



Royal Netherlands Institute for Sea Research

IJzer en Mangaan, van Levensbelang voor de Oceaan

Rob Middag

Department of Ocean Systems

Rob.middag@nioz.nl

Met bijdrages van Indah Ardiningsih, Corina Brussaard, Charlotte Eich, Loes Gerringa, Patrick Laan, Mathijs van Manen, Anna Noorderloos, Gert-Jan Reichart, Hung-An Tian, Bas van der Wagt en vele anderen

Royal NIOZ is part of the institutes organisation of NWO, in cooperation with Utrecht University



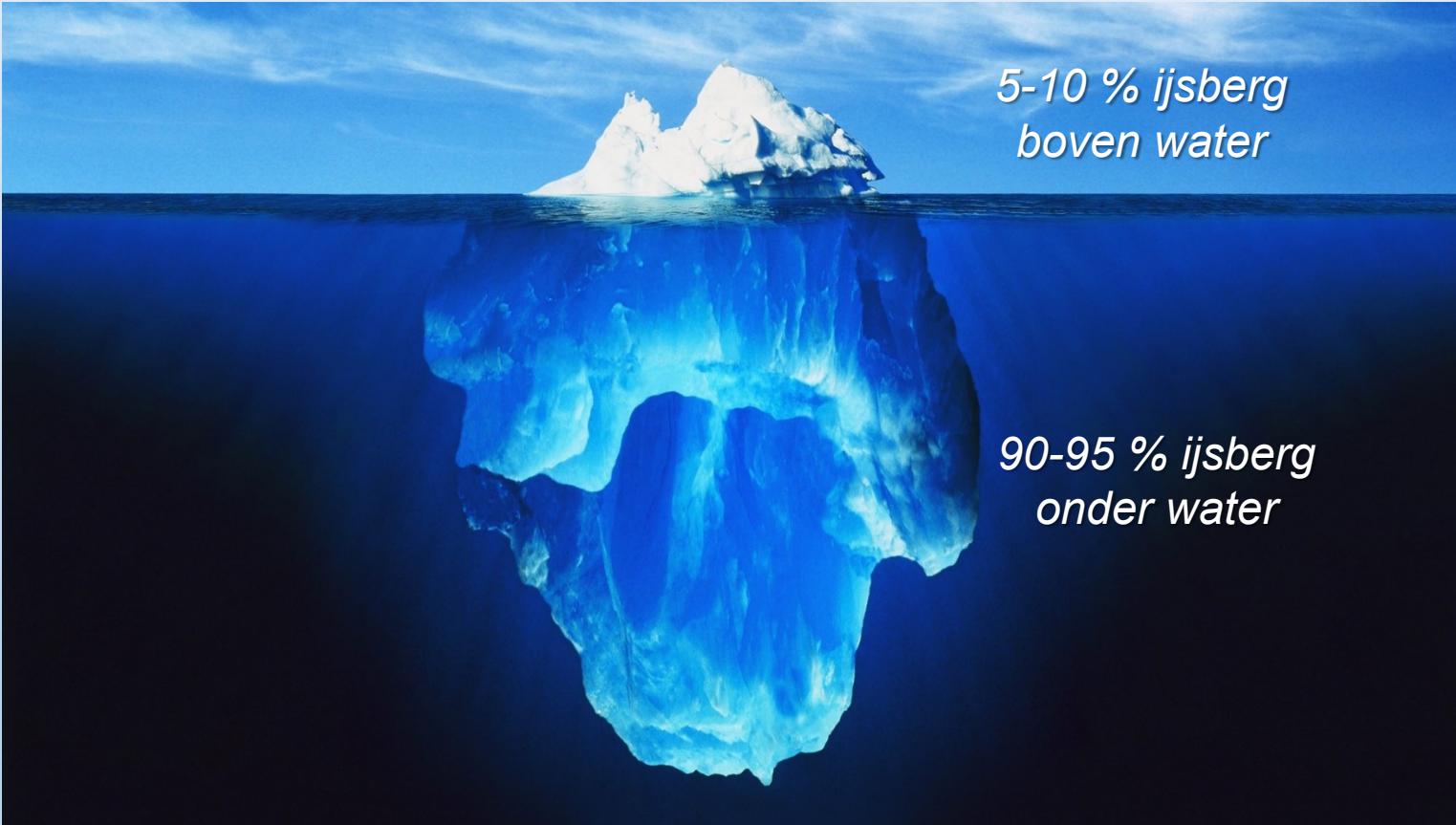
Utrecht University



Leven in de Ocean

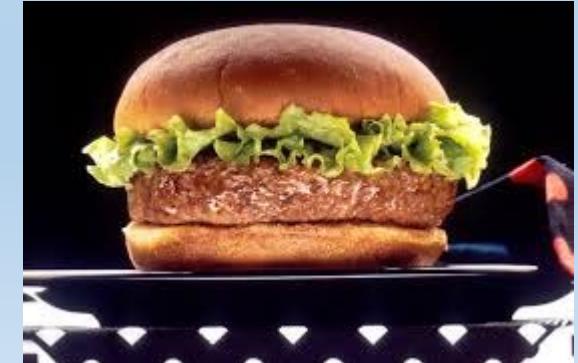


Leven in de Ocean

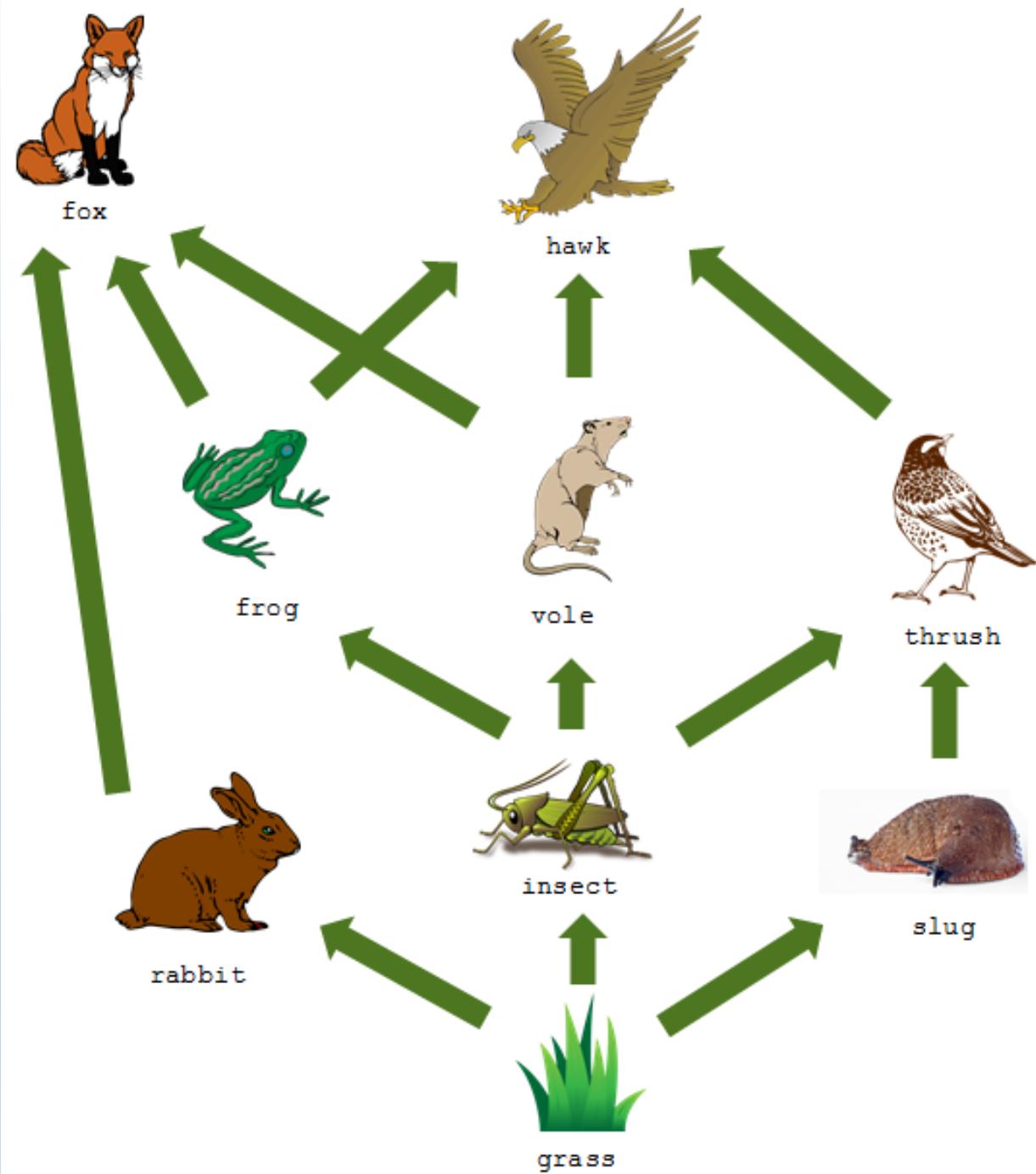


- **Ongeveer $\frac{3}{4}$ van het leven (biomassa) in de oceaan is eencellig!**

Voedselketen



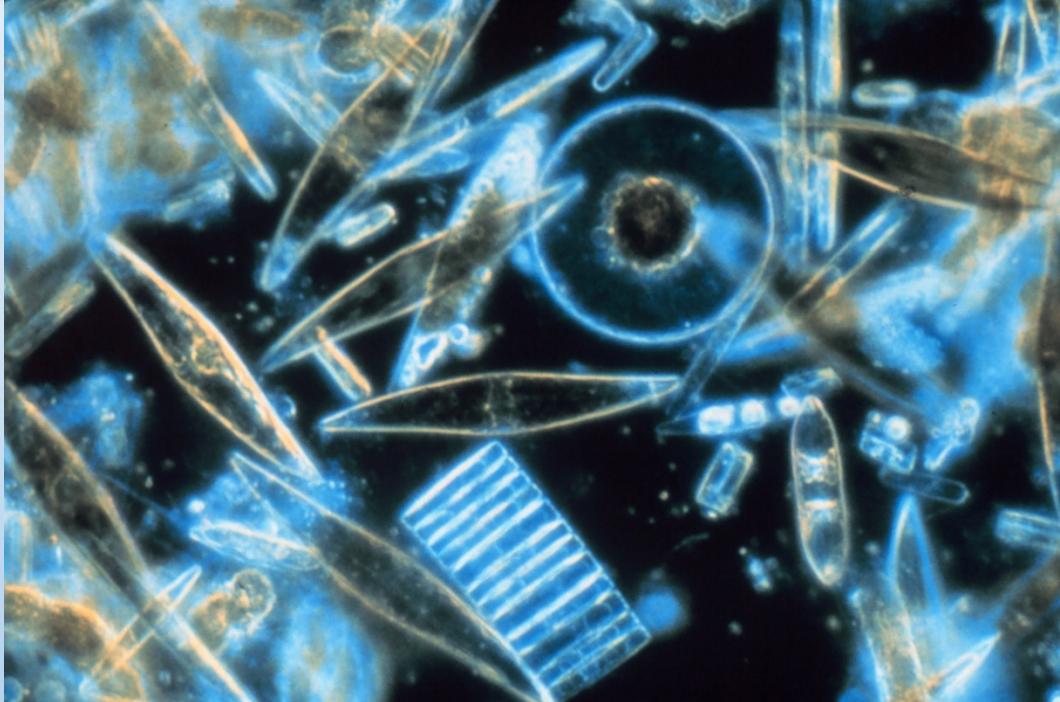
Voedselketen



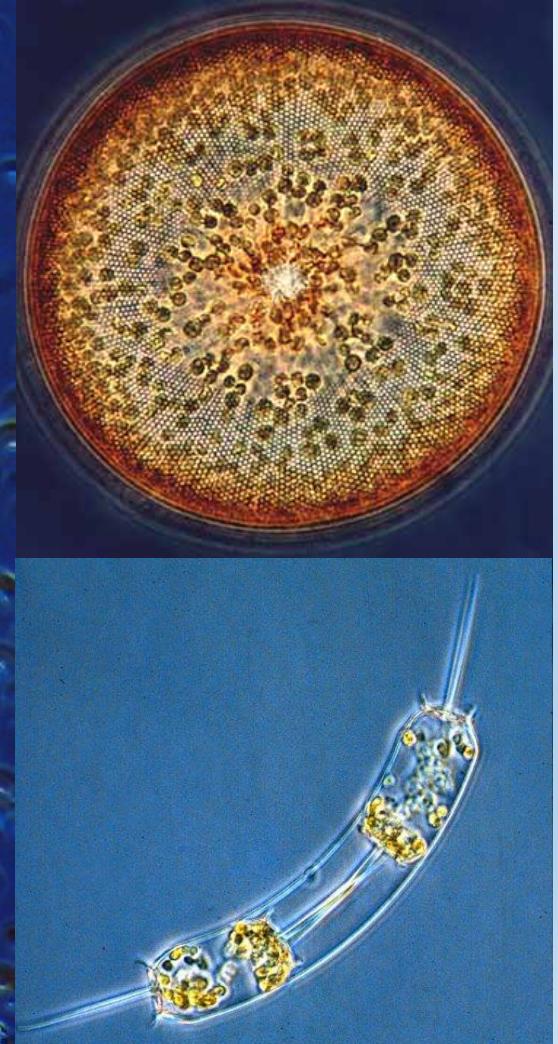
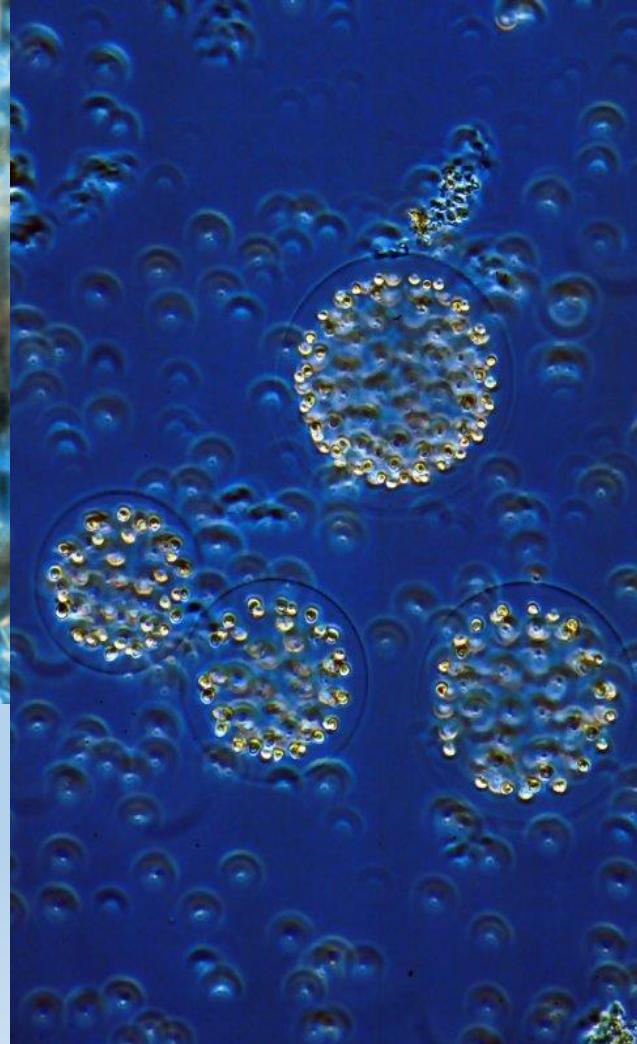
Wat zijn de planten van de ocean?



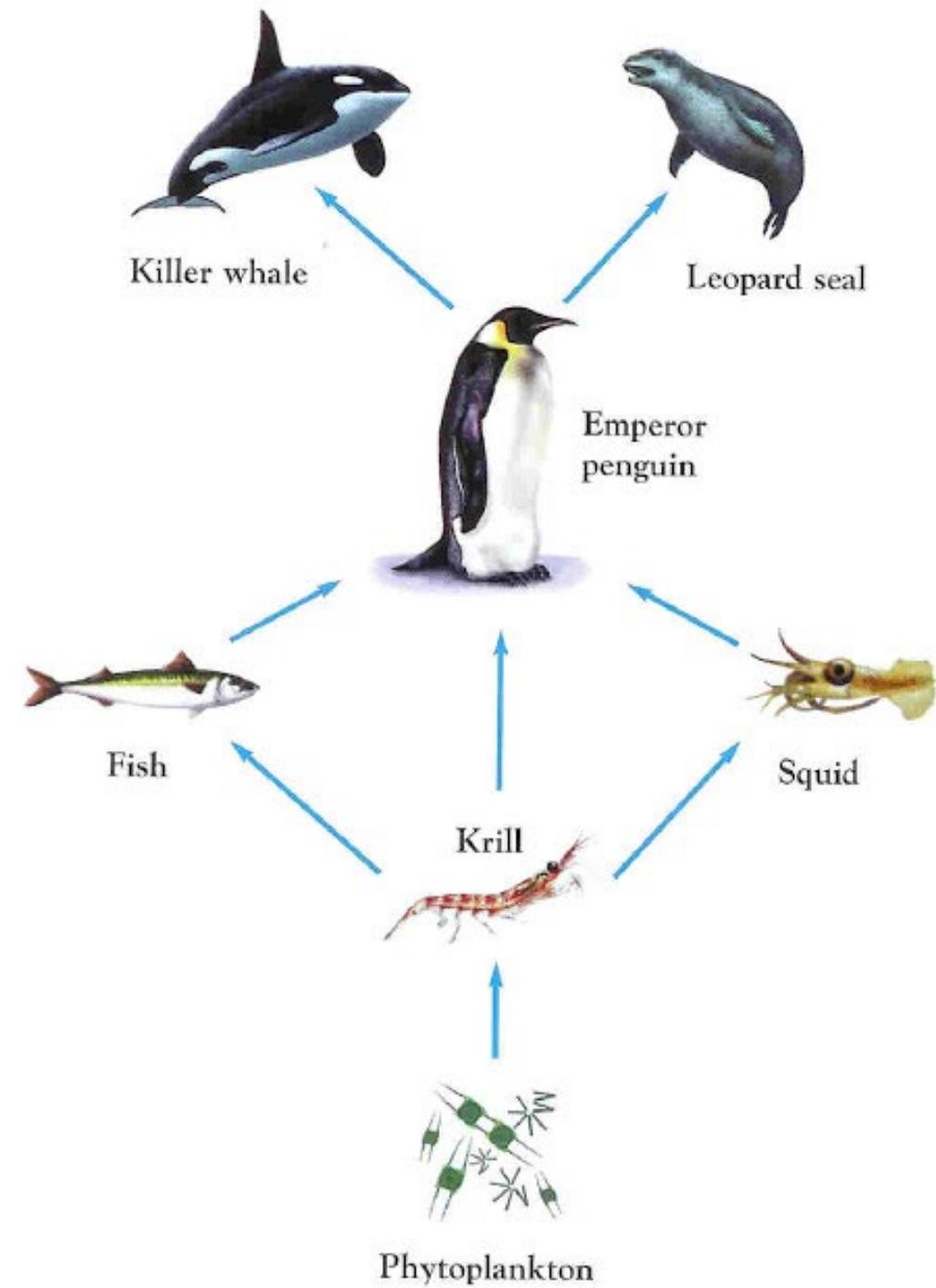
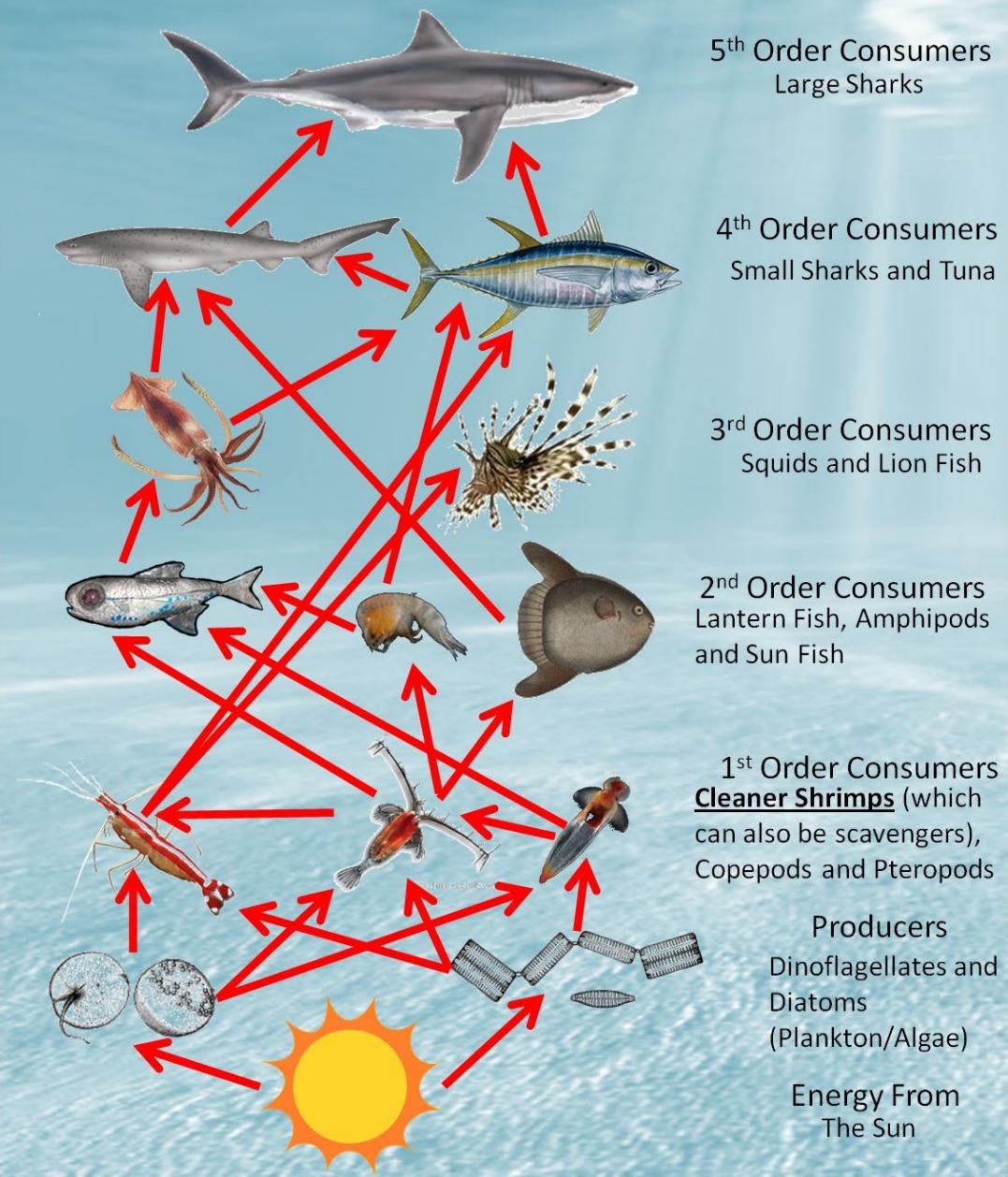
Wat zijn de planten van de ocean?



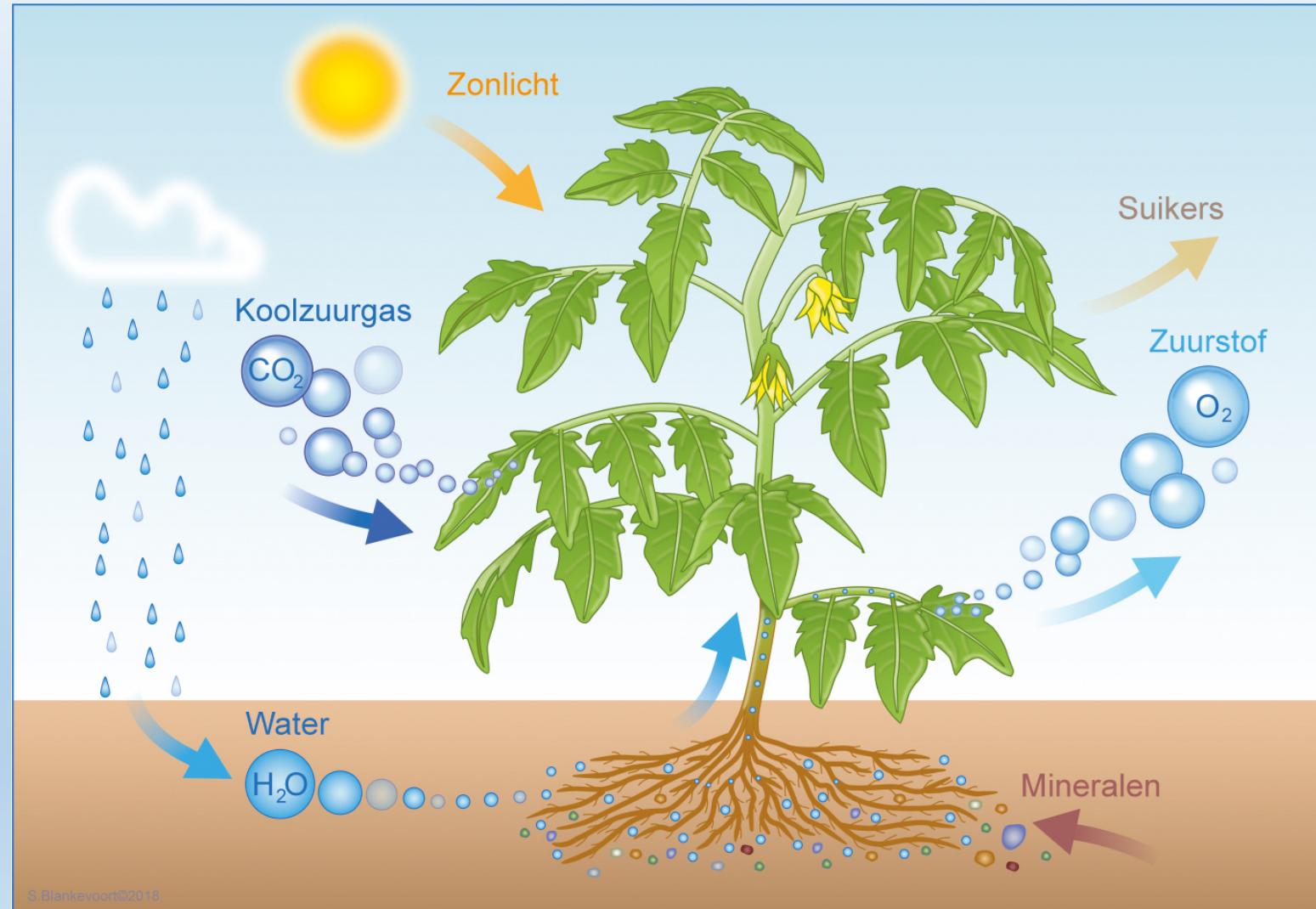
**Algen! In de ocean beter bekend
als fytoplankton**



MARINE FOOD WEB



Het leven begint met Chemie



Het leven begint met Chemie

- Fytoplankton (algen)
 - Fotosynthese
- Fytoplankton in de ocean produceren 50% van ons Zuurstof
 - Licht + water + voedingstoffen → plantaardige biomassa
 - Koolzuurgas (CO_2)
 - fosfaat
 - nitraat
 - spoorelementen



Spoorelementen

Calcium	162mg
Chroom	25mcg
Fosfor	125mg
Ijzer	14mg
Jodium	150mcg
Koper	2mg
Magnesium	100mg
Mangaan	2.5mg
Molybdeen	25mcg
Selenium	25mcg
Zink	15mg

Voedingsinformatie

Voedingswaarde per dagdosering (1 tablet):

Vitamine A	692mcg
Vitamine D	10mcg
Vitamine E	10mg
Vitamine C	60mg
Thiamine	1.4mg
Riboflavine	1.6mg
Niacine	18mg
Pantotheenzuur	6mg
Vitamine B6	2mg
Vitamine B12	1mcg
Foliumzuur	400mcg
Biotine	150mcg
Vitamine K	30mcg
Calcium	162mg
Chroom	25mcg
Fosfor	125mg
Ijzer	14mg
Jodium	150mcg
Koper	2mg
Magnesium	100mg
Mangaan	2.5mg
Molybdeen	25mcg
Selenium	25mcg
Zink	15mg
Betacaroteen	0.2mg
Boor	0.07mg
Luteïne	0.25mg
Lycopéen	0.3mg

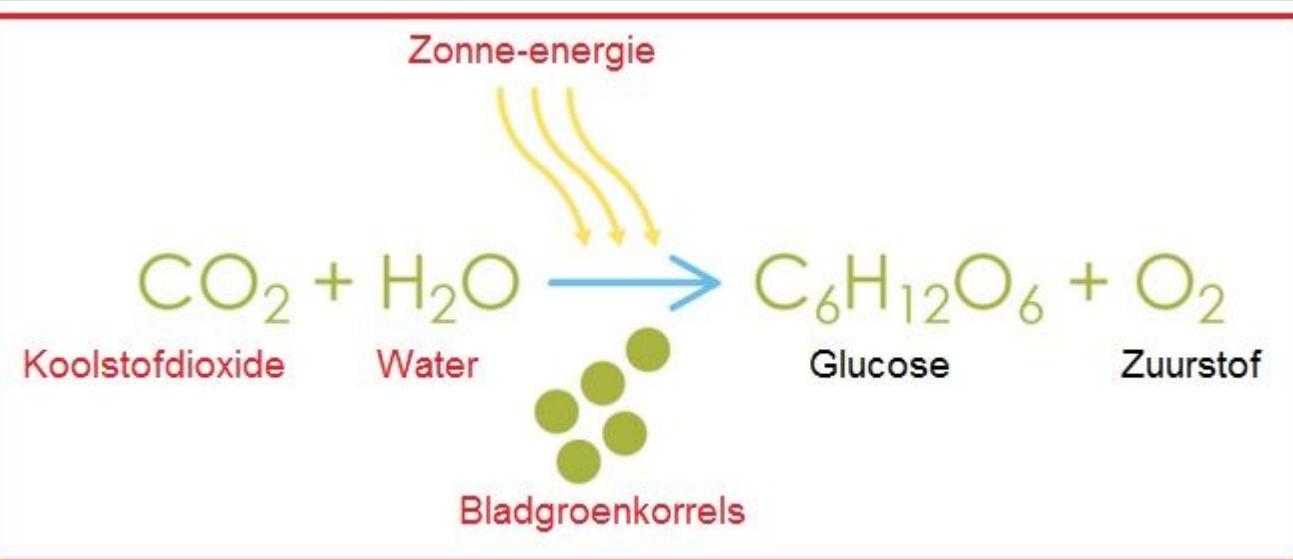
IJzer en Mangaan, van Levensbelang voor de oceaan

- Zonder ijzer geen fotosynthese
 - Ook al hebben fytoplankton water licht, CO₂, nitraat, fosfaat, zonder ijzer kunnen ze niet groeien
 - Van alle spoorelementen hebben planten van ijzer het meest nodig

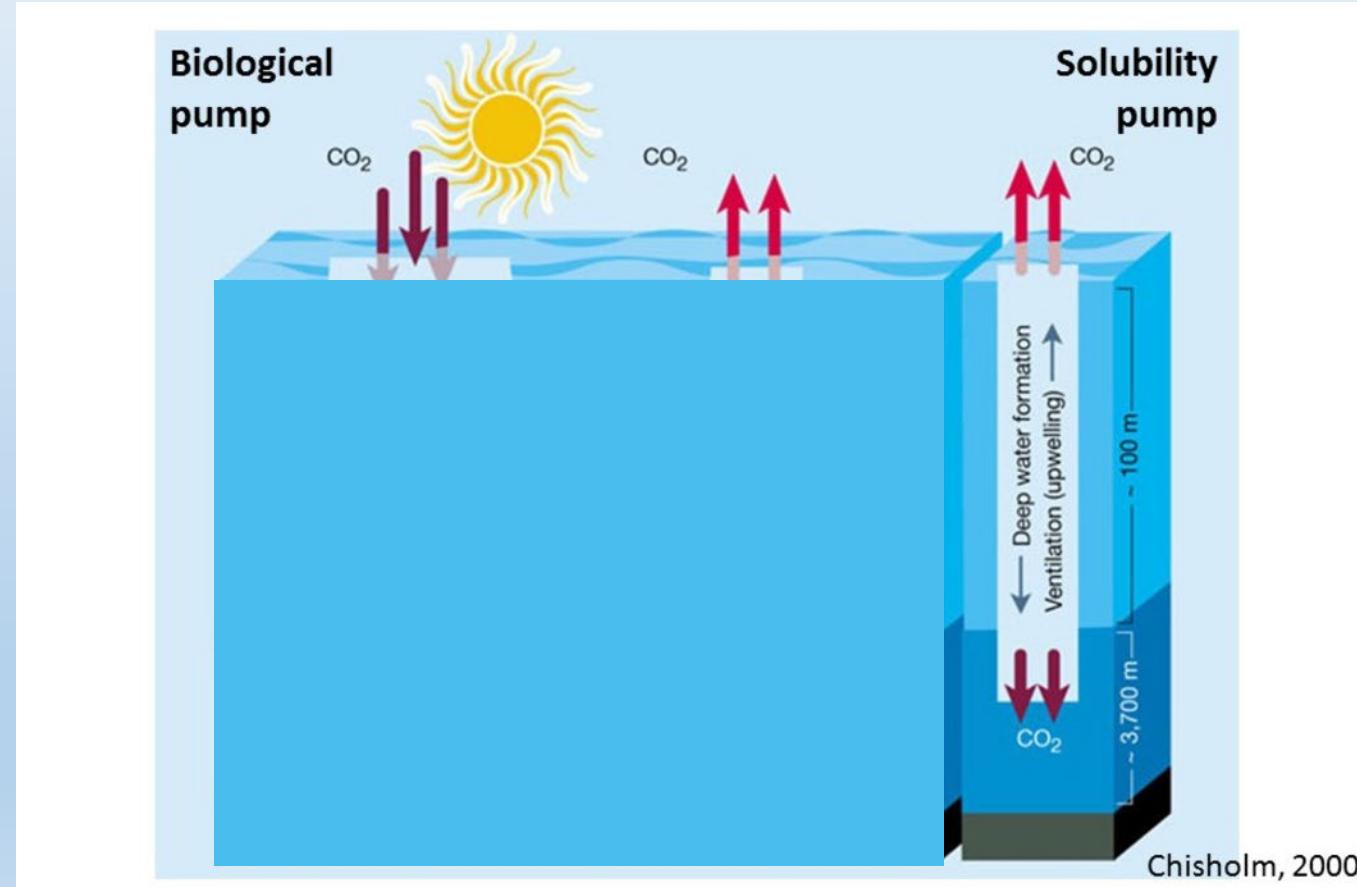


IJzer en Mangaan, van Levensbelang voor de oceaan

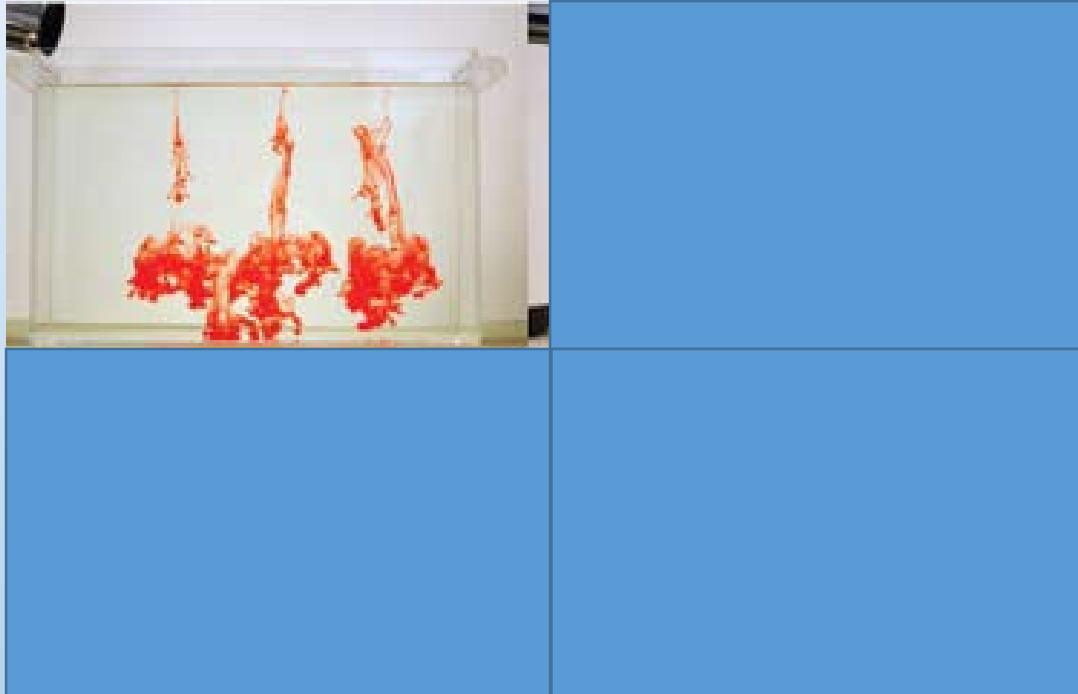
- Zonder mangaan geen fotosynthese
 - Mangaan is nodig in het splitsen van water

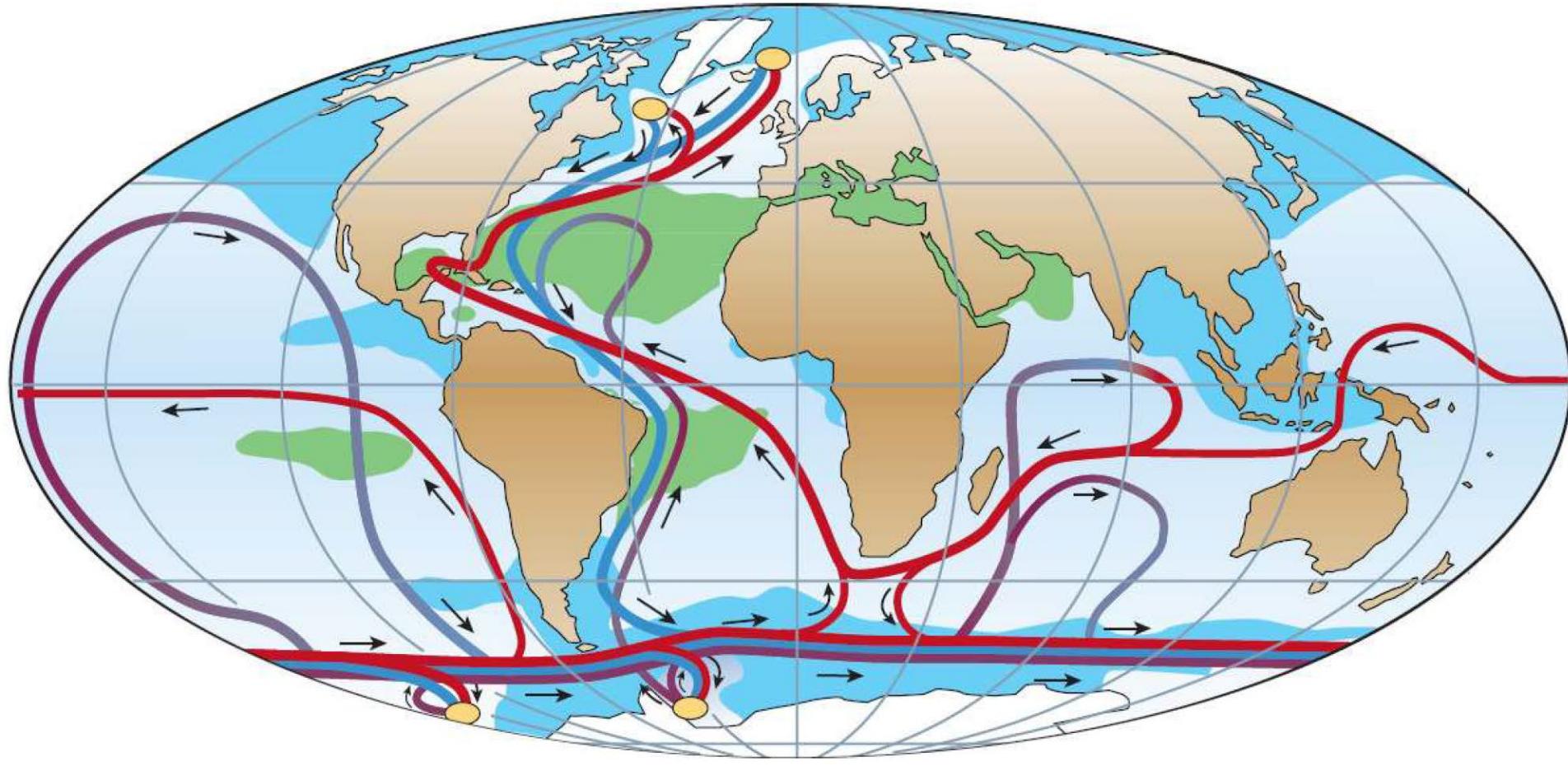


De oceaan is enorm belangrijk voor het klimaat

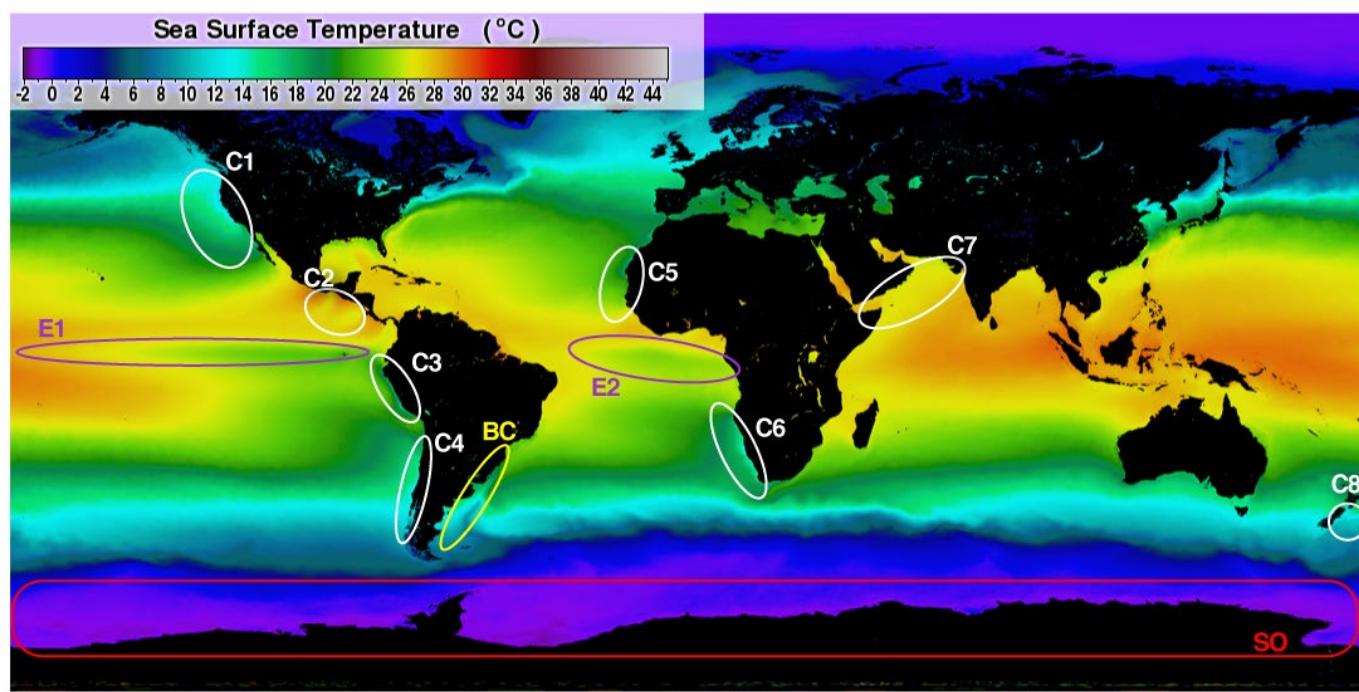


Stratificatie

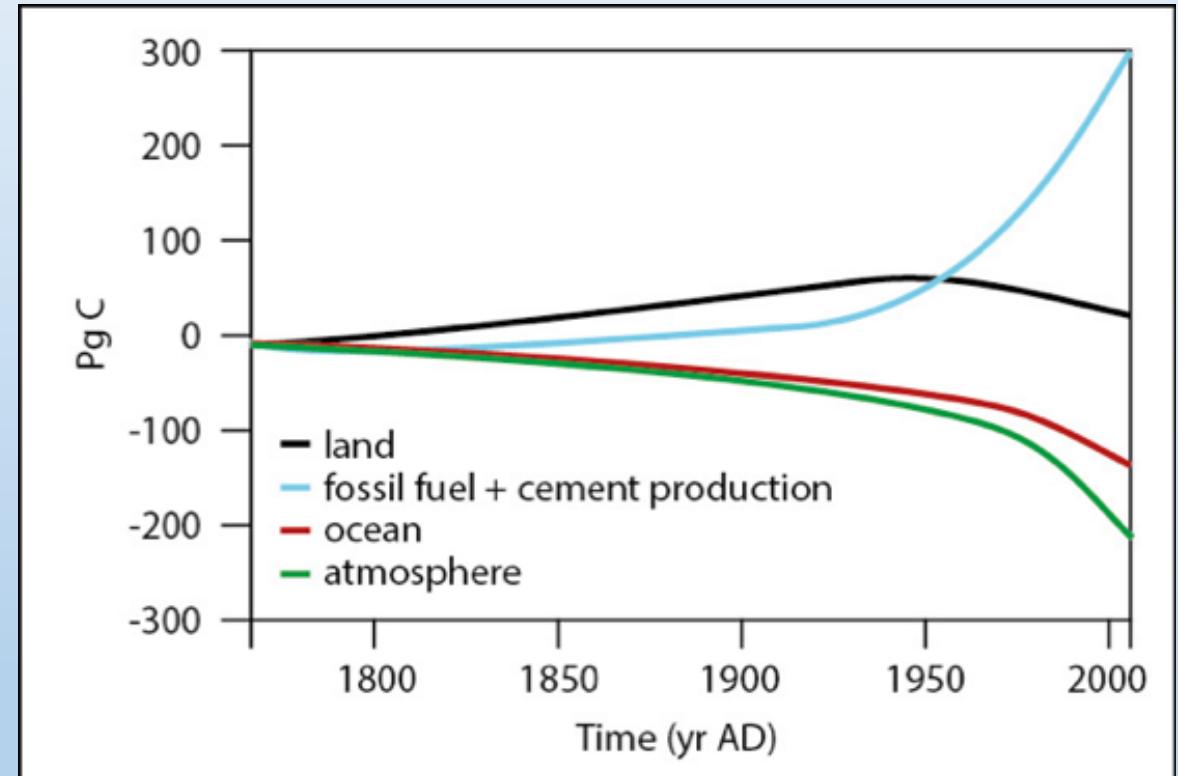
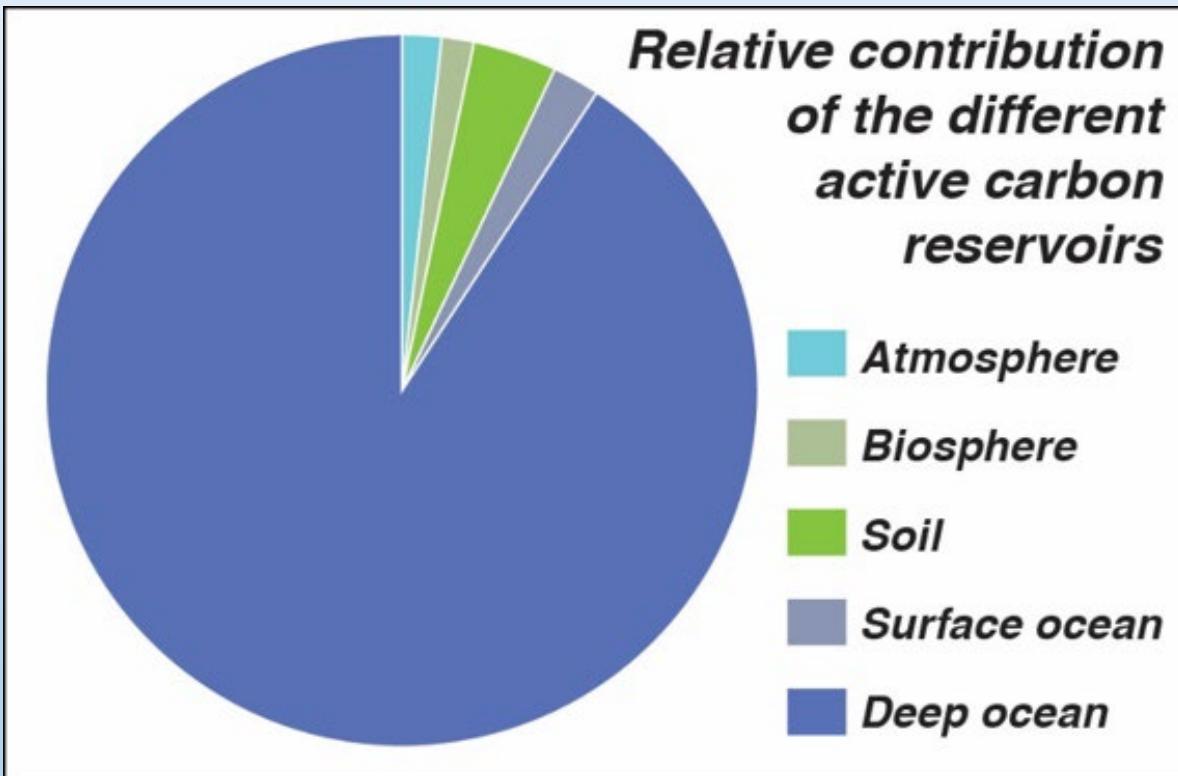




- Enorme invloed op het klimaat
 - E.g. New York vs Lissabon
 - Wat is de warmste land temperatuur ooit gemeten?
 - 56.7°C in Death Valley
 - Wat is de koudsteland temperatuur ooit gemeten?
 - -89.2°C in Antarctica
 - Hoe komen water and nutrienten weer naar het oppervlakte?

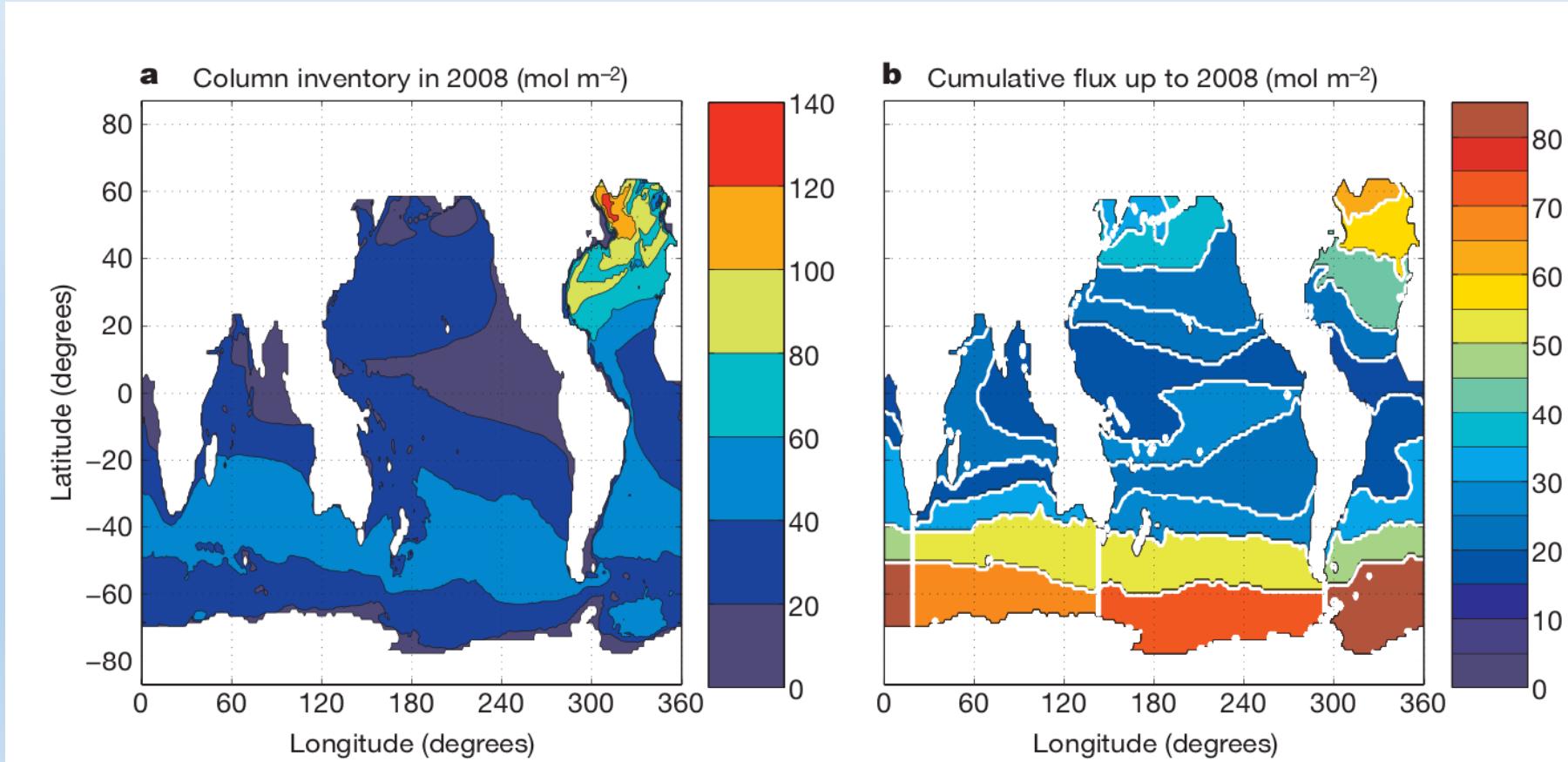


De oceaan is enorm belangrijk voor het klimaat

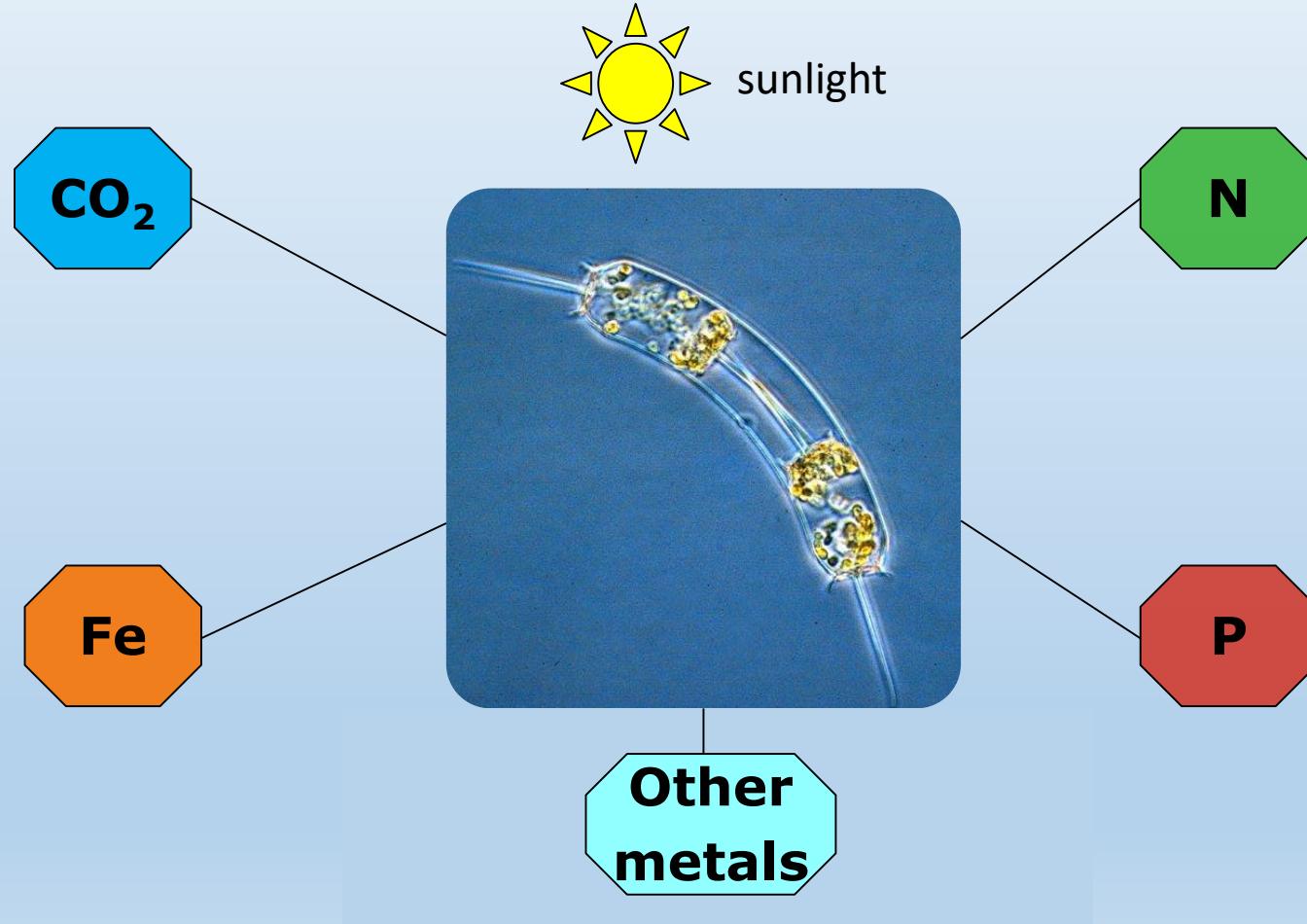


De oceaan is enorm belangrijk voor het klimaat

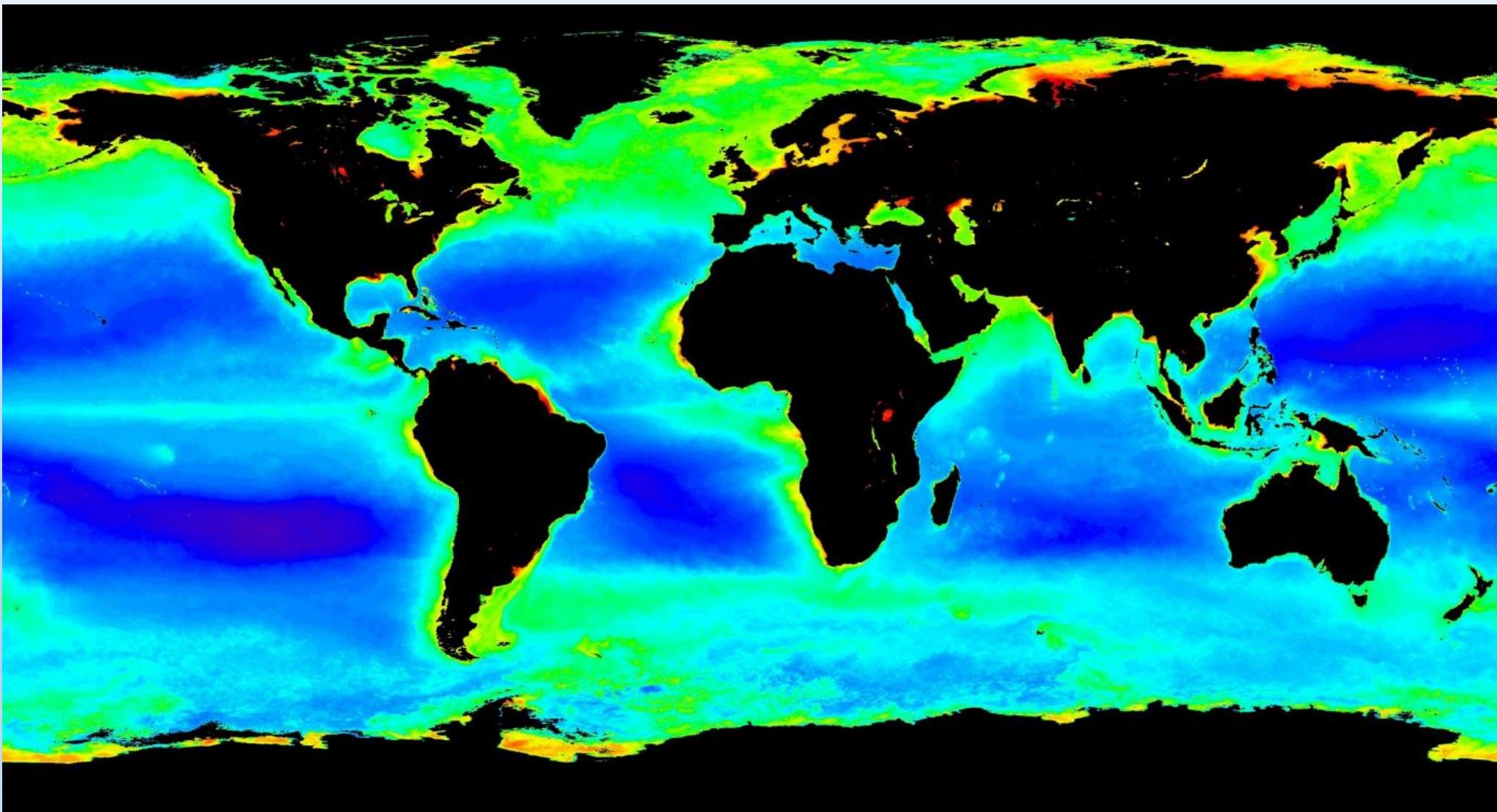
- ~30% van alle anthropogene CO_2 is opgenomen door de ocean



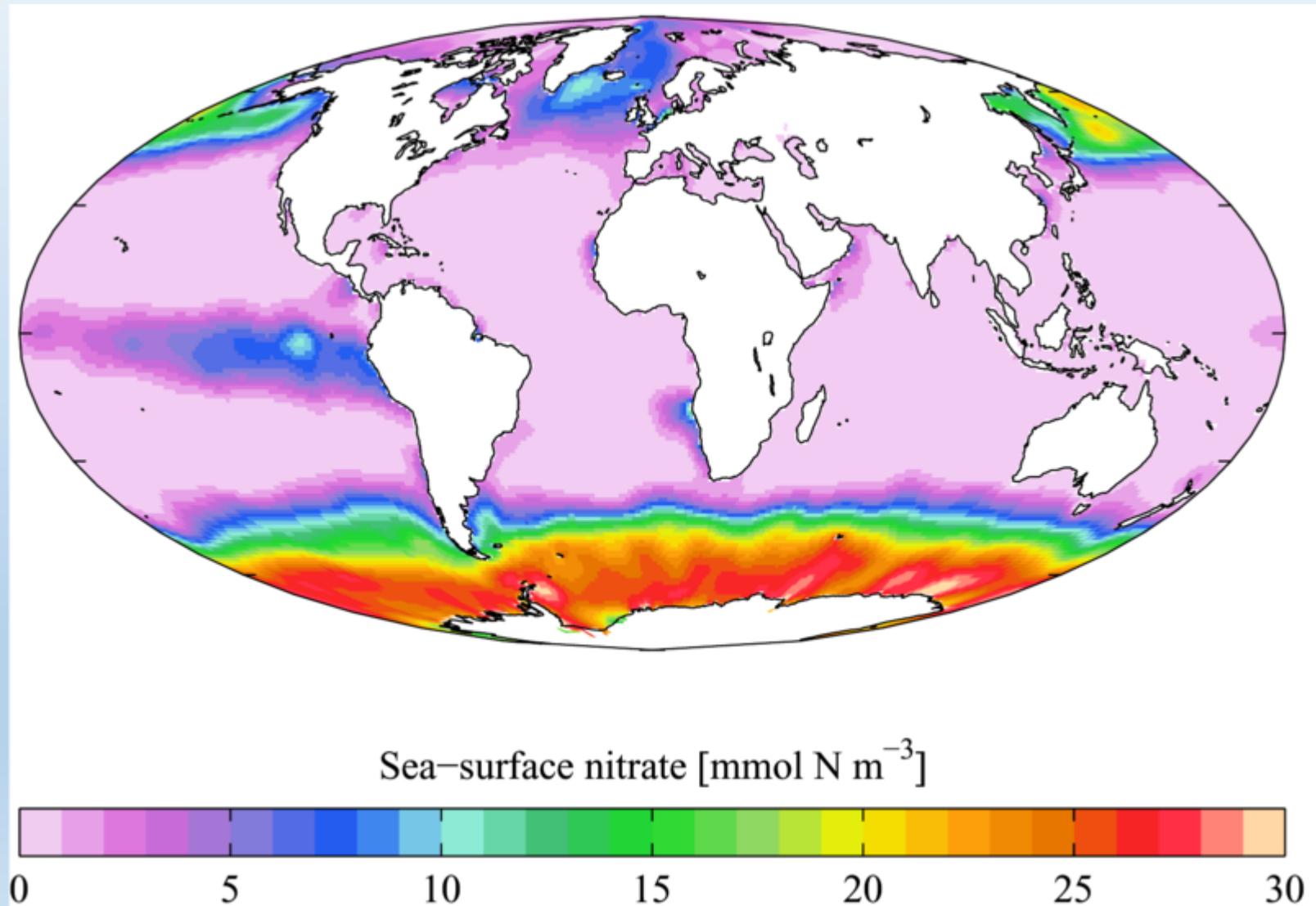
IJzer en Mangaan, van levensbelang voor de Oceaan



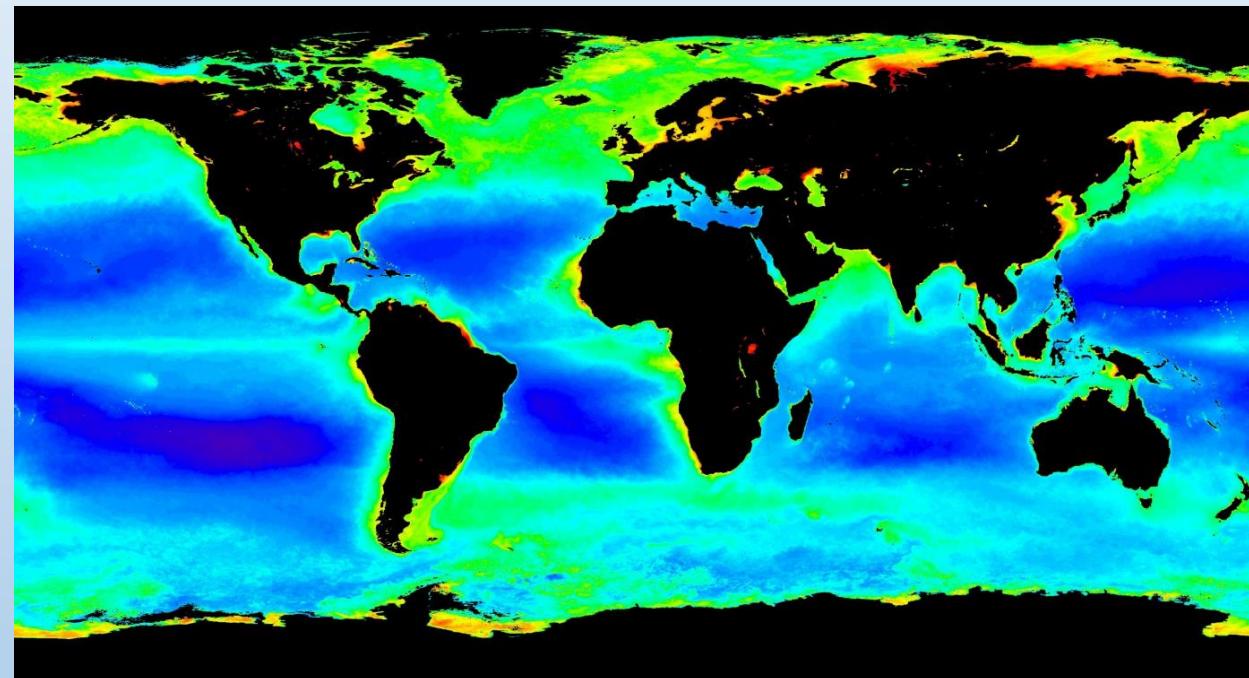
Hoe zie je ijzer gebrek in de oceaan?



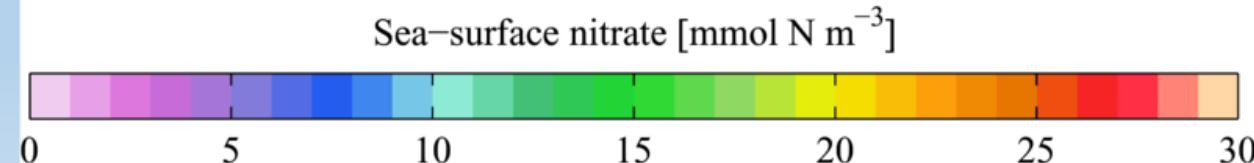
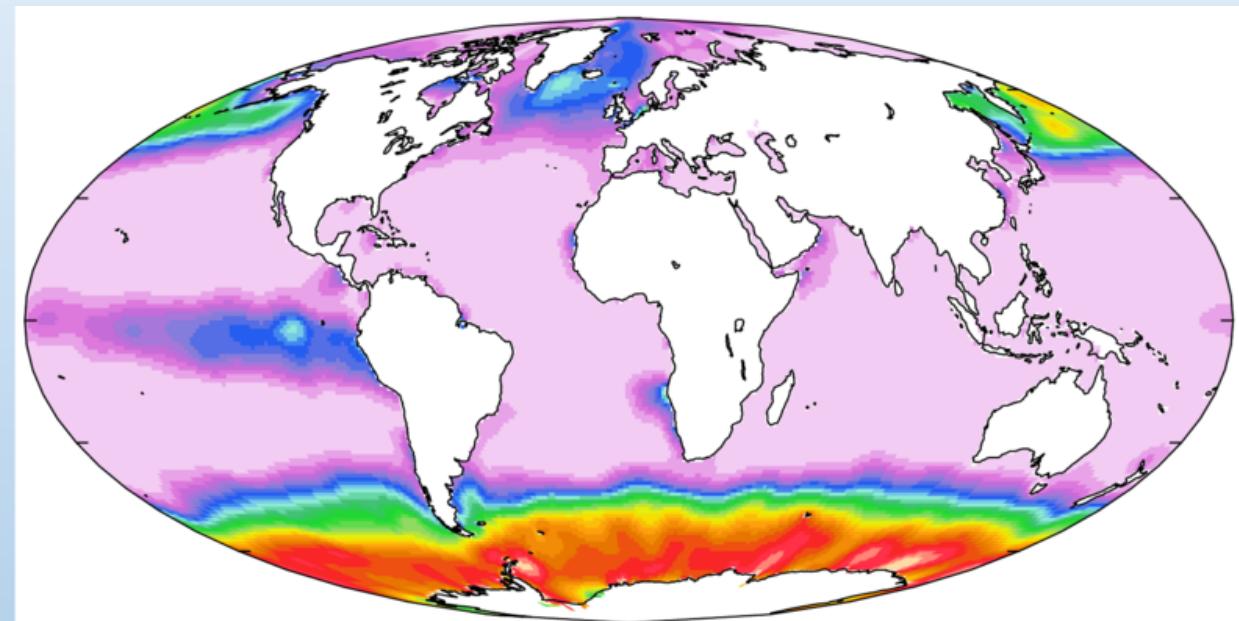
Hoe zie je ijzer gebrek in de oceaan?



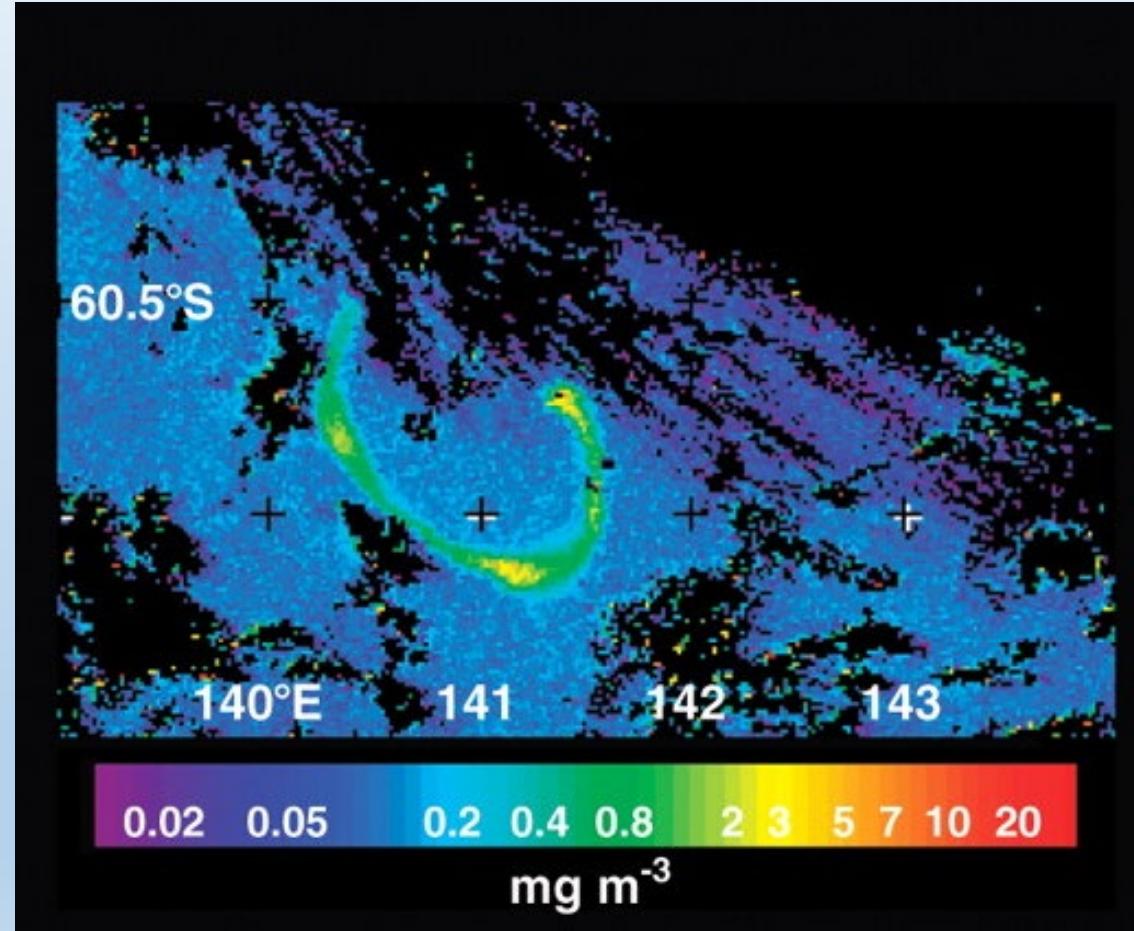
Hoe zie je ijzer gebrek in de oceaan?



Fytoplankton groeit tot de voedingsstoffen op zijn



Hoe zie je ijzer gebrek in de oceaan?

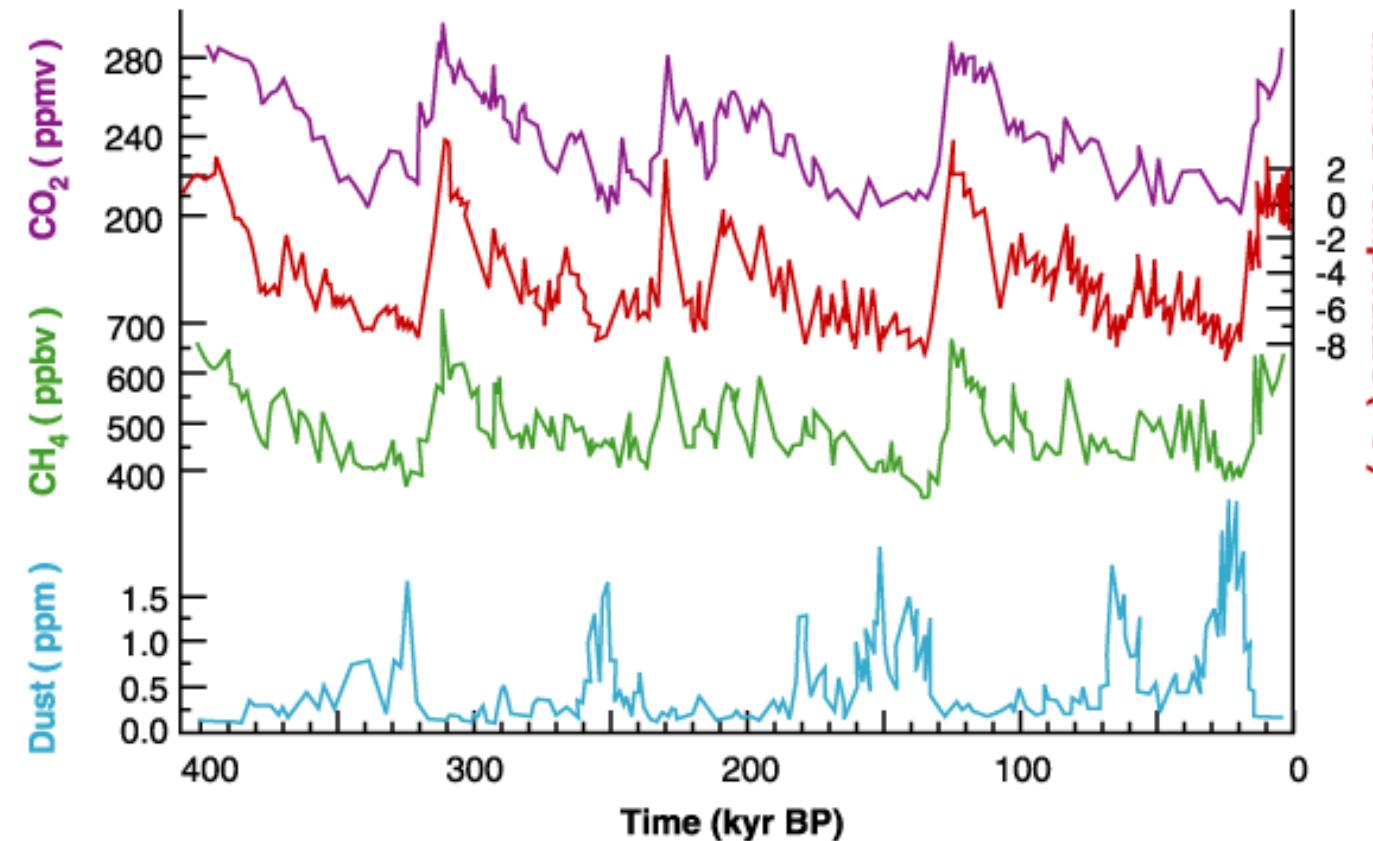




De ijzer hypothese

- Meer Fe in de oceaan
 - Meer CO₂ opname → verlaging van atmosferisch CO₂
 - Afname van de wereldwijde klimaatsverandering
- ‘Give me half a supertanker of Fe and I’ll give you the next ice age’
(John H Martin, July 1988)
 - This started all kinds of craziness...

De ijzer hypothese

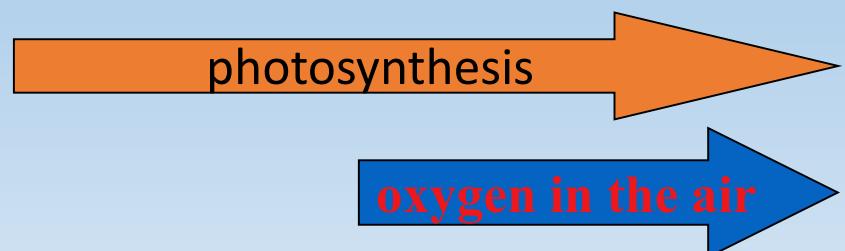
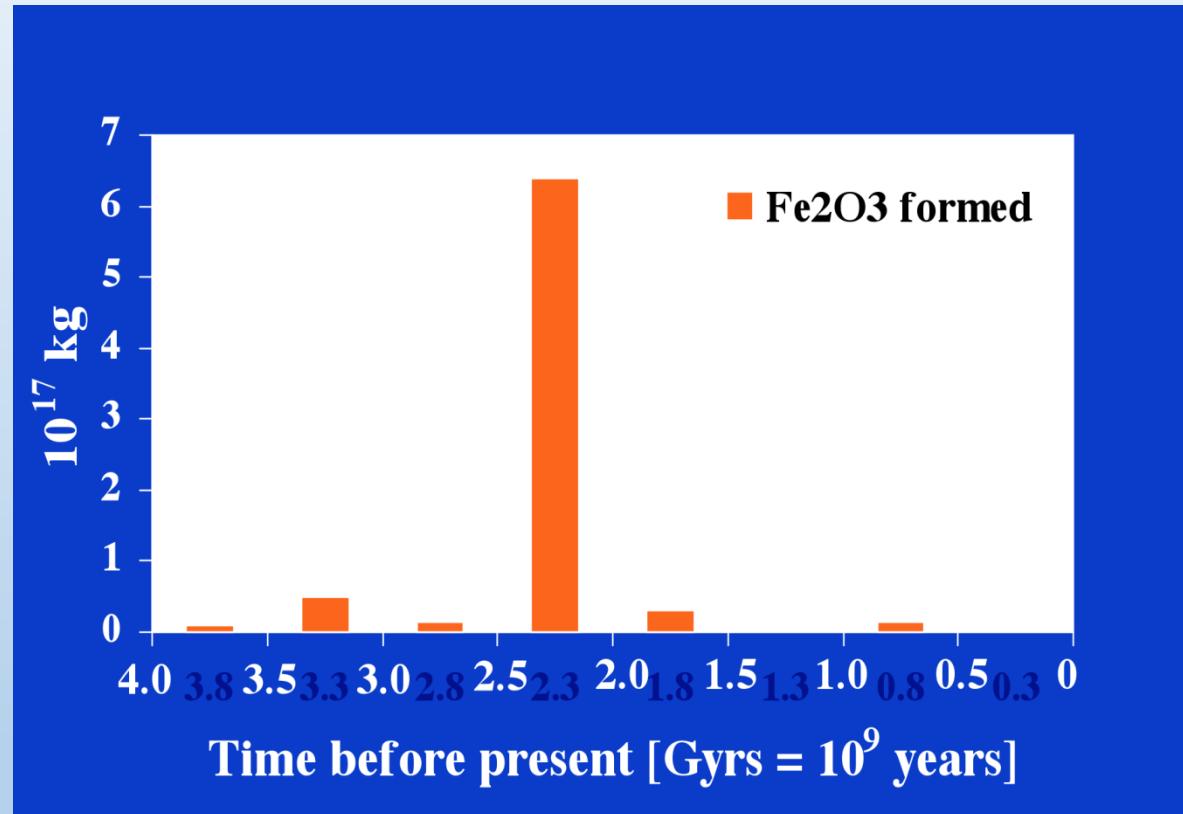




Waarom IJzer?

- In de Oer oceaan waren de condities reducerend (geen zuurstof)
 - Meer dan genoeg gereduceerd Fe(II)
- In evolutie is Fe in veel biochemische processen gebruikt omdat het zeer geschikt is voor de overdracht van electronen
 - Photosynthese
 - Stikstof assimilatie
 - Super oxide dismutase
 - Sulphate reductie

And than life happened



Stromatolites



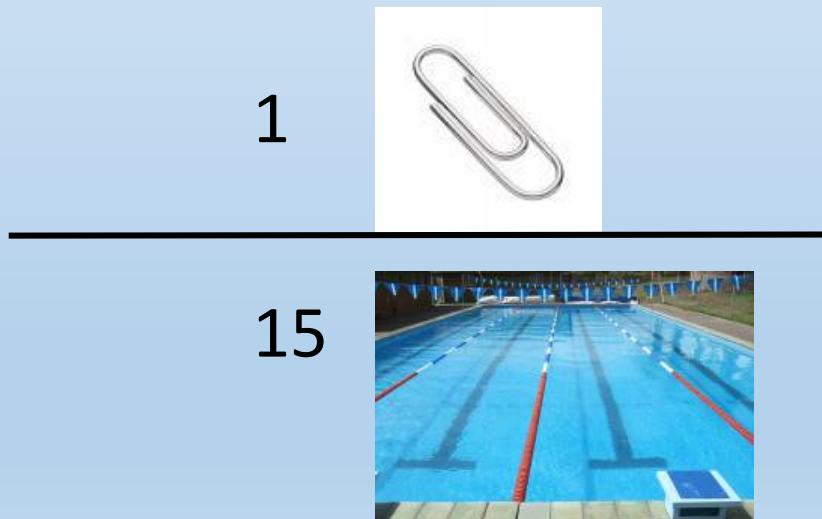


Hoeveel ijzer is er opgelost in de ocean?

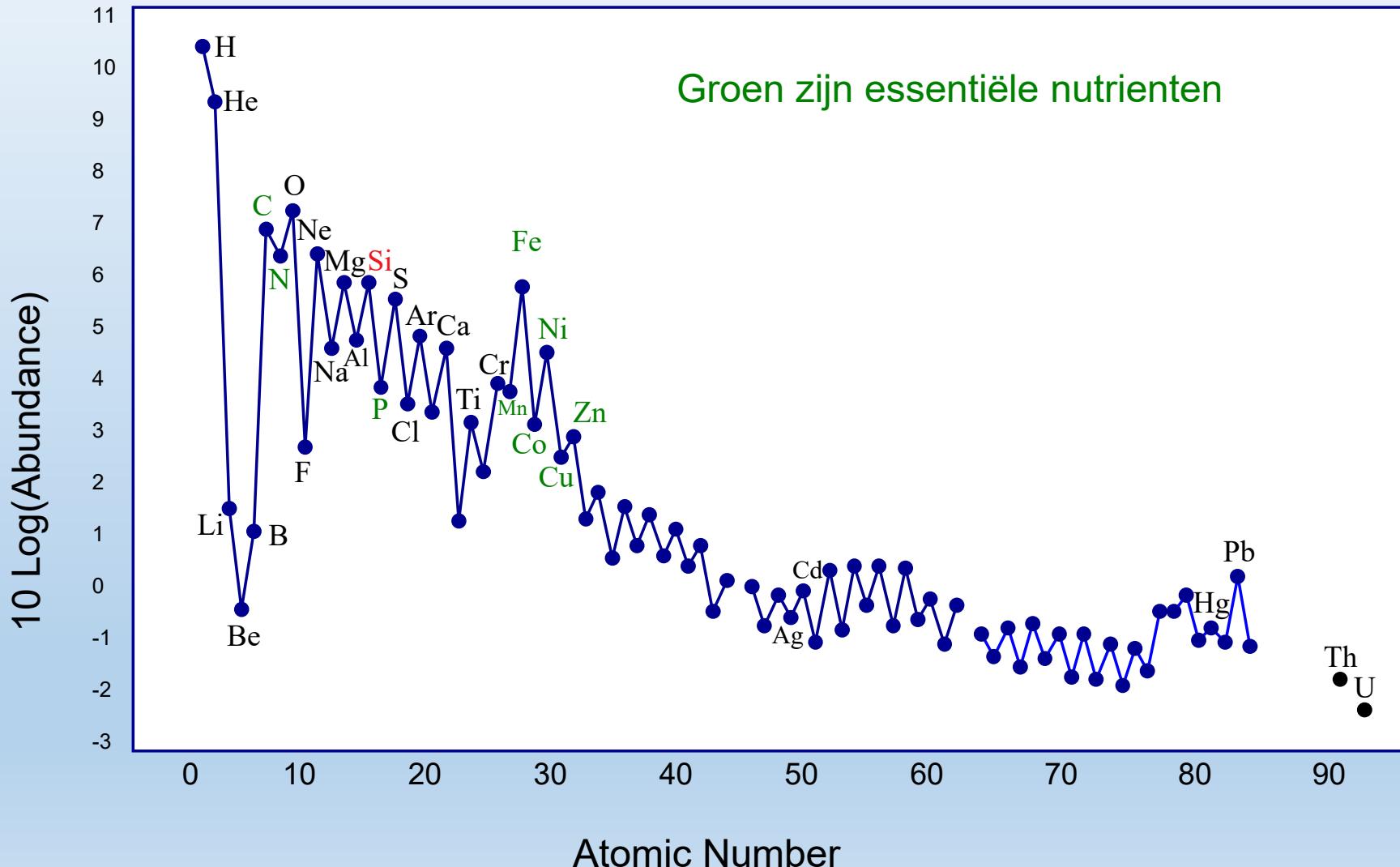
- 0.00000001 gram ijzer per liter zeewater = 10×10^{-9} gram per liter

- dat is  opgelost in 40 miljard liter water

concentratie =



Elementen in ons universum



Metalen en evolutie

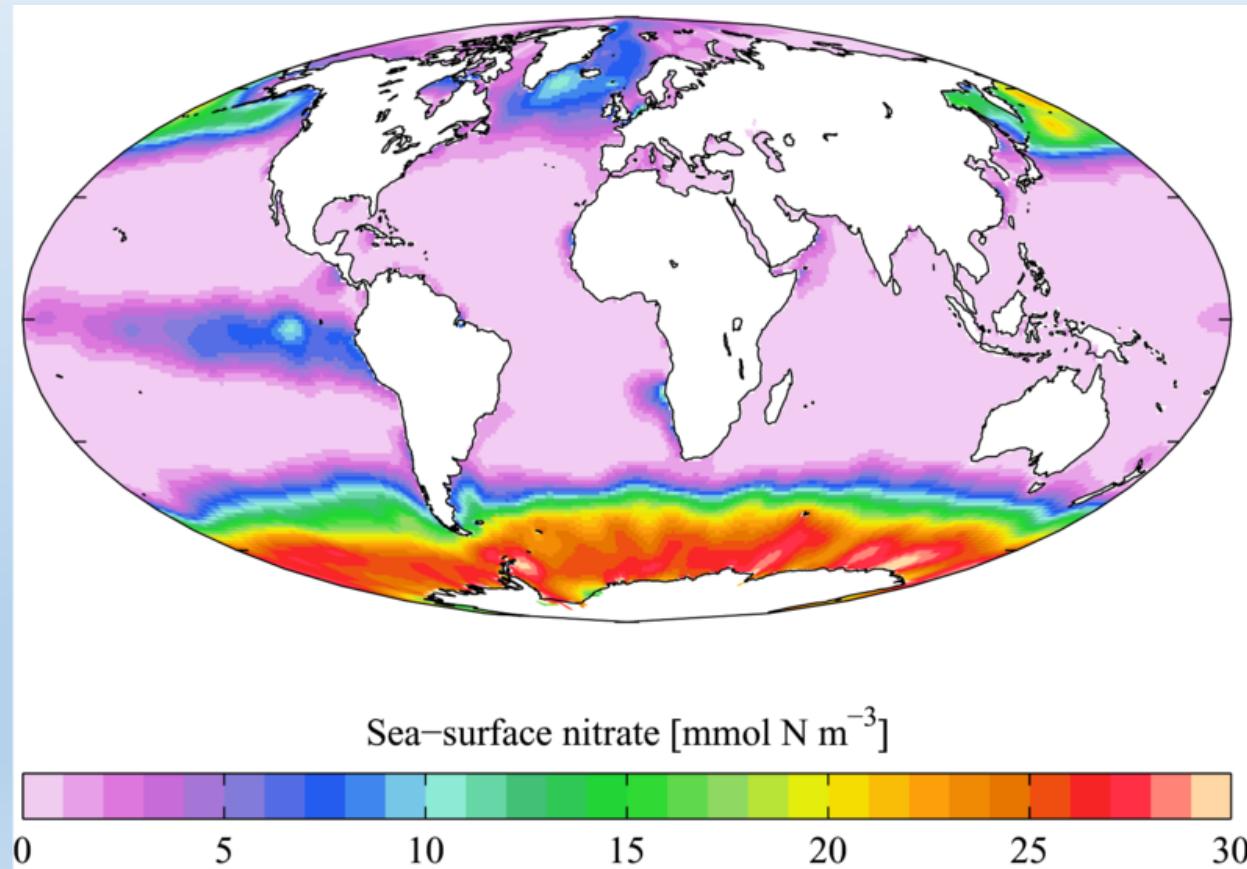
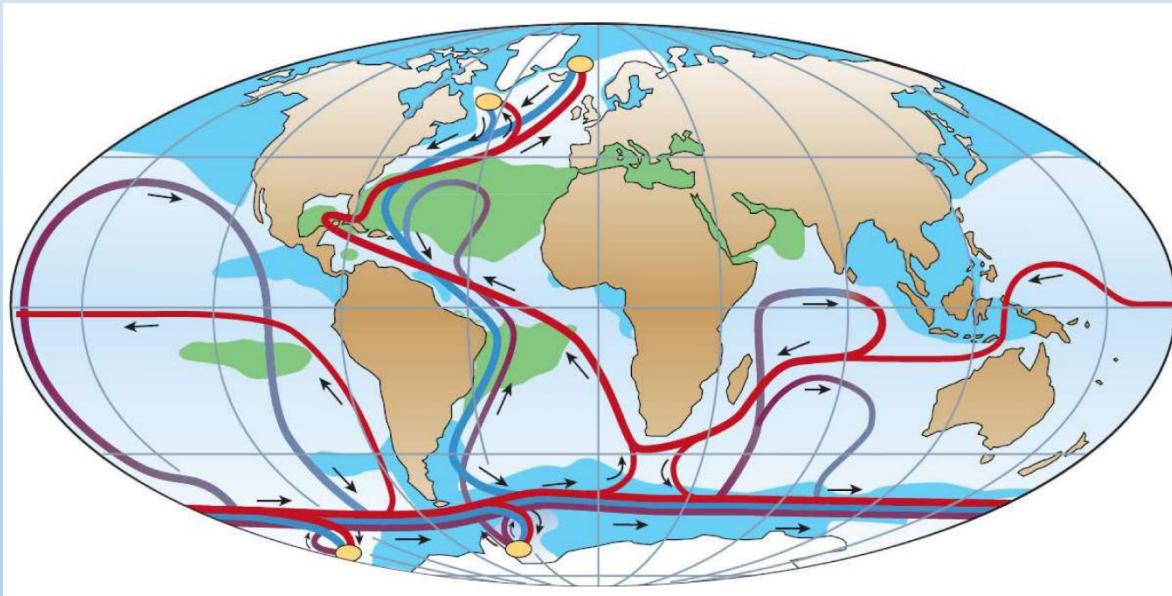


numbers of atoms versus 1 million Si atoms

In evolutie zijn de veel voorkomende element het meest gebruikt: essentieel
Niet veelvoorkomende elementen geen biologische functie

IJzer bemesting van de oceaan

- waar dan?

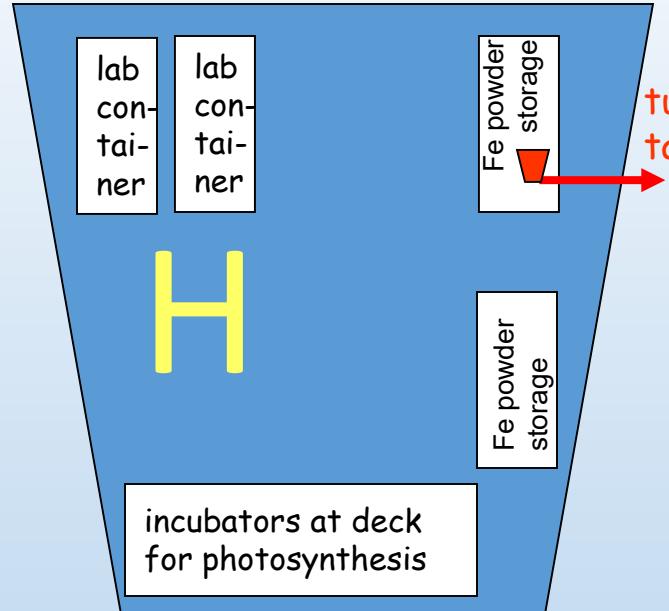




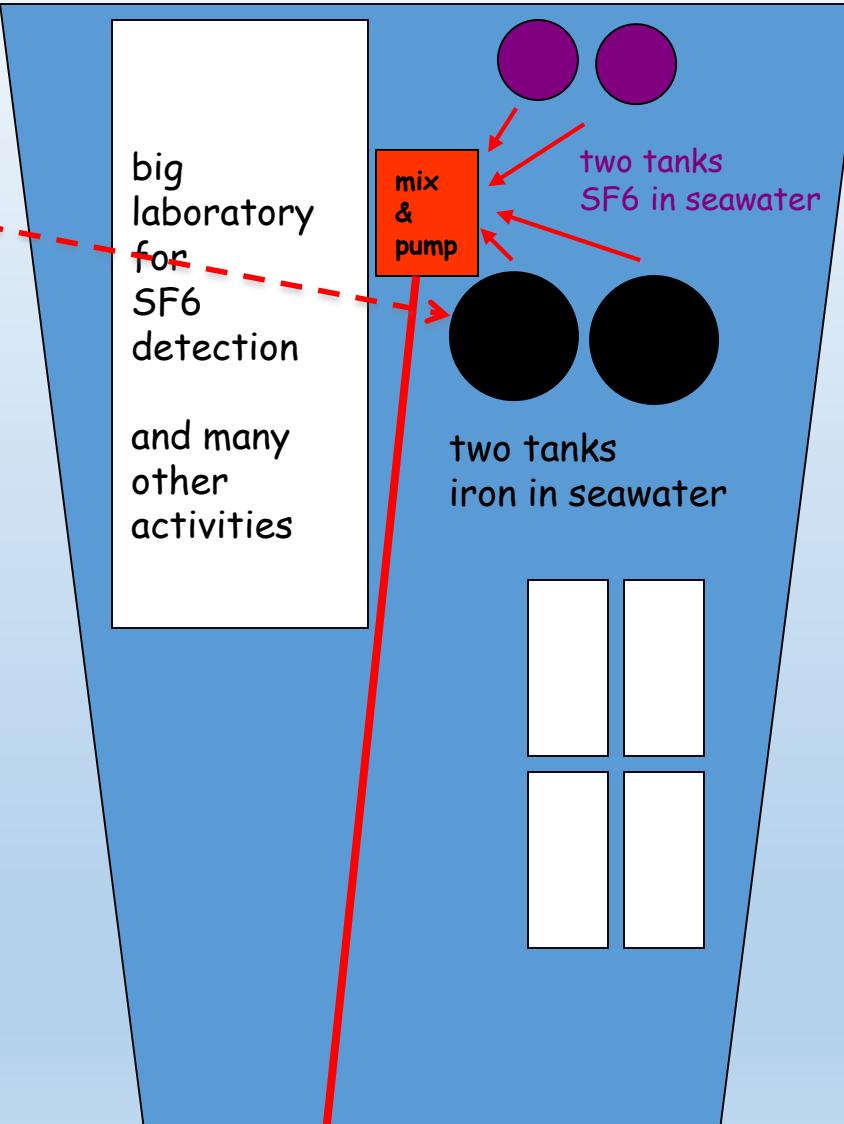
IJzer bemesting van de oceaan

- Hoe dan?

Heli Deck



Work Deck



overboard 2000 litres per hour in 15 hours

Flushing down the FeSO₄ powder



HydroChloric
acid

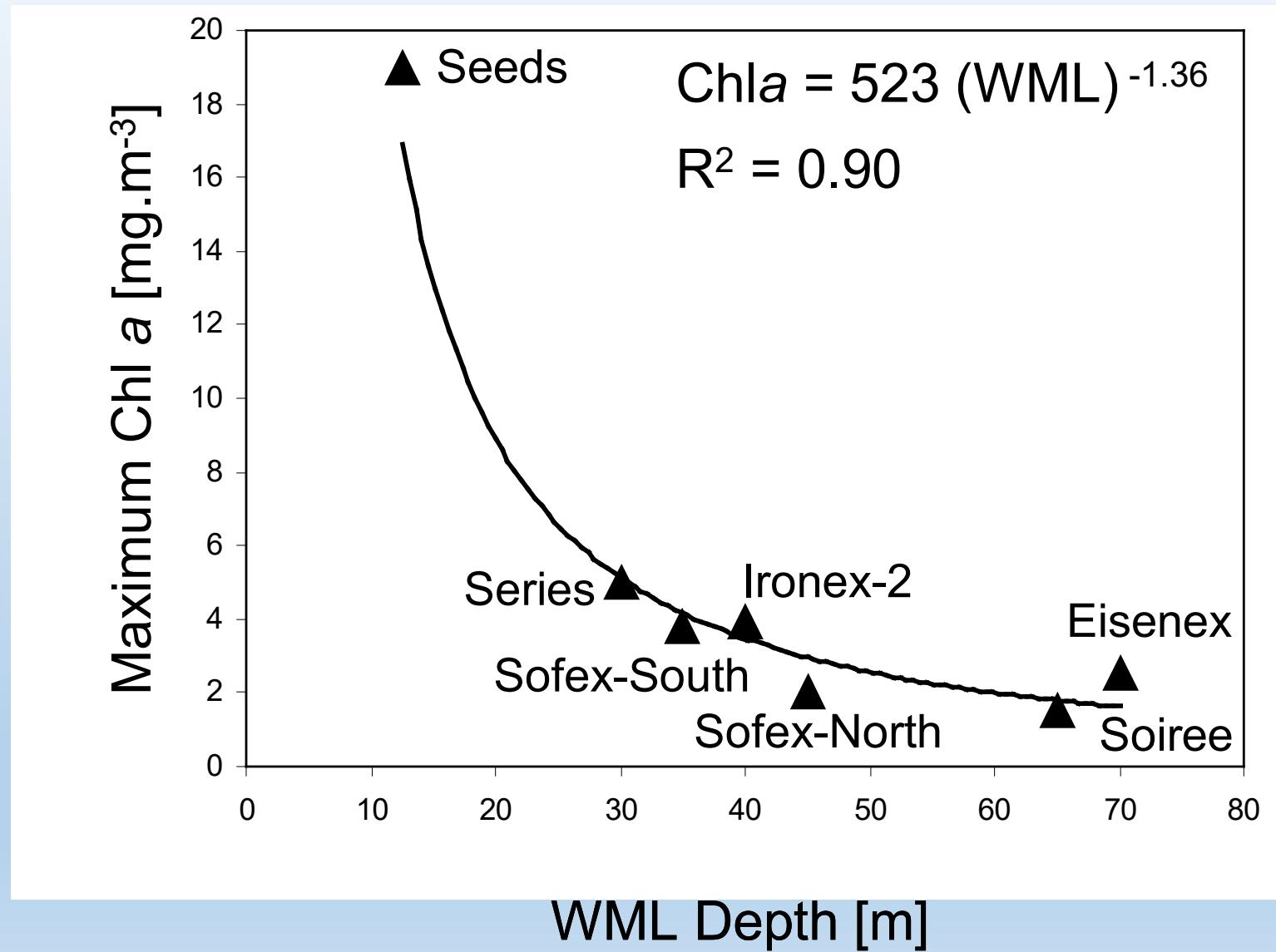


down the drain



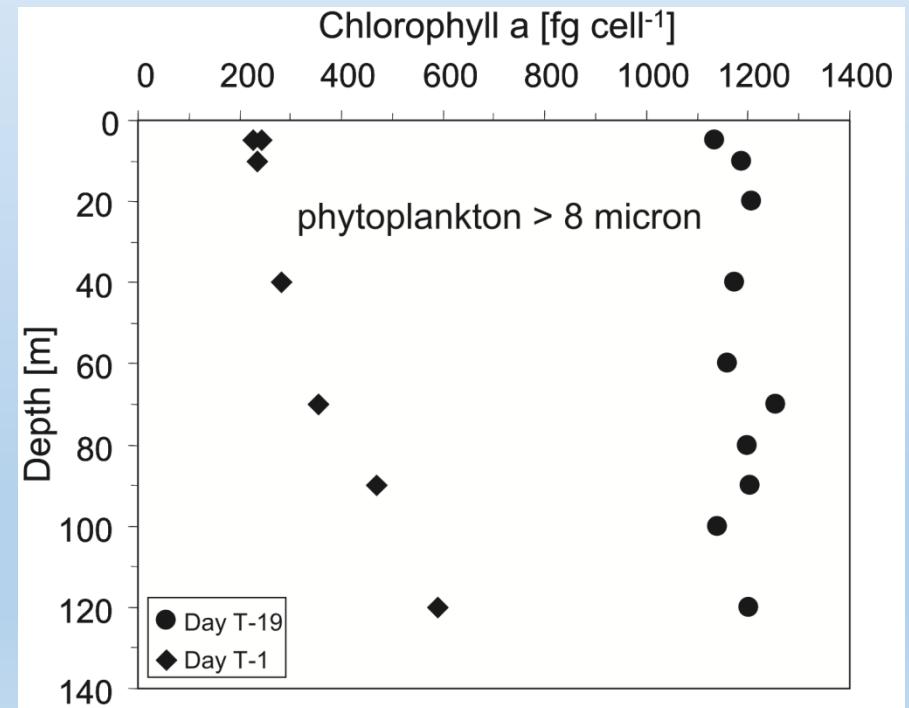


WML diepte is de belangrijkste factor tijdens experimenten



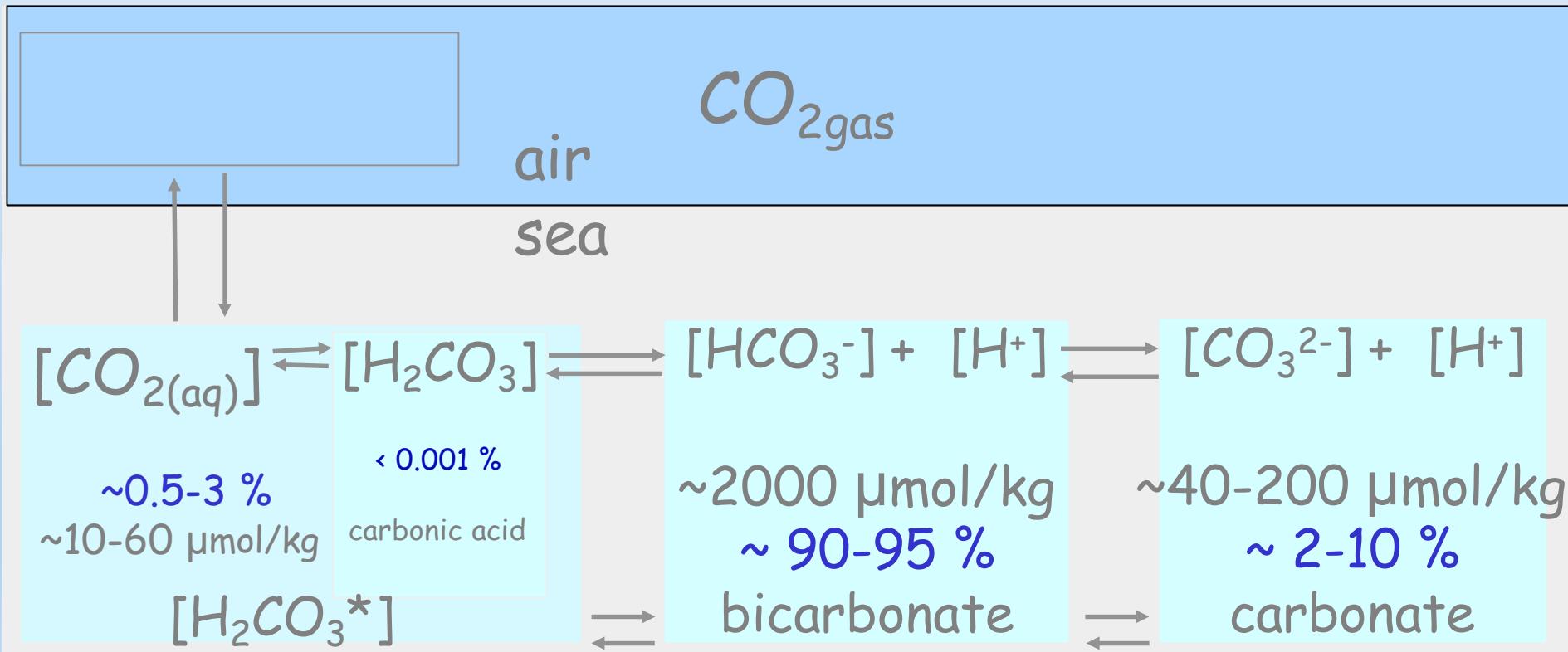
Chlorophyll *a* is GEEN betrouwbare biomassa indicator bij Fe verrijkingsexperimenten

- Chlorophyll *a* is een indicator voor hoeveelheid algen
 - Maar:
- Synthese van Chl *a* heeft Fe nodig



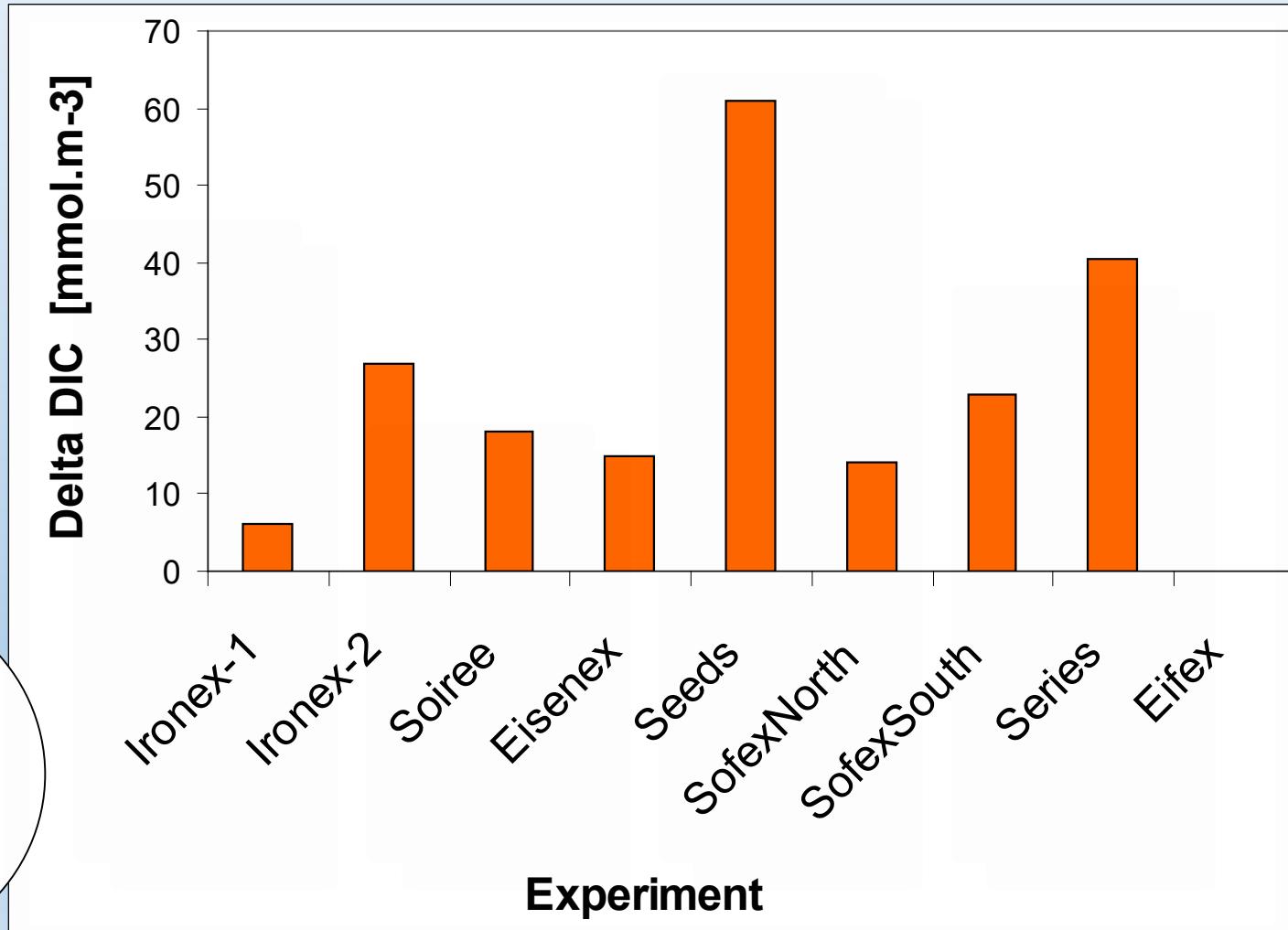
Eisenex (2000): upon Fe addition a sixfold increase of cellular Chl *a* in the large diatoms > 8 micron

CO₂ in zee water

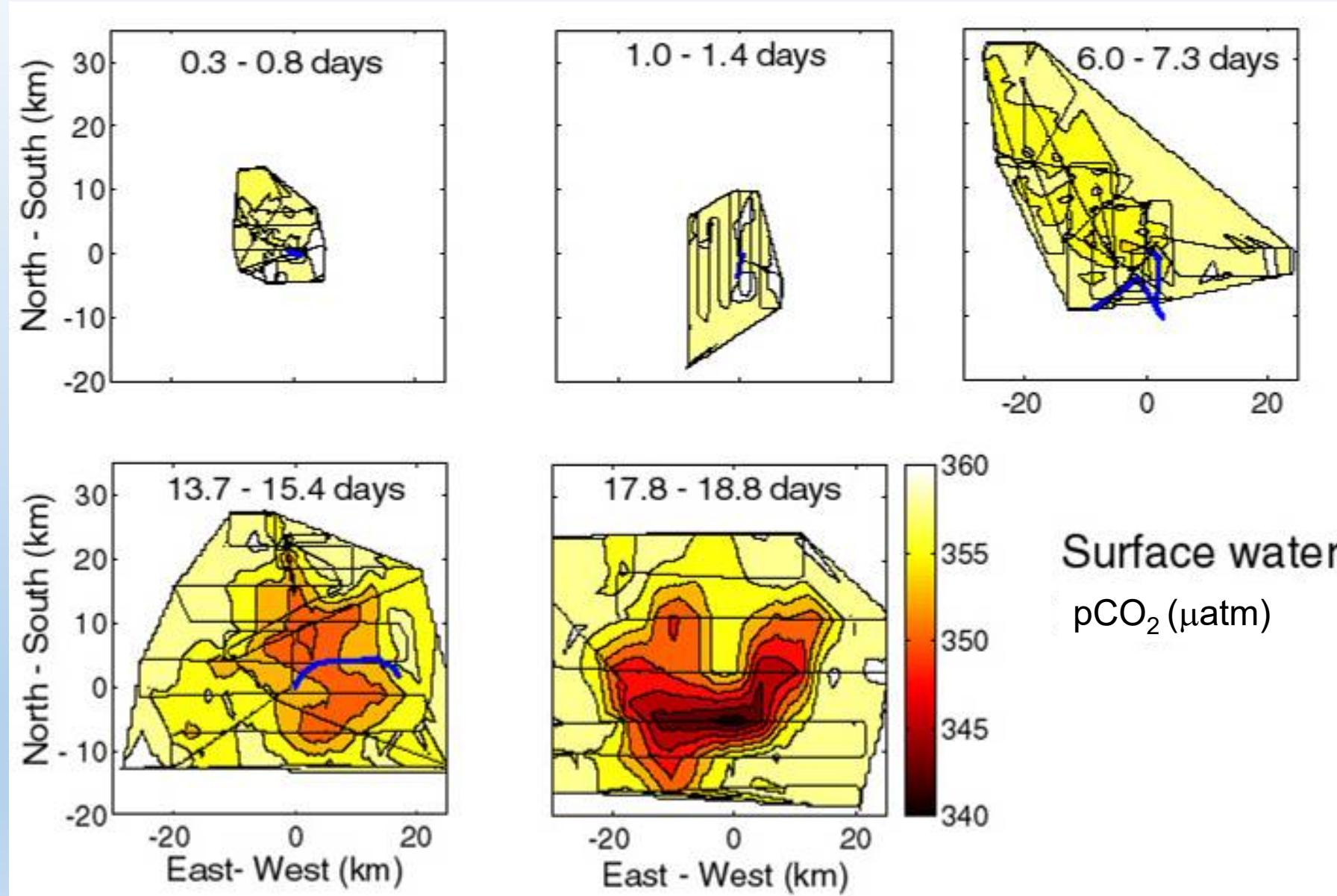


DIC: Dissolved Inorganic Carbon

DIC is de som
van alle CO₂
in zeewater:
Total-CO₂

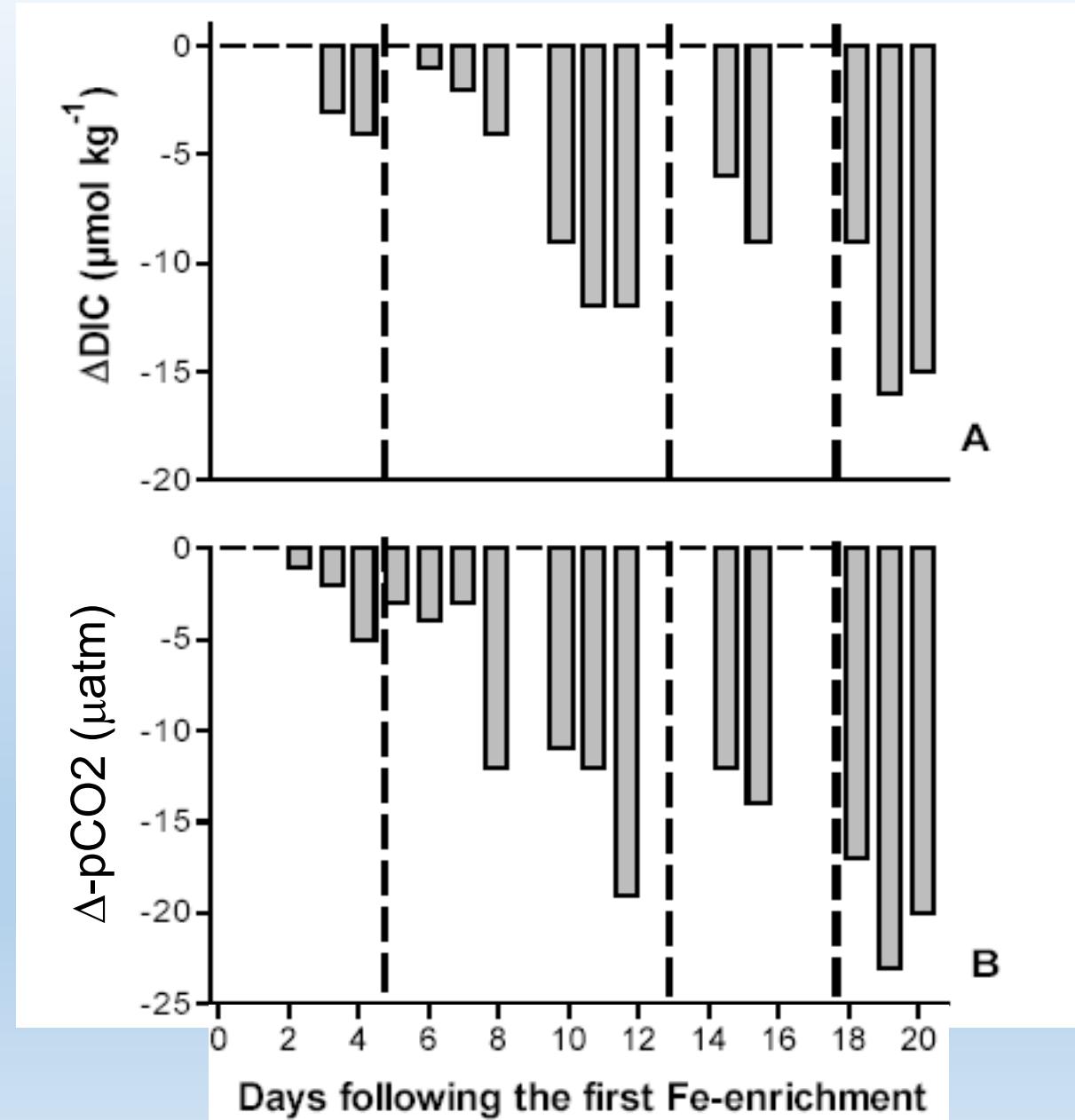


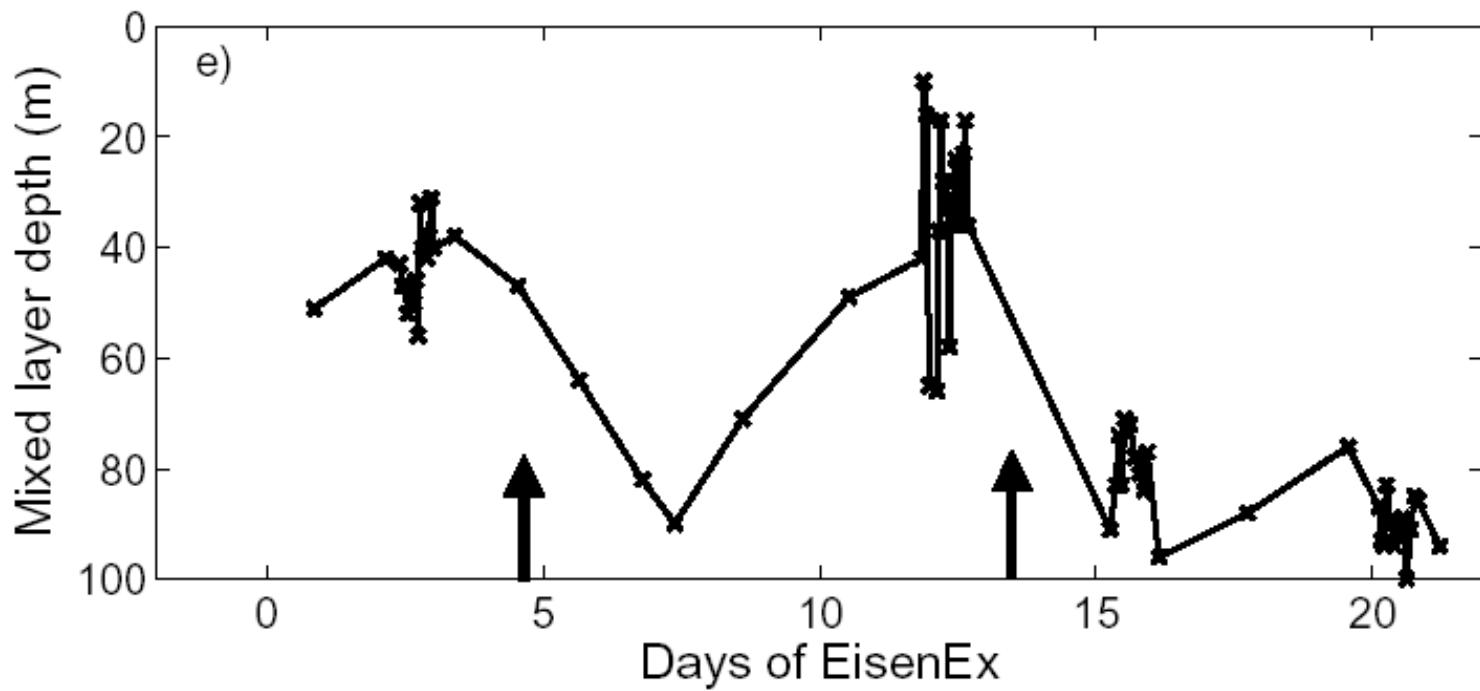
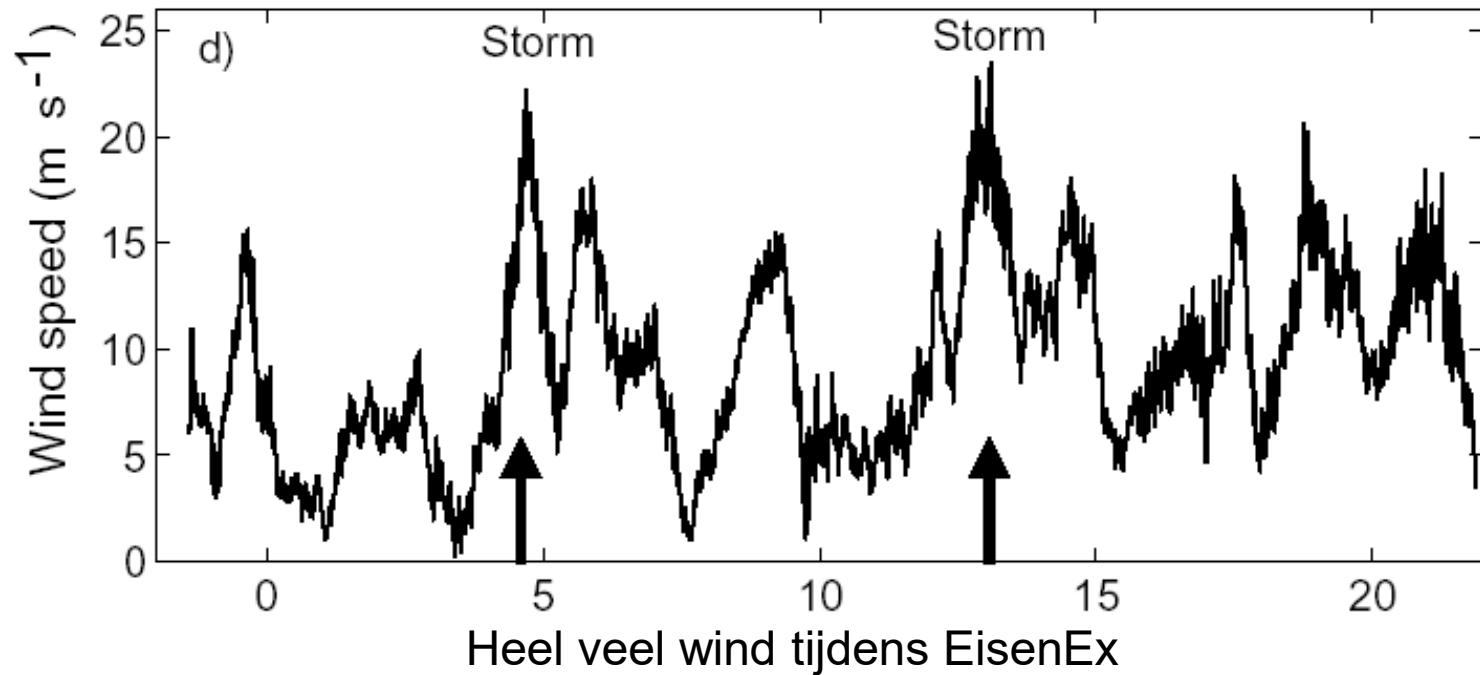
Oppervlakte water pCO₂ map gedurende EisenEx



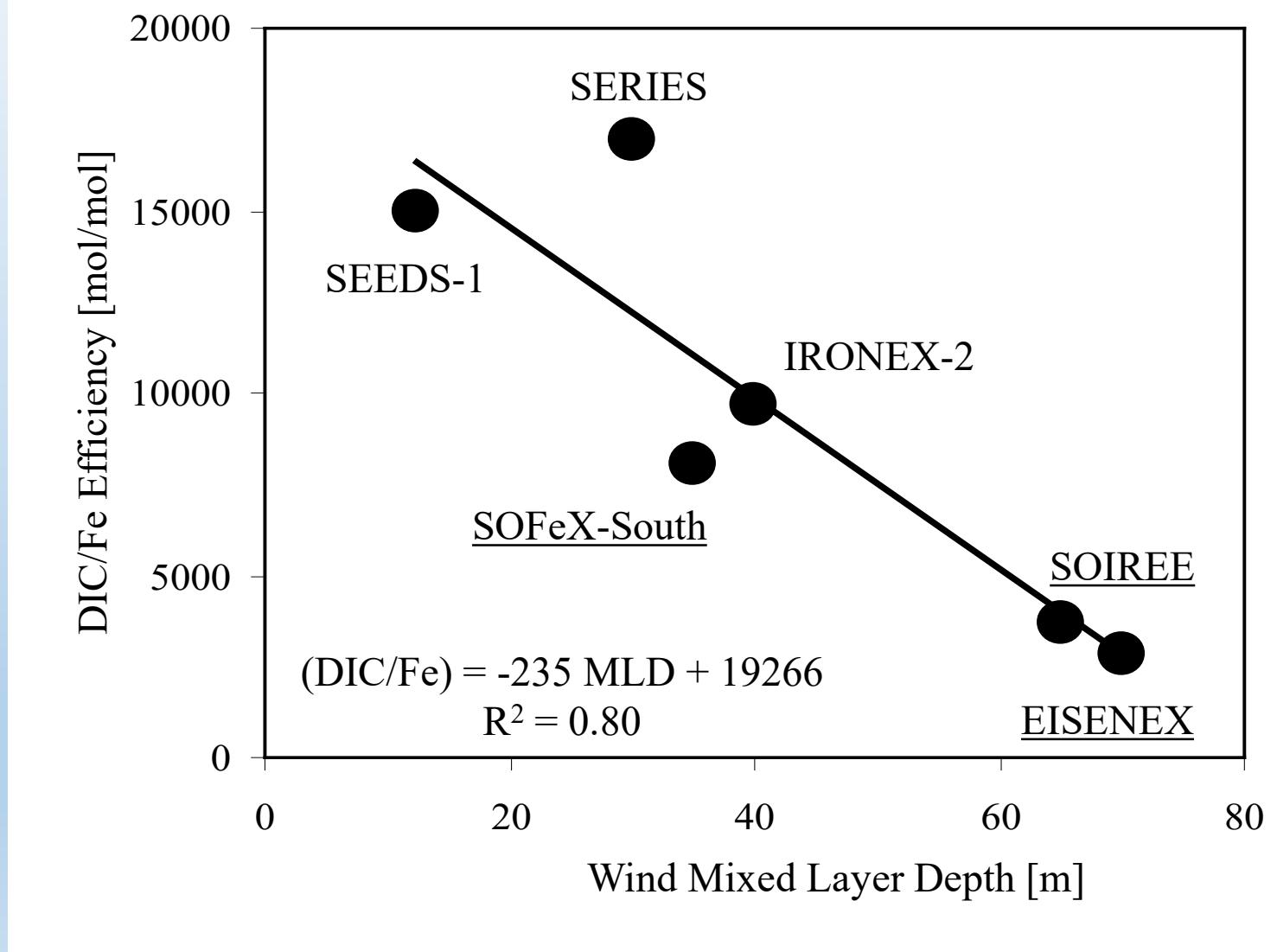
Eisenex Δ -DIC en Δ -pCO₂

Bozec et al, Mar Chem, 2005



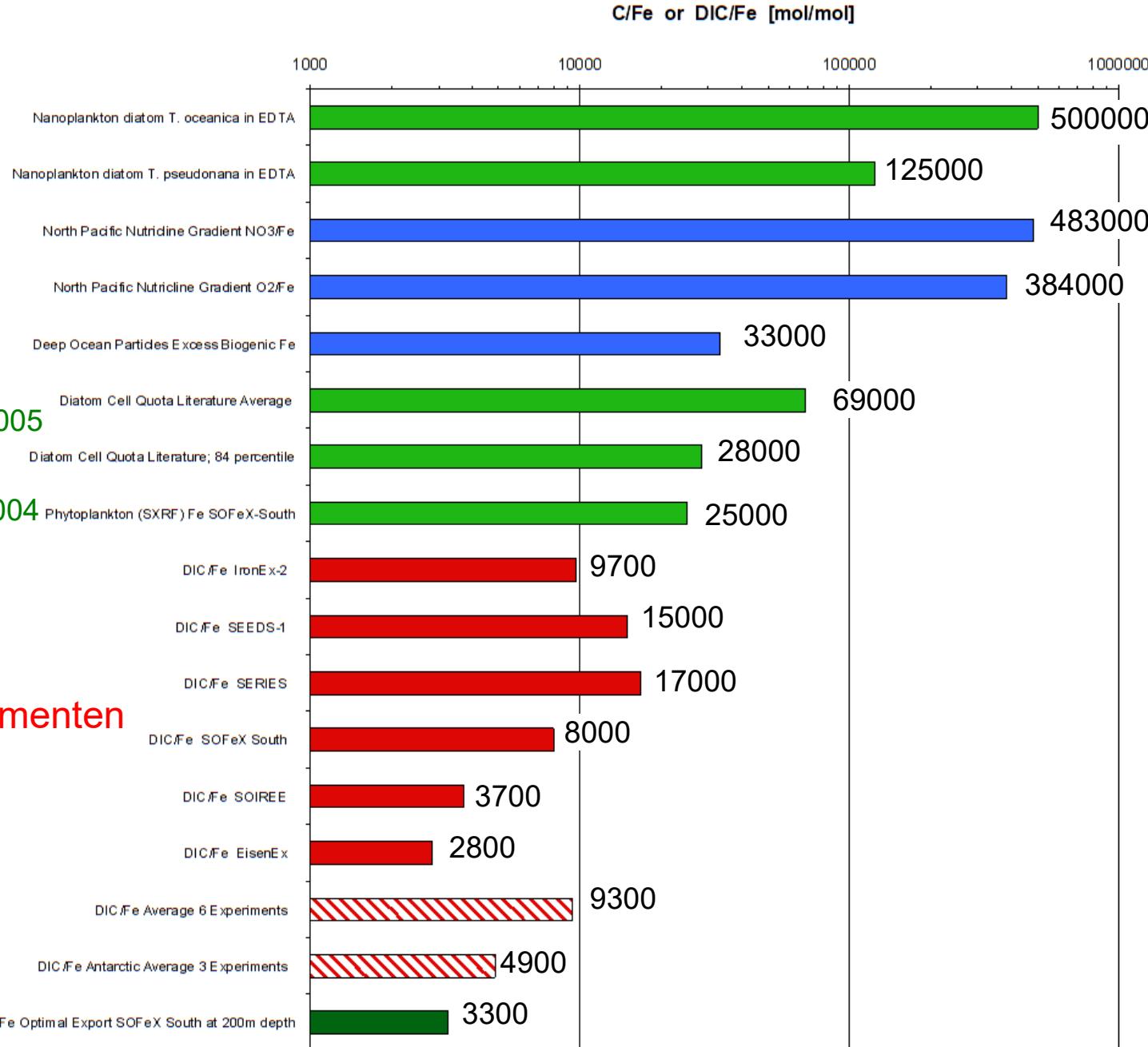


DIC removal efficiency = $\frac{\text{DIC removal [mol]}}{\text{Fe addition [mol]}}$

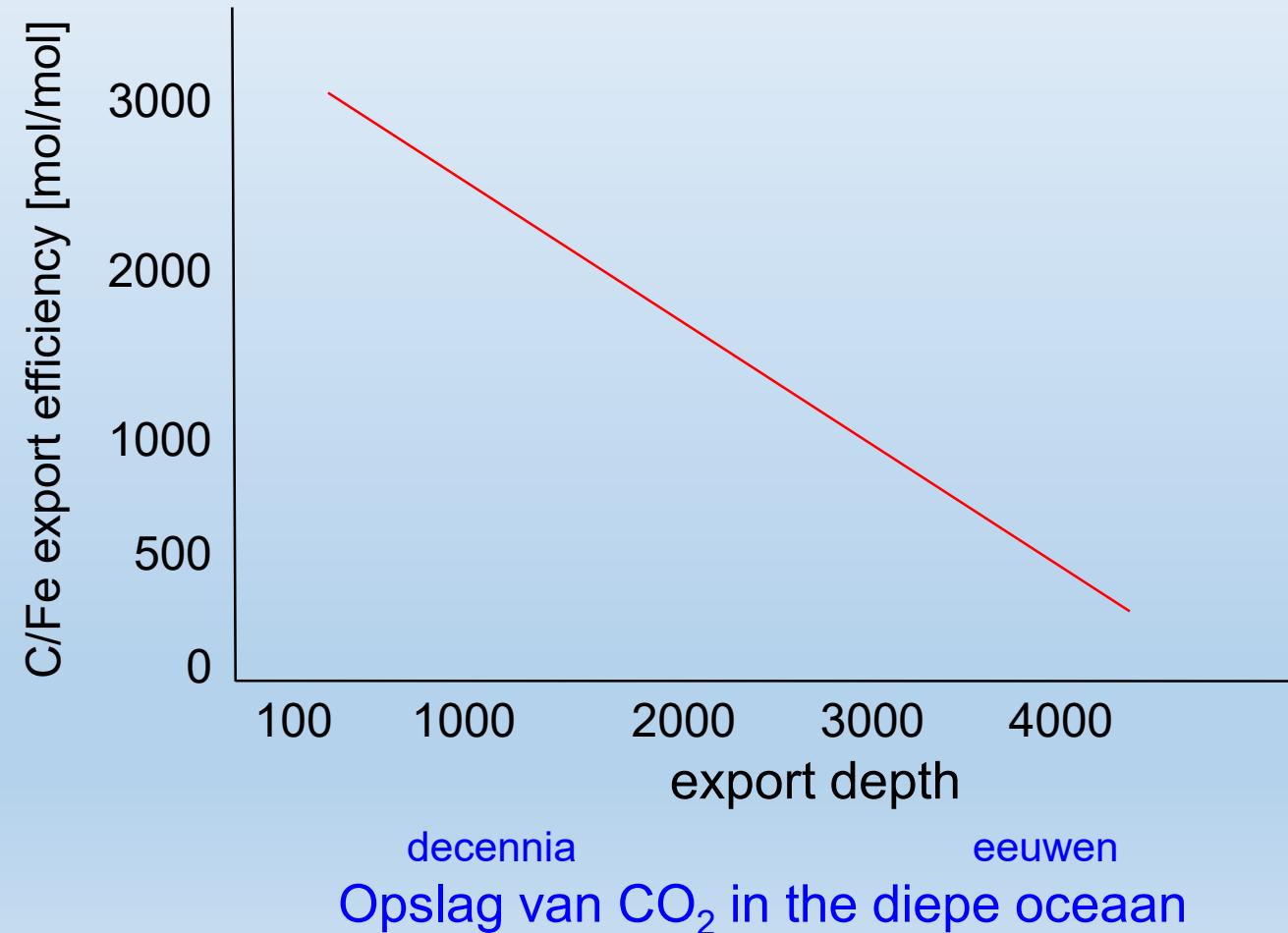


C:Fe ratio: van euforie naar realiteit

Sunda et al 1991
 Martin et al 1989
 Sarthou et al 2005
 Twining et al 2004
 Fe experimenten
 Buesseler et al 2004

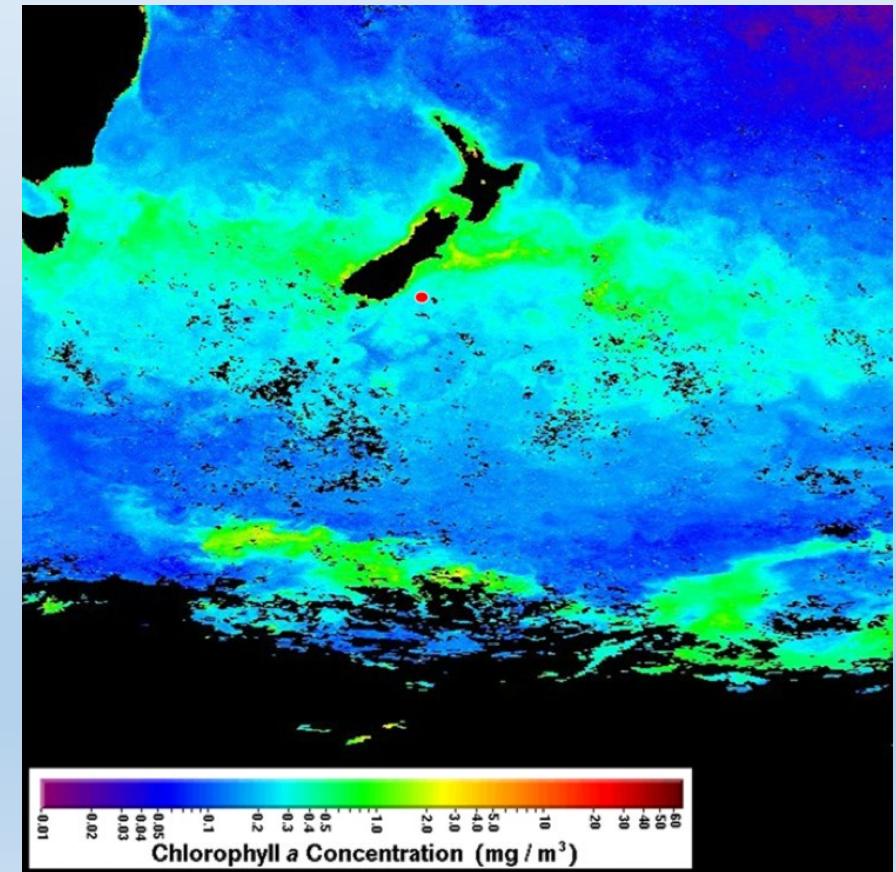
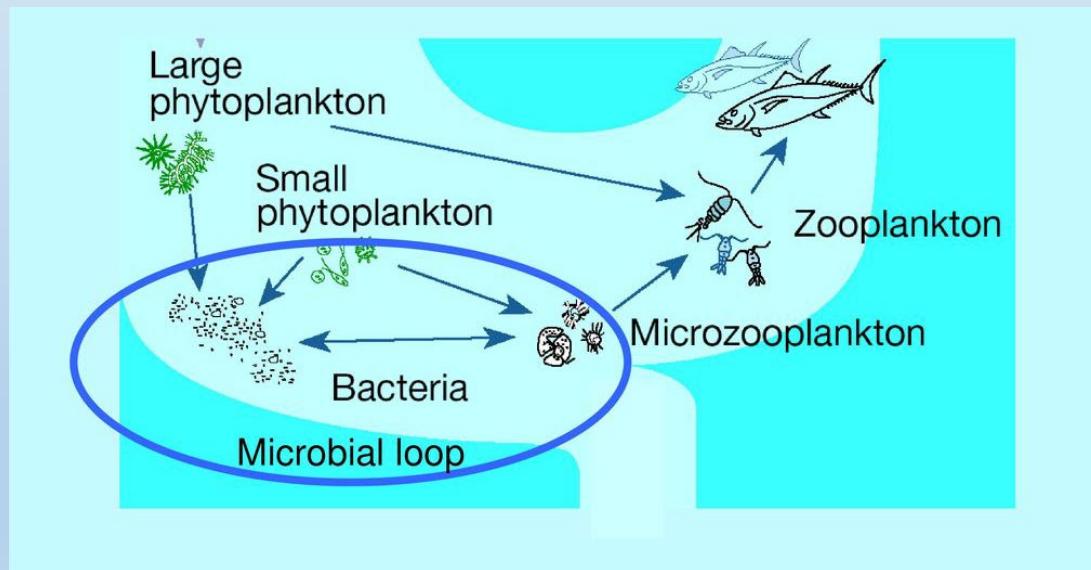


Van euforie naar realiteit



SOLAS air-sea gas exchange experiment (SAGE) 2004

- Stimulatie van de 'microbial loop'
 - Ofwel CO₂ ging via de bacterien weer de lucht in



LOHAFEX 2009

- Stimulatie van *Themisto gaudichaudii*:
‘an active, aggressive, indiscriminate carnivore which attacks organisms much larger than itself with its formidable clawed appendages..’

Mazzocchi et al (2009)

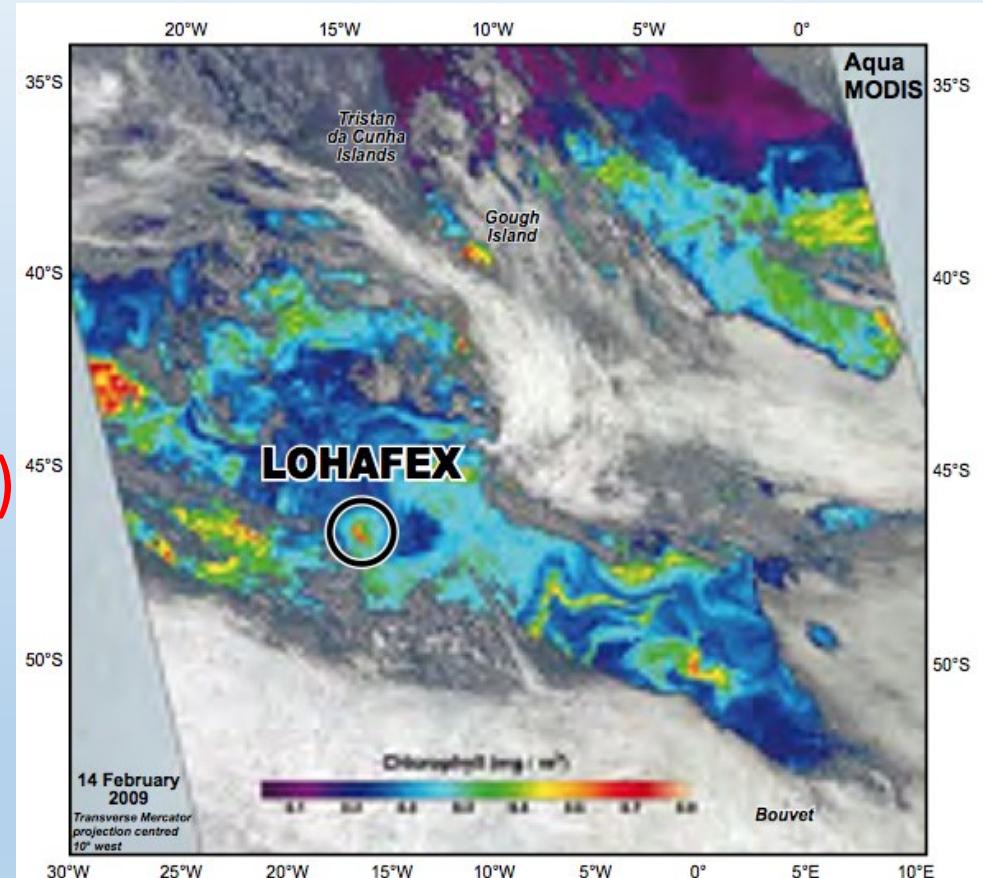


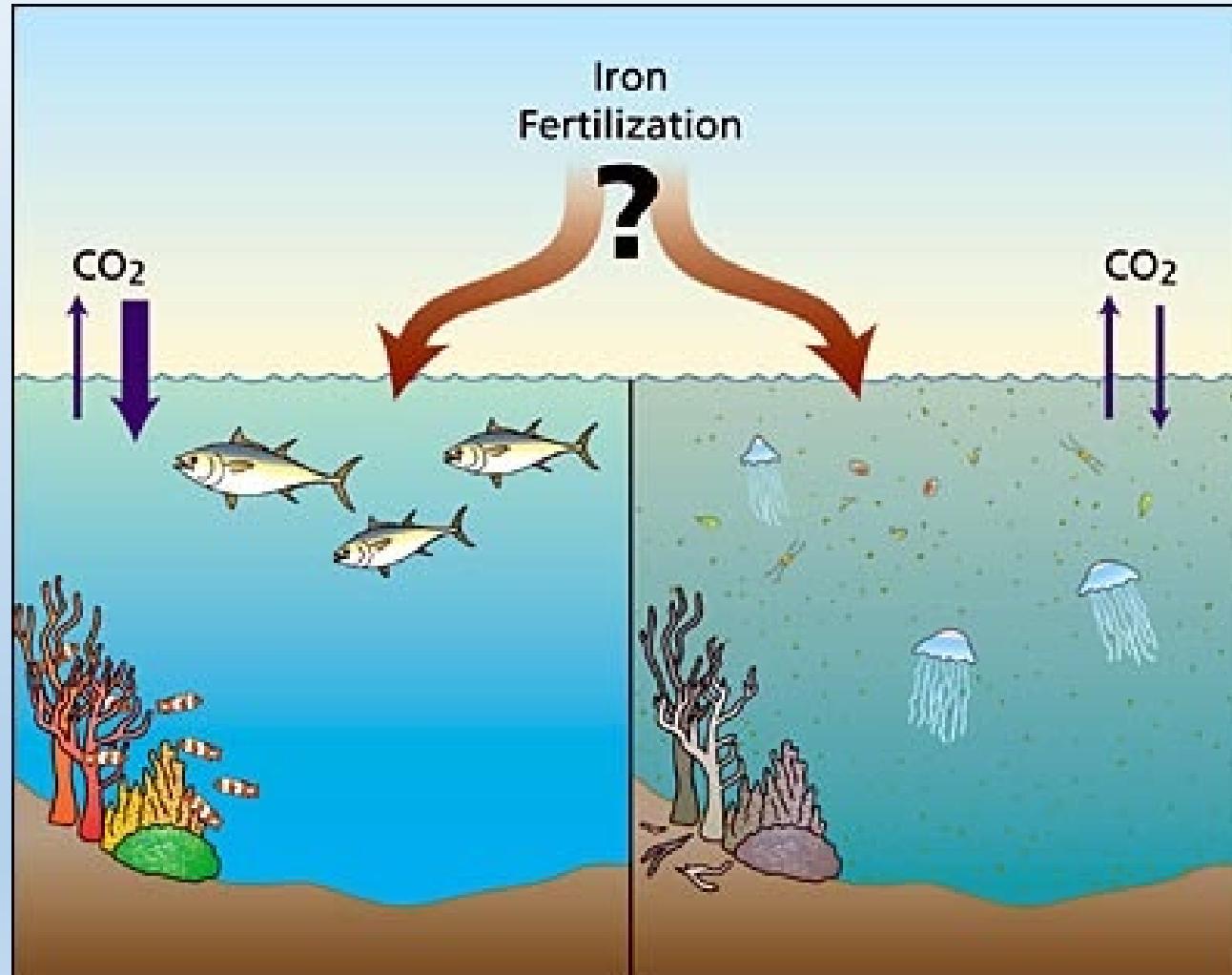
Figure 1. Chlorophyll a satellite picture of the LOHAFEX bloom from the NASA website (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/image_archive.cgi).



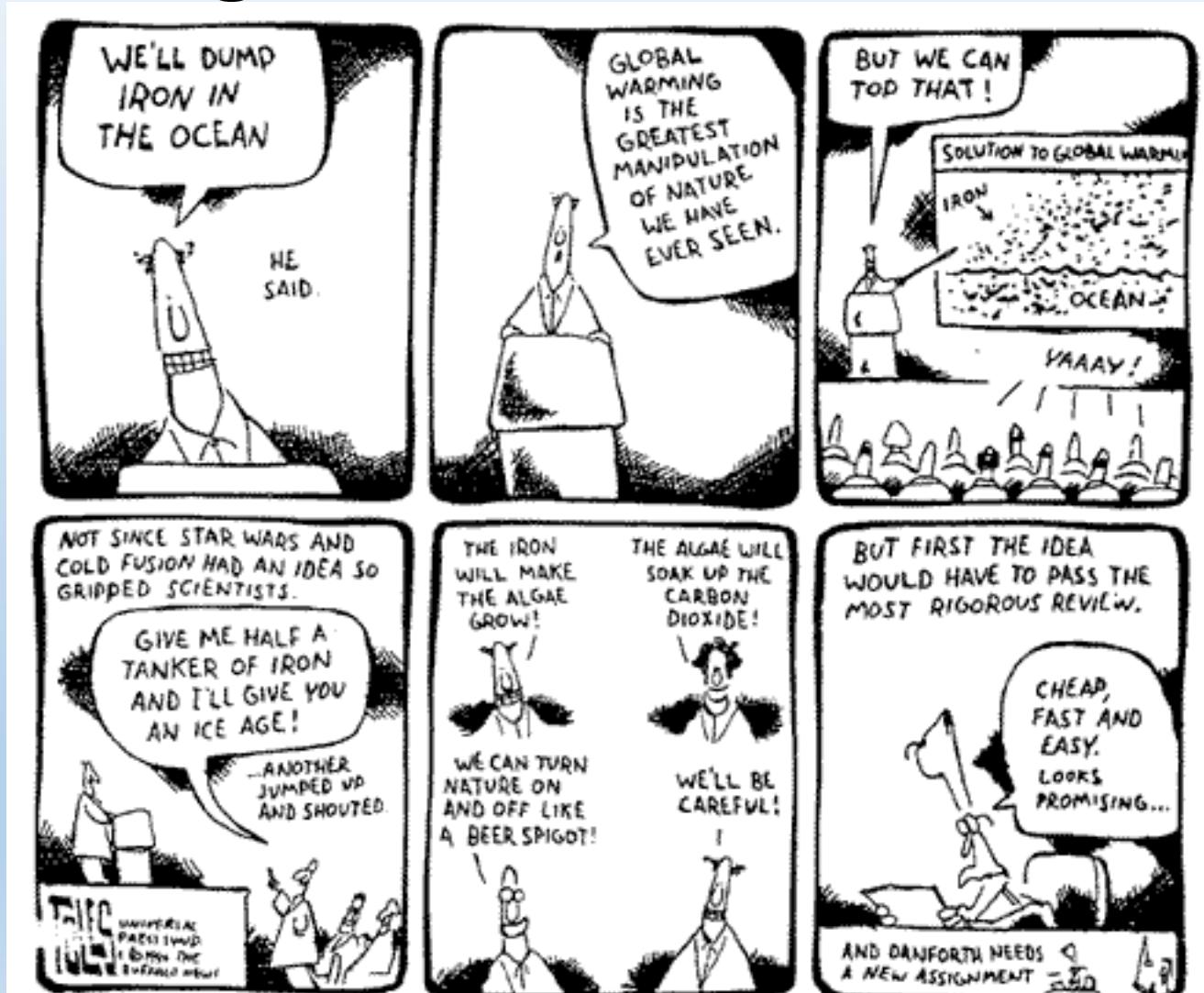
IJzerbemesting

- Meer groei betekent niet meer export (nodig om CO₂ in de oceaan te houden)
 - Haida Salmon Restoration Corporation (2012)
- Werkt alleen in gebieden met hoge concentraties voedingsstoffen
 - Condities in de ruwe zuidelijke oceaan zijn niet ideal
 - Ver weg
 - Veel stormen.. [\Videos\NIBI\wave2.mp4](#)

IJzerbemesting

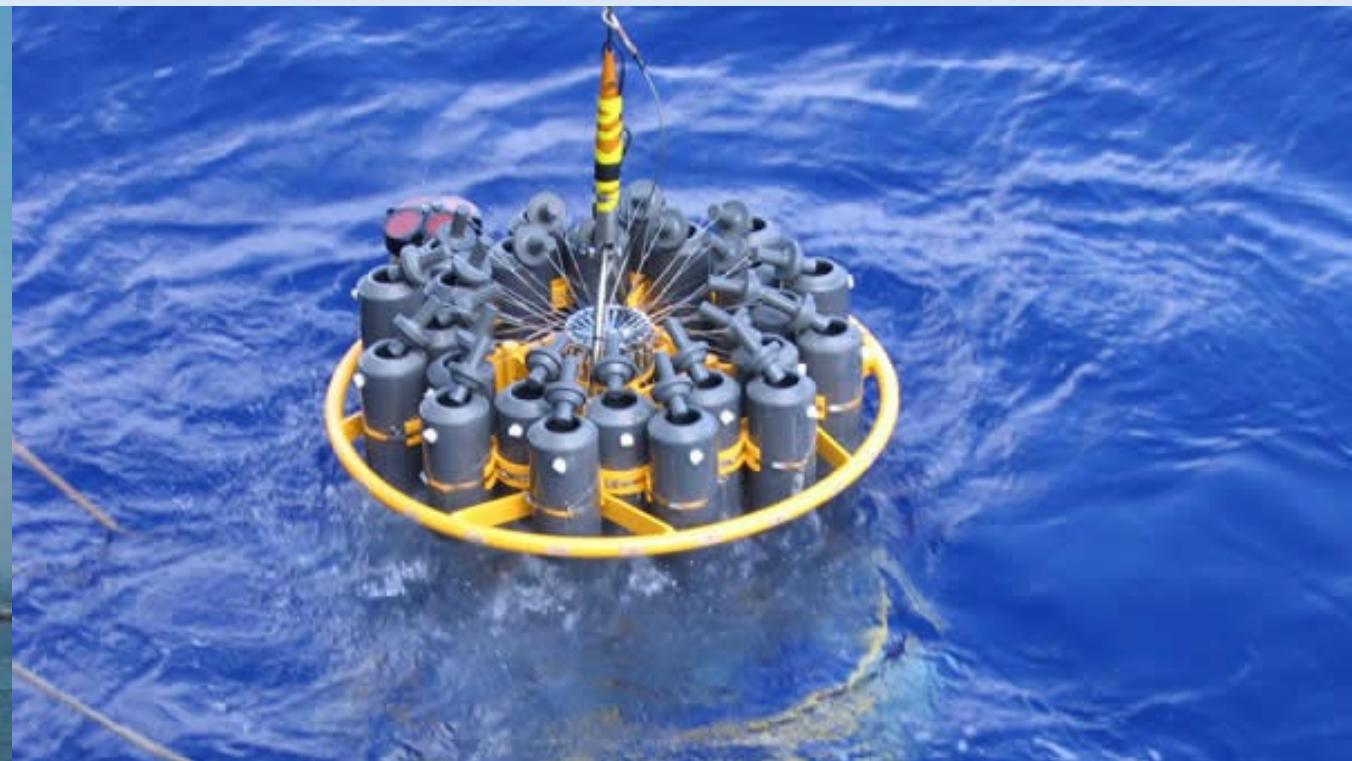


IJzerbemesting



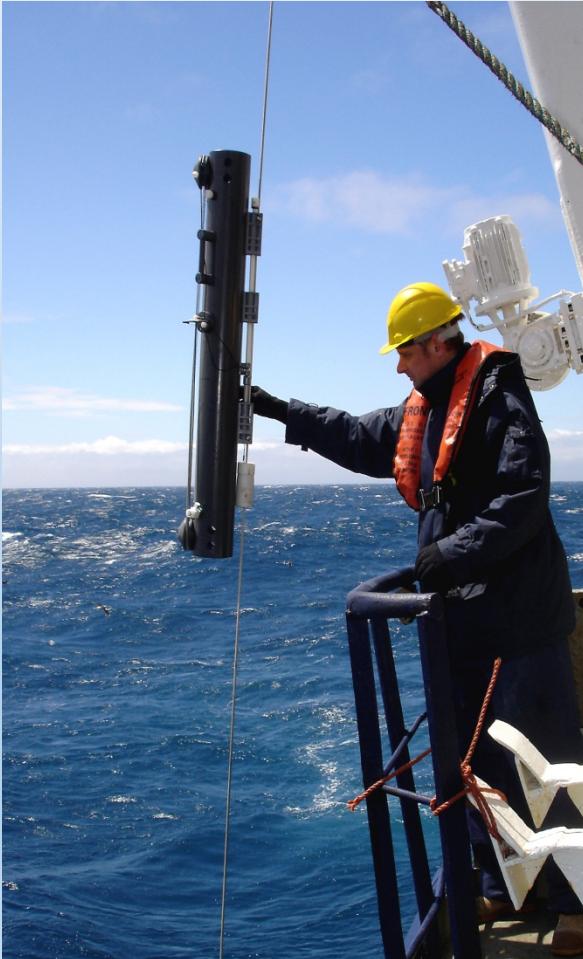
TOLES copyright 1990 The Buffalo News. Reprinted with permission of Universal Press Syndicate. All rights reserved.

Hoe onderzoeken we opgelost ijzer?

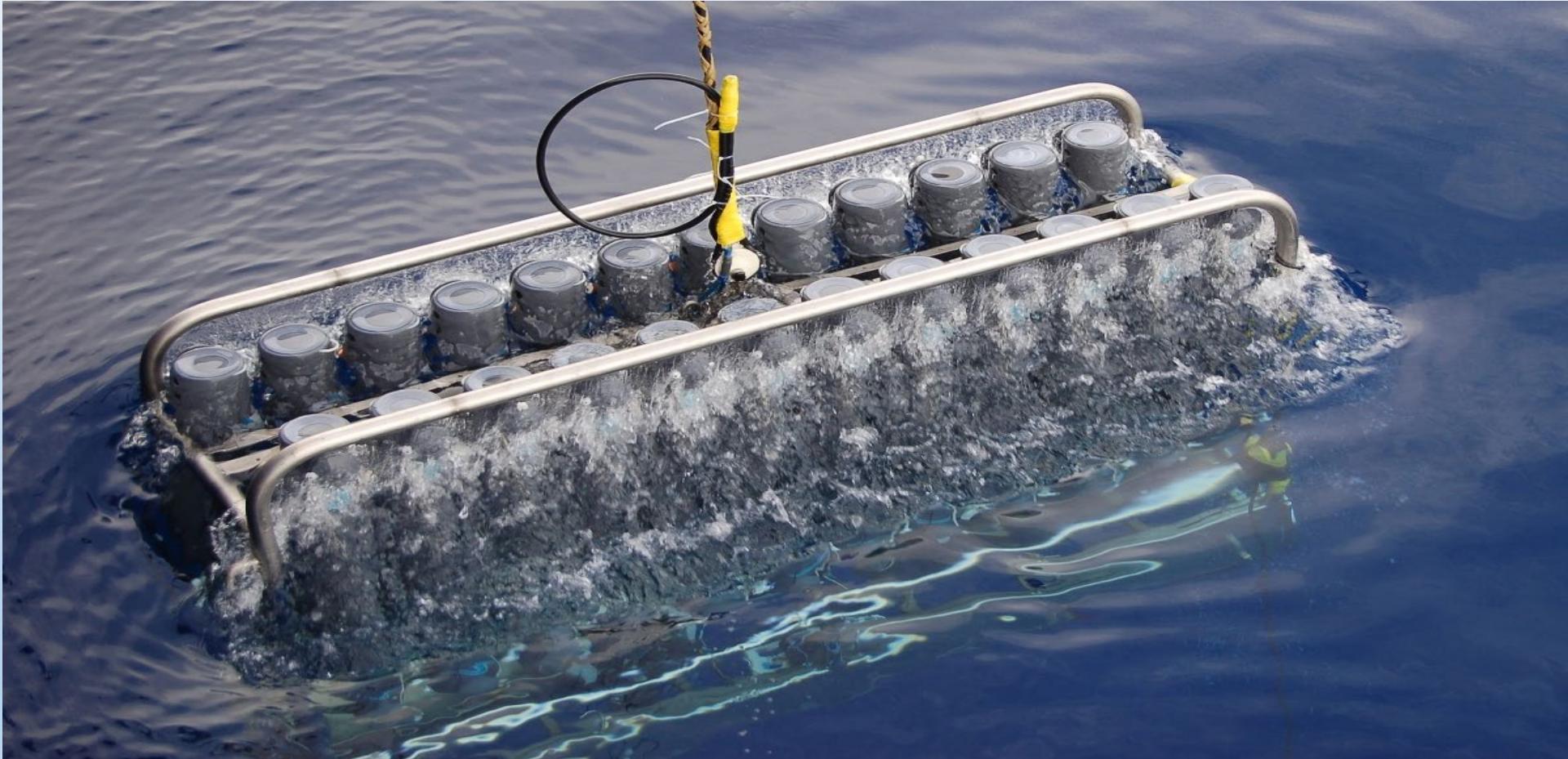


<https://www.nioz.nl/en/blog/antarctic-expedition-fephyrus-2>

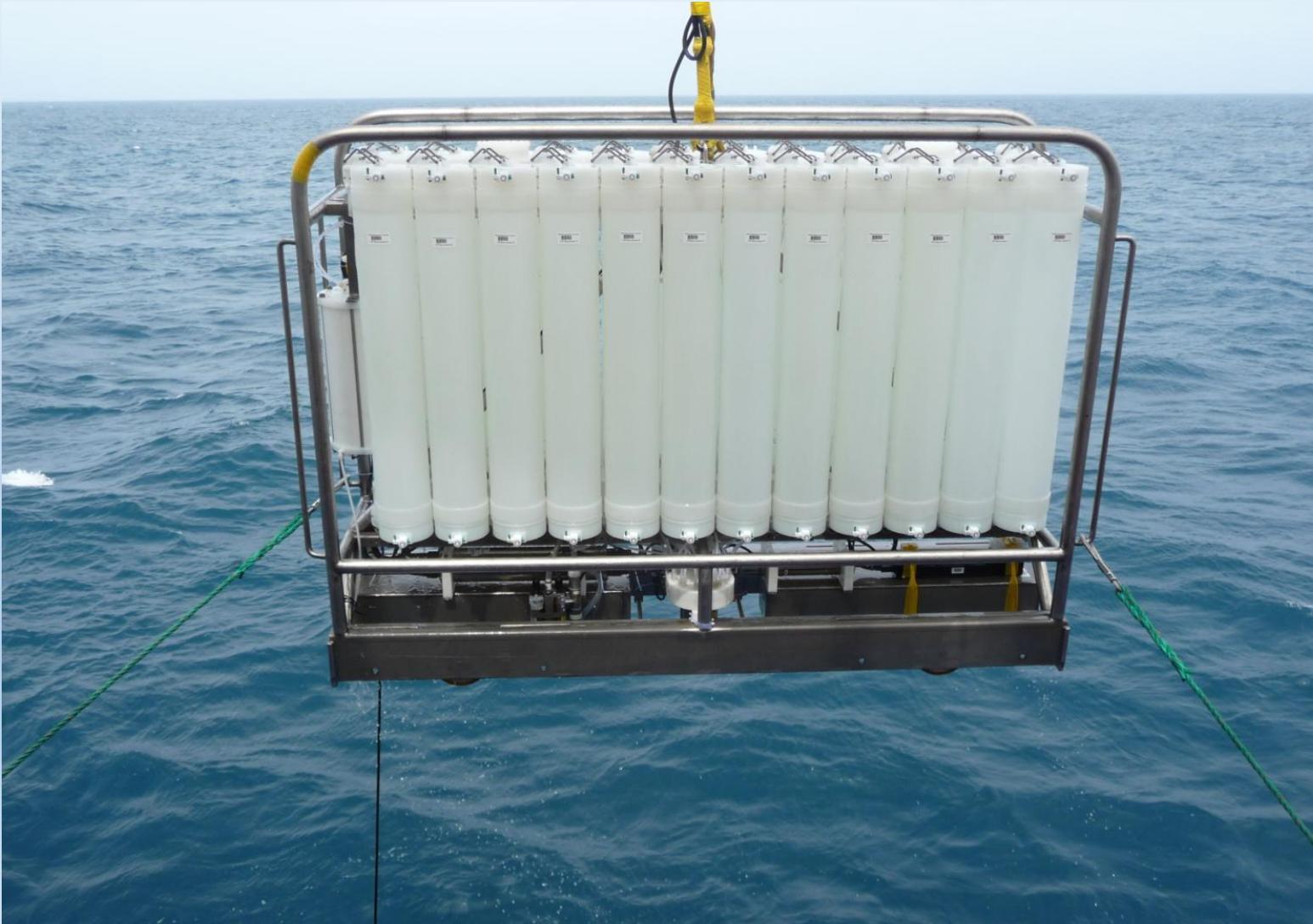
Hoe onderzoeken we opgelost ijzer?



Hoe onderzoeken we opgelost ijzer?



Hoe onderzoeken we opgelost ijzer?











Hoe onderzoeken we opgelost ijzer?





Cool Chemistry😊
Vragen?

