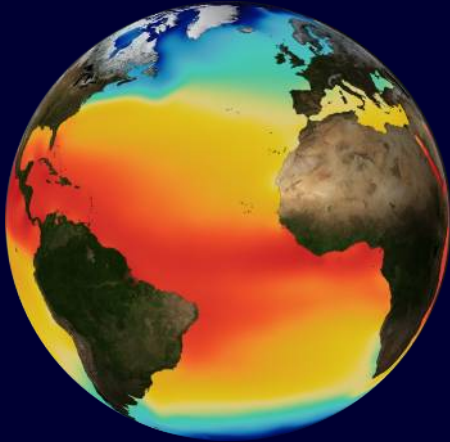




Océan et Océanographie, session 4

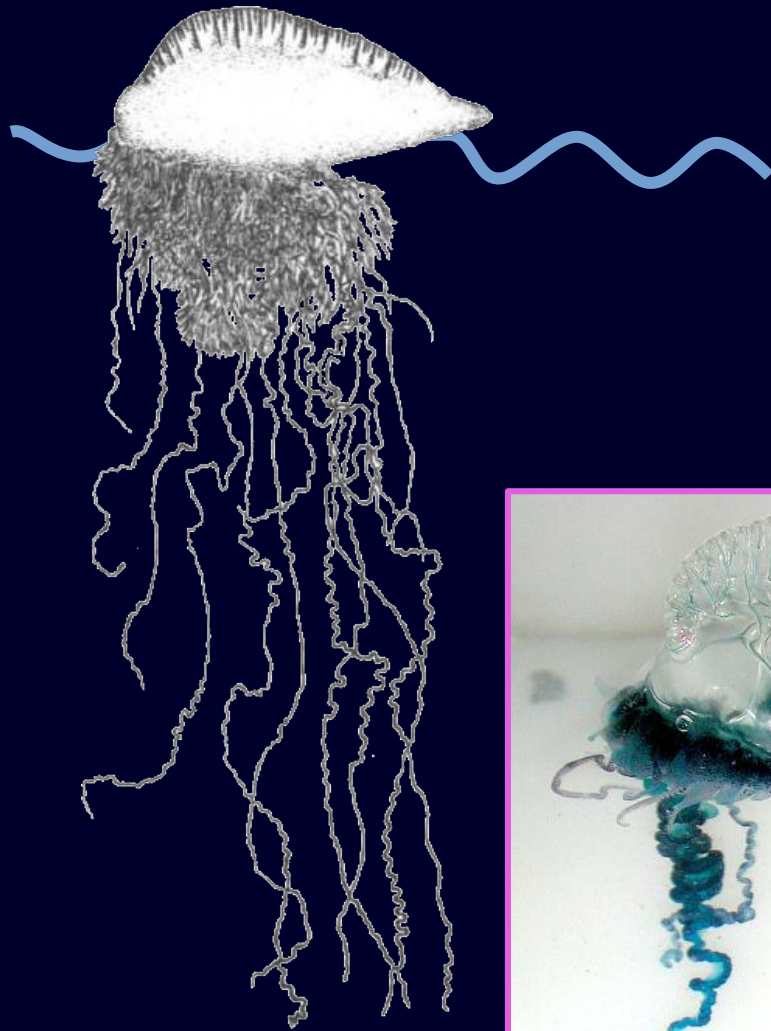


Biologie et écologie des Océans Partie 2

Jean-Philippe Labat, 2024



Avant d'aller vers le fond, organismes planctoniques à la surface



Physalie

Physalia physalis
Cnidaires pélagique
Siphonophorae

Photos : Wikipedia, Public domain



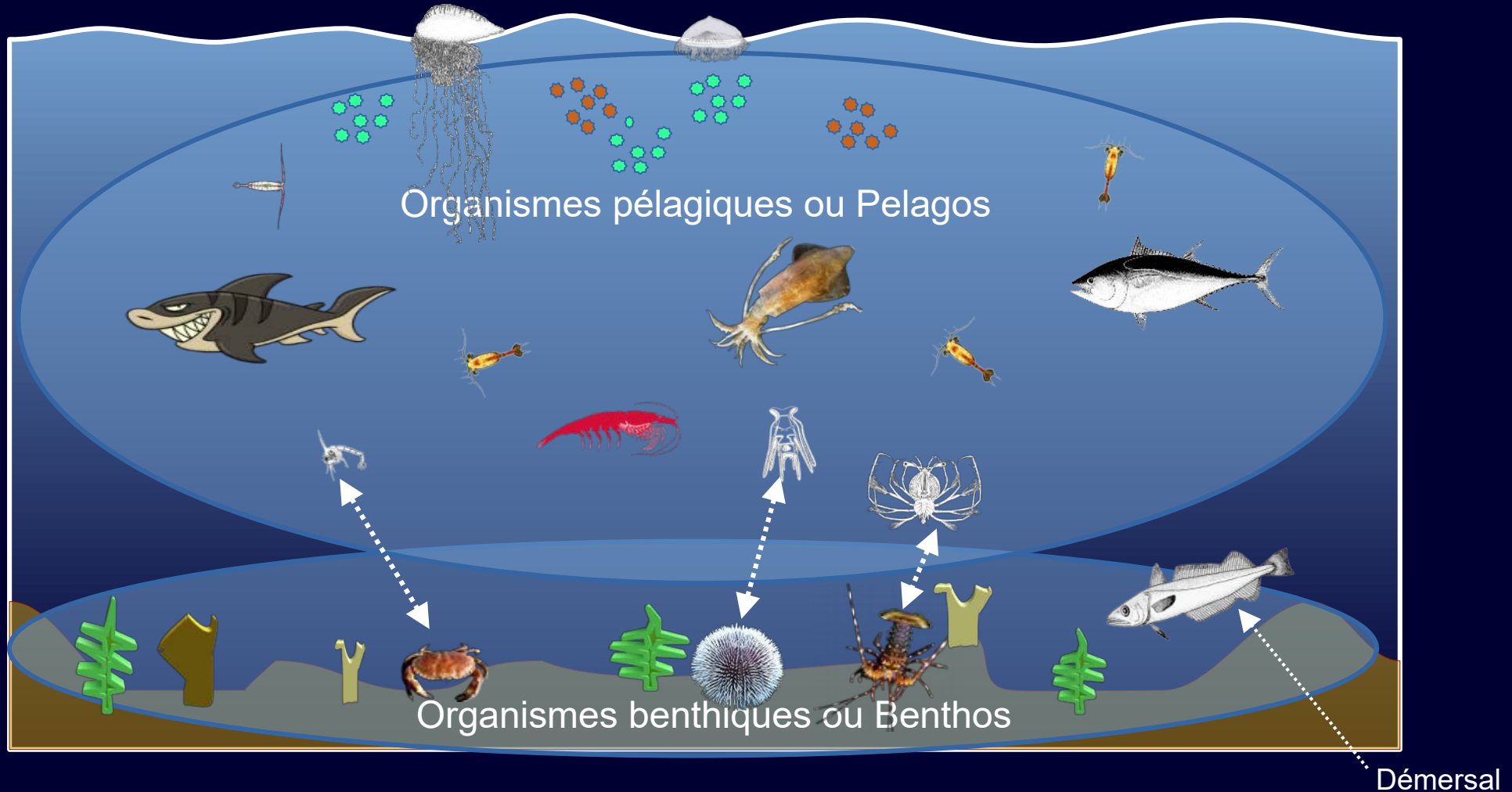
Vélelle

Velella velella
Cnidaires pélagique
Hydrozoaire



Gravures : Trégouboff, G., Rose, M., 1978. Manuel de planctologie méditerranéenne. CNRS, Paris.

Pelagos et benthos



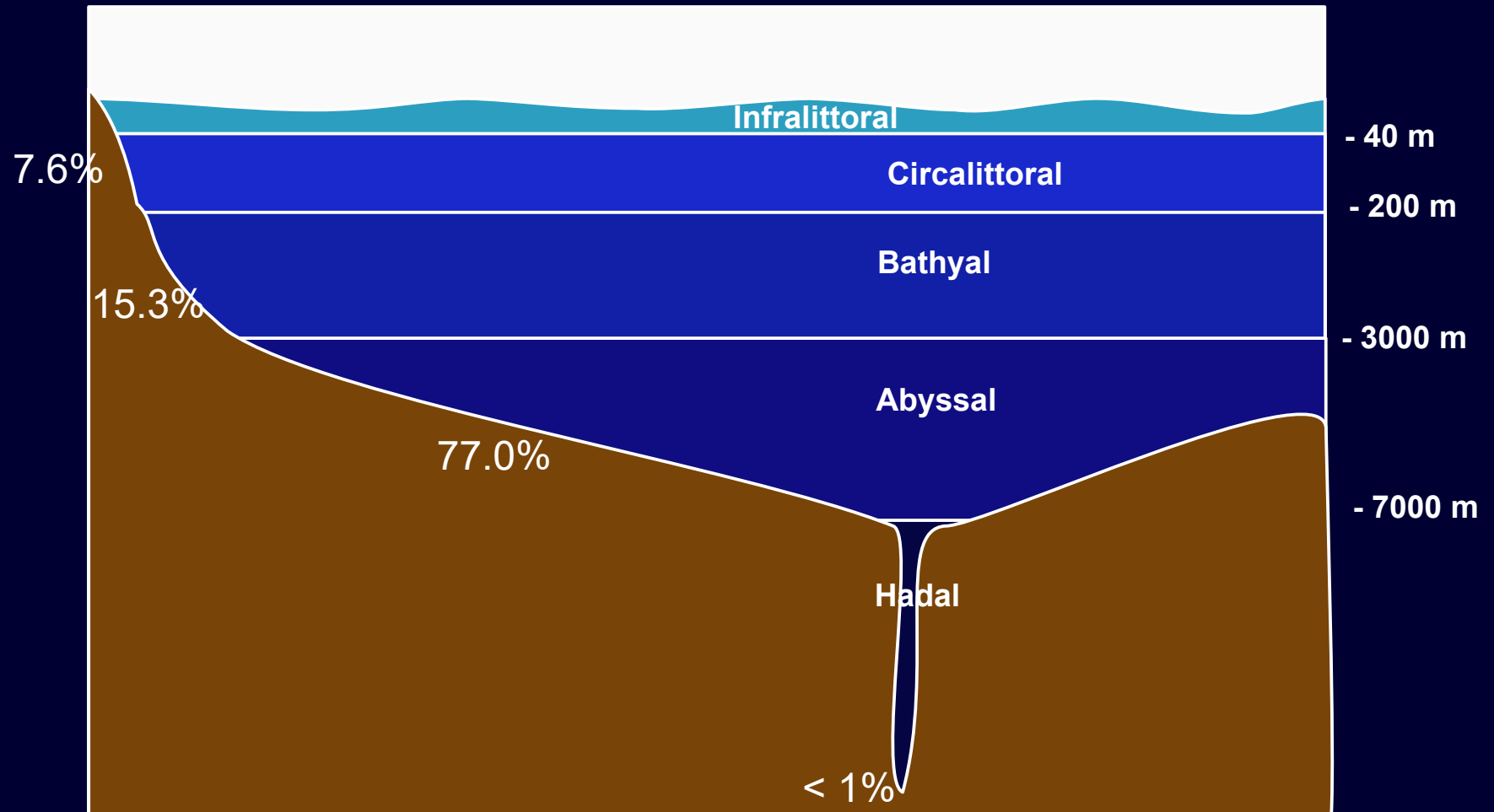
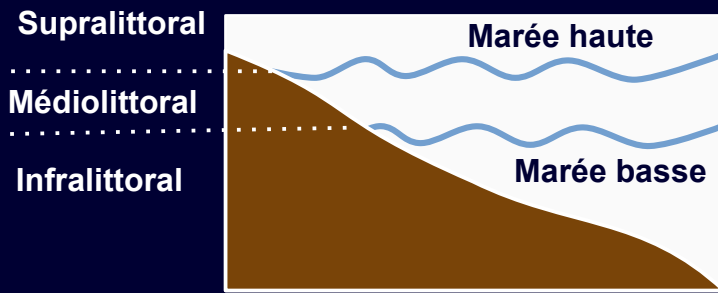
Le **Pelagos** est l'ensemble des organismes vivant dans la masse d'eau
Le **Benthos** est l'ensemble des organismes vivant sur le fond.

Les écosystèmes benthiques

Ou nous allons nous intéresser aux parois du bocal



Étages benthiques



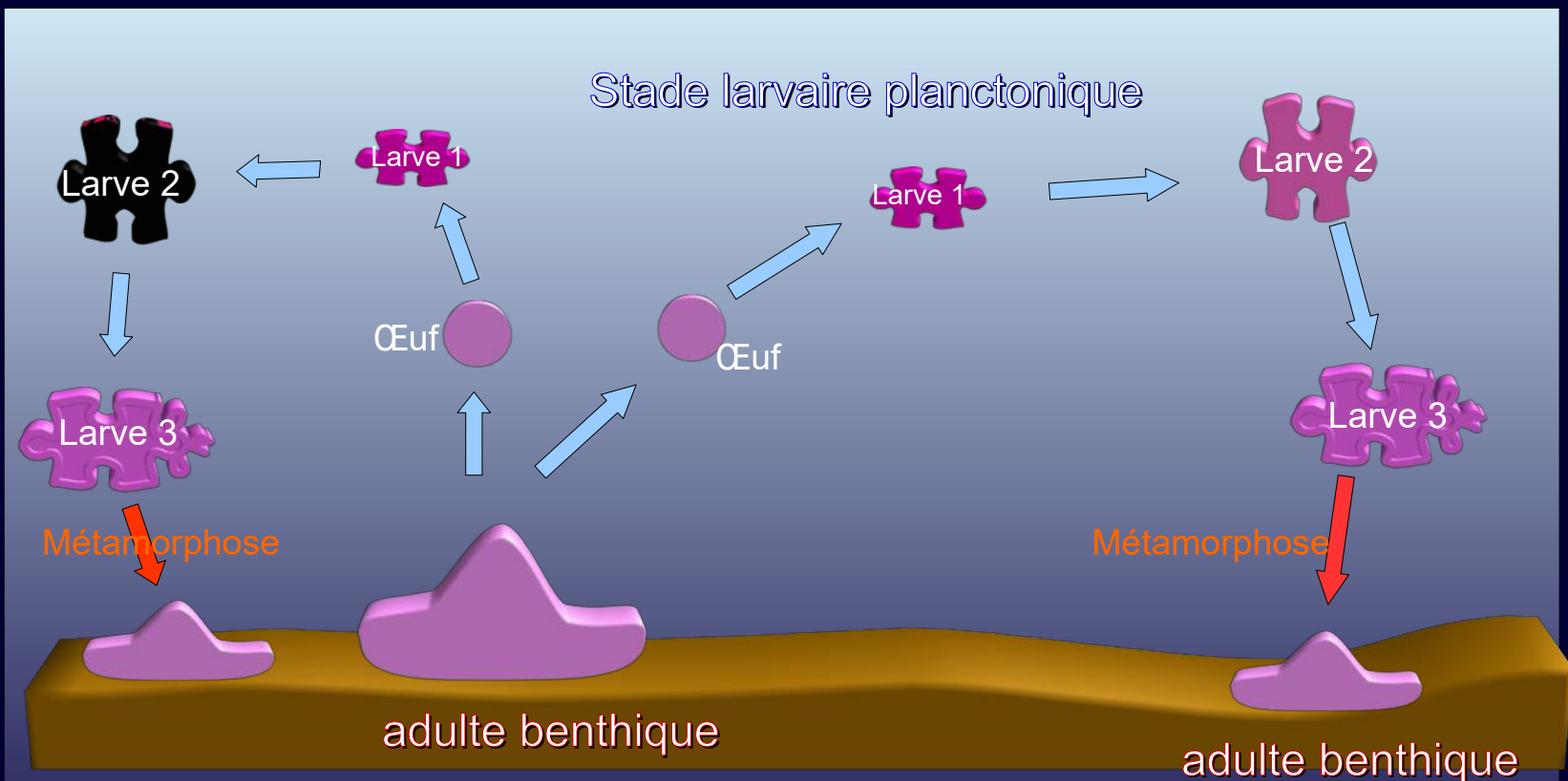
Des liens avec le domaine pélagique
Le méroplancton plancton transitoire



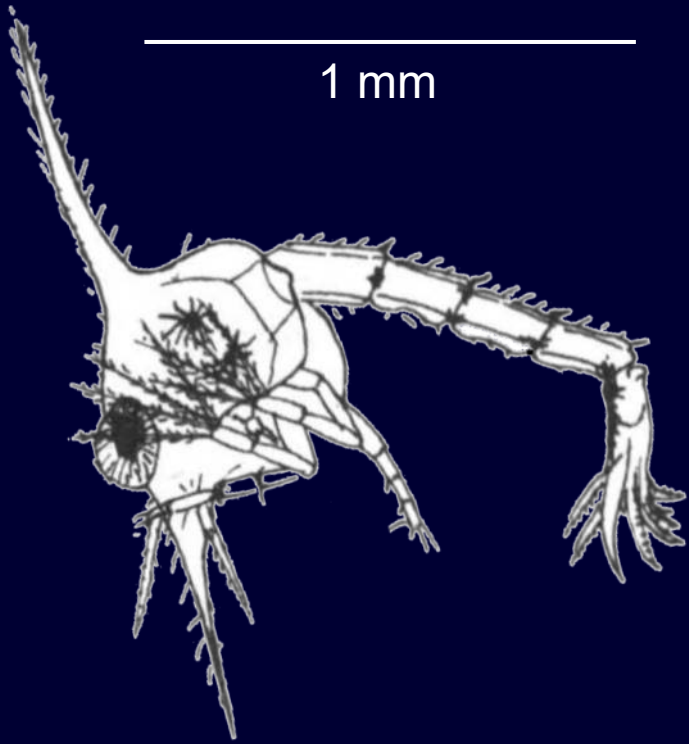
Le méroplancton

Des organismes d'espèces benthiques qui ne passent qu'une partie de leur existence, habituellement le stade larvaire, dans le plancton, le stade adulte étant alors benthique.

Il s'agit donc d'un zooplancton temporaire.



Qui suis-je adulte ?



?



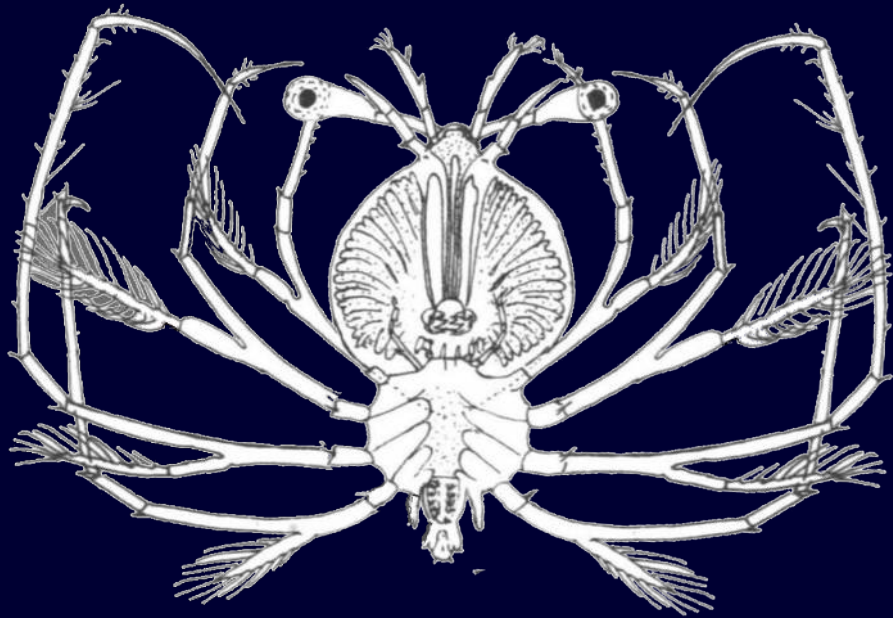
Qui suis-je adulte ?

1 mm



?

Qui suis-je adulte ?



1 mm

?



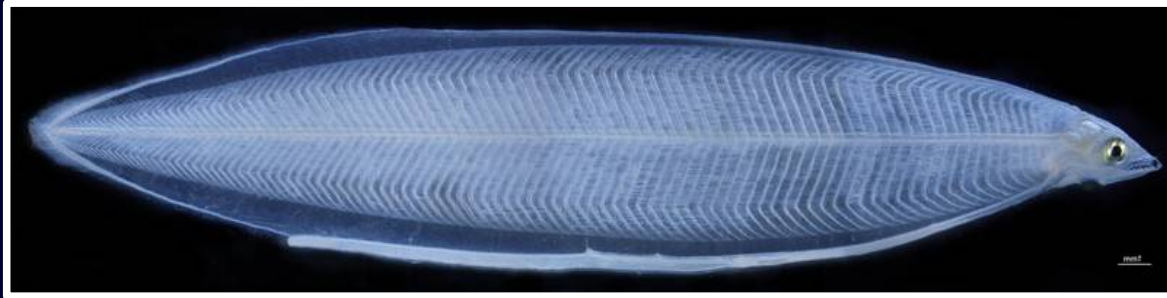
Céphalopodes



?

Qui suis-je adulte ?

Larve leptocéphale

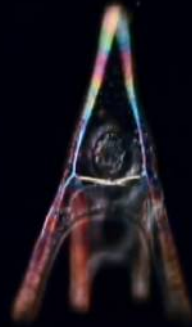


Pour l'anguille :
civelle ou pibale

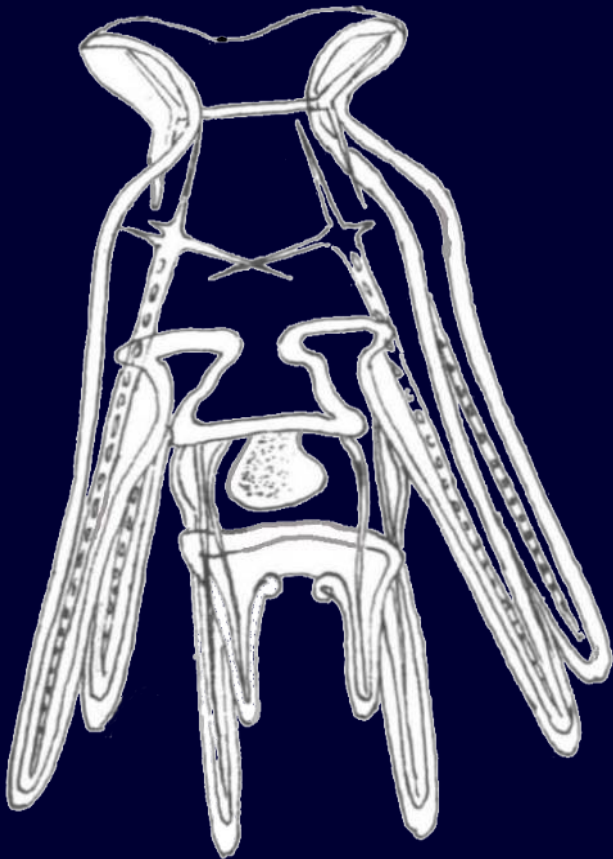
?



Larve pluteus

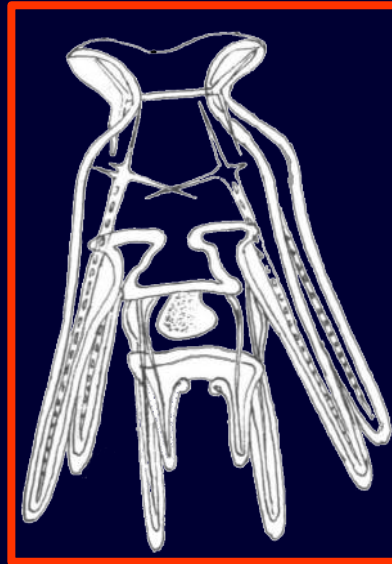


Qui suis-je adulte ?

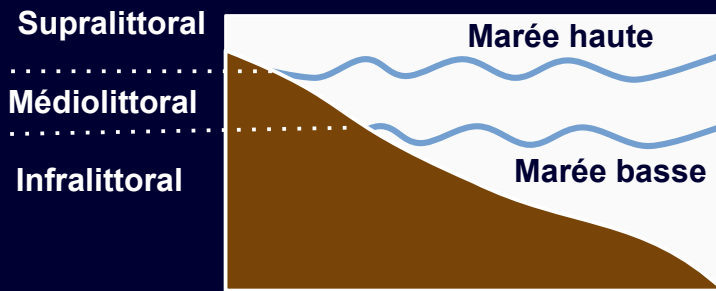


?

Méropplancton : les oursins

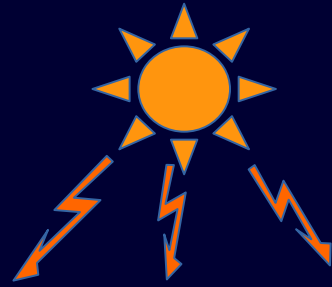


Etages benthiques



Étage Supra-littoral : partie du littoral humecté que par les embruns, les marées d'équinoxe ou les plus hautes vagues des tempêtes.
Étage médiolittoral : partie du littoral de balancement des marées.
En dessous l'infralittoral

Production primaire et transfert de matière organique.



Profondeur de compensation

Phytoplancton

Phanérogames marines

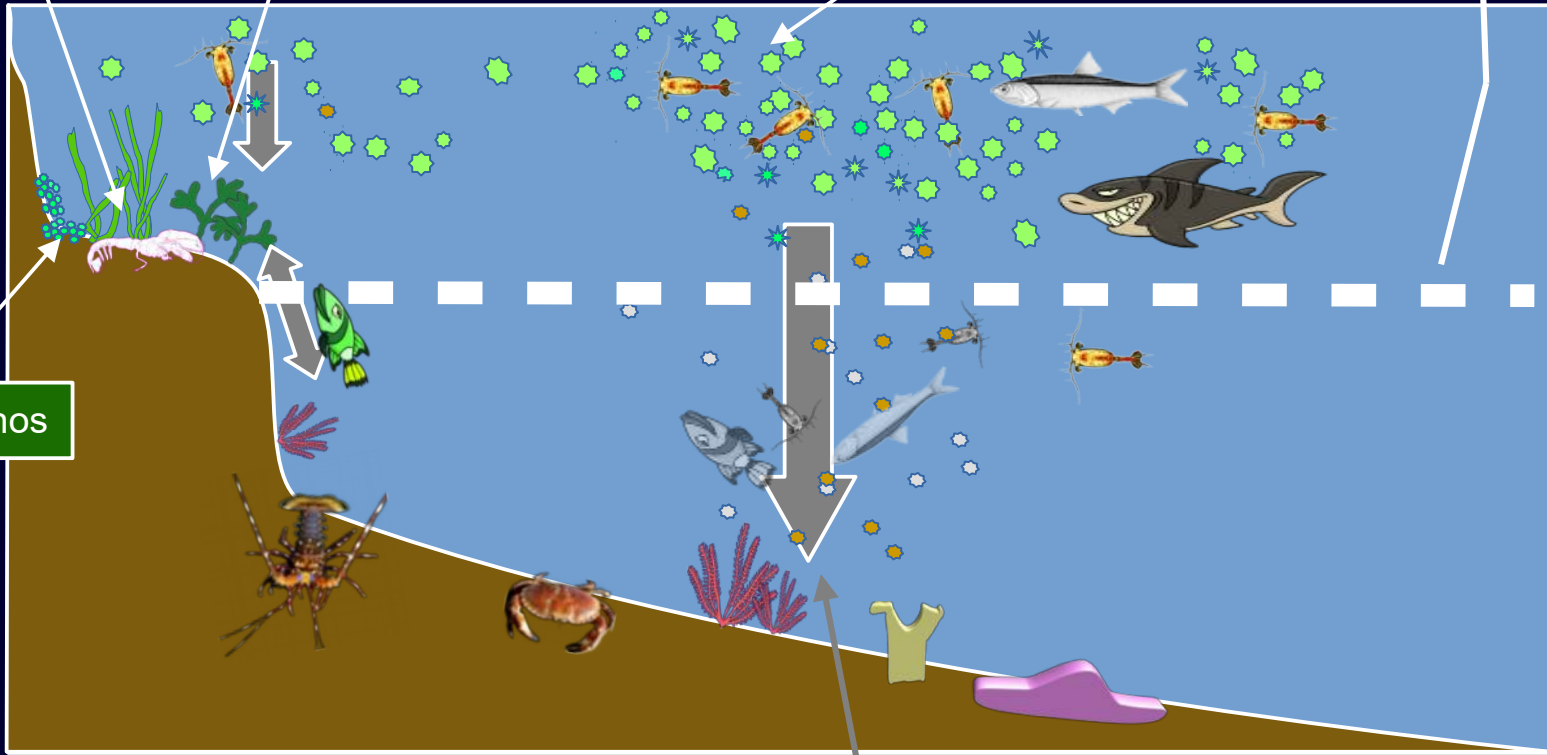
Algues

Microphytobenthos

Zone euphotique

Zone aphotique

pompe biologique



Les différents habitats benthiques

Éléments d'organisation des milieux benthiques :

L'étage :

Supralittoral, médiolittoral, infralittoral, circalittoral, bathyal

et la nature du substrat :

Sédimentaire : Granulométrie des sédiments

Substrat dur : rocher, gros cailloux, épaves etc

A1 - Roches ou blocs du supralittoral et du médiolittoral
A2 - Récifs biogéniques médiolittoraux
A3 - Sédiments grossiers du supralittoral et du médiolittoral
A4 - Sédiments hétérogènes médiolittoraux
A5 - Sables du supralittoral et du médiolittoral
A6 - Vases du supralittoral et du médiolittoral
B1 - Roches ou blocs infralittoraux
B2 - Récifs biogéniques infralittoraux
B3 - Sédiments grossiers infralittoraux
B4 - Sédiments hétérogènes infralittoraux
B5 - Sables infralittoraux
B6 - Vases infralittorales

C1 - Roches ou blocs du circalittoral côtier
C2 - Récifs biogéniques du circalittoral côtier
C3 - Sédiments grossiers du circalittoral côtier
C4 - Sédiments hétérogènes du circalittoral côtier
C5 - Sables du circalittoral côtier
C6 - Vases du circalittoral côtier
D1 - Roches ou blocs du circalittoral du large
D2 - Récifs biogéniques du circalittoral du large
D3 - Sédiments grossiers du circalittoral du large
D4 - Sédiments hétérogènes du circalittoral du large
D5 - Sables du circalittoral du large
D6 - Vases du circalittoral du large

E1 - Roches ou blocs du bathyal
E2 - Récifs biogéniques bathyaux
E3 - Sédiments bathyaux
J - Substrats artificiels

Les organismes du benthos

Phytobenthos

Microphytobenthos : algues unicellulaires de taille inférieure à 0,1 mm,

Macrophytobenthos : grandes algues et certaines plantes marines

Zoobenthos

Microbenthos : unicellulaire

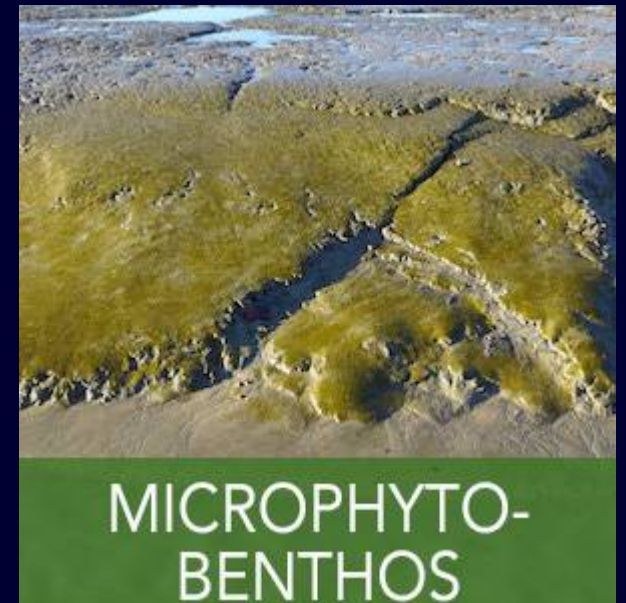
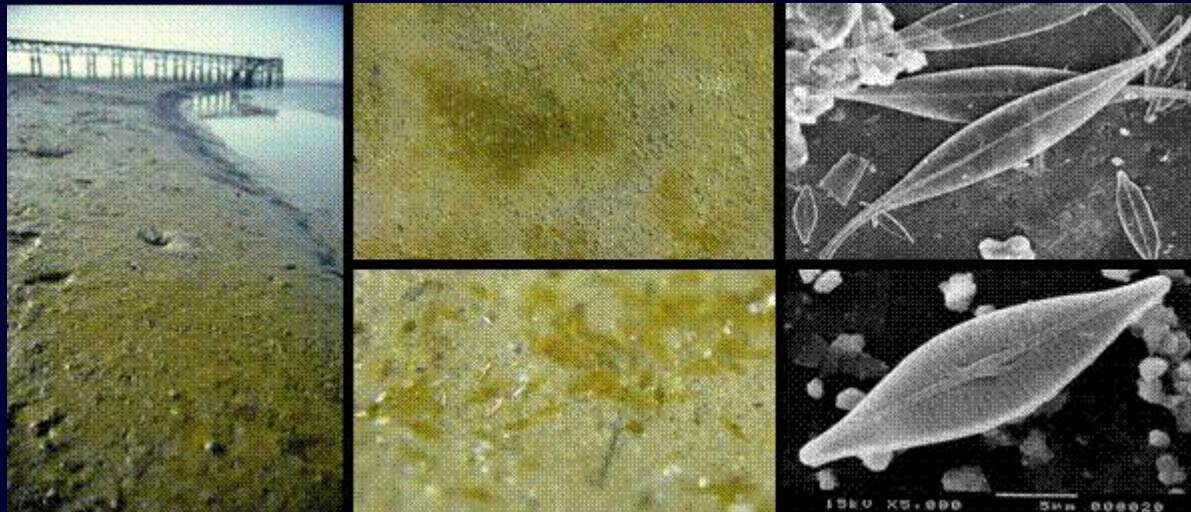
Meiobenthos : <1 mm, faune mobile des sédiments marins

Macrobenthos : > 1 mm, faune fixée ou mobile

Megabenthos : > 10 mm

Microphytobenthos

Le microphytobenthos correspond aux microorganismes photosynthétiques unicellulaires de taille inférieure à 0,1 mm, qui se développent dans le sédiment, par opposition au phytoplancton qui se développe dans la colonne d'eau. Le microphytobenthos peut être constitué de diatomées, de cyanobactéries, de chlorophycées et/ou de flagellés.



Microphytobenthos

Le microphytobenthos correspond aux micro-organismes photosynthétiques qui se développent dans et/ou sur le sédiment, par opposition au phytoplancton qui se développe dans la colonne d'eau.

Le microphytobenthos peut être constitué de diatomées, de cyanobactéries, de chlorophycées et/ou de flagellés.

Les diatomées dominent très largement en zones intertidales des côtes atlantiques.

+ les formes épipéliques, qui sont mobiles,

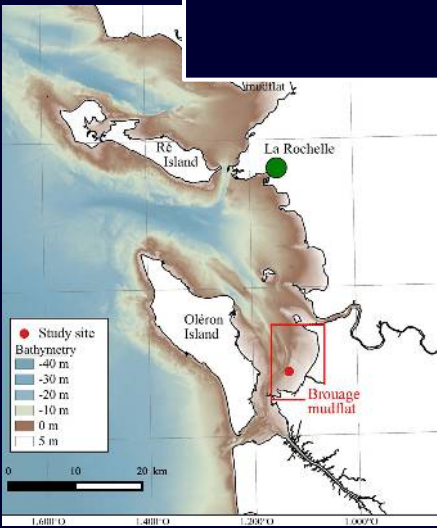
+ les formes épipsammiques qui adhèrent aux grains de sable.

Les diatomées épipsammiques dominent généralement largement dans le sédiment sablo-vaseux à la différence des peuplements de vase pure, qui sont dominés par des diatomées épipéliques.

On reconnaît dans ces organismes :

- assemblages épipsammiques : adhèrent aux grains de sable; peu mobiles ;
- assemblages épipéliques : inféodés aux vases ; très mobiles;
- assemblages épiphytiques : sur les macrophytes : peu mobiles;
- assemblages épilithiques : sur substrat rocheux : peu mobiles;

Microphytobenthos : production primaire

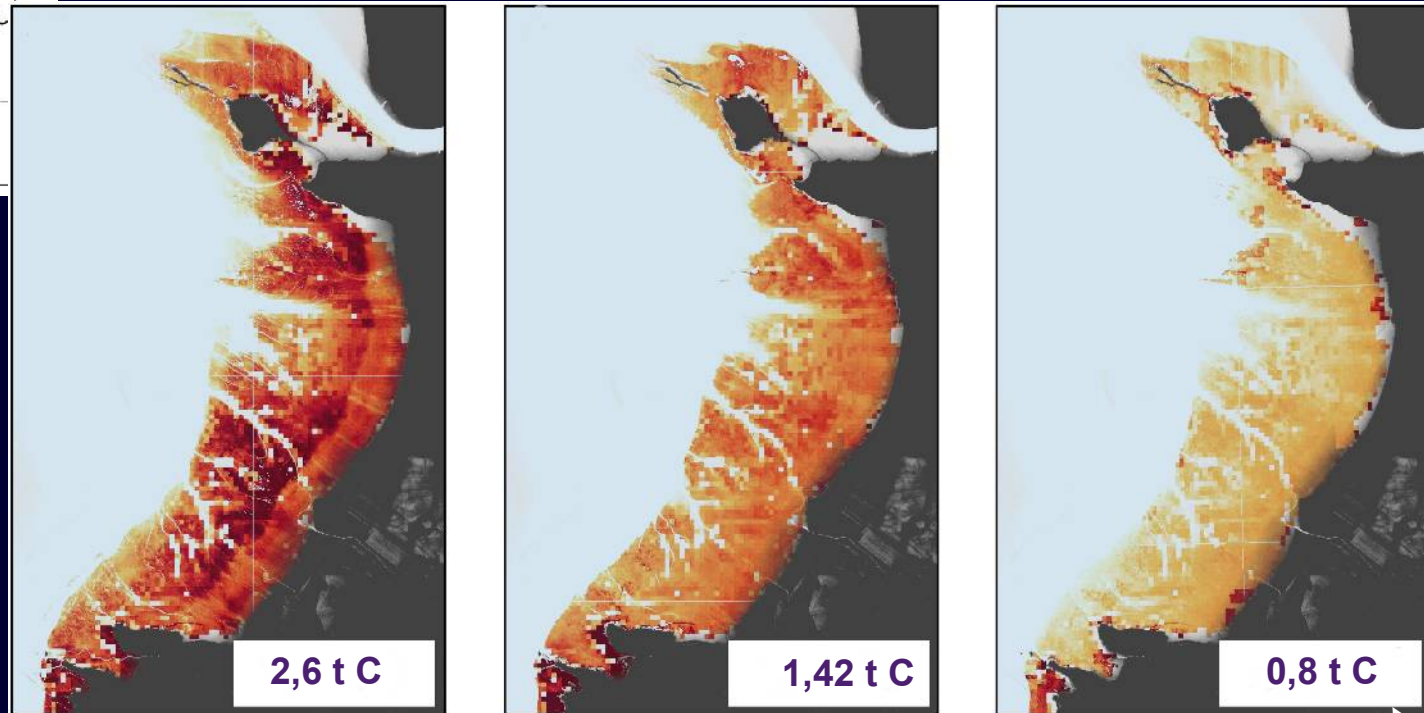
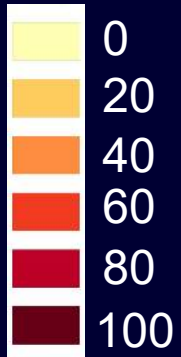


Mars

Mai

Juillet

mgC / m² / jour



Moyenne par jour de la production du microphytobenthos en mgC / m² / jour

Intégration
pour la zone
d'étude

Le Macrophytobenthos

Le macrophytobenthos est composé de deux principales catégories de macrophytes* : les **algues macrophytes** et les **phanérogames marines**, toutes deux producteurs primaires.

Les **algues macrophytes** se classent en trois principales catégories :

- les **algues brunes**, riches en fucoxanthine, surtout dans la zone de balancement des marées et dans l'infralittoral.
- les **algues rouges** ou rhodophytes, riches en phycoérythrine vivent souvent en épiphytes de grandes algues comme les laminaires, des zostères
- les **algues vertes** ou chlorophytes, riches en chlorophylle *a* et *b*. Plus tolérantes aux eaux douces ou saumâtres que les précédentes, elles peuvent proliférer dans des zones où les apports en nutriments (eutrophisation) sont élevés et/ou fréquents.

Les **phanérogames marines** sont des plantes à fleurs (aussi appelées Angiospermes), qui présentent des organes distincts, à savoir une tige, des feuilles et des racines. Ces plantes portent des fleurs puis des fruits.

* Macrophytes : végétaux aquatiques pluricellulaires.

Le Macrophytobenthos

Algues



Macrocystis pyrifera ou
laminaires ou kelp

Phanérogames
marines



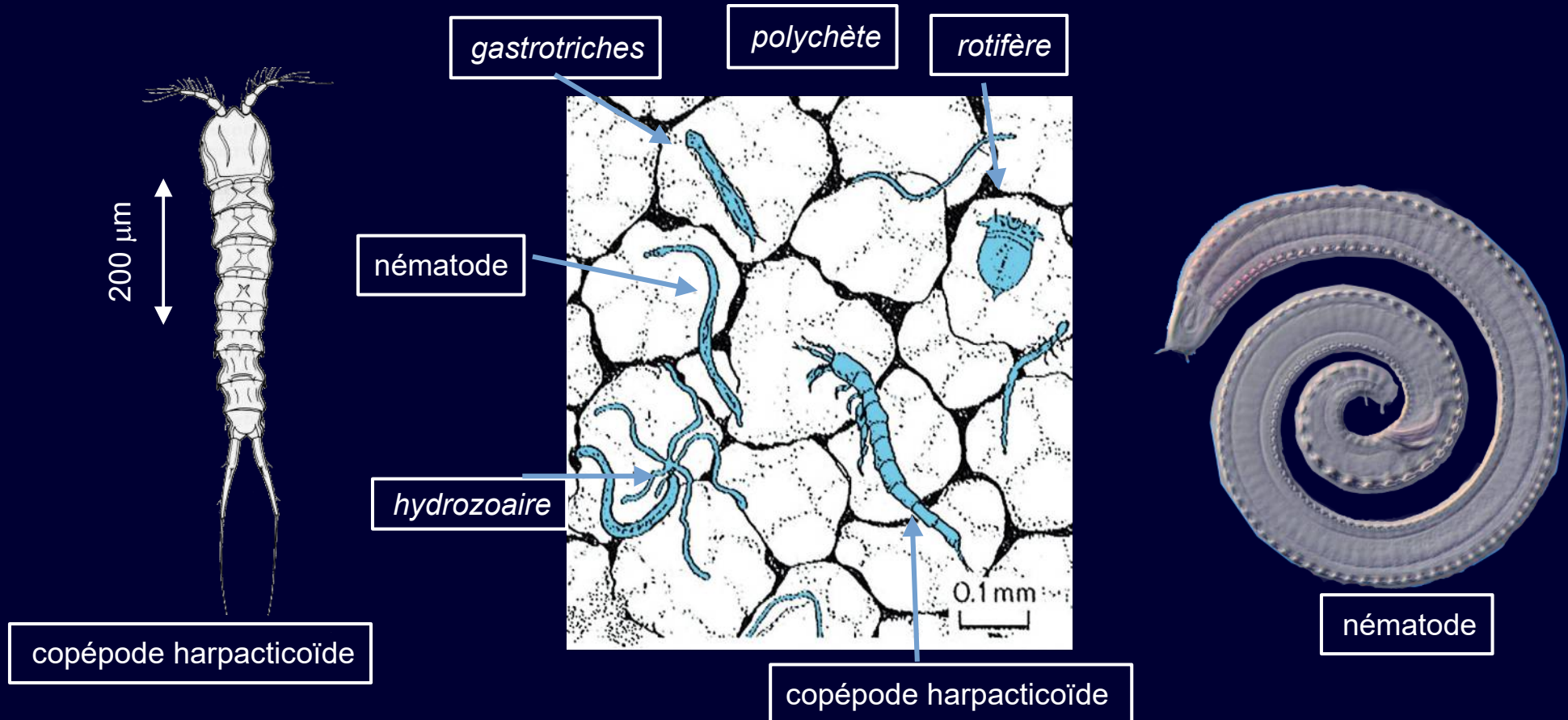
Posidonia oceanica

Le zoobenthos

Méiofaune ou meiobenthos

Méiofaune : métazoaires de taille comprise entre 100 μm et 1 mm (“meio” signifiant “plus petit” en grec) vivant entre les grains de sables .

La plupart des principaux phyla d’invertébrés sont présents au sein de la méiofaune. Les nématodes constituent généralement le groupe dominant dans les écosystèmes côtiers intertidaux, souvent suivis par les copépodes benthiques, qui représentent le second groupe le plus dominant.



Macrofaune et Mégafaune

Organismes animaux métazoaires d'une taille supérieure au cm, vivant sur les fonds marins.

Organismes vagiles (mobiles)



Ophiure

Lamellibranche

Organismes sessiles (fixés)

Bryzoaire

Corail rouge



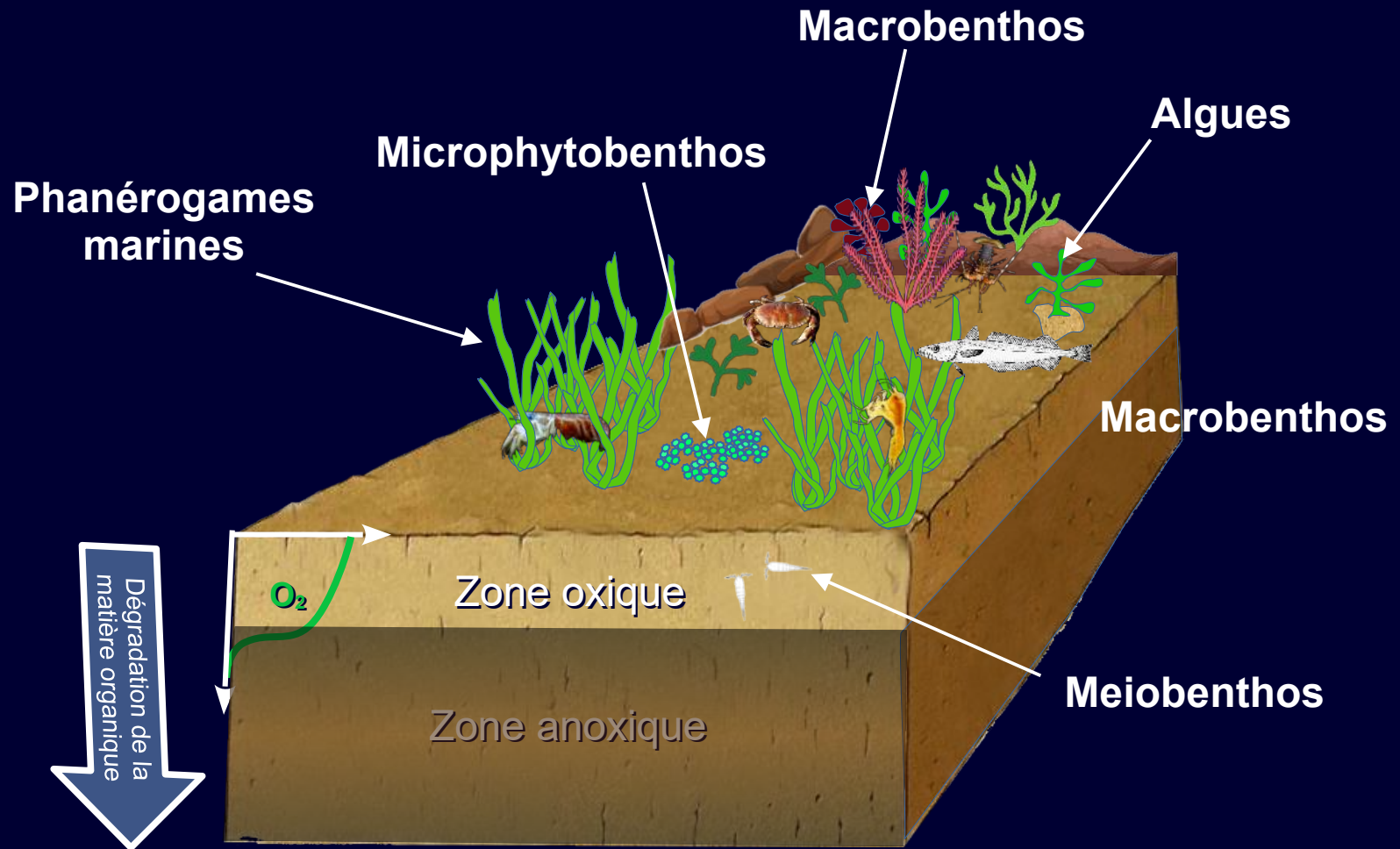
Éponges



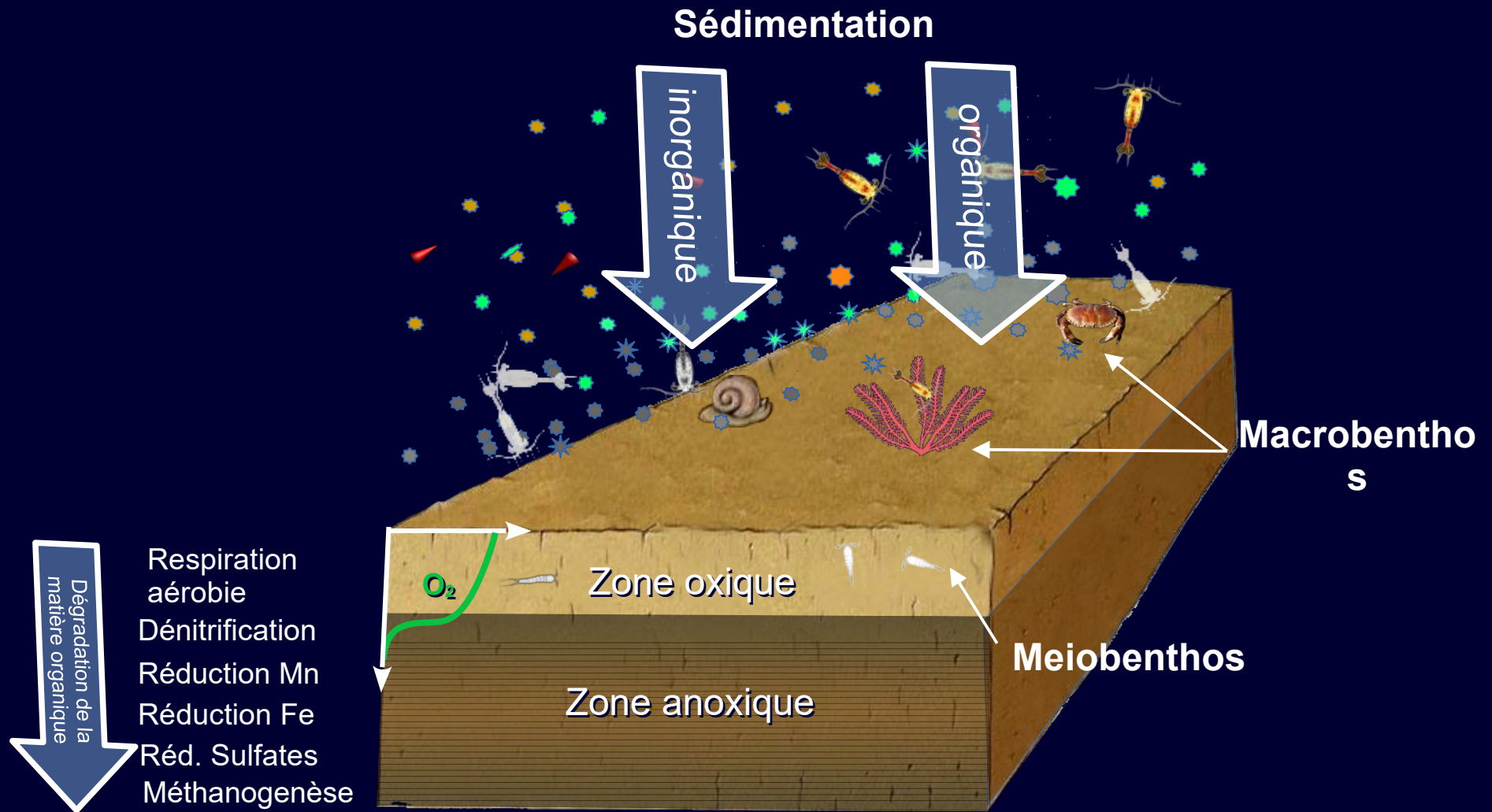
Hexacoralliaires



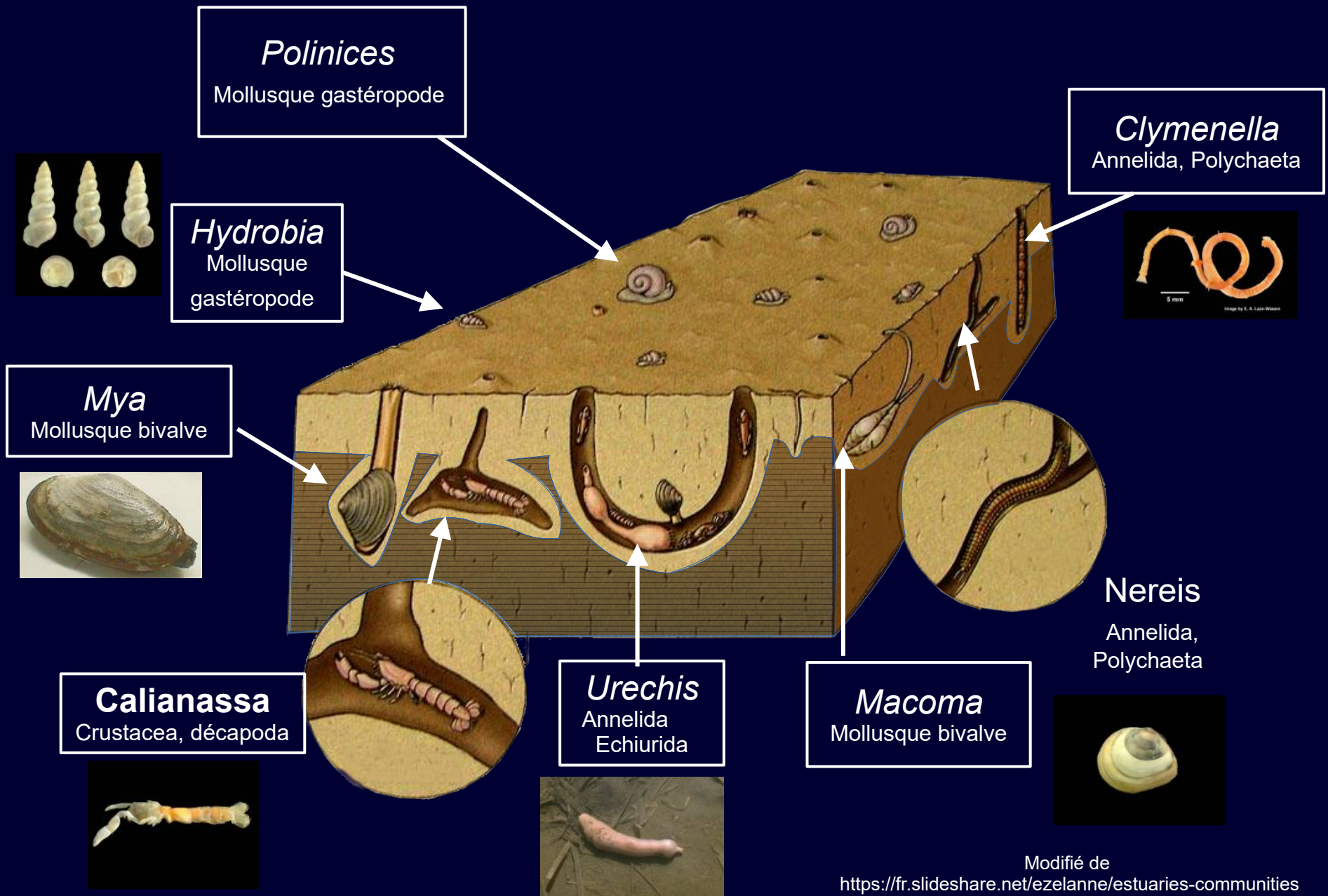
Écosystème benthique en zone euphotique



Écosystème benthique en zone aphotique



Les organismes bioturbateurs : perturbateurs sédimentaires ?



Densités des organismes qui peuvent être très importantes

Polychète, *Arenicola marina*



Jusqu'à 150 Ind m⁻², 20 cm de profondeur



Callianasse, *Neotrypaea californiensis*



Jusqu'à 144 Ind m⁻², jusqu'à 60 m de profondeur



Exemple de d'écosystème de la zone photique

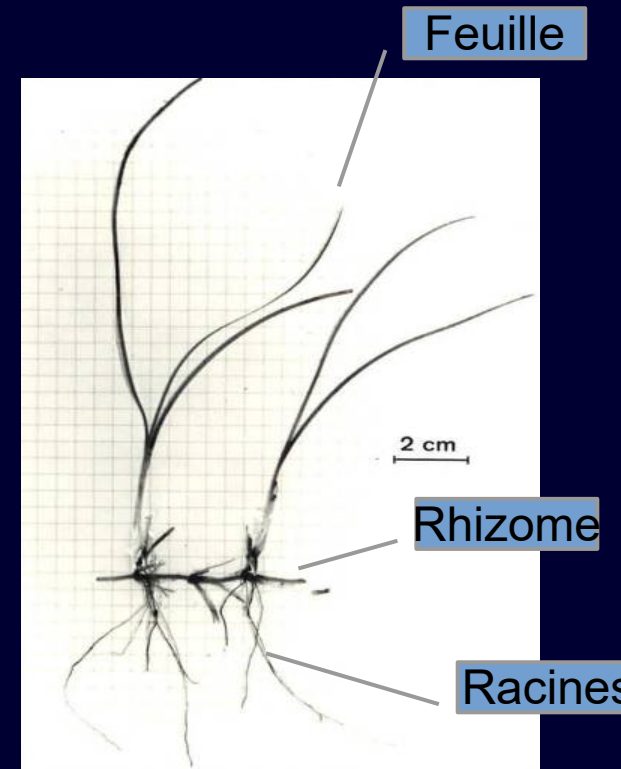
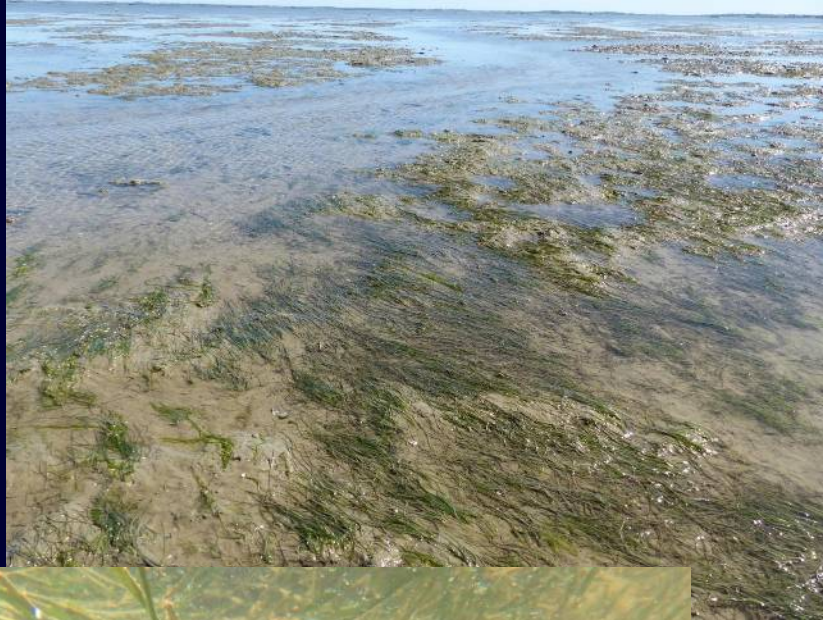
Les herbiers à *Zostera noltei*, phanérogames marines

Les herbiers à *Zostera noltei*

La *Zostera noltei*, appelée Varech de Nolti ou Zostère naine
Espèce marine de plantes à fleurs de la famille des Zosteraceae
Sur les fonds marins sableux ou sablo-vaseux de l'hémisphère Nord.



Les herbiers à *Zostera noltei*



Distribution

Elle est très largement distribuée entre le sud de la Norvège et la Mauritanie. On la trouve également en Méditerranée où elle semble limitée aux étangs, lagunes et embouchures de fleuves.

Les herbiers de phanérogames

HERBIER DE ZOSTERES MARINES PRAIRIE SOUS-MARINE DE PLANTES À FLEURS



Hot spot de Biodiversité :

Plus de 500 espèces présentes dans un herbier



Habitat protégé

à l'échelle européenne



Clarification de l'eau :

Fixation des sédiments en suspension



microalgues
et animaux fixés



Abri & ressource alimentaire

Zone de reproduction & nurserie

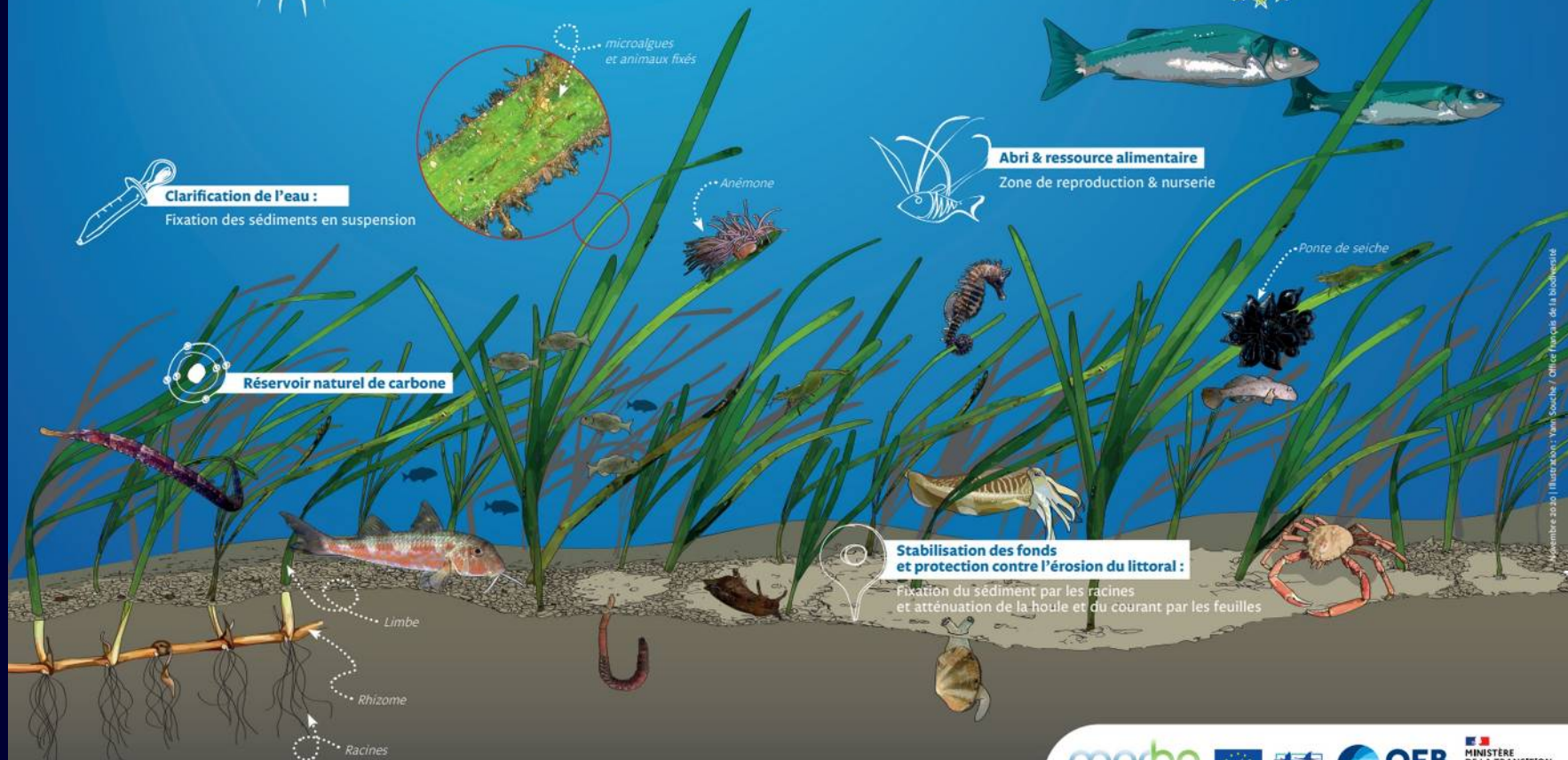


Réservoir naturel de carbone



Stabilisation des fonds et protection contre l'érosion du littoral :

Fixation du sédiment par les racines
et atténuation de la houle et du courant par les feuilles



© novembre 2010 | Illustration : Yann Souche / Office français de la biodiversité

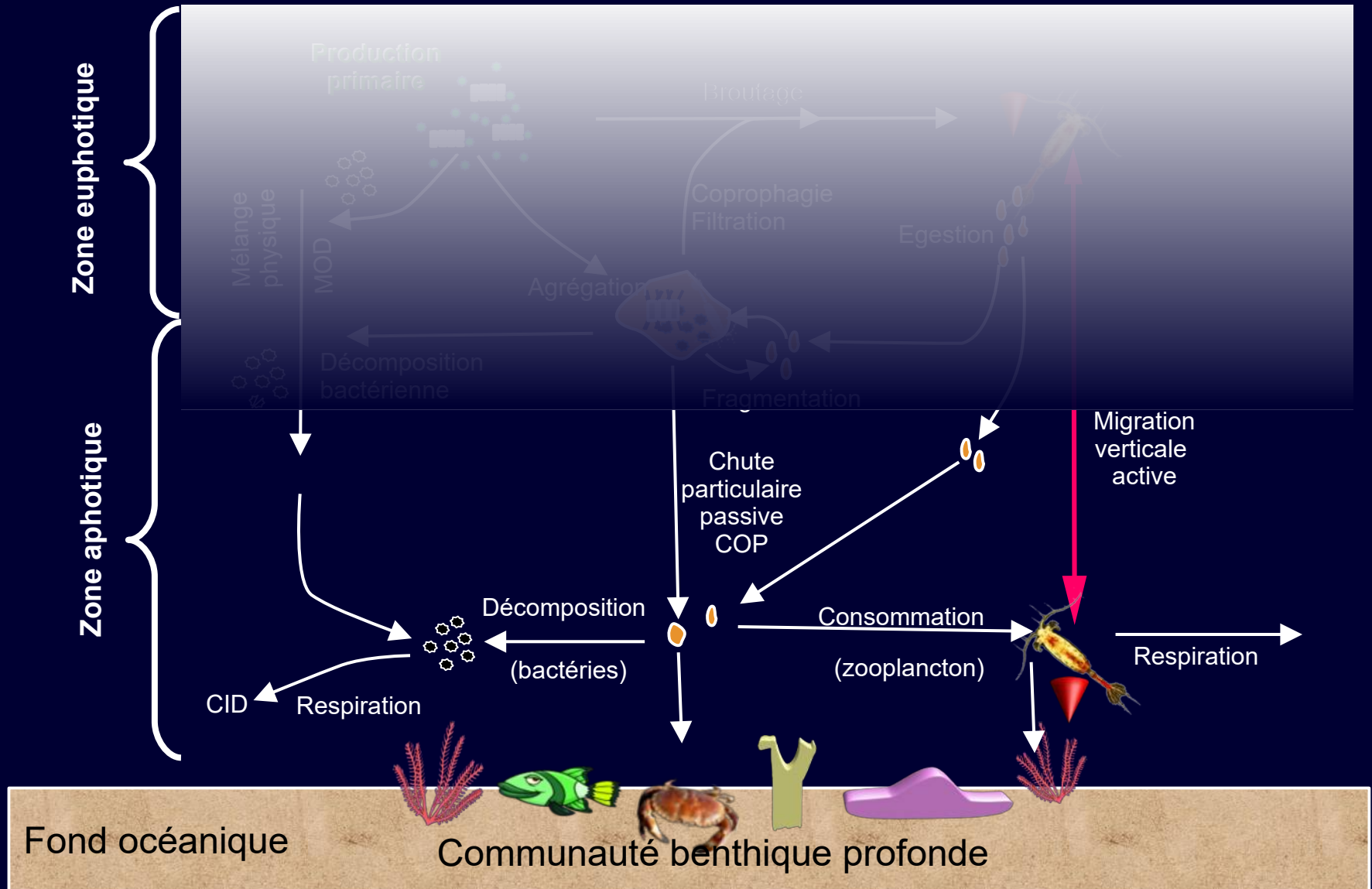


Crédit : Yann Souche/ Office français de la biodiversité/ Life Marha - créée par dans le cadre du projet Life Marha financé à hauteur de 60% par l'Union Européenne »

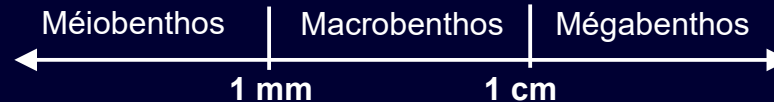
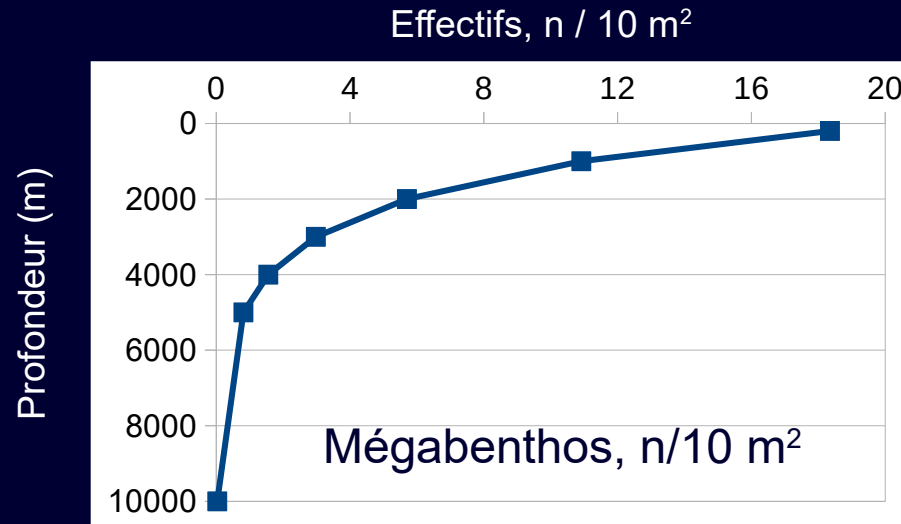
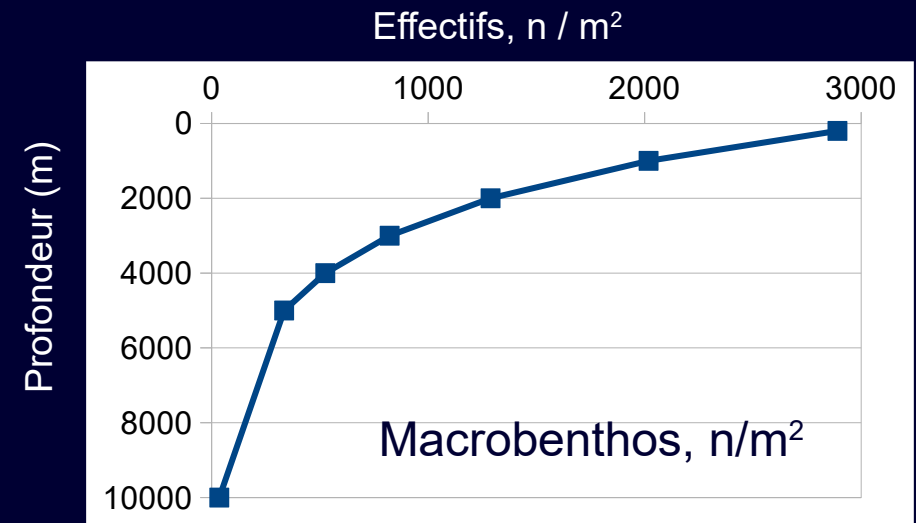
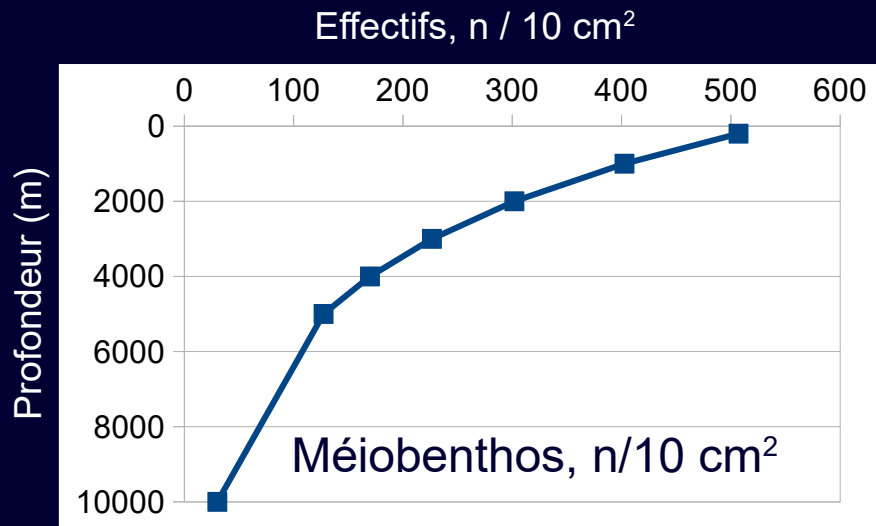
Milieux benthiques profonds

Milieux benthiques profonds

L'énergie qui arrive dans ces écosystèmes profonds est due à des transferts, essentiellement verticaux, passifs ou actifs.

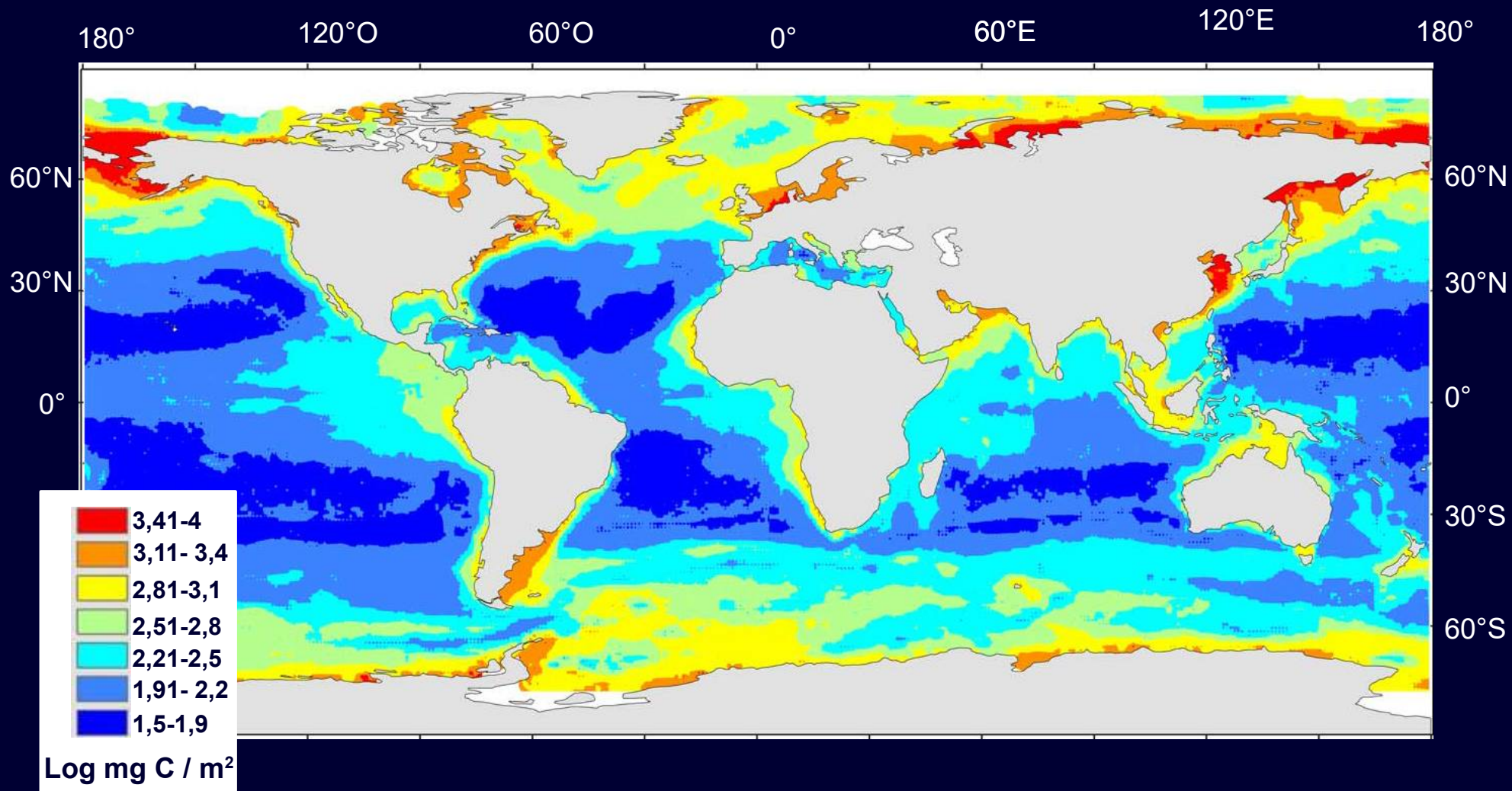


Décroissance des effectifs du benthos avec la profondeur



*cercle de 10 cm² = diamètre de 3,56 cm

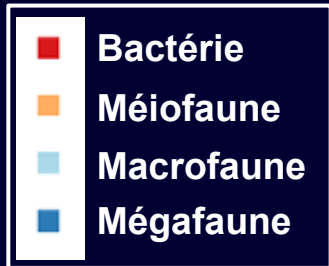
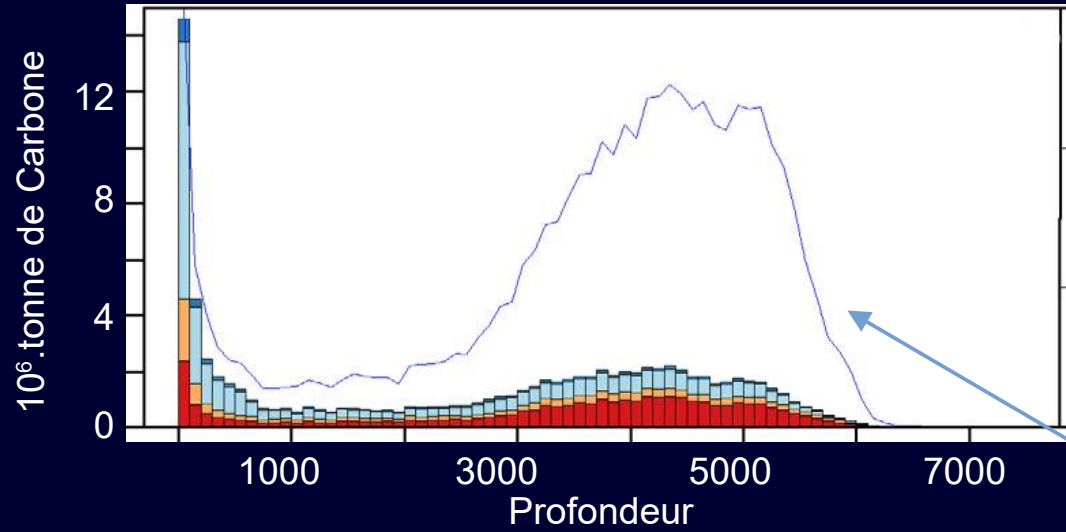
Distribution de la biomasse des fonds marins



Biomasse totale des organismes benthiques (Bactéries, méiofaune, macrofaune, mégafaune)

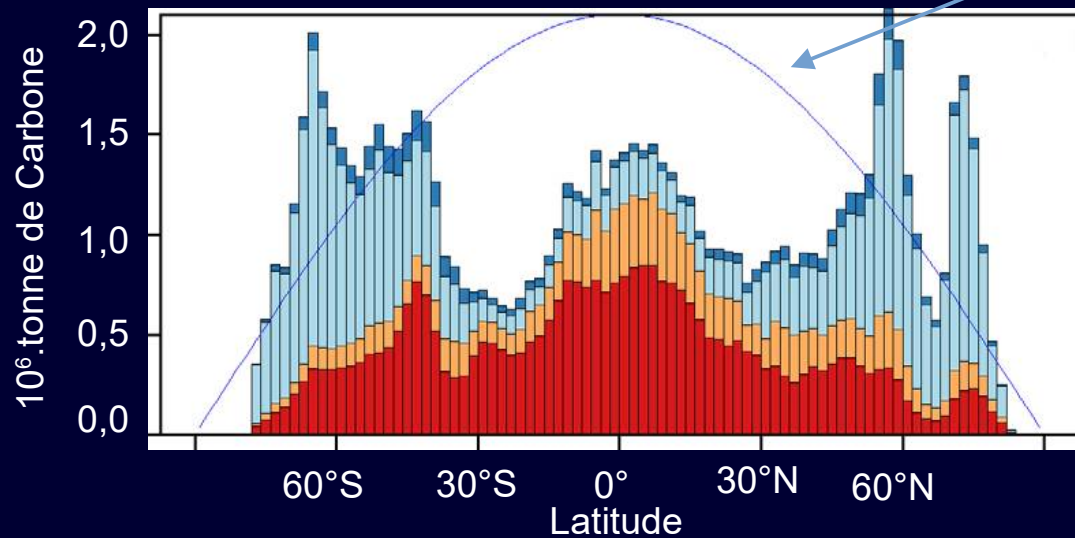
Biomasse benthique intégrée

Par intervalle de 100m de profondeur

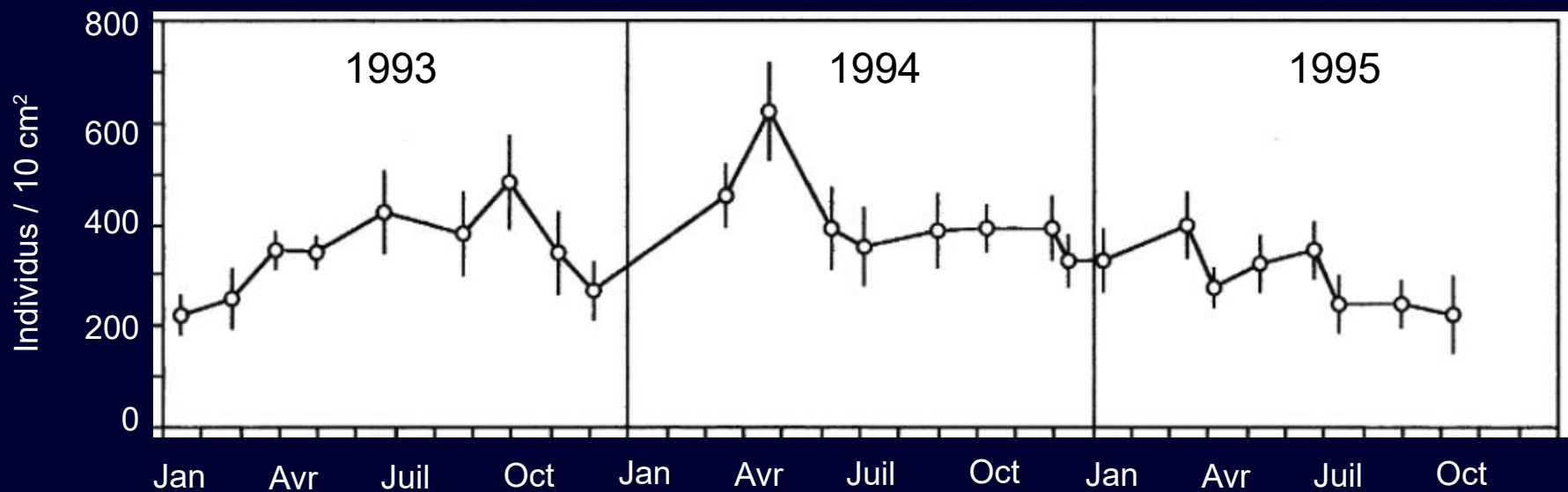
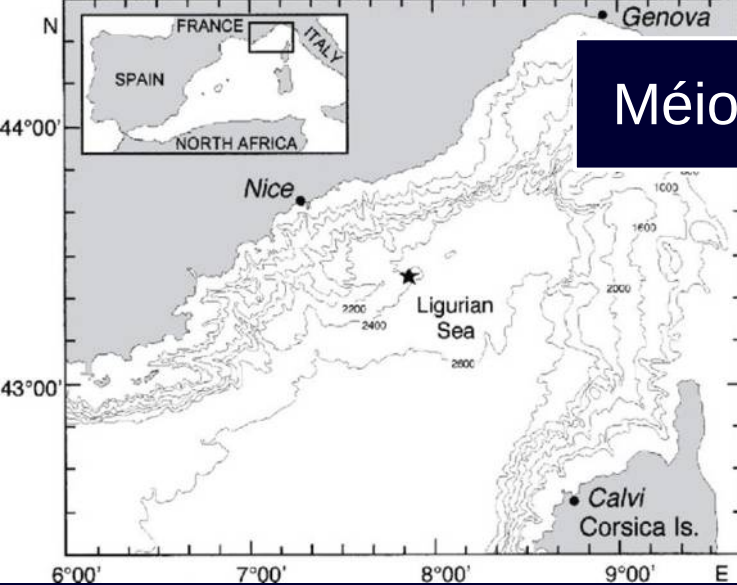


Surface du fond marin

Par intervalle de 2° de latitude



Méiofaune d'écosystème profond de Méditerranée



Moyenne des nématodes par 2370 m de fond en Méditerranée occidentale

Invertébrés

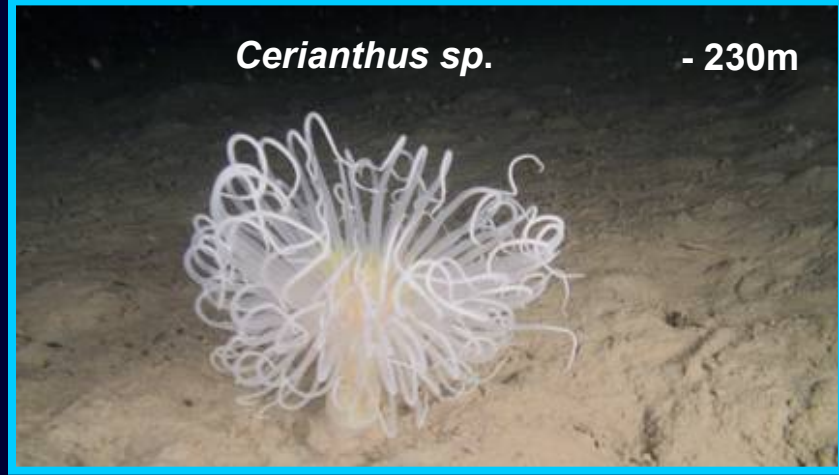
- 451m

Leptometra phalangium



Cerianthus sp.

- 230m



- 316m

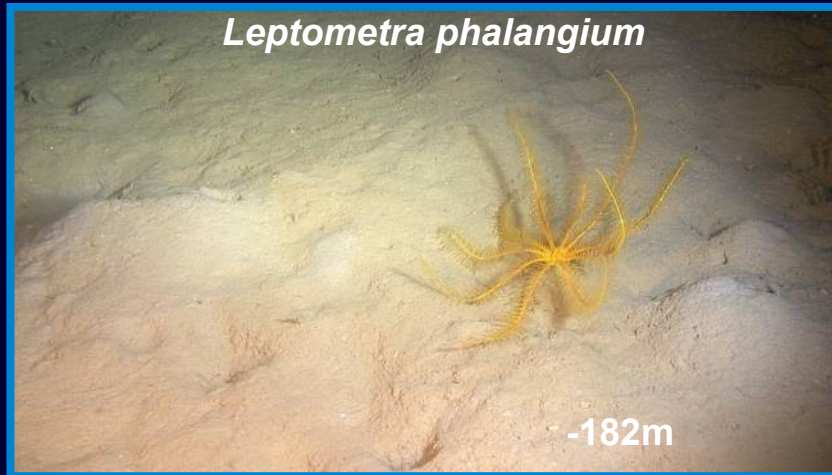
Nephrops norvegicus



Anseropoda placenta - 430m



Invertébrés 2



Possons démersaux

Lepidion lepidion

- 600m



Aspitrigla lyra

- 292m

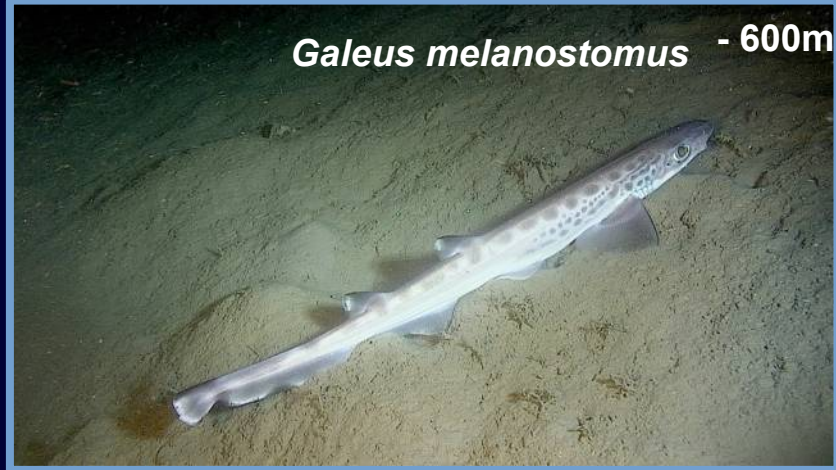


Trachirinus scabrus

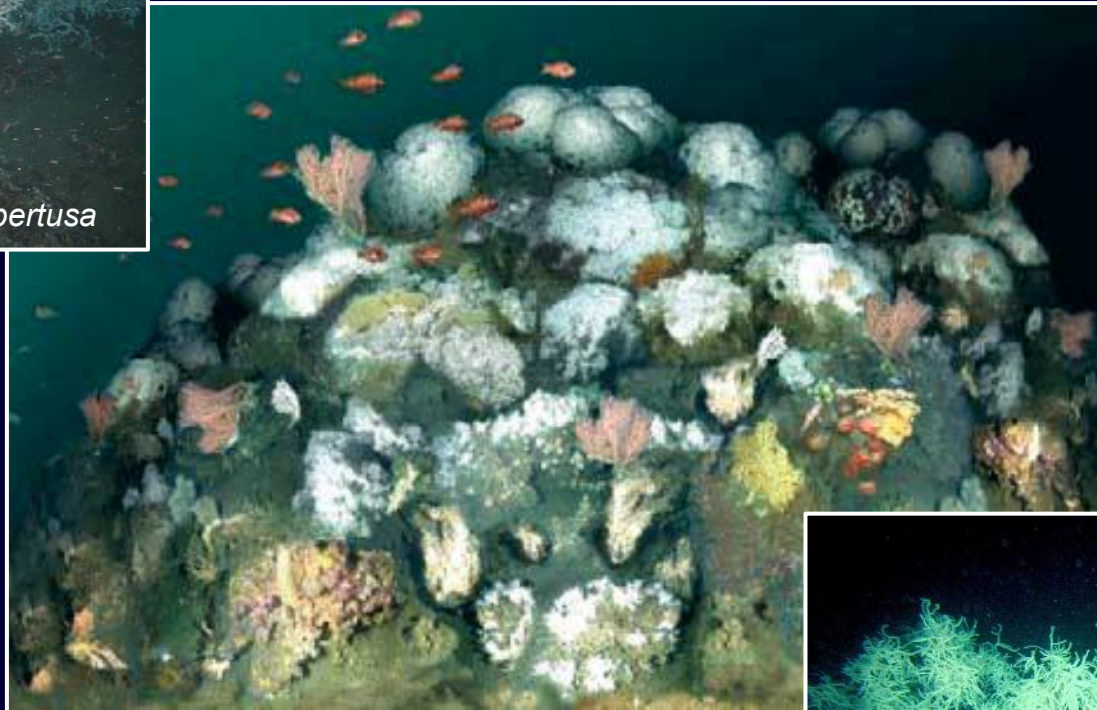
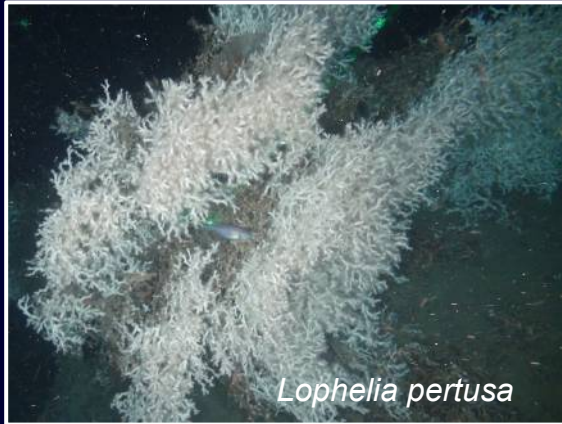
- 602m



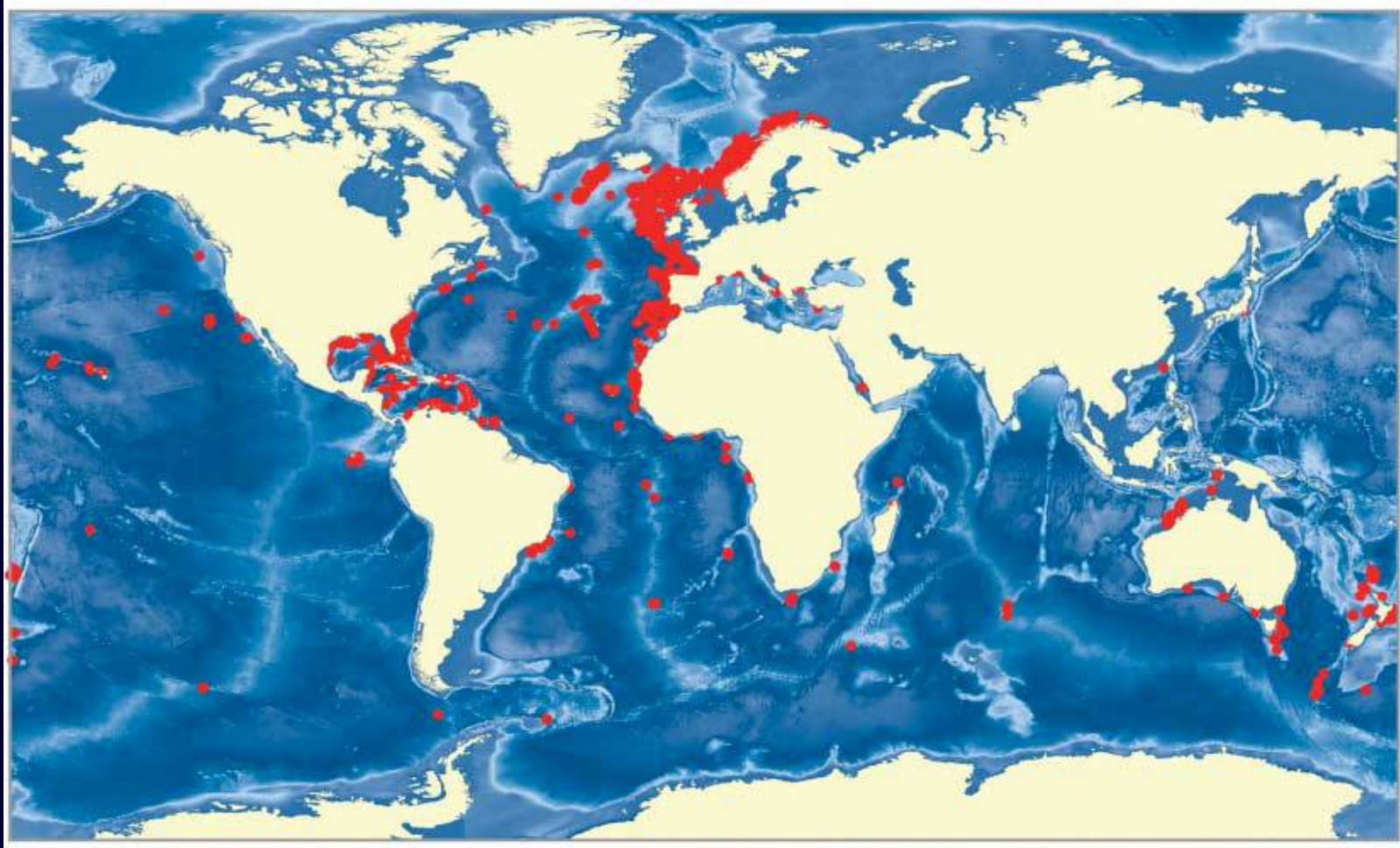
Galeus melanostomus - 600m



Les coraux d'eaux froides



Coraux d'eaux froides



Distribution des récifs de coraux d'eaux froides

Organismes des récifs de coraux froids

Les coraux d'eau froide sont des cnidaires qui ont un squelette ou des éléments de squelette carbonaté ou protéique.

Le terme « coraux d'eau froide » masque une hétérogénéité de taxons: Octocoralliaires, Hexacoralliaires et Hydrozoaires.

La majorité de ces coraux ont besoin de substrat dur pour se développer.

Contrairement à leurs « cousins » tropicaux, ils n'ont pas de zooxanthelles symbiotiques

Cnidaires représentés dans les coraux d'eau froide

classe Anthozoa

sous-classe Ceriantharia

ordre Penicularia

ordre Spirularia

sous-classe Hexacorallia

ordre Actiniaria — anémones de mer

ordre **Antipatharia** — corail noir

ordre Corallimorpharia

ordre **Scleractinia** — Coraux bâtisseurs de récifs

ordre **Zoantharia**

sous-classe Octocorallia

ordre **Alcyonacea Isididae**

ordre Helioporacea

ordre **Pennatulacea**

classe Hydrozoa

sous-classe Hydroidolina **Stylasteridae**

ordre Anthoathecata **Milleporidae** coraux de feu **Hydractiniidae**

ordre Leptothecata hydraires et hydroméduses

ordre Siphonophorae-- siphonophores

sous-classe Trachylinae -- polypes microscopiques

ordre Actinulida

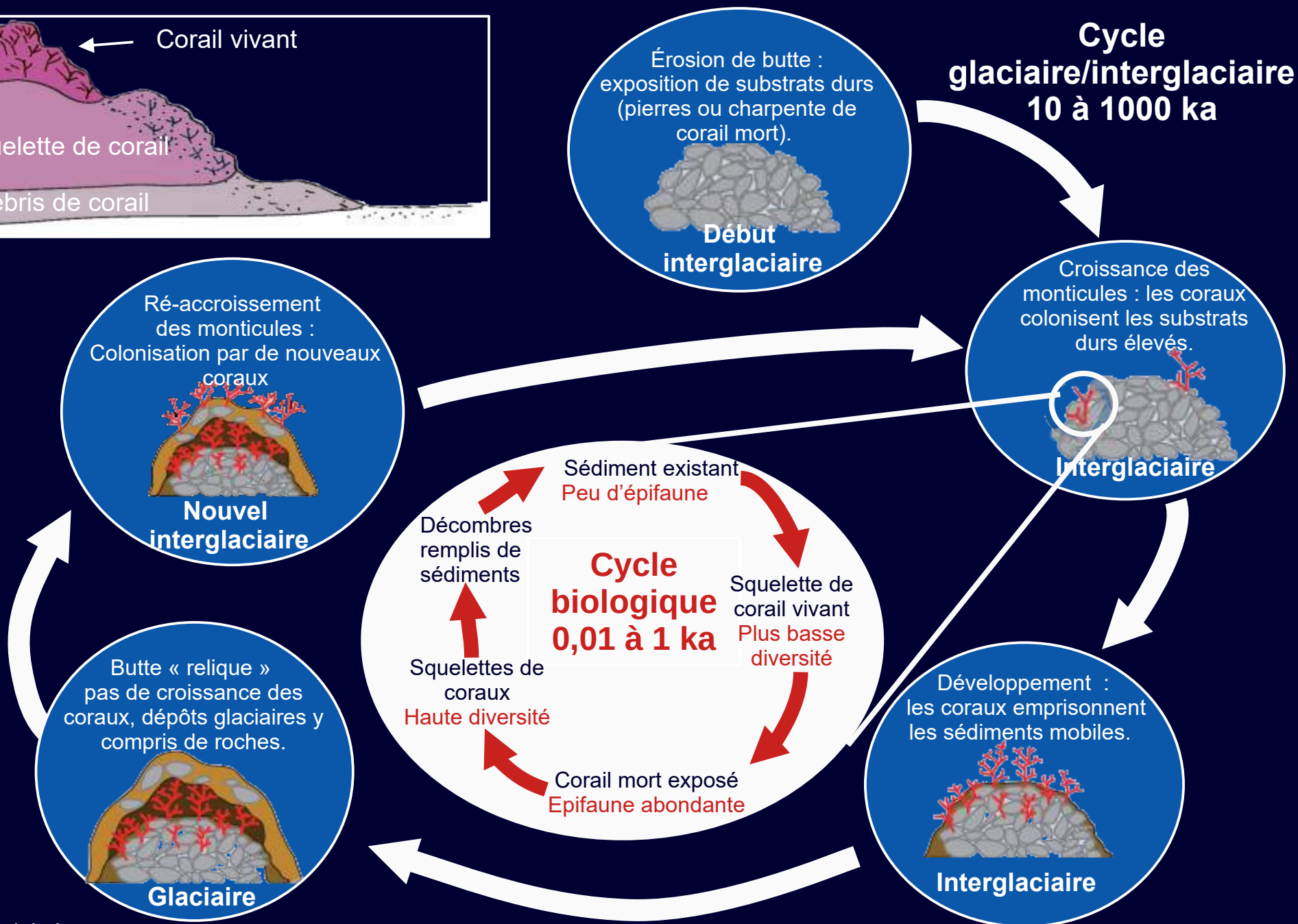
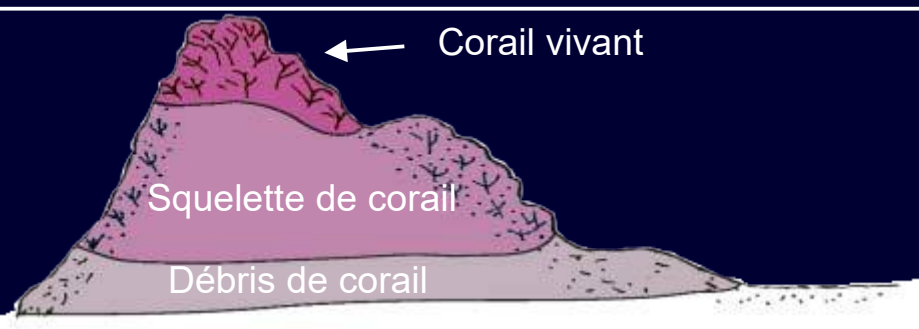
ordre Limnomedusae

ordre Narcomedusae

ordre Trachymedusae

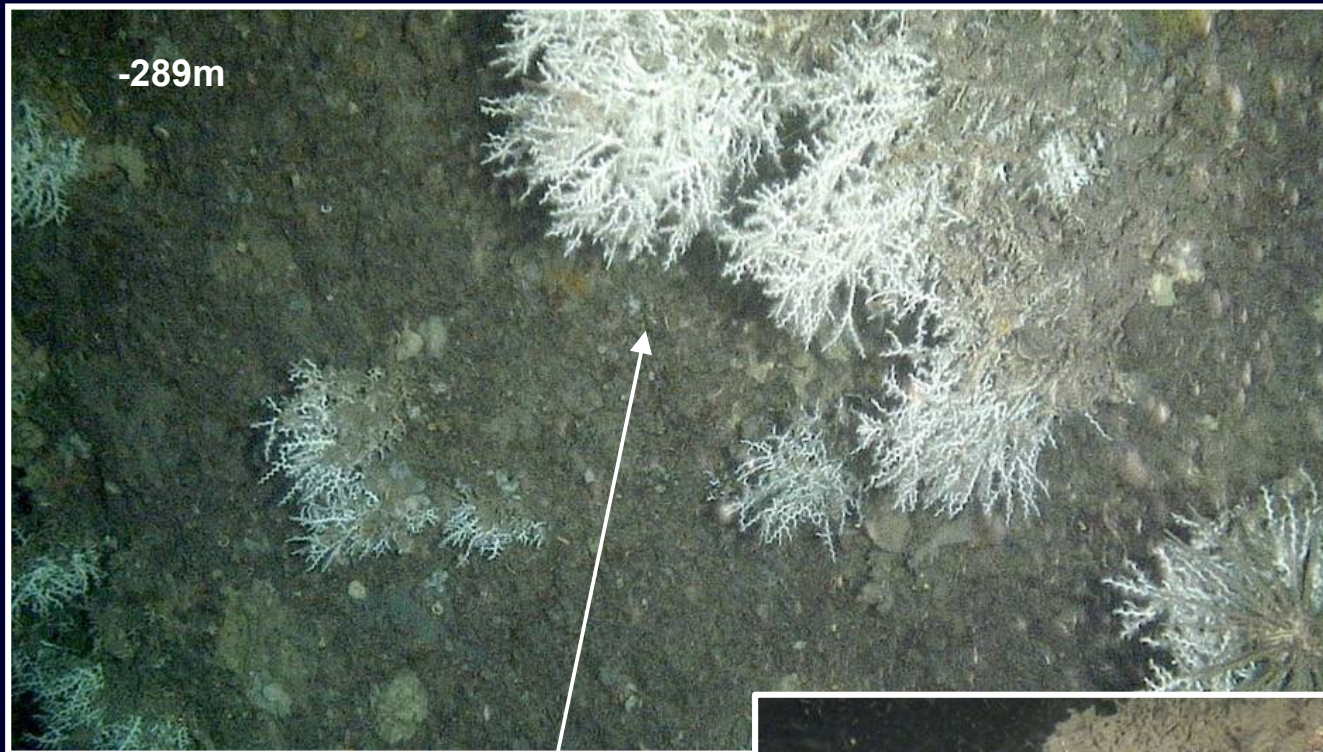
Cnidaires : métazoaires diploblastiques à symétrie radiale et possédant des nématocystes. Comprend les anémones de mer, les méduses et les coraux.

Cycles biologiques des écosystèmes des coraux d'eau froide



Adapté et traduit de :

Roberts, J. M. Reefs of the Deep: The Biology and Geology of Cold-Water Coral Ecosystems. Science 312, 543–547 (2006).



Lophelia pertusa



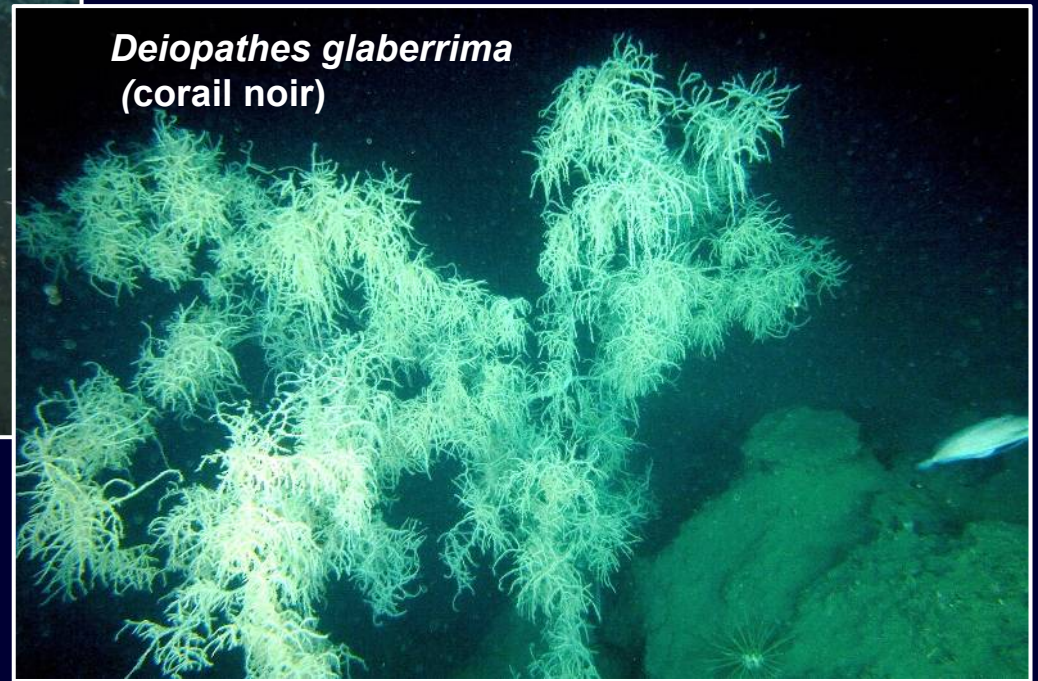
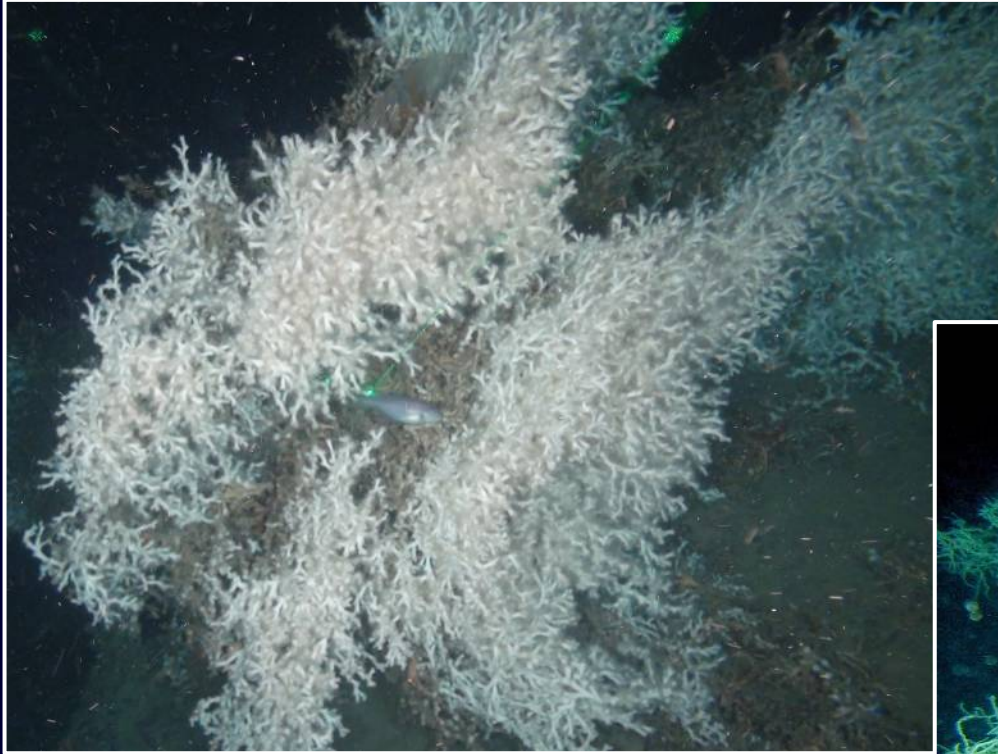
Madrepora oculata

Crédit photo. :

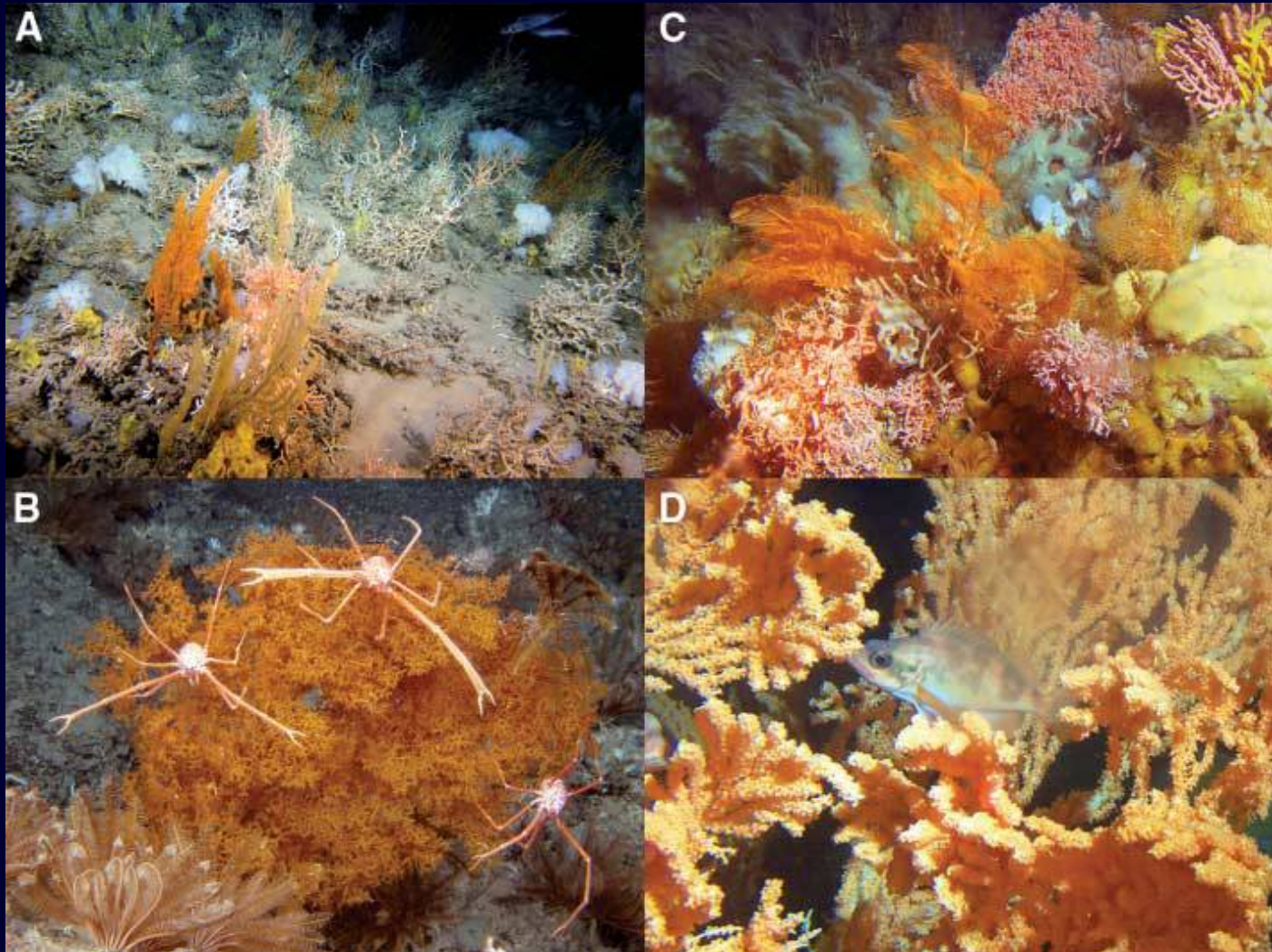
Aline FIALA MEDIONI & Franck LARTAUD
Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer

Lophelia pertusa

- 540m



Coraux froids



Faune de récifs coralliens d'eau froide.

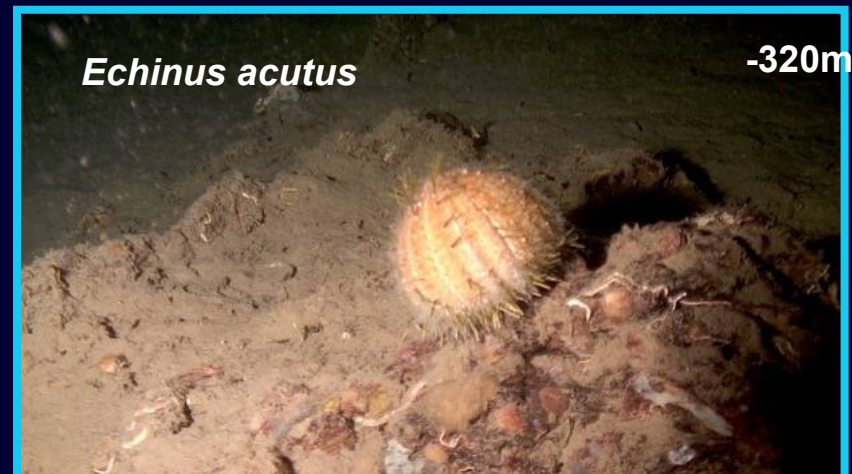
(A) coraux scléactiniens et gorgones et des éponges de verre.

(B) Corail antipathaire et crustacés anomoures. Porcupine Bank (NE de l'Atlantique).

(C) Diverse faune de coraux et d'éponges récemment découverte au large des îles Aléoutiennes.

(D) Sébaste à menton aigu (*Sebastes* sp.) parmi les coraux gorgones (*Primnoa* sp.) dans le golfe d'Alaska (Pacifique N).

Coraux d'eau froide : constructeurs de substrats durs profonds



Organismes des récifs de coraux froids

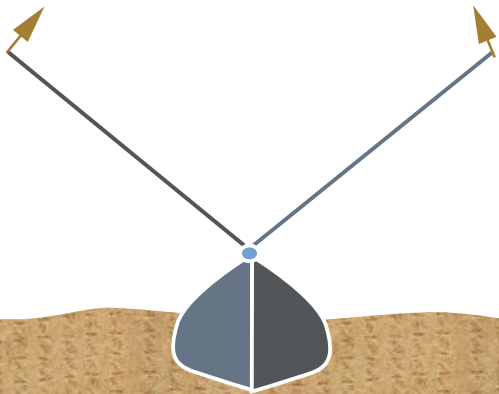
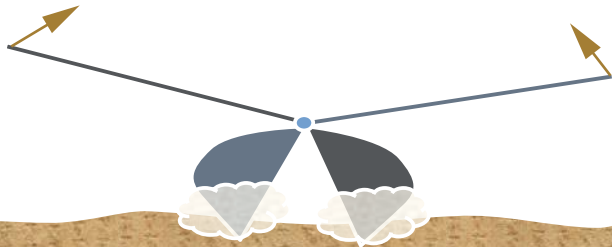
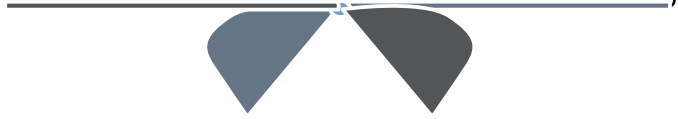
Ces habitats ont un rôle écologique important, particulièrement les récifs de *Lophelia pertusa* et/ou *Madrepora oculata* ; ils fonctionnent comme des zones d'alimentation et de reproduction, des nurseries et ils fournissent des refuges à d'autres organismes.



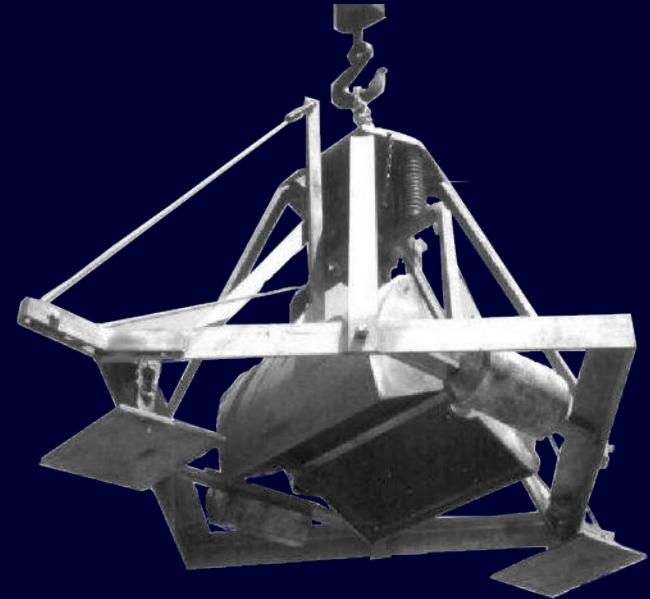
Outils d'étude de ces écosystèmes

Outils pour l'étude du benthos

Principe de fonctionnement d'une benne (type Van Veen)



Benne type Van Veen

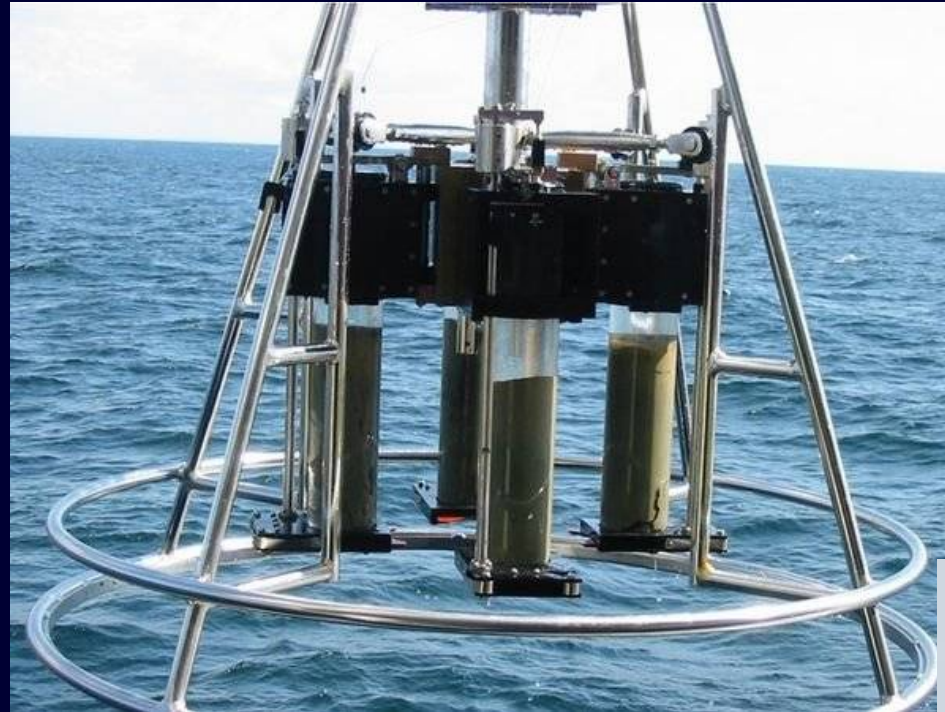


Benne type Smith Mc Intyre

Outils pour l'étude du benthos



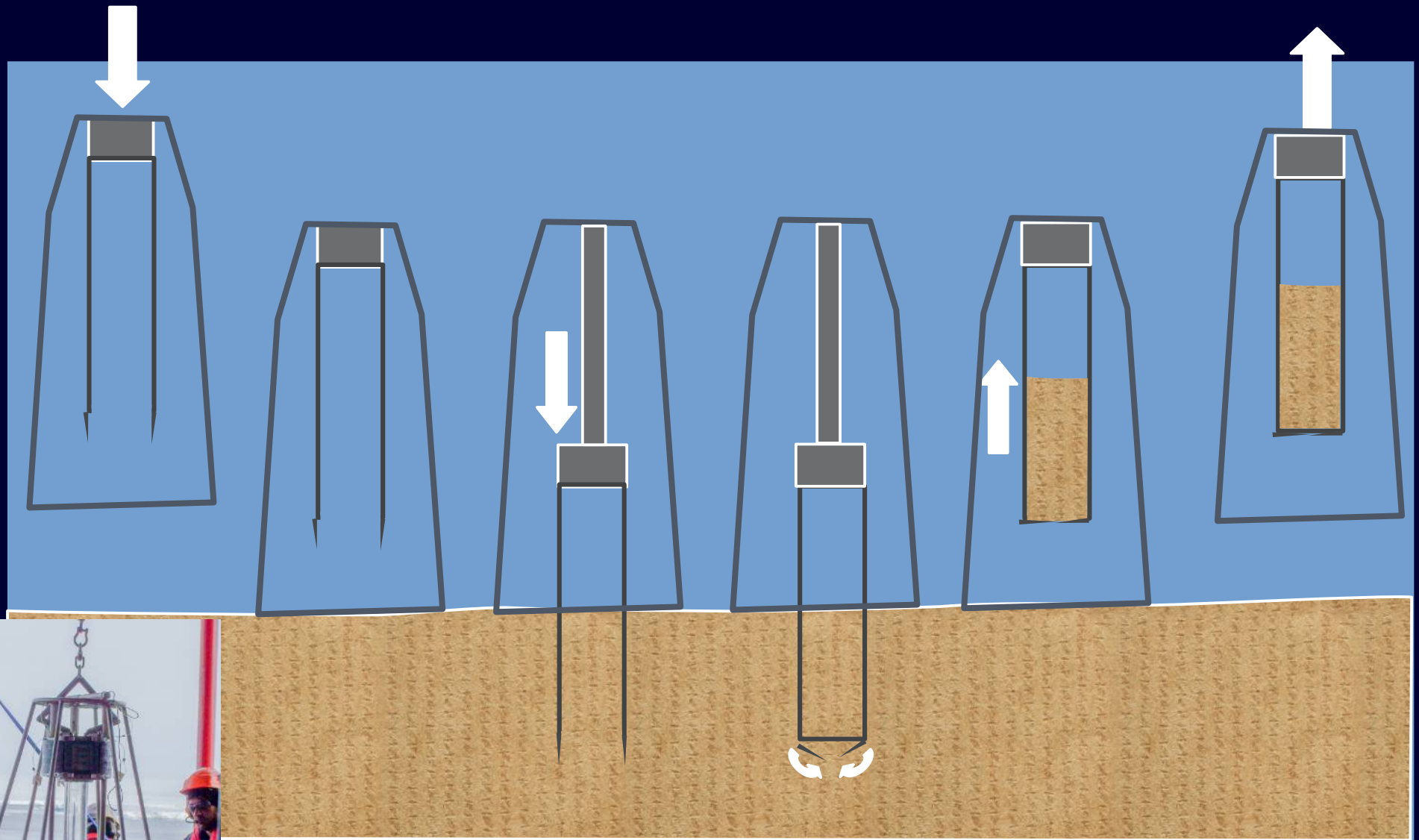
Carottier boîte



Carottier tube



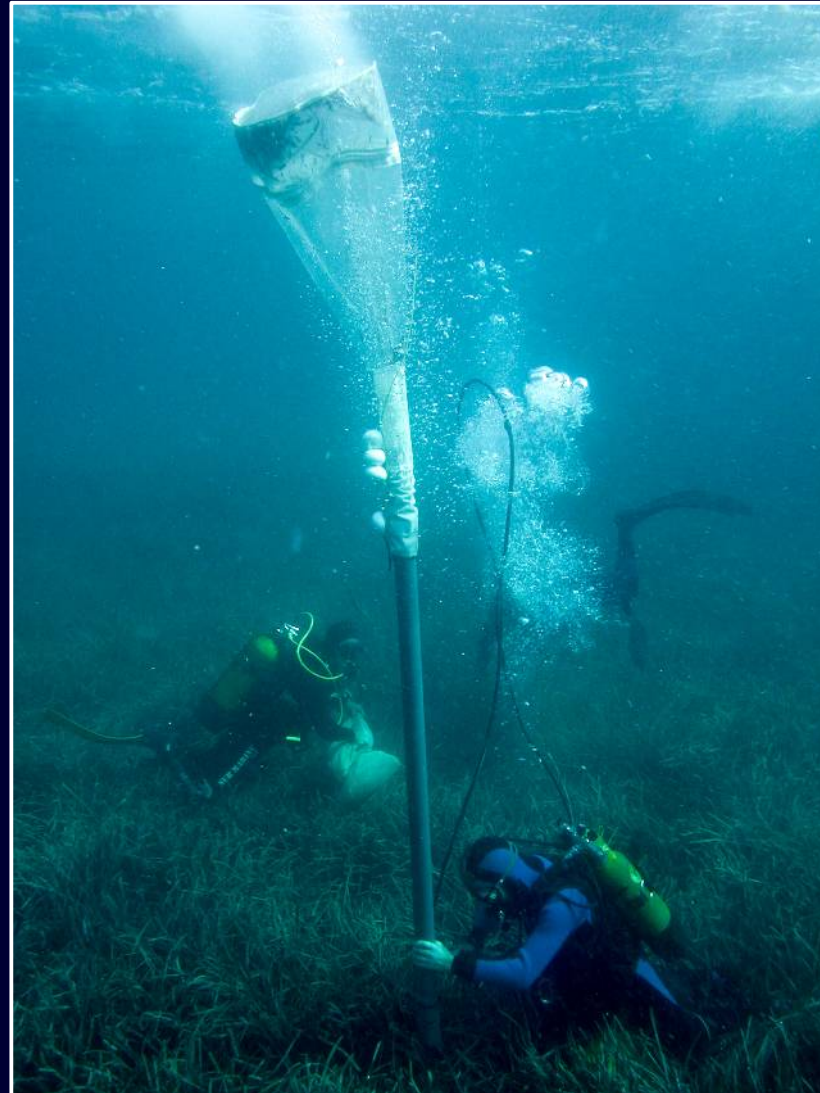
Outils pour l'étude du benthos



Principe de fonctionnement d'un carottier tube



Outils pour l'étude du benthos

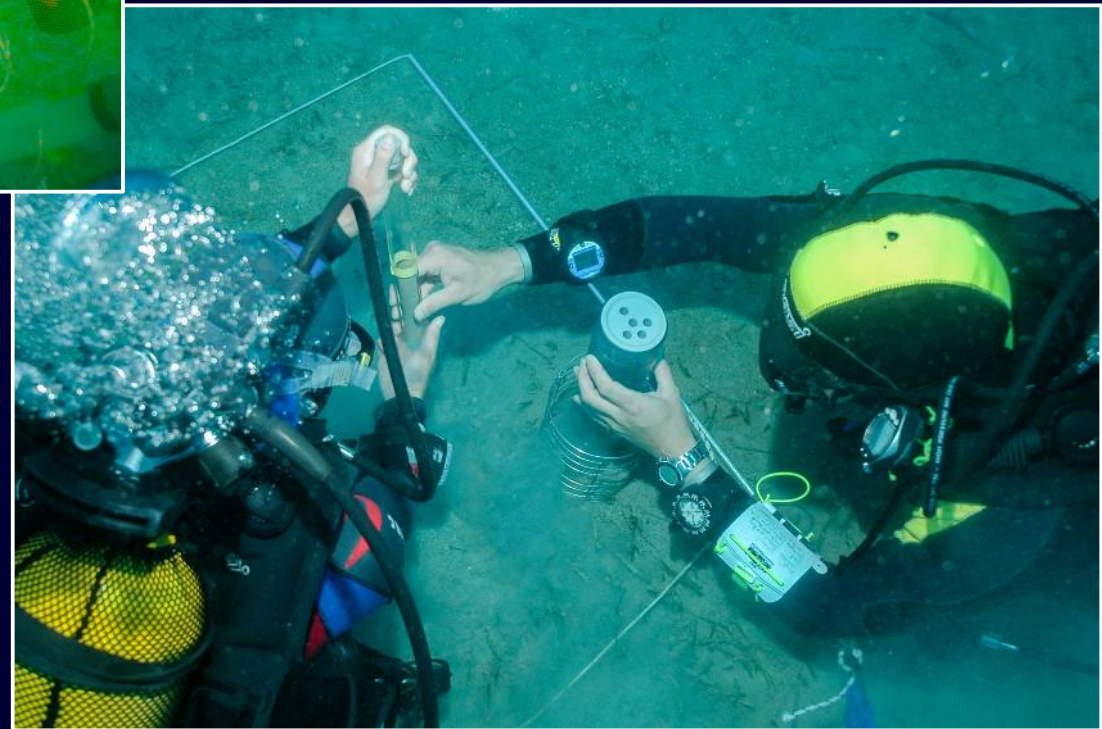


Suceuse
pneumatique
sous-marine

Outils pour l'étude du benthos



Enceinte expérimentale
pour l'étude du
métabolisme
d'organismes *in situ*



Outils pour l'étude du benthos

Véhicule sous marin
d'exploration, inhabité
et habité.

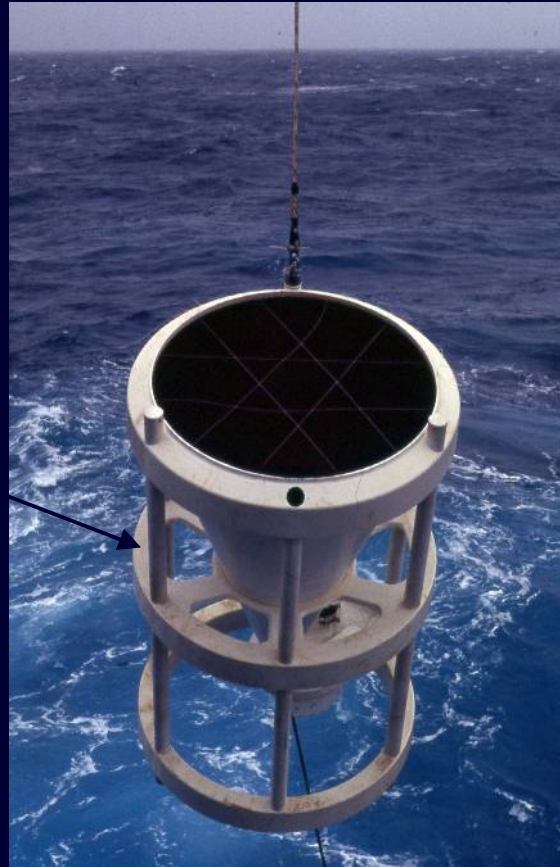
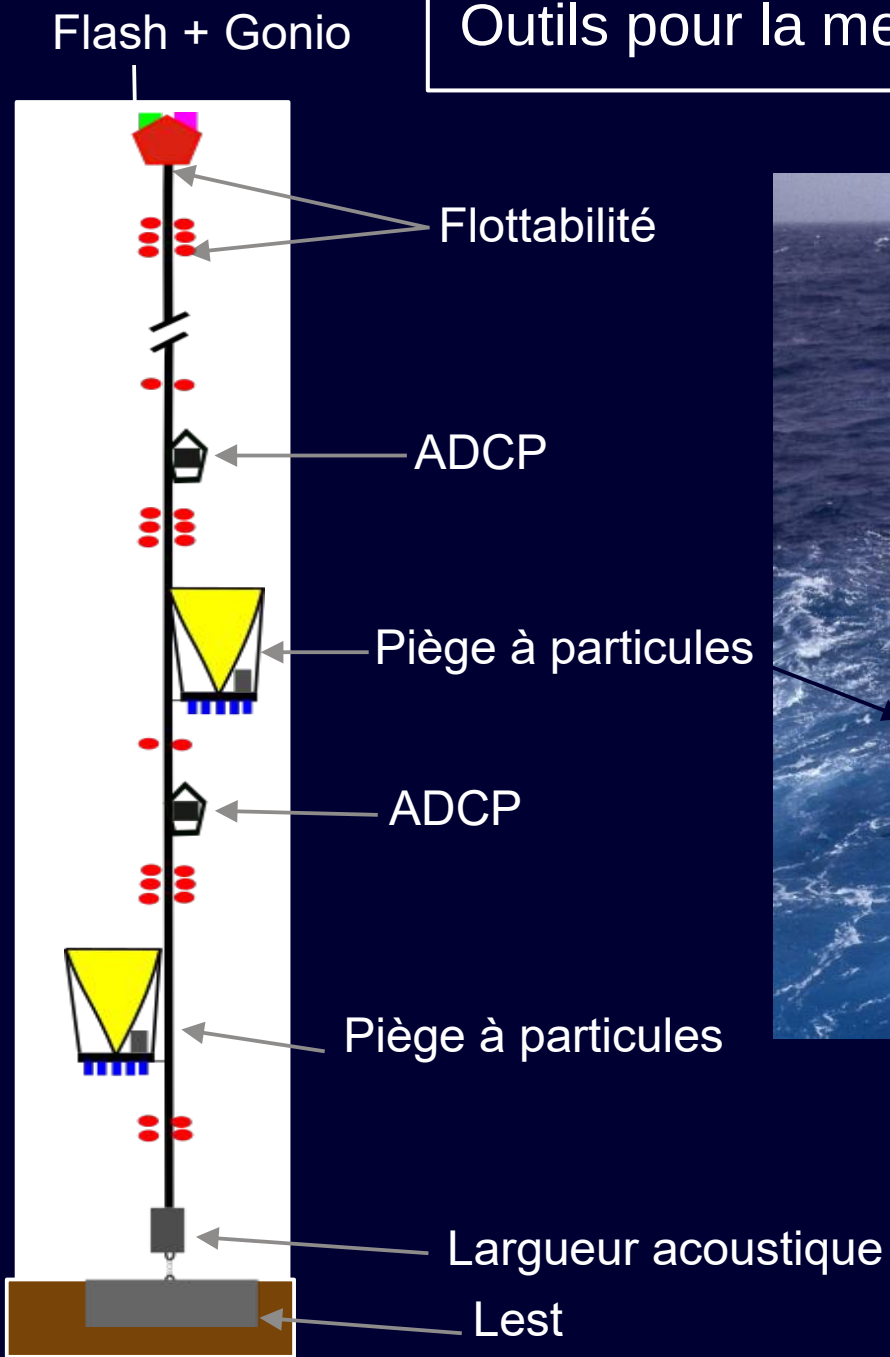


**ROV « ACHILLE »
(COMEX)**

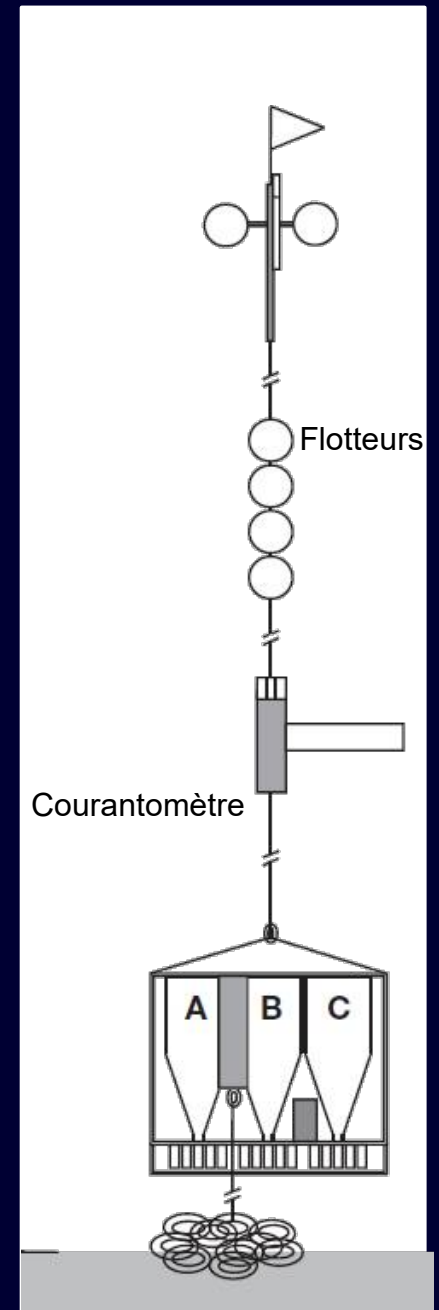


**SOUS-MARIN « REMORA »
(COMEX)**

Outils pour la mesure des flux verticaux



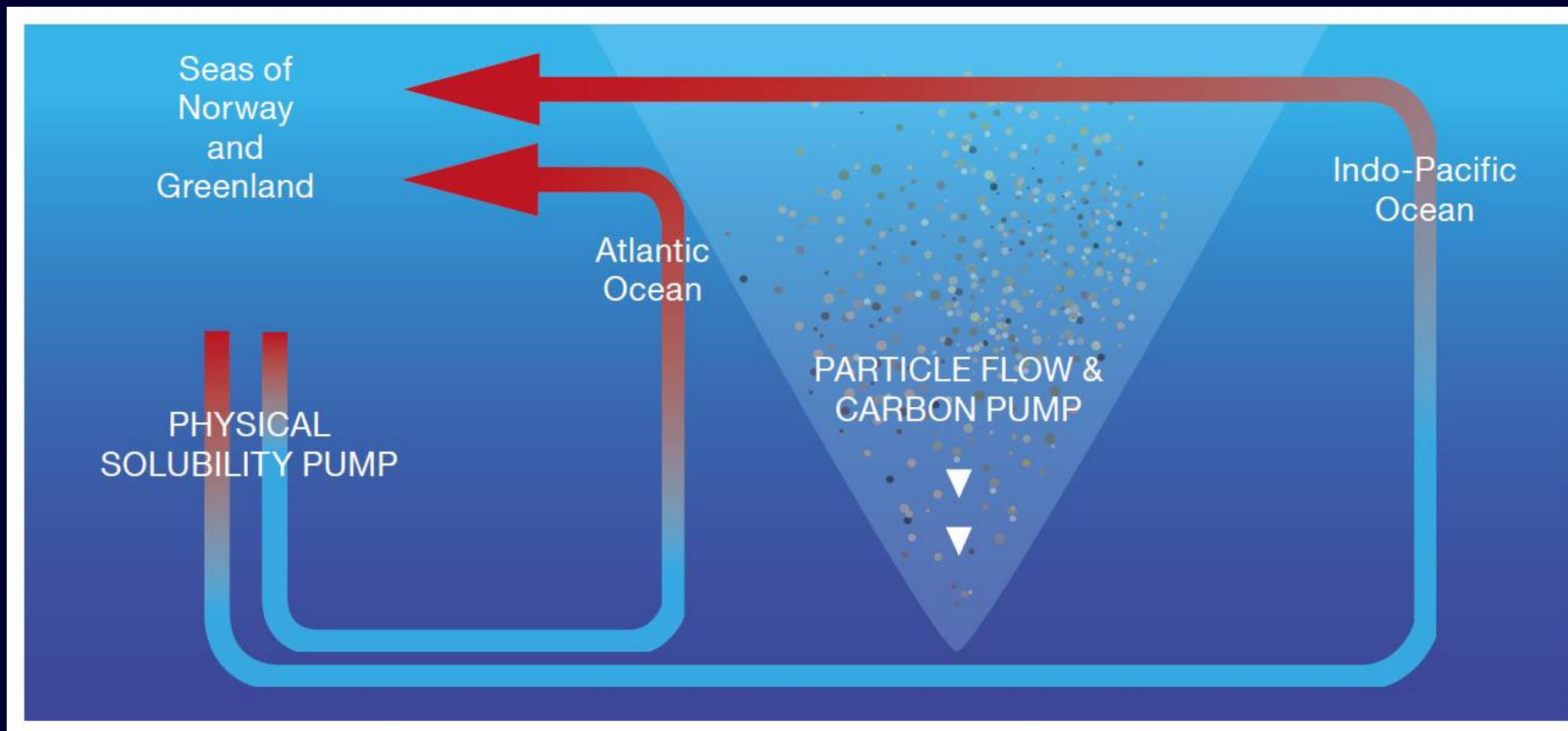
Pièges à particules



ADCP : Acoustic Doppler current profiler

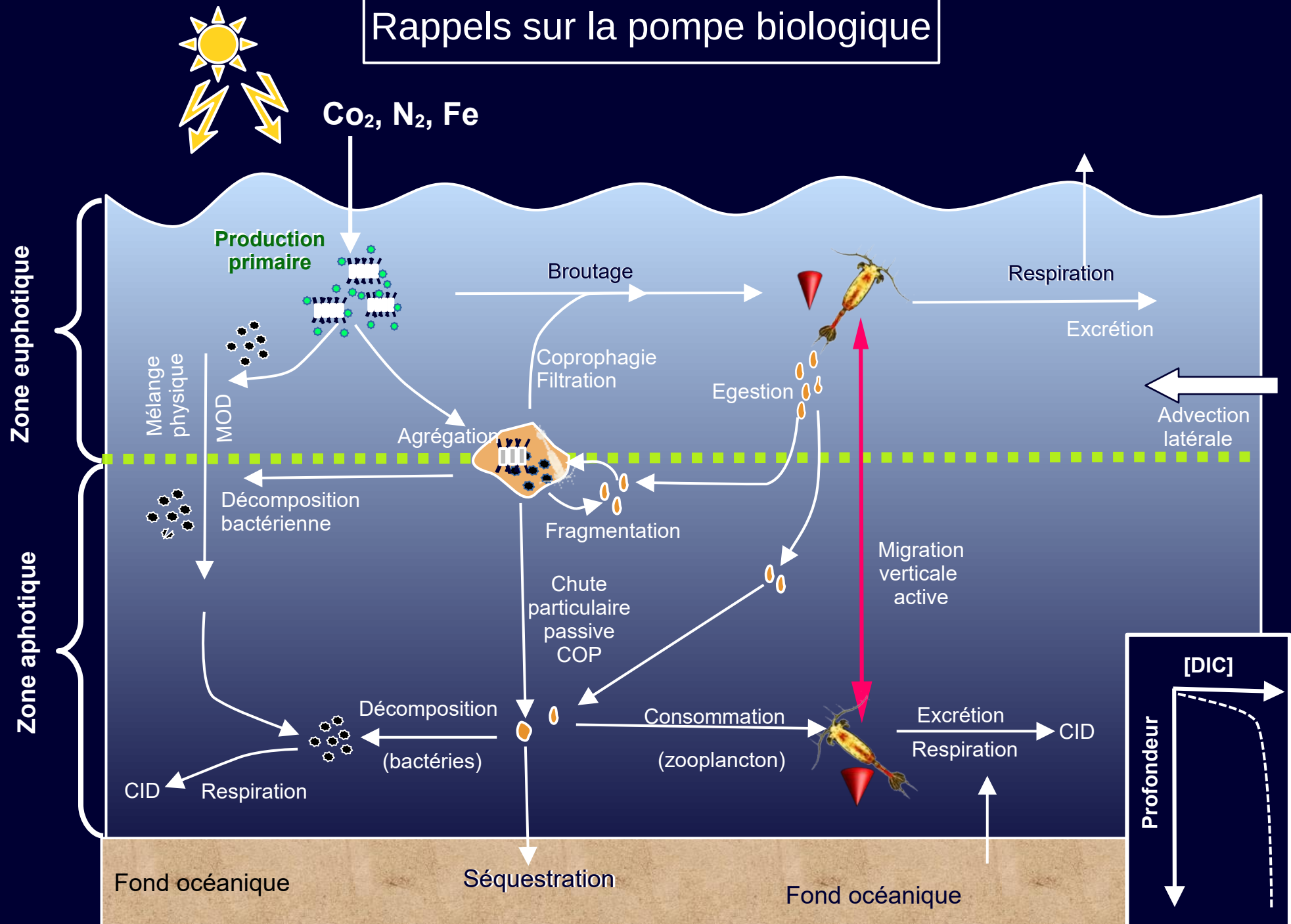


la pompe biologique



Les flèches indiquent une circulation thermohaline à grande échelle, montrant la descente des eaux froides riches en CO₂ dans les mers polaires, leur déplacement au fond de l'océan et leur retour à la surface pour boucler le circuit : c'est la pompe de solubilité. La production primaire en surface génère de la matière particulaire qui sédimente dans les grands fonds sous l'effet de la gravité, tout en étant également en grande partie bio-dégradée dans la colonne d'eau : c'est la pompe biologique. Ces deux processus sont responsables du stockage du CO₂ dans les grands fonds océaniques.

Rappels sur la pompe biologique



COP : Carbone organique particulaire,
 MOD : Matière organique dissoute
 CID : Carbone inorganique dissous