

LE ALGHE



Cap. 19 - JD Mauseth- Botanica Fondamenti di biologia delle piante

Le Alghe

- Cellule eucariote
- Unicellulari o pluricellulari
- Fotoautotofe
- Tallofite

Organismi per la maggior parte legati all'ambiente acquatico. Hanno cloroplasti che contengono sempre CLOROFILLA A, e altri tipi di clorofilla come pigmenti accessori e/o carotenoidi (xantofille) e ficobiline.

Le alghe pluricellulari possono avere il tallo:

- Filamentoso
- Sifonocladale (filamento suddiviso in cellule con tanti nuclei)
- Sifonale (filamenti non suddivisi in cellule)
- Laminare
- Pseudoparenchimatico
- Protoparenchimatico (alghe verdi più evolute con comparsa dei plasmodesmi)

Le cellule riproduttive, spore o gameti si formano, in quasi tutti i gruppi di alghe, in cellule singole specializzate dette **SPOROCISTI** o **GAMETOCISTI**.

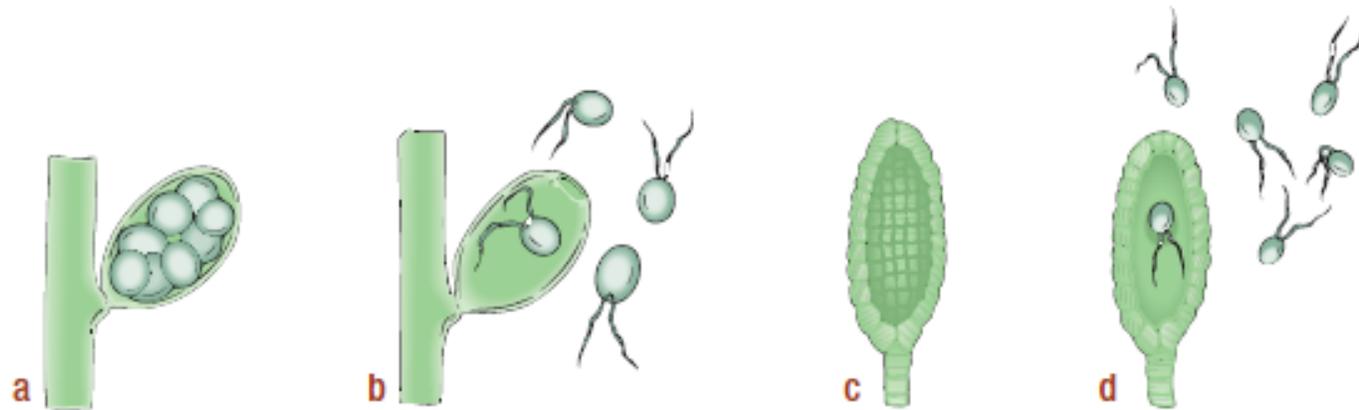
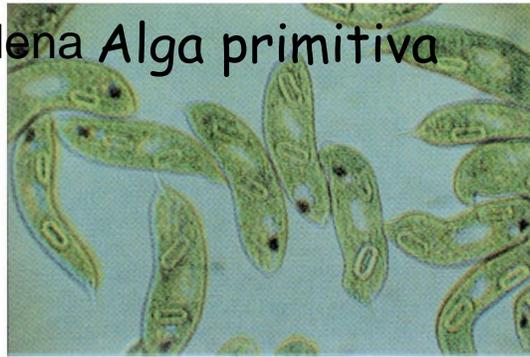


Figura 19.4 Le alghe si distinguono dalle piante terrestri anche per le strutture riproduttive. (a) e (b) Nelle alghe, sporocisti e gametocisti sono generalmente unicellulari. Quando le cellule riproduttive vengono rilasciate (b), resta solo la parete della cellula iniziale. (c) e (d) Gli sporangi ed i gametangi delle piante sono sempre pluricellulari: solo le cellule più interne si differenziano in spore o gameti; dopo liberazione di questi (d) resta uno strato residuo di cellule sterili.

In base ai pigmenti fotosintetici che contengono, all'ultrastruttura del cloroplasto e ad altre caratteristiche cito-morfologiche:

- ❖ Alghe verdi (suddivise in due diversi phyla o divisione: *Chlorophyta* e *Charophyta*)
- ❖ Alghe rosse (Phylum: *Rhodophyta*)
- ❖ Alghe Eterocoonti o Stramenopili - (Alghe brune - phylum *Phaeophyta*, Crisoficee e Xantoficee, Diatomee - phylum *Bacillariophyta*)
- ❖ Euglenophyte (Euglenophyceae) - Euglena (alga primitiva unicellulare) (secondo alcuni va inserita nel regno protisti)

euglena Alga primitiva

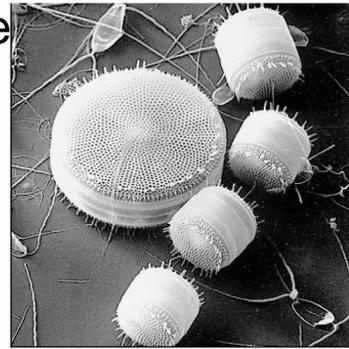


(a)

diatomee



(b)

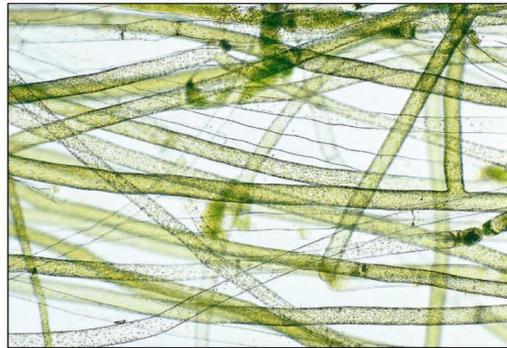


(c)

chrysophyceae



(d)



(e)

Alge giallo-verdi



Alge verdi

(f)

Alge brune

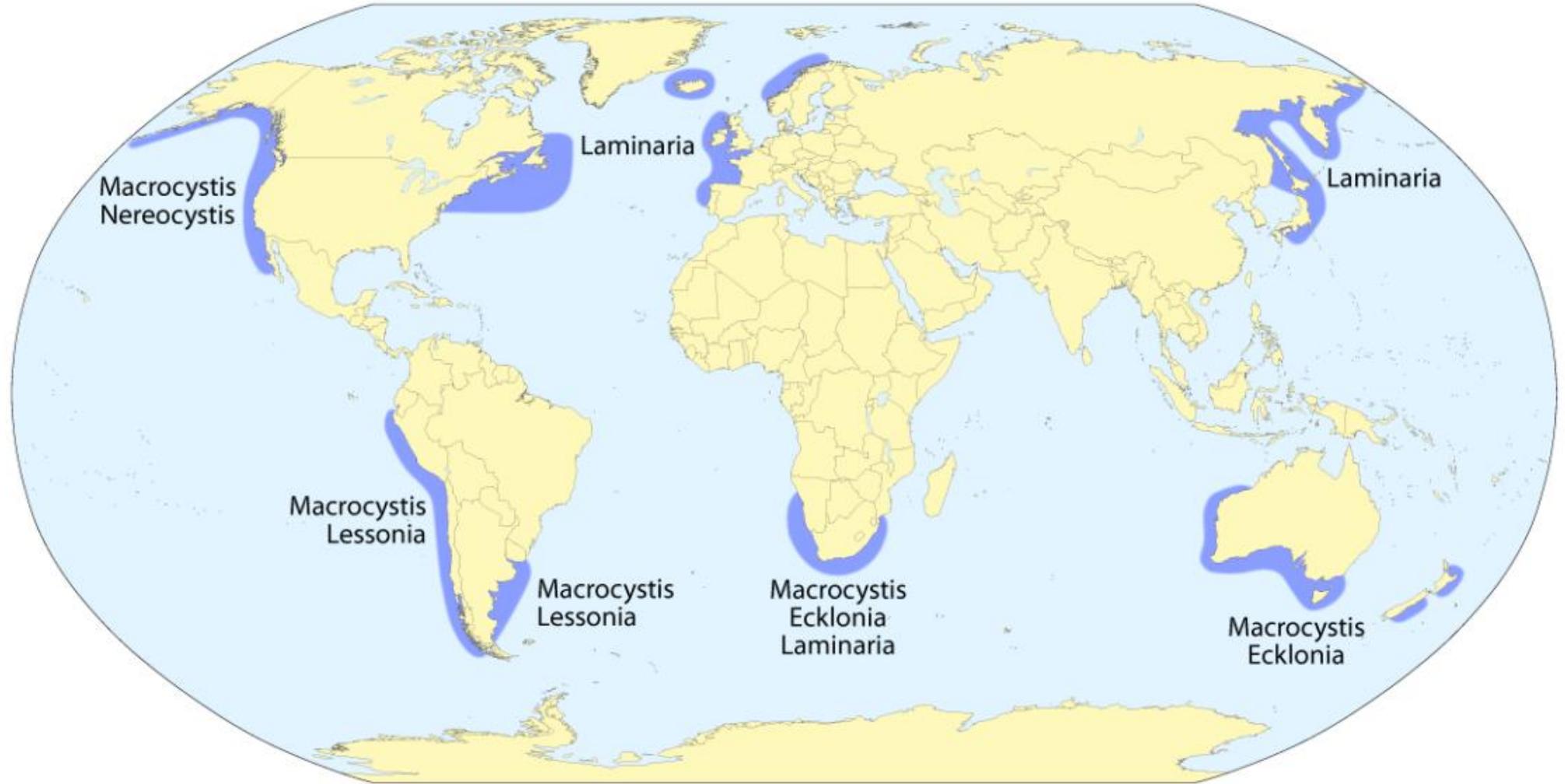


(h)

Alge rosse

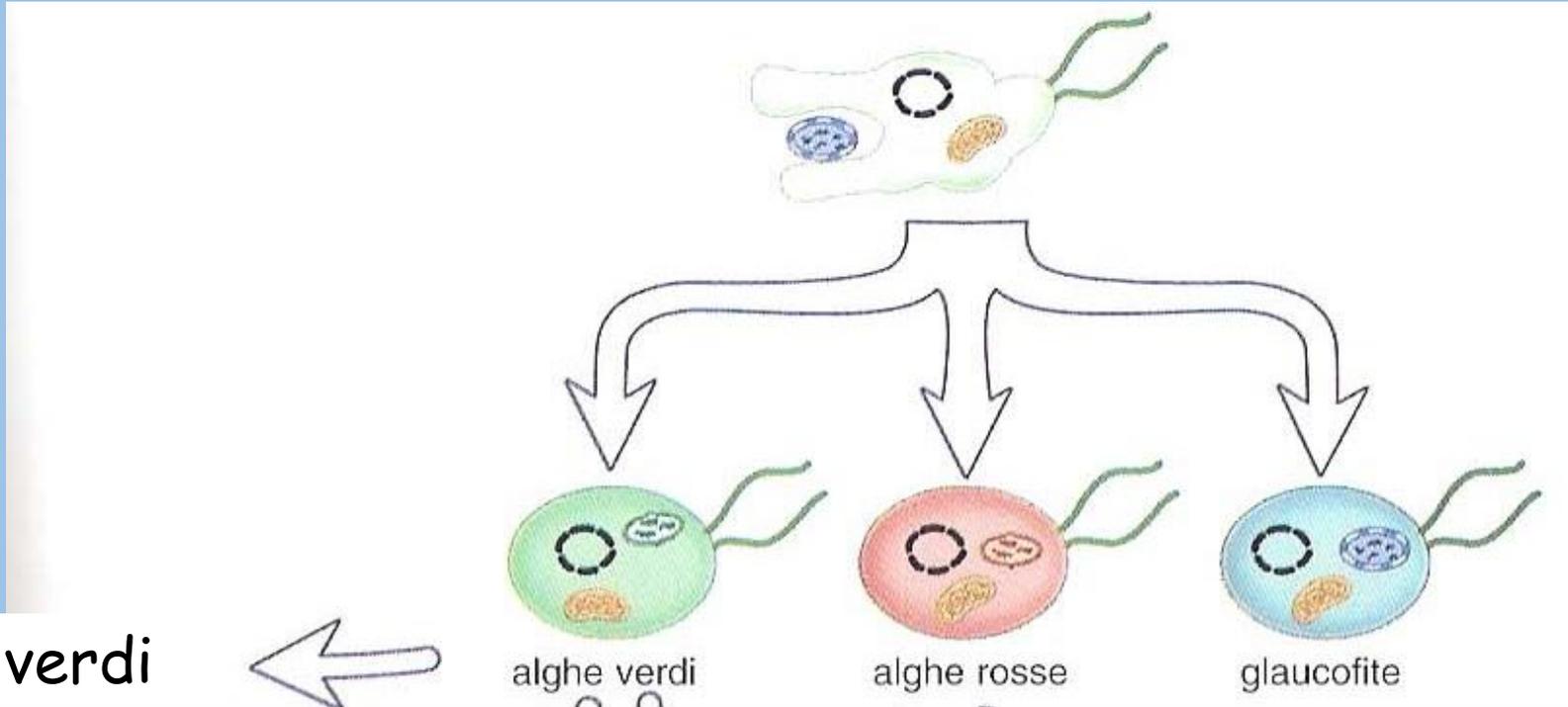


Distribuzione delle foreste sottomarine di alghe brune



Le alghe sono riunite in una decina di divisioni (Phyla) diverse. **Ogni divisione è caratterizzata da un numero diverso di membrane che avvolgono il cloroplasto.** Le membrane possono essere due, tre o quattro, a seconda dell'origine endosimbiontica, primaria o secondaria, del cloroplasto.

Le prime cellule "eucariote" fotosintetiche hanno dato origine a tre linee evolutive tutte caratterizzate da cloroplasti delimitati da due membrane.



Piante verdi



alghe verdi

alghe rosse

glaucofite



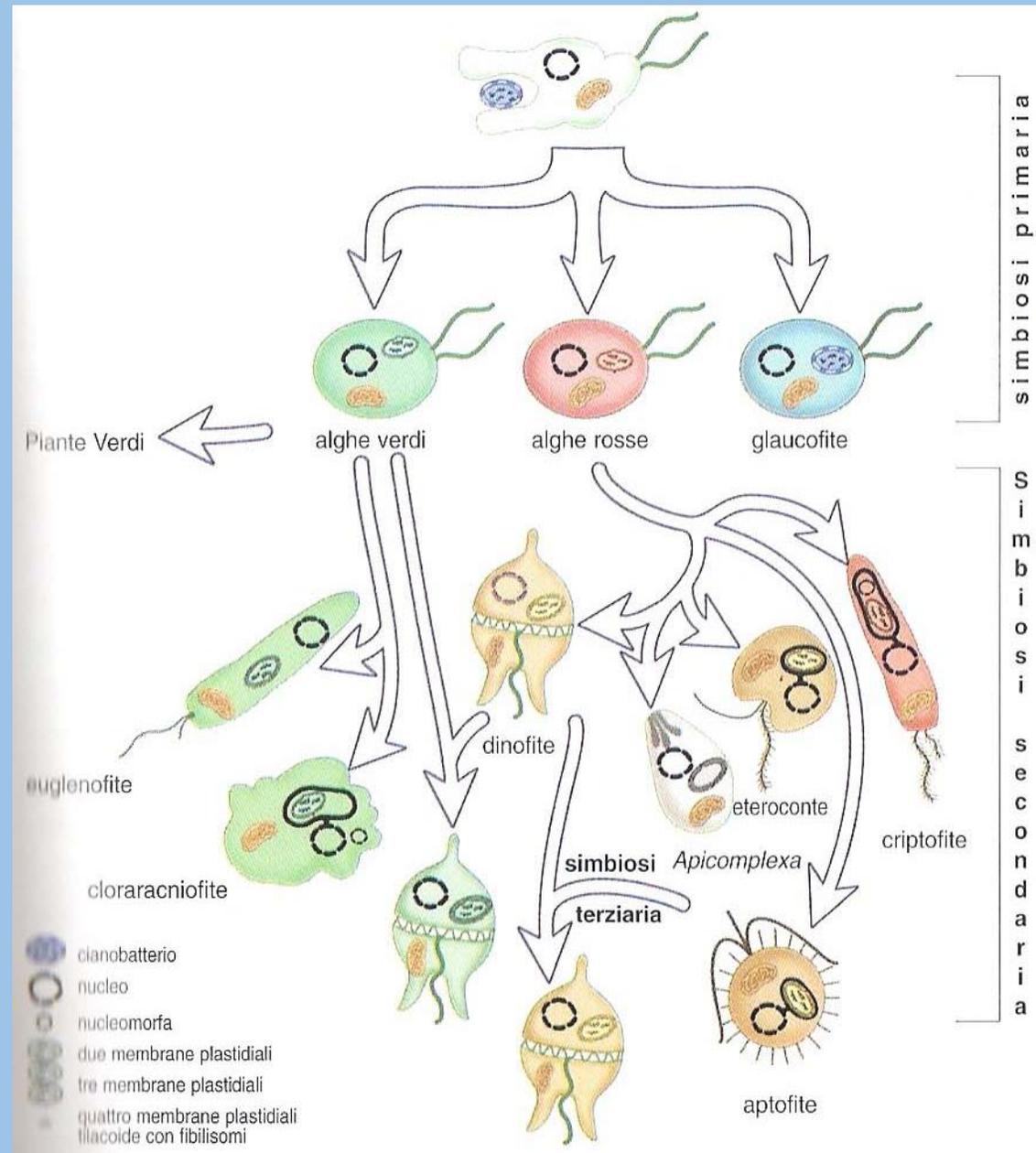
Piccolo gruppo di organismi unicellulari d'acqua dolce, piuttosto rari, con cloroplasti (detti cianelle) che presentano caratteri in comune con i batteri (residui di peptodiglicano).

Si originano così TRE linee evolutive

- Alghe rosse
- Glaucophyta
- Alghe verdi

Endosimbiosi successive tra un eucariote eterotrofo ed un'alga verde o rossa avrebbero originato le altre divisioni algali.

E tutte le altre divisioni algali???



Perché le Alghe sono importanti?

- Arricchiscono di ossigeno gli oceani, i laghi, i corsi d'acqua, l'atmosfera
- Sono i produttori primari (fitoplancton) degli ecosistemi acquatici
- Le forme terricole sono regolatori della microflora del suolo
- Servono per l'alimentazione umana e degli animali
- Le alghe rosse e brune forniscono importanti prodotti usati in medicina, nell'industria alimentare, laboratori scientifici (agar, alginati, iodio, bromo).



(a)



(b)



(c)

Foresta di un'alga bruna gigante (*Macrocystis*) che cresce a largo delle coste della California. Raccolta manuale e mediante battelli attrezzati per la raccolta dell'alga. Quest'alga viene raccolta per l'estrazione di alginati utilizzati come emulsionanti, conservanti degli alimenti, nell'industria dei tessuti, cosmetici, carta e medicinali.

Dove vivono le alghe?

- Nel terreno dove svolgono la funzione di regolatori della flora microbica e fungina
- Sulla e nella sabbia (sp. psammofile)
- Sulle rocce (sp. Epilitiche)
- Su piante (sp. Epifite)
- Sui tronchi degli alberi (sp, corticicole)
- Sulle foglie (sp. Epifille)
- Associati ad altri organismi (sp. Simbionti, es. nei consorzi lichenici)
- Nell'acqua dolce e salata (sp. Acquatiche)

Vivono in acque dolci, salate, salmastre, ed in ogni tipo di ambiente umido, anche solo per brevi periodi come: terreni, cortecce, rocce, vetri, piastrelle....

Le alghe acquatiche unicellulari costituiscono il **FITOPLANCTON**

- Le alghe acquatiche pluricellulari che vivono ancorate al substrato si dicono **BENTONICHE**

Molte di esse sono organismi pionieri, si trovano in ambienti inospitali per qualunque altra specie vivente come le distese di neve e ghiaccio dell'Antartide o le caldissime acque delle sorgenti geotermiche.



Fitoplancton marino costituito prevalentemente da dinoflagellati e diatomee unicellulari e coloniali. I dinoflagellati sono organismi unicellulari a vita libera che abitano ambienti acquatici; alcune forme vivono nella sabbia bagnata o nella neve e alcune hanno fasi del ciclo di vita multicellulari. Possono essere autotrofi, eterotrofi o entrambi. Come organismi, i dinoflagellati sono considerati protisti, anche se la maggior parte dei ricercatori li considera alghe.

Esempio di alga bentonica



Laminariale con
tallo grande

Le alghe sono importanti nel ciclo del carbonio, sono in grado di trasformare l'anidride carbonica in carboidrati mediante la fotosintesi e in **carbonato di calcio**.

Grandi quantità di C organico e di carbonato di calcio sono incorporate dalle alghe e trasportate sul fondo oceanico.

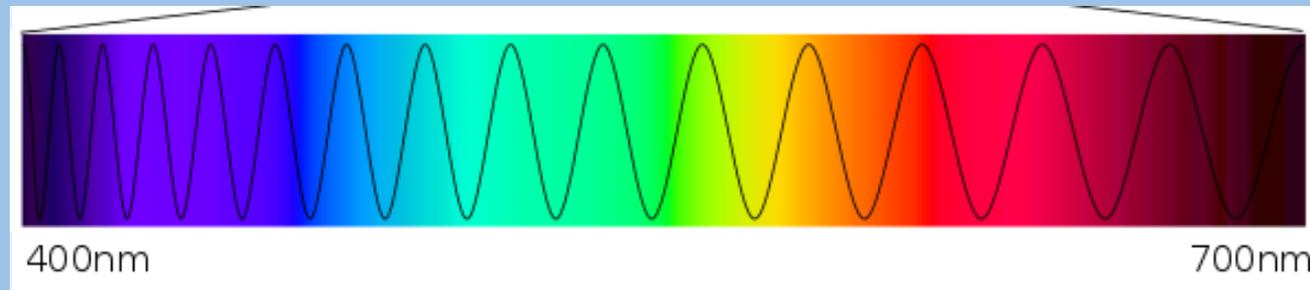
Il fitoplancton marino assorbe circa la metà di tutta la CO_2 prodotta dalle attività umane.



Il carbonato di calcio è presente nelle scaglie che ricoprono le cellule del fitoplancton che si sono depositate sui fondali oceanici (scogliere di Dover).

L'importanza della luce per la distribuzione delle alghe

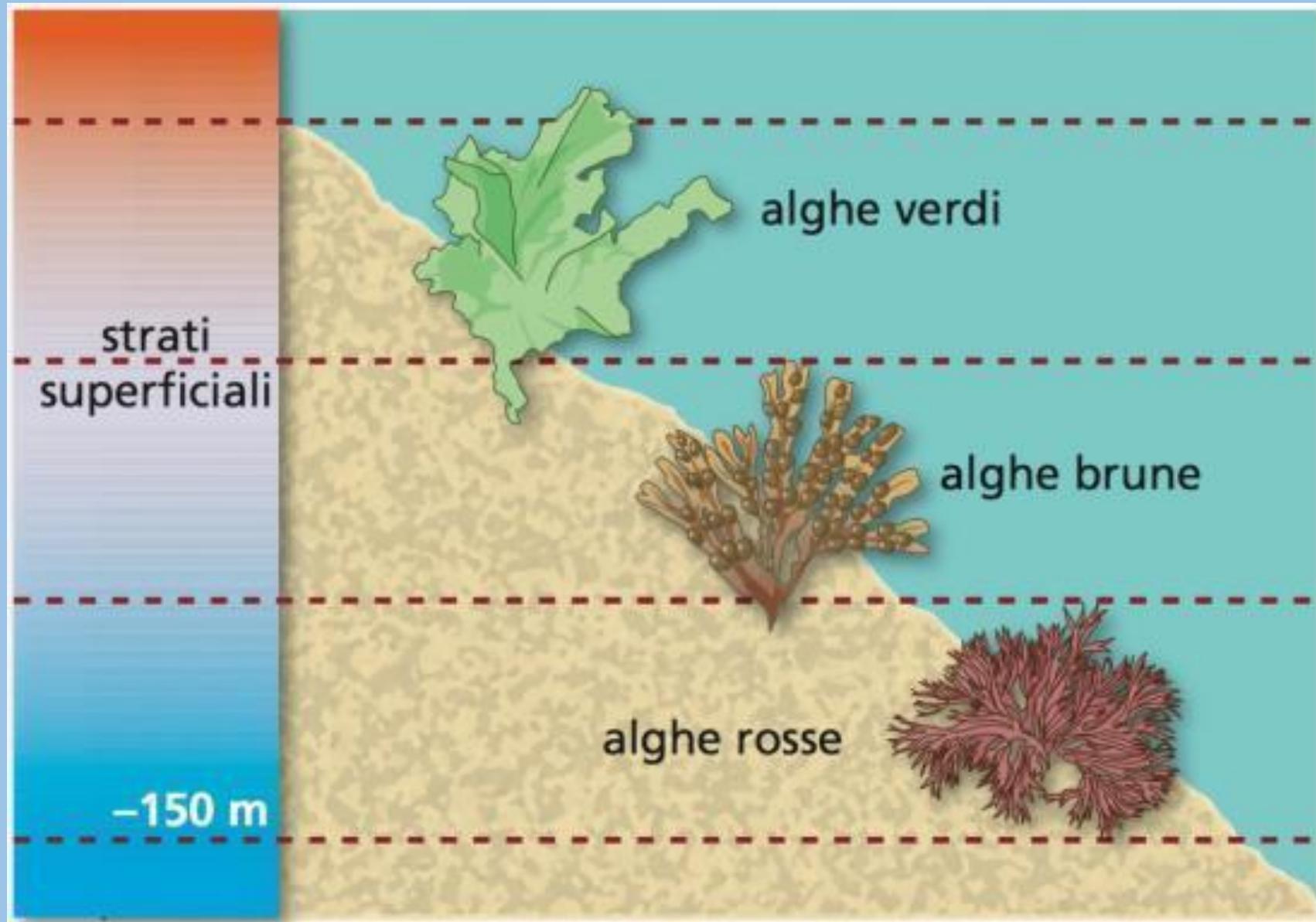
- La luce penetra nelle acque non torbide fino ad una profondità di circa 200 m (ZONA EUFOTICA)
- L'acqua assorbe selettivamente la luce di diverse lunghezze d'onda (la luce che penetra più in profondità è costituita quasi esclusivamente da luce azzurra, verde e viola).



Conseguenza?

- Le alghe verdi sono superficiali
- Le alghe brune si estendono dalla superficie fino ad una profondità maggiore delle verdi (20/30m)
- Le alghe rosse si estendono fino al limite della zona eufotica (grazie ai pigmenti, ficobiline, organizzati in ficobilisomi).

Stratificazione verticale delle alghe



Le alghe di acqua dolce o di acqua salata appartengono quasi sempre a gruppi sistematici diversi

- Le Alghe brune e rosse sono principalmente marine, le alghe verdi principalmente di acqua dolce
- La temperatura dell'acqua influenza la composizione della flora algale sia planctonica che bentonica
- Nelle acque fredde l'accrescimento algale (fioritura) è stagionale (primavera e autunno)

Lago Tovel (Trentino)



*Tovellia
sanguinea* -
alga
unicellulare
appartenete ai
Dinoflagellati

Alga unicellulare contenente carotenoidi



Il lago d'Averno, provincia di Napoli, è diventato rosso (marzo 2022) per la fioritura di alghe e cianobatteri.

Alcuni organuli cellulari sono peculiari delle alghe:
vacuoli contrattili, macchia oculare o stigma e
pirenoide.

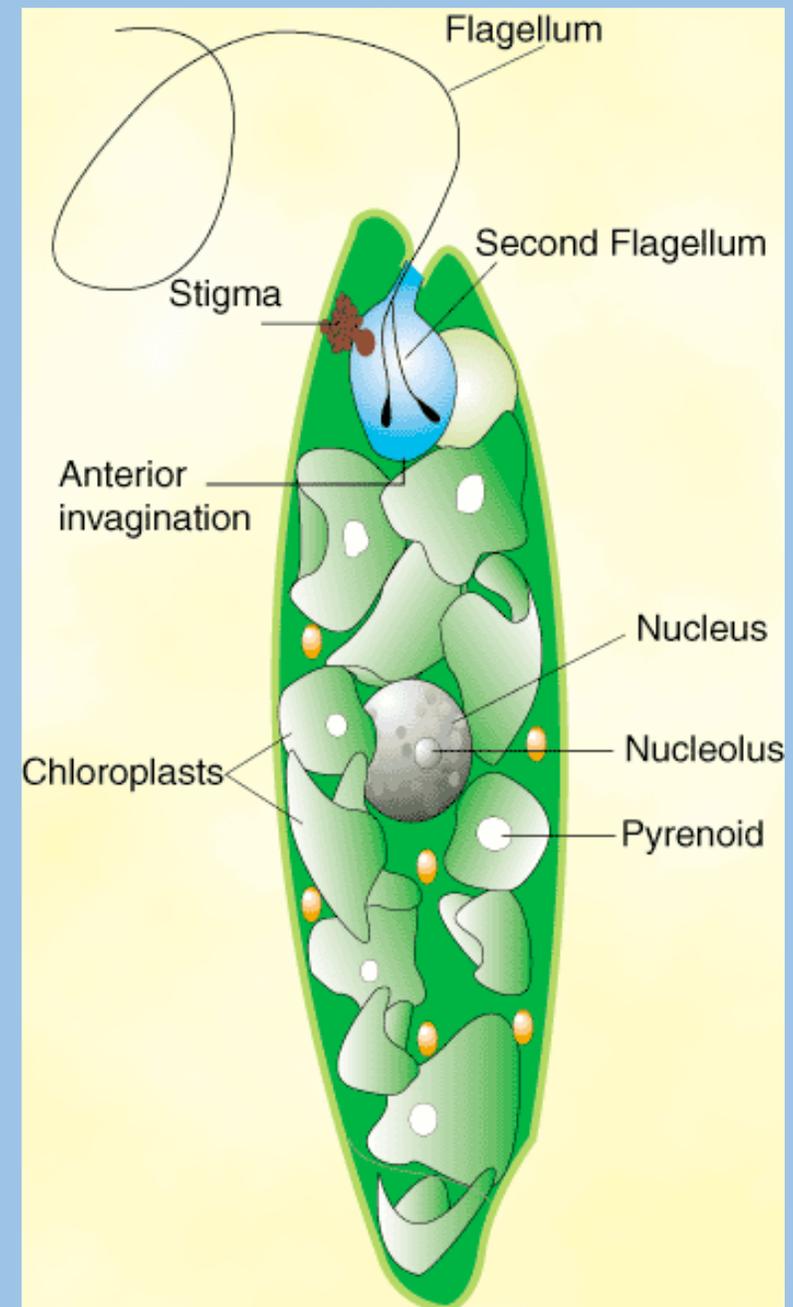
Il vacuolo contrattile è presente in alcune alghe unicellulari di acqua dolce, prive di una parete rigida, e serve per eliminare l'acqua in eccesso che entra nella cellula. Perchè questi organismi vivendo in un ambiente ipotonico, rispetto al contenuto cellulare, l'acqua entra nella cellula per osmosi, se l'acqua non venisse eliminata la cellula scoppierebbe.

Il vacuolo contrattile è una struttura osmoregolatrice. Si forma per fusione di piccole vescicole, una volta riempito d'acqua si fonde con la membrana plasmatica e scarica all'esterno il contenuto.

La macchia oculare, o stigma, è presente nelle alghe unicellulari flagellate. Può essere localizzato nel cloroplasto o, in qualche gruppo di alghe, nel citoplasma.

Appare come una macchia rosso-arancione.

La colorazione è dovuta a pigmenti carotenoidi, ha la funzione di proteggere i fotorecettori dalla luce.



Il pirenoide è una regione differenziata del cloroplasto che contiene il complesso enzimatico RUBISCO.

È anche implicato nella polimerizzazione degli zuccheri di riserva.

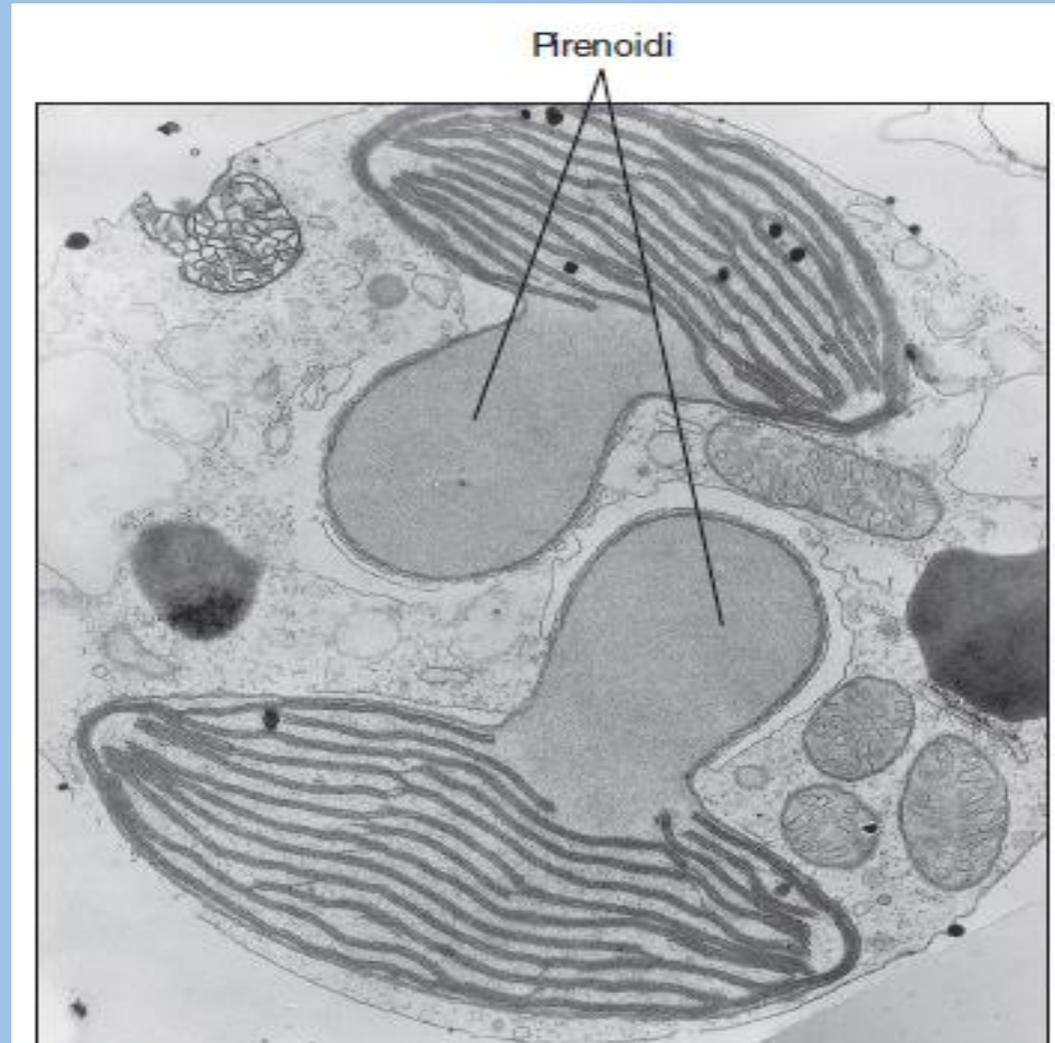


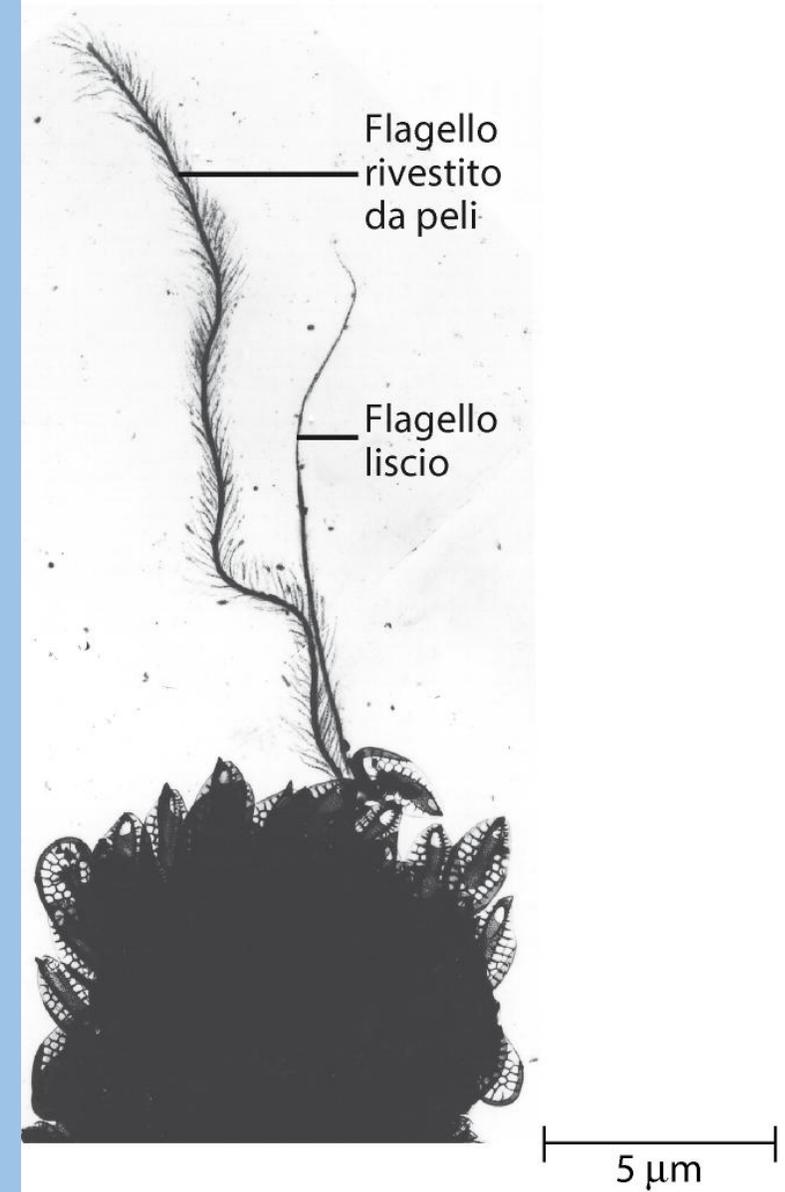
Figura 19.9 Cloroplasti di alghe brune con pirenoidi e tilacoidi

Alcune alghe unicellulari, o alcune cellule di alghe pluricellulari hanno flagelli.

I flagelli hanno la stessa struttura presente nei flagelli di tutti gli organismi eucarioti.

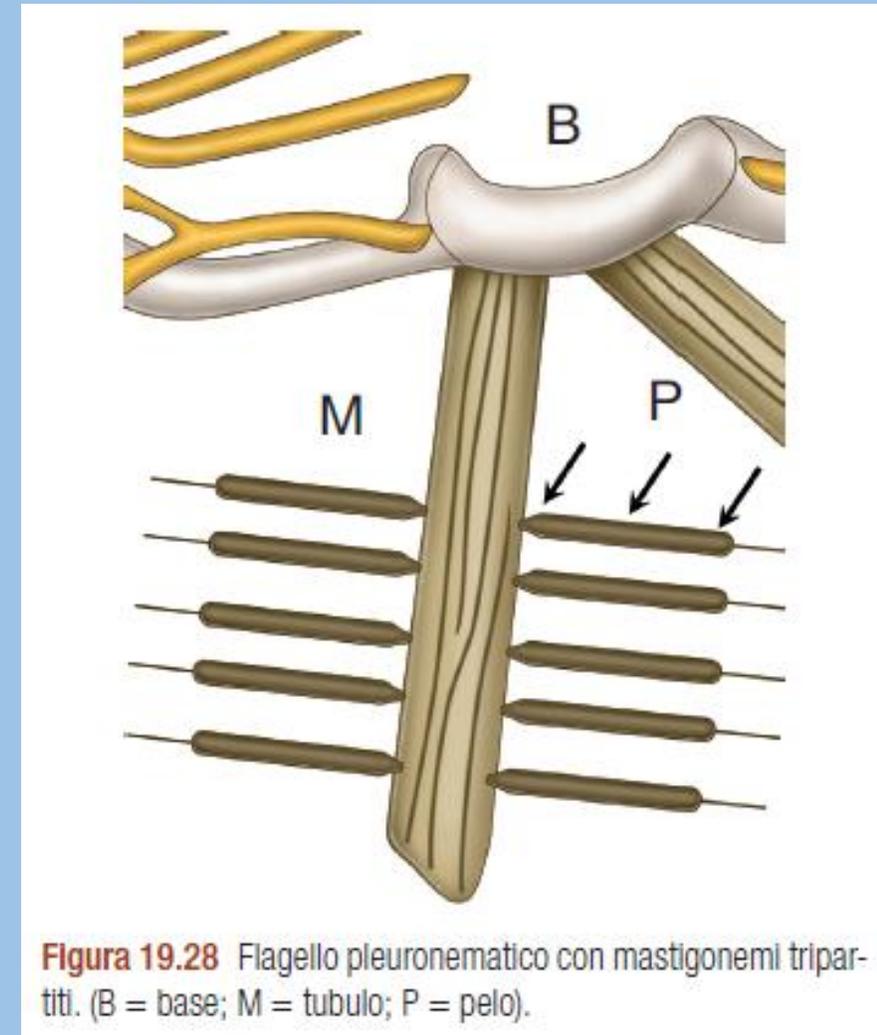
Sono formati da una struttura cilindrica, assonema, composta da 9 coppie periferiche di microtubuli e 2 microtubuli centrali.

I flagelli possono essere lisci o con appendici laterali.



La morfologia del flagello accomuna le alghe appartenente alla Divisione ETEROCONTE.

Appartengono a questo gruppo alghe tra loro molto diverse, unicellulari come le diatomee e le crisoficee, pluricellulari come le grandi alghe brune dei mari freddi. Tuttavia le loro cellule flagellate sono molto simili. I flagelli hanno una struttura complessa, sono formati da una parte basale, dal tubulo e peli terminali rigidi e tripartiti.



Le alghe sono organismi autotrofi per fotosintesi

- La quantità di carboidrati che sono in grado di produrre dipende dalla LUCE, dalla temperatura e dalla disponibilità del carbonio inorganico.
- La scelta della fonte di carbonio inorganico dipende dal pH dell'acqua (CO_2 disciolta, o carbonio dei carbonati o carbonio dei bicarbonati).
- Il tipo di carboidrato di riserva cambia con il gruppo sistematico.

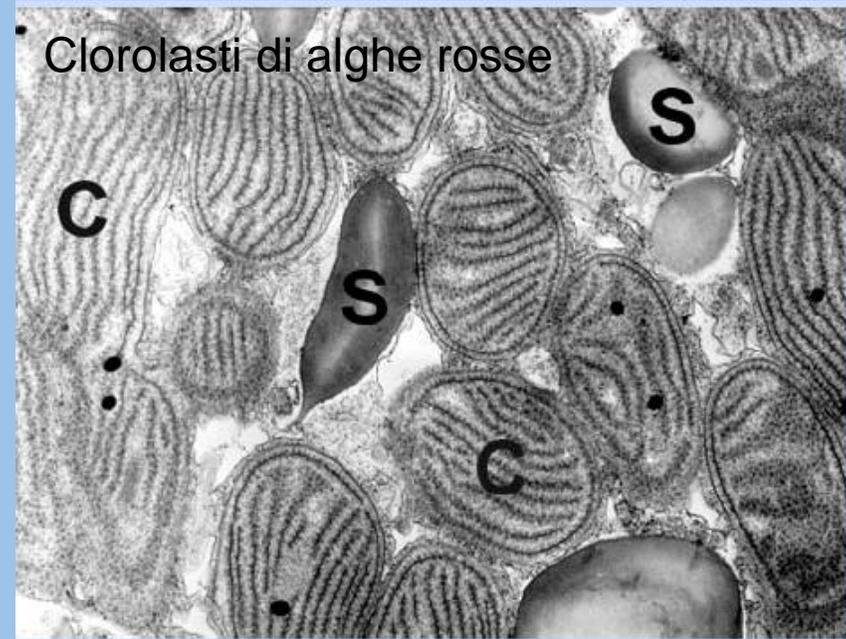
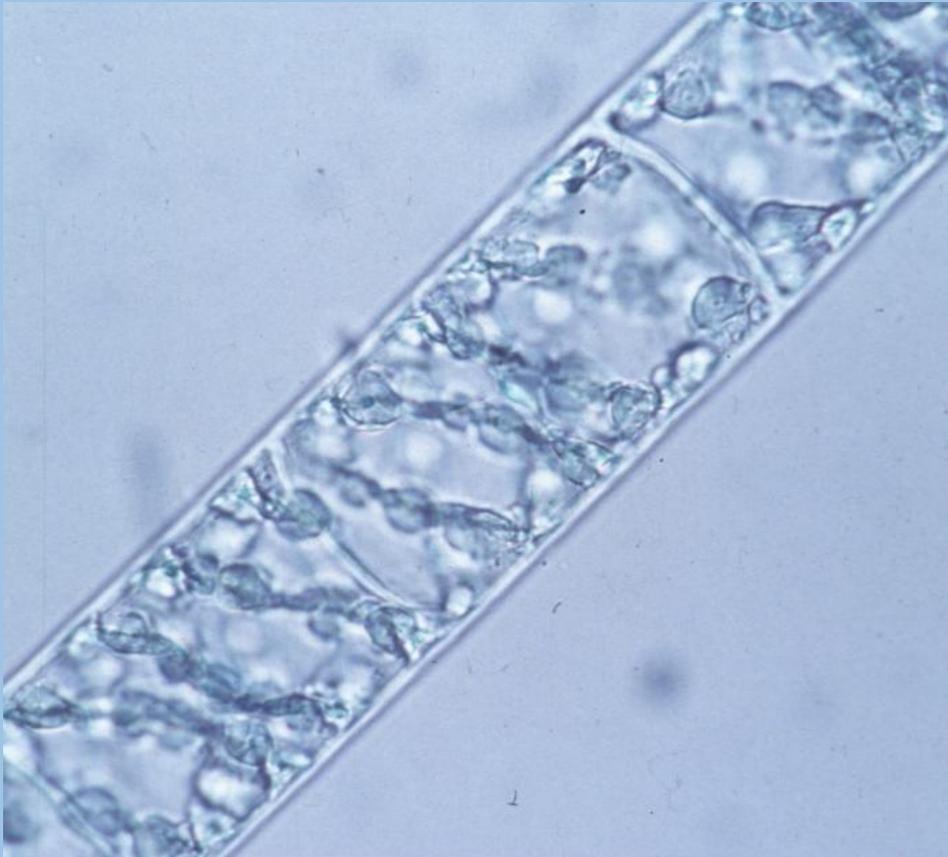
Nelle alghe il cloroplasto è detto anche cromatoforo per la presenza di pigmenti accessori che determinano la colorazione di tutto l'organismo e che hanno anche valore tassonomico.

Il cloroplasto, della maggior parte delle alghe, ha dimensioni diverse rispetto a quelle delle piante superiori e delle alghe verdi.

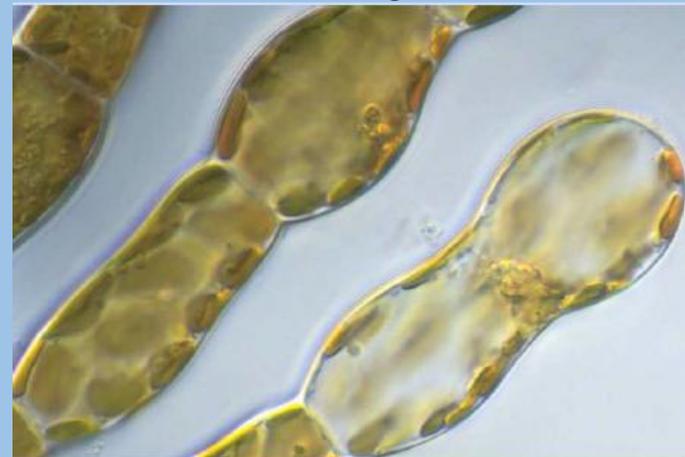
I tilacoidi decorrono isolati, paralleli o associati a gruppi da 2 a 40, non sono mai presenti grana tranne che nelle alghe verdi.

I cloroplasti delle alghe hanno forme diverse

Nelle alghe si passa da un singolo grande cloroplasto (nelle forme più primitive) a numerosi piccoli cloroplasti (nelle forme più evolute).

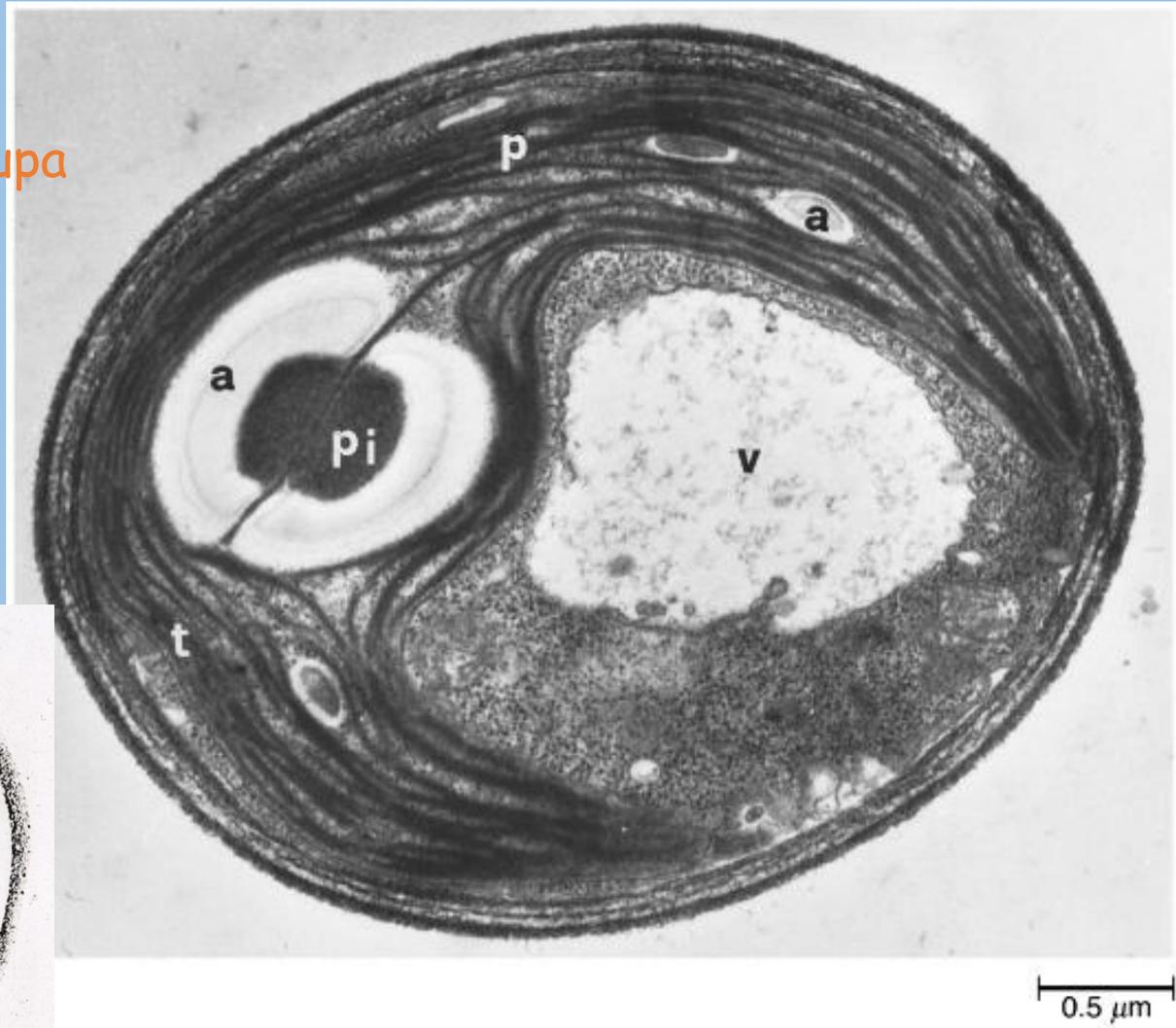


Cloroplasti di alghe brune

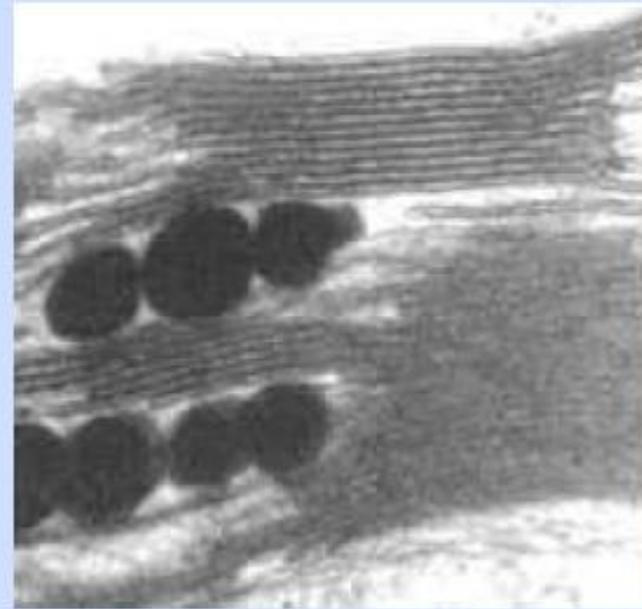


Plastidi algali (Chlorella, alga verde unicellulare)

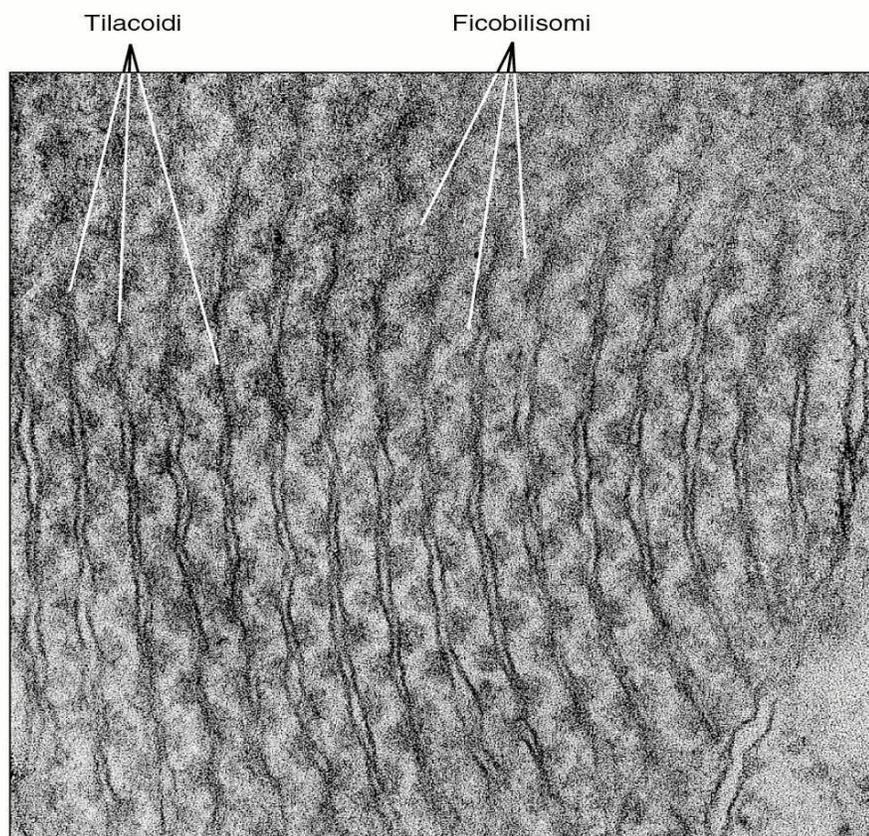
Un solo cloroplasto che occupa quasi tutto il volume



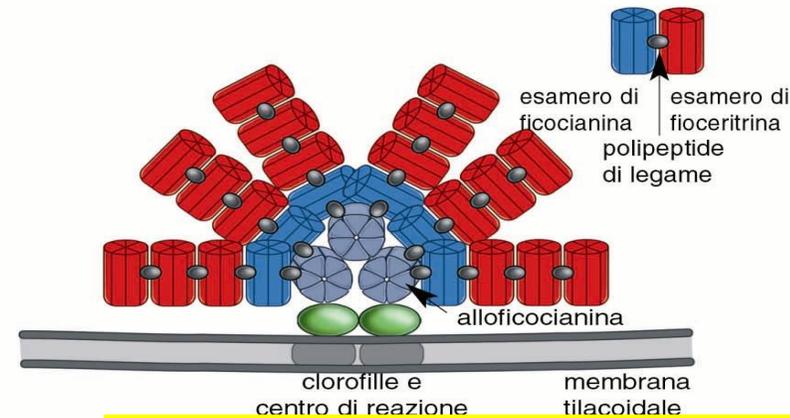
CLOROPLASTI DELLE ALGHE VERDI



Cloroplasti con pile di tilacoidi e con grana



(a)



(b)

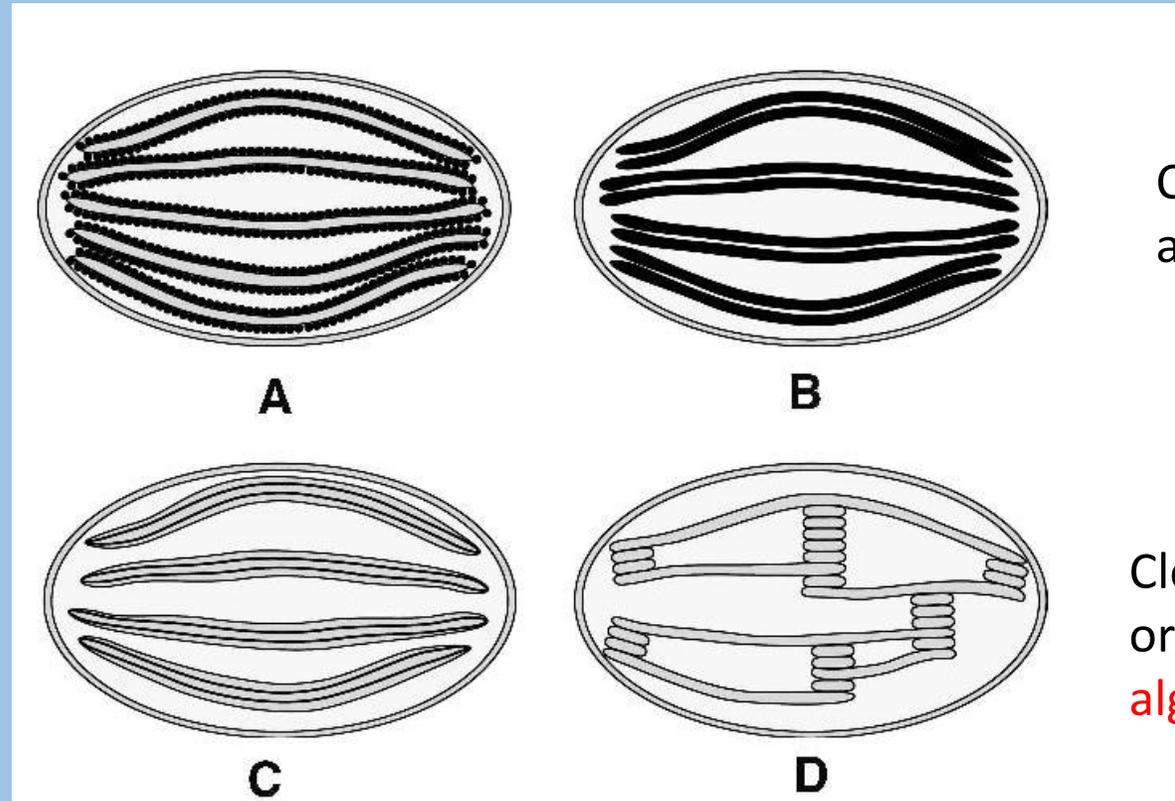
Complesso del ficobilisoma, esamero di ficobiliproteine, con funzione antenna per convogliare l'energia luminosa al centro di reazione.

Ficobilisoma, struttura coinvolta nella fotosintesi, presente nei **cianobatteri e nelle alghe rosse**, e composto da ficobiline (ficocianina e ficoeritrina) e proteine.

La ficocianina è di colore azzurro con picco di assorbimento della luce intorno a 620 nm, e la ficoeritrina di colore rosso con un picco a 545 nm.

Ultrastruttura del cloroplasto delle alghe

Cloroplasti con
FICOBILISOMI



Cloroplasti con ficobiline
associate ai tilacoidi

Cloroplasto con tilacoidi
organizzati in grana –
alghe verdi

Figura 6.6

A) Nelle alghe rosse (Rhodophyta) i tilacoidi sono isolati e più o meno paralleli e sulla loro superficie possono essere osservati numerosi ficobilisomi (in nero). B) Nelle criptofite (Cryptophyta) i tilacoidi sono appaiati e la cavità tilacoidale è ricca di ficobiline. C) Negli stramenofili (Stramenophyla) i tilacoidi sono tra loro uniti a gruppi di 3 o 4. D) Nelle alghe verdi (Chlorophyta) l'organizzazione dei tilacoidi è simile alle piante (disegno di A. Valletta).

- In tutte le alghe, ad eccezione di alcune alghe verdi, si trovano solo plastidi fotosintetizzanti (cloroplasti);
- I pigmenti sono di tre tipi: clorofille (sempre a), carotenoidi come xantofille, ficobiline (*Rhodophyta* e *Cryptophyceae*);
- I pigmenti accessori sono presenti soprattutto nelle alghe di profondità, perché devono ampliare lo spettro di assorbimento della luce già scarsa in questi ambienti.

Le clorofille

- Oltre alla clorofilla A sono presenti:
- Clorofilla B in Chlorophyta ed Euglenophyceae
- Clorofilla C in Cryptophyceae e Pheophyceae (alghe brune)
- Clorofilla D in Rhodophyta (Alghe rosse)
- Clorofilla E in Xanthophyceae (alghe giallo-verdi)

La parete cellulare

- La maggior parte delle cellule algali possiede una vera parete, costituita da una **porzione fibrillare** (cellulosica) e **da sostanze amorfe**. La porzione fibrillare è costituita da microfibrille di cellulosa disposte in strati regolari solo nelle alghe verdi, nelle altre divisioni le fibrille non sono orientate.
- La porzione amorfa, proteine e pectine, differisce per composizione tra i diversi gruppi. Può essere presente **fucoïdina ed alginati** nelle alghe brune, **agar-agar e carraghenina** nelle alghe rosse. La consistenza aumenta per deposizione di carbonato di calcio (alghe coralline e Characeae) o di silice (diatomee).
- Sono sprovviste di vera parete alcune forme di alghe flagellate.

Non è presente la lignina



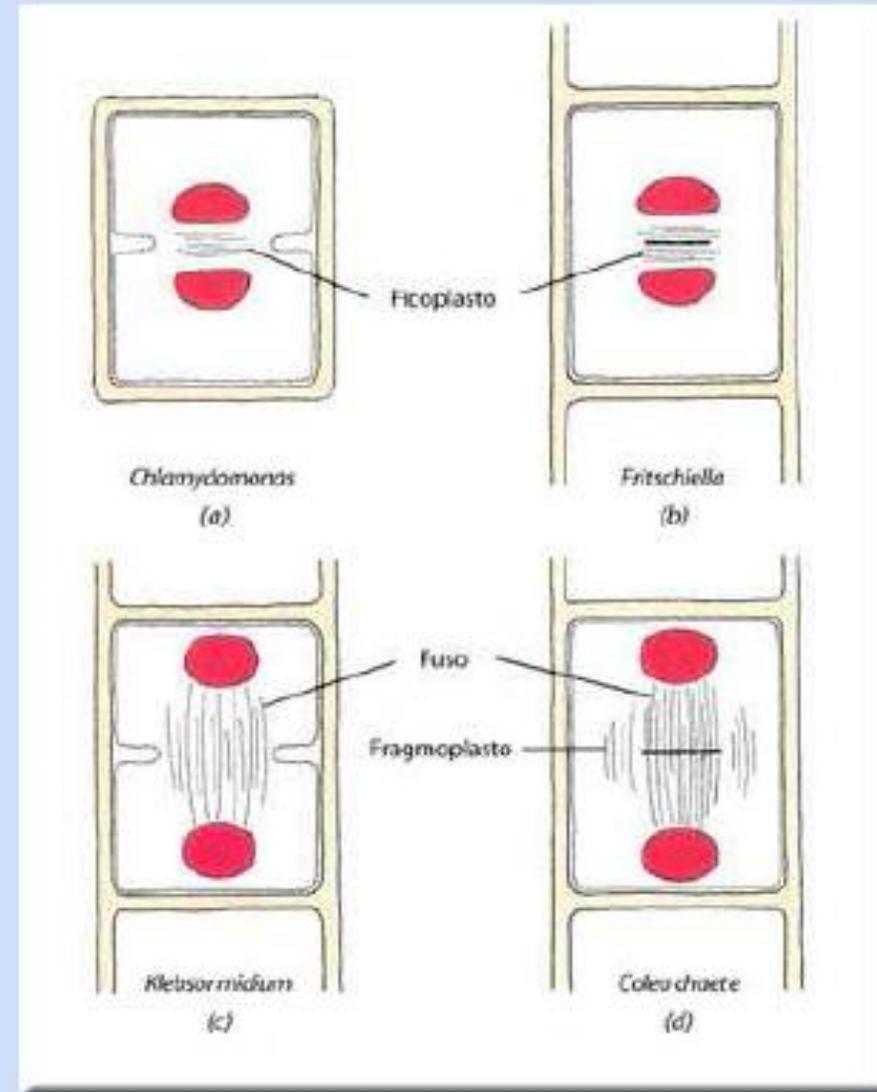
Alghe rosse appartenenti all'ordine delle Corallinali, hanno pareti impregnate di carbonato di calcio.

In alcune alghe e funghi primitivi la **mitosi** è **chiusa** ed avviene all'interno della membrana nucleare, che rimane integra per tutta la durata della divisione. La duplicazione del DNA e la migrazione dei cromosomi ai poli avvengono all'interno della membrana, limitando gli scambi tra nucleosoma e citoplasma.

La divisione cellulare nelle alghe con una vera parete cellulare avviene mediante la formazione del fragmoplasto, con microtubuli paralleli ai microtubuli del fuso.

In alcune alghe verdi, Chlorophyta, si organizza il **FICOPLASTO**, un sistema di microtubuli che si sviluppa parallelamente al piano di divisione cellulare.

Nelle alghe verdi, Charophyta, la divisione cellulare prevede la formazione del fragmoplasto.



Come si riproducono?

La maggior parte si riproduce sia sessualmente che vegetativamente

- La riproduzione vegetativa o asexuale:
 - scissione (alghe unicellulari)
 - frammentazione del tallo (alghe coloniali e pluricellulari)
 - produzione di mitospore (sporulazione) flagellate (zoospore) o non (aplanospore)

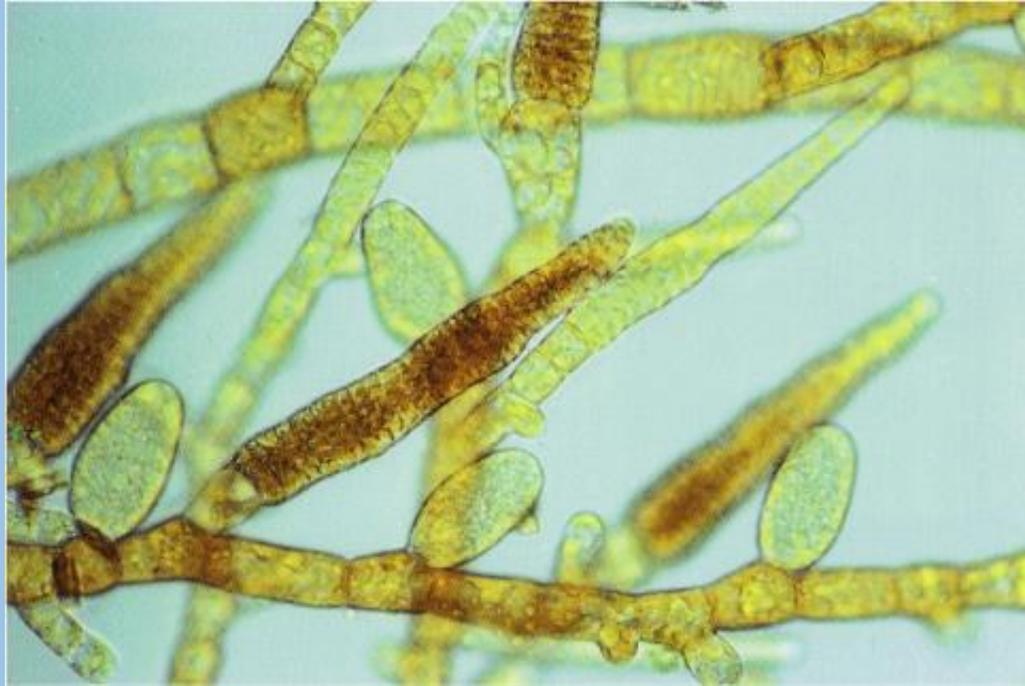
Riproduzione sessuata

- gametogamia (Iso-Aniso-Oogama)
- coniugazione (Ologamia o somatogamia)

Nelle alghe primitive mancano forme di riproduzione sessuale; in tutte le altre alghe che si riproducono sessualmente si può

riscontrare : ciclo aplonte
 ciclo aplodiplonte
 ciclo diplonte

Esempio: Alga bruna



Ectocarpus ha sporocisti uniloculari che contengono le meiospore (ciclo sessuale) e sporocisti pluriloculari che contengono mitospore (riproduzione agamica)

Le alghe assassine.....

- Diversi generi si riproducono velocemente dando luogo a fioriture dette **MAREE ROSSE**
- Dannose sono le maree formate da specie produttrici di tossine (neurotossine o tossine che causano problemi intestinali) che determinano avvelenamenti ai molluschi ai pesci e all'uomo.





Marea rossa dovuta ad un'abbondante fioritura di alghe unicellulari - Dinoflagellati



Fioritura algale dovuta ad una elevata densità di microalghe - diatomee.

Alcuni dinoflagellati durante la fioritura possono emettere energia luminosa nel visibile, Fenomeno noto come bioluminescenza

Bioluminescenza è la produzione e l'emissione di luce da parte di un organismo vivente. Foto-proteine sono responsabili dell'emissione della luce.



ALGHE COME CIBO

Le alghe sono fonte di cibo e poche sono immangiabili.



Alghe nutraceutiche

COSTITUENTI NUTRITIVI

- Lipidi (PUFA) Acidi grassi polinsaturi, grassi buoni
- Proteine e amminoacidi
- Polisaccaridi
- Minerali
- Vitamine (A-B-C-E)
- Pigmenti
- Acidi Nucleici

Figura 1: Desmarestia (Fonte: <https://www.aquablog.ca/2014/03/ocean-acidity-whats-new/>)

Figura 2: Chondrus crispus (Fonte: <https://gulfofme.com/all-sea-life/irish-moss-chondrus-crispus>)

Figura 3: Caulerpa racemosa (Fonte: <http://www.geographia-and-genesis.com/caulerpa-spp.html>)

ALGHE COME MANGIME

- PESCI

Diverse specie di pesci (come *Tilapia* di acqua dolce o salmastra) possono nutrirsi direttamente di microalghe.

Pesci erbivori come il *Butterfish marino* pascolano direttamente sulle alghe.



- MOLLUSCHI

La maggior parte dei molluschi può nutrirsi filtrando le microalghe. Altre specie come l'*abalone* e alcune lumache pascolano su stuoie algali bentoniche e alghe.

Granchi, gamberetti ed echinodermi si nutrono di microalghe, alghe bentoniche o planctoniche.



- BESTIAME TERRESTRE

Pecore e bovini utilizzano le alghe come parte della loro dieta, fornendo nutrienti in una forma che l'animale può digerire.



Figura 1: (Fonte: <https://www.alimentarium.org/en/knowledge/tilapia>)

Figura 2: (Fonte: <https://ilmondodeglianimali.altervista.org/la-storia-evolutiva-dei-molluschi/>)

Figura 3: (Fonte: <https://microbiomaveterinario.it/bovini-alga-asparagopsis-taxiformis-riduce-la-produzione-di-metano-e-migliora-il-microbiota-intestinale/>)