



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE
MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E
DELL'AMBIENTE

**Corso di Laurea
Scienze biologiche**

TITOLO TESI

**Diversità delle diatomee ed esportazione del carbonio
negli oceani.**

**Influence of diatom diversity on the ocean biological
carbon pump.**

Tesi di Laurea di:
di:

Aldo Podio

Docente Referente
Chiar.mo Prof.

Alessandra Norici

Sessione autunnale

Anno Accademico 2019\2020

Università Politecnica delle Marche

Facoltà di Scienze - Corso di Laurea in Scienze Biologiche

Tesi di Laurea

Diversità delle diatomee ed esportazione del carbonio negli oceani.

Influence of diatom diversity on the ocean biological carbon pump.

Relatore: Professoressa Alessandra Norici

Laureando: Aldo Podio

Anno Accademico 2019-20

INTRODUZIONE

Le diatomee sono alghe unicellulari eucaristiche con clorofilla *a* e *c* appartenenti al phylum Ochrophyta, classe Bacillariophyceae, possono formare anche colonie. Grandi solo pochi micrometri, sono famose per la caratteristica di avere una parete cellulare in silice detta frustolo. Al momento si contano più di 200.000 specie, divise in 250 generi ma si presume che il numero effettivo di specie superi il milione. Sostengono la rete alimentare marina e contribuiscono all'esportazione di carbonio dalla superficie oceanica alla profondità. I loro gusci di silice forniscono zavorra alla neve marina e ai pellet fecali e possono aiutare a trasportare il carbonio sia nello strato mesopelagico che nell'oceano profondo. Ci si è perciò chiesti quanto queste alghe siano effettivamente efficienti come trasportatori di carbonio.

questo scopo si è analizzato innanzitutto come sono distribuite globalmente e quali fattori favoriscono la loro proliferazione negli oceani.

CONTROLLO DELLA DISTRIBUZIONE DELLE DIATOMEE NEGLI OCEANI

Osservazioni tramite satellite e *in loco* riportano che le diatomee diventano una importante componente nella biomassa di fitoplancton ad alte e basse latitudini, con il picco di popolazione nelle stagioni primaverili (rispettivamente Aprile-Giugno nell'emisfero nord e Ottobre-Dicembre nell'emisfero sud). La loro proliferazione avviene indipendentemente dalla presenza di organismi pascolatori e virus. La loro popolazione si abbassa via via che ci avviciniamo a regioni subtropicali, dominate da cianobatteri. Rapporti simbiotici con organismi diazotrofici consentono alle diatomee di occupare zone oligotrofiche. Richiedono comunque ecosistemi ricchi di acido silicico per via del frustulo. Bisogna osservare come le diatomee prosperino in ambienti non particolarmente ricchi di nutrienti rispetto ad altre specie di plankton e risultino un gruppo che facilmente esclude gli altri, mostrando una grande capacità di superare gli altri organismi competitori. I Bloom di diatomee restano comunque fortemente dipendenti dal ferro.

Studi più chiari di popolazione sono comunque difficili. Le popolazioni sono intrinsecamente legate ai moti degli oceani (venti, correnti, cicloni ecc...) e a organismi predatori, parassitari e patogeni. Possiamo comunque affermare che la naturale resistenza a pascolatori, e l'affinità per zone con basse concentrazioni di nutrienti, rendono le diatomee capaci di prosperare in nicchie normalmente troppo turbolente per altri organismi. La disponibilità di acido silicico resta essenziale.

LE DIATOMEES NON SONO TUTTE UGUALI NELL'ESPORTAZIONE DEL CARBONIO

Cambiamenti nelle comunità di fitoplancton e zooplancton influenzano il trasferimento di carbonio dalla zona eufotica, la lability delle particelle e il loro affondamento. Le diatomee svolgono un ruolo centrale attraverso una combinazione di fattori tra cui le loro grandi dimensioni, il loro contributo significativo alla produzione primaria oceanica e il ruolo essenziale della parete cellulare di silice come zavorra per le particelle che affondano. Dato l'impatto diretto e quantificabile sui tassi di affondamento, il rapporto Si / C in diatomee rappresenta una delle prime variabili che necessitano di essere meglio parametrizzate.

I tentativi di classificazione delle diatomee sulla base dei tassi di crescita e del grado di silicificazione sono recenti. Sono stati concettualizzati due sottogruppi di diatomee simili. Le specie C-sinker / Gruppo 1 sono costituite da diatomee piccole, leggermente silicizzate, a crescita rapida e che formano catene che sono dominanti nelle regioni arricchite di ferro. Le specie Si-sinker / Gruppo2 sono - al contrario - specie grandi, a crescita lenta, fortemente silicizzate, e quindi resistenti al pascolo da parte di grandi organismi dello zooplancton; queste specie si trovano per lo più in aree in cui la produzione primaria è limitata dal ferro.

Nonostante la classificazione, le diatomee hanno cicli di vita molto spesso non del tutto noti, che influenzano il rapporto Si\C e le esportazioni di questi elementi(ad esempio la produzione di auxospore di alcune specie). Anche le interazioni simbiotiche con altri organismi sono poco note e come queste possano influenzare le quote cellulari di Si e C e le loro esportazioni. Oltre a simbiosi con organismi azoto fissatori, si è scoperto che interazioni tra diatomee e copepodi altera la

silicizzazione delle diatomee. Ci sono troppe specie con troppe differenze nelle loro interazioni e cicli vitali per dividere quindi le diatomee in soli due sottogruppi per esportazione e quote Si\C.

EFFICIENZA DEL TRASPORTO E SEQUESTRO DEL CARBONIO ORGANICO

L'efficienza nel trasporto e sequestro di carbonio da parte delle diatomee è tutt'ora in discussione. I sedimenti abissali sotto acque ricche di silice, come l'oceano antartico, non mostrano una grande percentuale di carbonio. Ciò fa pensare che le diatomee non trasportino carbonio con successo.

A queste osservazioni sono stati aggiunti due dati.

PEeff (percentuale della produzione primaria esportata dalla superficie alle acque sotterranee) e Teff (frazione della materia organica esportata che sopravvive alla remineralizzazione durante l'affondamento per raggiungere profondità > 2.000 m). Nelle latitudini settentrionali e meridionali più alte, dove le diatomee di solito dominano le fioriture del fitoplancton, il PEeff è alto ma il Teff è basso. Tuttavia, un

recente studio riporta un Teff alto (circa 25%) a 1.000 m alle alte latitudini settentrionali e meridionali. Gli autori hanno collegato questo Teff con una specifica struttura comunitaria di fitoplancton. Numerose osservazioni mostrano che il percorso siliceo è in grado di trasportare il carbonio organico allo strato di sequestro, a volte attraverso un flusso massiccio episodico in profondità che è stato identificato sotto le acque superficiali sia ricche di acido silicico che povere. Nel 1993 due stazioni situate nel bacino Crozet-Kerguelen (Oceano Meridionale ricco di acido silicico) nella zona oceanica permanentemente aperta (POOZ) hanno raccolto lanugine densa ricca di silice e pigmenti all'interfaccia dell'acqua del sedimento (3.600 e 4.700 m). Questa lanugine consisteva in diverse diatomee, la maggior parte sotto forma di spore a riposo. Altre osservazioni condotte in diversi periodi e da diverse stazioni mostrano dati sempre discordanti con sempre nuove situazioni ecologiche.

In sintesi, la natura irregolare delle fioriture di diatomee rende molto probabile che le osservazioni ricavate dai sedimenti stiano descrivendo questi eventi. La nostra capacità di quantificare le variazioni spaziali e temporali su larga scala nell'efficienza di trasferimento delle vie silicee e non silicee è limitata dalla scarsità e dalle incertezze dei dati sul flusso di particelle. Di conseguenza, il destino del carbonio di diatomee rimane in gran parte sconosciuto e dipende dall'interazione tra i processi che controllano l'esportazione, la remineralizzazione e le tempistiche di subduzione della massa d'acqua.

DESTINO DELLE DIATOMEE NEI FUTURI OCEANI CALDI E ACIDIFICATI.

L'oceano globale si è riscaldato, acidificato e ha perso ossigeno dall'inizio della rivoluzione industriale e questi cambiamenti hanno conseguenze per gli ecosistemi

marini. La maggior parte delle proiezioni dei modelli attuali suggerisce una diminuzione della produzione primaria globale (NPP) rispetto ai valori contemporanei e una ristrutturazione delle comunità di fitoplancton, ma con un'importante eterogeneità regionale. La diminuzione della NPP globale si verifica in gran parte alle medie e basse latitudini in risposta all'aumento della stratificazione e alla diminuzione dell'apporto di nutrienti all'oceano superficiale. La riduzione relativa tende ad essere maggiore per le diatomee che per il nano / picofitoplancton.

Introduzione

Lo studio cerca di rispondere alle seguenti domande:

- Diatomee. Quali fattori controllano la loro distribuzione negli oceani?
- Le diatomee sono trasportatori di carbonio efficienti?
- Quale sarà il loro futuro in seguito ai cambiamenti climatici?



Foto di Mimmo Roscigno

Diatomee

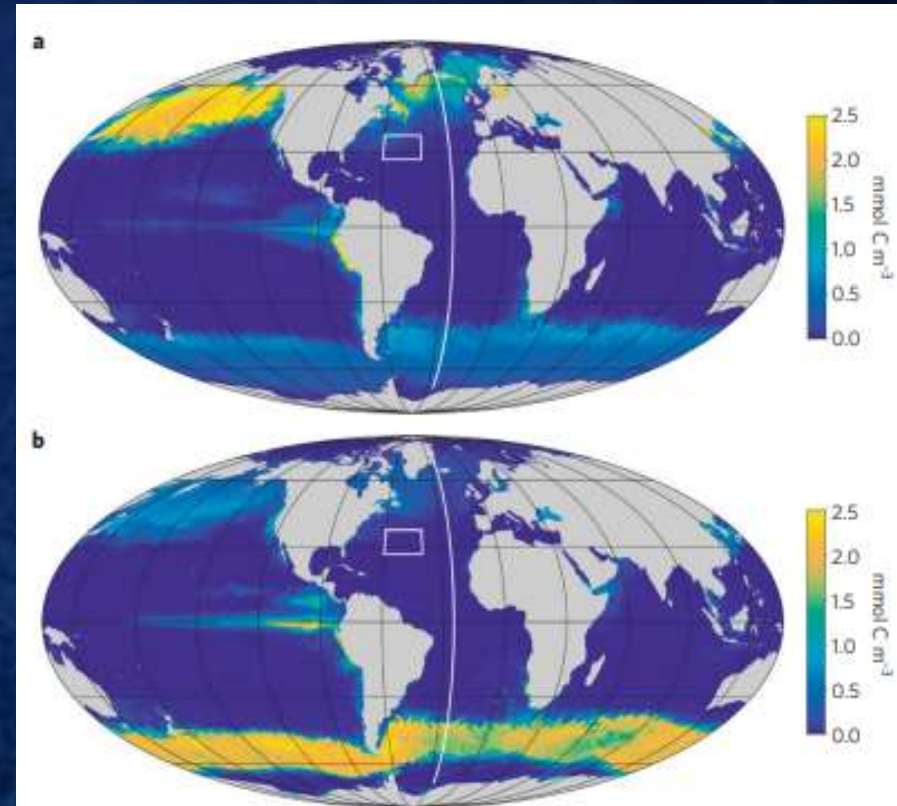
- Classe Bacillariophyceae.
- Alghe unicellulari (spesso coloniali)
- 250 generi e 200.000 specie.
- Famose per la parete cellulare silicea detta "frustulo".
- Tendono ad occupare la zona eufotica degli oceani.



Foto di Mimmo Roscigno

Fattori che controllano la distribuzione di diatomee negli oceani

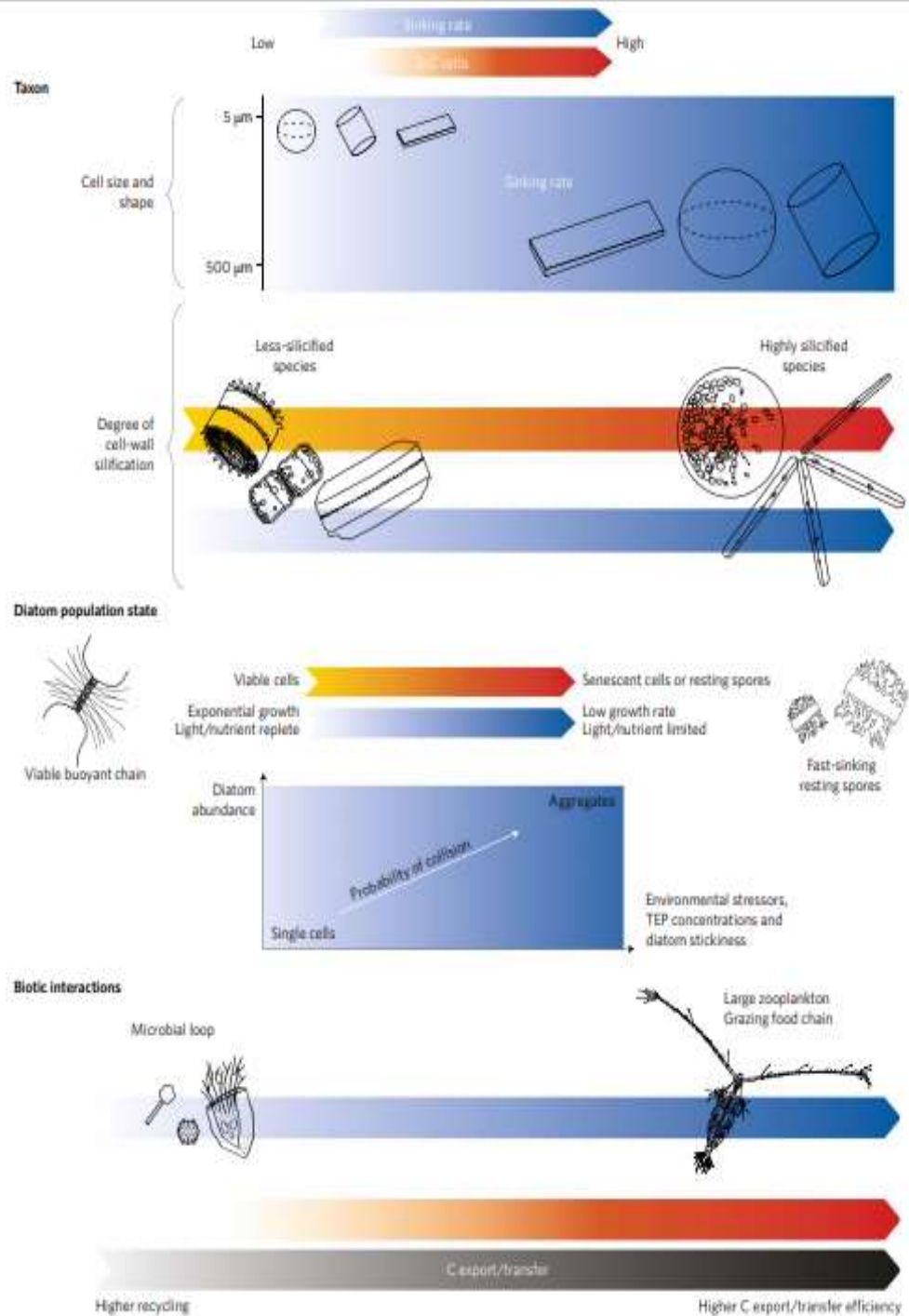
- Le diatomee diventano una importante componente nella biomassa del fitoplancton nei mesi di Aprile-Giugno sopra la latitudini 30°N e nei mesi di Ottobre-Dicembre sotto la latitudine 30°S . una buona distribuzione è stata trovata anche in regioni di risalita equatoriale e costiera.
- Crescita elevata con alti livelli di acido silicico e nutrienti inferiori rispetto alle altre specie di plankton
- Lo studio delle popolazioni deve tenere conto della fisica degli oceani e delle numerosi interazioni con altre specie planctoniche



Non tutte le diatomee esportano la stessa quantità di carbonio

- Le Diatomee hanno cicli vitali sfuggenti e difficili da seguire. Tuttavia, tenendo conto che differenti specie di diatomee possono adattarsi a differenti valori di ferro nell'acqua, possiamo suddividerle in due classi, basandoci sulla distinta quantità di espressione di geni deputati alla formazione di frustuli e al trasporto di Si.
- *C-sinker* \Gruppo-1: Diatomee piccole. Crescita veloce. Leggera silicizzazione. In aree ricche di ferro.
Chaetoceros e Pseudo-nitzschia.
- *Si-sinker* \Gruppo-2: Grandi dimensioni. Crescita lenta. Forte silicizzazione. In aree limitate di ferro.
Fragilariopsis kerguelensis e Thalassiothrix Antartide.

I differenti cicli vitali influenzano quote e esportazioni di Si e C. Ad esempio la produzione di auxospore di alcune specie, altera l'esportazione di Si mentre la produzione di spore contribuisce a quella di C. I processi di mortalità possono essere altrettanto importanti. Tenendo conto che le esportazioni vengono influenzate anche da migrazioni verticali di zooplancton, densità e viscosità del materiale affondante e molti altri fattori, capiamo che la semplice divisione in due categorie non è abbastanza per avere un quadro chiaro delle capacità di differenti specie di esportare C e Si.



Efficienza di trasporto e sequestro di carbonio

- Noto che: PEeff = percentuale della produzione primaria esportata dalla superficie alle acque sotterranee; Teff = frazione della materia organica esportata che sopravvive alla remineralizzazione durante l'affondamento per raggiungere profondità > 2.000 m.
- Nelle latitudini settentrionali e meridionali più alte, dove le diatomee di solito dominano le fioriture del fitoplancton, il PEeff è alto ma il Teff è basso
- Recenti studi hanno dimostrato però che il Teff può raggiungere valori alti (circa 25% a 1.000 m) in presenza di una specifica struttura comunitaria di fitoplancton.

- Il ciclo biogeochimico del Si è in grado di trasportare il carbonio organico allo strato di sequestro di CO₂, a volte attraverso un flusso massiccio episodico. Nell'oceano moderno, il trasporto di carbonio in profondità è stato identificato sotto le acque superficiali sia ricche di acido silicico che povere.
- Un esempio di grande esportazione con acque ricche di acido silicico si è avuta nel bacino di Crozet-Kerguelen, in cui si è trovata una lanuggine composta principalmente da diatomee sane, depositate nel mare profondo, che conferma il verificarsi di iniezione di carbonio in profondità dalla via della silice

In sintesi:

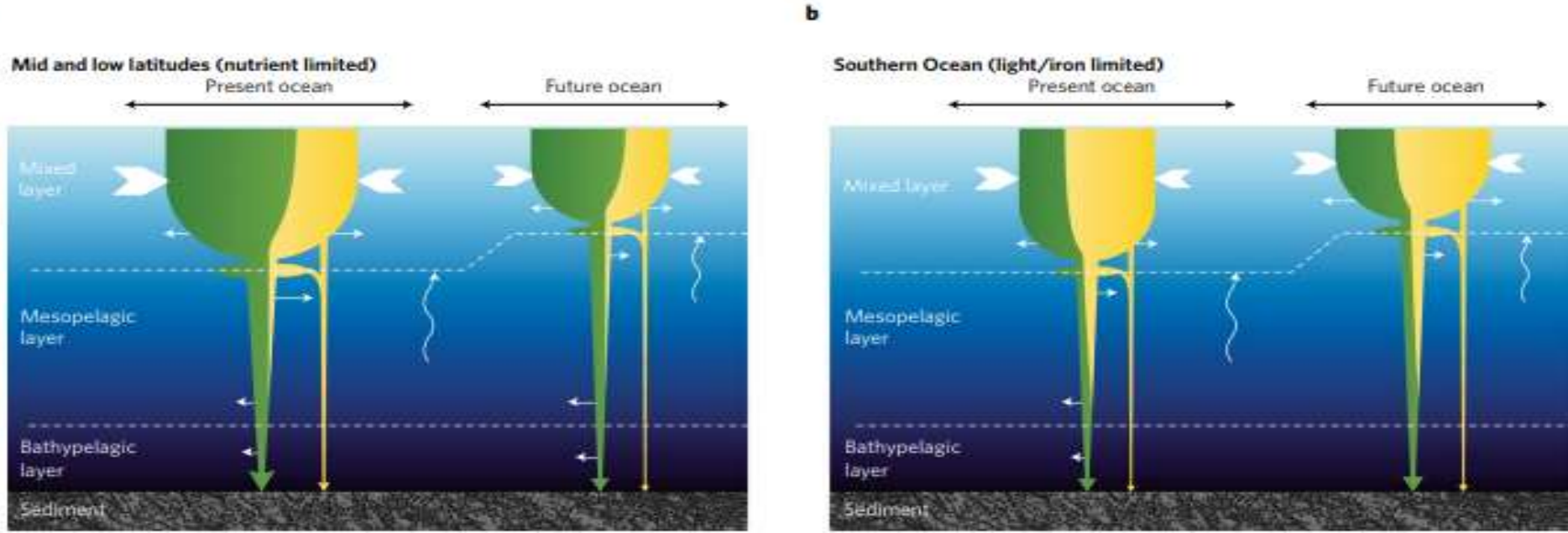
- La natura irregolare delle fioriture di diatomee, unite alla fisica degli oceani e agli altri numerosi fattori di interazione con altre specie di fitoplancton, rendono molto probabile che i campioni e i dati siano sottostimati. La capacità di quantificare le variazioni spaziali e temporali delle particelle, silicee e non silicee non è abbastanza efficiente e non tiene il passo con i non sempre prevedibili moti del mare.



- Di conseguenza il destino del flusso di carbonio dipendente dalle diatomee e la loro efficienza rimangono un mistero. Per comprendere meglio le diatomee bisognerà considerarle non più come singoli elementi ma come parte di un sistema complesso, tenendo conto della diversità, abbondanza e biologia di differenti specie di plankton

Le diatomee in oceani più caldi e acidificati

- La riduzione di produzione primaria (NPP) a causa dell'aumento di temperatura degli oceani fa propendere per una riduzione generale del fitoplancton. Tuttavia queste previsioni non hanno tenuto conto dell'acidificazione delle acque. E le diatomee sembrano avere un aumento di crescita con l'aumento del fenomeno. Si presume che nell'oceano antartico le diatomee potrebbero raddoppiare i loro tassi di crescita come mostrato nello schema in basso



Conclusioni

- Ci sono prove crescenti del ruolo delle diatomee nella pompa biologica del carbonio. Tuttavia le esatte quantità annuali di carbonio trasportato e sequestrato non possono essere parametrizzate con esattezza. L'incredibile diversità delle diatomee è capace di influenzare il loro potenziale e le loro interazioni con altre specie di plankton. Studi approfonditi di genomica, biogeochimica e biologia su larga scala, in futuro, possono far luce sugli effettivi stati di trasporto e sequestro, nonché sul futuro delle diatomee in oceani più caldi e acidificati.

Bibliografia

Influence of diatom diversity on the ocean biological carbon pump

- Paul Tréguer, Chris Bowler , Brivaela Moriceau, Stephanie Dutkiewicz , Marion Gehlen, Olivier Aumont , Lucie Bittner, Richard Dugdale, Zoe Finkel, Daniele Iudicone , Oliver Jahn, Lionel Guidi, Marine Lasbleiz, Karine Leblanc, Marina Levy and Philippe Pondaven.
- Pubblicato su Nature geoscience il 18 Dicembre 2017
- Si ringrazia il fotografo Mimmo Roscigno per le foto