tous les coquillages (huîtres comprises) et qui engendrent très rapidement - moins de trente minutes après ingestion - des symptômes allant des simples fourmillements et vertiges jusqu'à la perte de coordination motrice et, dans les cas les plus graves, aux troubles respiratoires et à la paralysie.

D'autres espèces du genre *Alexandrium*, particulièrement toxiques, ont ainsi été impliquées dans des décès survenus ces dernières années en Espagne, aux Etats-Unis ou au Canada. *l'Alexandrium* a fait des centaines de morts au Chili.

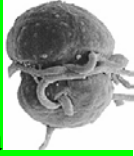
Toutes ces toxines sont thermostables, c'est-à-dire résistantes à la chaleur, si bien que la cuisson ne diminue en rien leurs effets néfastes.

Les risques d'intoxication associés à l'espèce *Alexandrium minutum*, qui n'est observée que depuis dix ans dans les eaux françaises, restent pour l'essentiel localisés à quelques secteurs du nord de la Bretagne (abers, baie de Morlaix, Rance). Toutefois, il semble que cette espèce gagne du terrain, puisque, pour la première fois, elle a été également repérée en 1997, à des concentrations assez importantes, en Poitou-Charentes.

Le cycle de vie de *l'Alexandrium* peut être consulté à l'adresse :

<http://www.ifremer.fr/francais/produits/thau/page1.htm>

Pfiesteria piscicida



La *Pfiesteria* sévit en Caroline du Nord (USA). Ce Dinoflagellé est responsable d'une véritable hécatombe marine cyclique. Tous les poissons et même ceux réputés très résistants aux microbes meurent en masse des suites d'étranges plaies provoquées par l'algue tueuse.

Cette algue mutante et très complexe à étudier produit des toxines très dangereuses pour l'homme : paralysies, pertes de mémoire, troubles neurologiques, lésions cutanées, insuffisances rénales et même la mort, frappent les victimes.

Hormis le risque pour la santé, la *Pfiesteria* est déjà responsable d'une baisse de 40% de la production de certains pêcheurs américains.

Les employés de manutention des piliers de pont doivent désormais s'équiper de combinaisons de plongée Viking entièrement étanches destinées à l'origine à être utilisées en milieu hostile (guerre biologique) pour éviter tout risque.

Le gouvernement américain a dépêché sur place une équipe de scientifiques et a débloqué 50 millions de dollars.

Mais pourtant les poissons sont toujours pêchés là-bas... et donc bien évidemment consommés...

Les scientifiques soulignent la menace mondial qui plane sur les populations et la vie marine car cette algue tueuse peut aller où elle veut grâce notamment aux ballasts des cargos.

Fin décembre 1998, la *Pfiesteria* a été détectée dans le sud ouest français, depuis, une interdiction locale de consommation de certains organismes marins a été décrétée.

Compléments :

<http://www.americanoceans.org/issues/fishkil.htm>

<http://www.bpinews.com/enviro/issues/ehlno.htm>

Les cyanobactéries toxiques

Essentiellement les genres *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* et *Oscillatoria*, sont fréquemment rencontrés en eau douce et sont potentiellement toxiques. De nombreuses espèces contiennent des endotoxines de nature lipopolysaccharidiques, mais également des toxines hépatotoxiques (microcystines) dont une cinquantaine ont été découvertes à présent et des neurotoxines (anatoxines, saxitoxines).

Compléments :

<http://www.ws.chemie.tu-muenchen.de/elisa2/projects05.htm>

VIII. Utilisation des microalgues :

On considère comme microalgues l'ensemble des micro-organismes photosynthétiques eucaryotes et procaryotes. Seulement une cinquantaine sont étudiées et les plus fréquentes sont :

Diatomées : *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*.

Flagellés : *Isochrysis*, *Monochrysis*, *Dunaliella*.

Chlorophycées : *Chlorella*, *Scenedesmus*.

Cyanophycées : *Spirulina*.

Un nombre croissant de sociétés sont intéressées par la production de microalgues car :

- La biomasse est abondante grâce à l'énergie solaire
- de nombreux métabolites peuvent être purifiés : vitamines, colorants, acides gras, phospholipides, enzymes, hydrocarbures, polysaccharides, toxines, antibiotiques, inhibiteurs d'enzymes, ...

Ces produits sont destinés à l'alimentation, la cosmétologie, et la pharmacie. Les résidus d'extraction peuvent être valorisés par la production de méthane ou d'alcool.

De plus, les microalgues peuvent servir à l'épuration des eaux résiduelles urbaines, notamment dans les pays en voie de développement.

La productivité en biomasse reste faible avec 10 t/ha/an et l'orientation industrielle va vers la production de molécules.

La microalgue *Chlorella* immobilisée sur un capteur électrochimique a permis de réaliser une électrode enzymatique pour le dosage des phosphates dans l'eau.

Bibliographie :

- Prescott L., Microbiologie, De Boeck Université, 1995, chap. 27 « Les Algues »
- L'euglène, une cellule singulière, J. Briand, Biofutur 151, décembre 1995.
- Feu vert pour les microalgues, J.P. Callegari, Biofutur 76, février 1989.
- Bourrelly P., Les algues d'eau douce, Boubee : Algues jaunes, algues vertes et algues bleues.
- Freshwater microscopy, W.J. Garnett, 1972, CONSTABLE LONDON.

Liens et Galeries de microscopie :

<http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~inouye/ino/contents.html>

http://gened.emc.maricopa.edu/bio/BIO181/BIOBK/BioBookDiversity_3.html

<http://www.redtide.whoi.edu/hab/rtphotos/rtphotos.html>

<http://www.mbari.org/~conn/botany/reds/lisa/>

<http://nrmnhwww.si.edu/botany/projects/algae/Alg-Econ.htm> cuisine japonaise à base d'algues

<http://jan.ucc.nau.edu/~lf2> Phycology Home Page

<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/articles/whatdesa.html> Les desmidiées

<http://www.hoflink.com/~house/Microbio.html> Microbiologie générale