

Histoire naturelle d'une vie à la dérive

MOD
El Niño Oligotrophe
Humboldt Broutage
Necton Siphonophore Cténaire Filet
Salinité Phytoplancton Diatomées
Cnidaire Photosynthèse Méroplancton
Bactéries Sels nutritifs Acanthaires
Pélagique Appendiculaire Euphausiacée
Naturelle Macrozooplancton Ptéropode
Gyre Dérive **LE PLANCTON** Krill
Profondeur de compensation
Anchois Microzooplancton
Thermocline Coccosphaerale Température Océan
CTD Diatomée Dinoflagellés Copépodes Courant
Couleur Chlorophylle
ENSO Ecosystème Upwelling
Salpesse Brevetula Eutrophe
Densité
SST MOP pression

CPIE
Seignanx et Adour
2/03/2022

Jean-Philippe Labat



Histoire naturelle d'une vie à la dérive

le plancton

- Introduction
- Diversité biologique du plancton
- Plancton et fonctionnement d'écosystèmes pélagiques
- Plancton et changements climatiques



Qu'est que c'est que le plancton ?

Plancton
Lato
sensu

Le plancton est l'ensemble des organismes vivant dans la masse d'eau, le plus souvent en suspension et apparemment passivement.

Christian Andreas Victor Hensen, zoologiste allemand, 1887.

Étymologie de « Plancton » : qui est errant, vagabond, du grec ancien : errant, instable.

Le necton est un ensemble d'organismes vivant dans la masse d'eau et ayant la capacité de nage telle qu'ils peuvent se déplacer.

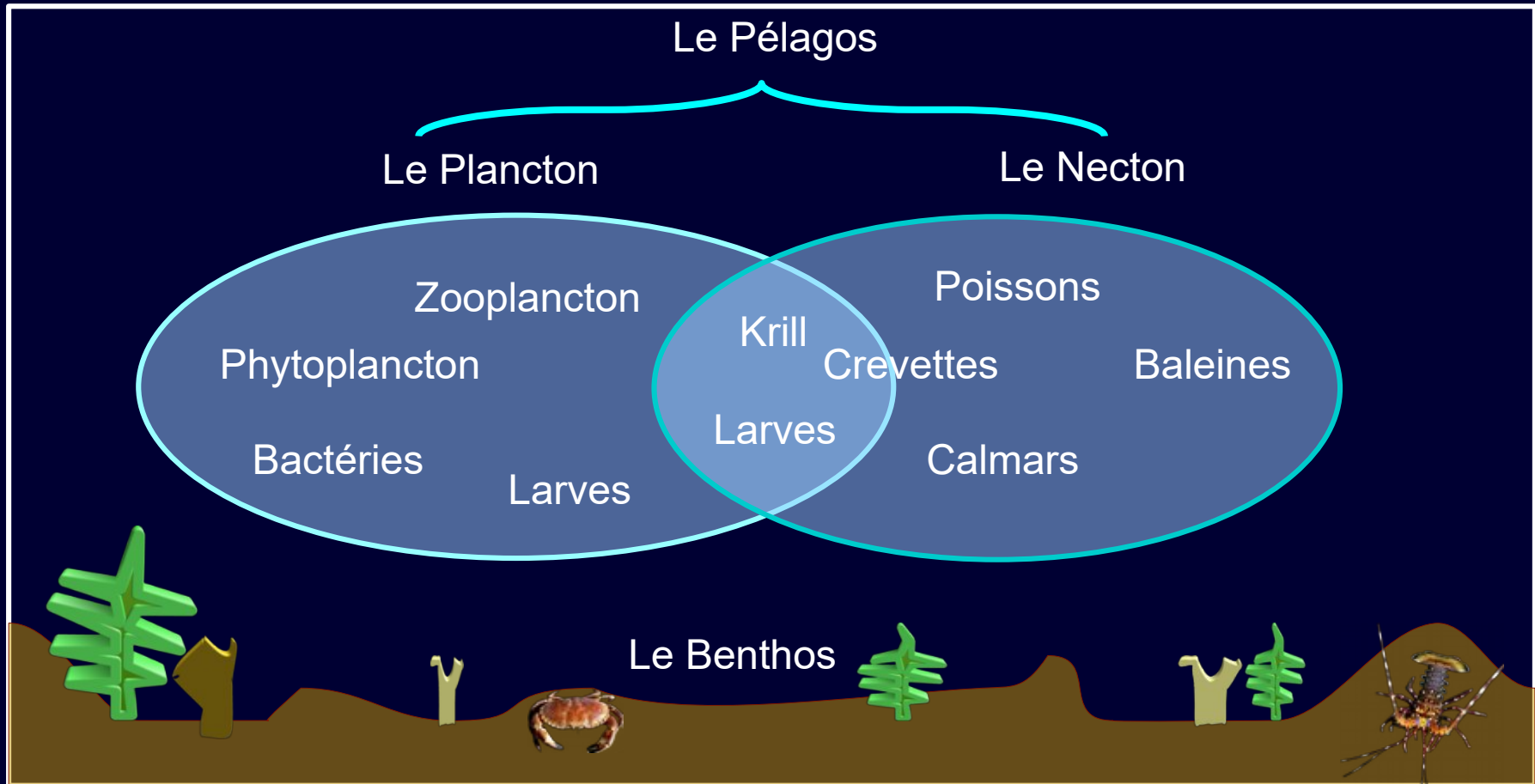
Une
partie

Ernst Haeckel, zoologiste allemand, 1890.

Étymologie du grec ancien «qui nage»

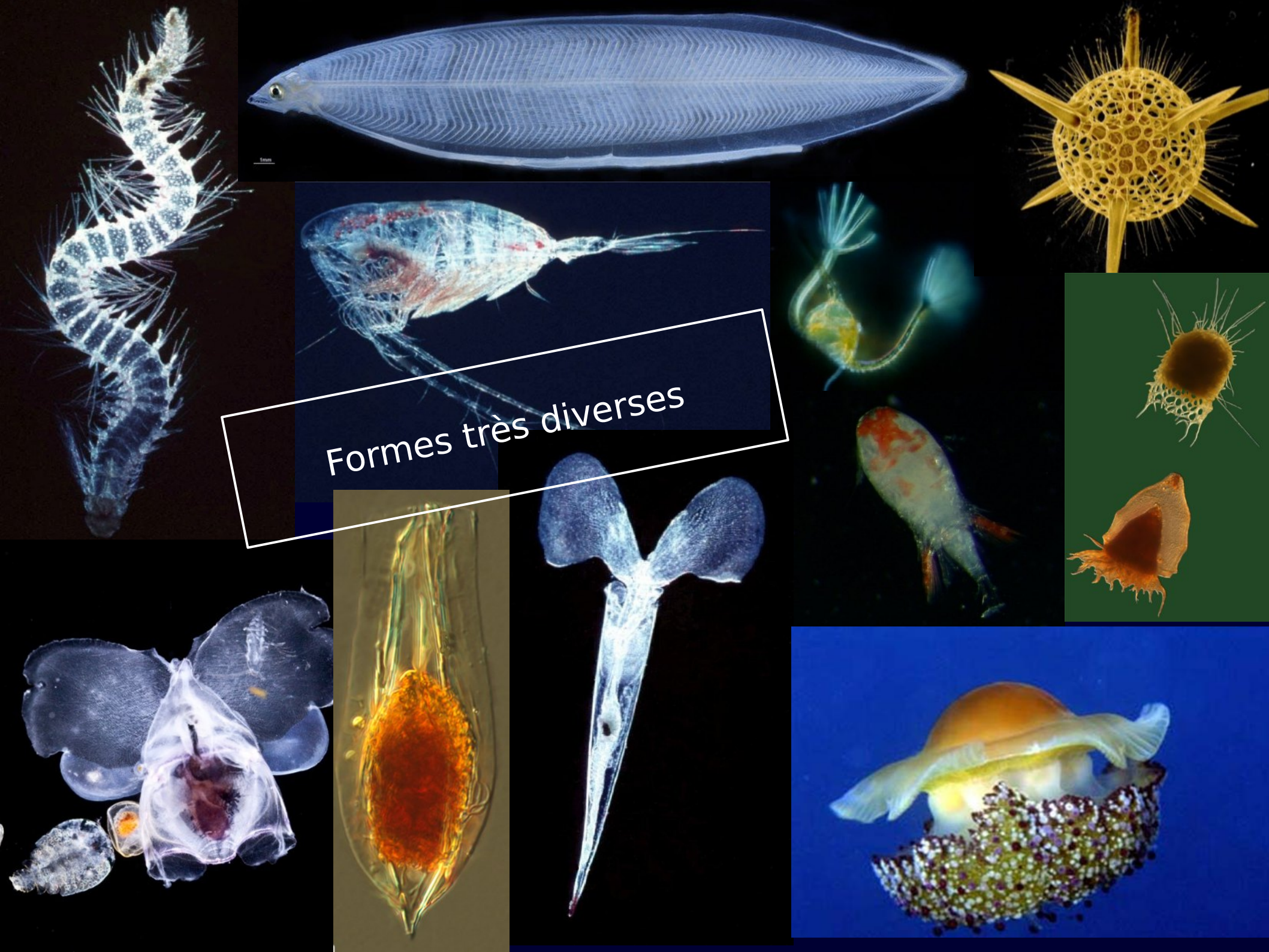
Continuum du critère déplacement

Plancton, une vie à la dérive



Le **plancton** est l'ensemble des organismes vivant dans la masse d'eau, le plus souvent en suspension et apparemment passivement. Il se différencie du **necton**, capable de se déplacer activement.

Plancton et **necton** constituent le **pélagos** en opposition au **benthos** qui vit sur le fond.

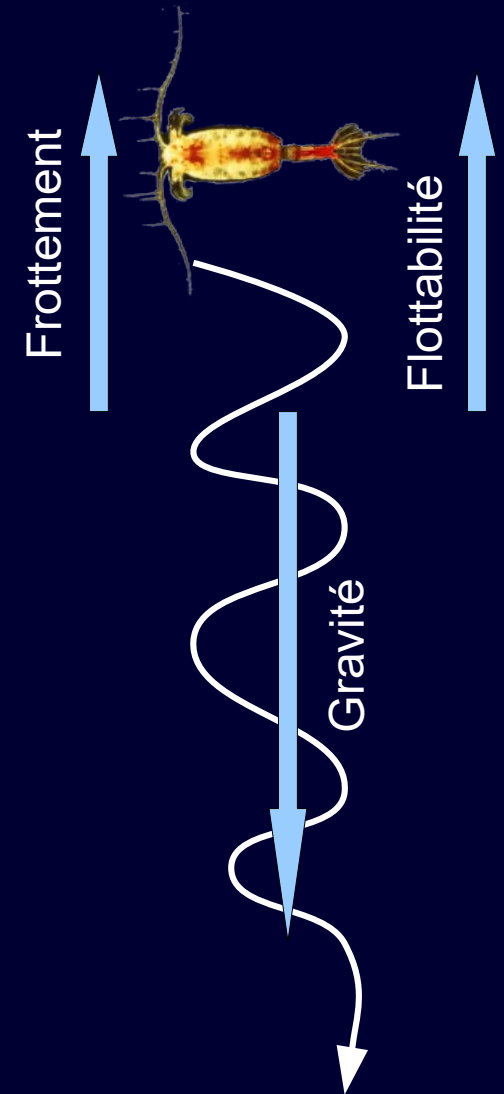


Formes très diverses

Adaptation à la vie pélagique

Lutter contre la « chute »

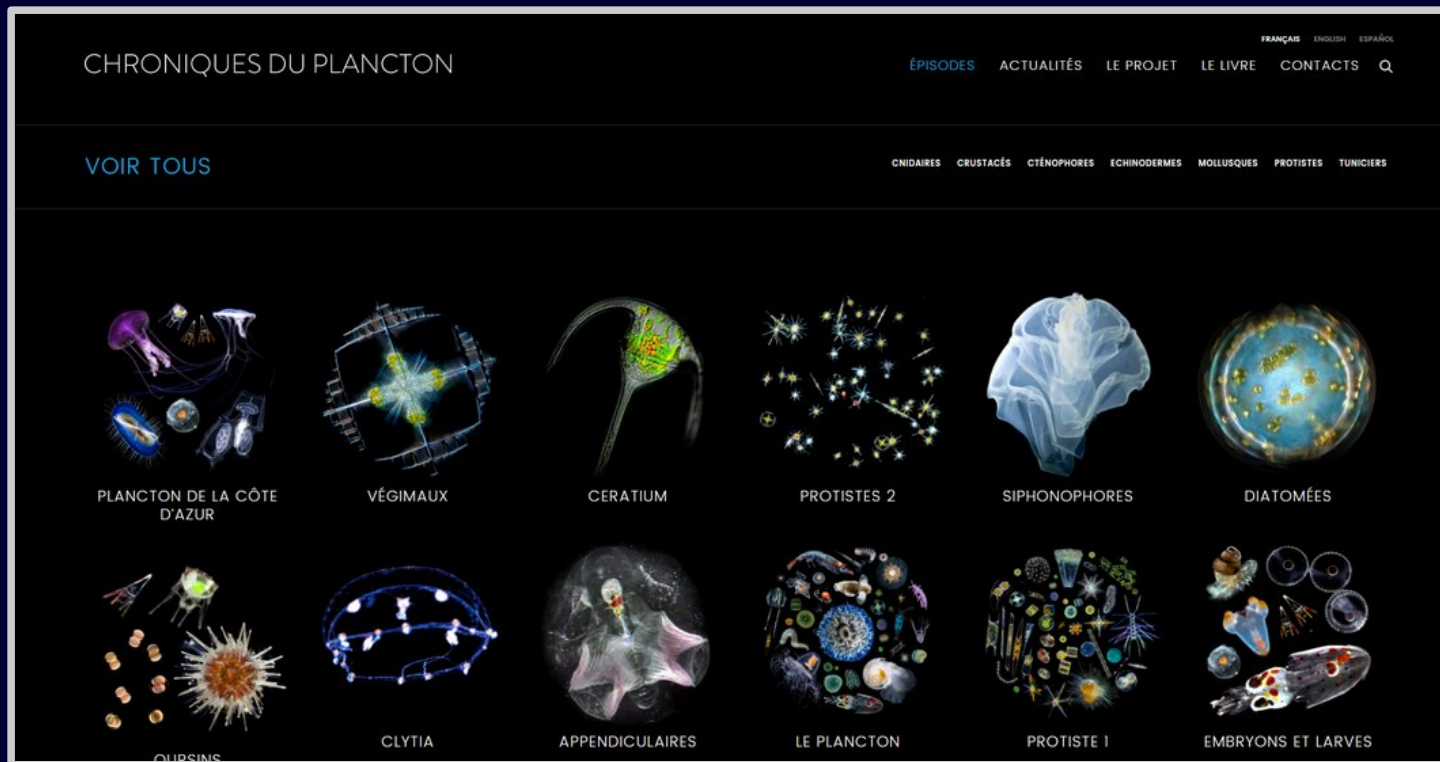
- ✓ Augmenter les forces de frottement :
 - ✓ Extensions, appendices foliacés, épines, ailettes,
 - ✓ Forme « parachute »,
 - ✓ Aplatissement
- ✓ Densité proche de celle de l'eau :
 - ✓ Flotteurs,
 - ✓ Forte teneur en eau,
 - ✓ Squelette réduit,
 - ✓ Accumulation de gouttes lipidiques.
- ✓ Éviter les prédateurs dans un milieu transparent :
 - ✓ Transparence du corps, parties vitales regroupées,
 - ✓ Bioluminescence (masquer la fuite, lumière),
 - ✓ Migrations verticales nyctémérales.





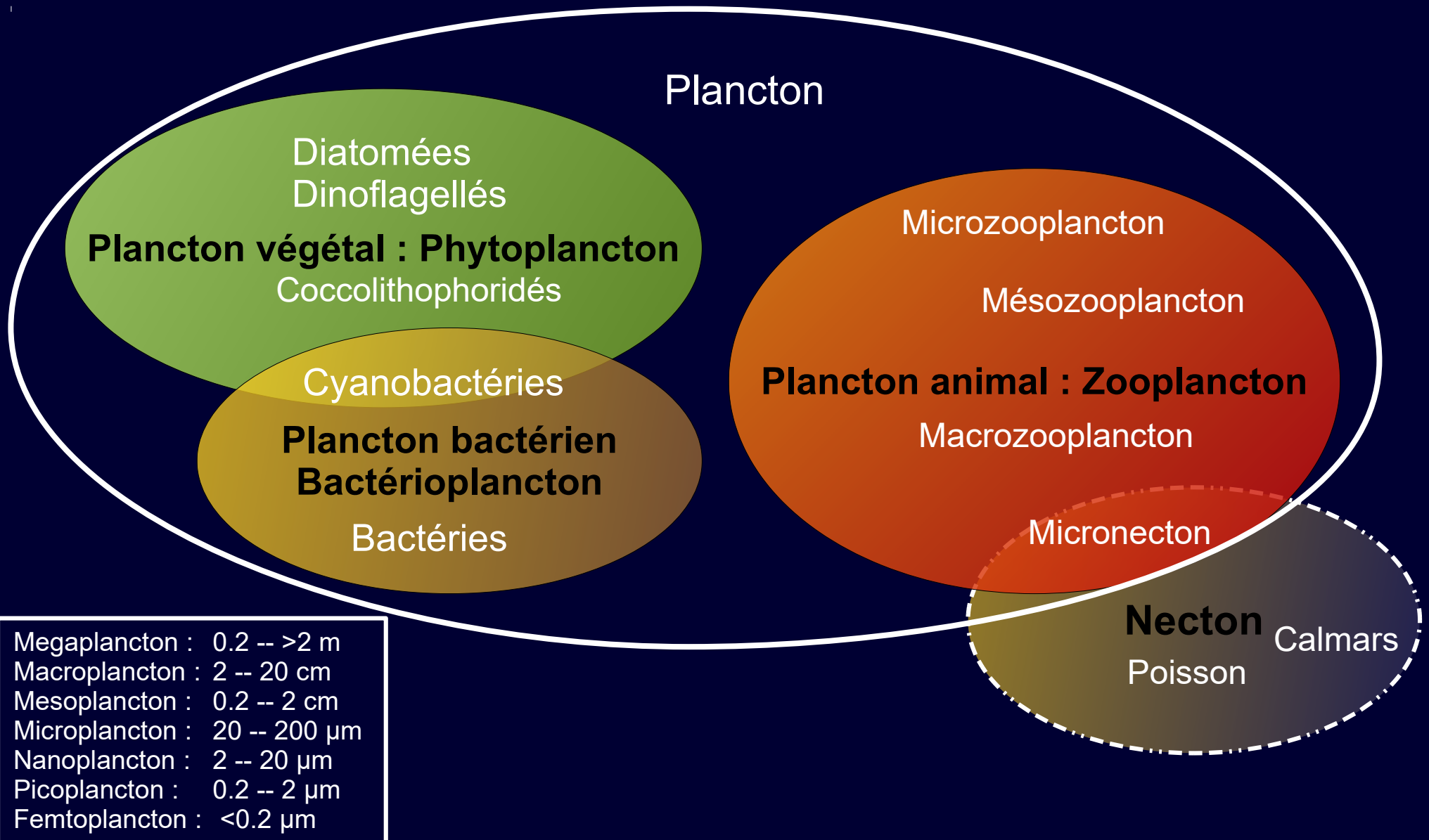
Diversité biologique du plancton

Les vidéos suivantes ont été réalisées dans le cadre des
« Chroniques du plancton »
<http://planktonchronicles.org/fr/>



Les Chroniques du Plancton réalisée par Christian Sardet (CNRS), Sharif Mirshak et Noé Sardet (Parafilms) dans le cadre de l'Expédition Tara Océans et de l'Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer (CNRS / UPMC).

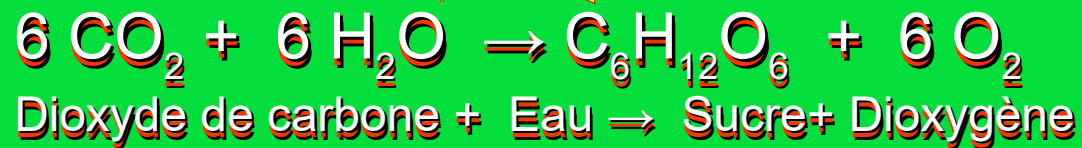
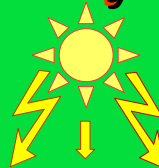
Diversité biologique du plancton



Phytoplancton ou Plancton "végétal "

Une seule cellule, non fixée, très peu mobile,
photosynthétique *

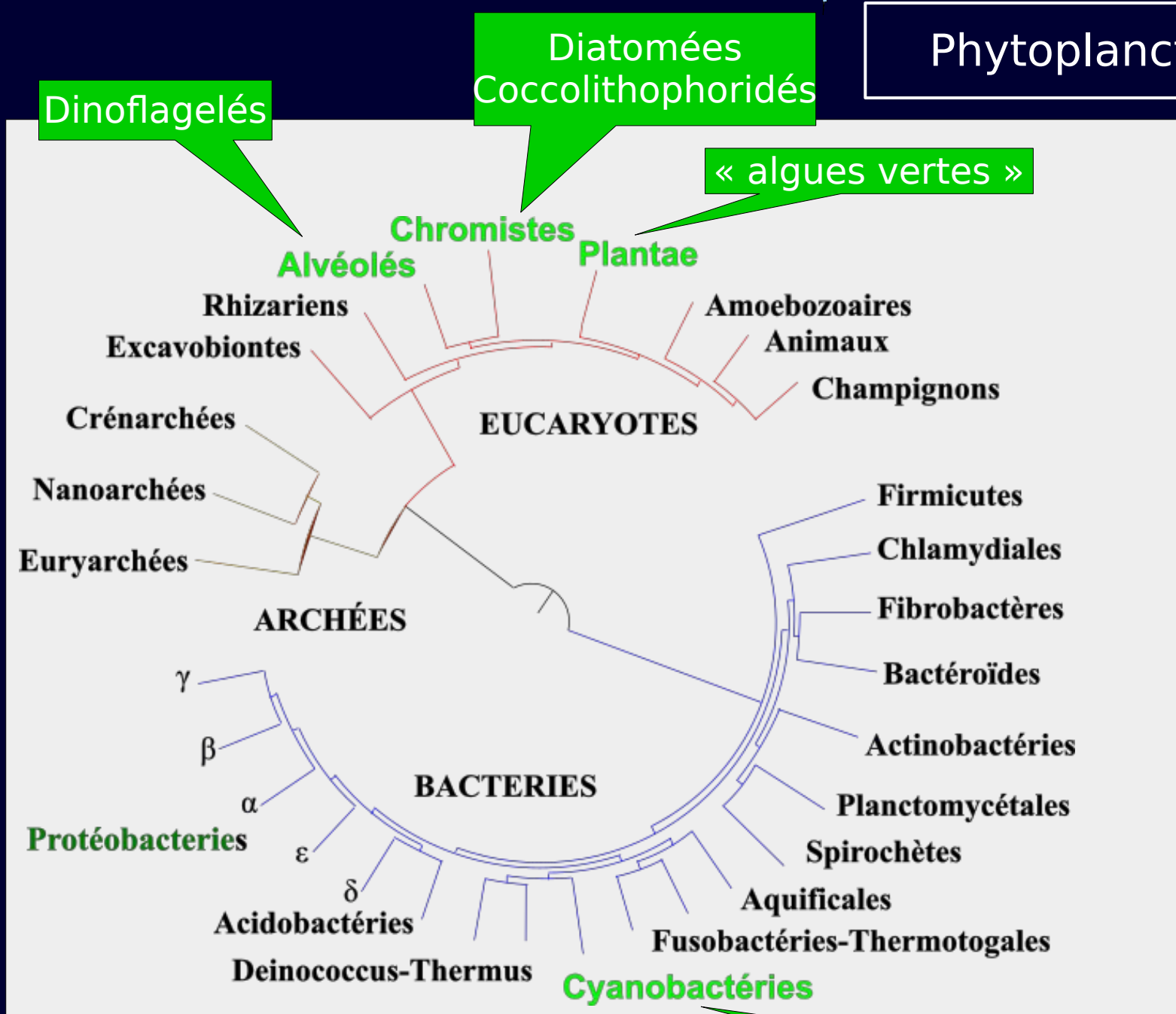
Photosynthèse



Production primaire pélagique

(* Définition simple et pratique mais vague taxonomiquement)

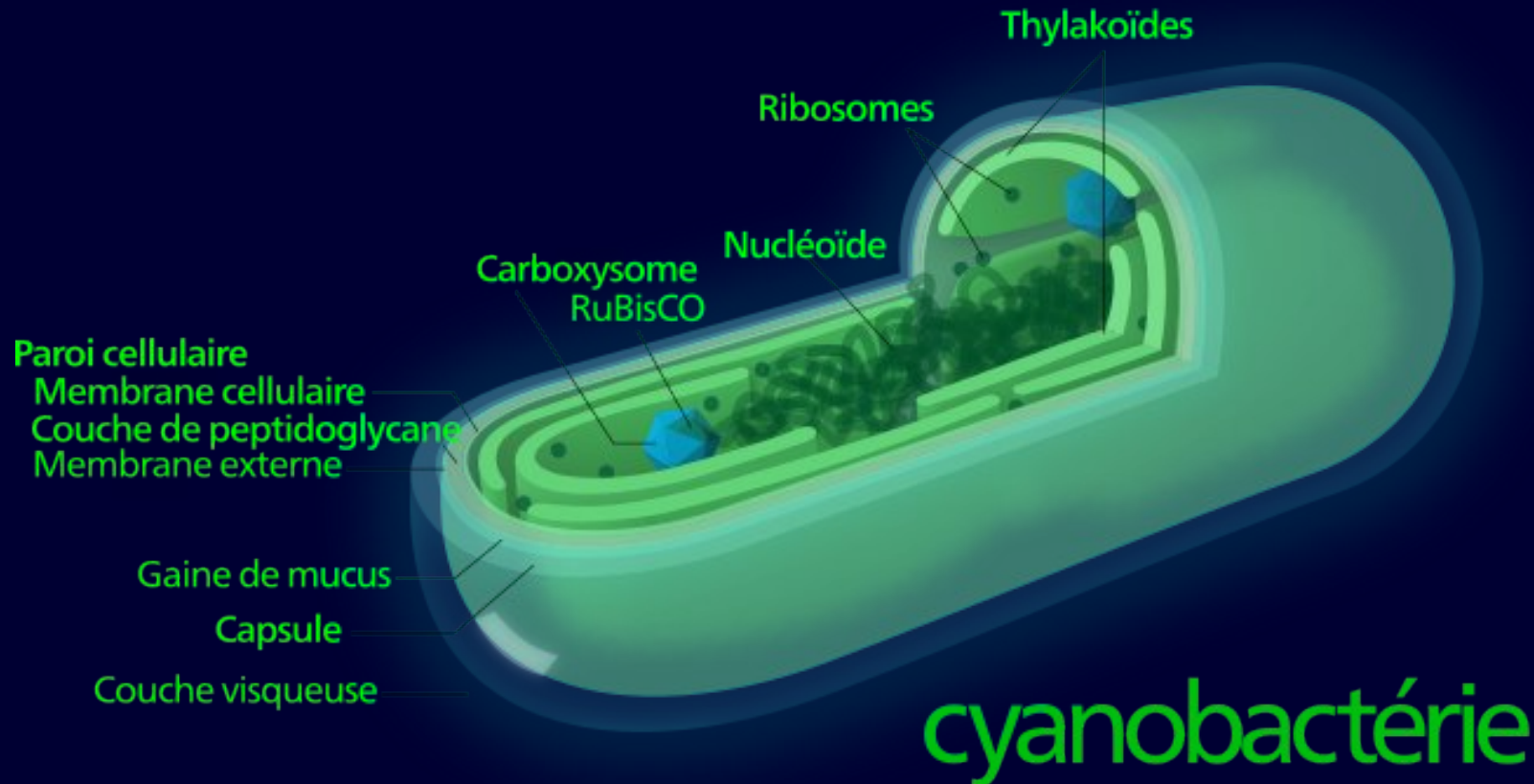
Phytoplancton



Cyanobactéries

Cyanobactéries

- Bactérioplancton, procaryotes, mixotrophes sans noyau véritable, ni plaste



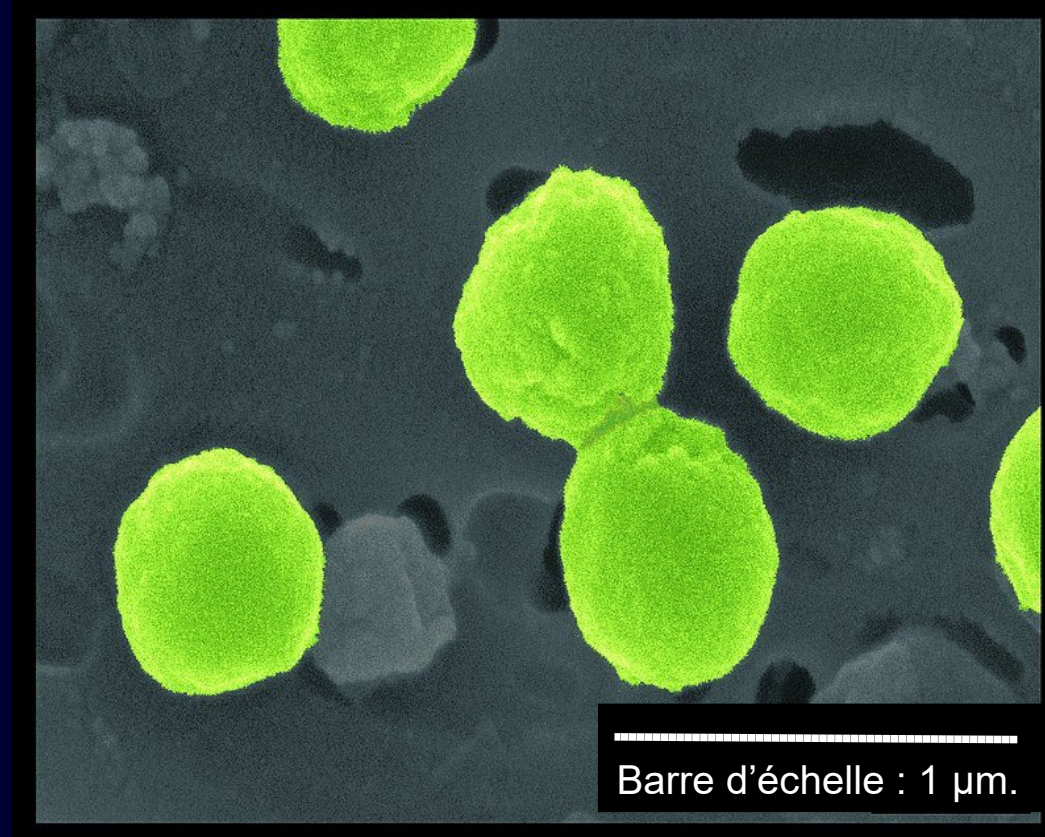
Kelvinsong [CC BY-SA 3.0]

Thylakoïdes : sacs contenant les organites photosynthétiques qui assurent la photosynthèse, la respiration et la fixation de l'azote, la diazotrophie (chez certaines espèces).

Nucléoïde : situé au centre de la cellule assure des fonctions semblables à celle d'un noyau et contient l'ADN.

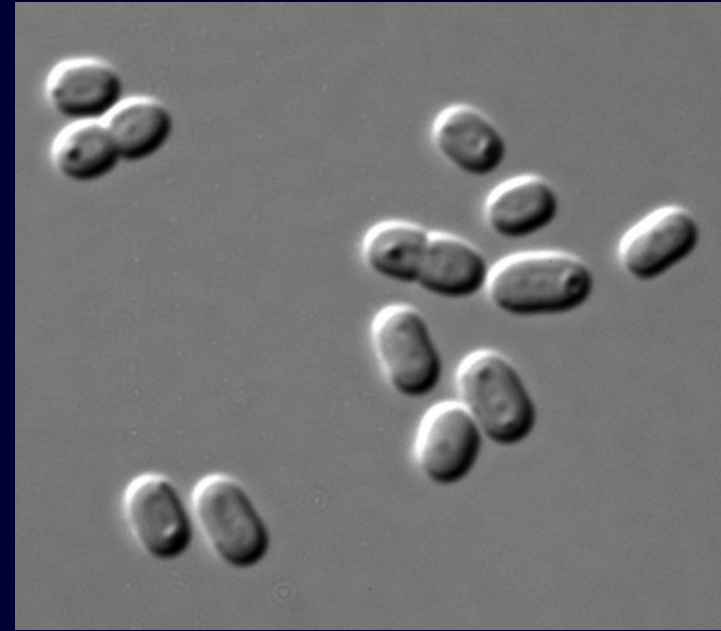
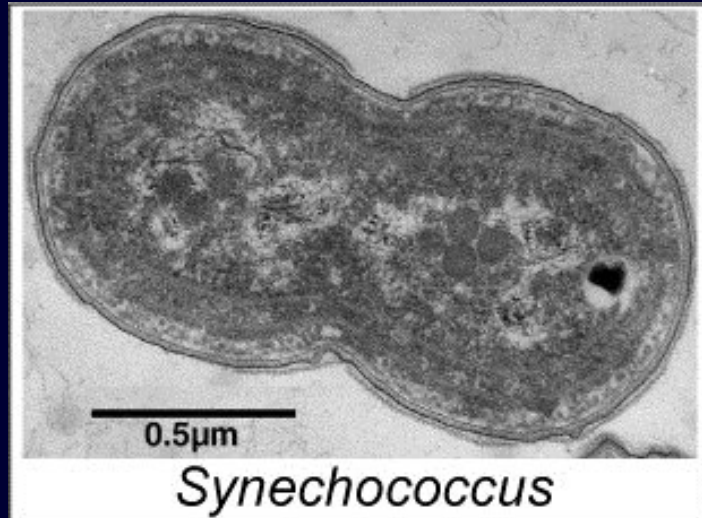
Cyanobactéries

Prochlorococcus

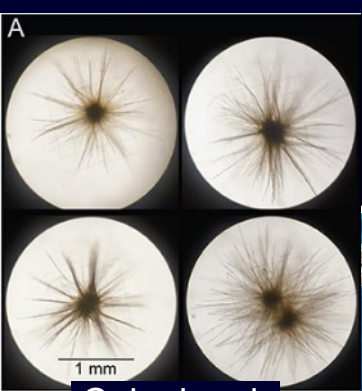


Cyanobactéries marines photosynthétiques, classées parmi les picoprocaryotes.
Taille 0,6 µm. Dans l'océan jusqu'à des densités de 100 000 cellules/ml.
5% environ de la photosynthèse mondiale, une importance planétaire pour le cycle du carbone et dans les chaînes trophiques.

Cyanobactéries

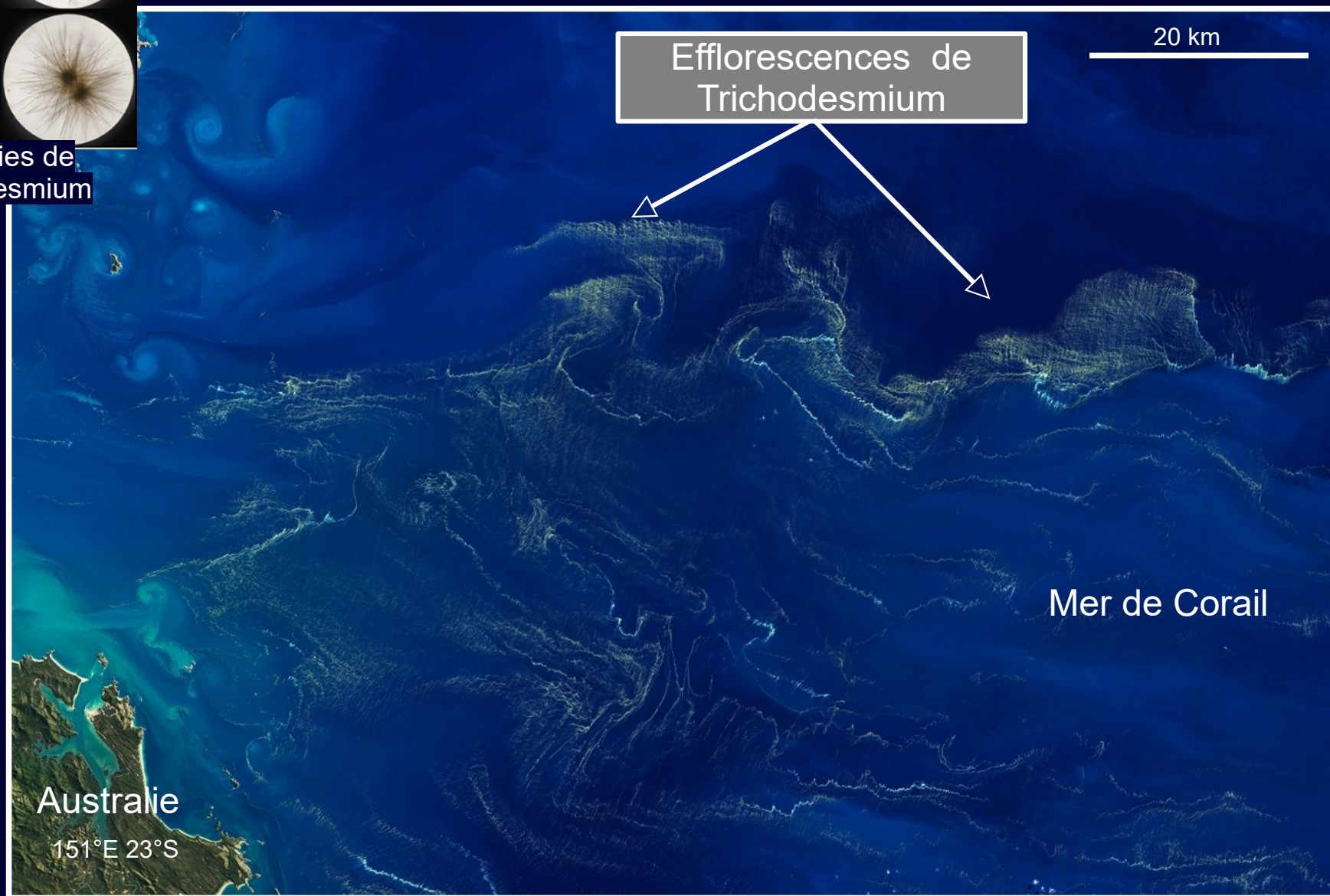


Synechococcus est une cyanobactérie nanoplanctonique.
Très abondante dans le milieu marin (--> 200 000 cellules/ml).
Bien que longtemps inconnue et encore méconnue en raison de sa taille minuscule, elle domine dans les zones oligotrophes avec leur proche parente du genre *Prochlorococcus* en particulier .



Colonies de
Trichodesmium

Cyanobactéries



Efflorescence (bloom) de la cyanobactérie diazotrophe *Trichodesmium* spp

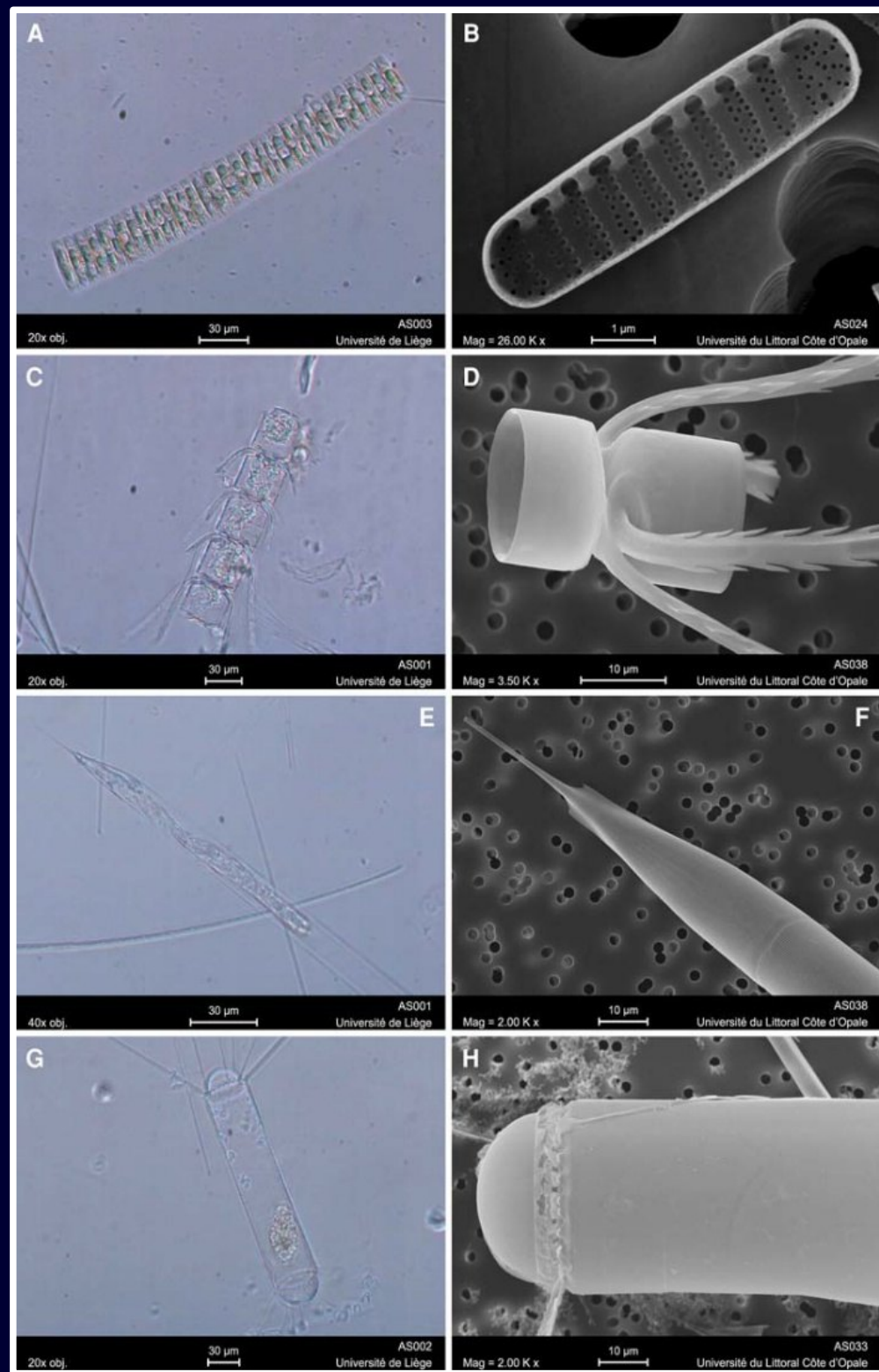
Diatomées

Phytoplancton, eucaryote, unicellulaire
squelette externe siliceux



a, b *Fragilisations spp.*
c, d *Chaetoceros criophilus*
e, f *Rhizosolenia spp.*
g, h *Corethron pennatum*

C. Beans, J. H. Hecq, P. Koubbi, C. Vallet, S. Wright, A. Goffart
Polar Biol (2008) 31:1101–1117



Diatomées

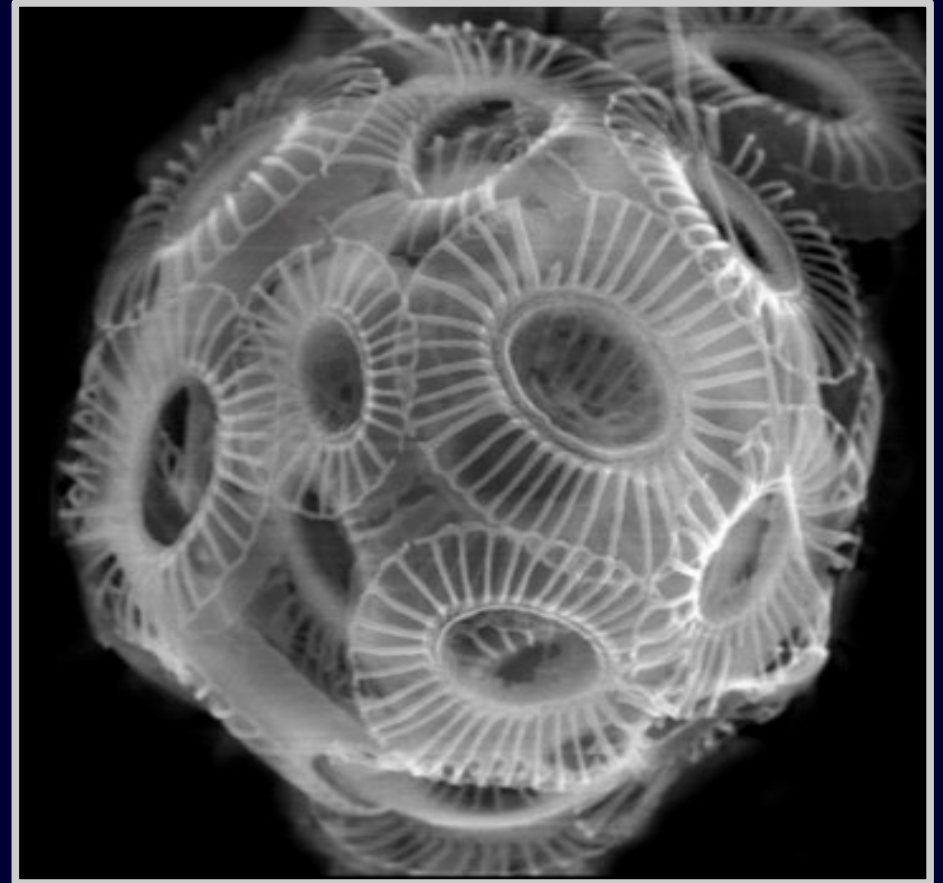
Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

Algues brunes unicellulaires à enveloppe siliceuse

Coccolithophoridés



© Luc Beaufort CNRS/CEREGE

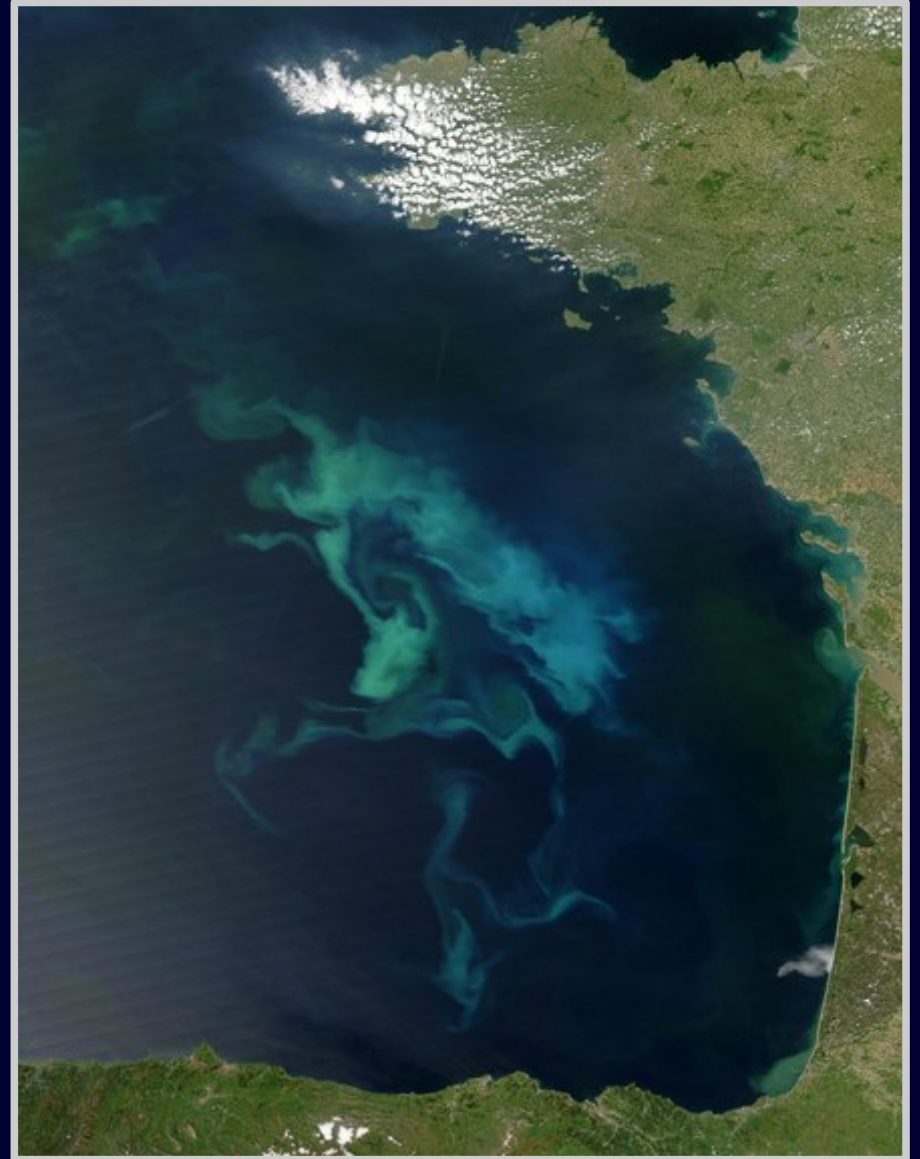


© INSU-CNRS, Luc Beaufort

Emiliana huxleyi

Phytoplancton, eucaryote, unicellulaire
de 5 à 50 microns, enveloppe en carbonate de
calcium.

Coccolithophoridés



Dinoflagellés

Organismes eucaryotes unicellulaires aux comportements alimentaires variés : photosynthétiques / hétérotrophes / mixotrophes



Ceratium pentagonum



Ceratium horridum

<-- 50 microns -->



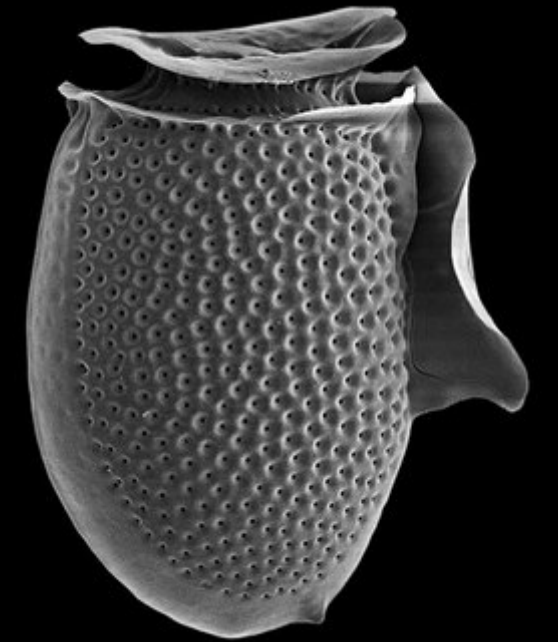
Ceratium concilians

L'analyse des pigments révèle la présence de chlorophylle *a* et *c* ainsi que de caroténoïdes divers

Dinoflagellés



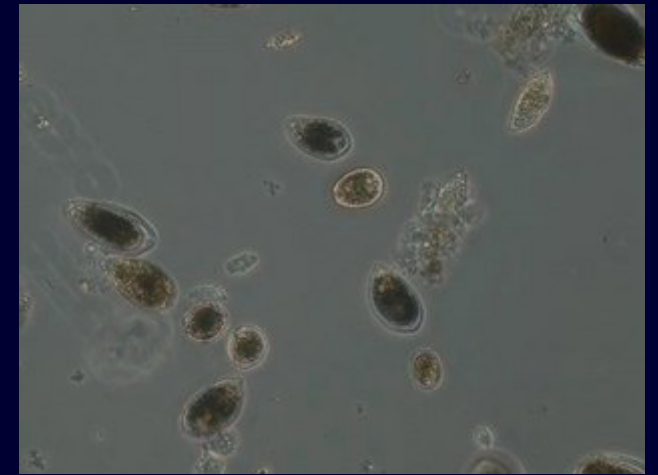
Alexandrium minutum Halim
Barre d'échelle : 10 μm .



Dinophysis acuminata
Barre d'échelle : 10 μm .

Dinophysis, Alexandrium producteurs de toxines diarrhéiques, paralysantes et amnésiantes.

Ostreopsis danger potentiel pour les usagers de la mer, produit la palytoxine et des ovatoxines en aérosols dans l'air au risque de provoquer des irritations respiratoires



Ostreopsis

Le plancton animal

1 - Le microzooplancton

Tintinnides et Radiolaires

Microzooplancton

Zygocircus sp
Radiolaire



Squelette à base de dioxyde
de silicium SiO_2

Project "Aquaparadox"
<http://www.obs-vlfr.fr/LOV/aquaparadox/>

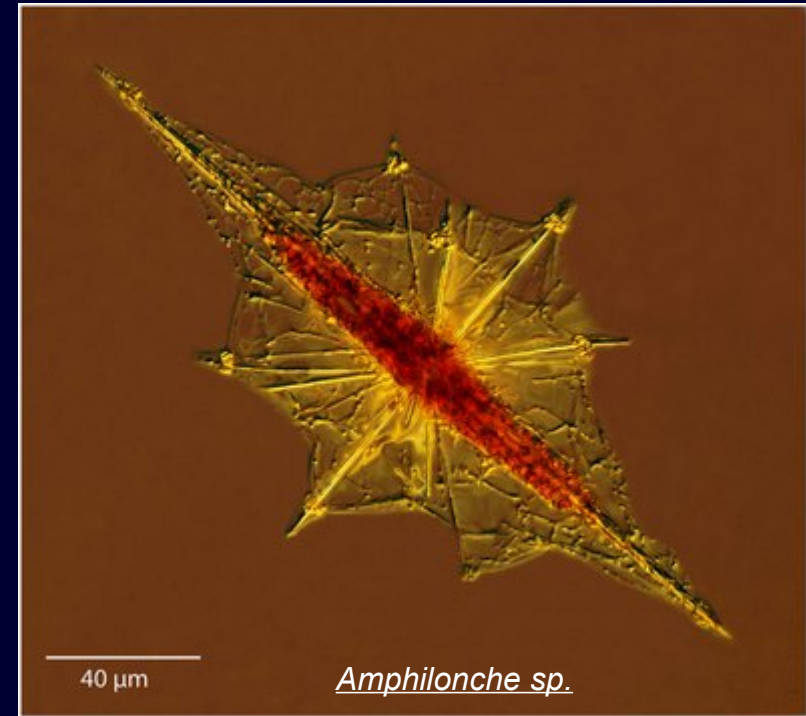
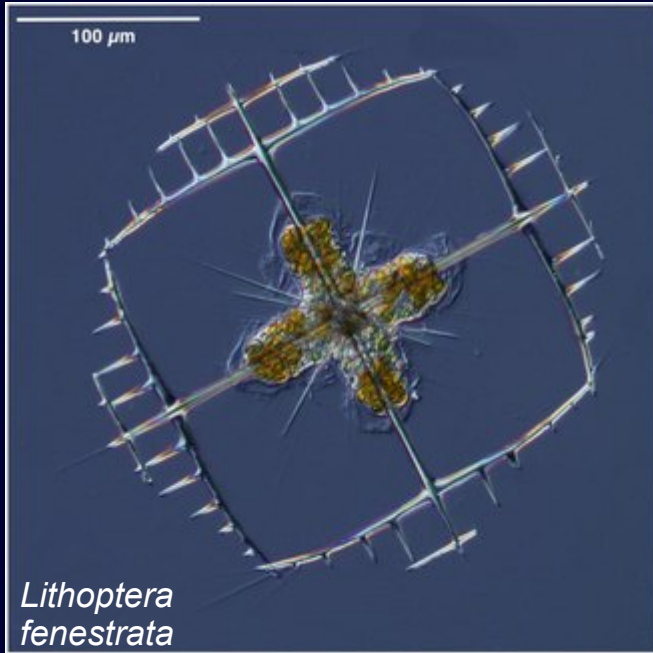
Cyttarocylys
Tintinnide



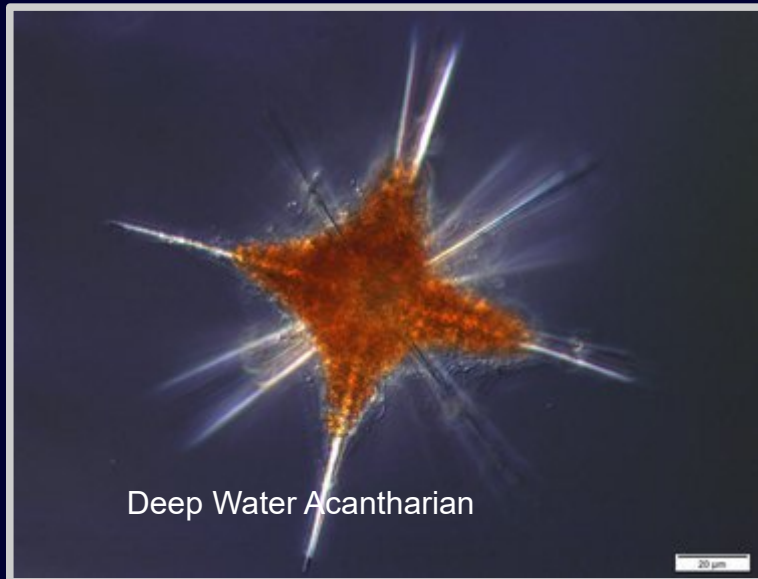
Cyttarocylys ampulla
Tintinnide



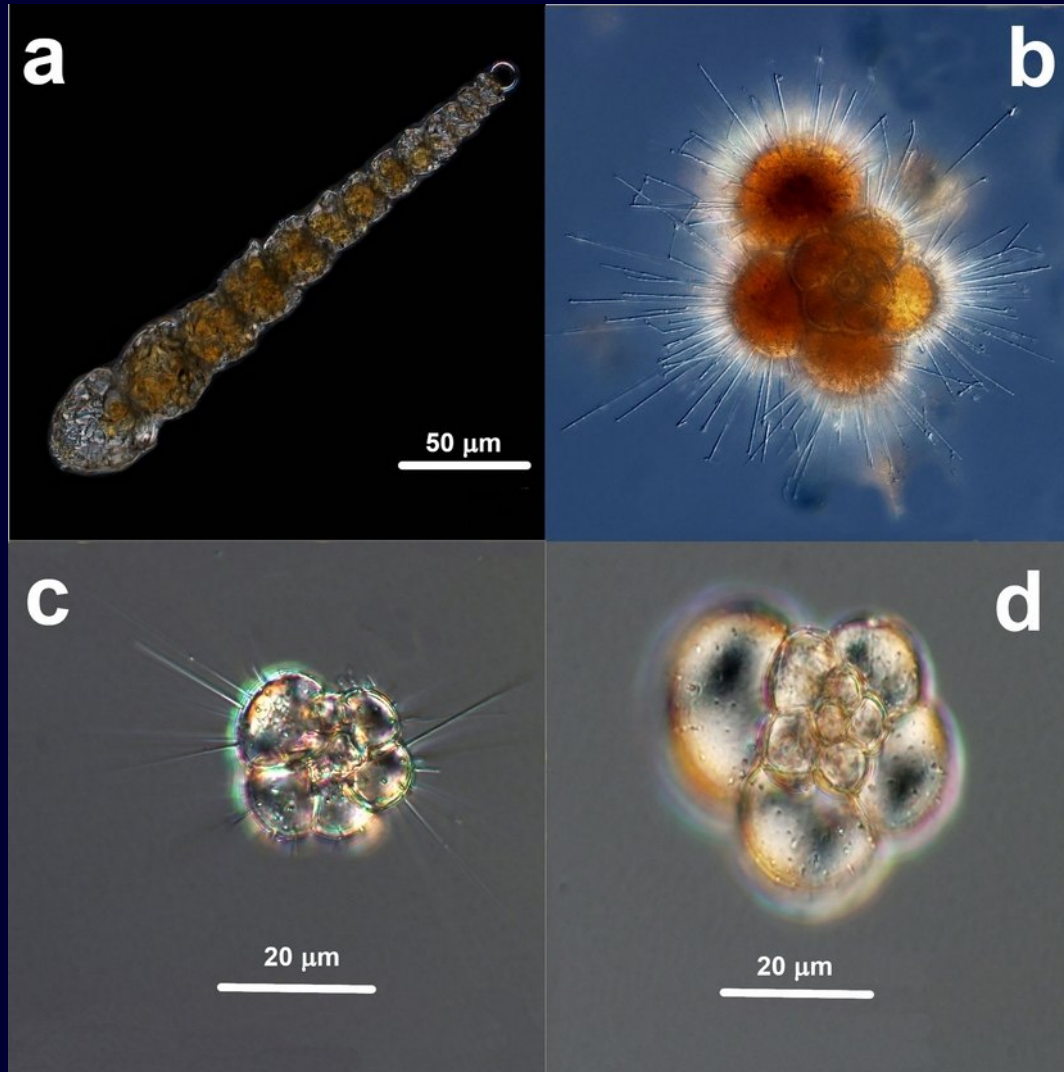
Acanthaires



Microzooplankton
test à base de sulfate de
strontium



Foraminifères



Test de nature diverse :
organique, agglutiné,
carbonaté et siliceux.

- a: Foraminifère benthique de l'Arctique : *Leptohalysis catella*
b: Foraminifère de type Globigerinid.
c: Foraminifère de 600m de profondeur. Méditerranée (Mer Égée)
d: Coquille de Foraminifère de type Globigerinid. Méditerranée (Mer Égée)

Le plancton animal

2 - Le métazooplancton*

* Plancton composé de métazoaires (animaux pluricellulaires)

Le métazooplancton

On y rencontre entre autres:

- les cnidaires
- les cténares
- les vers: annélides polychètes et chétognathes.
- les crustacés : cladocères, copépodes et euphausiacées.
- les mollusques
- les tuniciers : les salpes et les appendiculaires

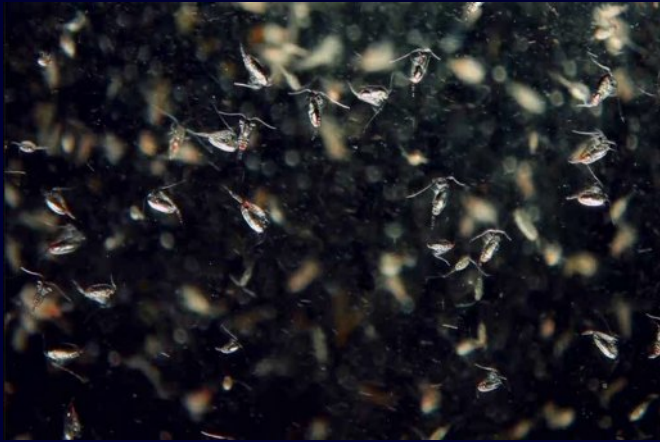
...

Certains sont toujours planctoniques, d'autres de façon transitoire :

- l'holoplancton: les organismes présents dans le milieu pélagique durant tout leur cycle biologique.
- le méroplancton: les organismes présents dans le milieu pélagique que durant une partie de leur cycle biologique.

Crustacés du plancton

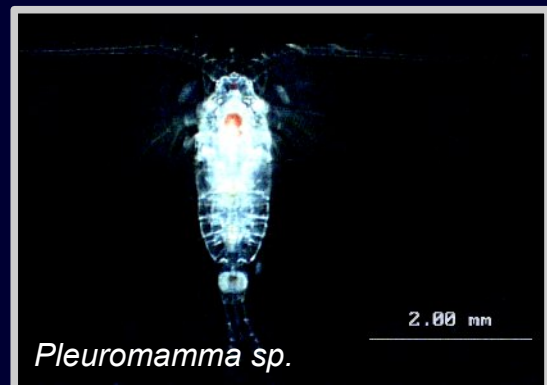
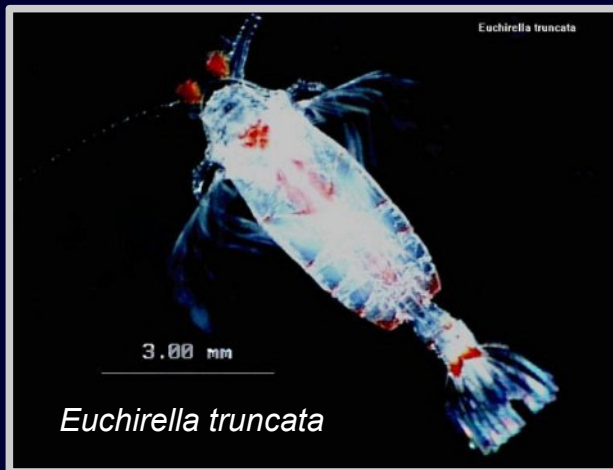
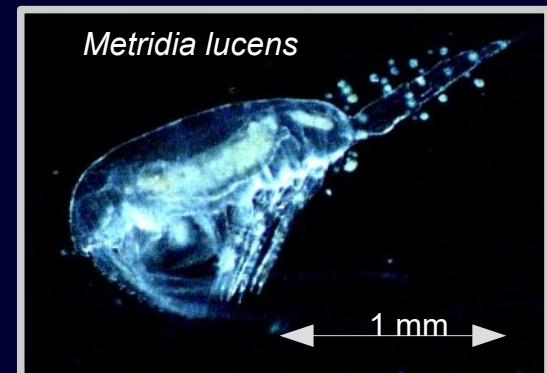
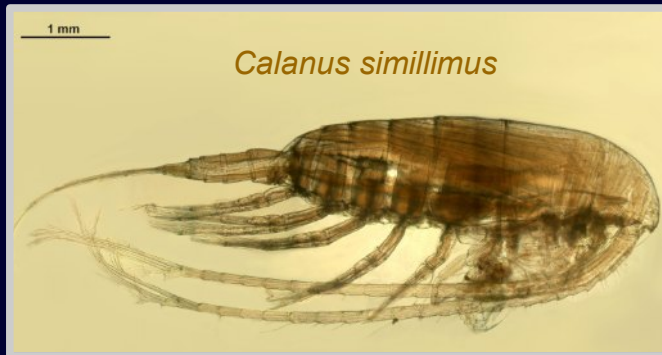
Copépodes



Ce sont des crustacés. Les adultes ne mesurent le plus souvent qu'un ou deux millimètres (entre 0,2 mm et 10 mm).

Ils sont l'une des principales composantes du zooplancton. Ils représentent rarement moins de 60 % et parfois plus de 80 % de la biomasse zooplanctonique.

L'alimentation des copépodes est très variable d'une espèce à l'autre, d'une classe d'âge à l'autre ainsi que d'un milieu à l'autre.



Amphipodes : Phronimes



Phronime : Crustacé amphipode hypérien

Phronimes

Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

Crustacé amphipode hyperien

Euphausiacées

Euphausiacés : Crustacé, Malacostracé, Eucaride



Photo : David Luquet

Elles font partie du micronecton, elles ont des capacités de déplacement importantes notamment les adultes.

Elles sont souvent appelées « Krill » quand elles se rassemblent en banc et sont la nourriture entre autres des cétacés.



Macroplancton « gélatineux »

Macroplancton « gélatineux »

★ Herbivores, filtreurs phytophages

● Salpes



★ Omnivores

● Mollusques Ptéropodes



★ Les carnivores

● Méduses

● Siphonophores

● Cténophores



Salpes

Animaux chordés tuniciers, gélatineux, filtreurs phytophages

Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

Les Méduses

Embranchement des Cnidaires, carnivores

Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

Cténophores

Embranchement Cténophore, carnivores

Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

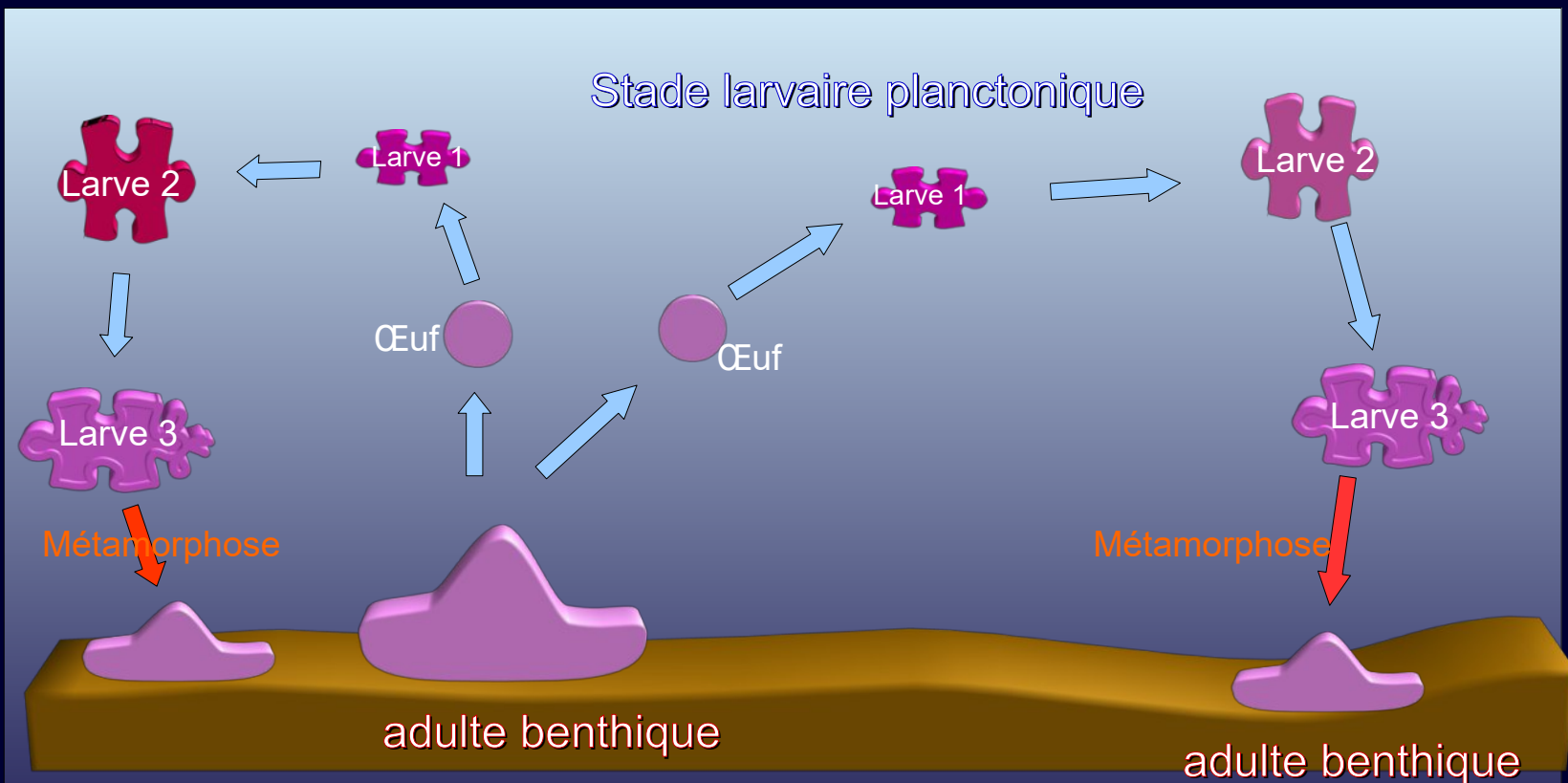


Le méroplancton
ou plancton transitoire

Le méroplancton

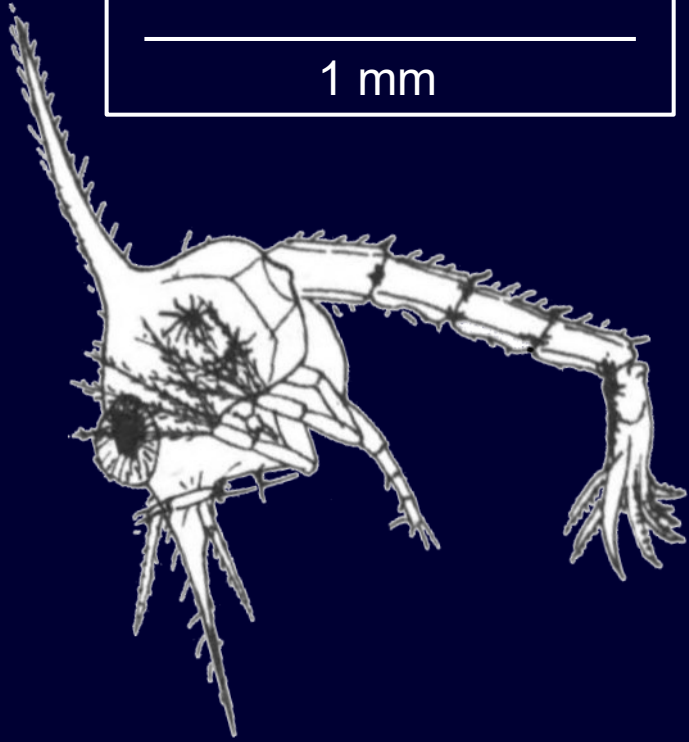
Des organismes d'espèces benthiques qui ne passent qu'une partie de leur existence, habituellement le stade larvaire, dans le plancton, le stade adulte étant alors benthique.

Il s'agit donc d'un zooplancton temporaire.



Qui suis je adulte ?

1 mm



10 cm

Cancer pagurus



Qui suis je adulte ?

1 mm

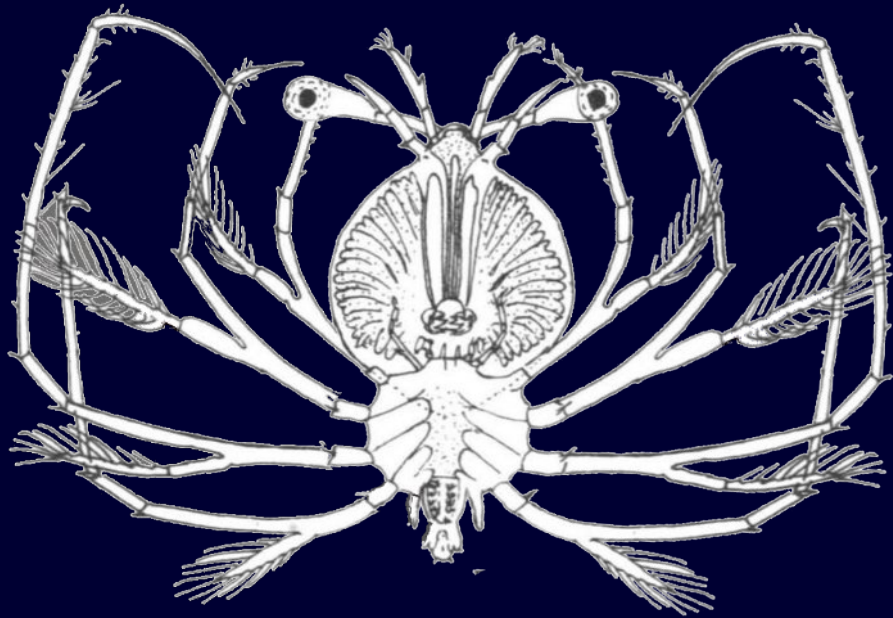


doris.ffesm.fr © Murielle TOURENNE

1 cm

Porcellana spp

Qui suis je adulte ?



1 mm



10 cm

Palinurus spp

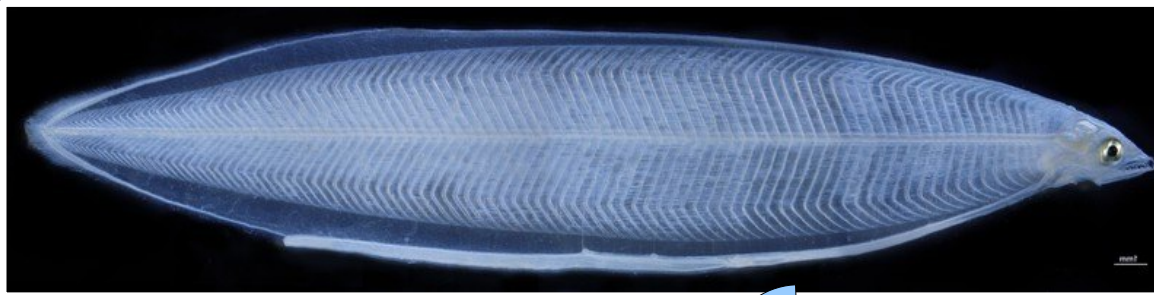
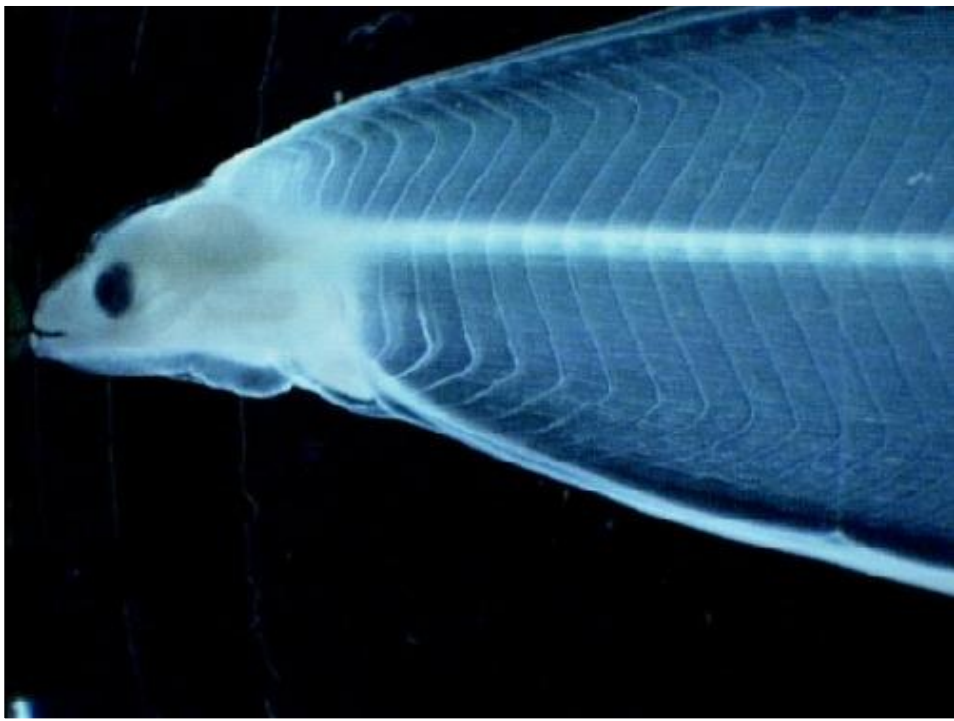
Céphalopodes



Œufs benthiques / larves planctoniques/ adultes nectoniques

Qui suis je adulte ?

Larve leptocéphale



Photos IFREMER



Poisson, Osteichthien, Anguilliformes



Larve pluteus



Qui suis je adulte ?

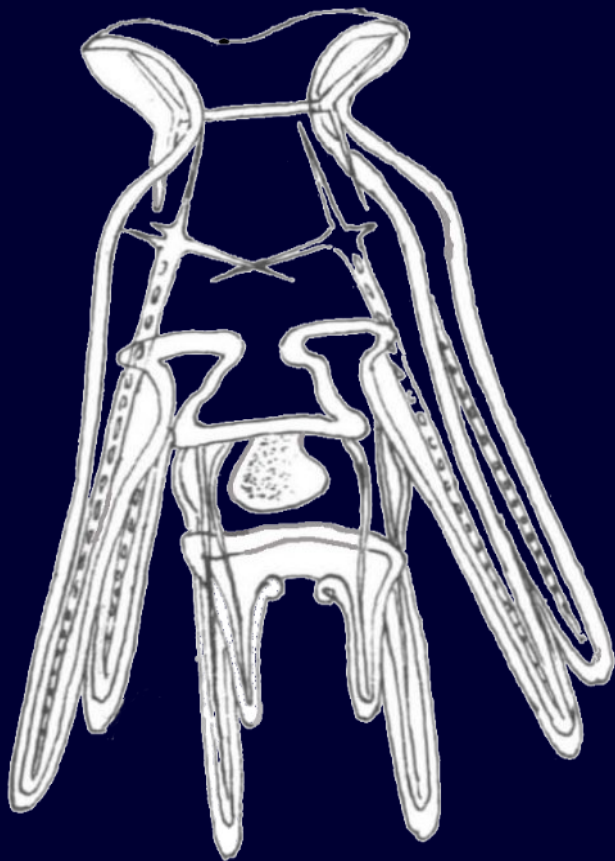


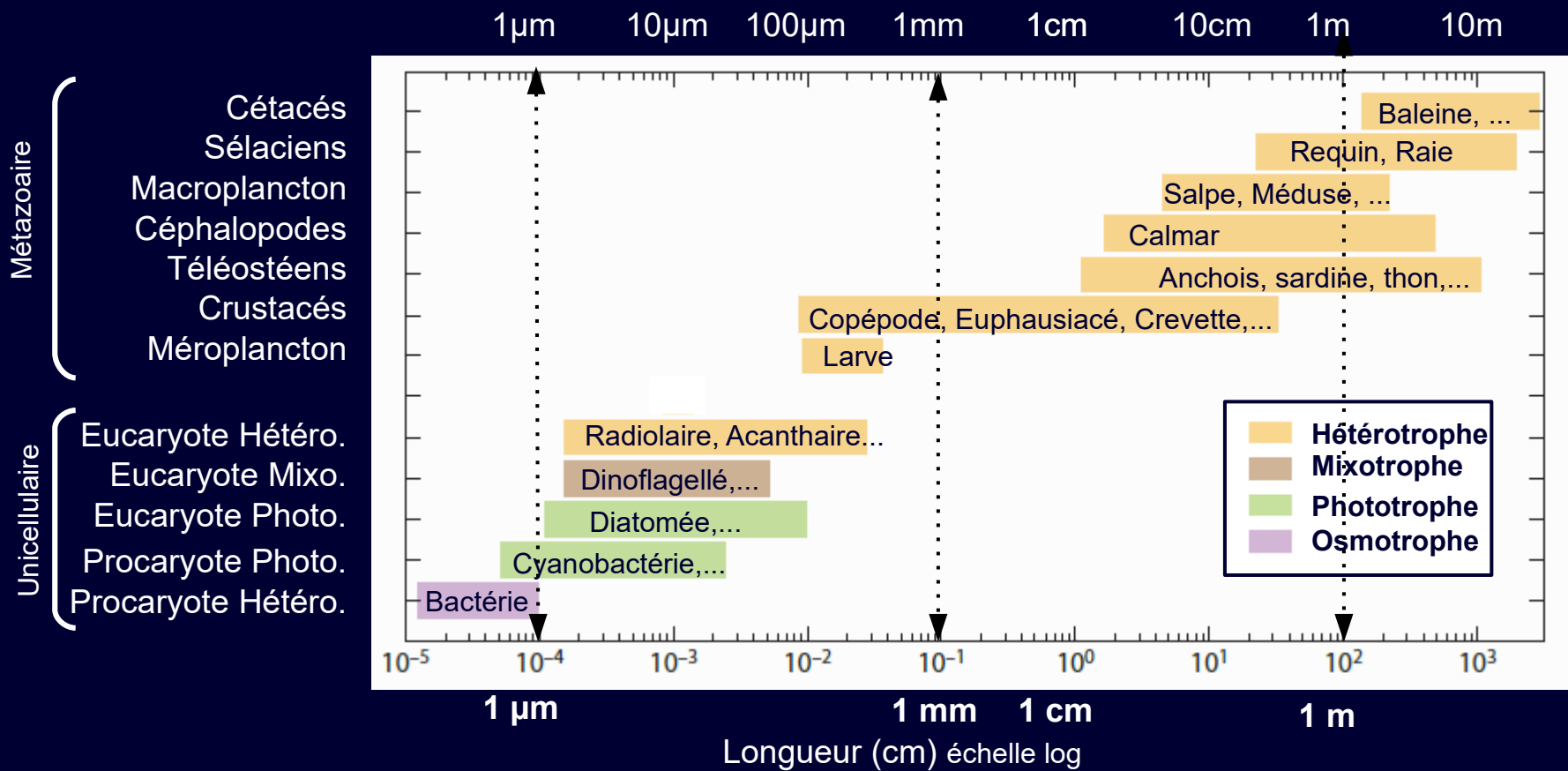
Photo:Steven van Tendeloo

Sphaerechinus spp

Méroplancton : les oursins

Vidéo :Chroniques du Plancton
Christian SARDET
<http://planktonchronicles.org/fr/>

Domaine pélagique, stratégie trophique et taille des organismes



Osmotrophe

qui se nourrit de liquides absorbés par osmose à travers la membrane cellulaire

Phototrophe

qui dépend de la photosynthèse comme source de carbone. (Autotrophe)

Mixotrophe

qui utilise une stratégie mixte combinant la photosynthèse avec la phagotrophie *

Hétérotrophe

qui se nourrit de substances organiques, ne peut effectuer la synthèse de ses éléments constitutants

* phagotrophie : se nourrit à partir de matière organique particulaire.

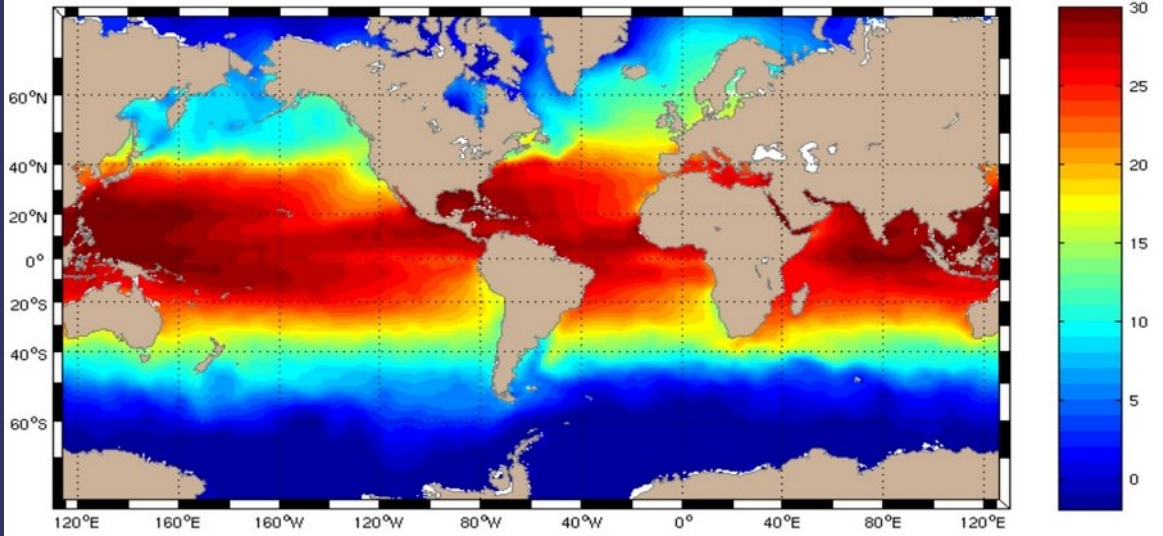


Fonctionnement des systèmes pélagiques



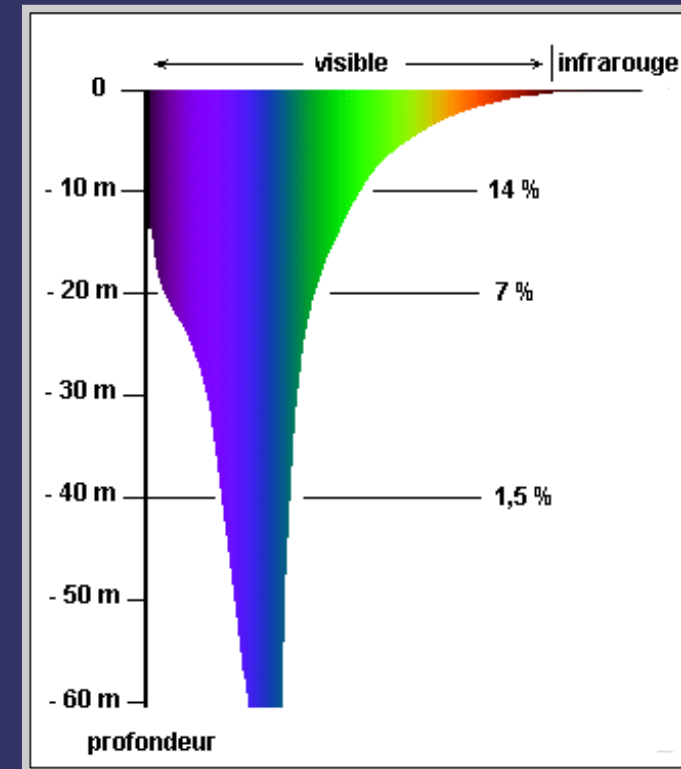
Le domaine pélagique : un espace en trois dimensions

Température

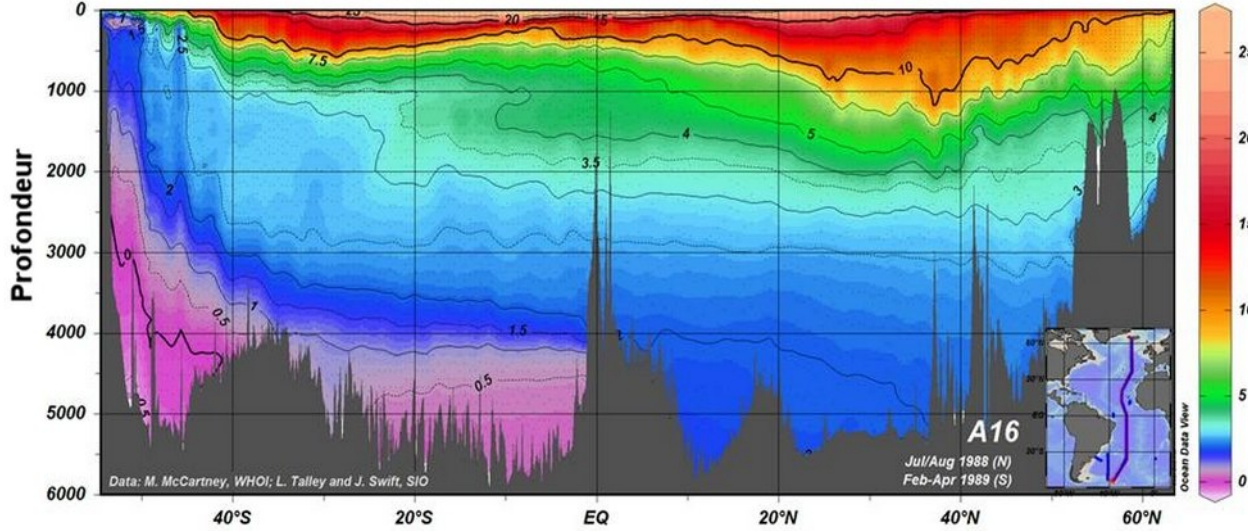


71% de la surface terrestre et $1,3 \cdot 10^9 \text{ km}^3$

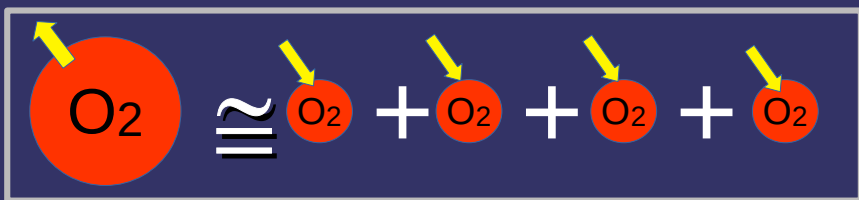
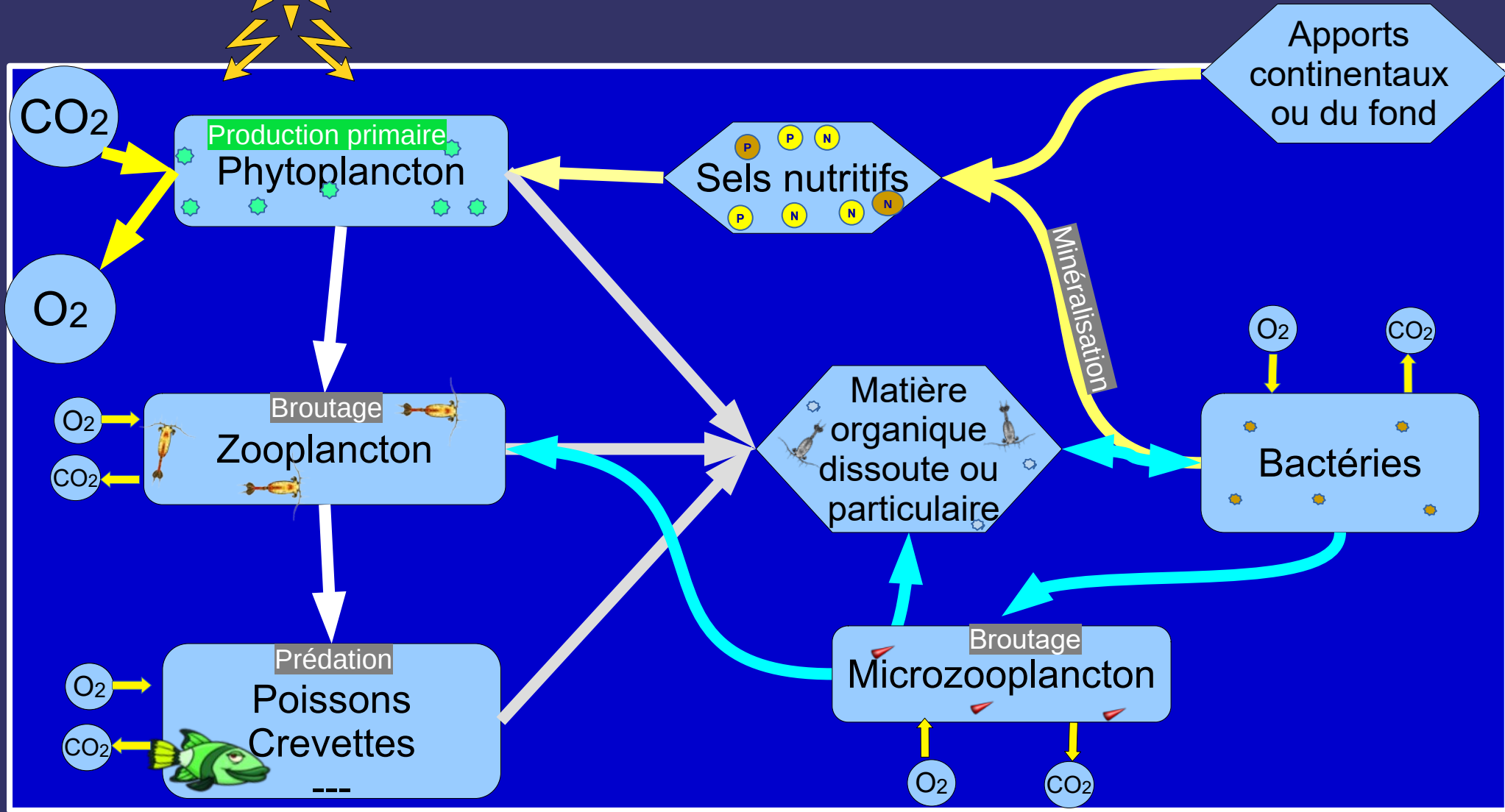
Lumière



Profil des températures (C°) - Océan Atlantique

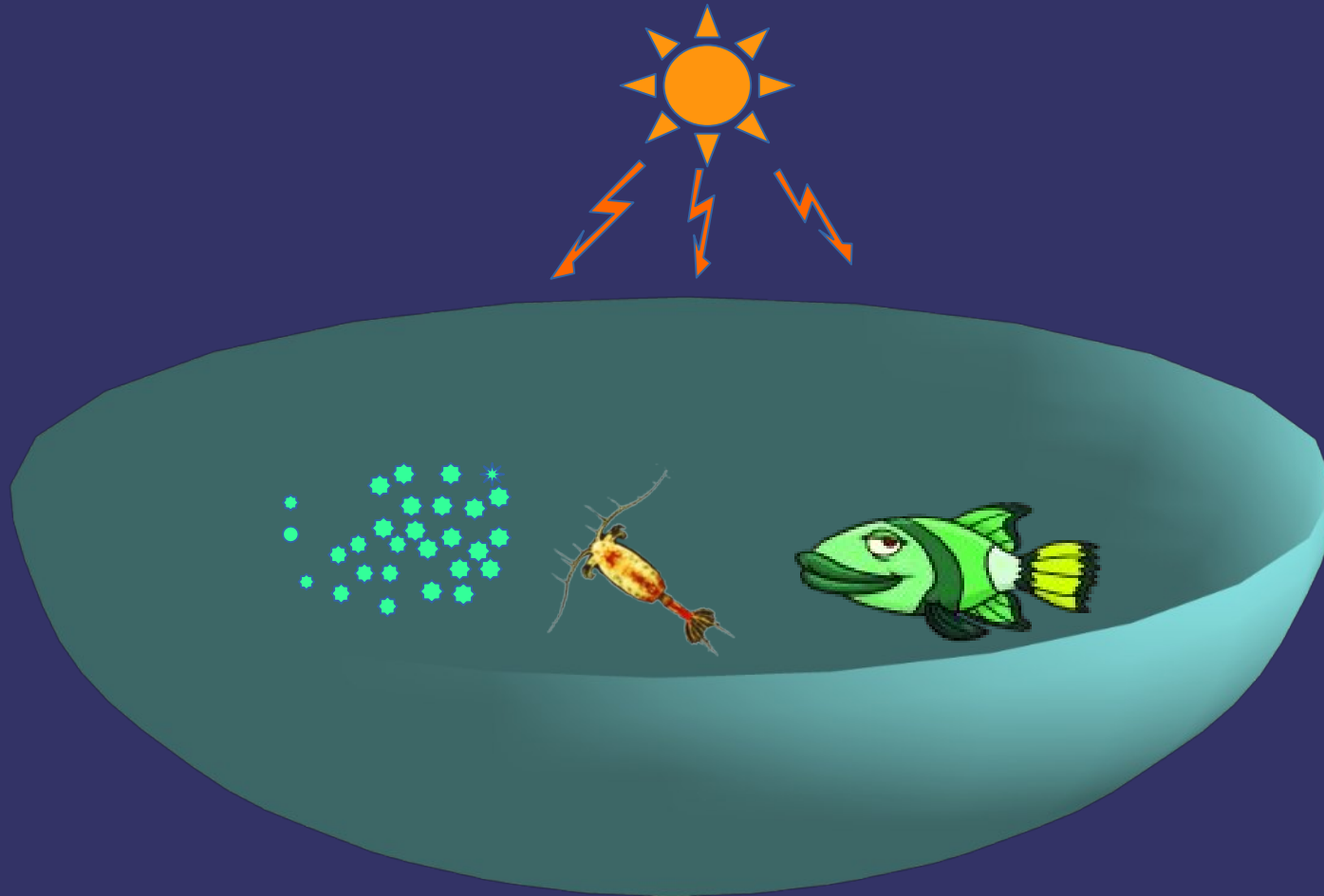


Écosystème pélagique

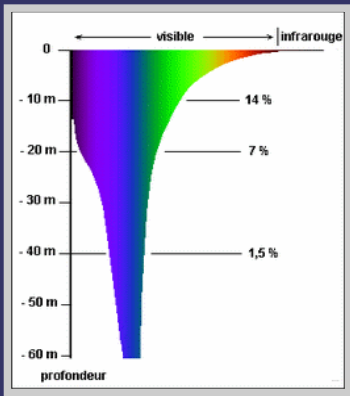


— Chaîne alimentaire classique
— Boucle microbienne

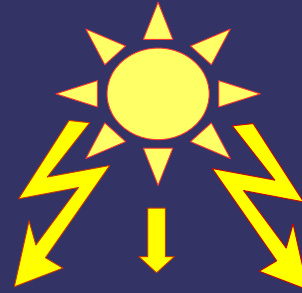
Avant d'aller vers des exemples "réels", spatialisons un océan théorique.



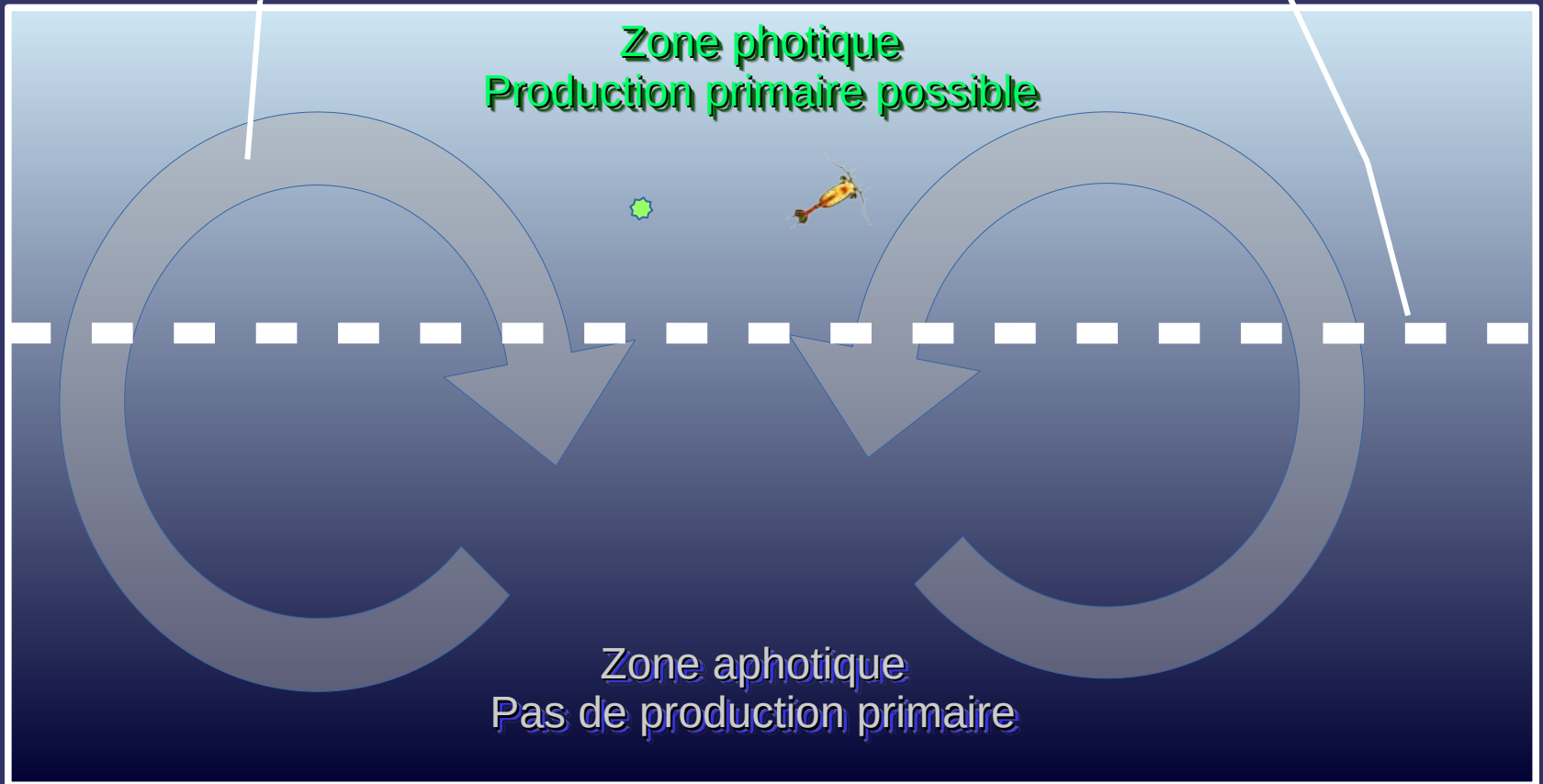
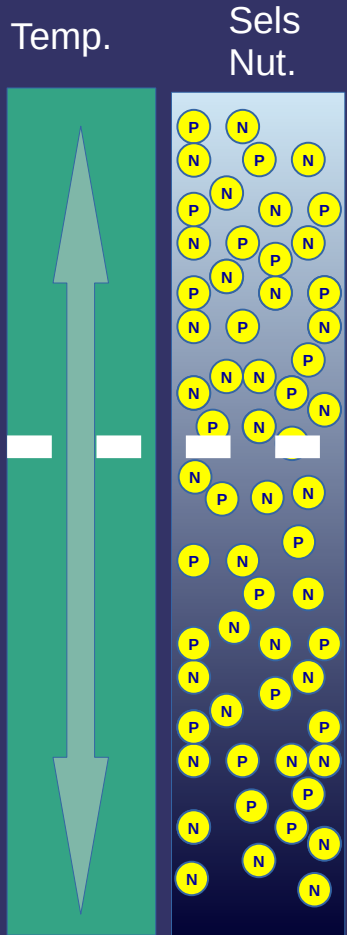
Vision dans un océan en 2D



Mélange
Turbulence, ≠ densité

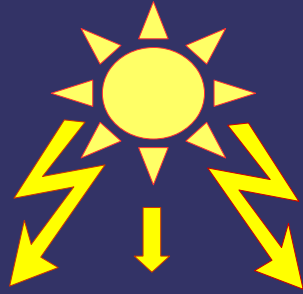


Profondeur de compensation



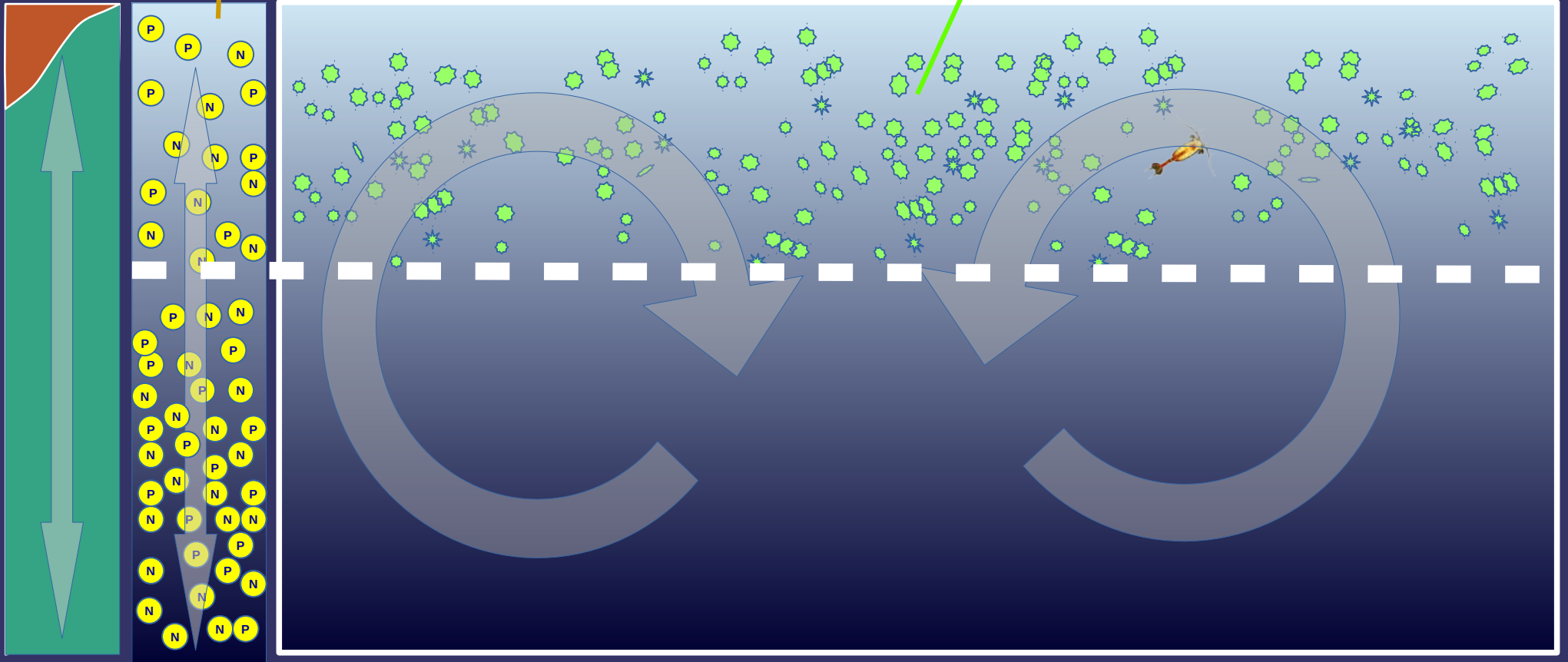
Profondeur de compensation : profondeur où la quantité de lumière est juste suffisante pour permettre aux algues de compenser leurs pertes sans croître.

Consommation
des sels nutritifs compensée
par mélange

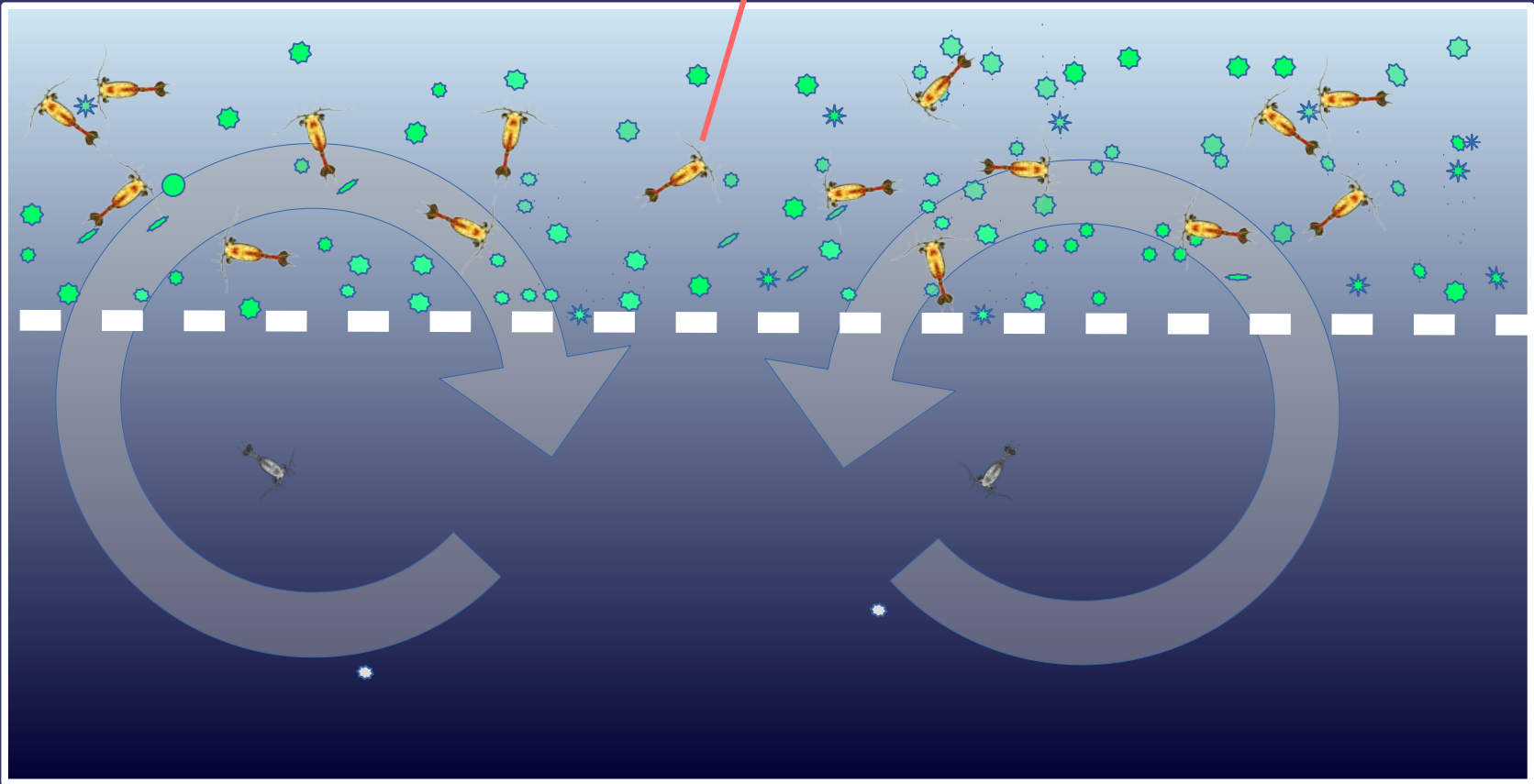
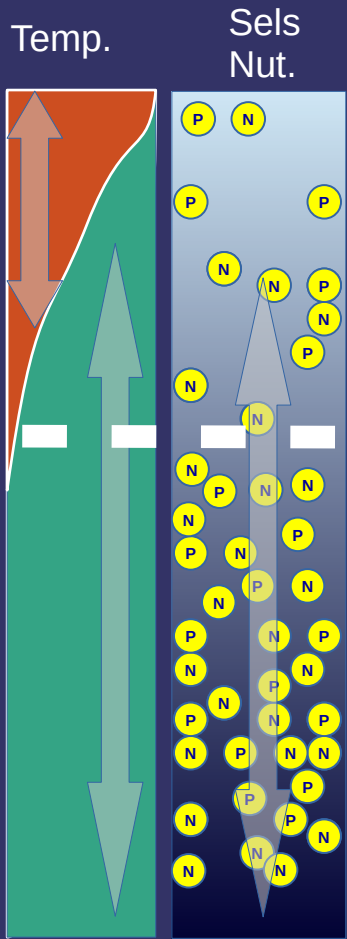
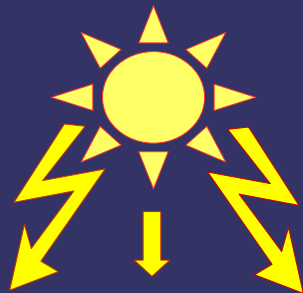


Développement du
plancton végétal
par photosynthèse

Temp.

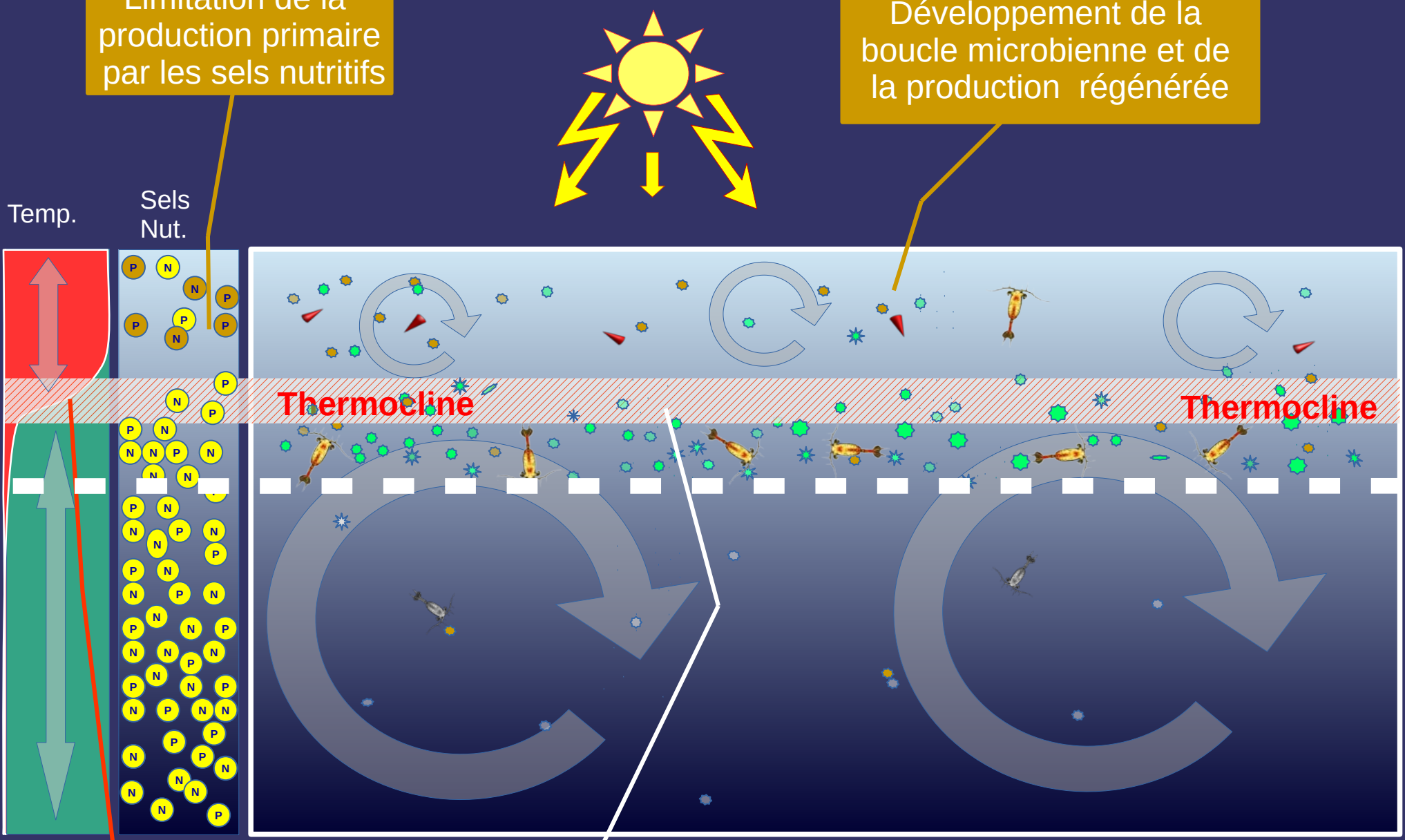


Développement
du plancton animal par
broutage du plancton végétal



Limitation de la production primaire par les sels nutritifs

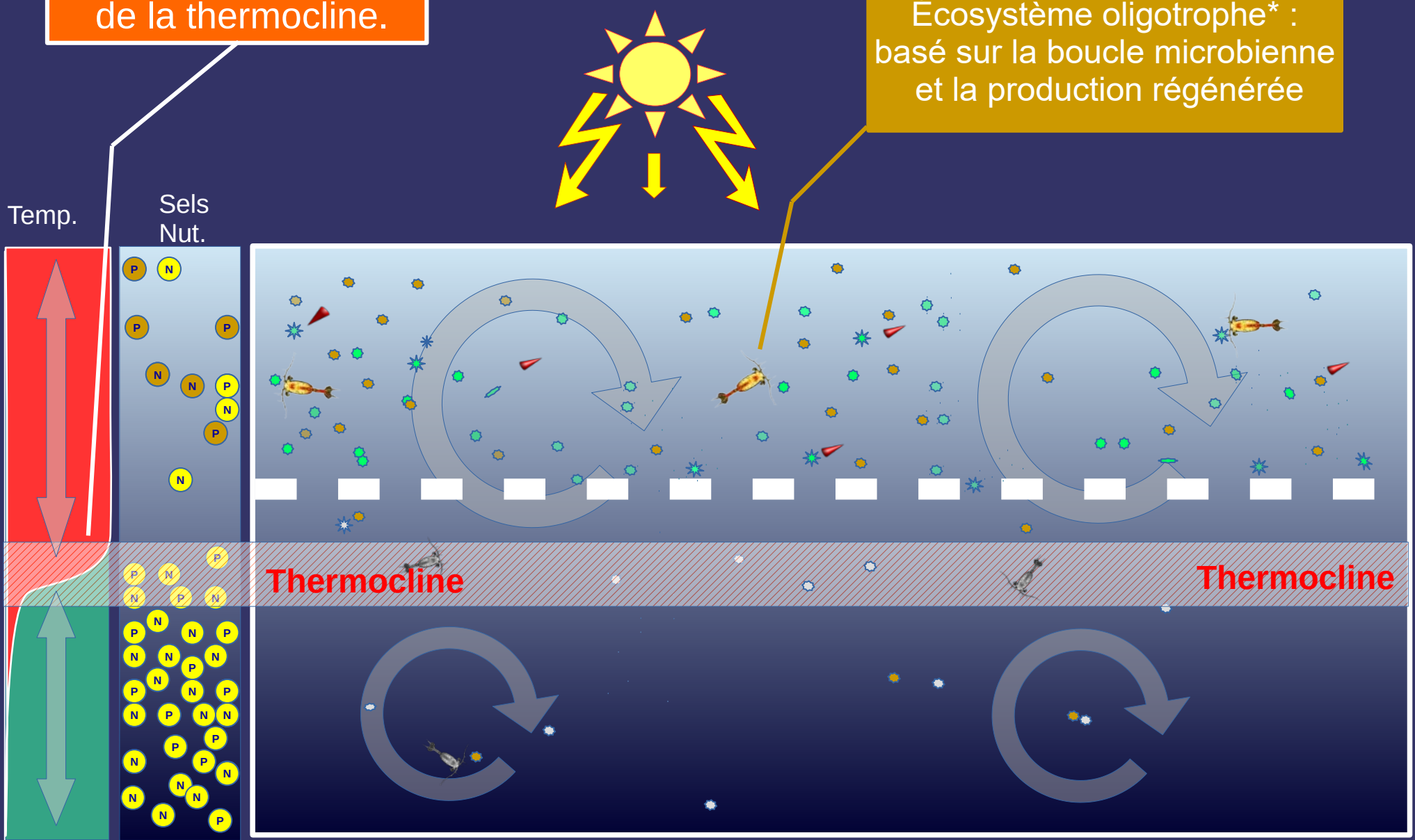
Développement de la boucle microbienne et de la production régénérée



Création d'une thermocline :
barrière physique entre les eaux superficielles et les eaux profondes.

Approfondissement
de la thermocline.

Écosystème oligotrophe* :
basé sur la boucle microbienne
et la production régénérée



* Milieu oligotrophe : milieu particulièrement pauvre en éléments nutritifs.

Illustration de la dynamique d'un système pélagique dans le temps
Cas réel : la station « point B », Villefranche/mer



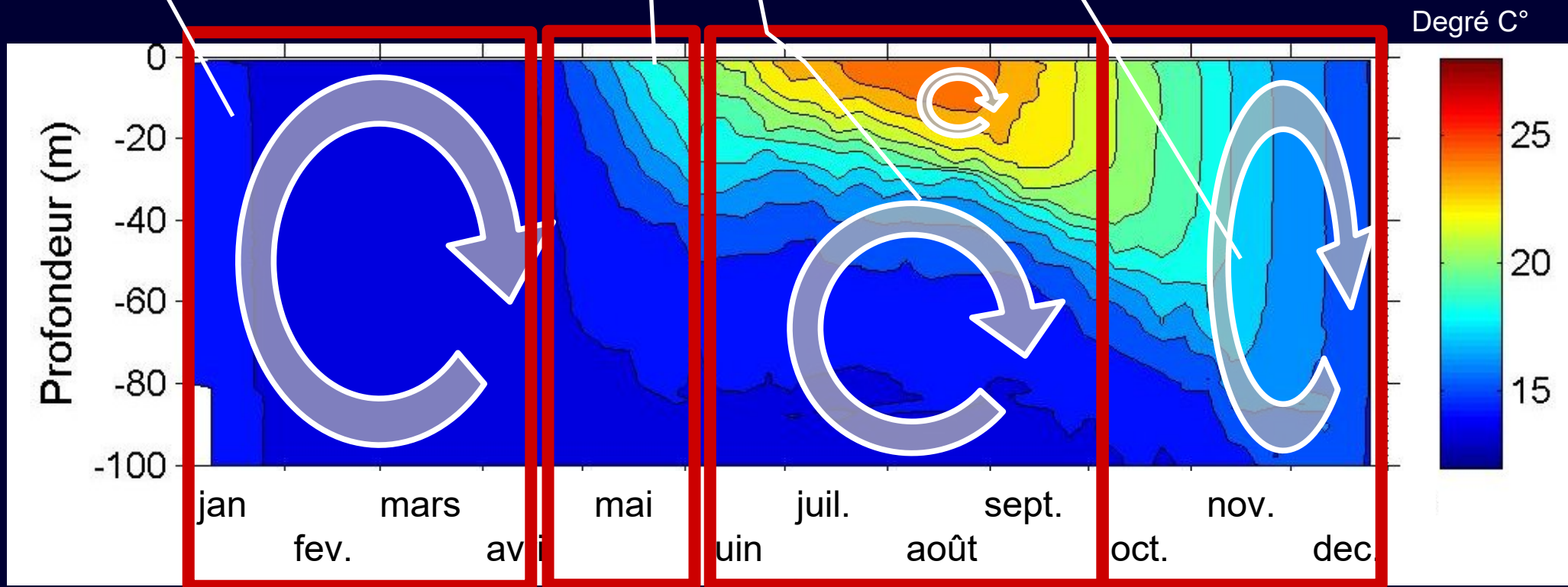
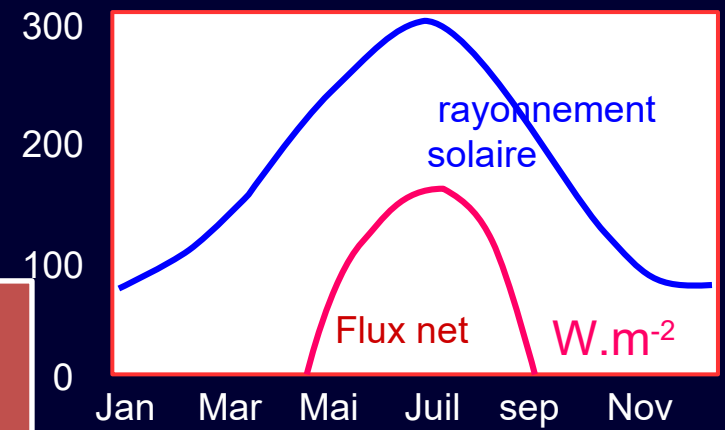
Cycle annuel de la température

Très faible stratification en hiver

Réchauffement de surface dû au bilan thermique

Thermocline saisonnière

Homogénéisation de la colonne d'eau lors de la déstratification automnale

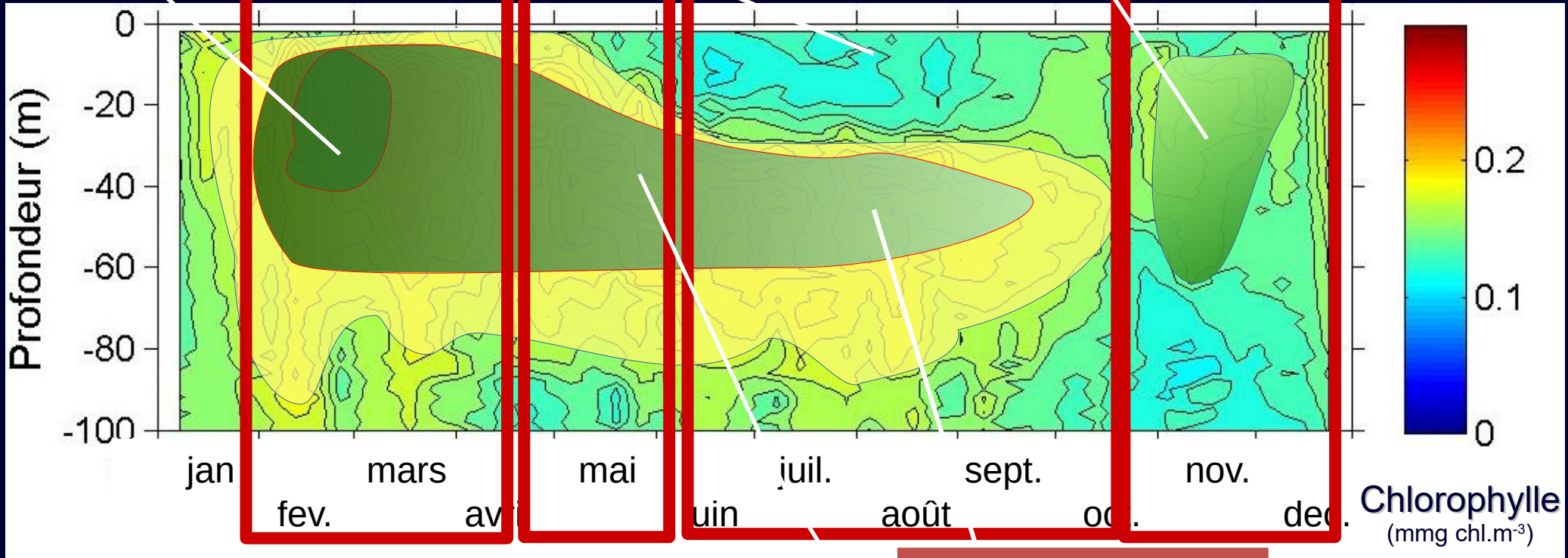


Cycle annuel du phytoplancton

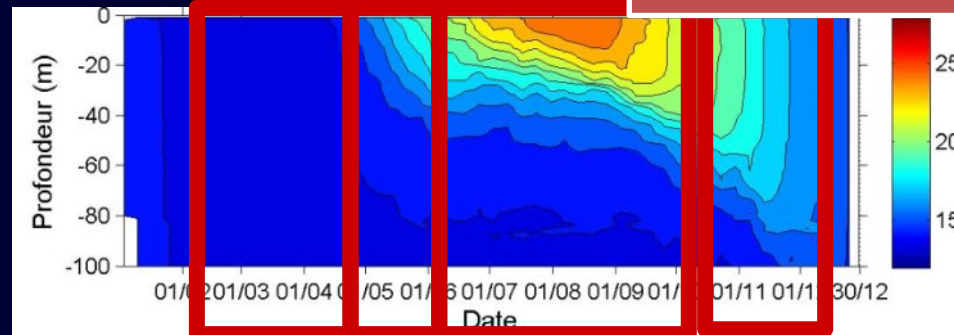
Bloom printanier

Oligotrophie de surface estivale

Bloom automnal dû à la dé-stratification



Production primaire sous la thermocline

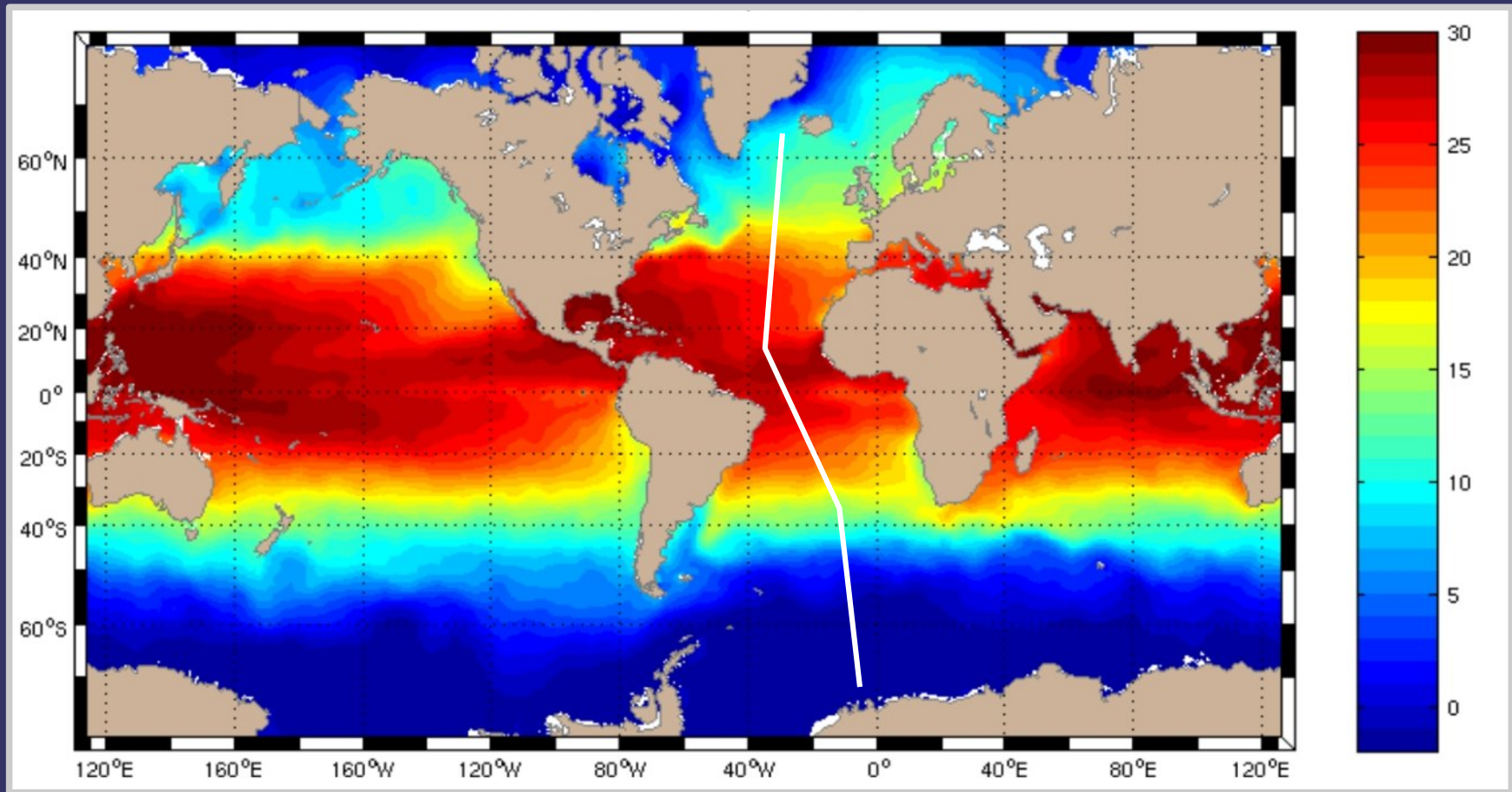


D'une vision dans le temps à une vision dans l'espace, ou la thermocline se rappelle à notre bon souvenir.

Fonctionnement de systèmes pélagiques tropicaux

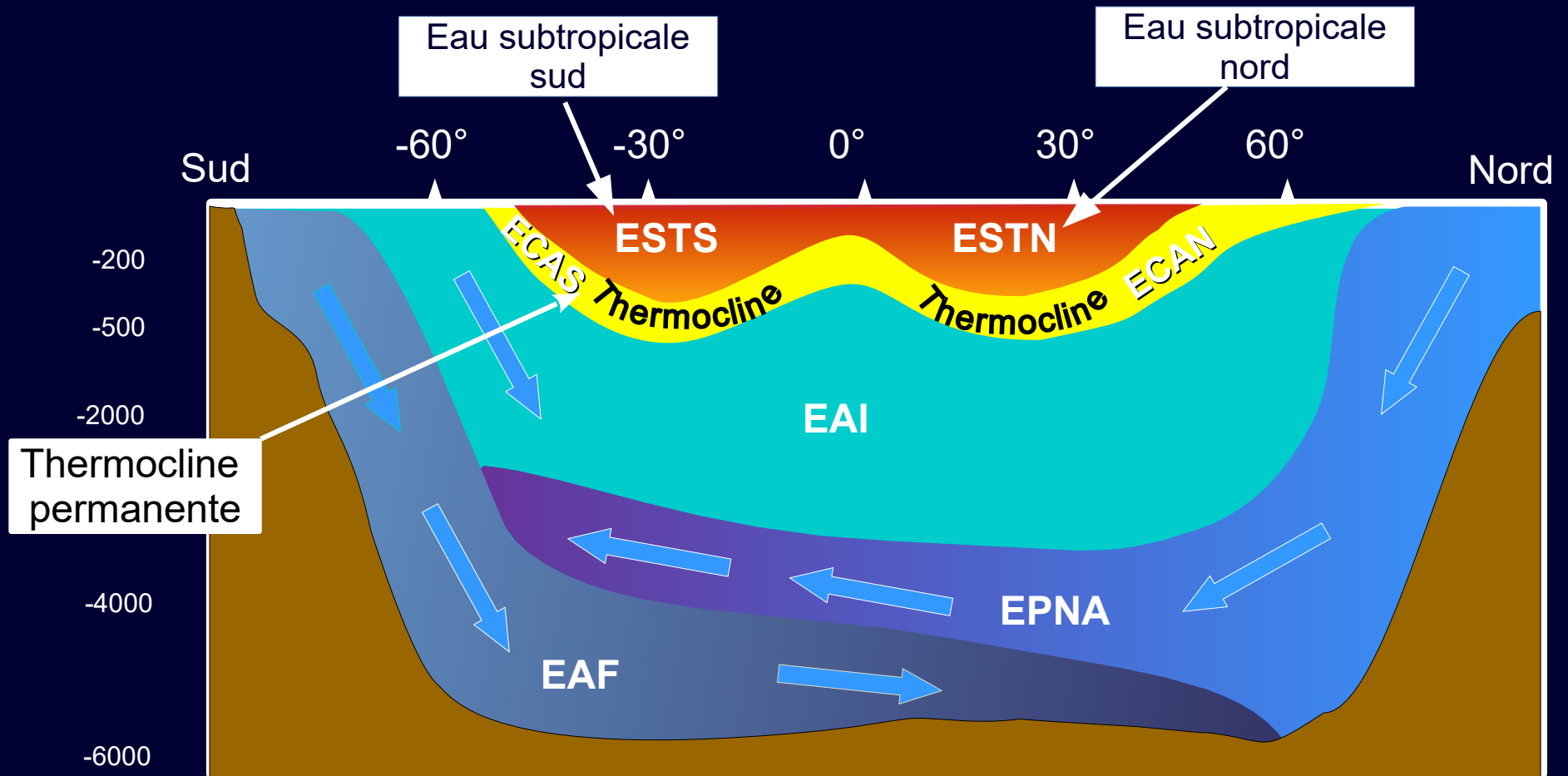
Températures de surface

Juillet 2008



Données des flotteurs Argo Coriolis/Ifremer

Schéma simplifié de la circulation océanique dans l'Atlantique



Inspiré de SEOS -Science Education through Earth Observation for High Schools

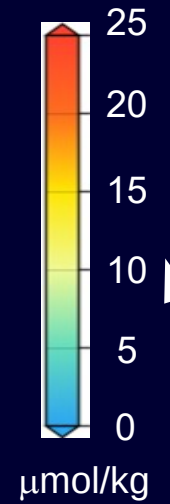
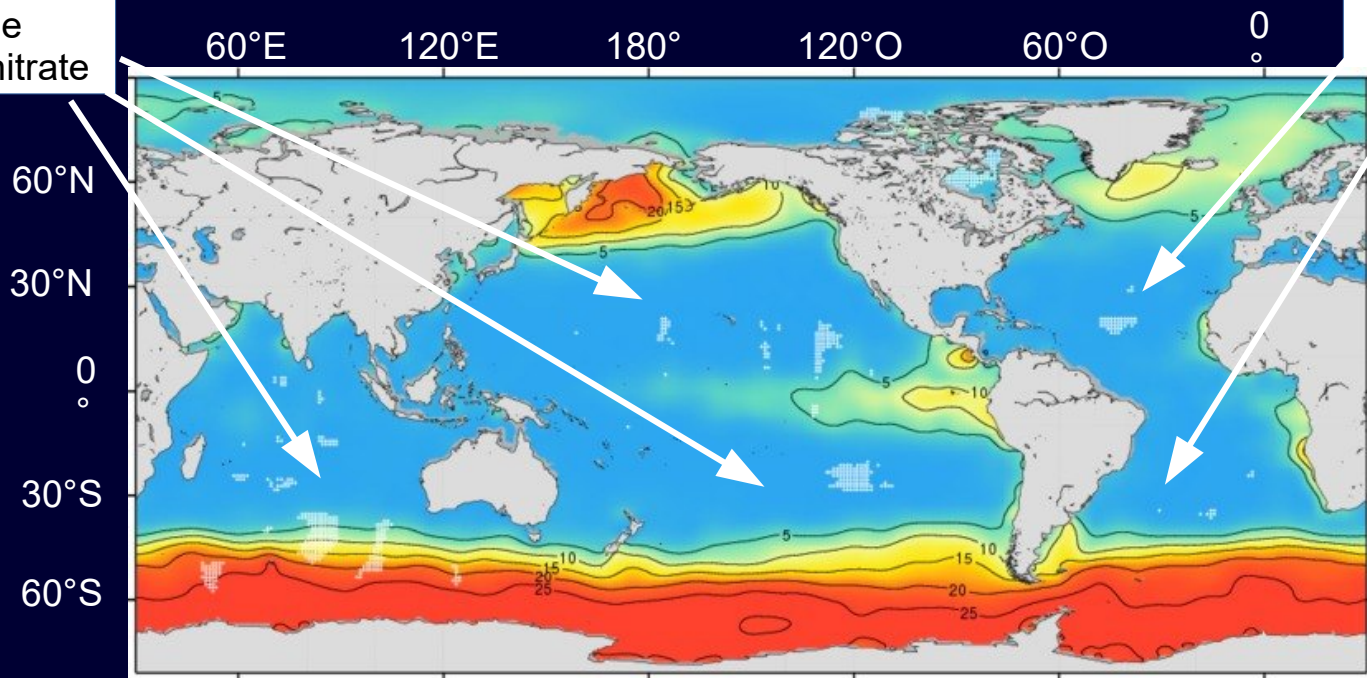
EAF : Eau antarctique de fond
EPNA : Eau profonde nord atlantique
EAI : Eau antarctique intermédiaire
ESTN, ESTS : Eau subtropicale nord et sud
ECAN, ECAS : Eau centrale atlantique nord et sud

Moyenne annuelle des nitrates ($\mu\text{mol/kg}$)

Zones de faible concentration en nitrate

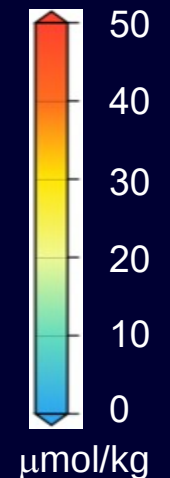
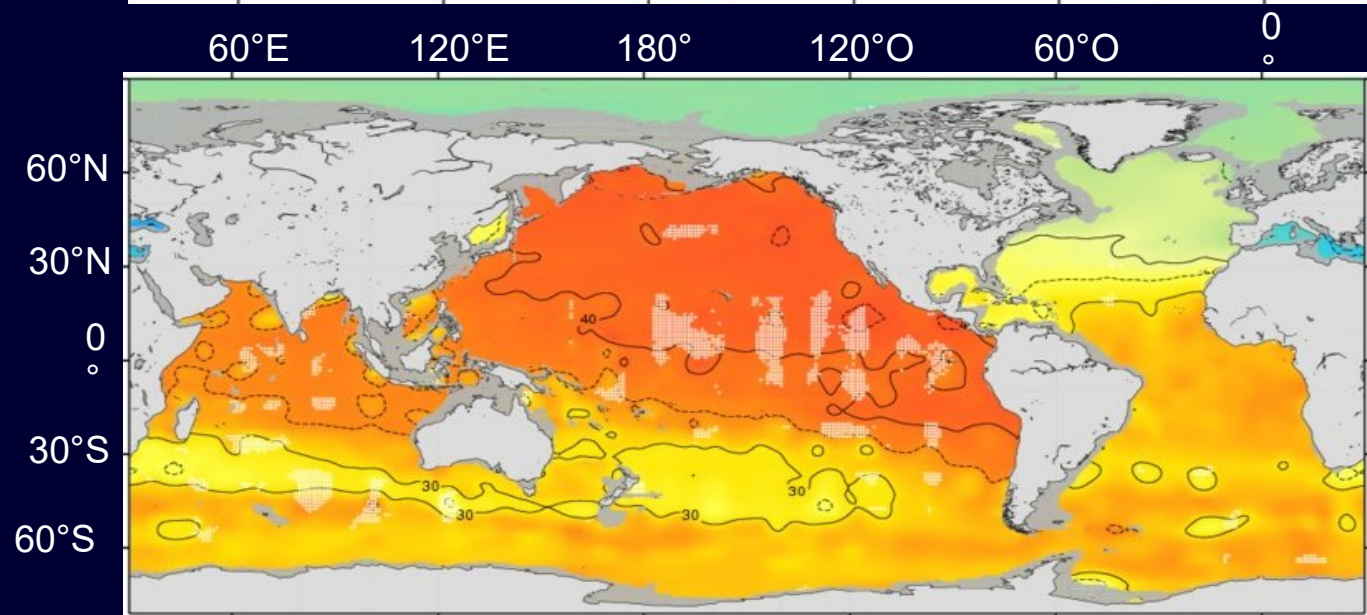
Zones de faible concentration en nitrate

à 30m



$\mu\text{mol/kg}$

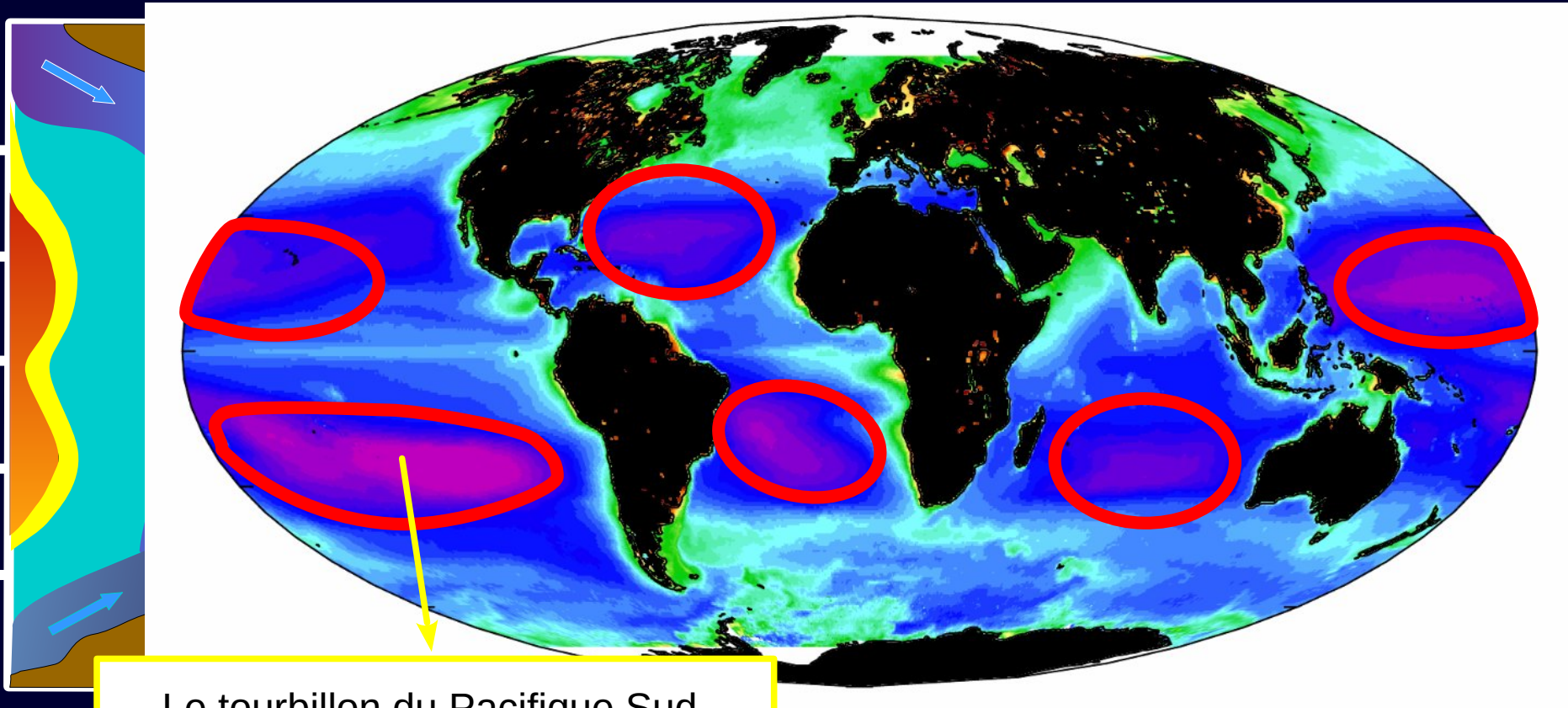
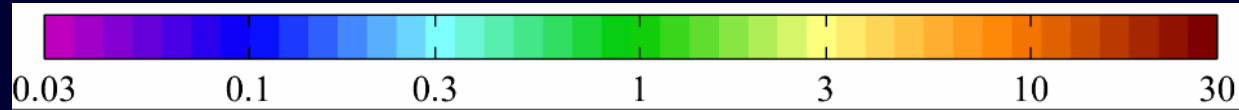
à 1000 m



$\mu\text{mol/kg}$

Échelles des couleurs différentes

Chlorophylle moyenne en surface, 1996 -2006. (mg chl.m⁻³)



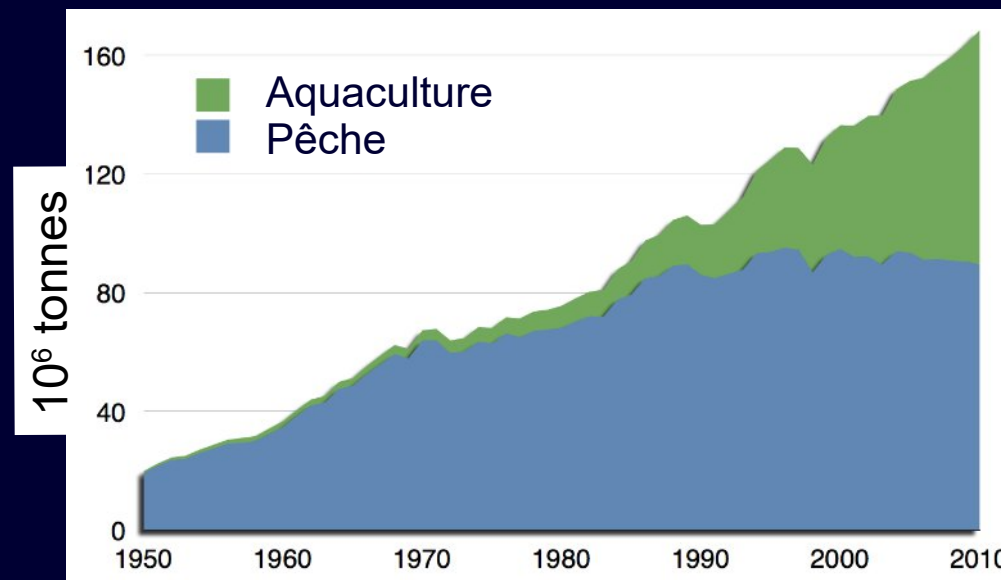
Le tourbillon du Pacifique Sud,
la zone la plus oligotrophe au monde

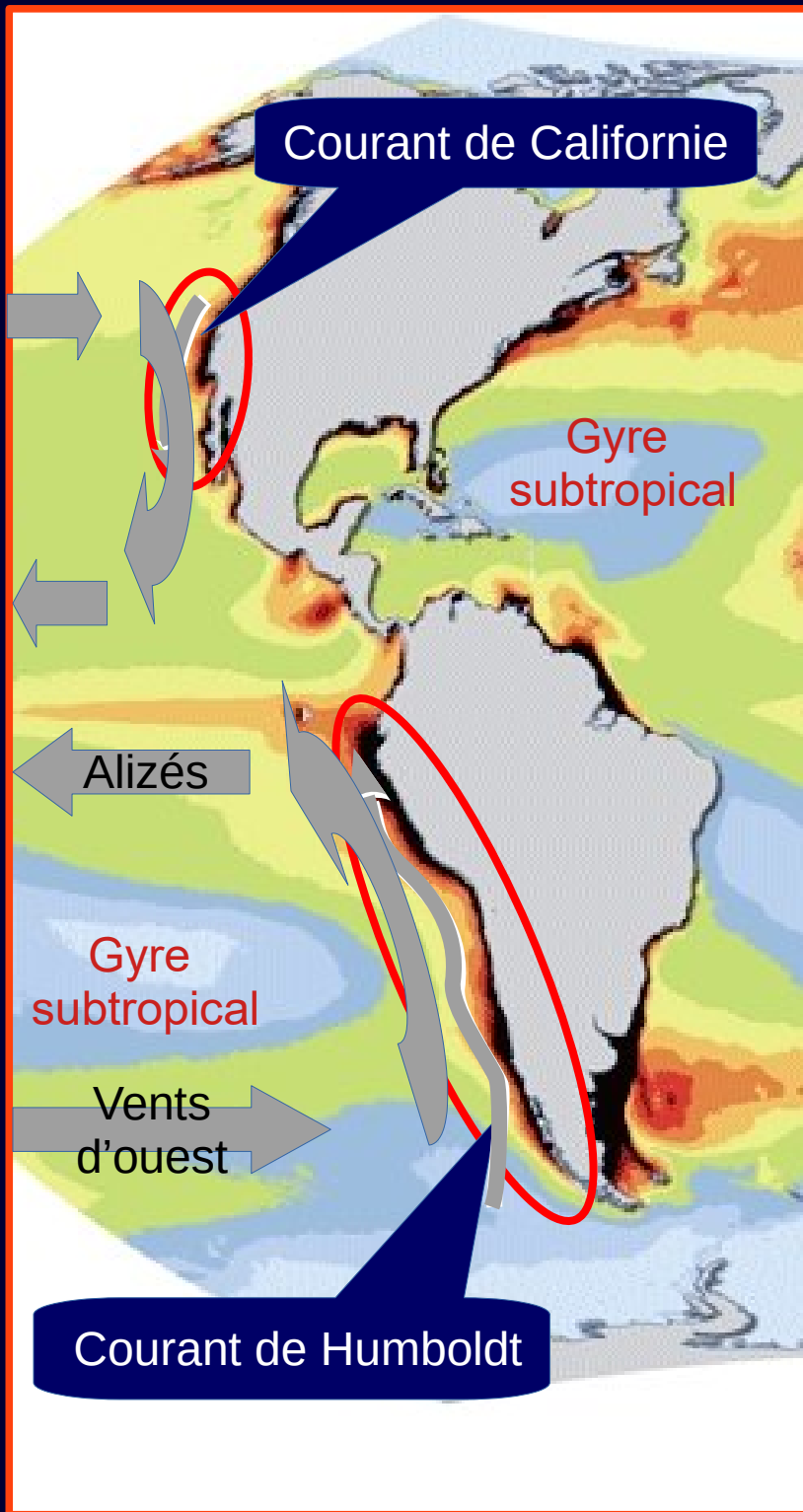
SeaWiFS. (NASA)

- Nitrates indétectables dans la couche 0-100m (et souvent 0-120m),
- Teneurs en chlorophylle inférieures à 0,03 mg Chl a m⁻³
- Maximum de chlorophylle très profond, en deçà de 120 m
- Eaux très claires : la couche euphotique s'étend au delà de 125 m voire 150 m

La suite de l'histoire où on reparle de thermocline
et où on répond à la question :

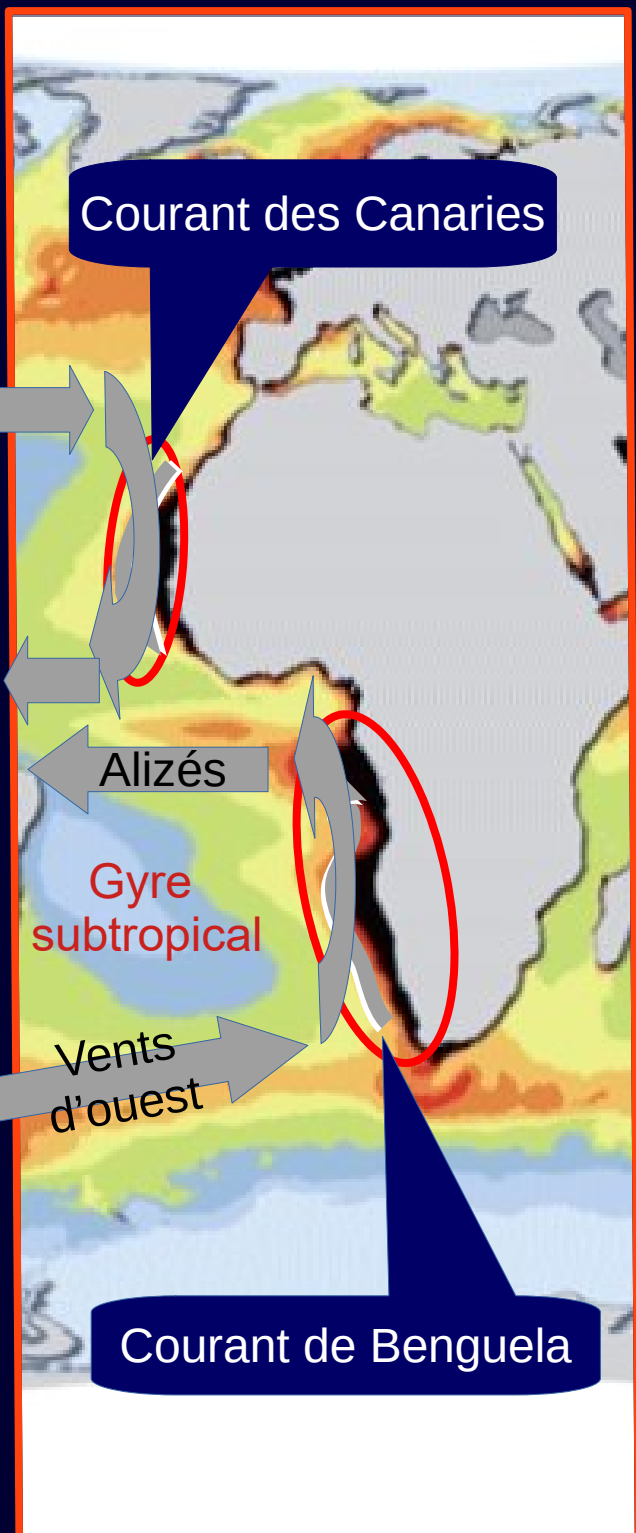
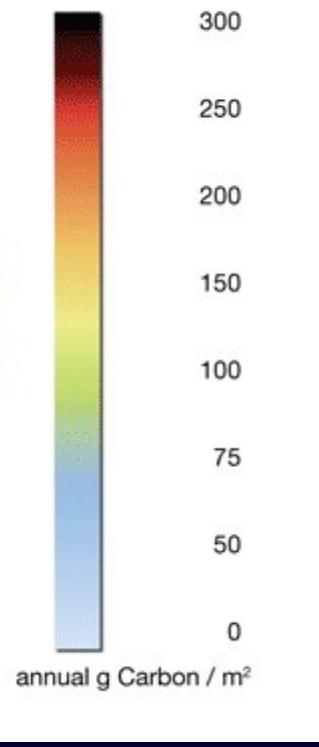
Pourquoi 3% de la surface des océans
représentent
de 20 à 35 % des captures de la pêche?





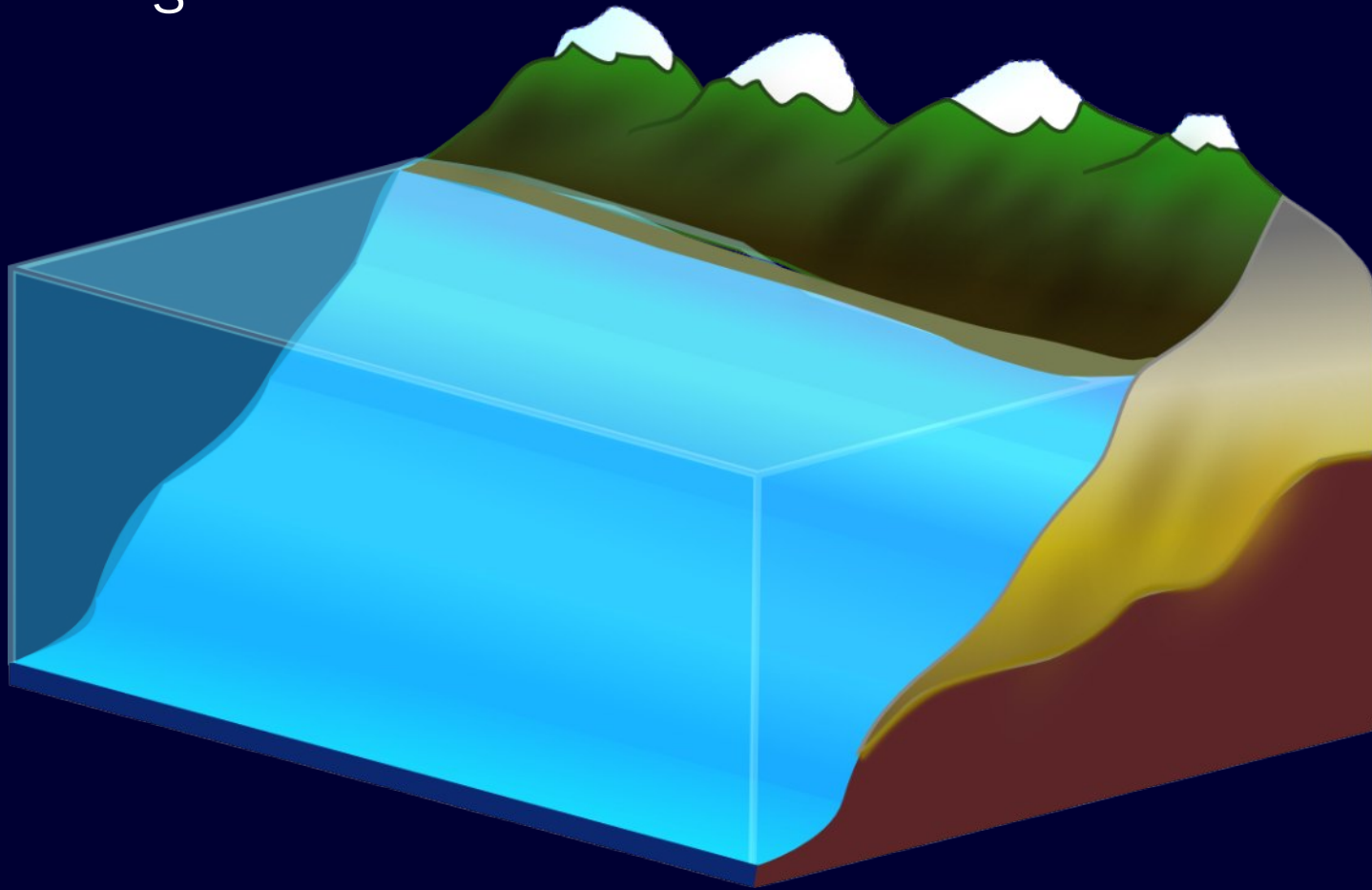
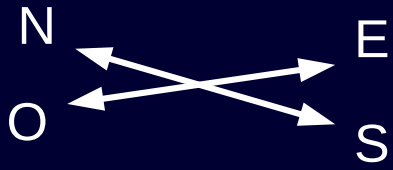
Upwelling remontée d'eau

Production primaire nette par an, 1998-2006

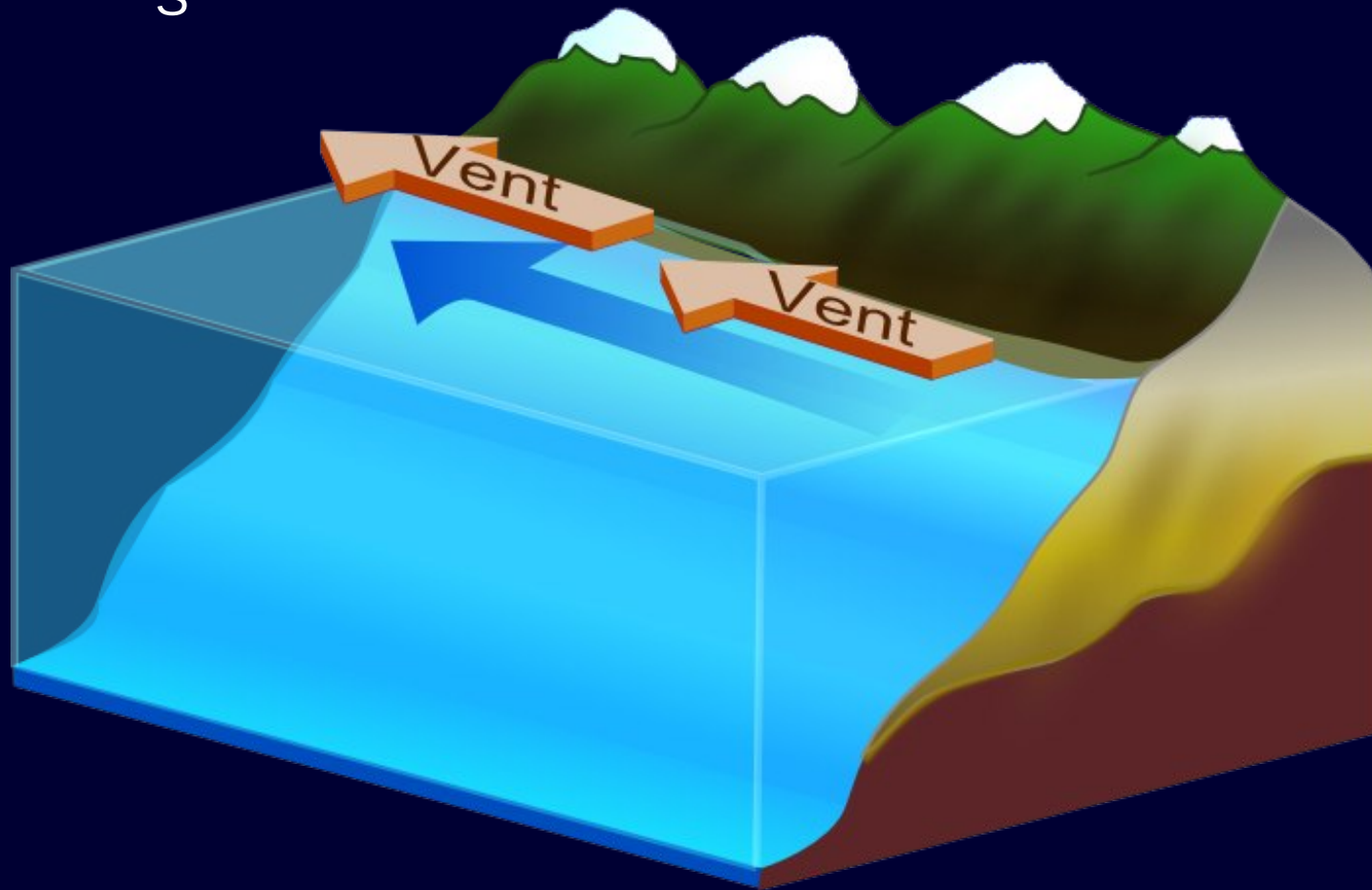
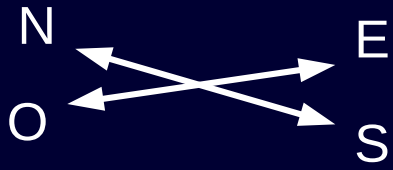


Source : Oregon state University, 2007

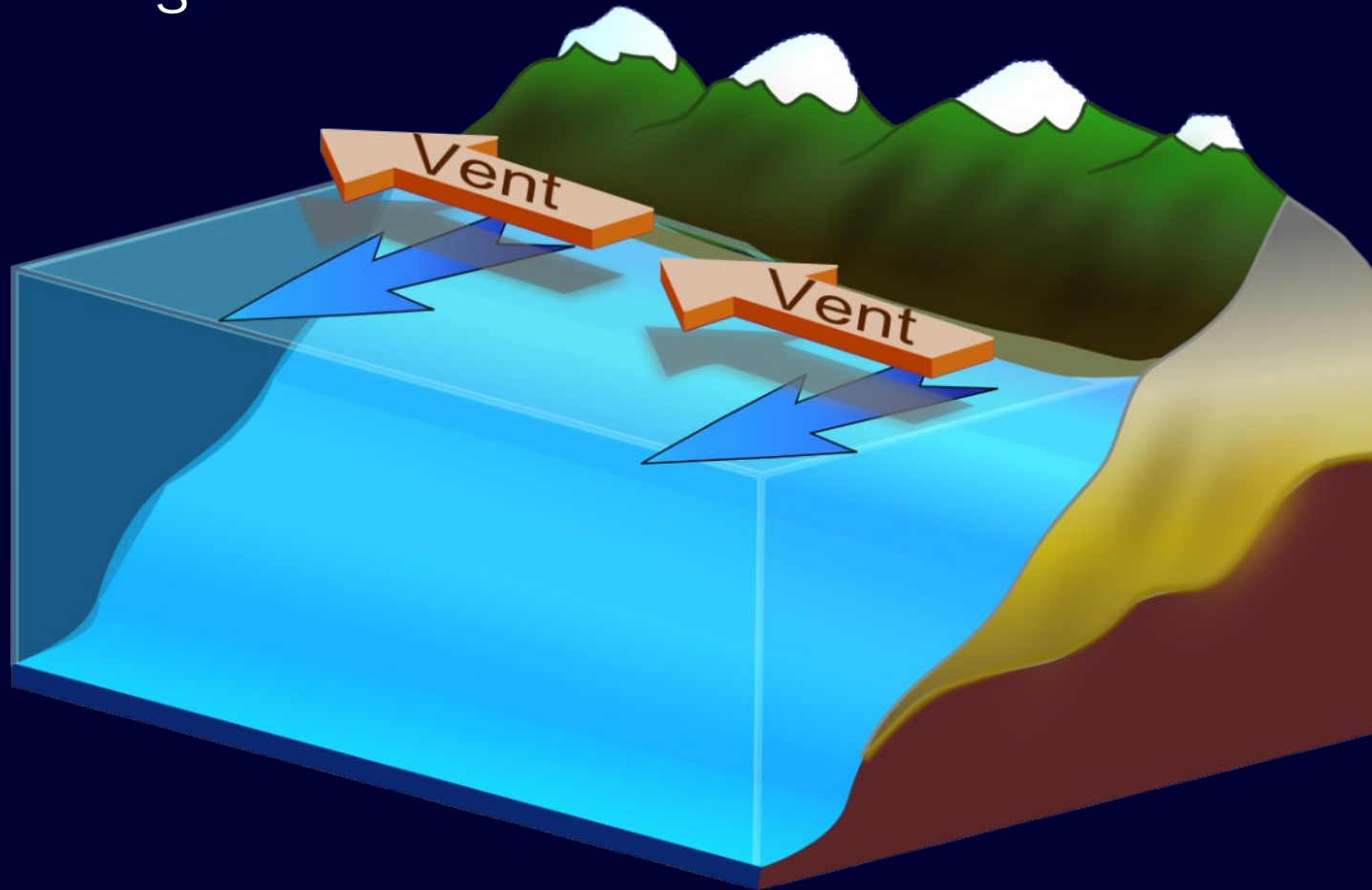
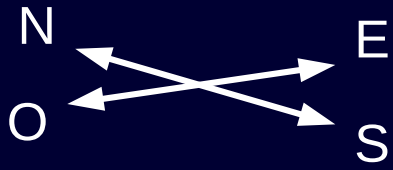
Upwelling dans hémisphère sud



Upwelling dans hémisphère sud

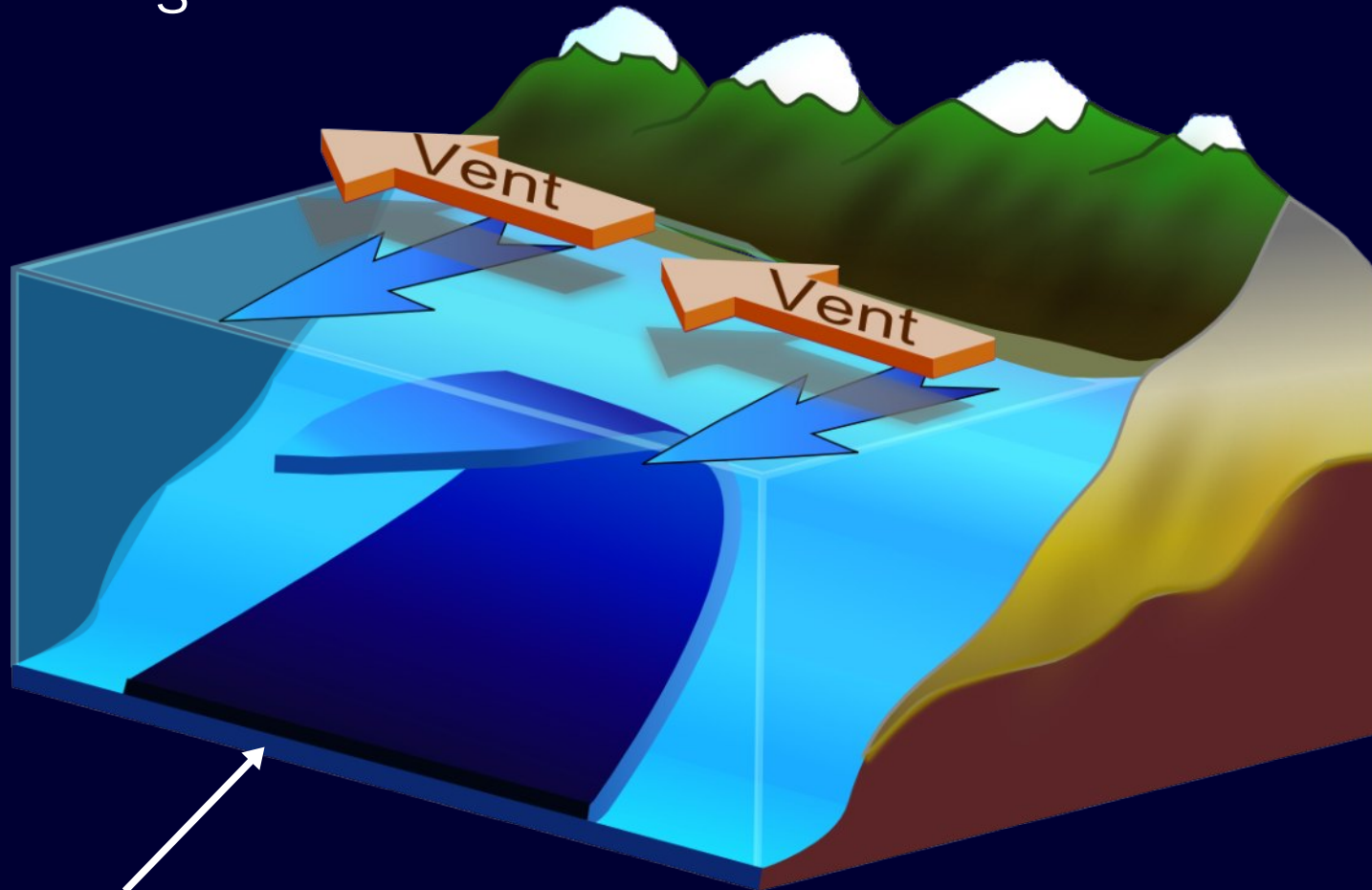
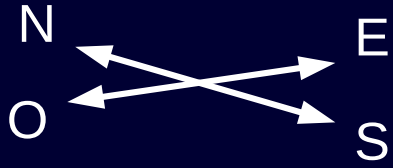


Upwelling dans hémisphère sud



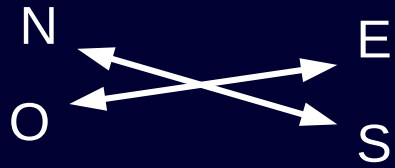
Effets de la force de Coriolis,
vers la gauche dans hémisphère sud.

Upwelling dans hémisphère sud

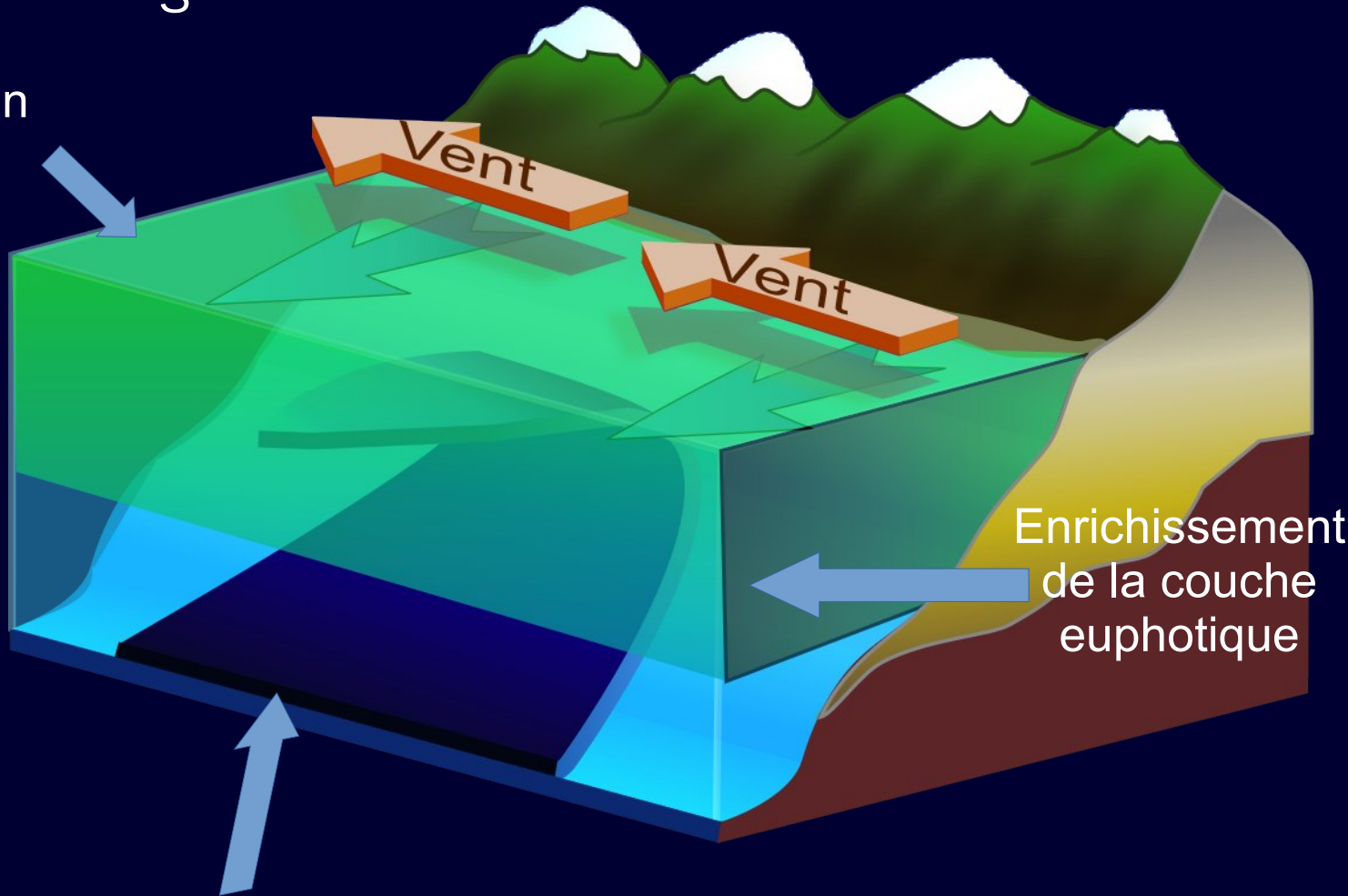


Création d'un « Upwelling »
(remontée d'eau)

Upwelling dans hémisphère sud



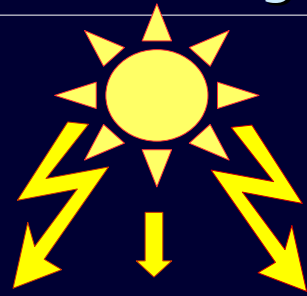
Production
primaire
élevée



Enrichissement
de la couche
euphotique

Remontée d'eau profonde
riche en sels nutritifs

Forçage externe (vent) crée une dynamique qui va entraîner un mélange localisé des deux couches.



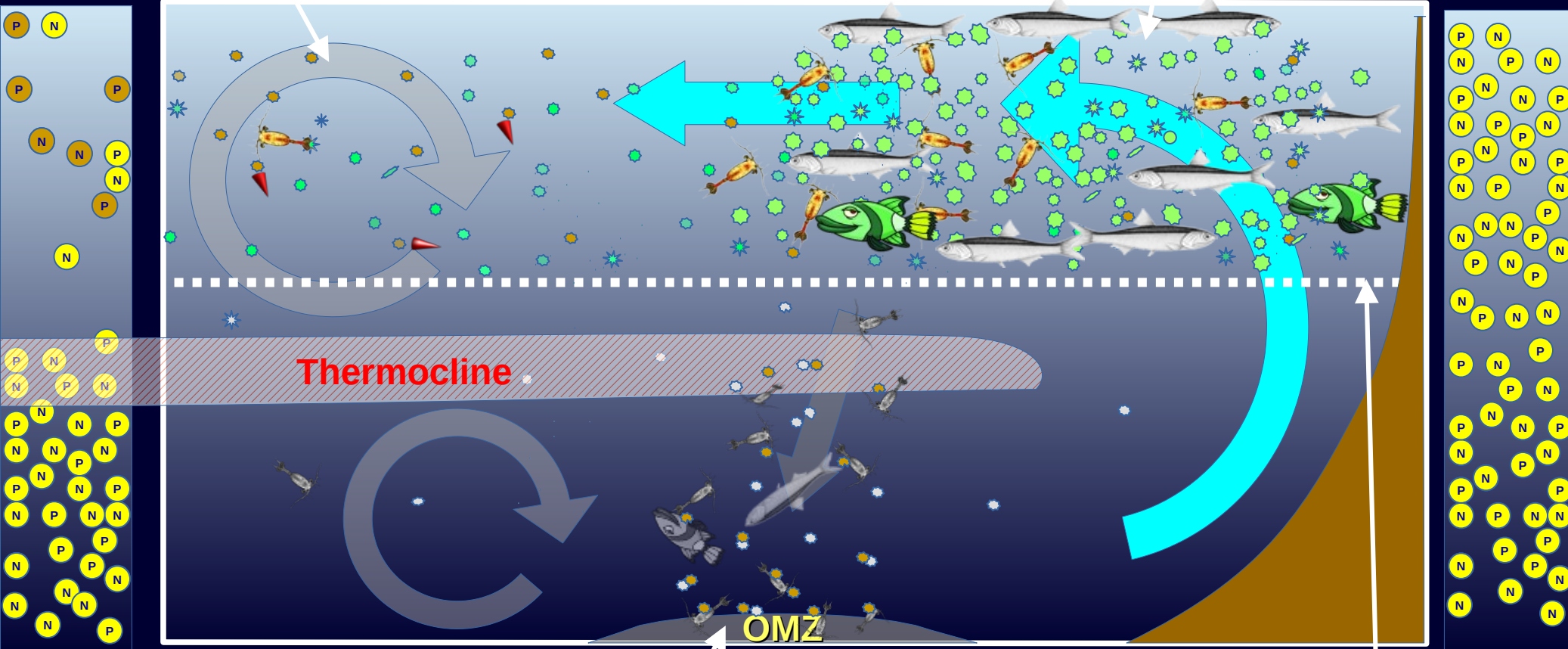
Zone oligotrophe

Zone eutrophe

Upwelling

Sels Nut.

Sels Nut.



Thermocline

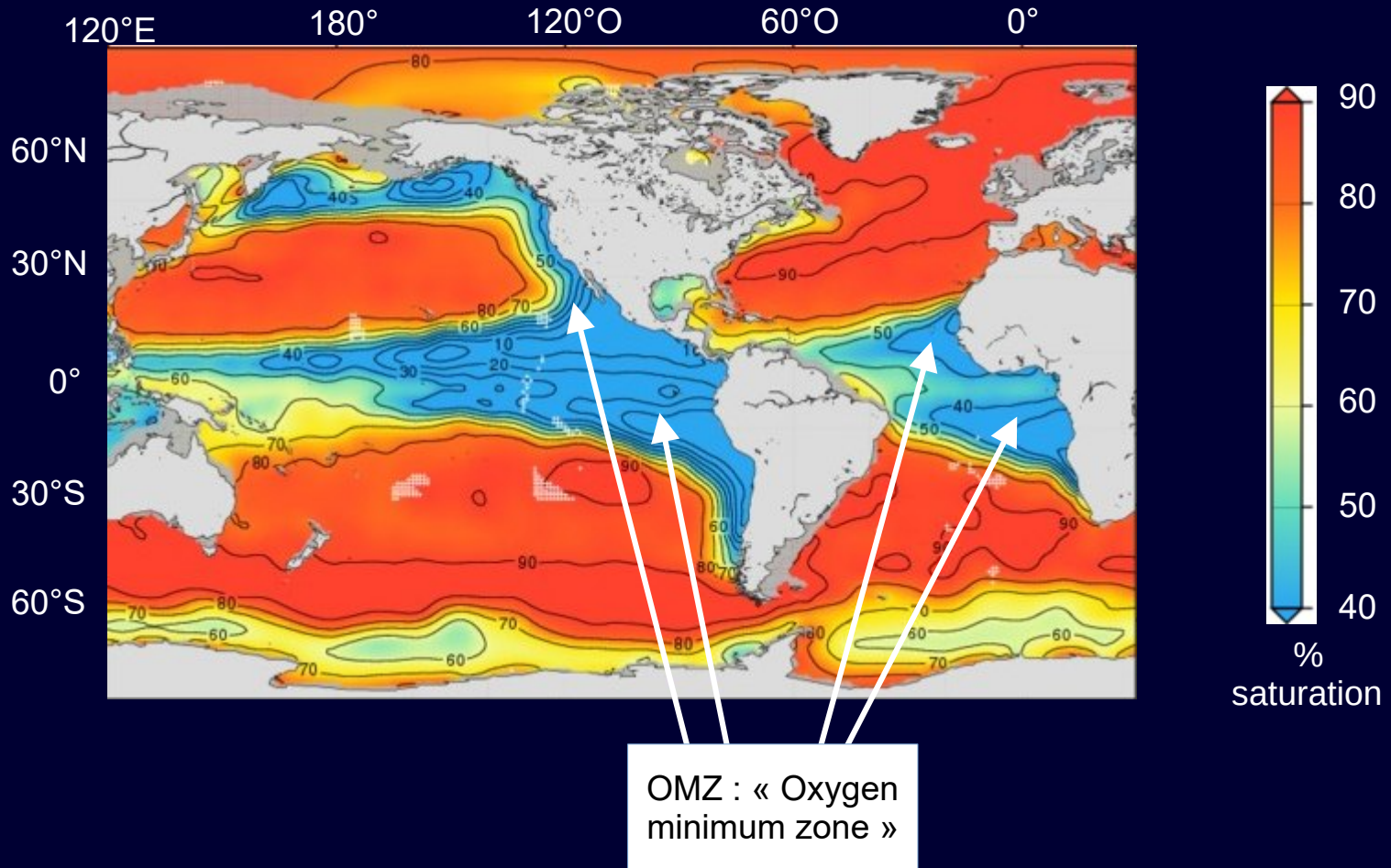
OMZ

OMZ : « Oxygen minimum zone »

Profondeur de compensation

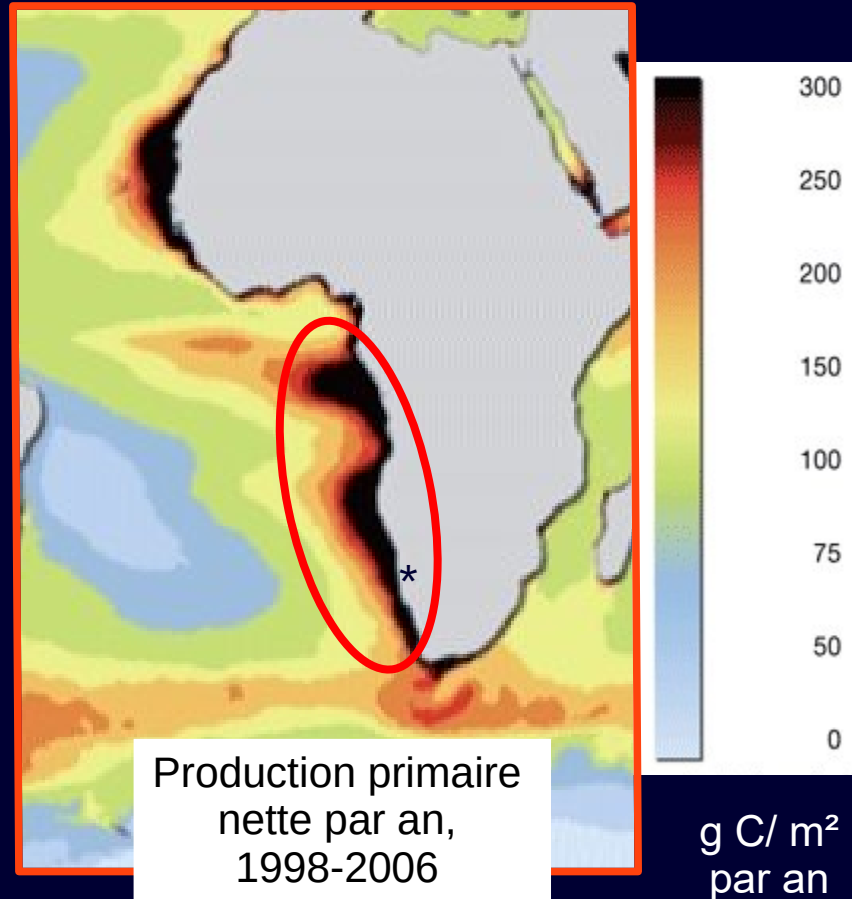
OMZ : « Oxygen minimum zone »

Moyenne annuelle de l'oxygène à 200 m (% de saturation)



Upwelling du courant du Benguela

Production phytoplanctonique



Deux sous-écosystèmes : nord (sud de l'Angola et Namibie) et sud (ouest et sud de l'Afrique du Sud) séparés par la cellule permanente d'upwelling de Lüderitz *.

Pêche : actuellement autour de 2 millions de tonnes, dans les années 70 entre 4 et 5 millions de tonnes.

Upwelling du courant du Benguela

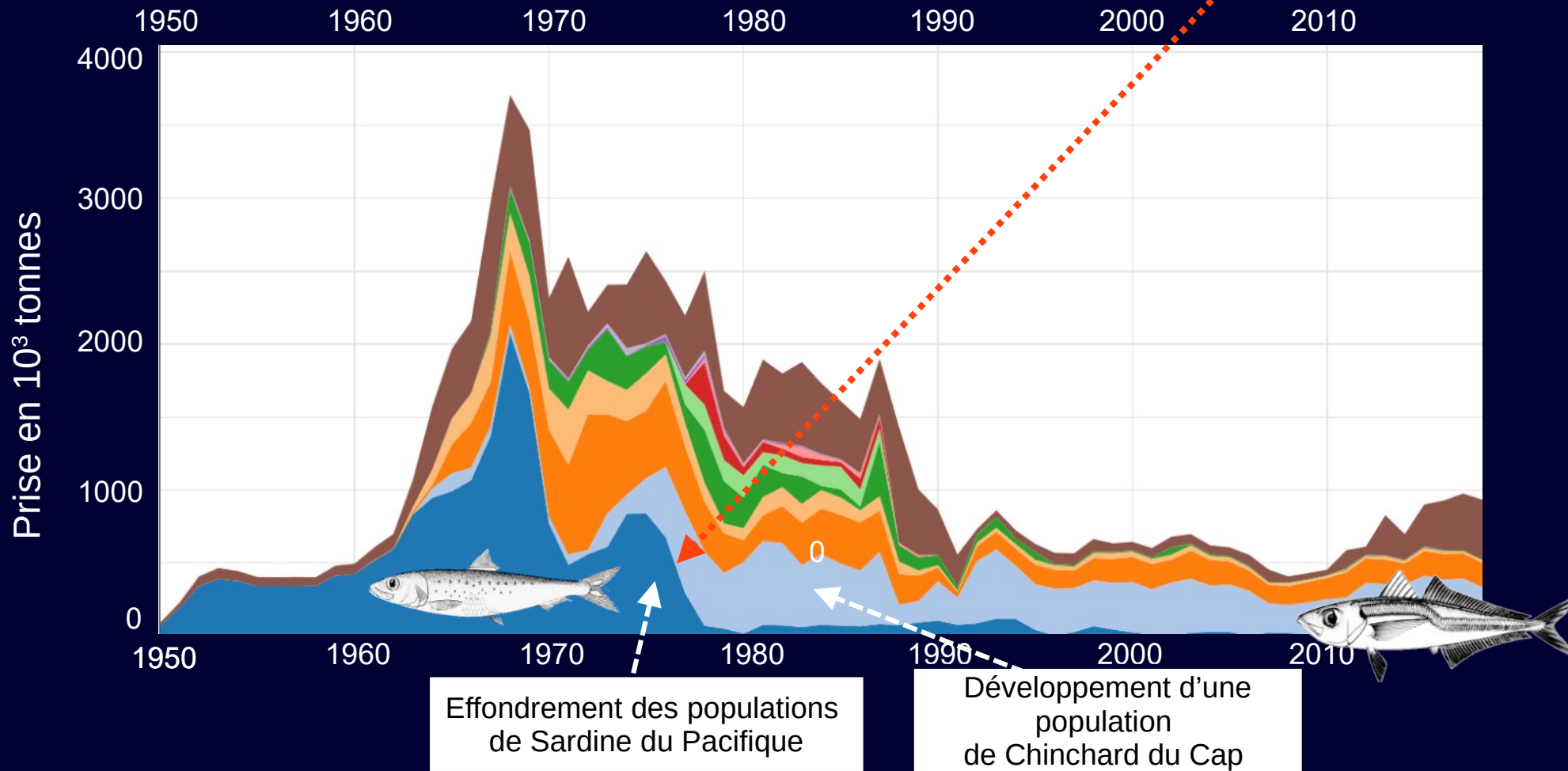


Walvis Bay, Namibie

Upwelling du courant du Benguela

Statistique des pêches (Namibie)

Régime shift



Effondrement des populations de Sardine du Pacifique

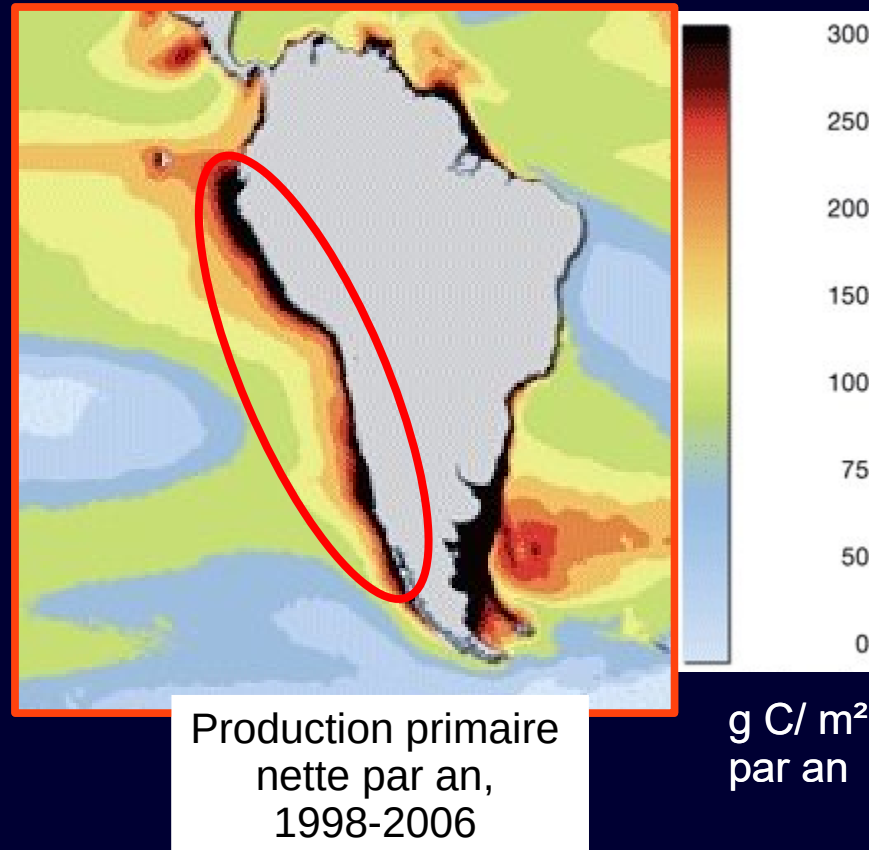
Développement d'une population de Chinchard du Cap

- Sardinops sagax
- Trachurus capensis
- Merluccius
- Lophius vomerinus
- Engraulis capensis
- Sardinella
- Trachurus trecae
- Trachurus
- Dentex macrophthalmus
- Perciformes
- Others

- South American pilchard
- Cape horse mackerel
- Hakes
- Devil anglerfish
- Southern African anchovy
- Sardinellas
- Cunene horse mackerel
- Jacks, horse mackerels
- Large-eye dentex
- Perch-likes
- Others

Upwelling du courant de Humboldt

Production phytoplanctonique

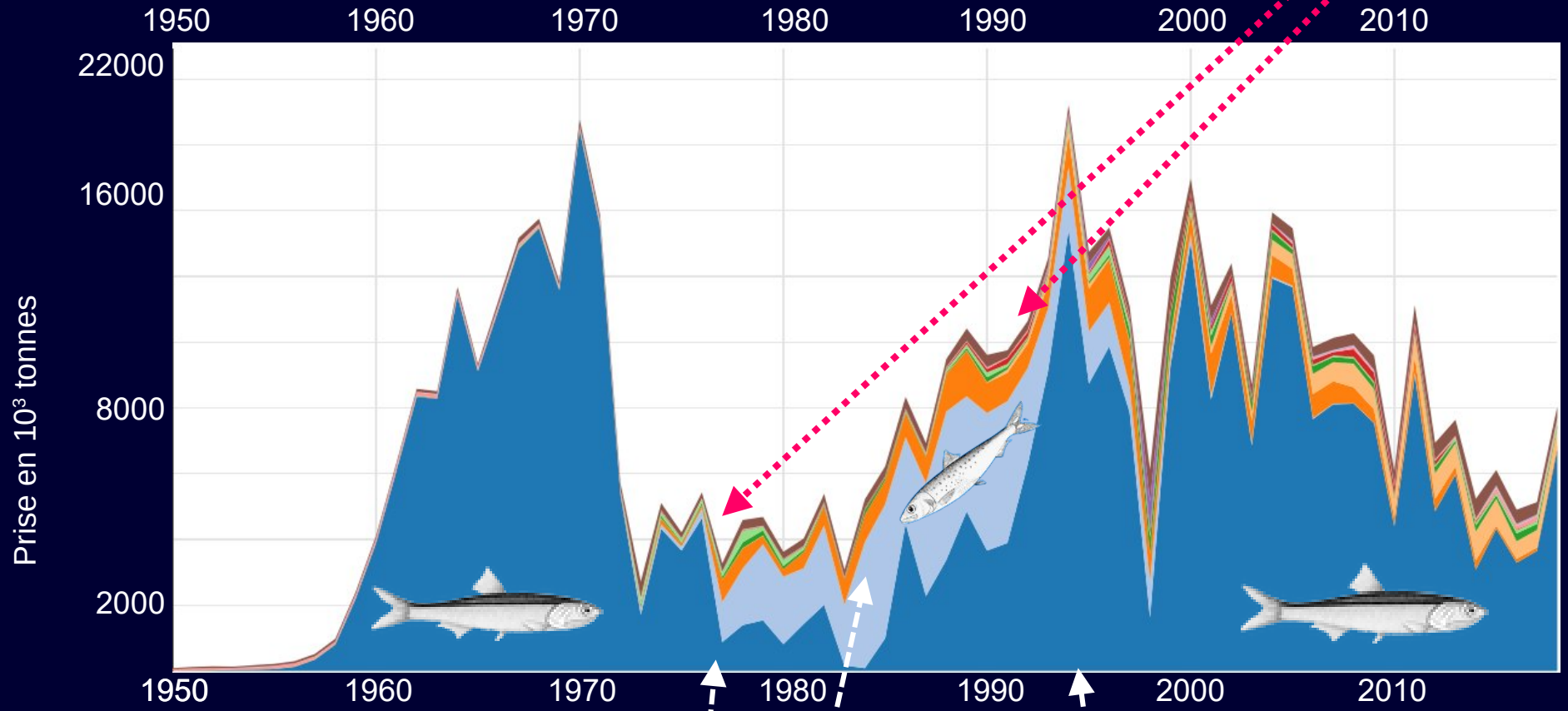


Représentant moins de 1% de la surface de l'océan mondial, il fournit 15 à 20% des captures maritimes mondiales (jusqu'à près de 20 millions de tonnes par an pour le Pérou et le Chili réunis).

Upwelling du courant de Humboldt

Statistique des pêches

«regime shift»



Effondrement des populations d'anchois et remplacement par la sardine du pacifique

Rétablissement des populations d'anchois et diminution de la sardine du pacifique

- *Engraulis ringens*
- *Sardinops sagax*
- *Trachurus murphyi*
- *Dosidicus gigas*
- *Scomber japonicus*
- *Merluccius gayi peruanus*
- *Clupeidae*
- *Sarda chiliensis*
- *Anchoa nasus*
- *Katsuwonus pelamis*
- Others

- Anchoveta
- South American pilchard
- Chilean jack mackerel
- Jumbo flying squid
- Pacific chub mackerel
- Peruvian hake
- Herrings, sardines, menhadens
- Eastern Pacific bonito
- Longnose anchovy
- Skipjack tuna
- Others

Petit film de l'IRD

La suite de la suite de l'histoire où on reparle de thermocline, d'Upwelling et où on répond à la question :

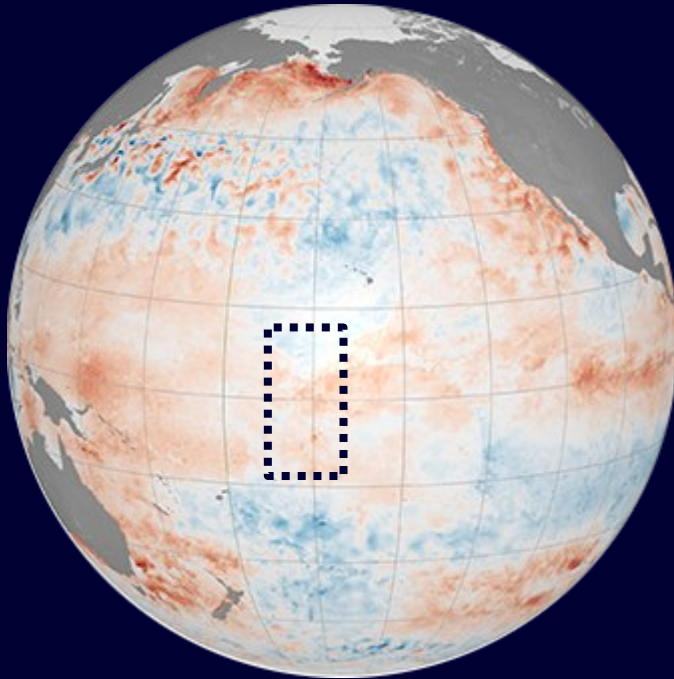
Pourquoi les anchois du Pérou n'aiment pas la période de Noël certaines années ?

L'Oscillation du Pacifique Sud,
le phénomène El Niño (ENSO, El Niño Southern Oscillation)

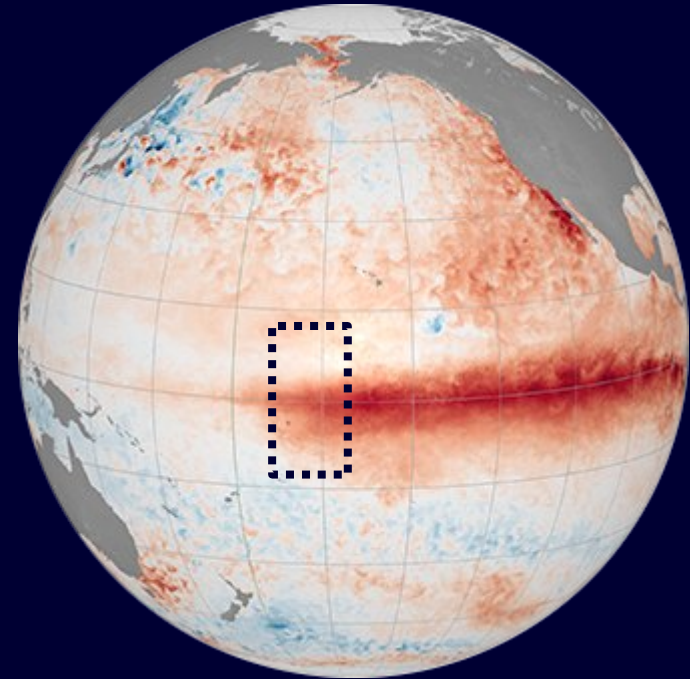
J'aime pas Noël



Anomalies de température de surface dans l'océan Pacifique



janvier 2015



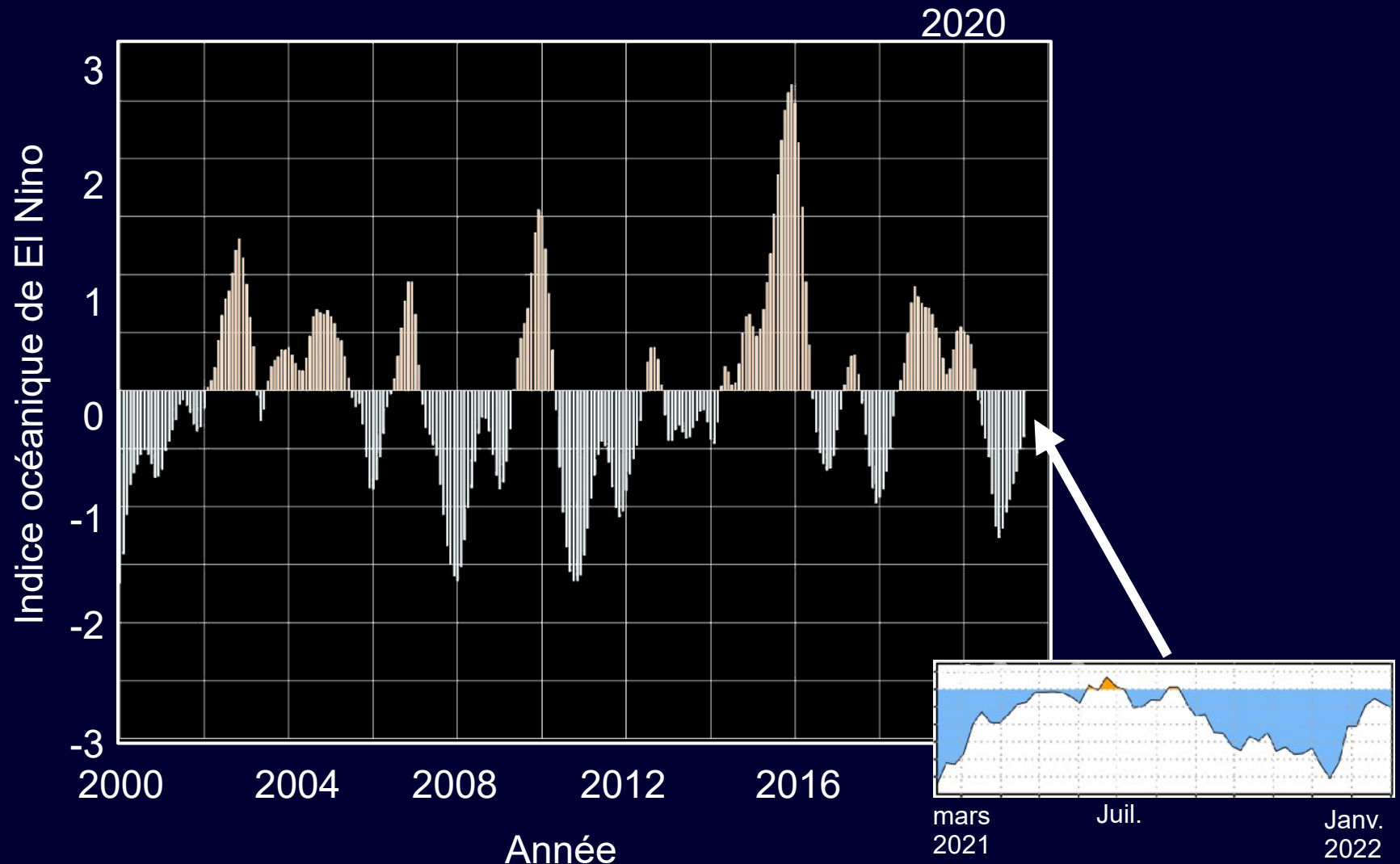
novembre 2015

Anomalie de température de surface (°C)



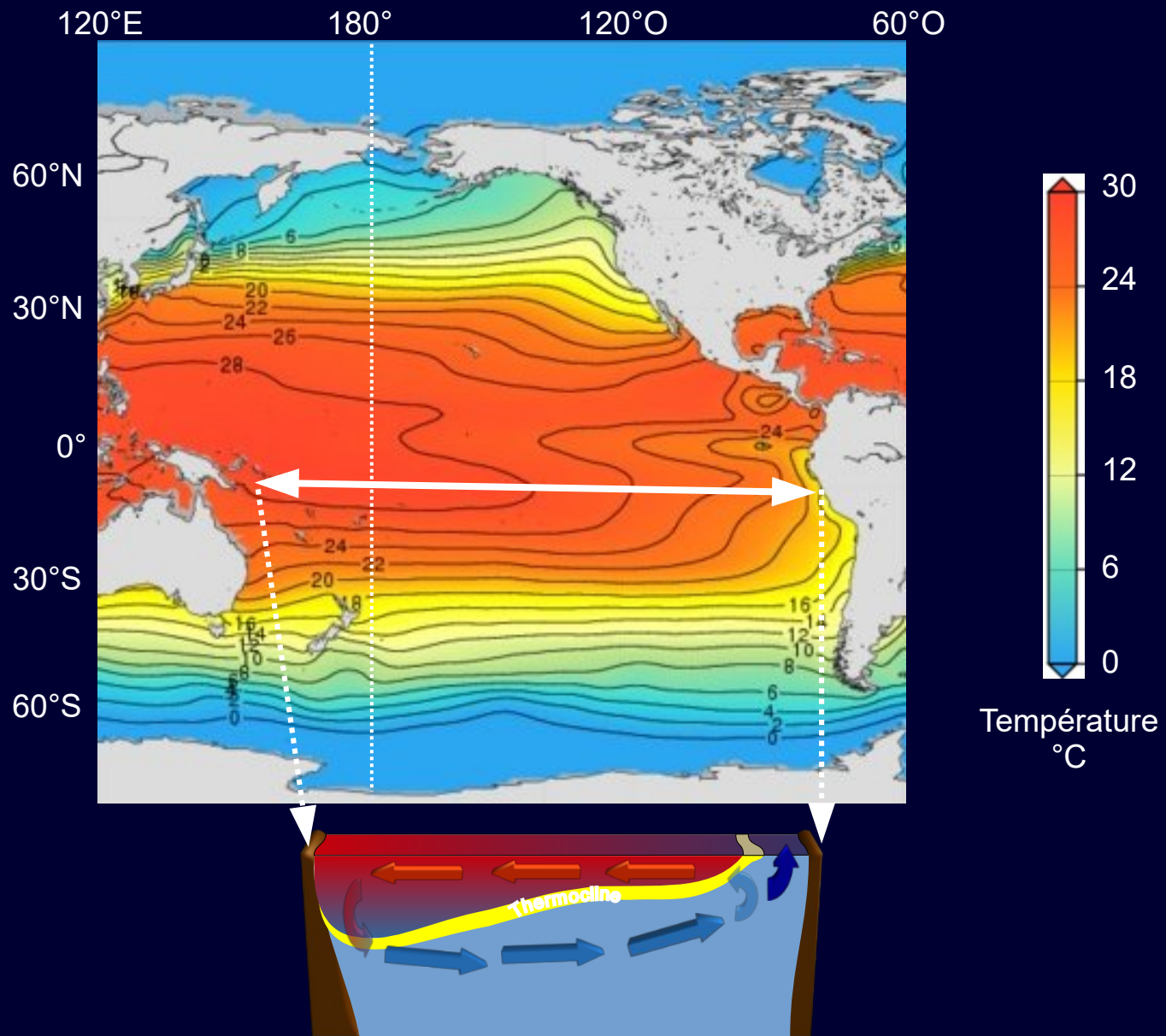
Anomalie : écart à la moyenne calculée sur une période donnée

Anomalies de températures SST par rapport à la moyenne 1981–2010



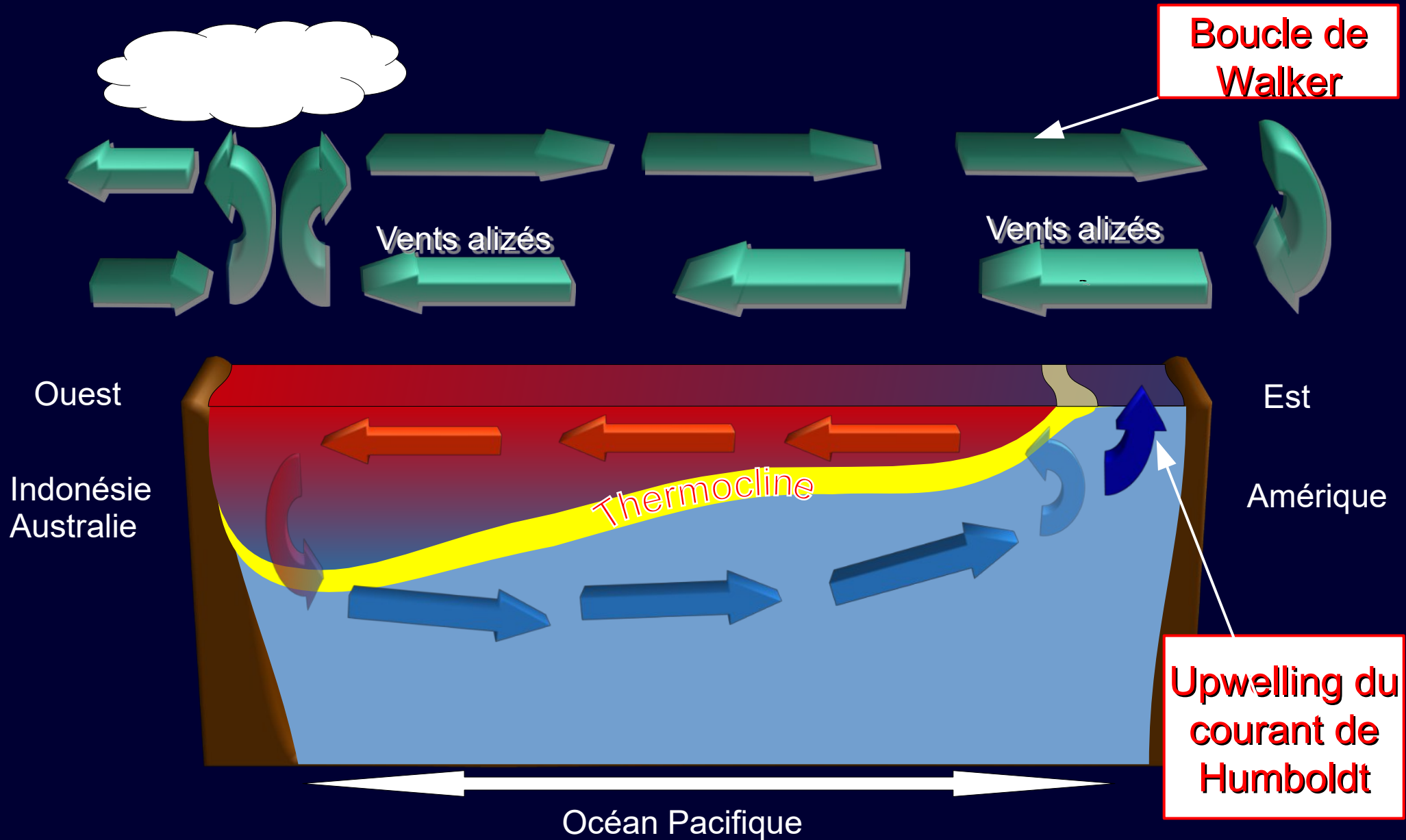
Anomalies trimestrielles de températures SST par rapport à la moyenne 1981-2010
(près de la ligne de changement de date internationale.)

Température de surface (SST en °C)



Oscillation du pacifique sud, phénomène El Niño

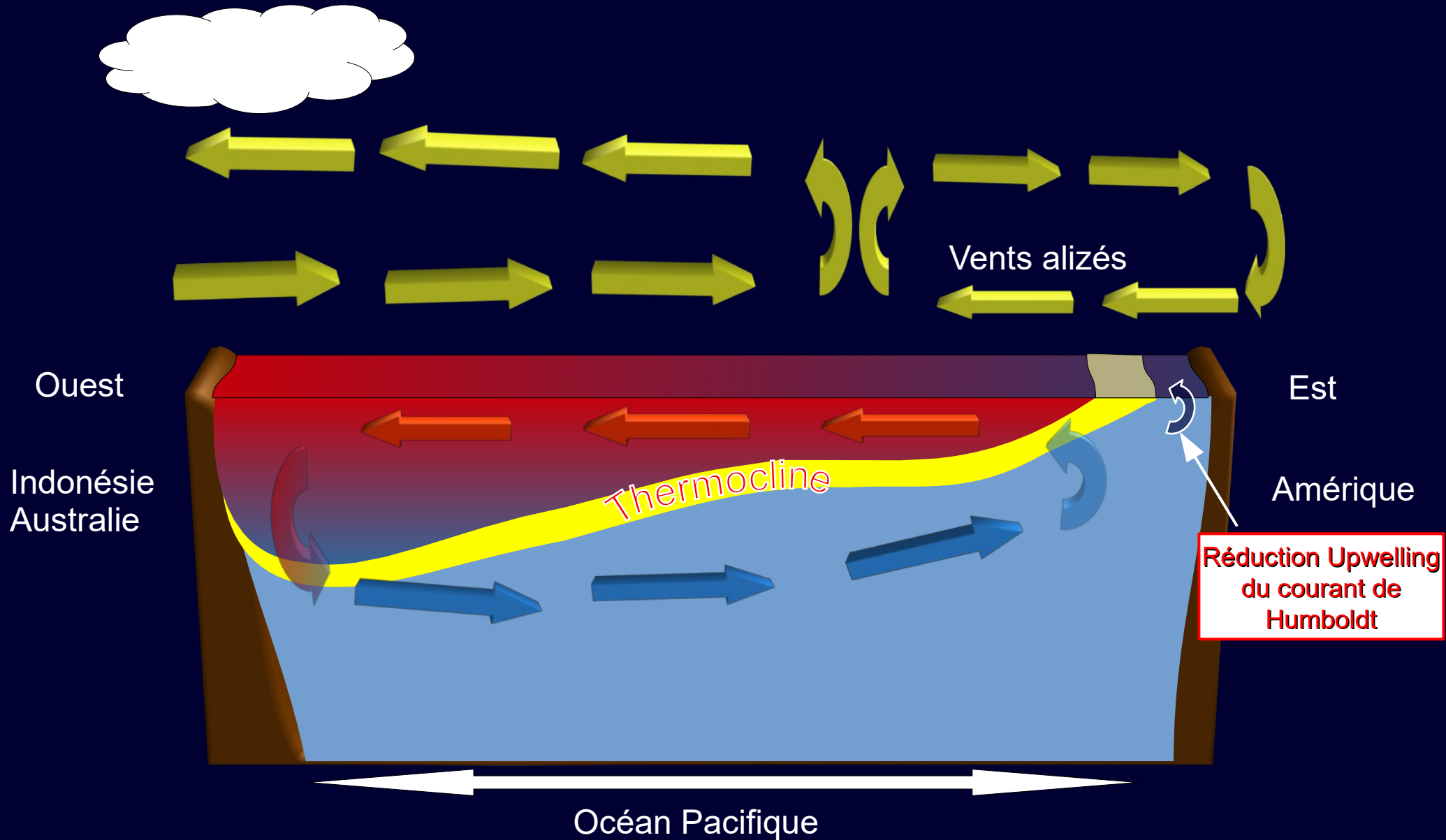
Situation «neutre »



Les événements El Niño apparaissent d'une manière irrégulière, tous les 2 à 7 ans

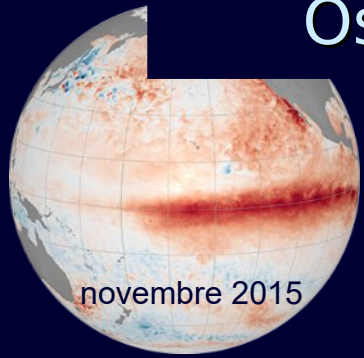
Oscillation du pacifique sud, phénomène El Niño

Situation Pré-«El Niño»

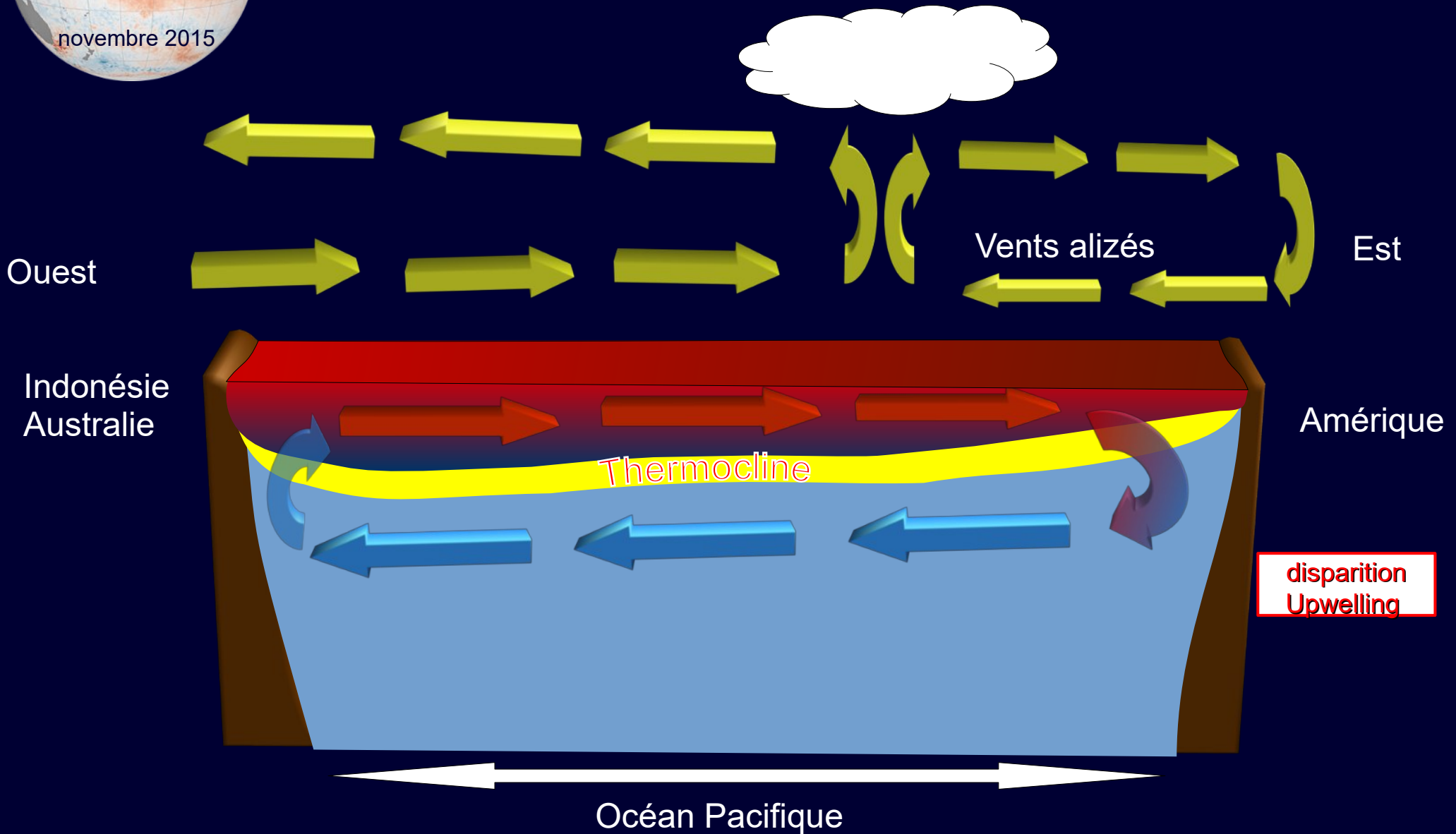


Les événements El Niño apparaissent d'une manière irrégulière, tous les 2 à 7 ans

Oscillation du pacifique sud, phénomène El Niño



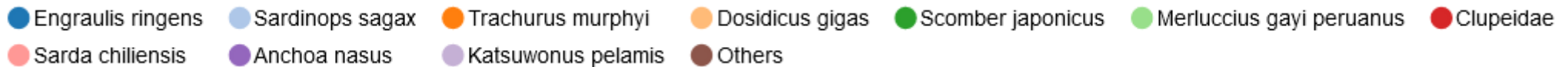
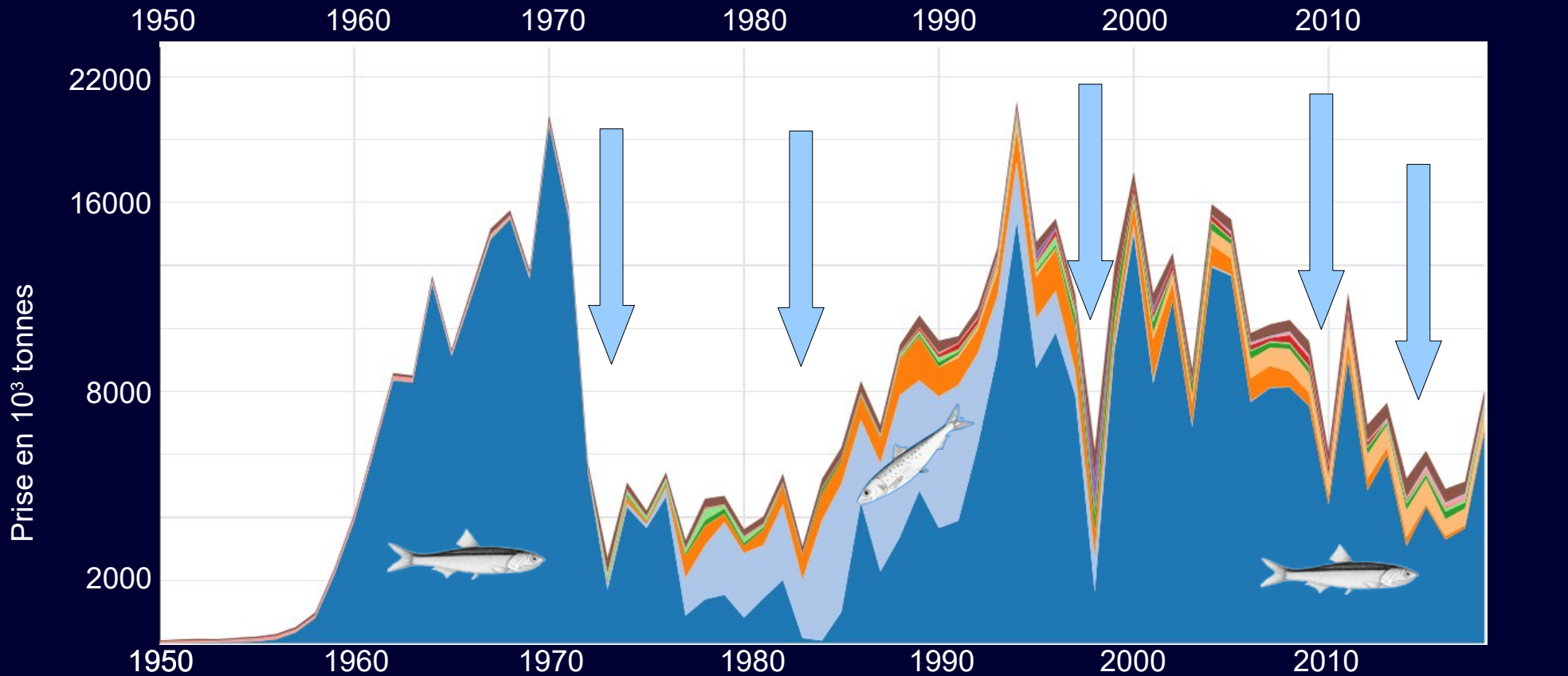
Situation «El Niño»



Les événements El Niño apparaissent d'une manière irrégulière, tous les 2 à 7 ans

Oscillation du pacifique sud, phénomène El Niño

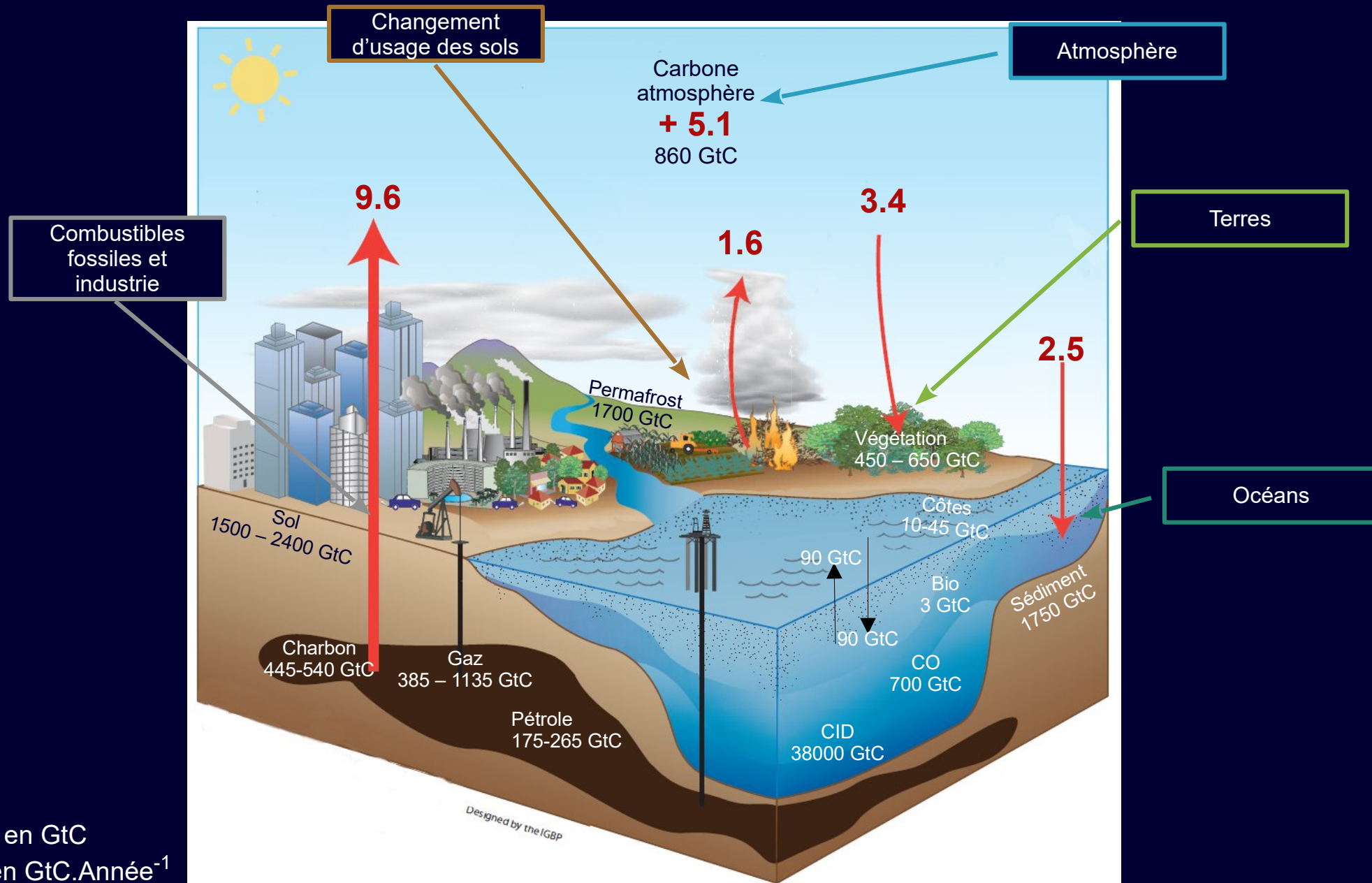
El Niño de grande intensité :
1972-1973, 1982-1983, 1997-1998, 2009-2010, 2014-2016





Plancton et changements climatiques

Représentation de la perturbation globale du cycle global du carbone causée par les activités anthropiques pour la décennie 2010-2019.



Stock en GtC
Flux en GtC.Année⁻¹

$$BIM = (EFOS + ELUC) - (GATM + SOCEAN + SLAND) = -0,1 \text{ GtC}$$

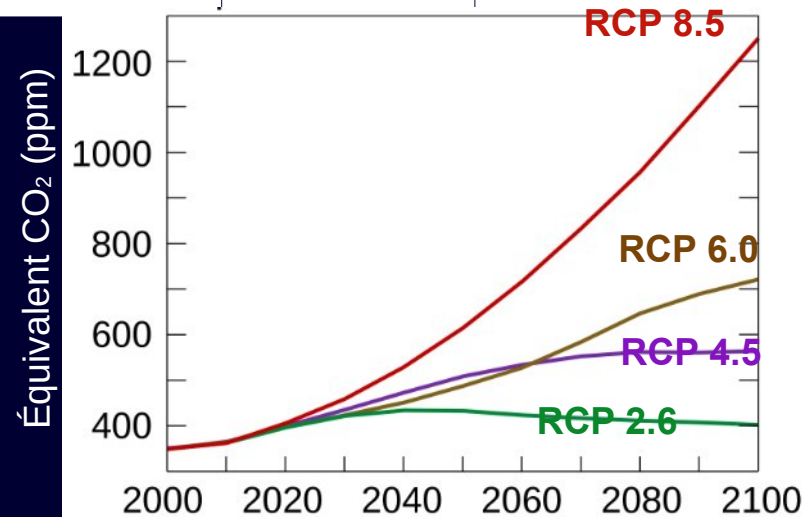
Adapté de Friedlingstein, P. et al. Global Carbon Budget 2020. Earth Syst. Sci. Data 12, (2020).

Scénarii d'évolution climatique, IPCC/GIEC

Changement de température de surface moyen mondial par rapport à 1850-1900 pour quatre RCP («Representative Concentration Pathway» profils d'évolution de concentration des gaz à effet de serre).

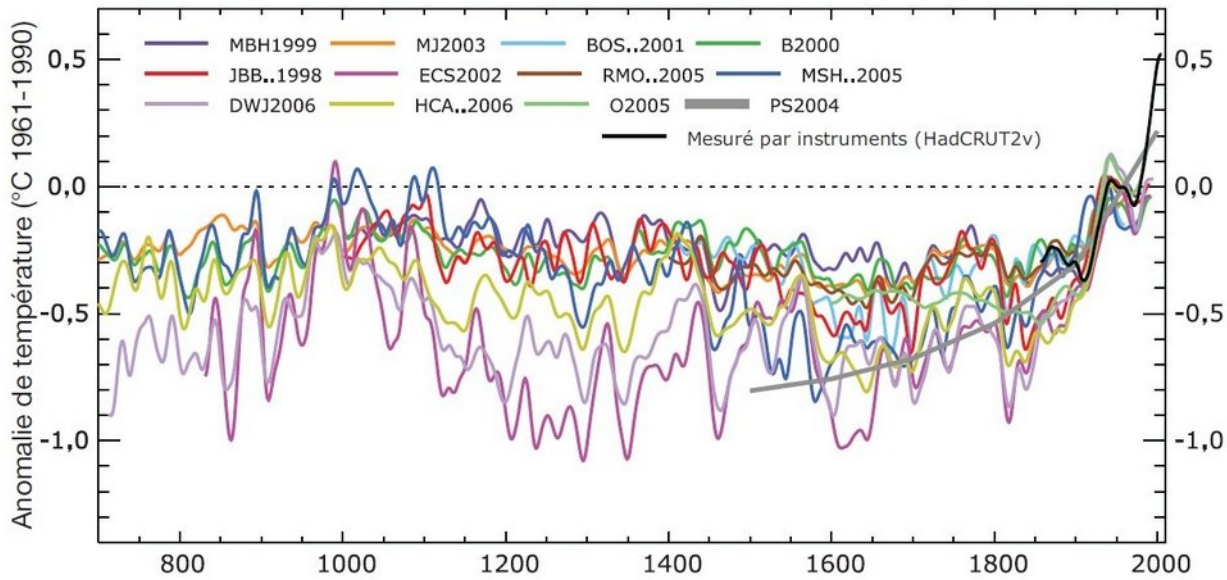
Scénarii			A court terme : 2031–2050		Fin du siècle : 2081–2100	
Noms	CO ₂ (ppm) vers 2100	Forçage radiatif W.m ⁻²	Moy. (°C)	Intervalle probable (°C)	Moy. (°C)	Intervalle probable (°C)
RCP 2.6	490 → 400	+ 2.6	1.6	1.1 - 2.0	1.6	0.9 - 2.4
RCP 4.5	↗ 660	+ 4.5	1.7	1.3 - 2.2	2.5	1.7 - 3.3
RCP 6.0	↗ 850	+ 6.0	1.6	1.2 - 2.0	2.9	2.0 - 3.8
RCP 8.5	> 1370	+ 8.5	2.0	1.5 - 2.4	4.3	3.2 - 5.4

Co₂ actuel : 415.95 ppm

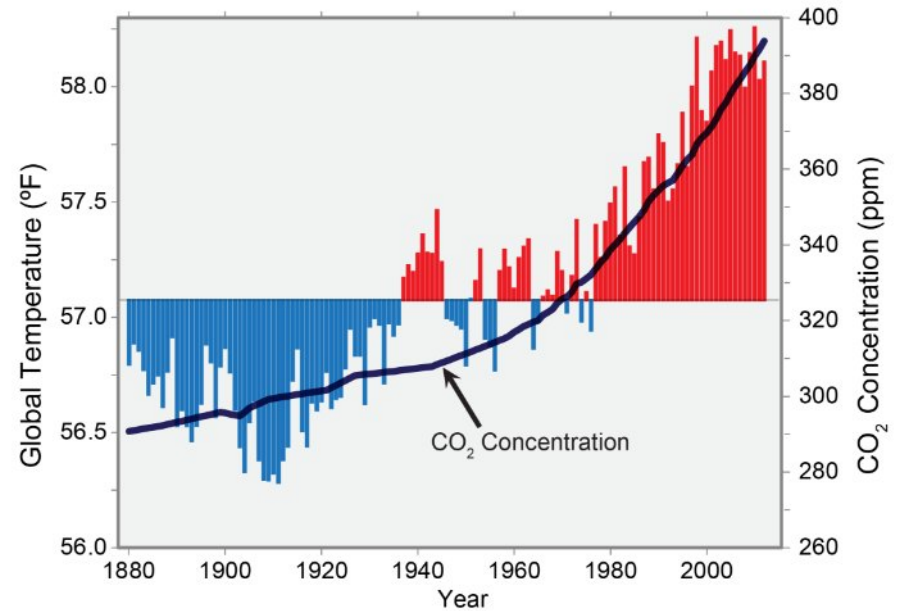


Evolution de la température

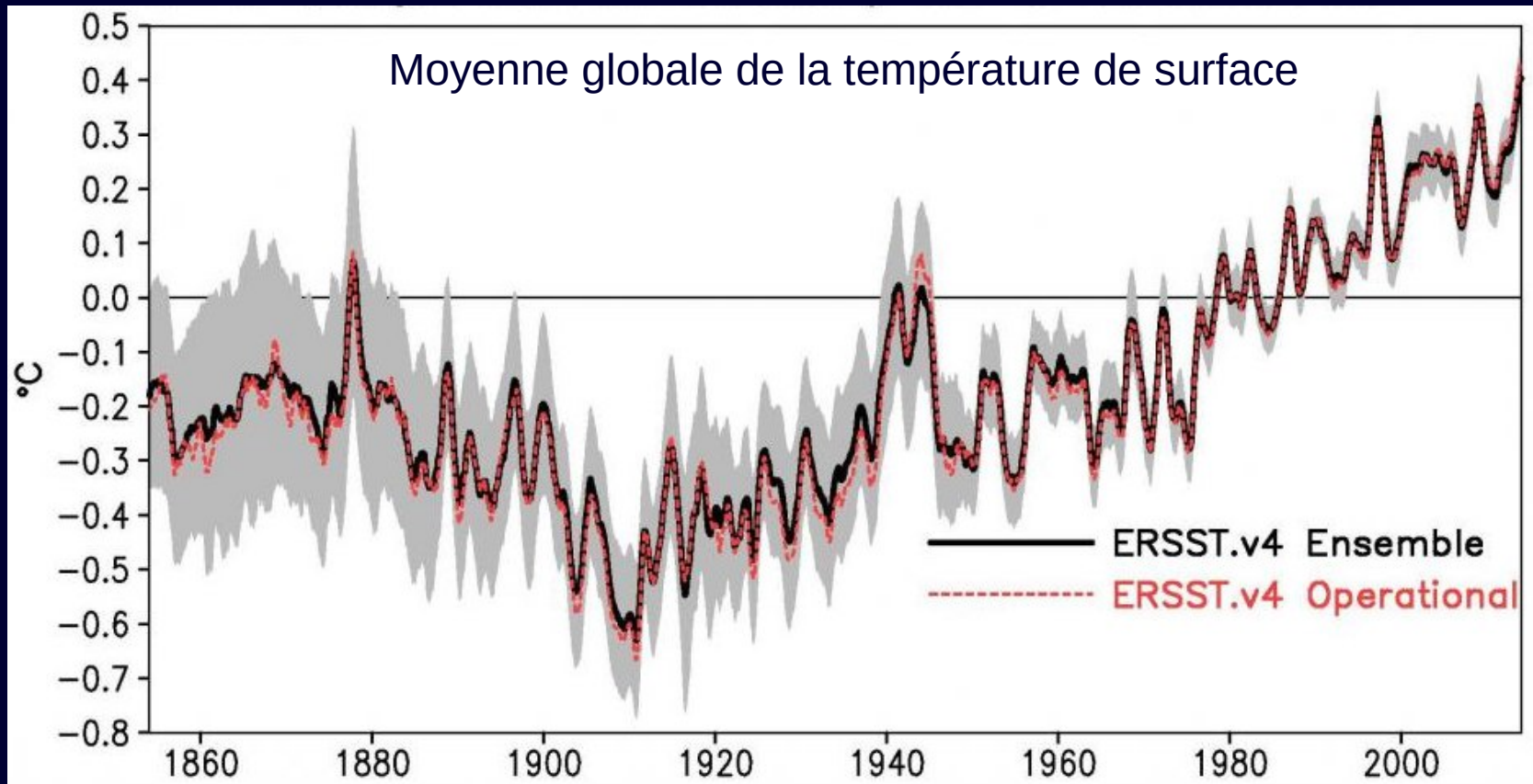
RECONSTITUTIONS DES TEMPÉRATURES DE L'HÉMISSPÈRE NORD



Global Temperature and Carbon Dioxide



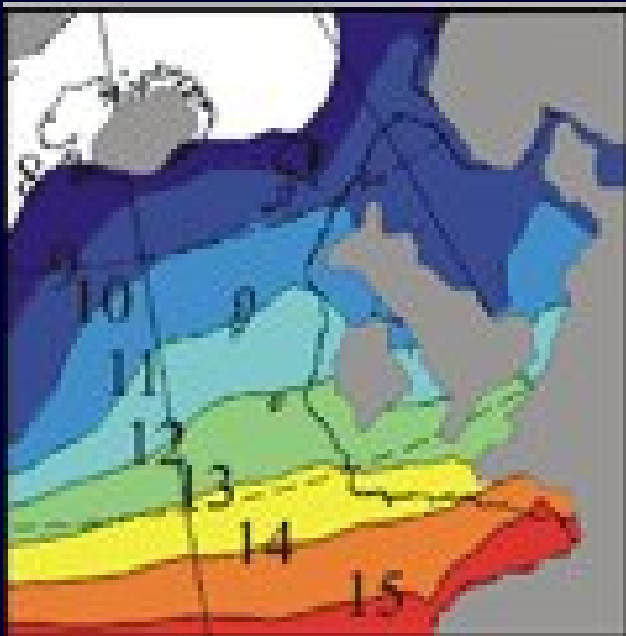
Anomalies des températures de l'océan calculées par rapport à une climatologie mensuelle de 1971-2000.



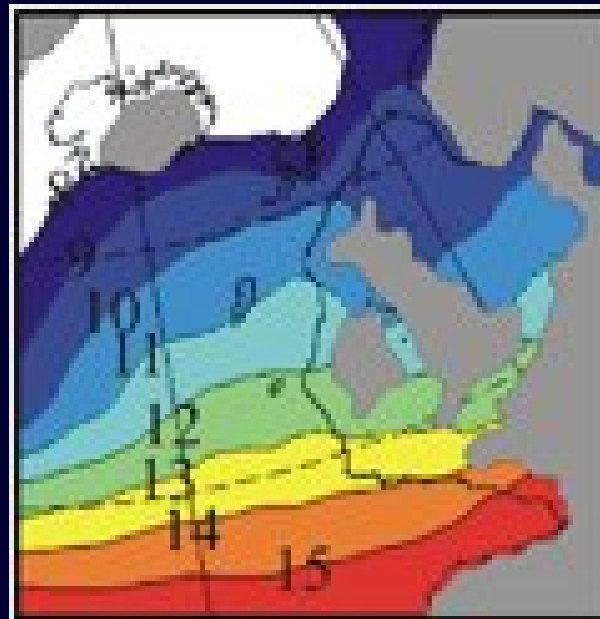
Anomalies calculées par rapport à une climatologie mensuelle de 1971-2000 de janvier 1854 et jusqu'à aujourd'hui

Evolution de la température moyenne de surface Atlantique nord-est

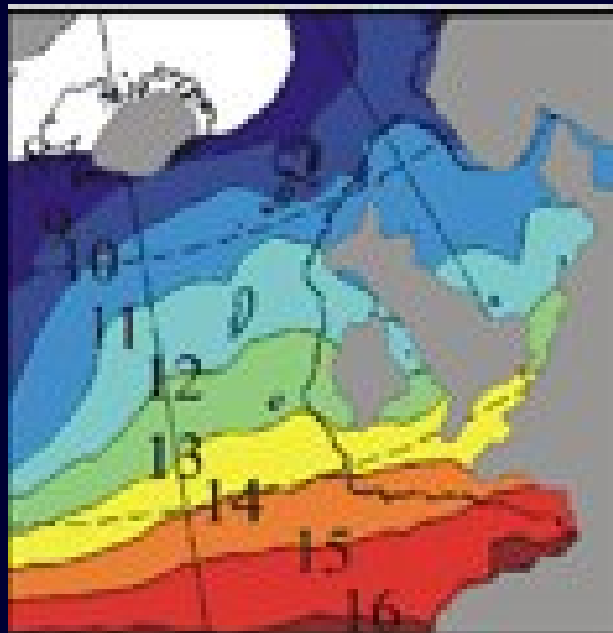
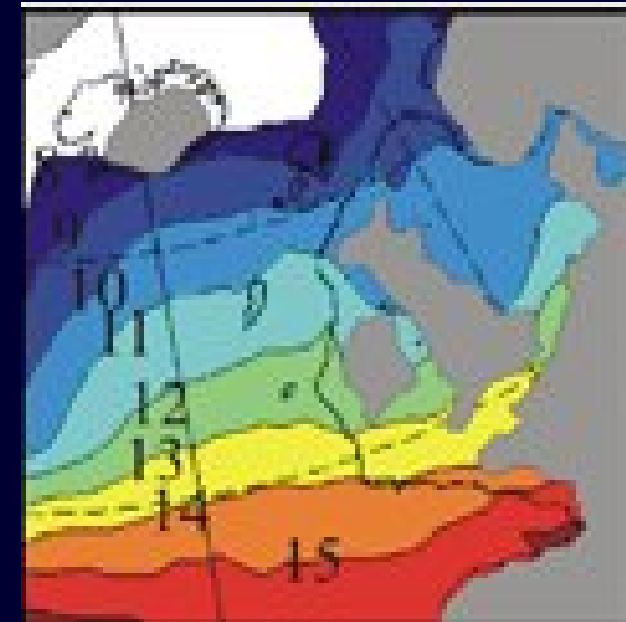
1960-1981



1982-1999



2000-2002

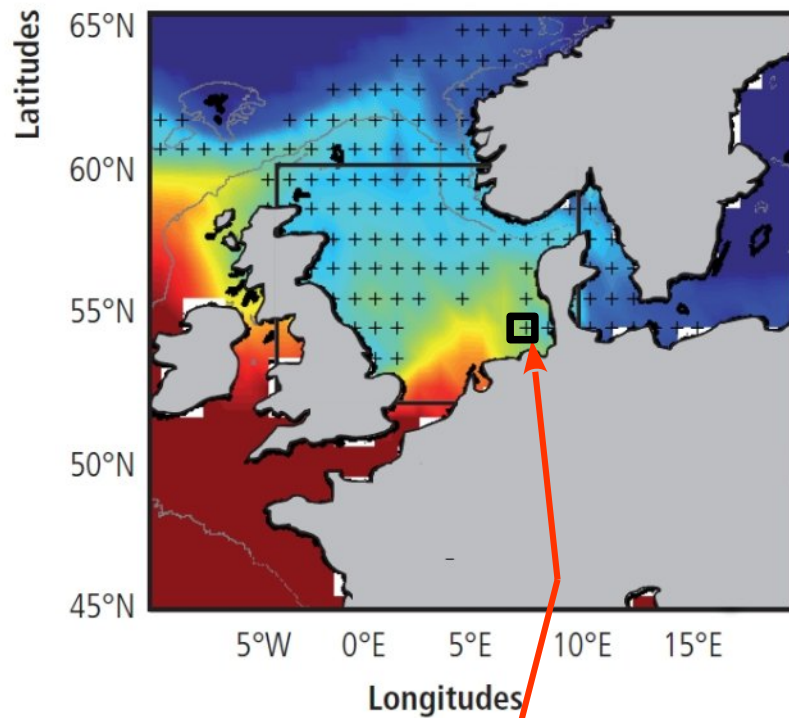


2003-2005



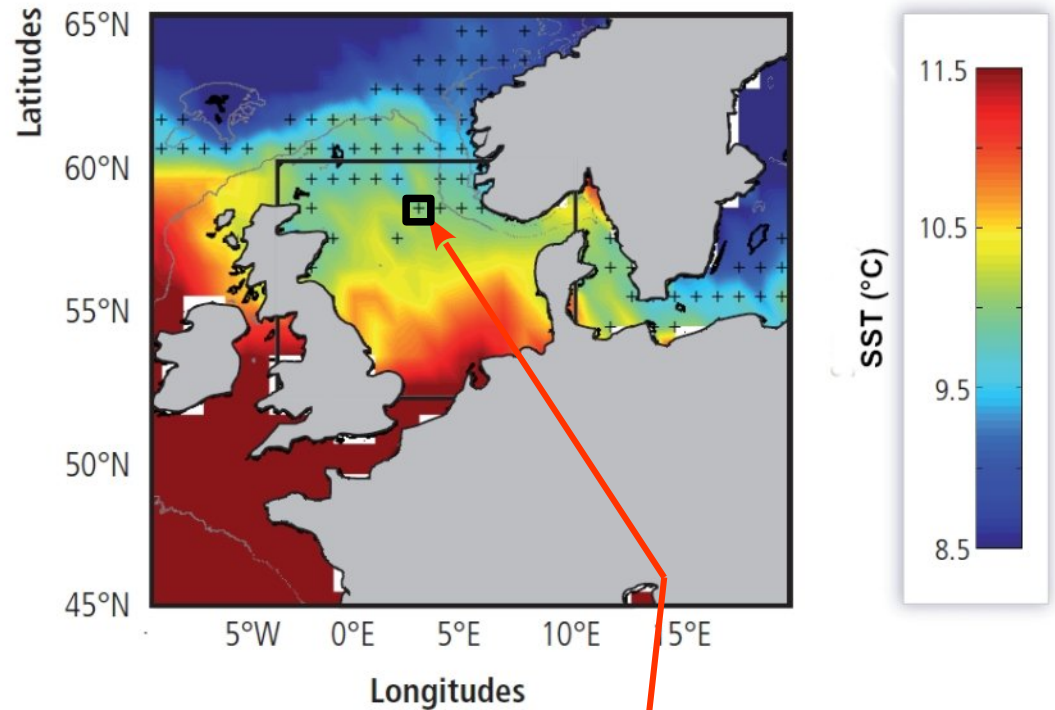
Evolution de la température de surface zoom sur la mer du nord

1960-1981



72.15 % des cellules ont une température entre 9 et 10 °C

1988-2005



20.25 % des cellules ont une température entre 9 et 10 °C



Assemblages d'espèces de copépodes, Atlantique nord-est



Espèces tempérées chaudes océaniques :

Euchaeta acuta, *Undeuchaeta plumosa*, *Euchirella rostrata*, *Neocalanus gracilis*, *Clausocalanus spp.*, *Nannocalanus minor*, *Pleuromamma borealis*, *P. gracilis*, *P. abdominalis*, *P. xiphias*, *P. piseki*, *Calocalanus spp.*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Heterorhabdus papilliger*, *Centropages bradyi*, *Mecynocera clausi*

Espèces tempérées pseudo-océaniques :

Rhincalanus nasutus, *Eucalanus crassus*, *Centropages typicus*, *Candacia armata*, ***Calanus helgolandicus***

Espèces tempérées froides

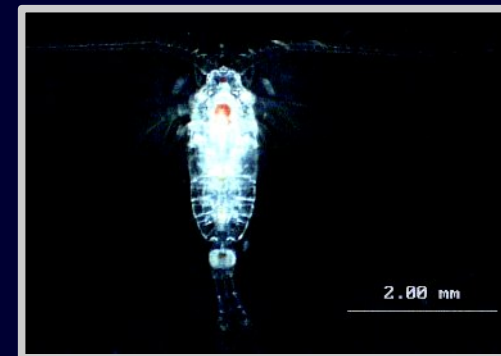
Aetideus armatus, *Pleuromamma robusta*, *Acartia spp.*, *Metridia lucens*

Espèces sub-arctiques :

Heterorhabdus norvegicus, *Scolecithricella spp.*, *Euchaeta norvegica*, ***Calanus finmarchicus***

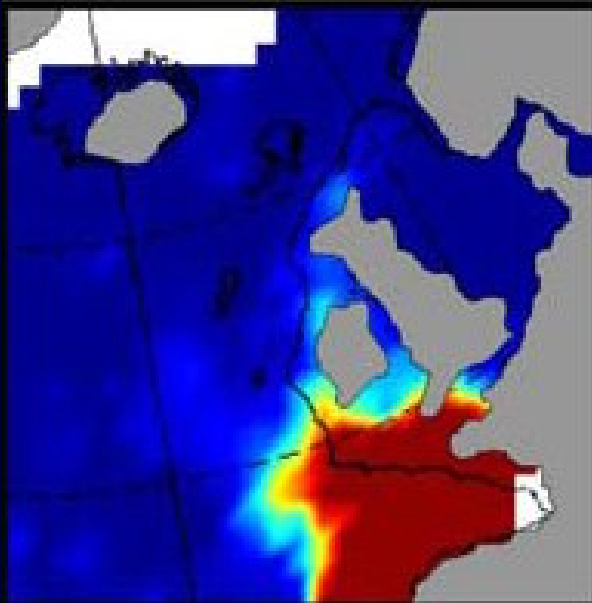
Espèces arctiques :

Calanus hyperboreus, *Metridia longa*, ***Calanus glacialis***

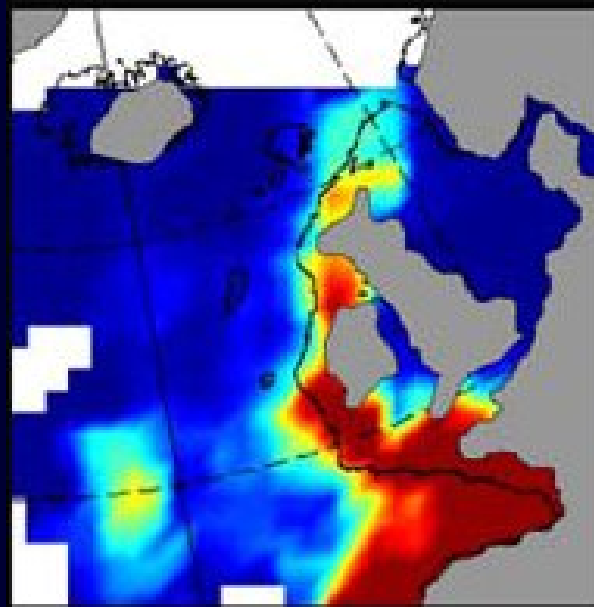


Espèces tempérées chaudes océaniques

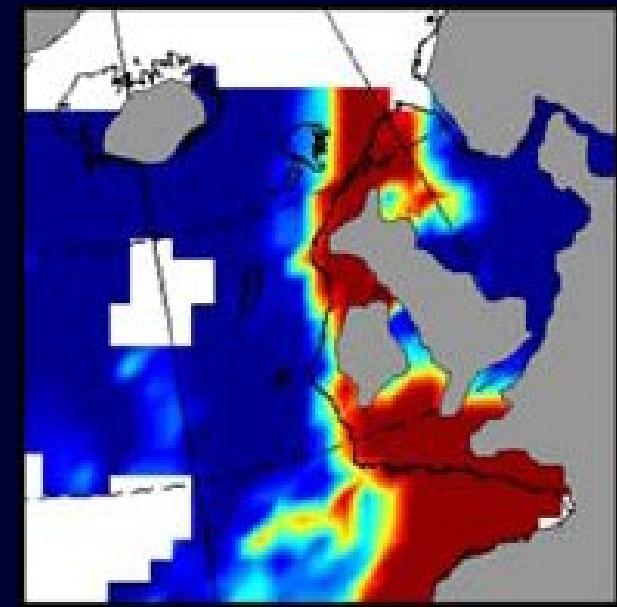
1958-1981



1982-1999

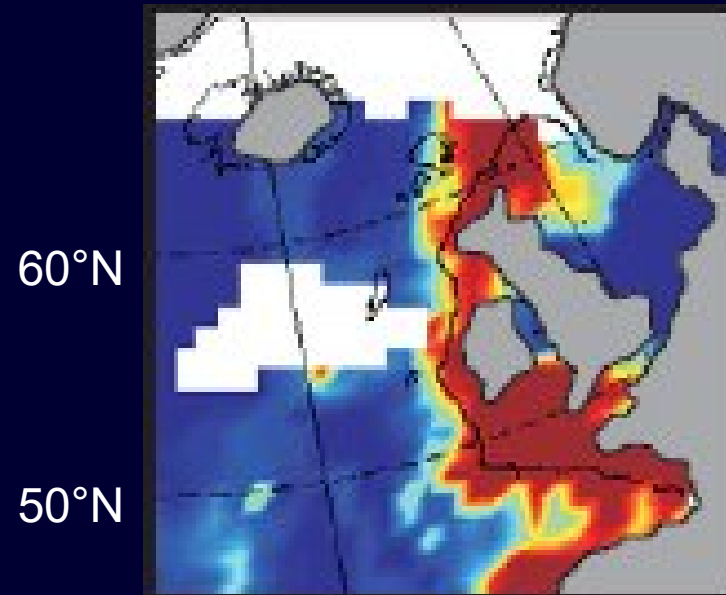


2000-2002



0.00 0.02 0.04 0.06 0.08 0.10
Mean number of species
per CPR sample

2003-2005



Espèces pseudo-océaniques tempérées

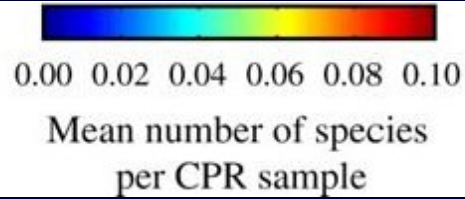
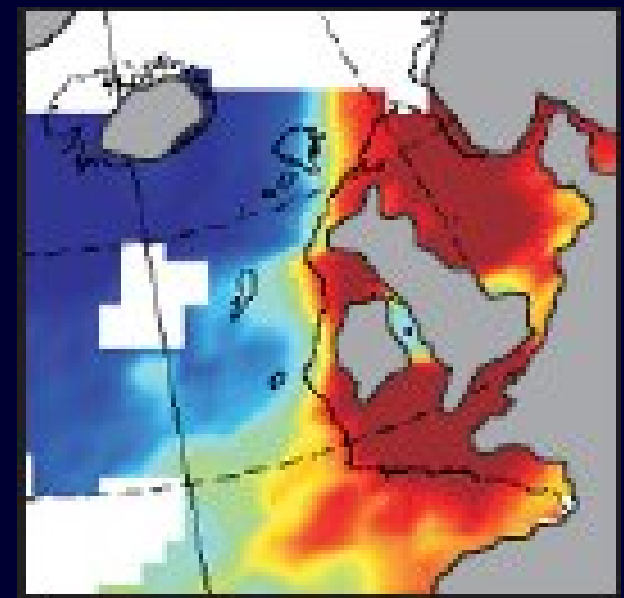
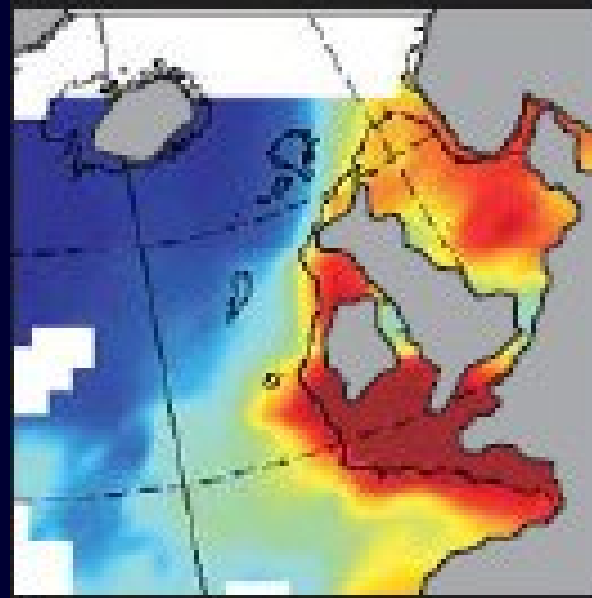
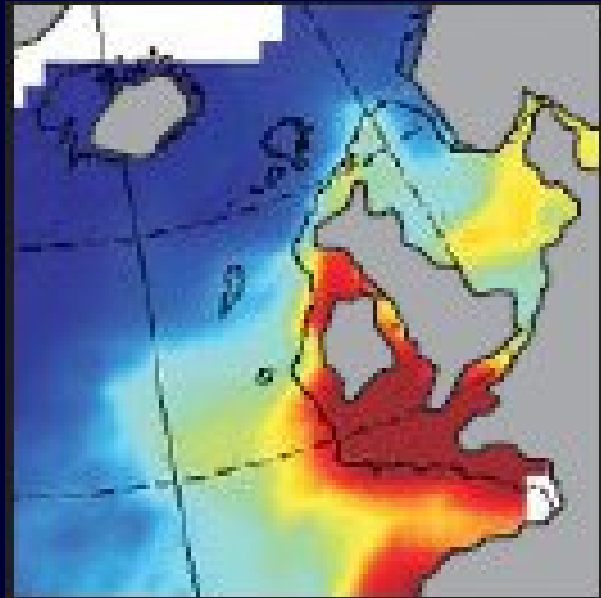
1958-1981

1982-1999

2000-2002

60°N

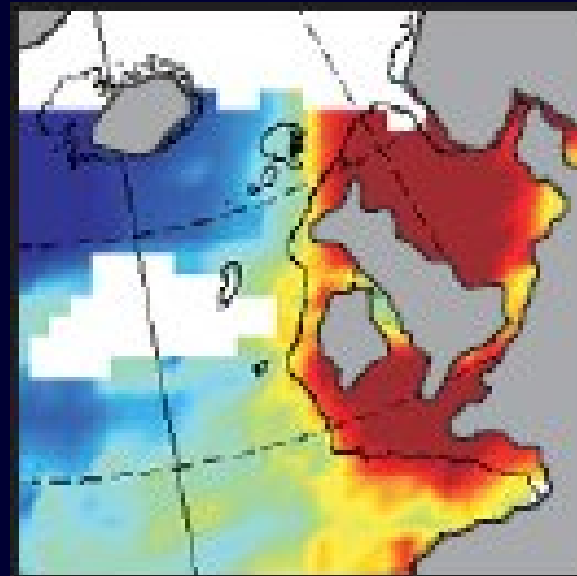
50°N



Calanus helgolandicus

60°N

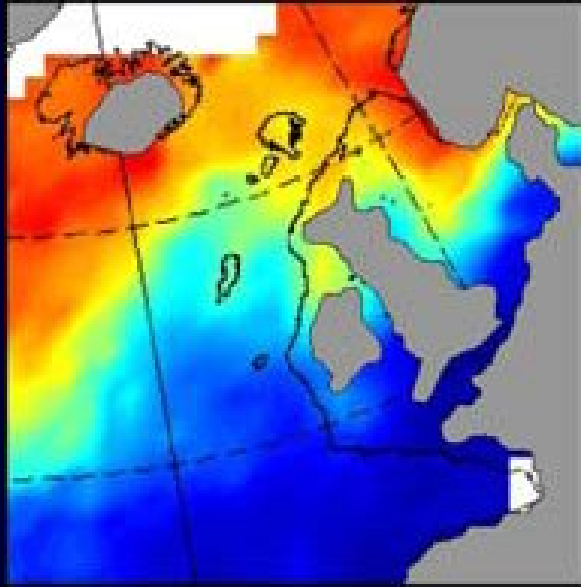
50°N



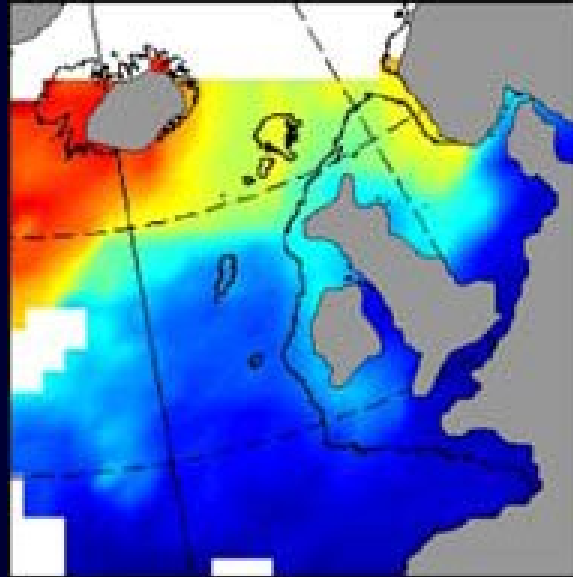
2003-2005

Espèces subarctiques

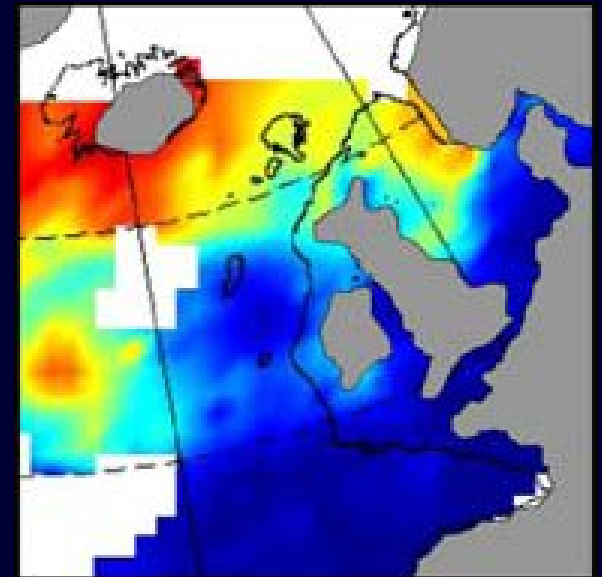
1958-1981



1982-1999



2000-2002



60°N

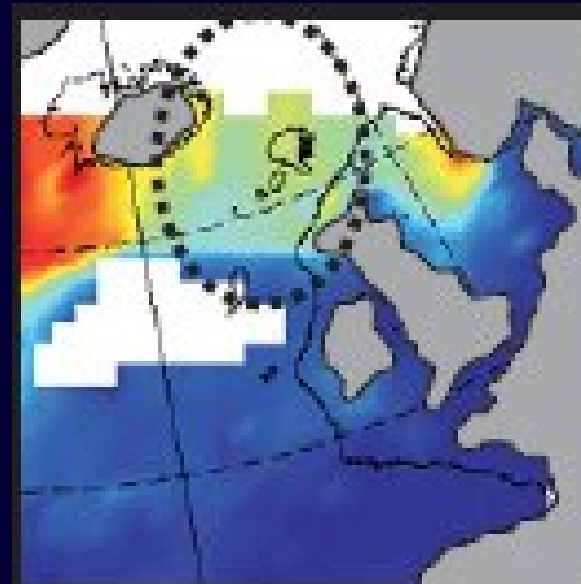
50°N

0.00 0.02 0.04 0.06 0.08 0.10

Mean number of species
per CPR sample

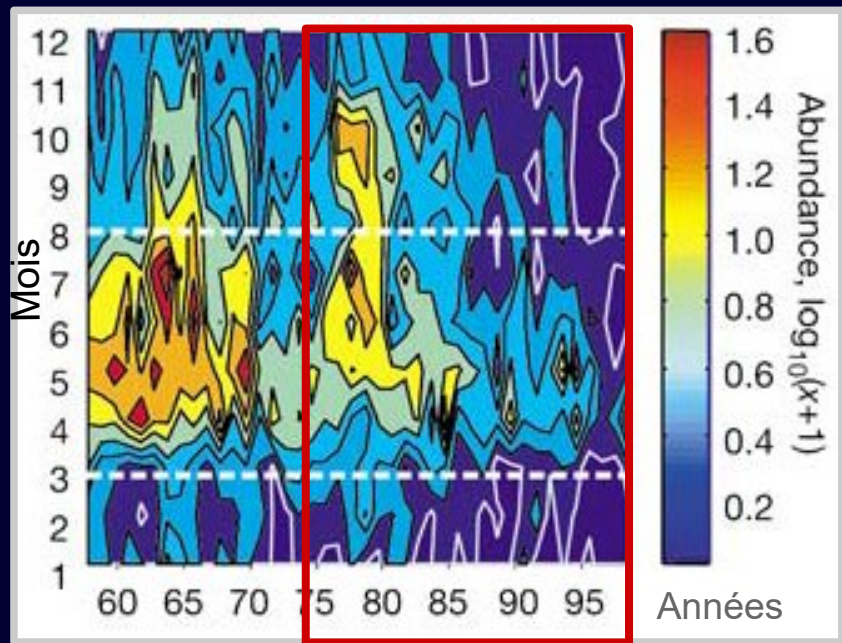
Calanus finmarchicus

2003-2005

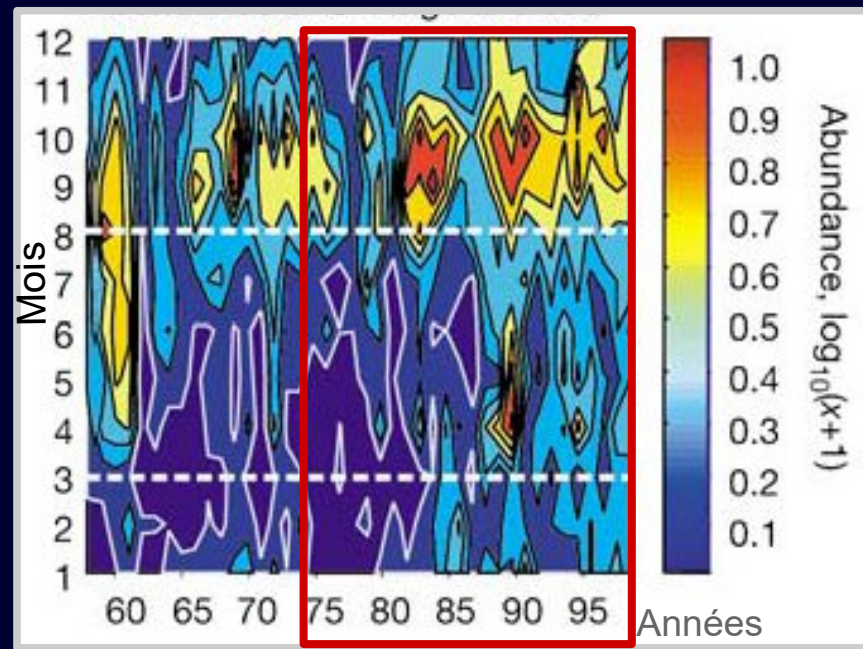


60°N

50°N

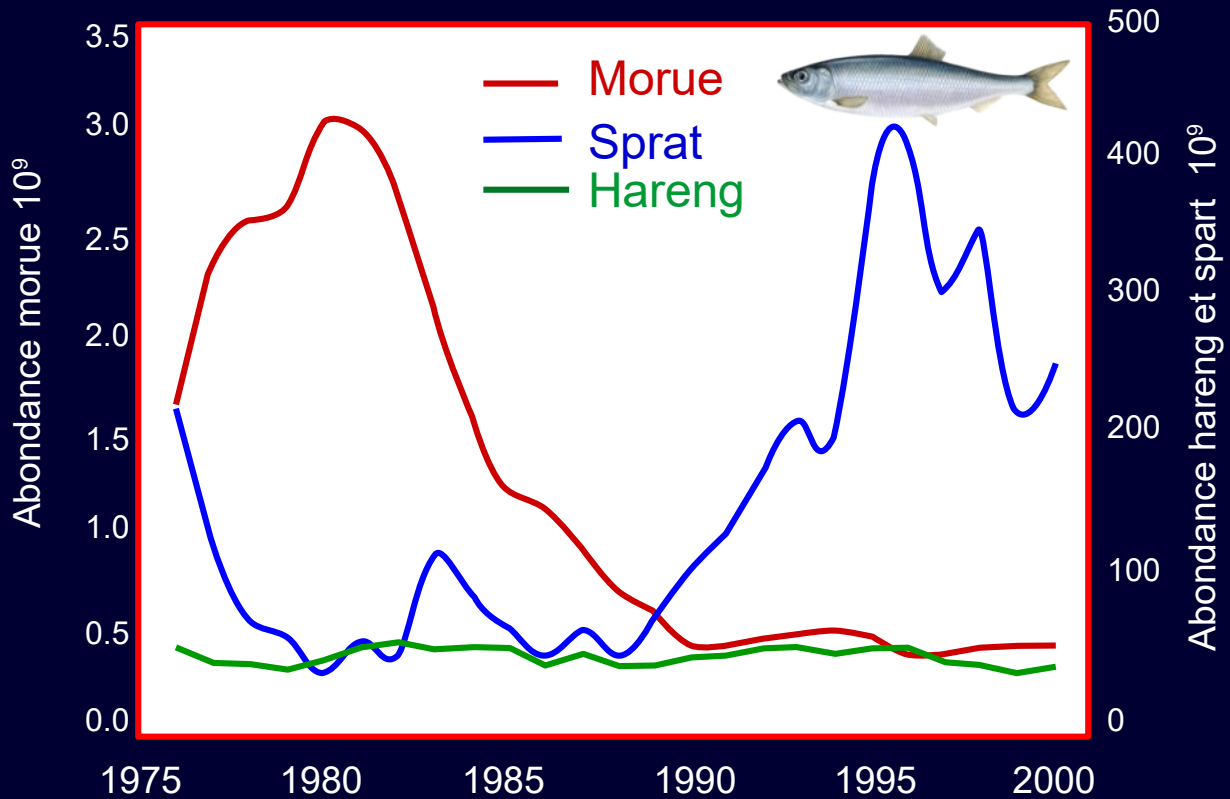


Abondance de *Calanus finmarchicus*



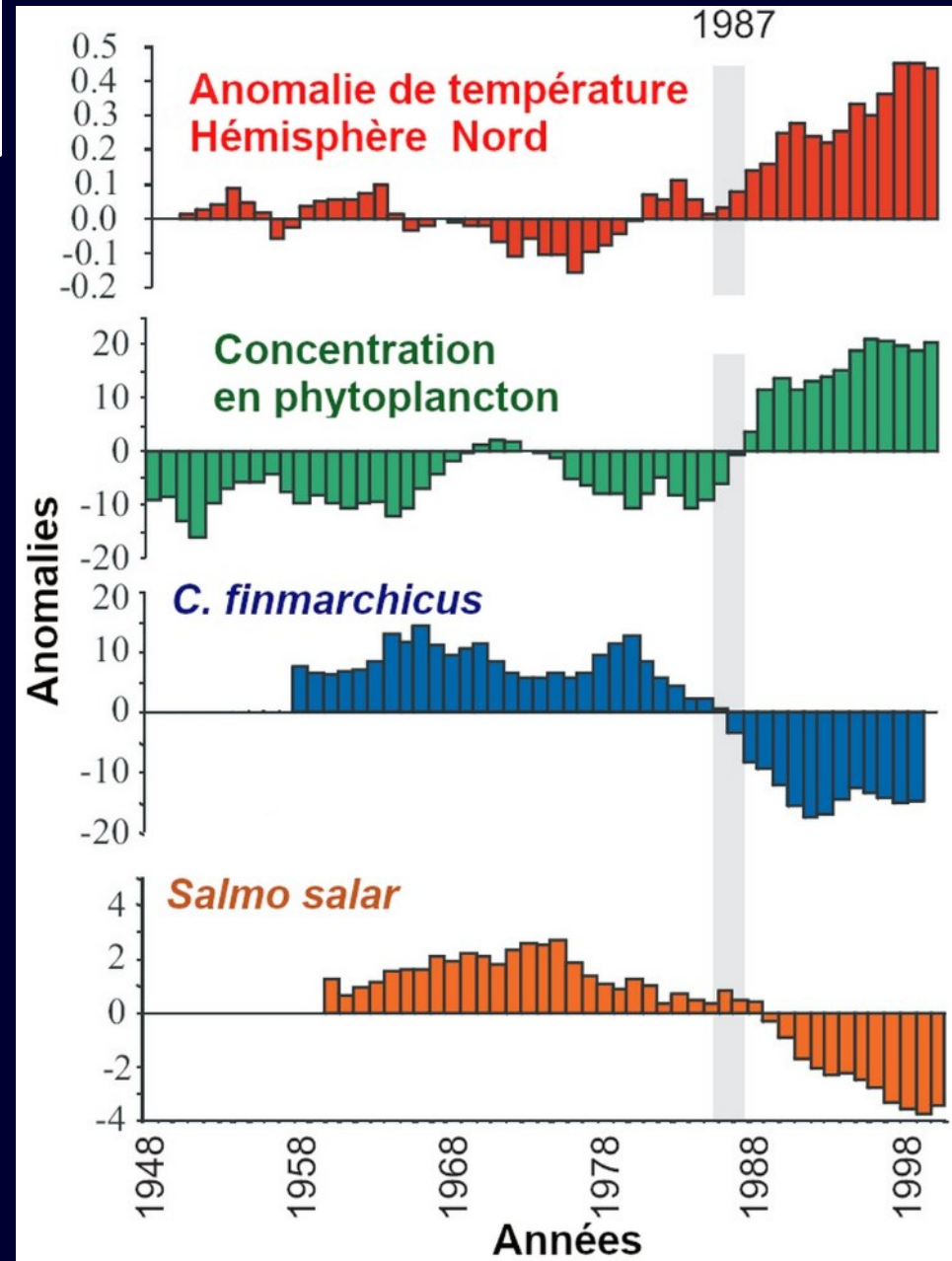
Abondance de *Calanus helgolandicus*

en Mer du Nord



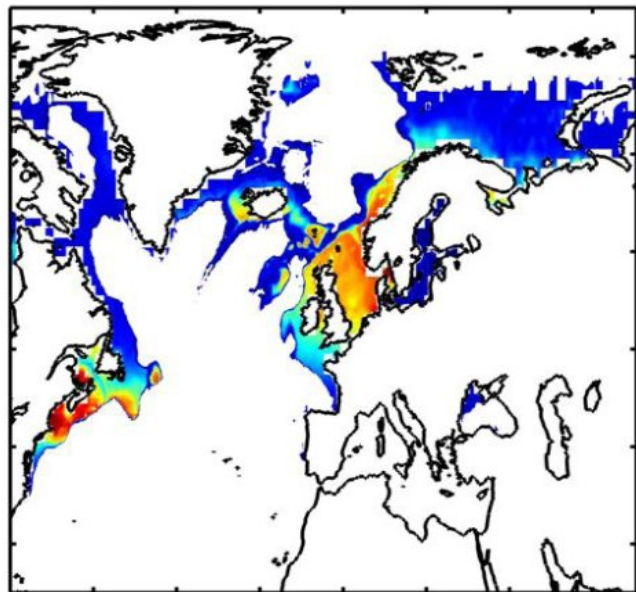
Changements à long-terme dans l'Hémisphère nord

Anomalies de la concentration en phytoplancton, des abondances d'un copépode subarctique et du saumon dans une zone autour des îles britanniques.

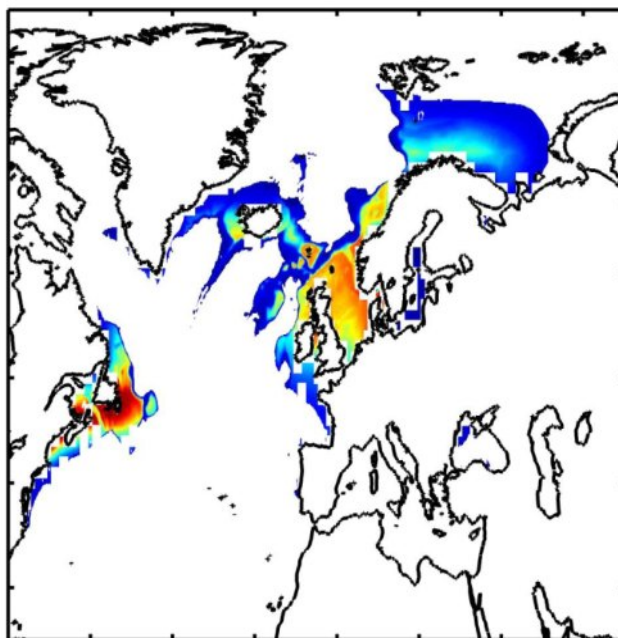


Projection de la distribution spatiale du hareng (scénario B2)

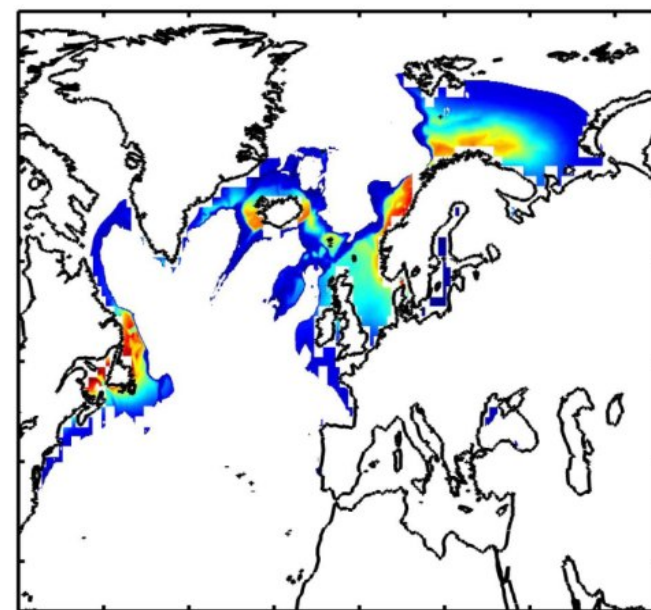
1960-1969



2010-2019



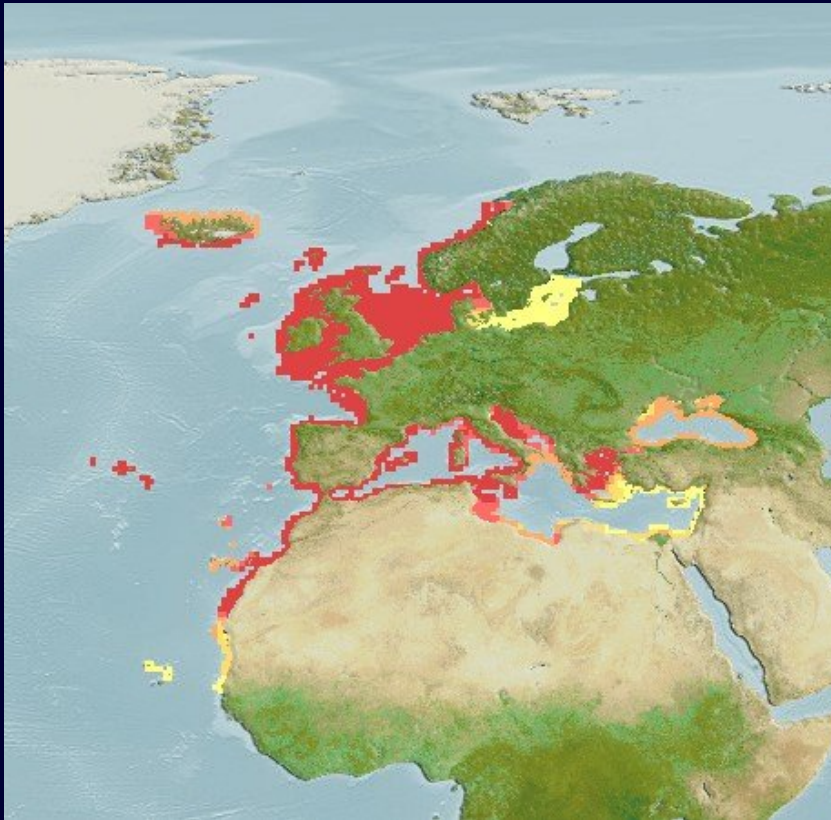
2090-2099



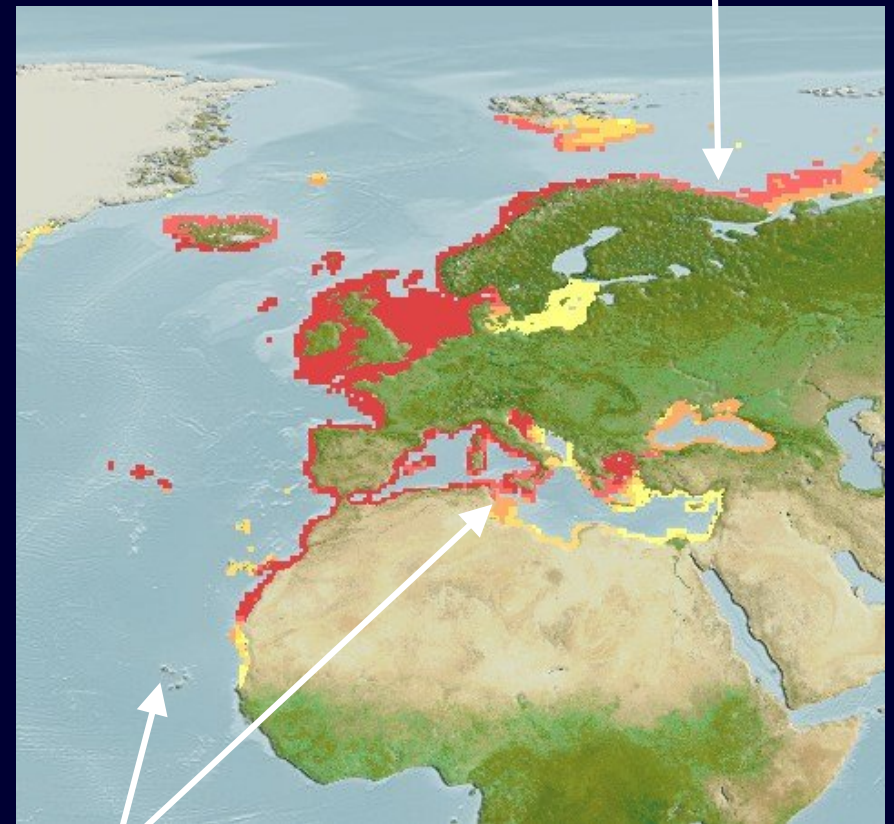
Source: Beaugrand & Lenoir (2008), modèle NPPEN - ECHAM 4, Scénario B2

Sardine - *Sardina pilchardus*

Extension



Distribution initiale



Régression

Distribution en 2050

Basé sur le scénario IPCC/GIEC RCP8.5

Anchois - *Engraulis encrasicolus*



Distribution initiale



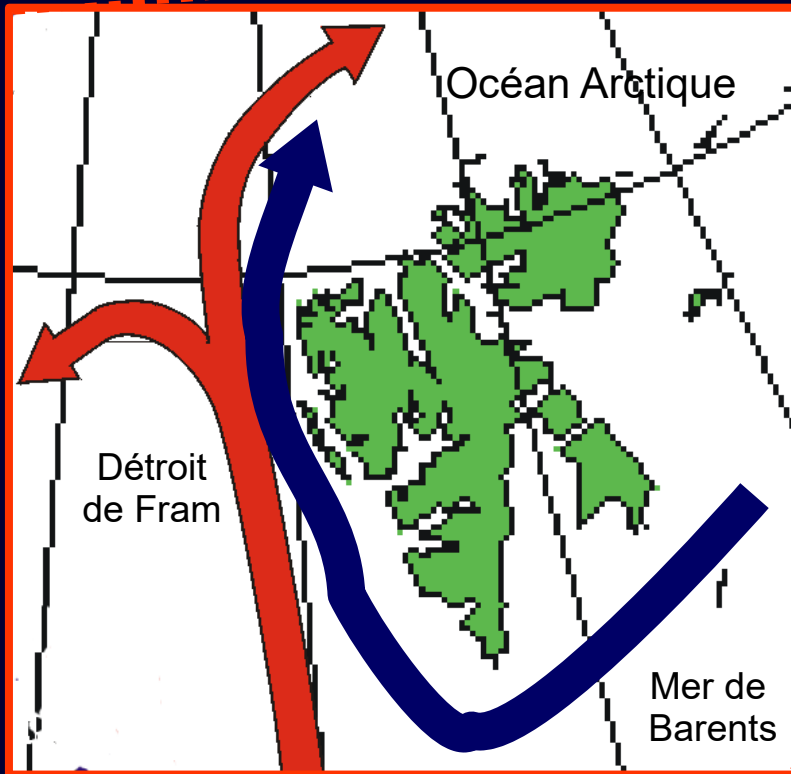
Extension

Régression

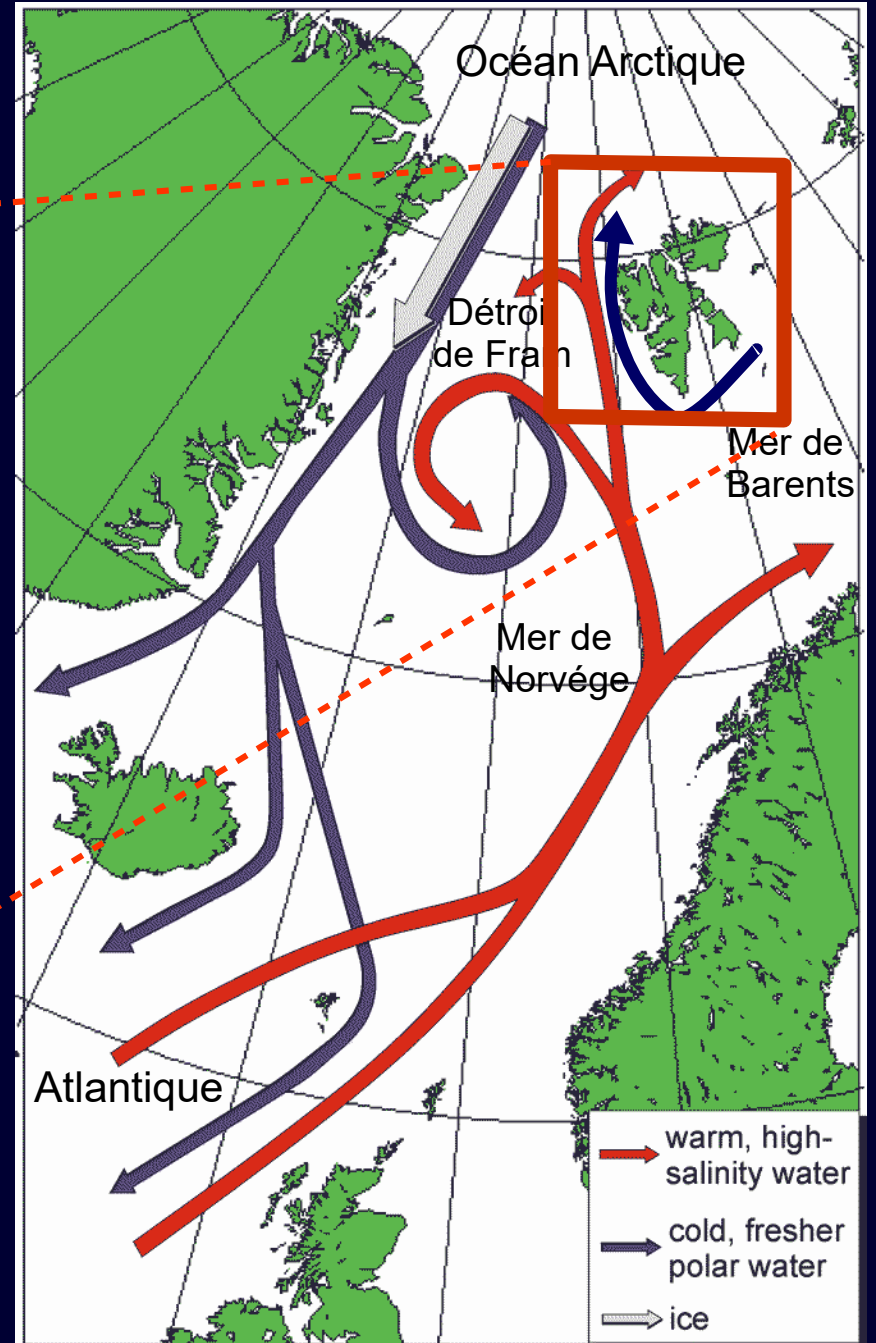
Distribution en 2050

Basé sur le scénario IPCC/GIEC RCP8.5

Et plus au nord !!!



Archipel du svalbard
(Spitzberg)



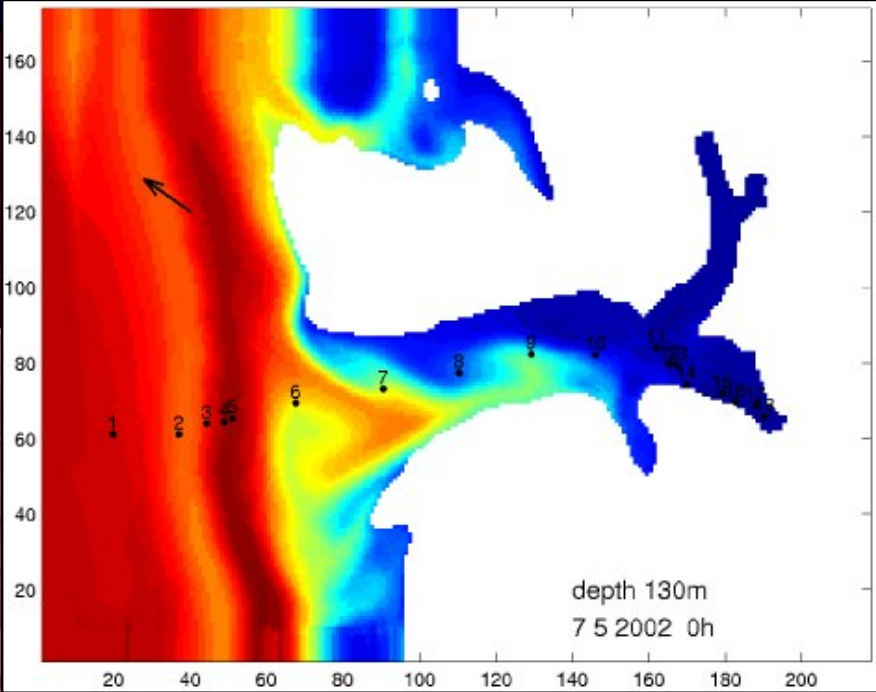
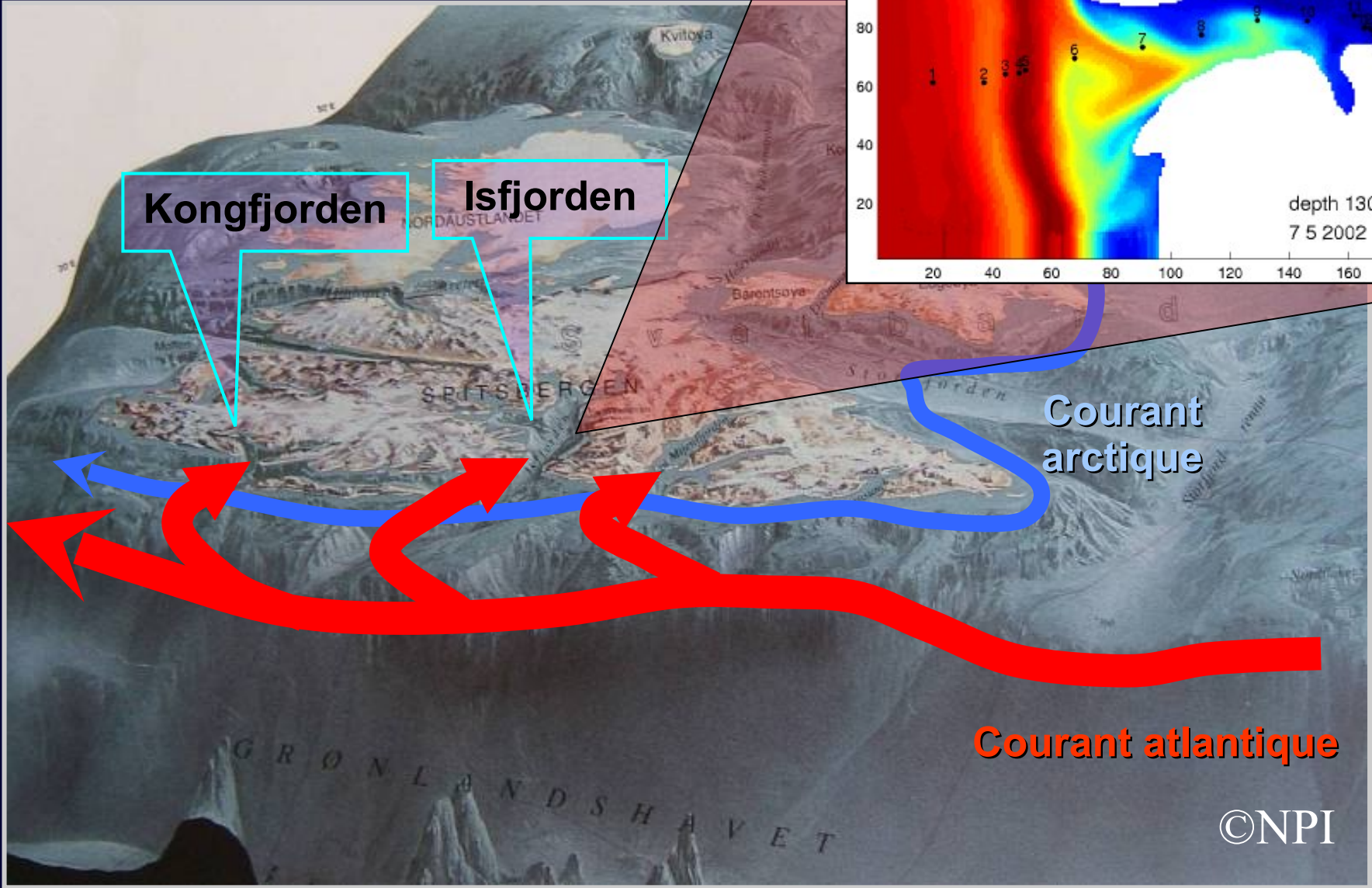
From F. Cottier



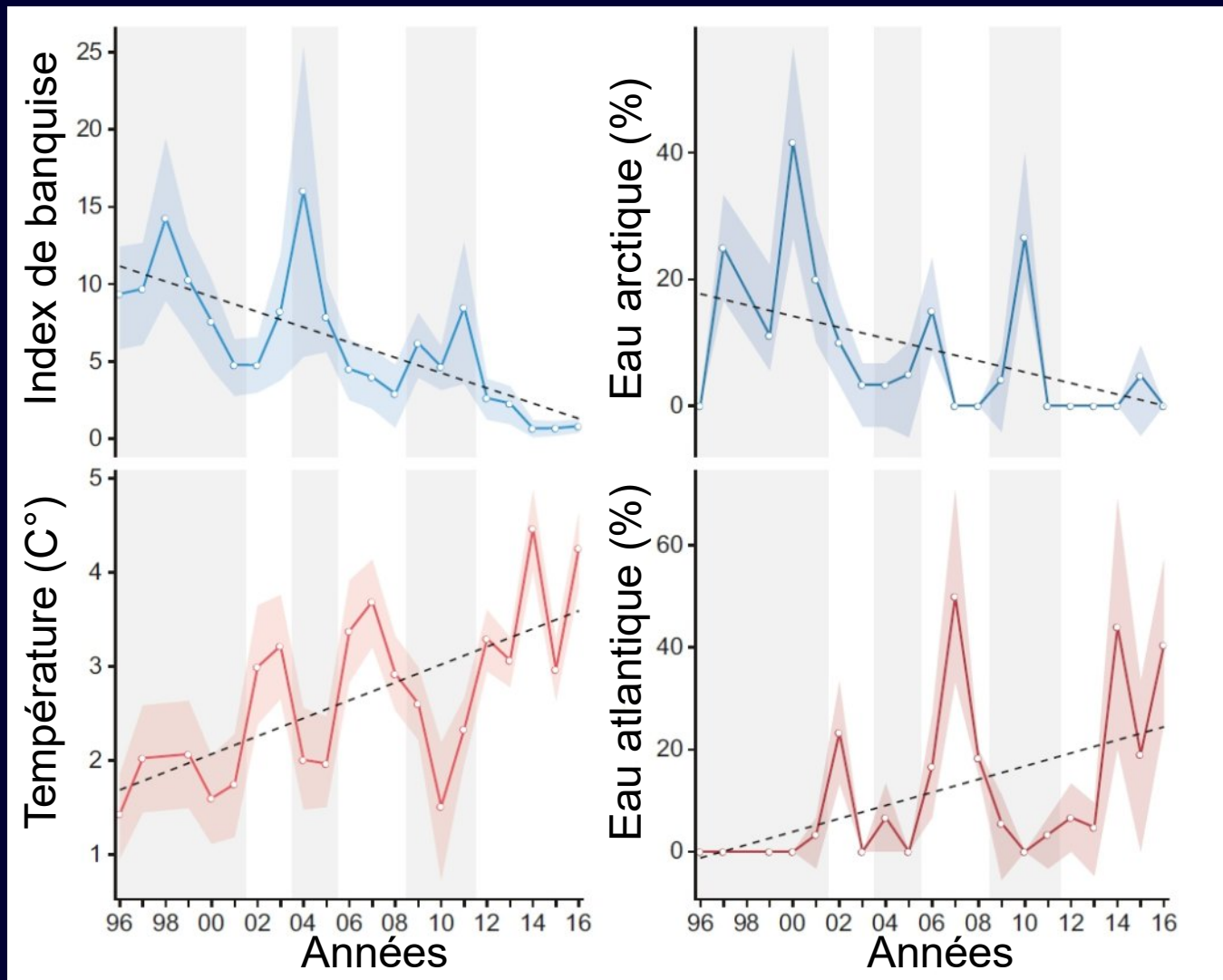
Côte Ouest du Svalbard



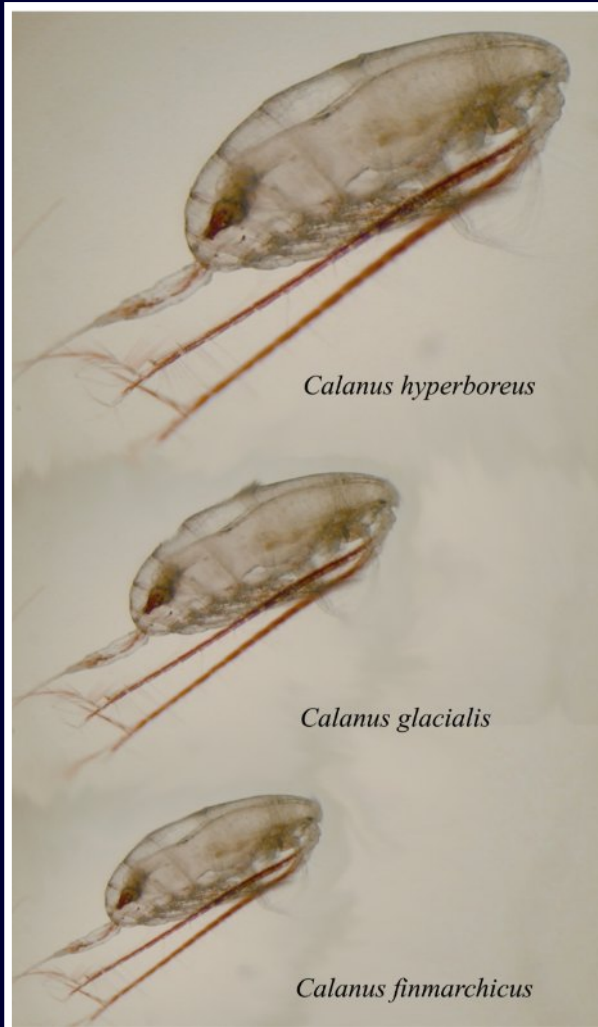
Côte ouest du Svalbard



Evolution de l'hydroclimat du fjord Kongsfjorden



Espèces planctoniques arctiques et espèces subarctiques



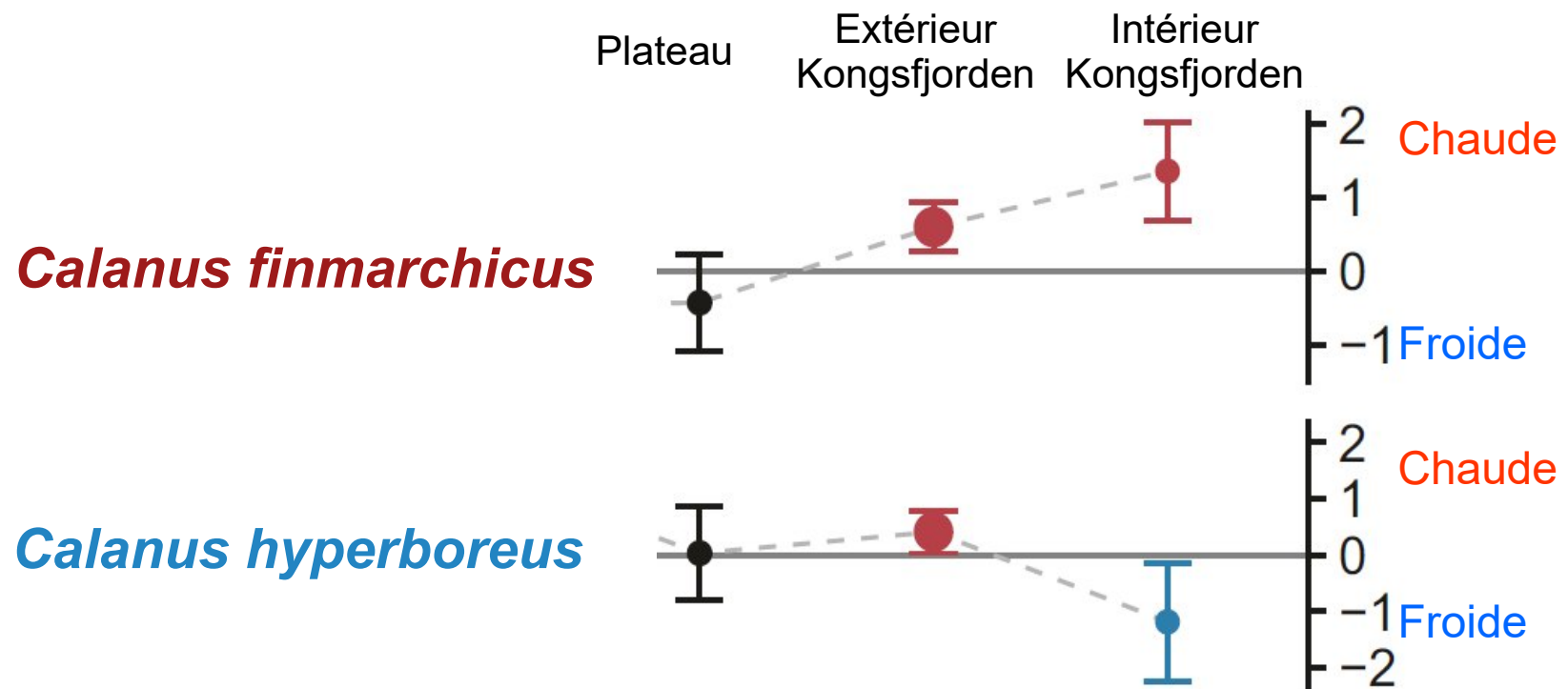
Une composition spécifique bien différente suivant l'environnement:

Système froid : riche en *Calanus hyperboreus* et *Calanus glacialis*

Système chaud : riche en *Calanus finmarchicus* et *Pseudocalanus spp*

- *C. glacialis* est **6 à 7 fois** plus énergétique que *C. finmarchicus* et **15 fois plus** que *Pseudocalanus spp* (à biomasse égale).
- *C. hyperboreus* est **13 fois** plus énergétique que *C. finmarchicus* et **30 fois plus** que *Pseudocalanus spp* (à biomasse égale)

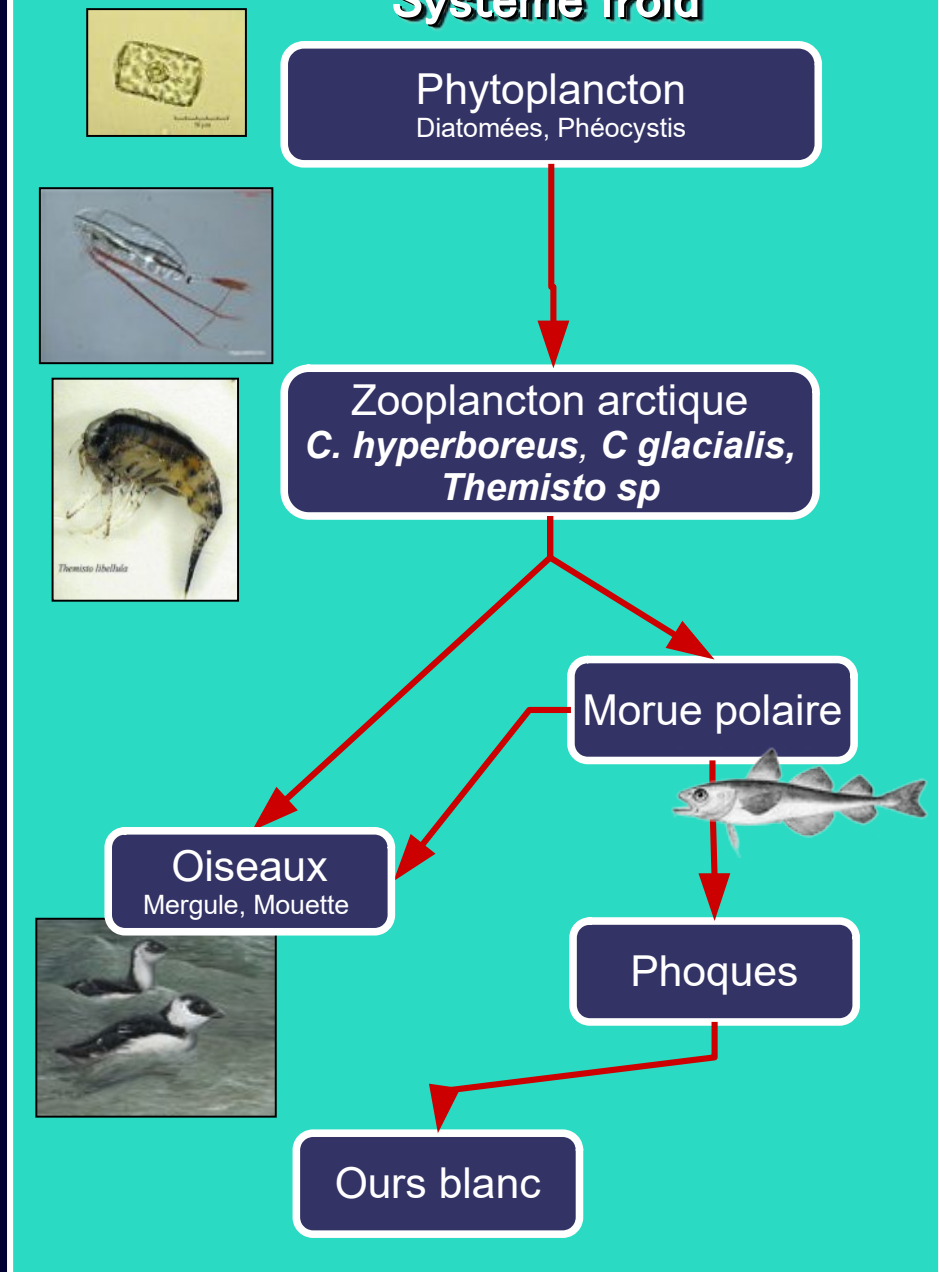
Réponse des communautés zooplanctoniques en fonction des années froides ou chaudes.



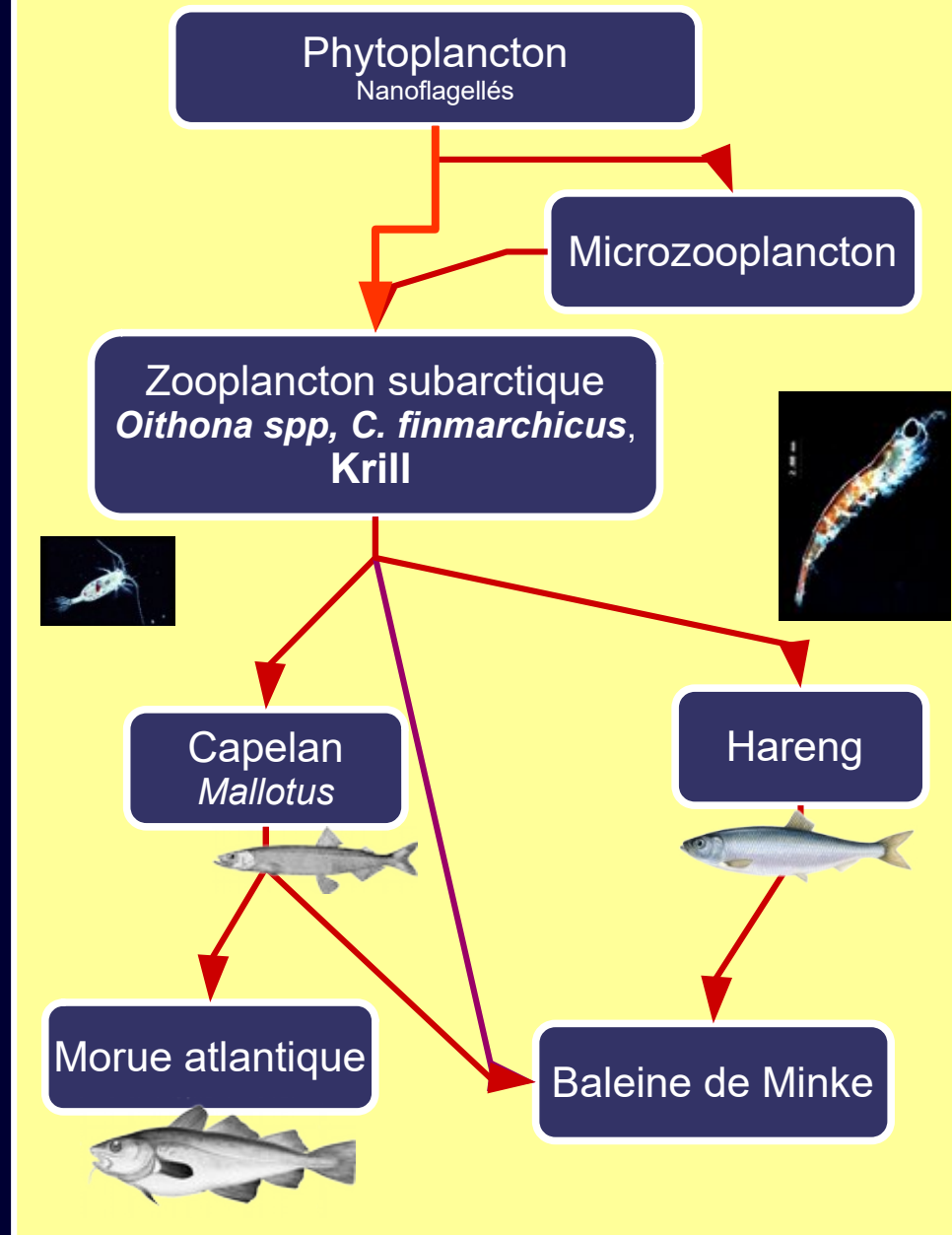
Index de réponse de la biomasse entre les années chaudes et froides.

Axes prédominants des réseaux alimentaires

Systeme froid



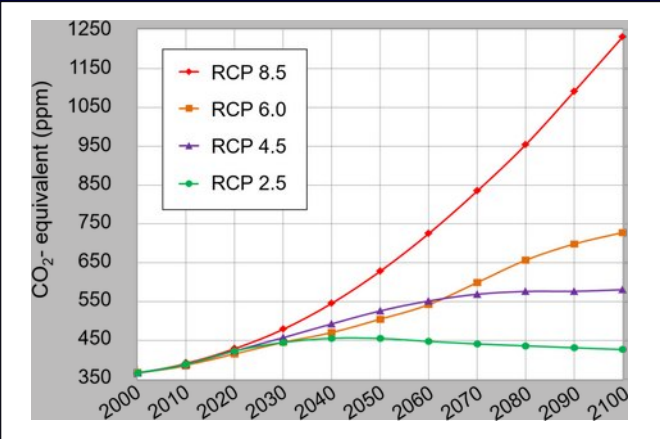
Systeme chaud





En conclusion

Des changements des écosystèmes océaniques sont en cours et vont se poursuivre dans les années à venir. Les évolutions des populations planctoniques en seront un des éléments-clés. L'importance et la rapidité de ces changements seront, pour l'essentiel, liées à l'intensité des influences anthropiques sur



ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

This Summary for Policymakers was formally approved at the Second Joint Session of Working Groups I and II of the IPCC and accepted by the 51th Session of the IPCC, Principality of Monaco, 24th September 2019

Summary for Policymakers

WG I | WG II

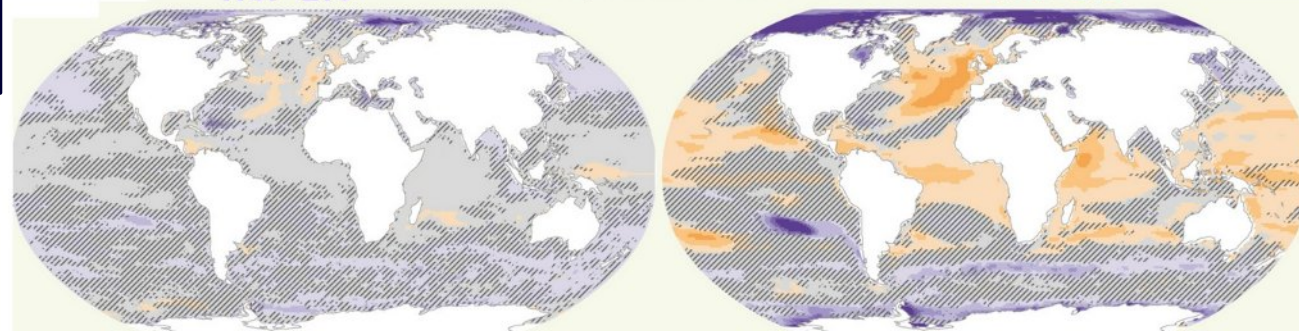
WMO | UNEP



En conclusion

Production
primaire

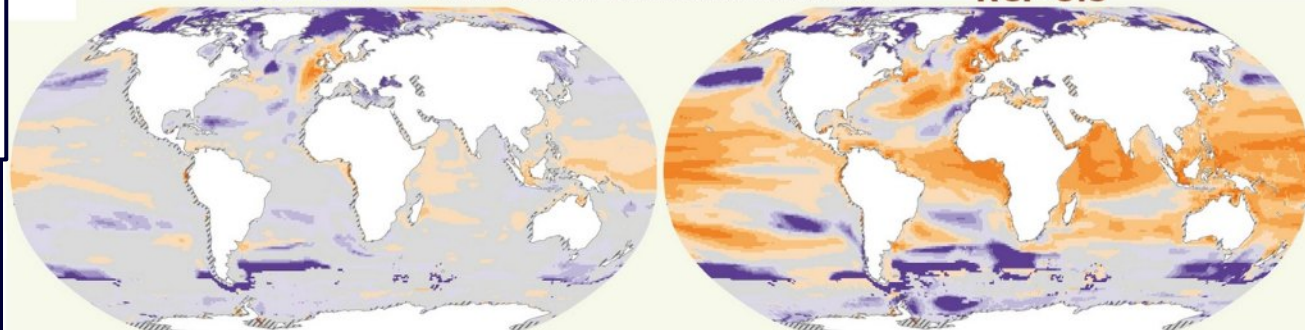
RCP 2.6 Production primaire net simulée RCP 8.5



Évolutions suivant
les scénarii RCP 2.6
et RCP 8.5

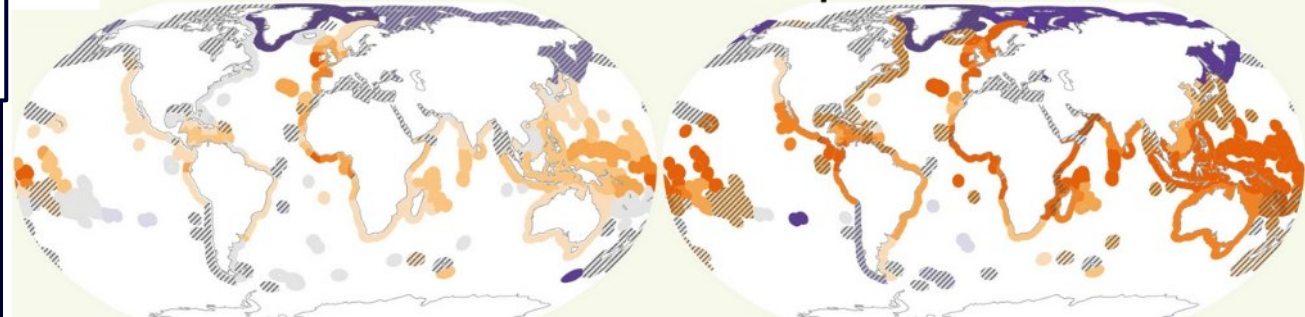
Biomasse
animale
marine

RCP 2.6 Biomasse animale simulée RCP 8.5

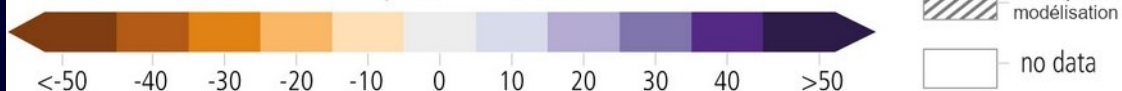


Potentiel
de pêche

RCP 2.6 Potentiel maximal de pêche RCP 8.5



% de changement
2081-2100 / 1986-2005



Océan et Cryosphère dans
un climat qui change.
51e Session du GIEC, 2019



Merci de votre attention

Gyre Benguela Chlorophylle Océan Zone aphotique Température Couleur
 Argo Jason Bloom Upwelling Production régénérée Calanus helgolandicus Glider Salinité
 Oscillation Humboldt Microzooplancton Anomalie Prédation
 Photosynthèse **Plancton** Profondeur de compensation phytoplancton Anchois
 Profileur Calanus finmarchicus Histoire Convection
 Filet Boucle microbienne Masse volumique Thermocline
 Eutrophe Stratification Oligotrophe Pression
 Broutage CPR Pélagique



Tout ce dont j'aurai pu (du ?) parler

- Circulation à mésoéchelle et sub - mésoéchelle.
- La couche de mélange.
- La circulation thermohaline
- La théorie des ergoclyne.
- Les migrations verticales du zooplancton.
- Les zones mésopélagiques.
- Les virus.
- Les zones HNLC.
- Les ondes de Kelvin et de Rossby.
- Les variabilités pluriannuelles, multidécennales, multiséculaire de l'Océan.
- ...