

## I parametri ambientali

Gli organismi viventi riflettono l'influenza delle condizioni chimico-fisiche dell'ambiente attraverso i loro caratteri morfo-adattativi.

Il principio dell'uniformismo tassonomico (Dodd & Stenton, 1981) permette di ricostruire in parte gli ambienti del passato.

La conoscenza dei parametri fisici e biologici che regolano la distribuzione degli organismi è base indispensabile per l'approccio paleoecologico.

Parametri ambientali fondamentali sono:

- **tipo di substrato**
- **correnti**
- **temperatura**
- **salinità**
- **ossigeno disciolto**
- **nutrienti**
- **profondità**

AUTOECOLOGIA: studio della singola specie nel contesto dei parametri chimico-fisici

## il substrato

### Due tipi di substrato:

- 1) - **Substrato litificato** (roccioso o sinsedimentario)
- 2) - **Substrato mobile**

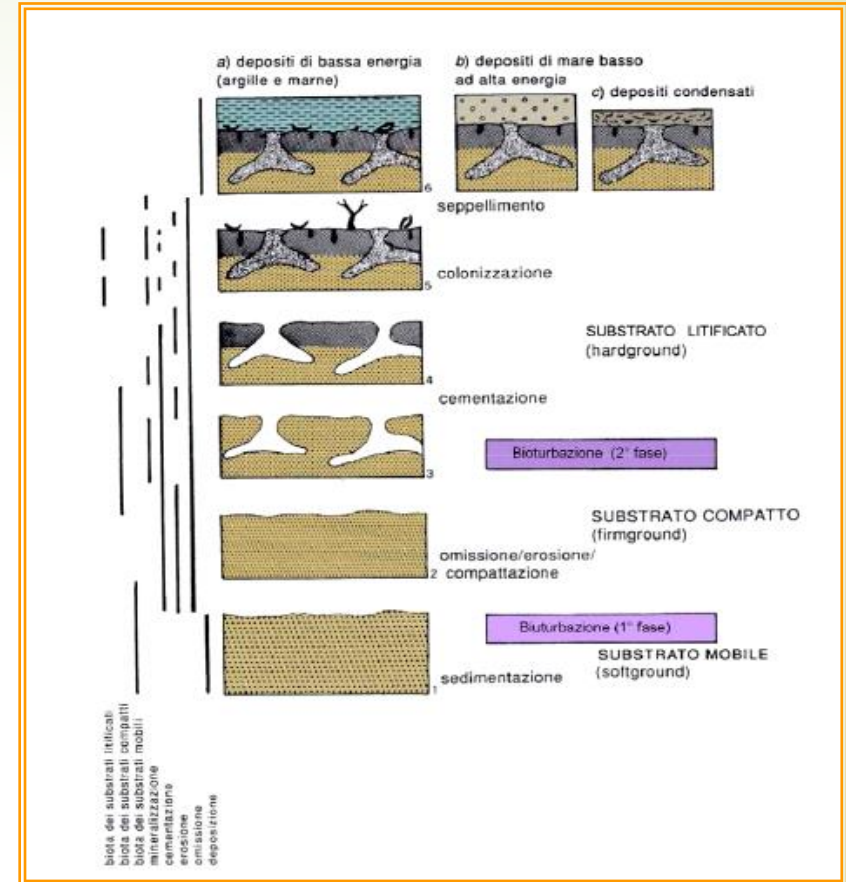
- 1) - colonizzato da organismi epibionti o endobionti perforanti
- 2) - viene colonizzato anche fra gli interstizi dei clasti:

### Sedimento **sabbioso**:

- Elevata ossigenazione, scarsa sostanza organica
- Prevale l'epifauna
- Prevalgono i sospensivori e filtratori

### Sedimento **pelitico**:

- Medio-bassa ossigenazione, maggior TOC
- Prevale l'infauna
- Prevalgono i detritivori e depositivori



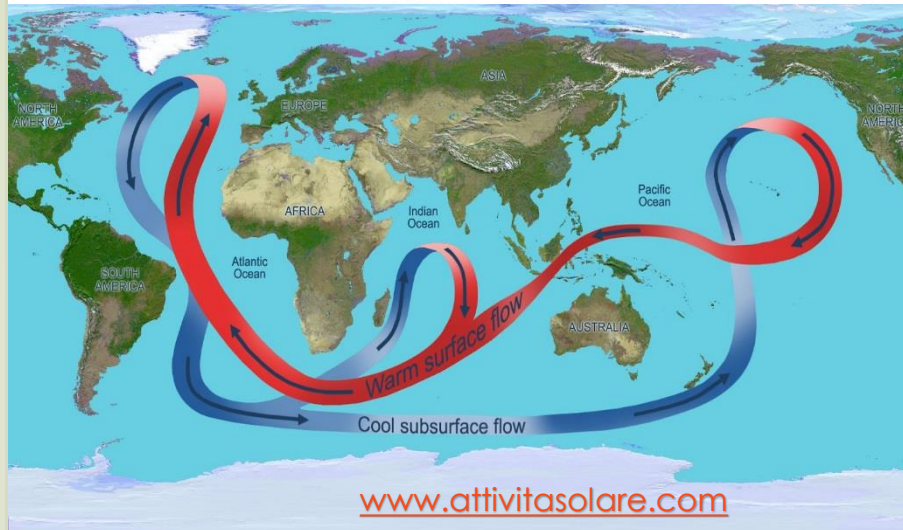
TIPO DI SUBSTRATO	Prevalentemente	Prevalentemente
<b>Sabbie fini, silt, argilla</b> (in acque poco ossigenate e con molta materia organica)	<b>INFAUNALI</b>	<b>Depositivori</b> <b>Detritivori</b>
<b>Sabbie medie e grossolane (ciottoli)</b> (in genere ricche d'ossigeno e con pochissime sostanze organiche all'interno) <b>Molto particellato alimentare in sospensione</b>	<b>EPIFAUNALI</b>	<b>Sospensivori</b> <b>Filtratori</b>

## LE CORRENTI

Si considerano due differenti scale:

- le correnti oceaniche: hanno un **controllo indiretto** sugli organismi
- le correnti locali: hanno un **controllo diretto** sugli organismi

### LE CORRENTI OCEANICHE



- sono in diretta relazione con i venti e la pressione atmosferica
- influenzano direttamente **temperatura, salinità, distribuzione dei nutrienti, distribuzione ed abbondanza degli organismi**
- correnti convergenti e divergenti
- maggiore circolazione lungo i margini continentali e minore circolazione nelle zone centrali oceaniche.

### LE CORRENTI LOCALI

- sono generate da venti, maree o locali differenze di densità;
- hanno maggiore influenza in ambienti di acque poco profonde, tranne quelle create da differenza di densità che influenzano anche ambienti più profondi.

## le correnti

### **Effetti biologici:**

Un ambiente di elevata energia ha una serie di **vantaggi**:






- Apporto di cibo dalle correnti/rimozione rifiuti
- Apporto ossigeno disciolto
- Selezione dei possibili predatori

Un ambiente di elevata energia ha anche degli **svantaggi**, tra i quali il mantenimento della posizione:

- Nelle forme bentoniche sessili: cementazione, presenza di bisso, scheletro flessibile, muscolo, presa a ventosa
- Nelle forme epibentoniche vagili: locomozione veloce

Un ambiente a debole/bassa energia favorisce una maggiore varietà morfologica, ma aumenta il problema della strategia nutrizionale

TABLE 2.2 Examples of Effects of Water Turbulence on Common Fossil Groups

Group	Effect	Reference
 Algae	Stromatolite shape varies from undulatory to club shape in quiet to turbulent water; coraline algal branching from loose to compact in quiet-to-turbulent water	Logan et al., 1974; Bosence, 1976, 1985
 Foraminifera	Mainly large or encrusting types in turbulent water; larger foraminifera are more spherical in turbulent water and are thin and flat in quiet water	Boltovskoy and Wright, 1976; Leutenegger, 1984; Hallock and Glenn, 1986
Sponges	Vase shaped with small osculum in quiet water; often fan or bowl shaped in turbulent water; sclerosponges live in quiet, cryptic habitats	Bidder, 1923; Leigh, 1971; Rigby and Stearn, 1983
Corals	Many forms require turbulence; branching forms orient in current; colony shape more compact in currents; branching in quiet water	Wells, 1957; Graus et al., 1977; Chappell, 1981
 Bryozoans	Encrusting, massive, and flexible forms in turbulent water; rigid, delicate branching forms in quiet water	Schopf, 1969; Brood, 1972; Harmelin, 1975
Brachiopods	Most modern forms need some current; large pedicle, heavy shell, supporting spines in turbulent water; fold and sulcus and long hinge in quiet water	Ager, 1965; Rudwick, 1970
 Mollusks	Broadly adapted to turbulence from very high to very low; thick shell, strong attachment, and burrowing in turbulent water; well-developed siphons in quiet water	Purchon, 1968; Stanley, 1970; Wilbur, 1983-1985; Vogel, 1988
 Anthropods	Ostracods develop shell-strengthening sculpture for turbulence	Benson, 1975
Echinoderms	Crinoids mostly require currents for feeding; heavy calyx and stem for turbulence; some echinoids strong burrowers or wedge in crevices in turbulent settings	Kier, 1974; Breimer and Lane, 1978; Smith, 1984

## la temperatura

### Effetti biologici:

Gli organismi possono avere una funzionalità ENDOTERMA (a «sangue caldo») o ECTOTERMA (a «sangue freddo»). Tutti gli organismi sono ectotermi, tranne i mammiferi e gli uccelli.

Nei riguardi della temperatura:

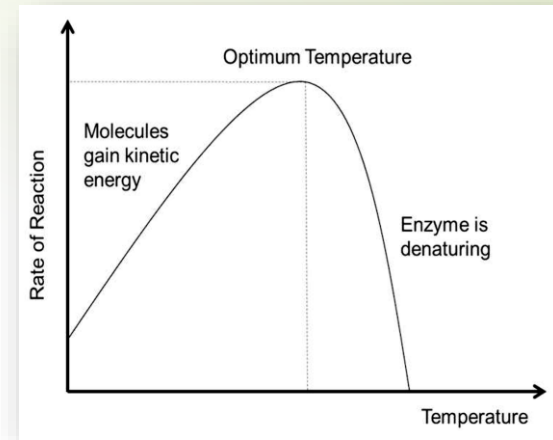
- **Euritermi:** ampia tolleranza alla variazione
- **Stenotermi:** limitata tolleranza alla variazione

Il metabolismo è ridotto al minimo a basse/alte temperature

La temperatura è determinante nella frequenza dei cicli riproduttivi

Nelle associazioni fossili l'influenza della temperatura può essere valutata in base al **tasso di crescita, taglia della conchiglia e velocità di riproduzione**

ATTENZIONE: considerando le specie cosmopolite, a temperature più basse la minor frequenza della riproduzione può portare ad un maggior invecchiamento (vedi foraminiferi)



il controllo della temperatura sugli organismi  
(<https://www.creative-enzymes.com>)

	Caratteristiche	<u>Acque calde</u>	<u>Acque fredde</u>	Eccezioni (esempi)
<b>Singoli individui</b>	Spessore conchiglia	per lo più notevole	ridotto	<i>Mya truncata</i>
	Ornamentazione	ben sviluppata	ridotta o assente	
	Dimensioni	per lo più grandi	non eccessiva	<i>Arctica islandica</i>
	Colorazioni vivaci	presenti	assenti	
	Forme parassite	presenti	assenti	
<b>Fauna nell'insieme</b>	Diversità	elevata	bassa	
	Rapporto (R) $R = \frac{\text{epifauna}}{\text{infauna}}$	$R > 1$	$R = 1$	
	Organismi a guscio siliceo	scarsi	frequenti	
	Coralli costruttori	presenti	assenti	

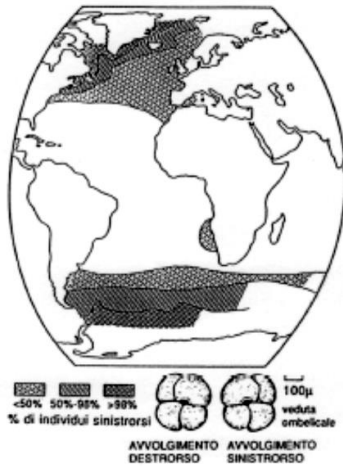


Fig. 8.20 - La direzione dell'avvolgimento, nelle popolazioni attuali di *Neogloboquadrina pachiderma* e di altri foraminiferi planctonici, varia procedendo dalle medie verso le alte latitudini. Nelle acque caldo-temperate predomina l'avvolgimento destrorso, mentre andando verso le acque fredde delle alte latitudini aumenta sempre di più la percentuale degli individui (morfoecotipi) sinistrorsi. In una successione stratigrafica l'aumento della percentuale degli individui con un certo tipo di avvolgimento costituisce un segnale ecobiostatigrafico che può essere utilizzato per le correlazioni stratigrafiche, tenendo ovviamente conto che si tratta di un segnale potenzialmente ripetitivo. In basso a destra sono raffigurati due esemplari di *Neogloboquadrina pachiderma*, uno sinistrorso ed uno destrorso (da Bè & Tolderund, 1971, con modifiche).

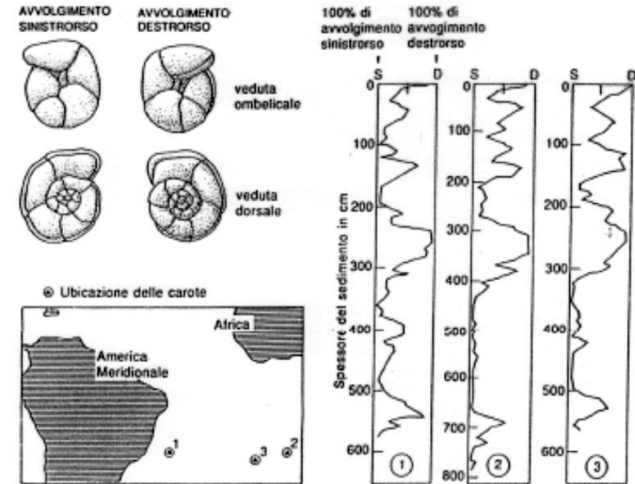
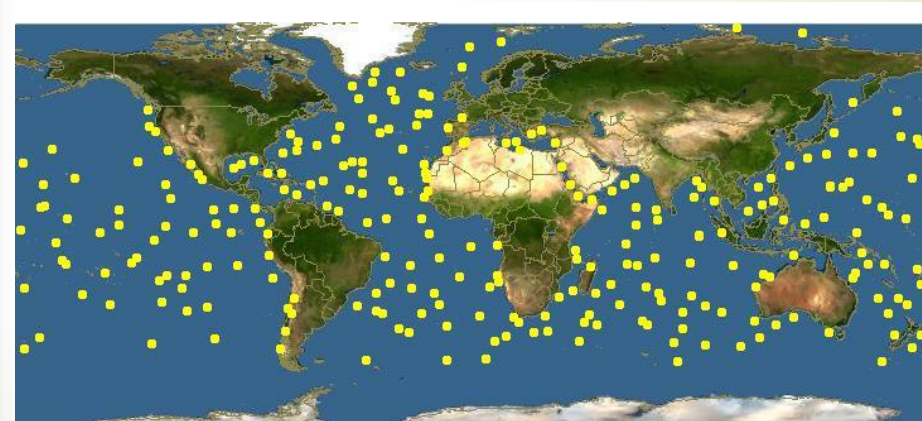


Fig. 8.21 - Correlazione stratigrafica basata sulla variazione della direzione di avvolgimento delle popolazioni di *Globorotalia truncatulinoides*. L'aumento percentuale di un morfoecotipo rispetto all'altro è controllato dalle fluttuazioni climatiche. Le popolazioni della specie presentano un avvolgimento destrorso durante i periodi interglaciali e sinistrorso durante i periodi glaciali (da Eicher, 1976).

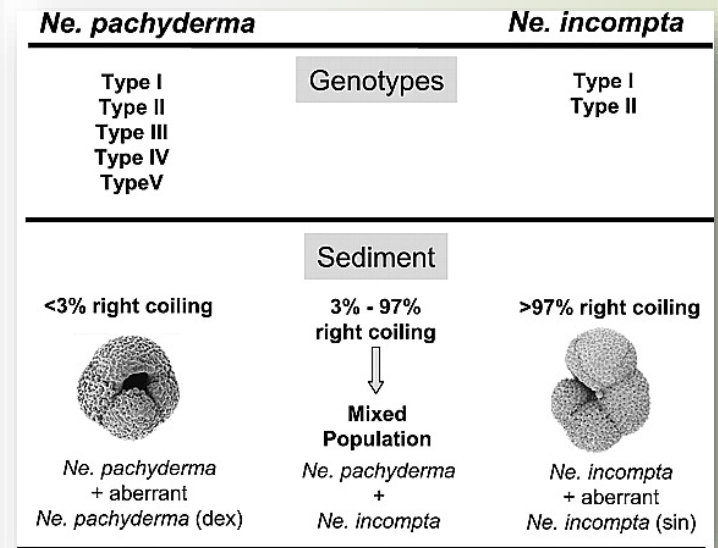
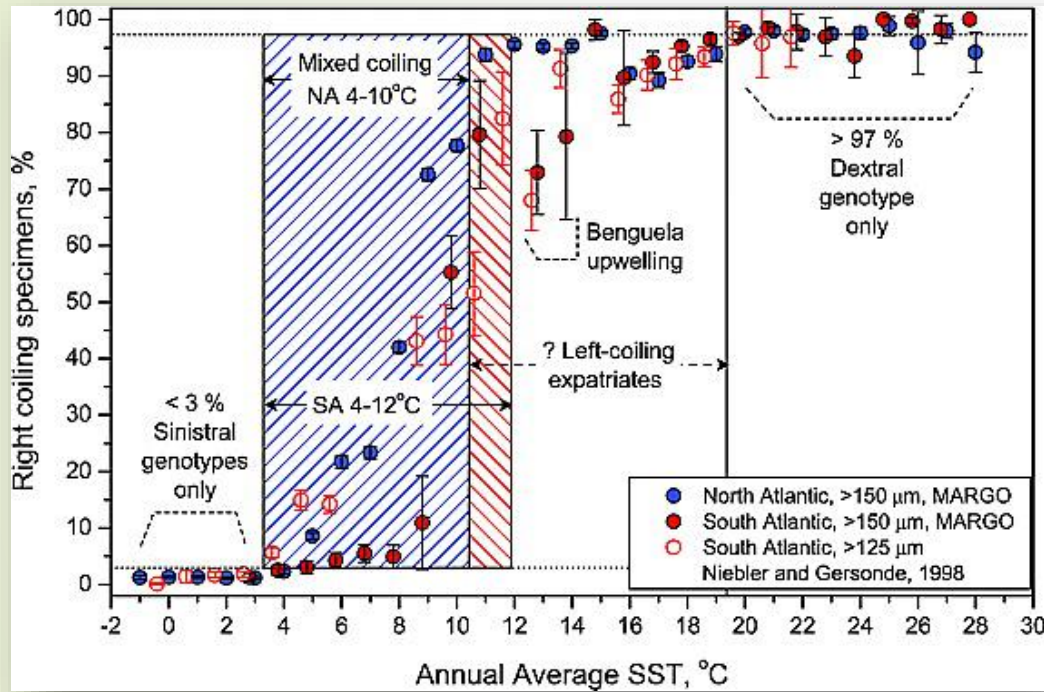


*Globigerinoides ruber*, foraminifero planctonico

C. de Vargas, Station Biologique de Roscoff



# A resolution for the coiling direction paradox in *Neogloboquadrina pachyderma*



## Paleoceanography

Volume 21, Issue 2, PA2011, 16 MAY 2006 DOI: 10.1029/2005PA001189

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005PA001189/full#palo1265-fig-0005>

**TABLE 2.3** Examples of Effects of Temperature on Common Marine Invertebrate Fossil Groups

Group	Effect	References
Algae	Calcareous green algae tropical and subtropical; strong temperature control on distribution of coralline algae, coccoliths, and diatoms	Elliot, 1984; Wray, 1977; Haq, 1978; Burckle, 1978
Foraminifera	Temperature control on distribution of species; coiling direction; porosity of chambers; larger forams only in tropics	Boltovskoy and Wright, 1976; Kennett, 1976; Bé, 1968; Hallock and Glenn, 1986
Sponges	Sclerosponges tropical	Hartman, 1983
Corals	Hermatypic forms tropical; ahermatypic forms eurythermal	Wells, 1957; Fagerstrom, 1987
Bryozoans	Species ranges temperature controlled	Ryland, 1970
Brachiopods	Modern forms especially in temperate waters; punctae density positively correlates with temperature	Rudwick, 1970; Foster, 1974
Mollusks	Species ranges strongly temperature dependent; tropical forms larger, more ornate than cold-water forms; maximum size within species at cold end of geographic range	Wilbur, 1983-1985; Nicol, 1964, 1967; Strauch, 1968
Arthropods	Ostracod species ranges temperature dependent	Neale, 1969
Echinoderms	Some echinoid families and genera only in tropics; long, simple crinoid arms in cold water; shorter, branched in warm water	Fell, 1954; Breimer and Lane, 1978



## l'ossigeno disciolto

E' un tenore che dipende dal bilancio fra **produzione primaria** (fitoplancton e secondariamente fanerogame ed alghe) e **consumo** (respirazione ed ossidazione);

- inoltre apporto da parte dell'atmosfera (inversamente  $\propto$  alla temperatura e salinità).
- la concentrazione dell'ossigeno tende a diminuire dalla zona fotica verso le maggiori profondità;
- ad una certa profondità si registra un sensibile aumento di concentrazione di  $O_2$  disciolto (minor consumo e maggiore circolazione);
- la circolazione oceanica è determinante nell'ossigenazione delle acque profonde;
- la diversità tassonomica è direttamente correlata al tenore di ossigeno.

### *Nella colonna d'acqua:*

In base al contenuto di ossigeno disciolto nell'acqua si distinguono:

- ambiente aerobico** > 1ml/l  $O_2$  disciolto
- ambiente disaerobico** 0.1 - 1.0 ml/l  $O_2$  disciolto
- ambiente anaerobico** < 0.1 ml/l  $O_2$  disciolto

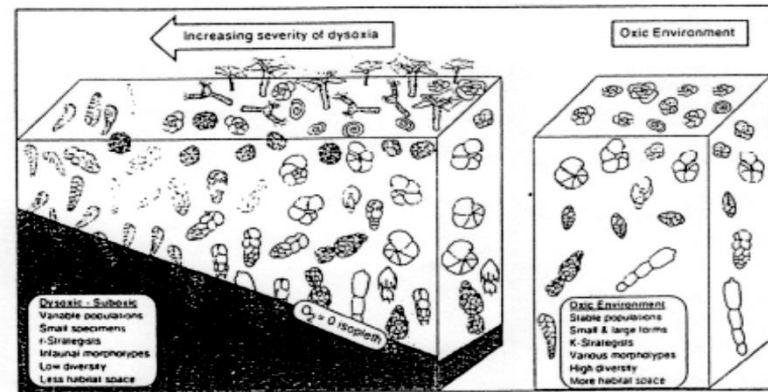
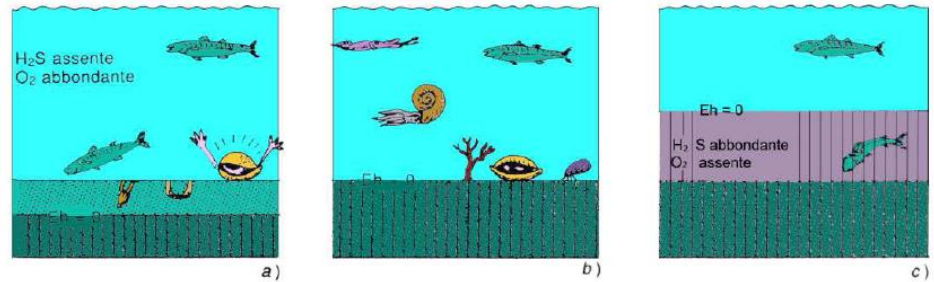
### **Nel sedimento di fondo:**

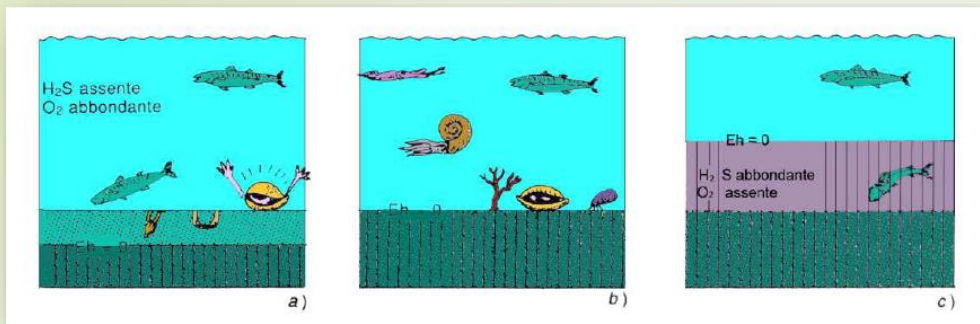
**Potenziale di ossidoriduzione (Eh)** misura lo stato di ossidazione degli ioni presenti nell'ambiente (capacità ossidante).

- Eh positivo  $\Rightarrow$  ambiente ossidante
- Eh negativo  $\Rightarrow$  ambiente riducente
- Eh = 0  $\Rightarrow$  interfaccia ossidazione/riduzione

Nei record sedimentari, per avere una caratterizzazione dell'ossigenazione dell'ambiente del passato si potranno osservare:

- rapporto epifauna/infauna
- presenza/assenza di tracce fossili
- presenza/assenza di bioturbazione

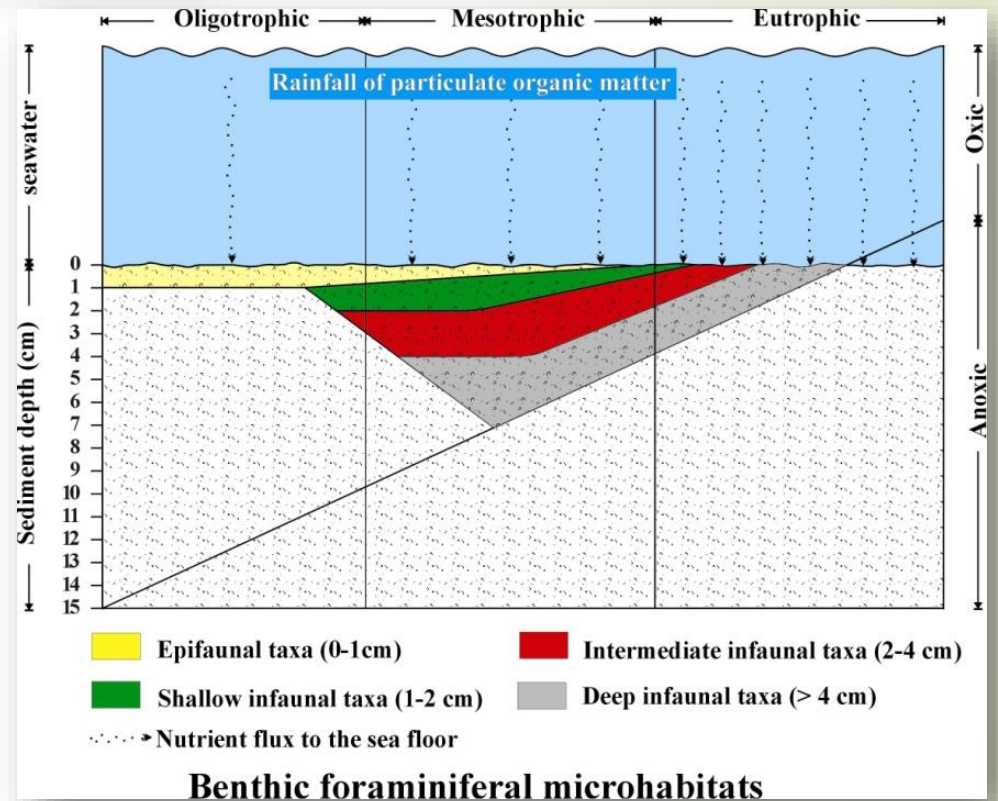




Modello TROX relativo alla distribuzione dei foraminiferi bentonici Jorissen et al., 1995\*

Fattori limitanti:

- Stato trofico
- Ossigenazione



\*Jorissen FJ, de Stigter HC, Widmark JGV (1995). A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. Marine Micropaleontology 26, 3–15.

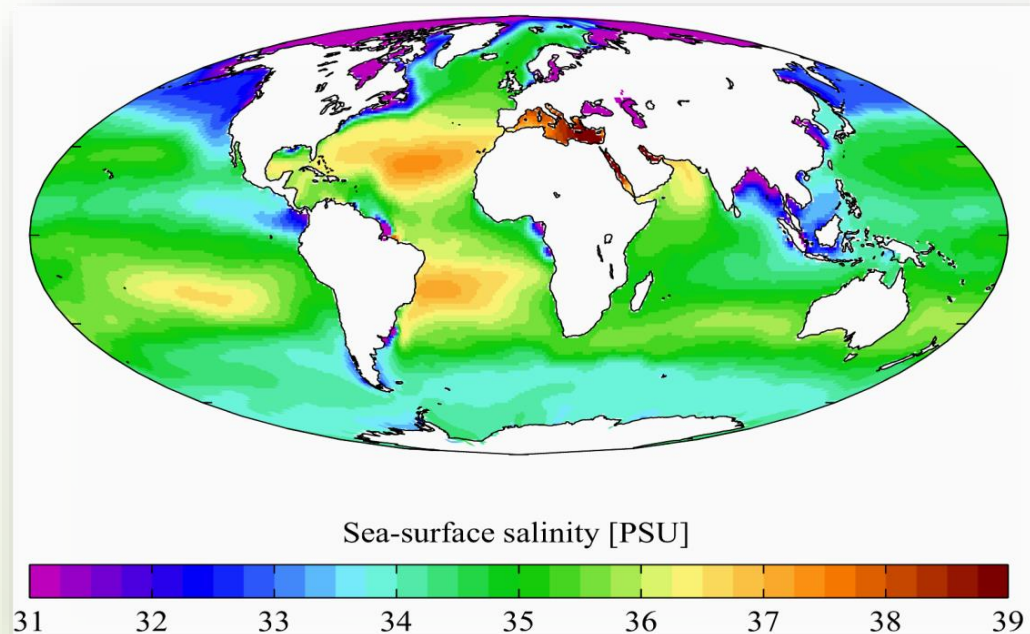
## la salinità

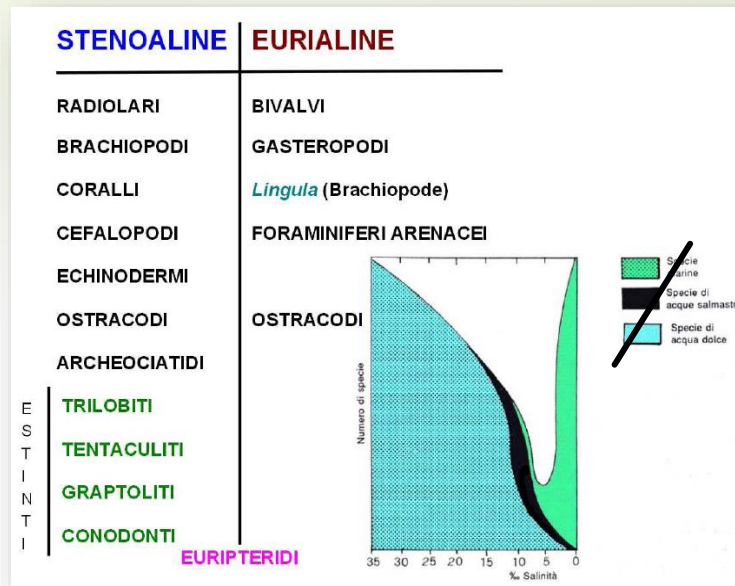
E' la concentrazione dei sali disciolti nell'acqua (g/kg); fra i più comuni:

Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>

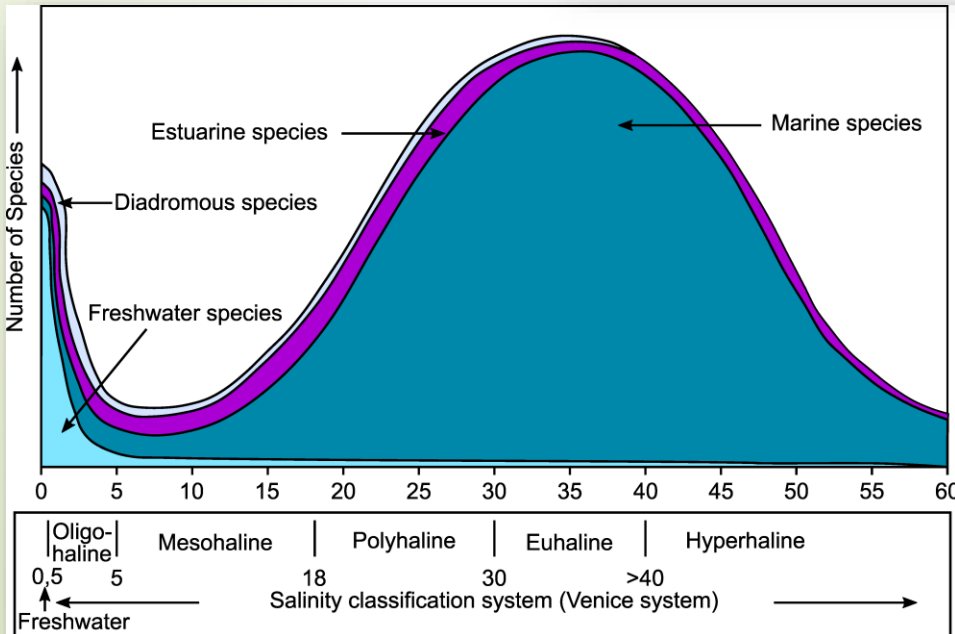
Mentre la concentrazione di questi elementi è costante, altri elementi come P, N e Si hanno elevate variazioni di concentrazione: elementi **nutrienti o biolimitanti** .

- è il risultato dell'equilibrio fra evaporazione e precipitazione
- il valore medio della salinità delle acque di mare è di 34.5 - 35.0 ‰
- tenore variabile secondo le latitudini





Da Jorissen 2022



### La salinità (NaCl): effetti biologici

l'azione principale riguarda la pressione osmotica esercitata sulla membrana cellulare degli organismi: **forme eurialine e forme stenoaline**.

La diversità specifica è fortemente influenzata dalla salinità:

- acqua bassa ed elevata salinità limitano la crescita degli individui
- in acque sottosature di sali le conchiglie hanno uno spessore ridotto.

### elementi nutrienti: la produttività

In ambiente marino la vita è fortemente controllata dalla **penetrazione della luce** e dalla **concentrazione dei nutrienti**.

- **produttività** (primaria e secondaria): tasso di produzione per unità di volume di sostanza organica dovuta a processi biologici;
- **biomassa**: quantità di materiale vivente per unità di volume.

### VARIAZIONE VERTICALE

\* in acque basse le piante fotosintetizzano più velocemente di quanto respirino, quindi la sostanza organica prodotta è maggiore di quella consumata (ovvero decomposta);

\* con aumento della profondità diminuisce la penetrazione della luce: il consumo per la respirazione è maggiore rispetto alla produzione fotosintetica;

**PROFONDITA' DI COMPENSAZIONE** = fotosintesi eguaglia la respirazione

\* al di sotto di questa profondità gli organismi autotrofi non sopravvivono e quindi la respirazione comporta una ossidazione inorganica della sostanza organica, con decomposizione e produzione di elementi nutrienti;

\* correnti, turbolenze e fenomeni di upwelling riforniscono di nutrienti le acque superficiali;

\* le aree di piattaforma continentale sono più produttive di quelle oceaniche, sia per l'apporto continentale (acque di dilavamento, apporti fluviali) di nutrienti, che per il più facile riciccolo da parte delle correnti.

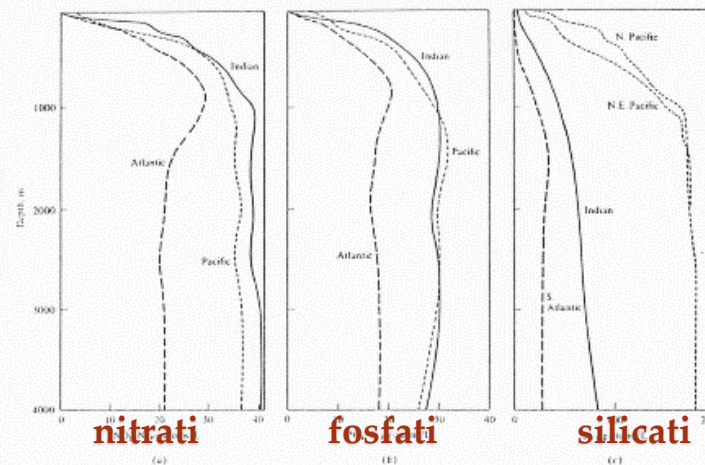


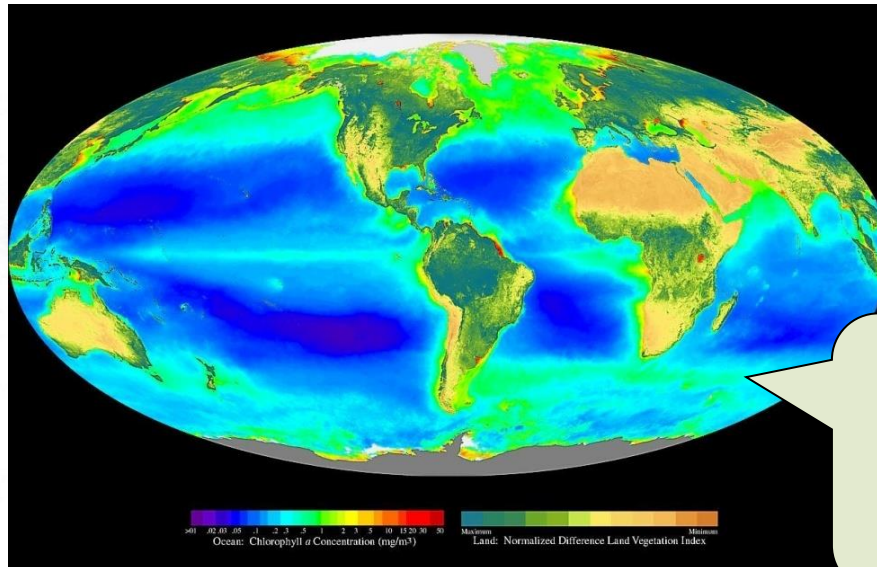
Figure 2.20 Vertical distribution of nitrate (a), phosphate (b), and silica (c) at localities in the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. From Sverdrup/Johnson/Fleming.

Gli elementi nutrienti o biolimitanti (N, P, Si)

## VARIAZIONE GEOGRAFICA

La concentrazione dei nutrienti e la produttività sono fortemente influenzate dall'andamento globale delle correnti.

- aree di divergenza ➔ risalita di nutrienti per le correnti di upwelling
- aree di convergenza ➔ impoverimento ulteriore dei nutrienti
- margini continentali sono maggiormente produttivi delle aree medio-oceaniche
- le acque polari superficiali sono maggiormente produttive che quelle delle basse latitudini (la minore differenza di densità delle acque sup. e prof. rende più immediata la circolazione verticale).



variazione della produttività nel tempo:

- giornaliera
- stagionale
- annuale
- ciclica

Da un punto di vista geologico produttività e biomassa sono difficilmente valutabili

- ➔ idealmente una tanatocenosi non differisce di molto dalla relativa biocenosi (gusci mineralizzati);
- ➔ in realtà solo una piccolissima parte della biomassa iniziale si conserva nella testimonianza geologica;
- ➔ processi post-mortem possono alterare la composizione originaria dell'associazione: trasporto, mescolamento e distruzione dei gusci;
- ➔ la concentrazione dei fossili può anche essere una conseguenza del tasso di sedimentazione.

## La profondità

La determinazione della profondità di un antico ambiente di sedimentazione è molto importante per la ricostruzione paleogeografica e per l'interpretazione geologica.

Molto spesso è determinate con metodi sedimentologici (con opportune cautela):

- Sedimenti a granulometria fine sono caratteristici di ambienti marini profondi, ma anche di ambienti più superficiali, ma protetti
- Sedimenti a granulometria più grossolana indicano ambienti marini poco profondi, ma anche ambienti profondi con accumuli da parte delle correnti

Al variare della profondità SOLAMENTE la pressione idrostatica e la penetrazione della luce variano in proporzione con essa (no influenze geografiche)

Distribuzione e morfologia degli organismi con la profondità sono il risultato di una complessa variabilità dei fattori ambientali

- Organismi autotrofi indicano ottimale penetrazione della luce
- Rapporto benthos/plancton indica distanza dalla costa
- Mineralogia dei gusci (profondità del CCD)
- Diversità specifica diminuisce con la profondità

TABLE 2.5 Examples of the Effect of Depth on Distribution and Morphology of the Major Fossil Groups

Group	Effect	Reference
Algae	Stromatolites usually shallow-water indicators; algal families show depth zonation; all algae in photic zone; algal produced micrite envelopes in shallow water	Walter, 1976; Dill et al., 1986; Wray, 1977; Swinchart, 1969
Foraminifera	Ratio of planktic to benthic increases with depth; only arenaceous types at great depth; some genera become larger with depth; crusts on deeper-water planktic genera; many empirical studies of distribution versus depth; large forams hermatypic, shallow	Boltovskoy and Wright, 1976; Bandy, 1964; Buzas and Sen Gupta, 1982; Hallock and Glenn, 1986
Sponges	Hyalosponges mostly deep water; sclerosponges (and stromatoporoids?) only in shallow water	Finks, 1970; Rigby and Stearn, 1963
Corals	Hermatypic forms only in photic zone; most diverse in water less than 10 m deep; ahermatypic in deep water; morphology varies with depth (hemispherical colonies in shallow to platelike in deep water)	Wells, 1957; Graus and Macintyre, 1976; Goreau, 1963; Chappell, 1981; Fagerstrom, 1987
Bryozoans	Rigid, branching forms in deeper water; strong correlation with turbulence which correlates with depth	Schopf, 1969; Lagaaij and Gautier, 1965
Brachiopods	Strong control by turbulence and substrate which correlate with depth; small size, thin shell, in deeper water	Ager, 1965; Fürsich and Hurst, 1974
Mollusks	Some hermatypic forms ( <i>Tridacna</i> ) in shallow water; small, thin-shelled, deposit-feeding bivalves in deep water; planktic gastropods (pteropods) in deep water	Wilbur, 1983-1985; Nicol, 1967; Herman, 1978
Arthropods	Ostracod size and reticulation increase and species with eye tubercles decrease with depth	Benson, 1975; Kontrovitz and Myers, 1988
Echinoderms	Modern stalked forms deep water, but not Paleozoic forms; comatulids shallow water	Fell, 1966; McCurda and Meyer, 1983