

QUAND LES VOLCANS SOUS-MARINS SOUTIENNENT DES OASIS DE VIE DANS LES DÉSERTS OCÉANIQUES, ET PERMETTENT DE PIÉGER DU CO₂



Sophie Bonnet, Océanographe à l'IRD (DR1)
Institut Méditerranéen d'Océanologie (M.I.O)



L'OCEAN, 70 % DE NOTRE PLANETE...



L'OCEAN, 70 % DE NOTRE PLANETE...



PEUPLE DE CREATURES MICROSCOPIQUES *'The invisible world'...*

...qui représentant les 2/3 de la biomasse vivante dans l'océan

Zoo-plancton

→ Plancton animal



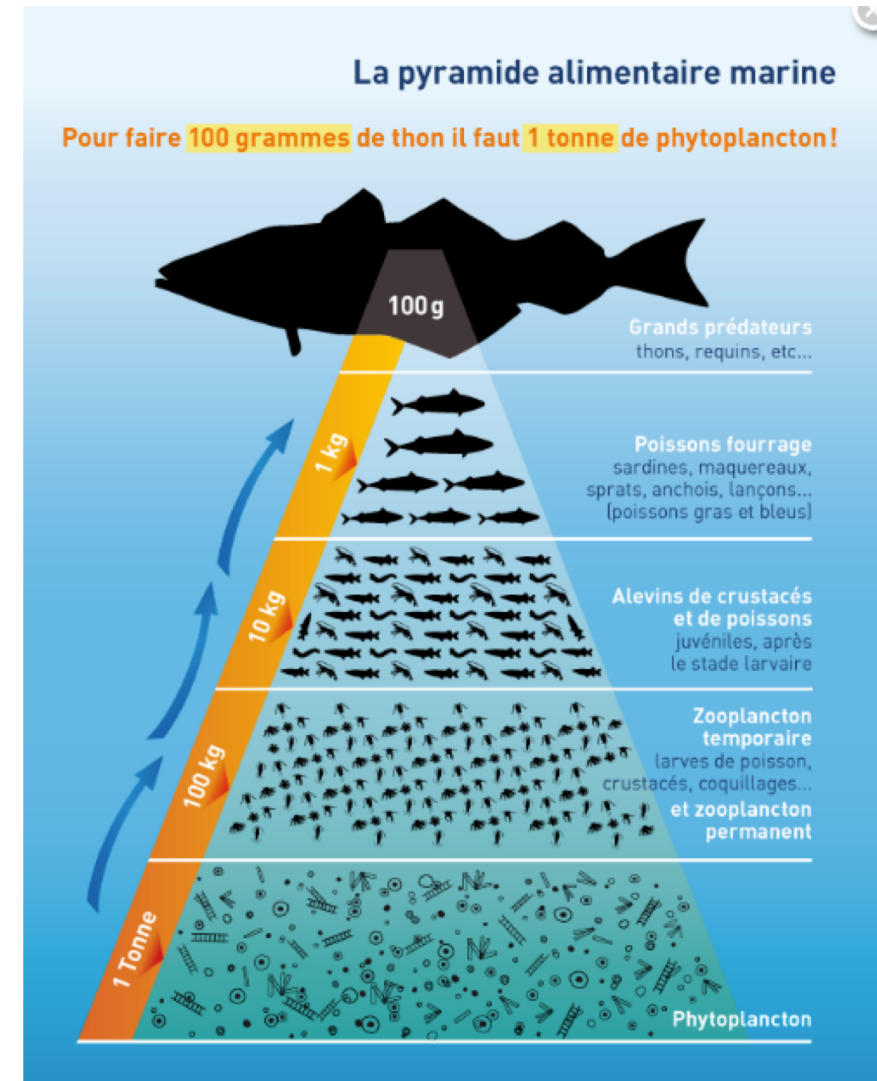
Phyto-plancton

→ plancton végétal

LE PLANCTON...

« planktos » = errer

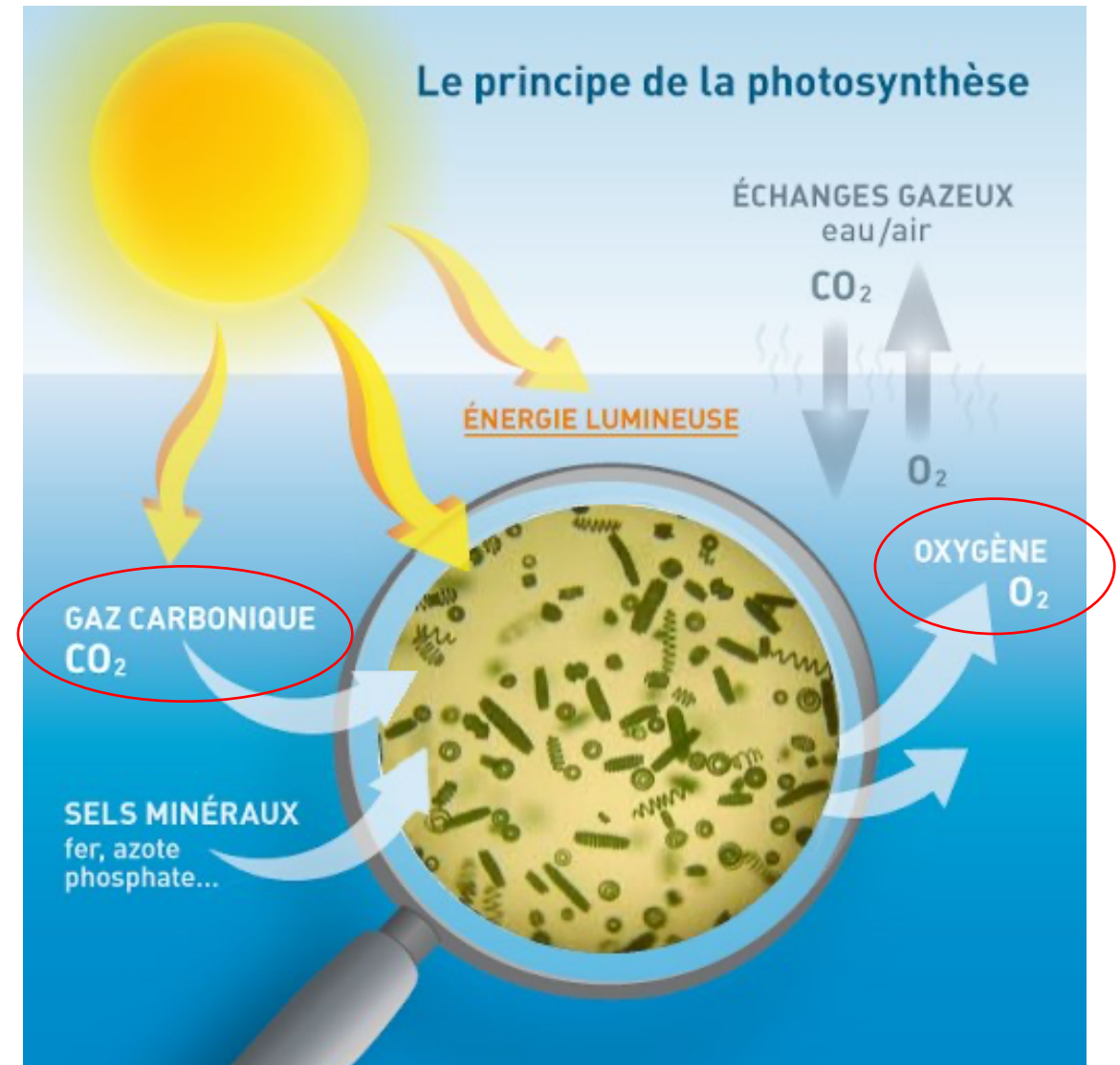
Il est à la base de la chaîne alimentaire marine



Pourquoi étudier le phytoplancton?

Il est à la base de la chaîne alimentaire marine

Il produit ~50% de l'oxygène sur Terre

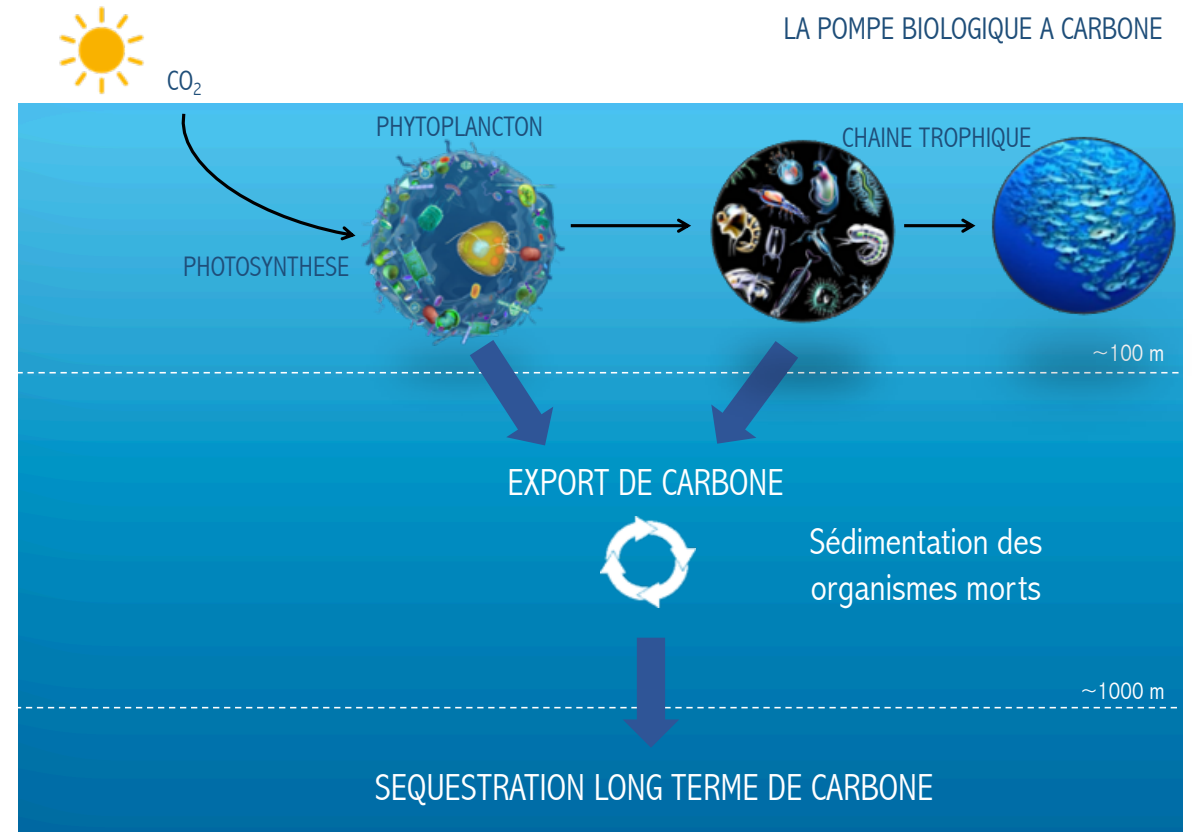


Pourquoi étudier le phytoplancton?

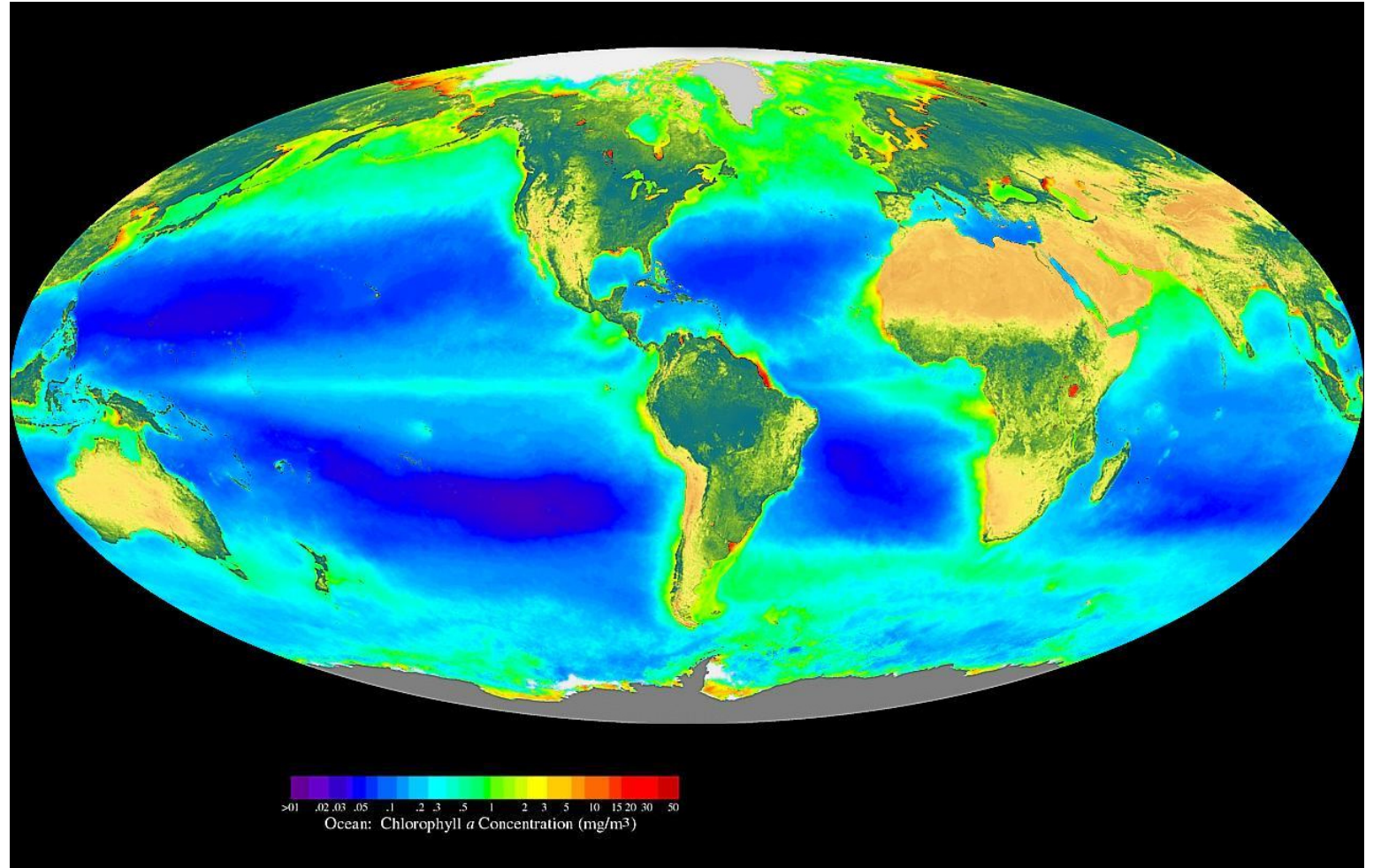
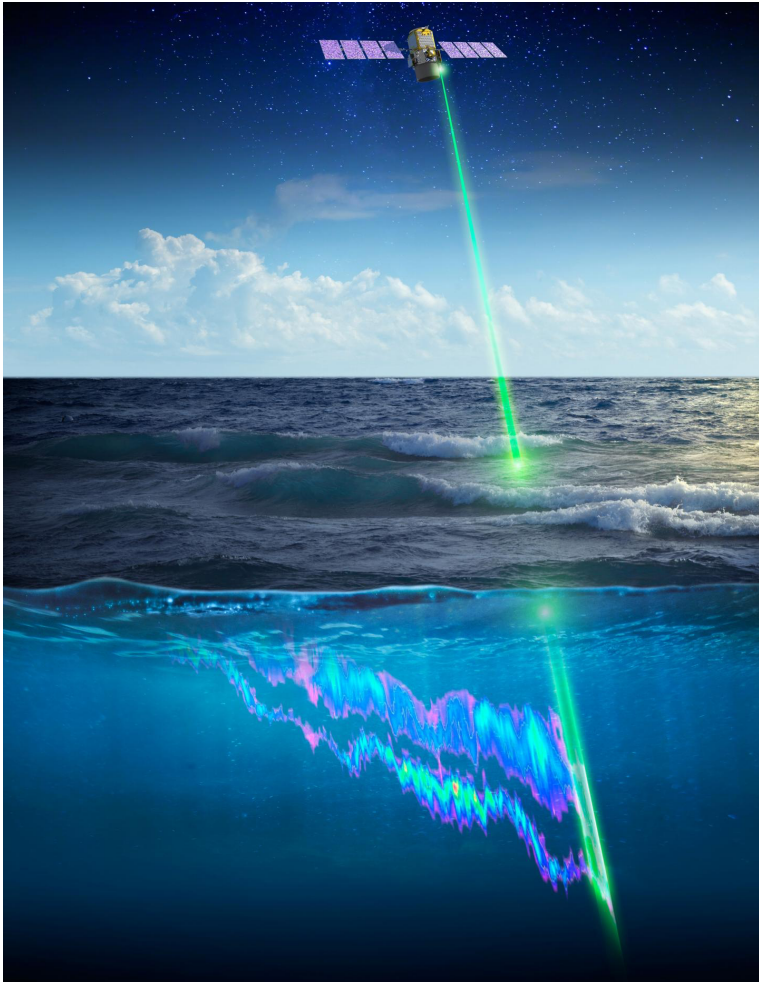
Il est à la base de la chaîne alimentaire marine

Il produit 50-70% de l'oxygène sur Terre

Il permet de piéger du CO₂ atmosphérique



Le phytoplancton vu depuis l'espace: une distribution hétérogène



La couleur de l'océan...

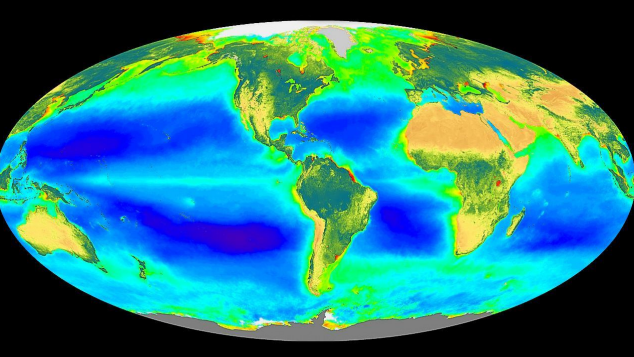


Eaux riches en phytoplancton



Eaux pauvres en phytoplancton

Le phytoplancton a besoin de nutriments



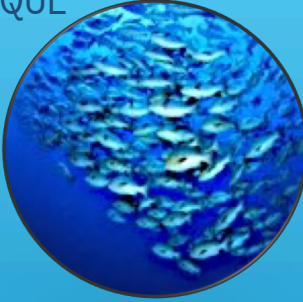
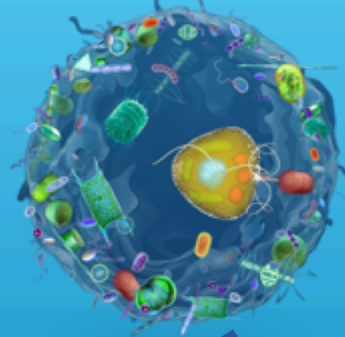
CO₂

CO₂ dissous

PHYTOPLANCTON

CHAINE TROPHIQUE

PHOTOSYNTHESE



~100 m

N (protéines, ADN...)



P (parois cellulaires, enzymes...)

Fe...

EXPORT DE CARBONE

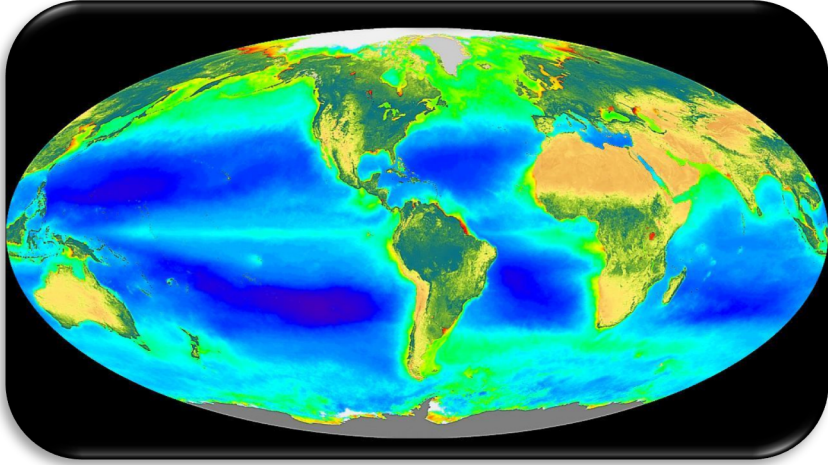


Pompe biologique à carbone

~1000 m

SEQUESTRATION LONG TERME DE CARBONE

L'océan oligotrophe, ~50% de l'océan global



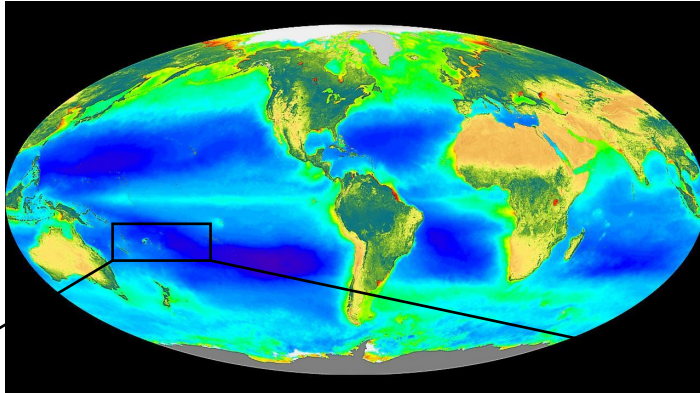
- Le plus grand biome de la planète (32 x la forêt amazonienne)
- En expansion (~2% par an, ~800 000 km²/an) (Polovina et al., 2008; Leonelli et al., 2022)
- ...mais le plus sous-échantillonné

Régions traditionnellement considérées comme des 'déserts océaniques'

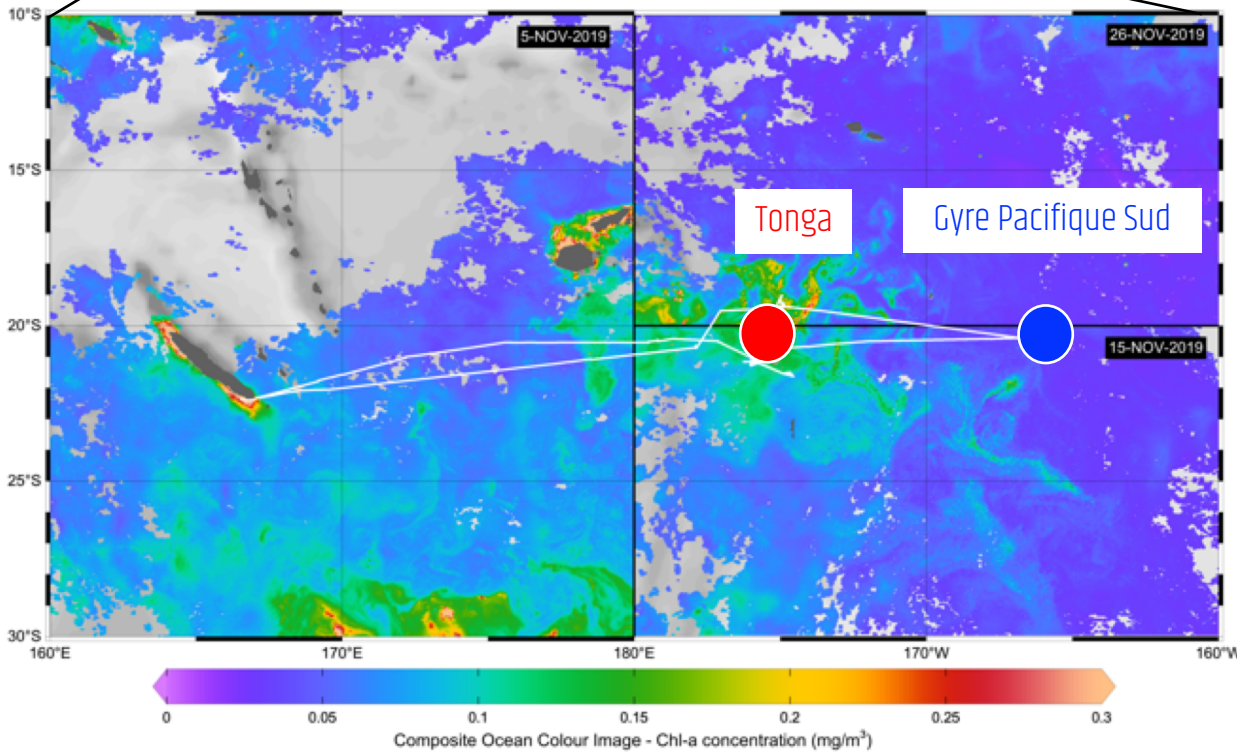
Stables	→	Dynamiques
Uniformément pauvres	→	Forte variabilité spatiale (oasis)
Inefficaces à piéger du CO ₂	→	Puits de carbone pas si inefficaces....



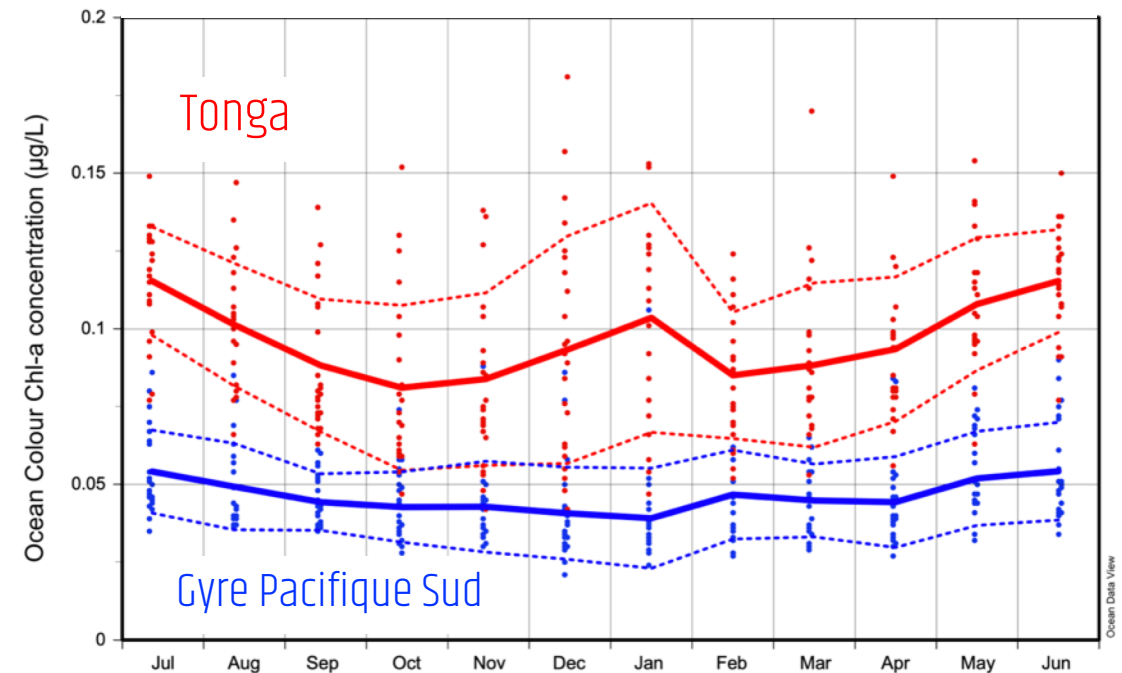
La genèse de TONGA: un oasis dans le désert, pourquoi, quelles conséquences?



- Ce patch de phytoplancton est
- Étendu spatialement: ~500,000 km²
- Présent 6 mois/an depuis >20 ans

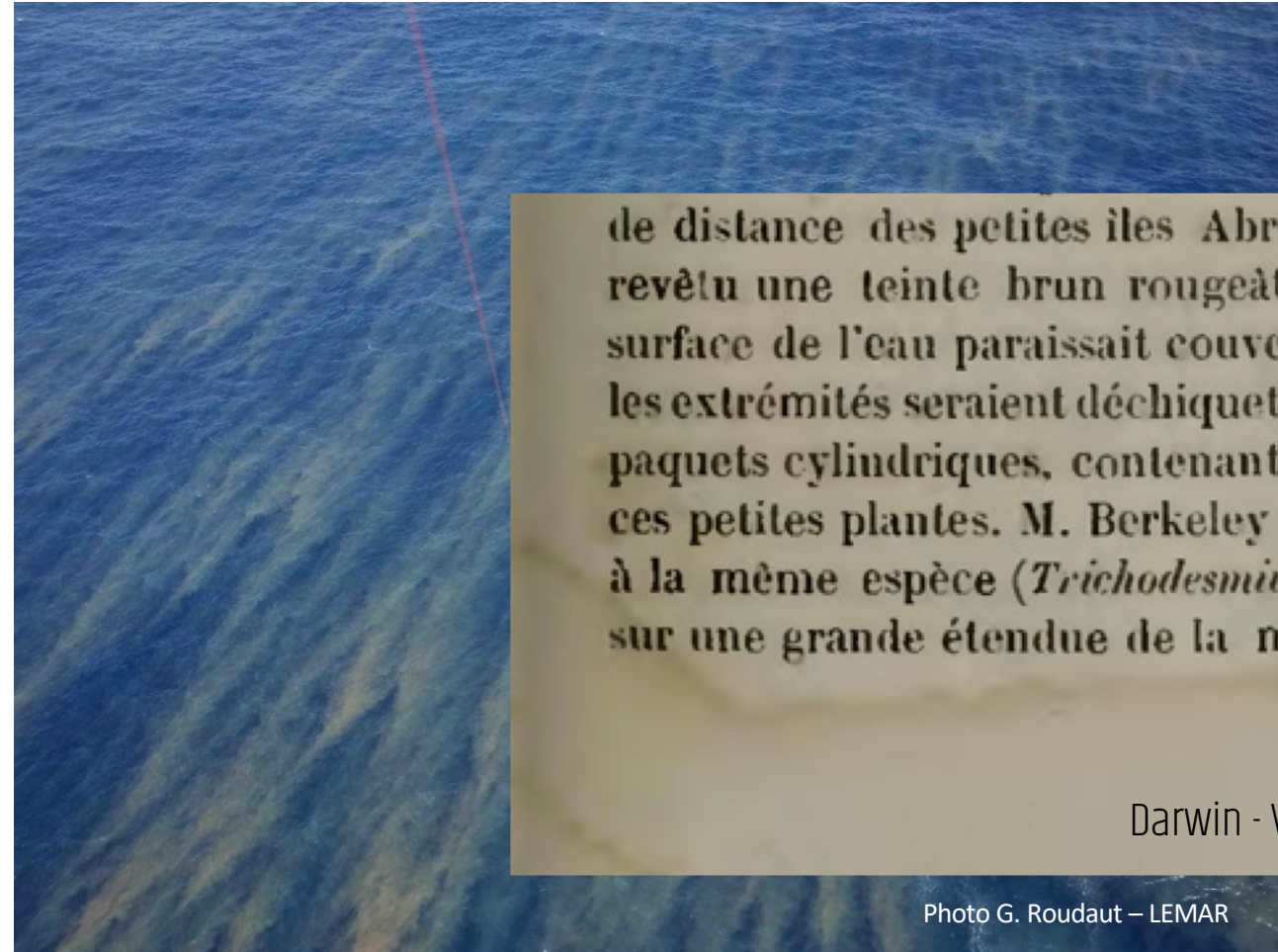


Surface [Chlorophyll] - 23-years time series





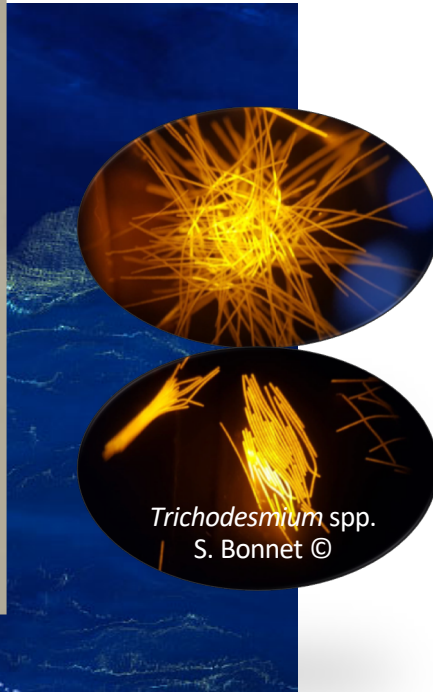
Le plancton **DIAZOTROPHE**: domine dans cette région



de distance des petites îles Abrolhos, j'observai que la mer avait revêtu une teinte brun rougeâtre. Observée à la loupe, toute la surface de l'eau paraissait couverte de brins de foin haché et dont les extrémités seraient déchiquetées. Ce sont de petites conferves en paquets cylindriques, contenant environ cinquante ou soixante de ces petites plantes. M. Berkeley m'apprend qu'elles appartiennent à la même espèce (*Trichodesmium erythræum*) que celles trouvées sur une grande étendue de la mer Rouge et qui ont valu ce nom

Darwin - Voyage d'un naturaliste autour du monde (1875)

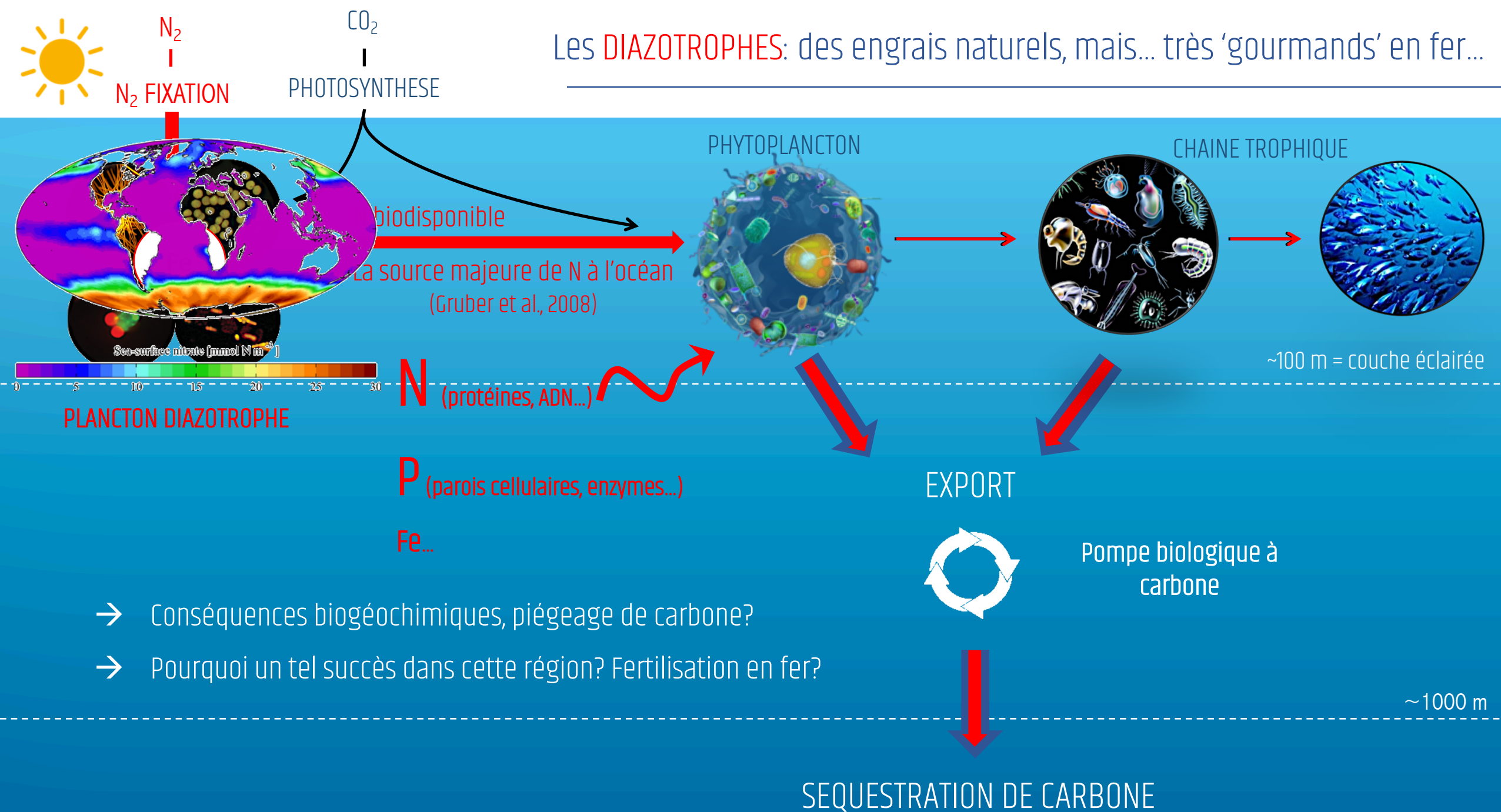
West Pacific Ocean



Trichodesmium spp.
S. Bonnet ©

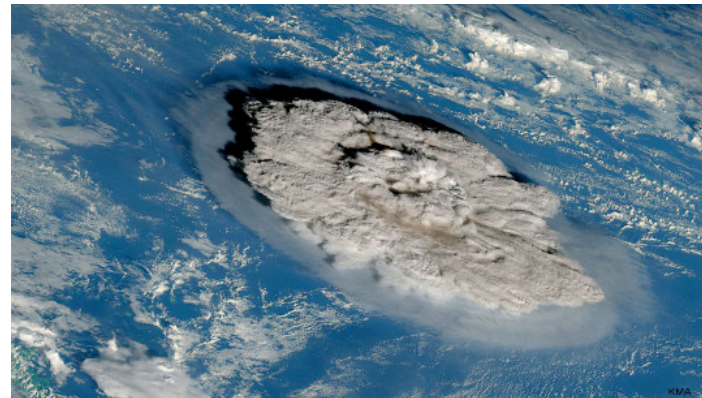
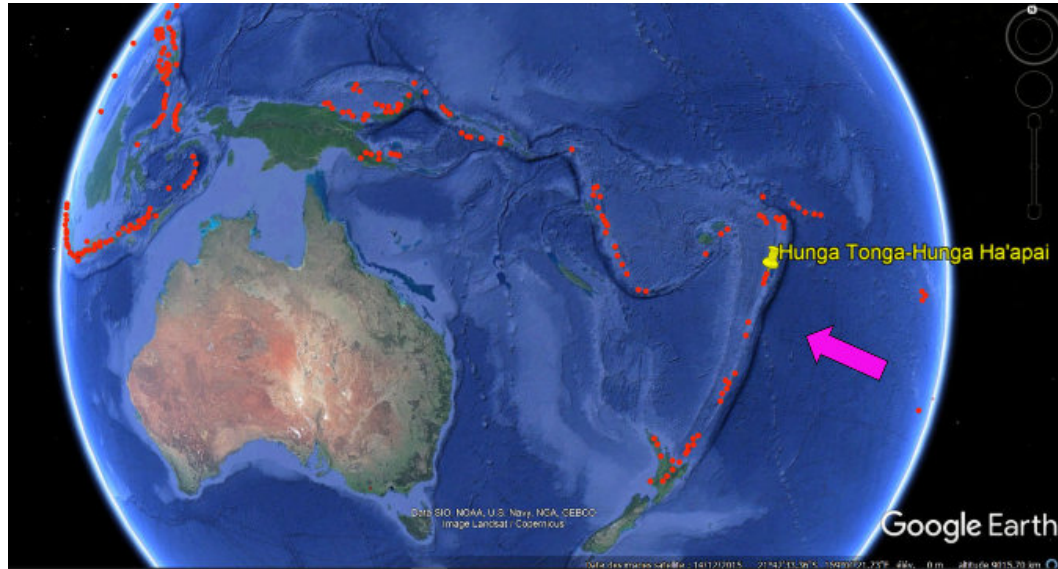
Photo G. Roudaut – LEMAR

Les DIAZOTROPHES: des engrais naturels, mais... très 'gourmands' en fer...





Notre hypothèse: fertilisation en fer par les volcans aériens de l'arc de Tonga



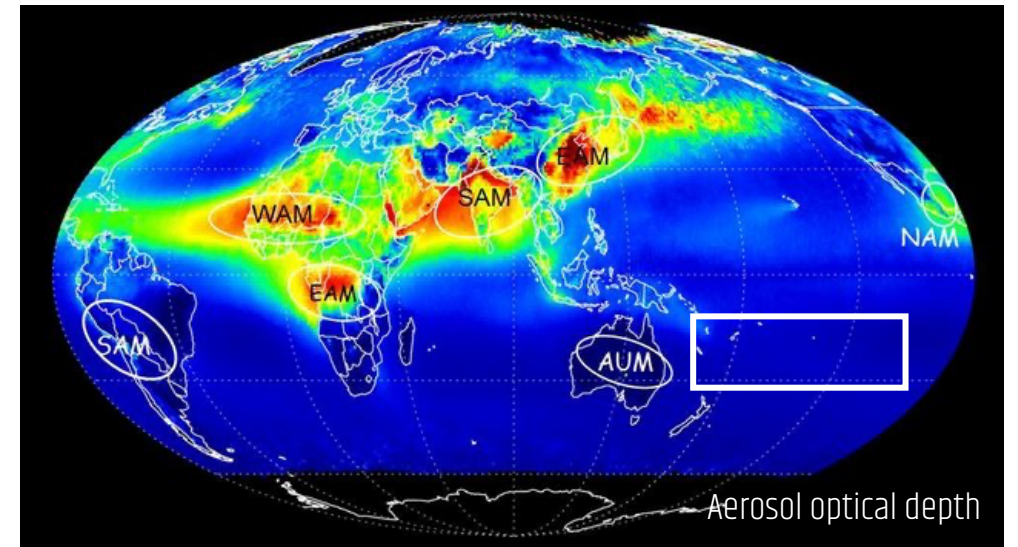
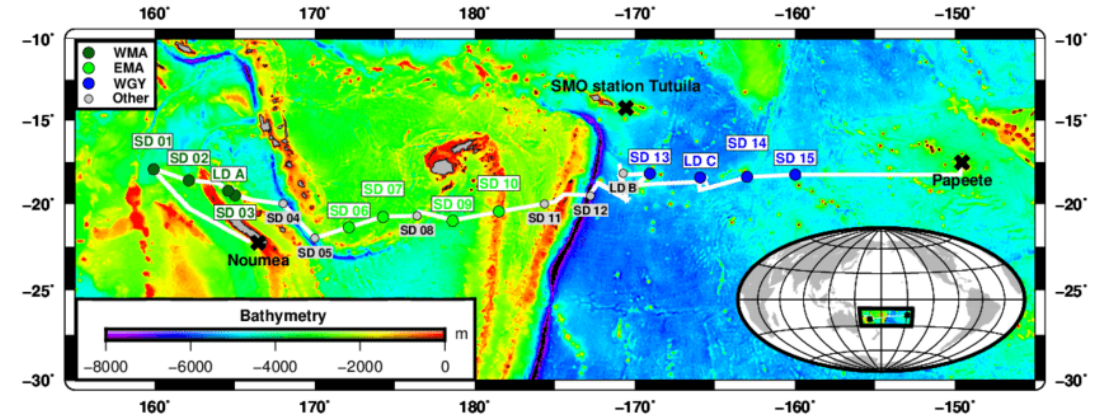
Volcan Hunga Tonga Ha'pai - Eruptions 2015, 2022



Hypothèse invalidée: quasi absence d'aérosols dans l'atmosphère...

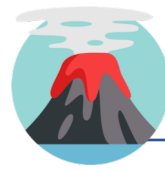


Expédition OUTPACE (45j), Navire Océanographique L'Atalante (2015)



Aerosol optical depth

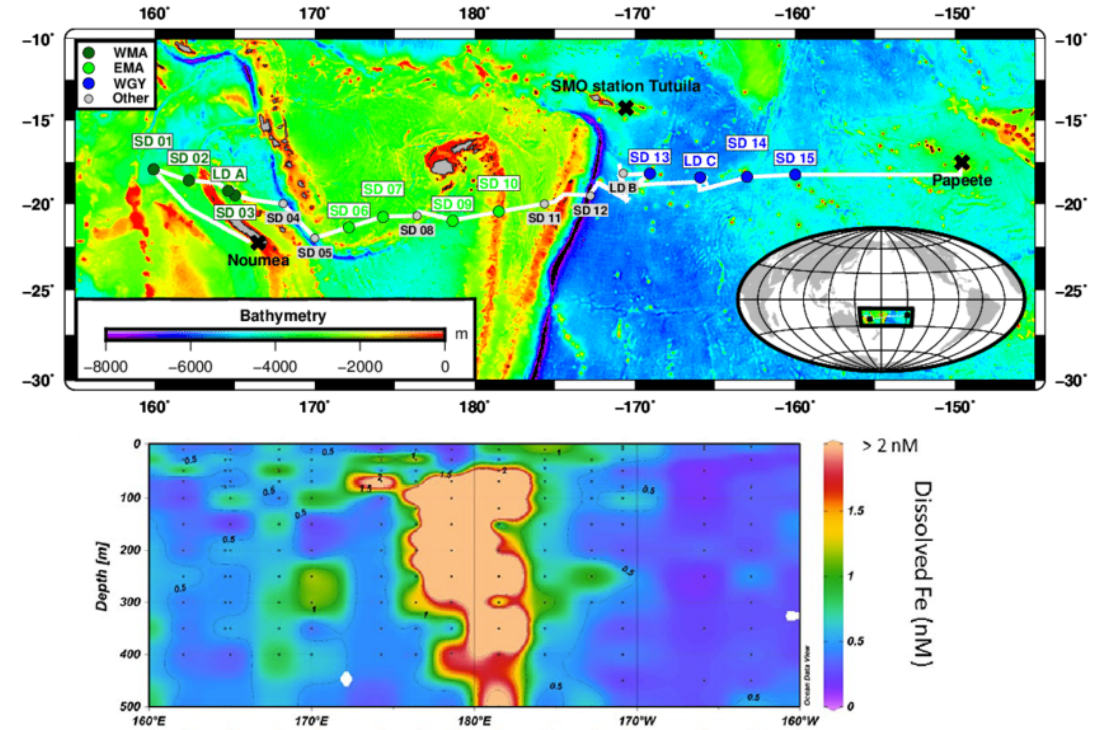
Flux de DFe atmosphérique très faible ($0.8-48.7 \text{ nmol DFe m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)



Hypothèse invalidée, mais... le fer semble venir du fond



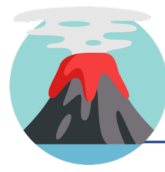
Expédition OUTPACE, Navire Océanographique L'Atalante (2015)



SCIENTIFIC REPORTS

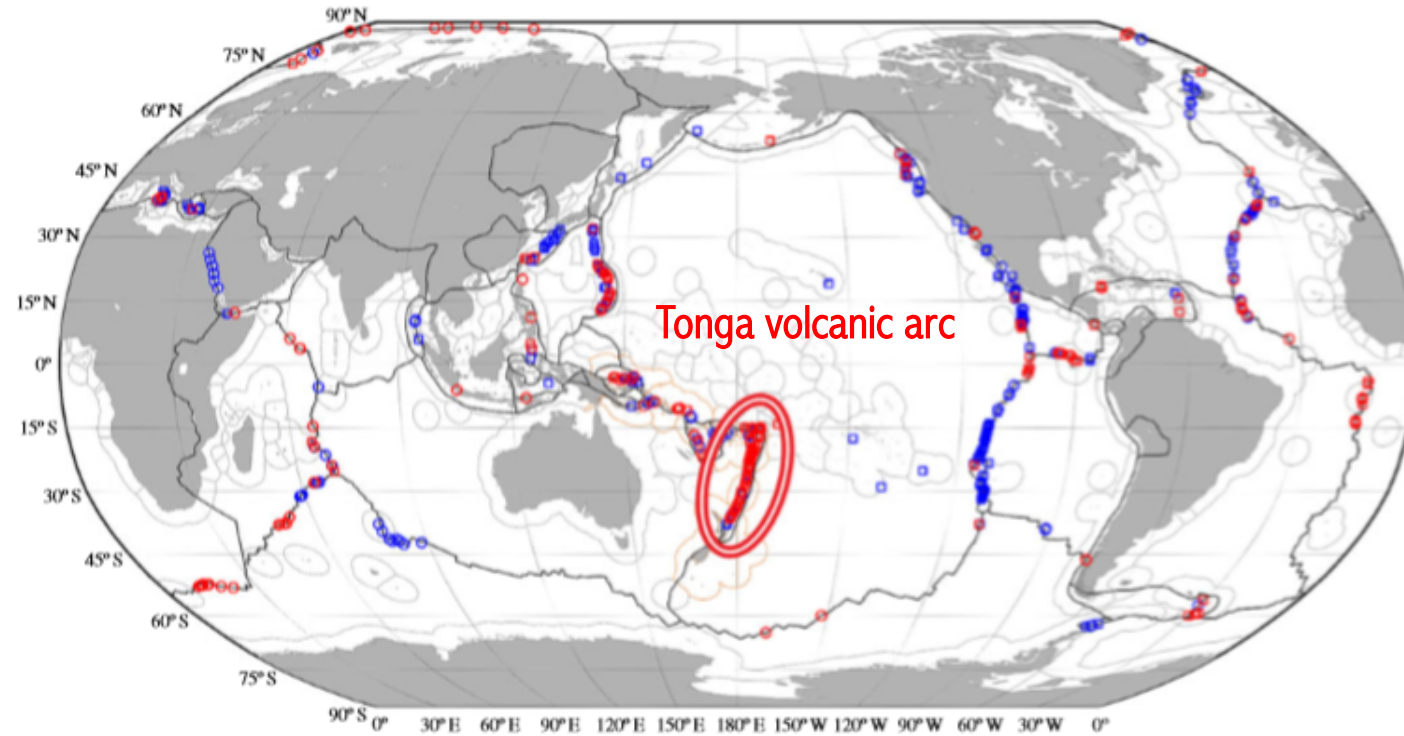
OPEN Iron from a submarine source impacts the productive layer of the Western Tropical South Pacific (WTSP)

Cécile Guieu^{1,2}, Sophie Bonnet³, Anne Petrenko³, Christophe Menkes⁴, Valérie Chavagnac⁵, Karine Desboeufs⁵, Christophe Maes⁷ & Thierry Moutin³



L'arc de Tonga: la plus forte densité de volcans sous marins au monde

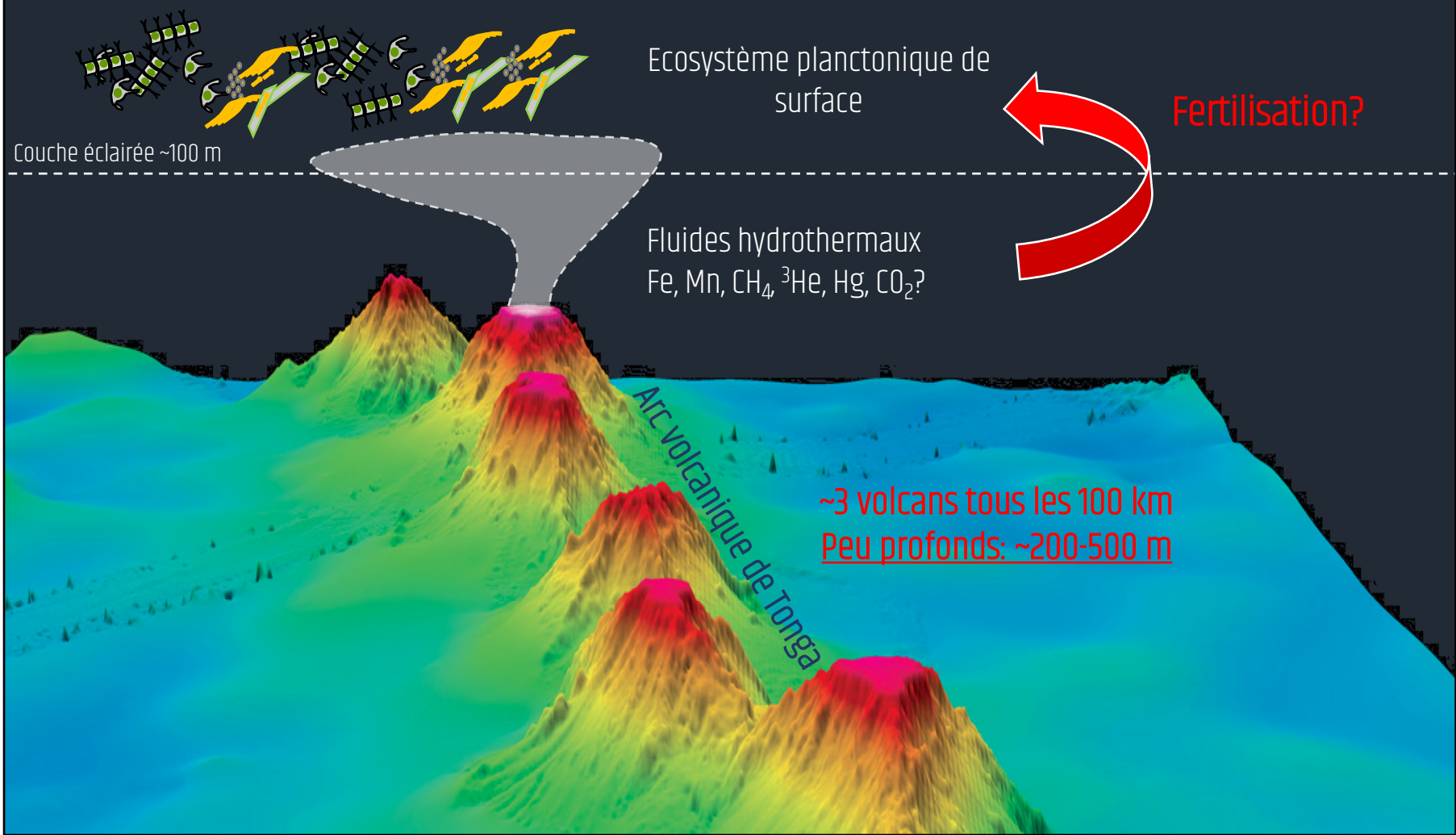
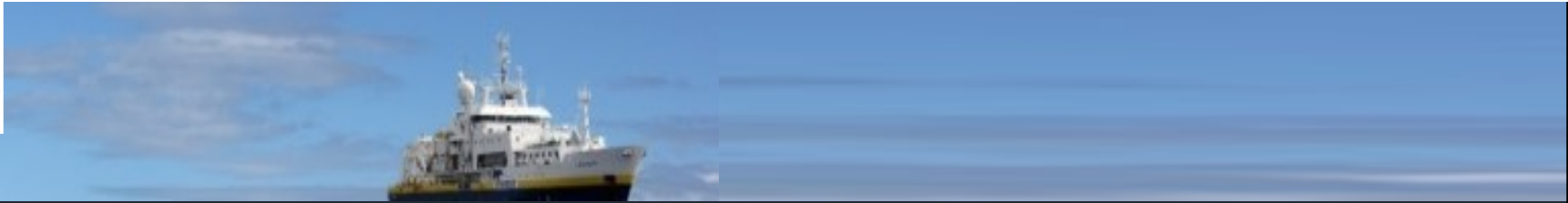
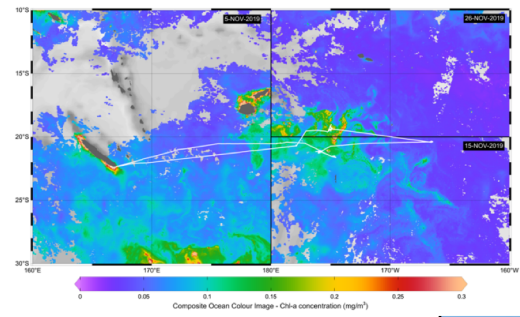
Champs hydrothermaux sous-marins actifs



German et al. (2016)



Notre hypothèse: fertilisation par les volcans sous-marins de l'arc de Tonga



Naissance du projet TONGA: à l'interface entre Géosciences, Océanographie et Atmosphère



MISSION TONGA - <https://www.youtube.com/watch?v=e5kAd0i6Dck> (H. Bataille, IRD)

TONGA: Shallow hydroThermal sOurces of trace elements: potential impacts on biological productivity and the bioloGicAl carbon pump

Période: 2018-2023

Consortium: 21 laboratoires, 110 scientifiques

Coordination: C. Guieu & S. Bonnet



Financements:

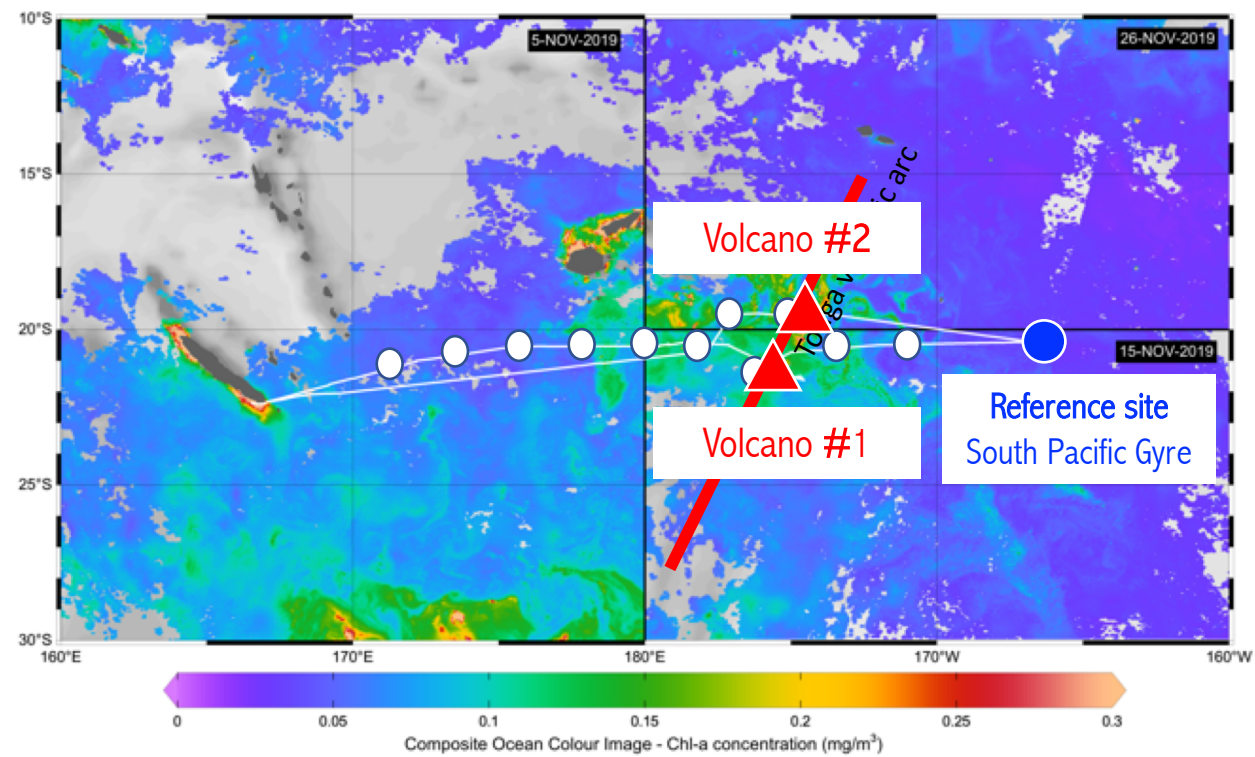




37 jours en mer, 6500 km: à la recherche des volcans sous-marins

R/V L'Atalante, TONGA 2019

12 stations courtes (24h) de part et d'autres de l'arc de Tonga
2 stations longues (7 jours): Volcan #1 et #2



→ À bord
 30 scientifiques + 30 'équipages'
 7 containers dont '4 containers labo'

→ À terre
 3 équipes de Physiciens (LOPS, LOCEAN, MIO)
 1 cellule de Coordination Opérationnelle ARGO
 1 équipe de Géophysiciens
 1 équipe Géochimistes (GET) + IFREMER (SMF)



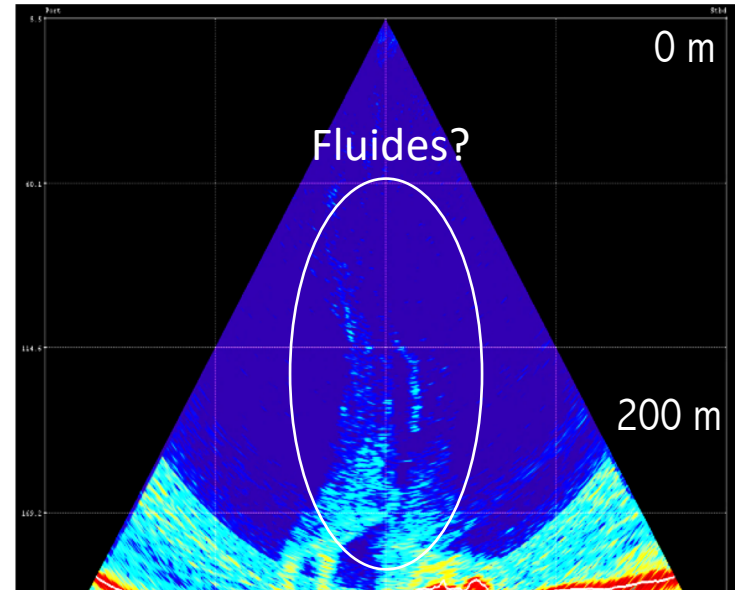
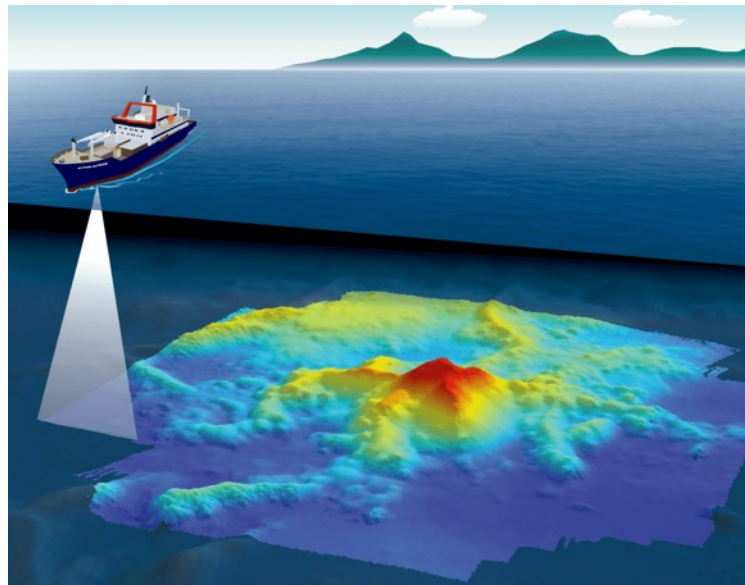
1^{er} challenge: localiser des volcans sous-marins actifs



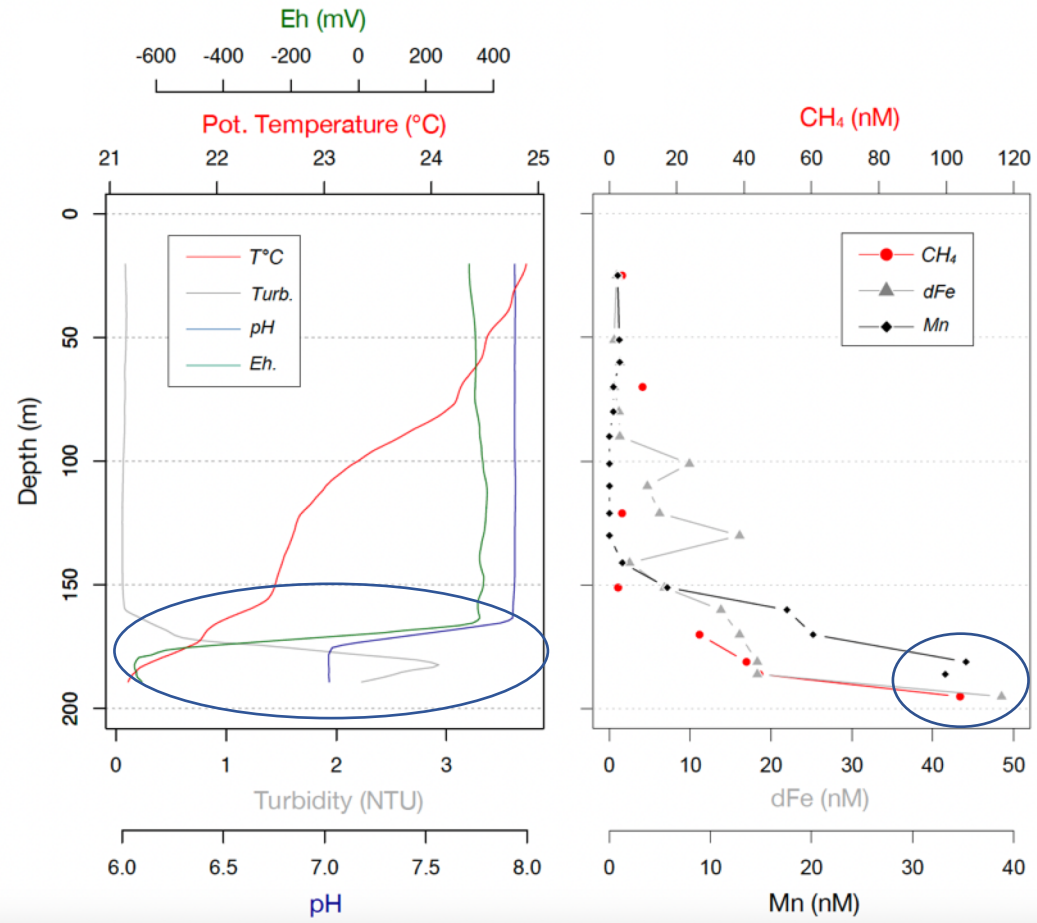
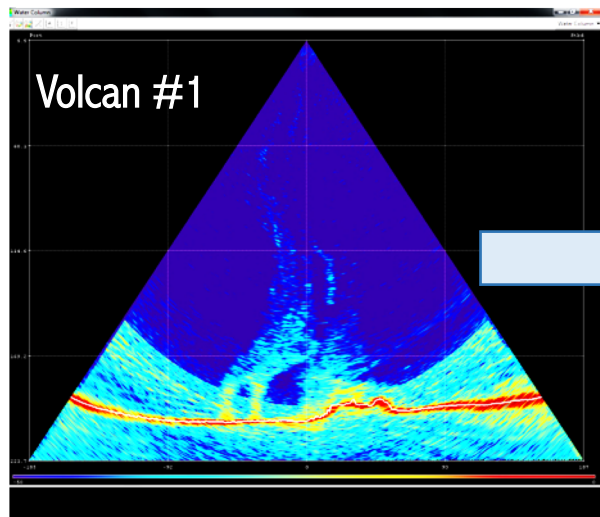
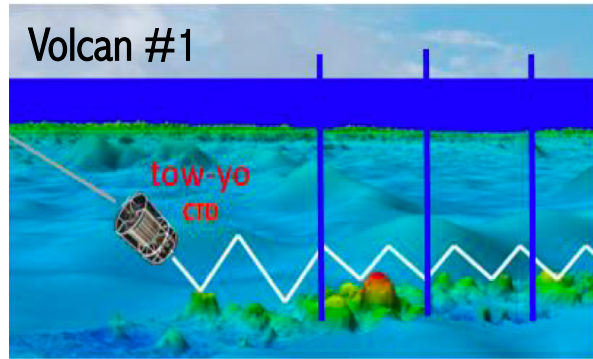
Exploration acoustique (sondeur multifaisceaux) au-dessus de l'arc



Volcan #1
(~200 m)
21.165°S; 175.164°E



Émissions présumées de fluides hydrothermaux jusqu'à ~30 m sous la surface



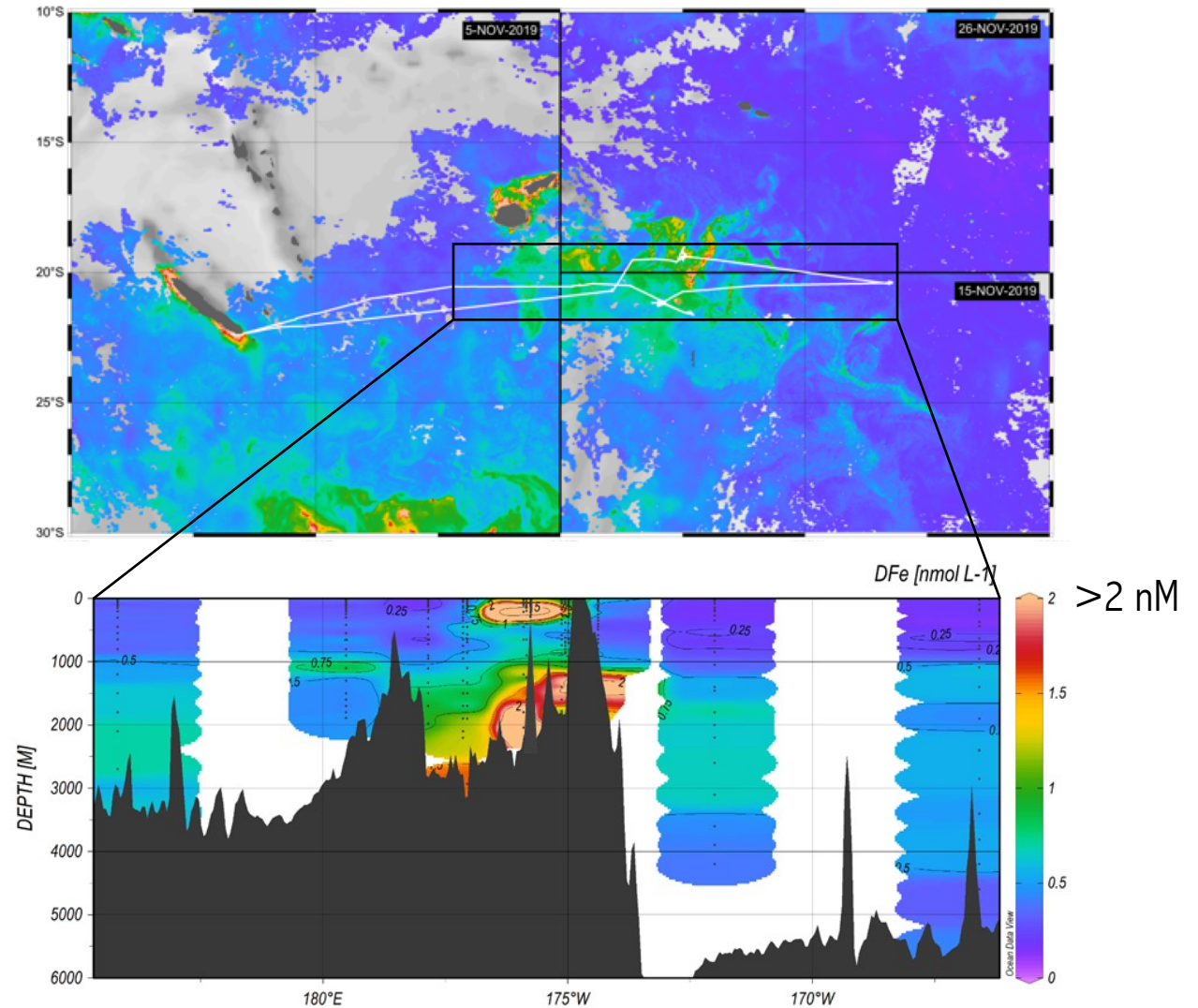
DFe concentrations
~50 nM



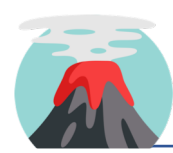
Anomalies de pH, turbidité, méthane, fer et manganèse qui confirment que nous sommes au dessus d'un volcan actif qui émet des fluides hydrothermaux



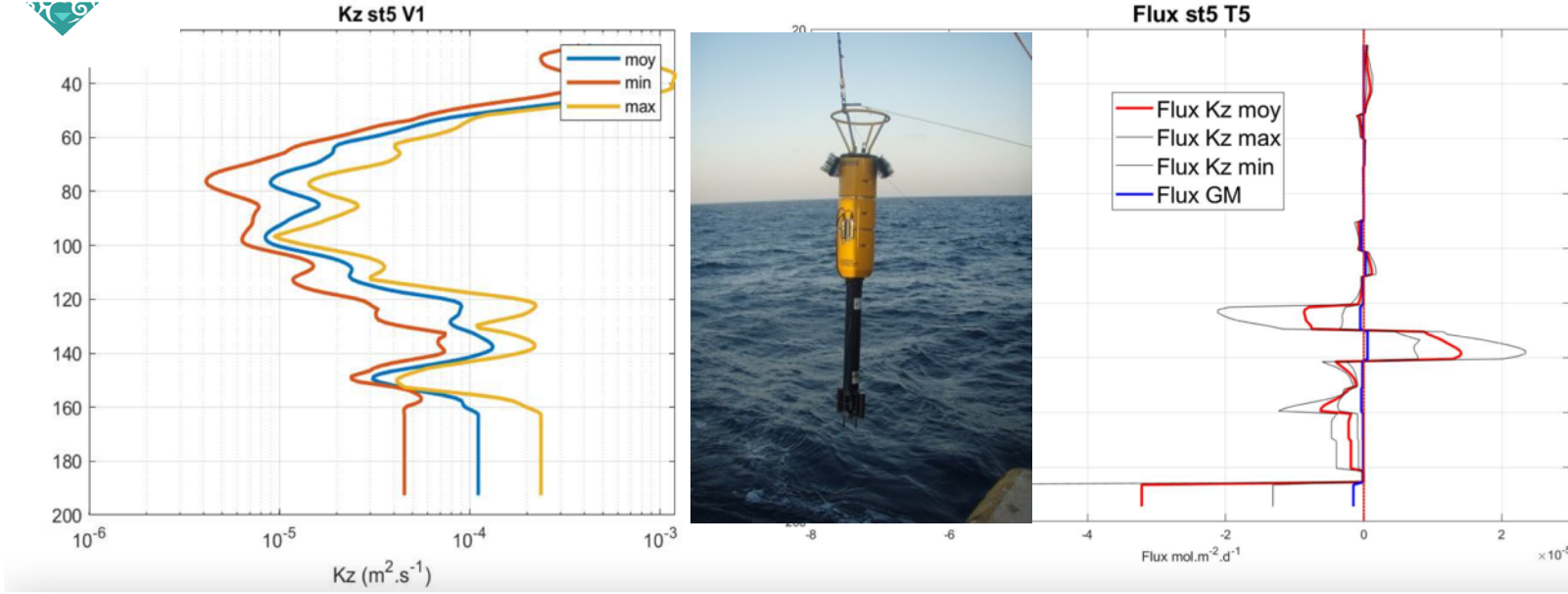
Trace metal clean van onboard



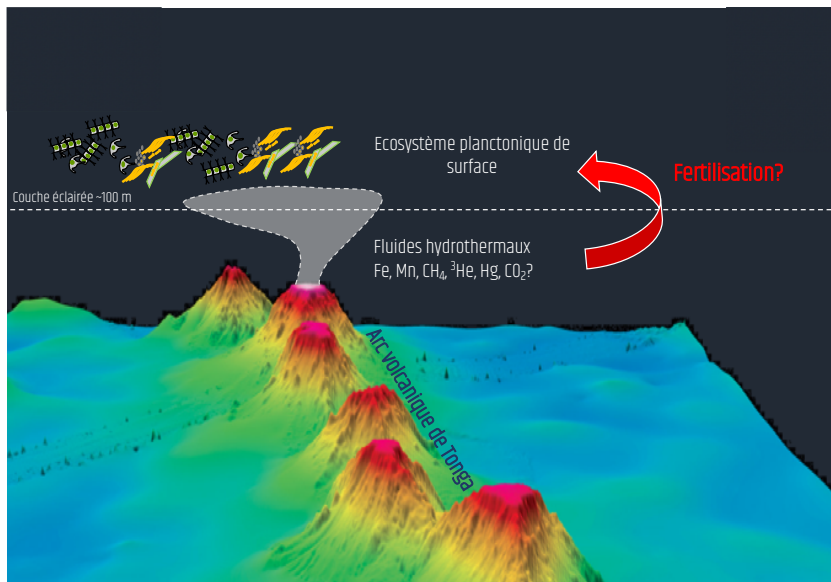
[DFe] ~80 fois plus fortes au dessus du Volcan #1 par rapport aux valeurs moyennes à des profondeurs similaires dans le Pacifique Sud



Est-ce que ce fer atteint la couche productive de l'océan?

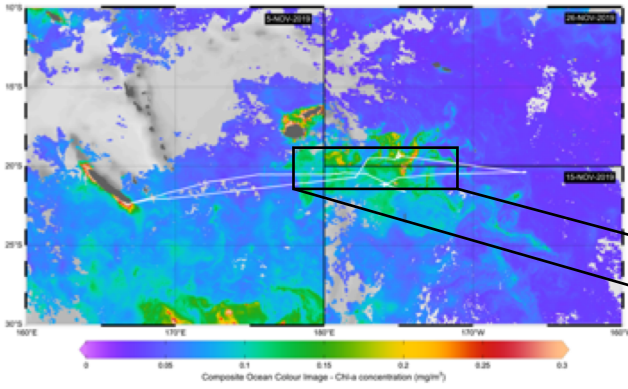


Mesures de turbulence au dessus des volcans
 Flux vertical de fer (0-50 m)
 ~450 nmol Fe m⁻² d⁻¹



Le fer hydrothermal atteint la couche productive de surface

Quel impact sur les communautés planctoniques?



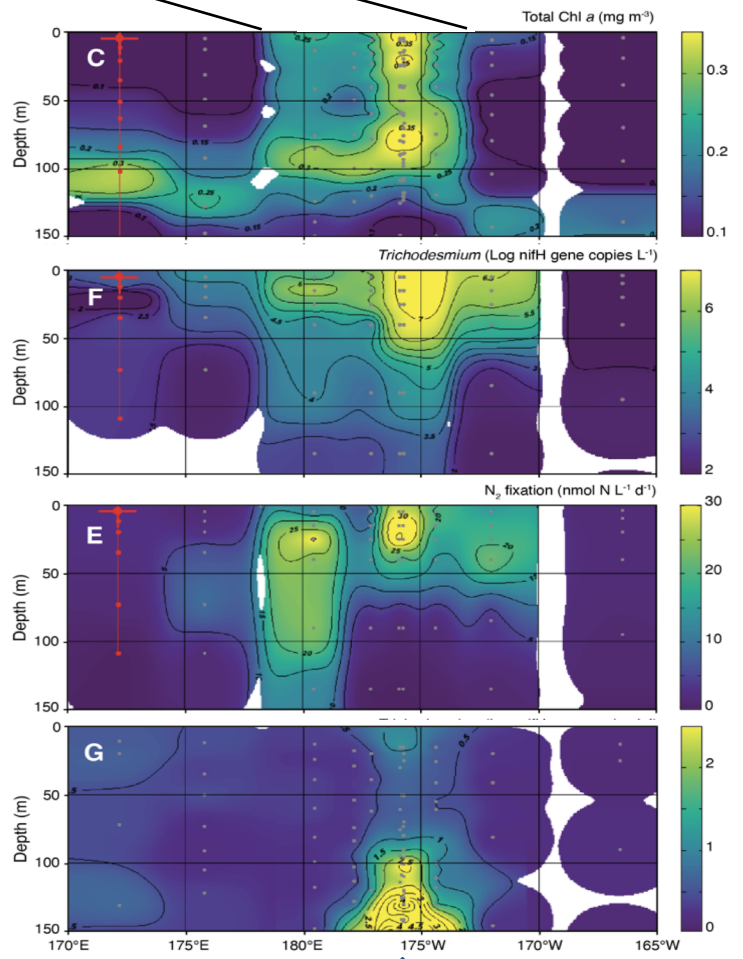
In situ Total Chlorophyll a (mg m⁻³)

Trichodesmium (nifH copies L⁻¹)



N₂ fixation rates (nmol N L⁻¹ d⁻¹)

[DFe] (nmol L⁻¹)



Volcan #1



Au-dessus de l'arc TONGA

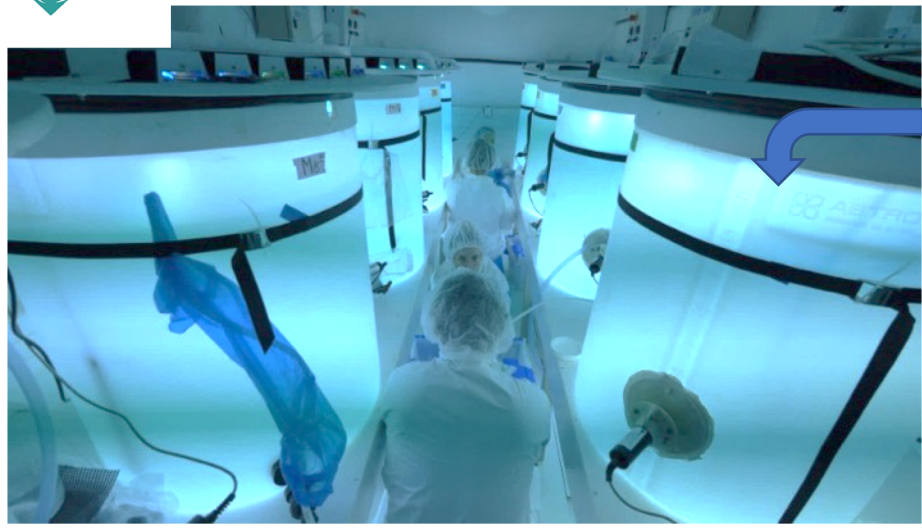
- Pic de Chlorophylle confirmé
- Abondances de *Trichodesmium* x90
- Activité diazotrophes x8



Efflorescences de diazotrophes, qui semblent tirer partie de la fertilisation en fer au niveau de l'arc



Confirmation expérimentale de l'impact sur les diazotrophes?



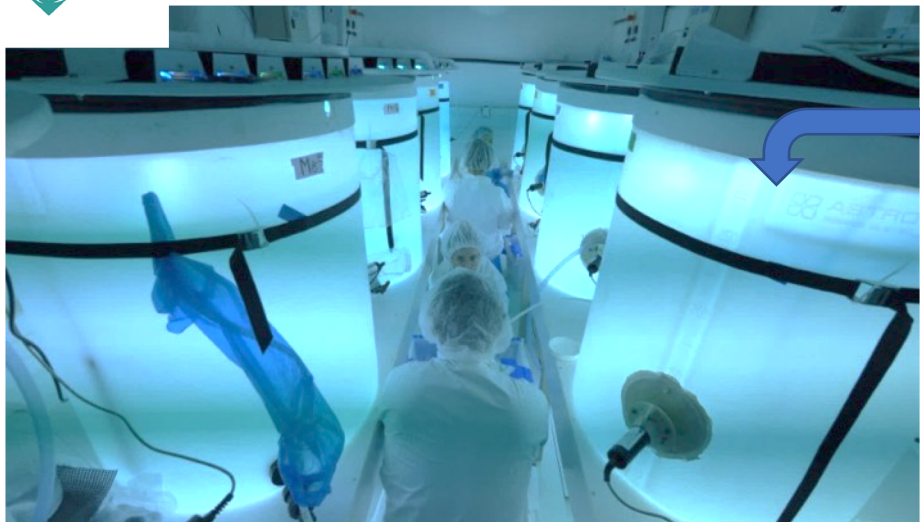
Eau de mer de surface (loin de l'arc) + proportions croissantes de fluides hydrothermaux



8 jours → >20 paramètres mesurés tous les jours ou 2 jours



Confirmation expérimentale de l'impact sur les diazotrophes?

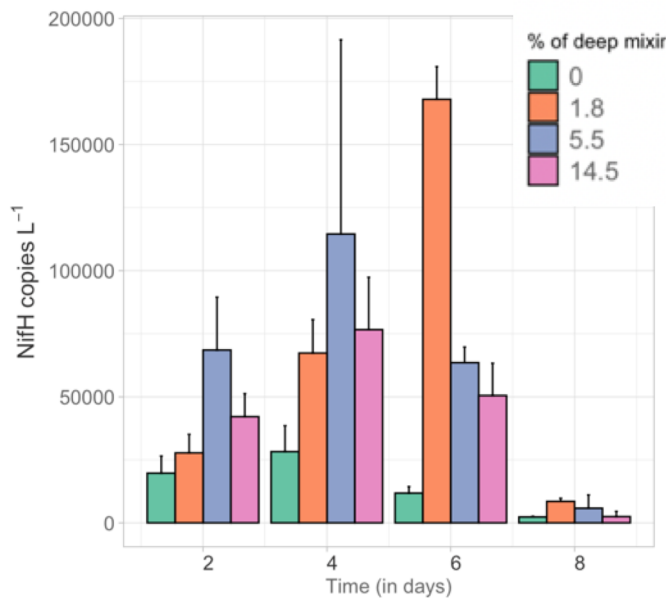


Eau de mer de surface (loin de l'arc) + proportions croissantes de fluides hydrothermaux

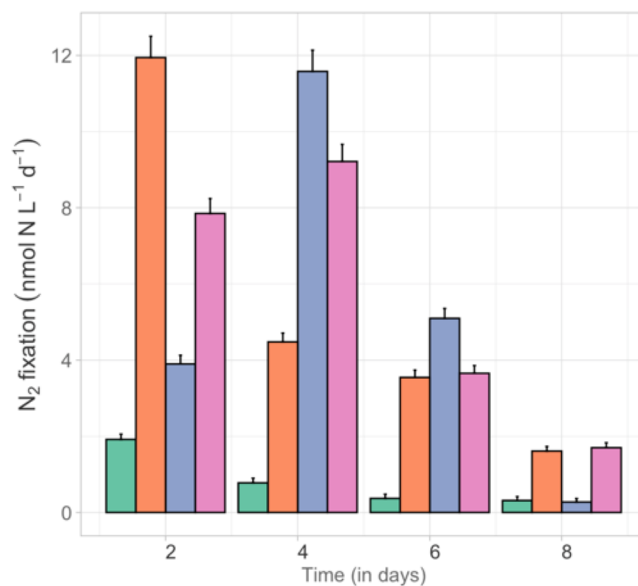


8 jours → >20 paramètres mesurés tous les jours ou 2 jours

Abondance *Trichodesmium*



Activité diazotrophe

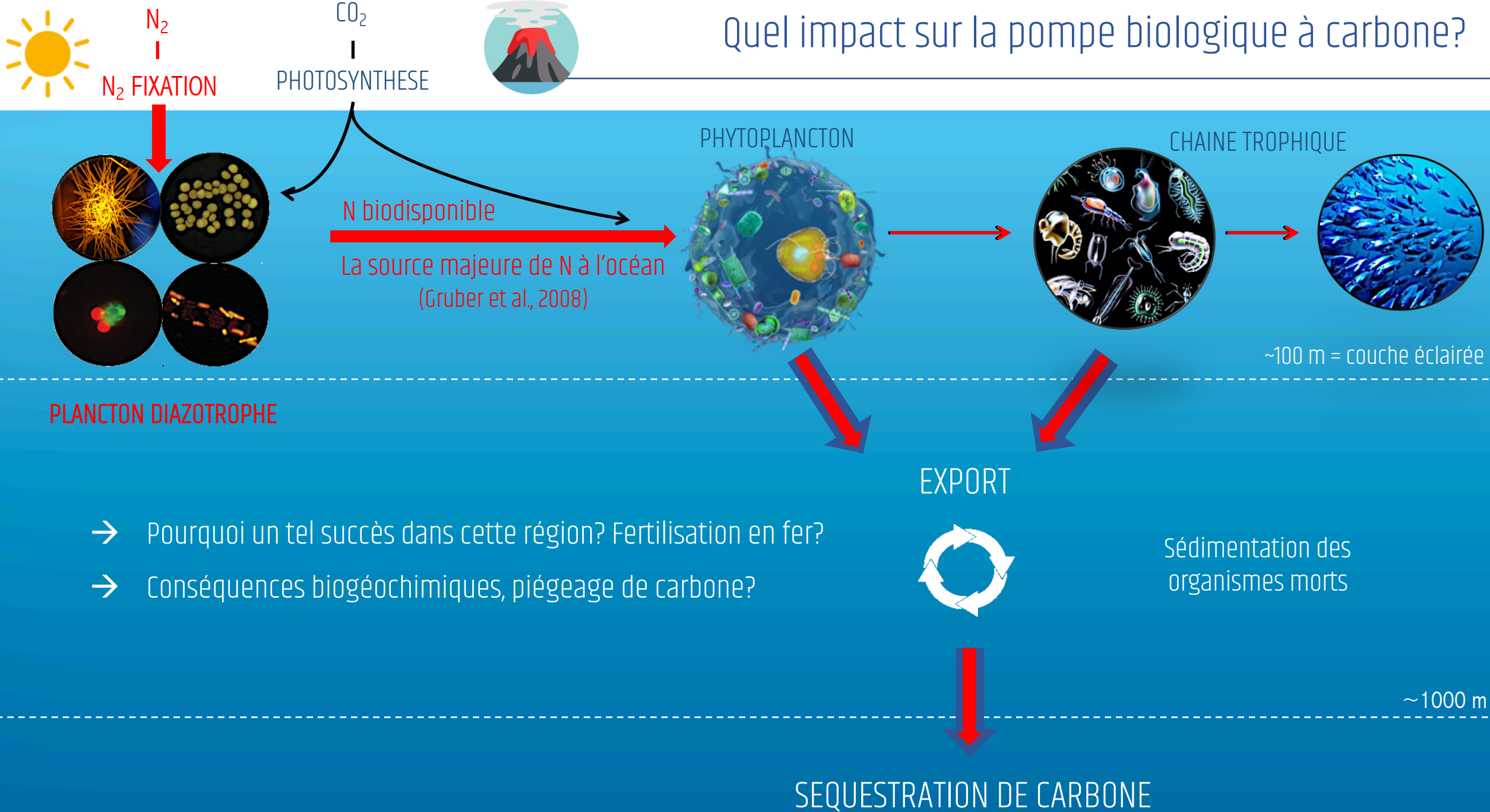


- Abondance *Trichodesmium* x8
- Activité de fixation de N₂ x7



Confirmation de l'effet fertilisant des fluides sur les diazotrophes

Quel impact sur la pompe biologique à carbone?



- Pourquoi un tel succès dans cette région? Fertilisation en fer?
- Conséquences biogéochimiques, piégeage de carbone?

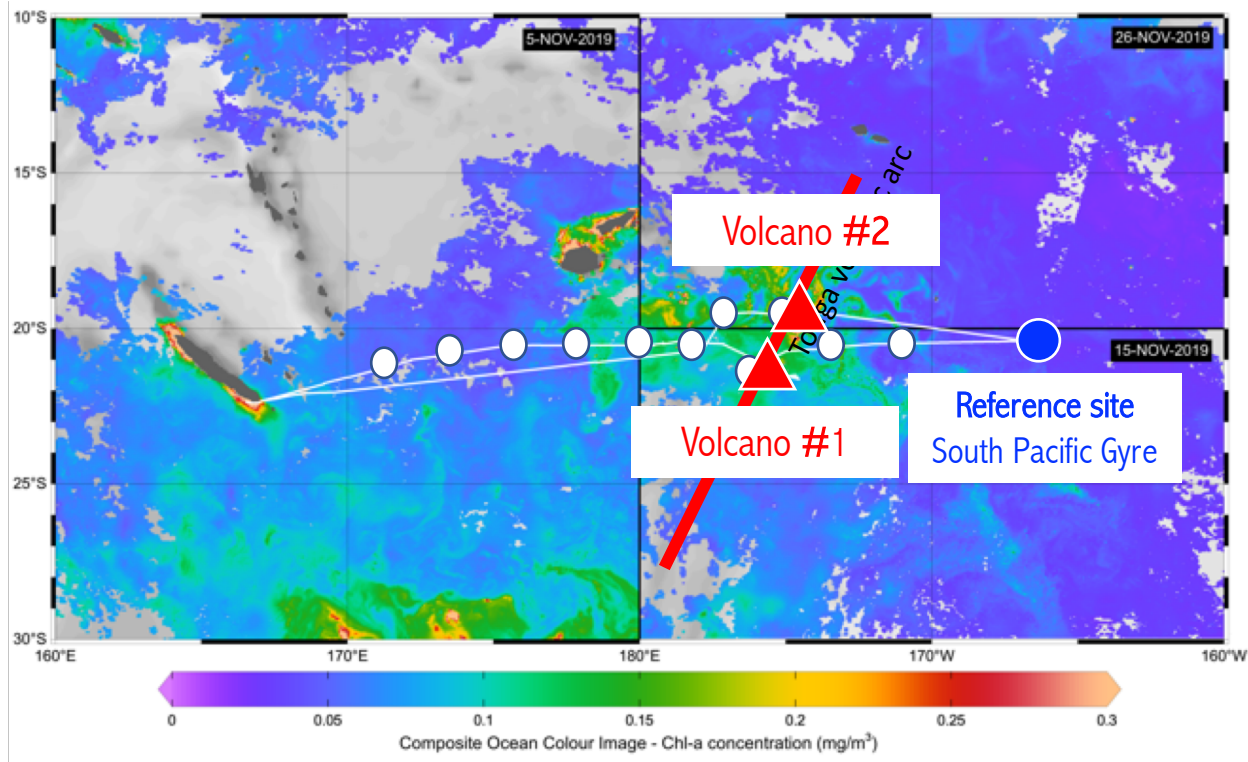
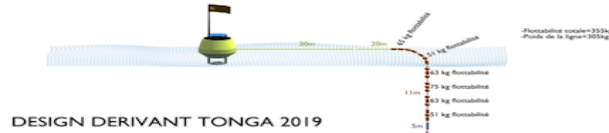


Sédimentation des organismes morts

~1000 m



Quel impact sur la pompe biologique à carbone?



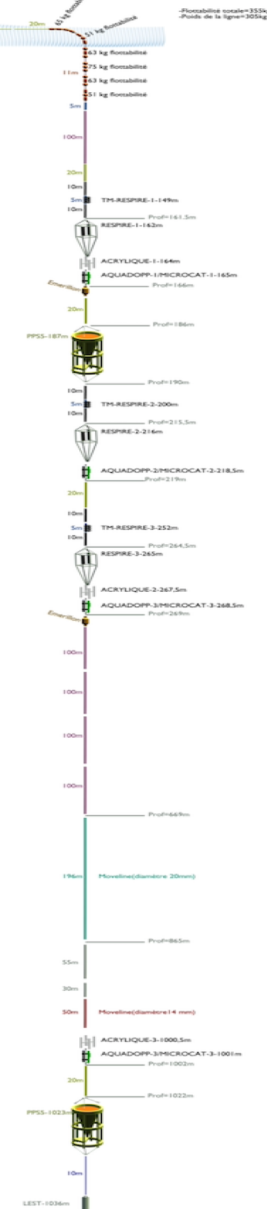
Déploiement de mouillage dérivants (1000 m)



Cylindrical traps



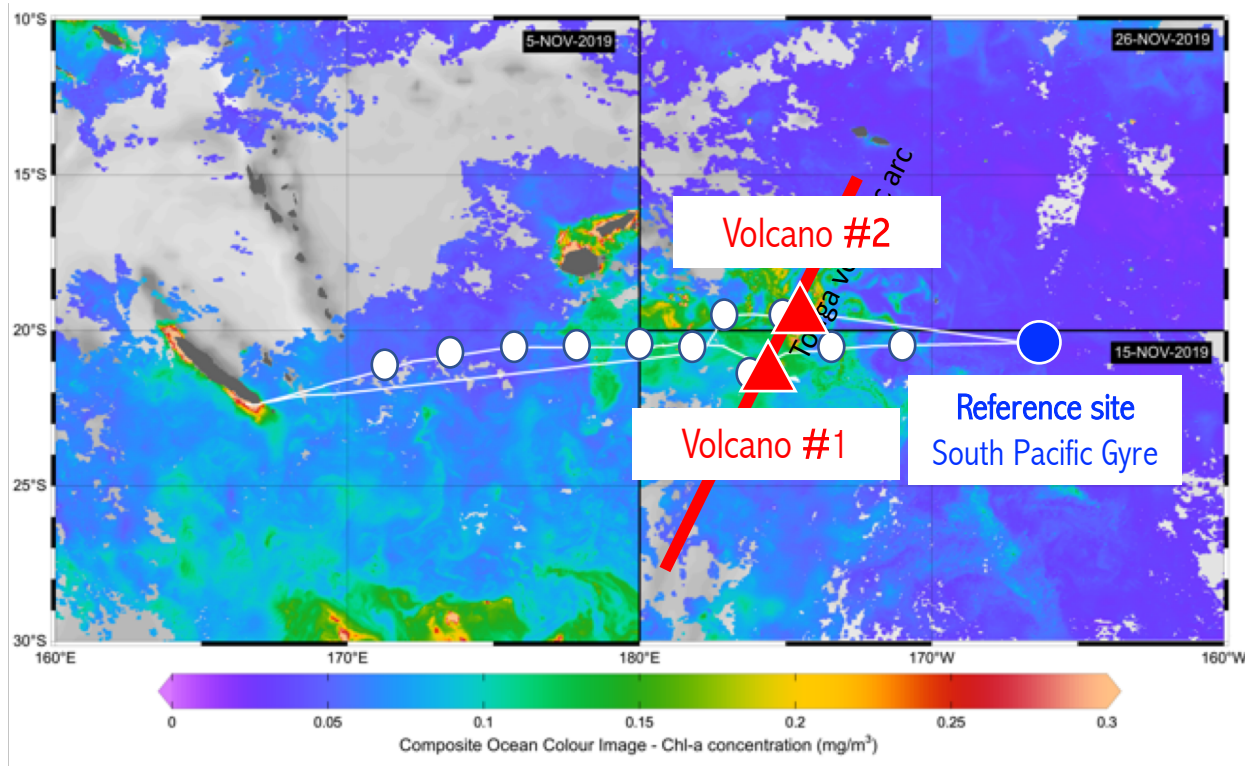
RESPIRE trap



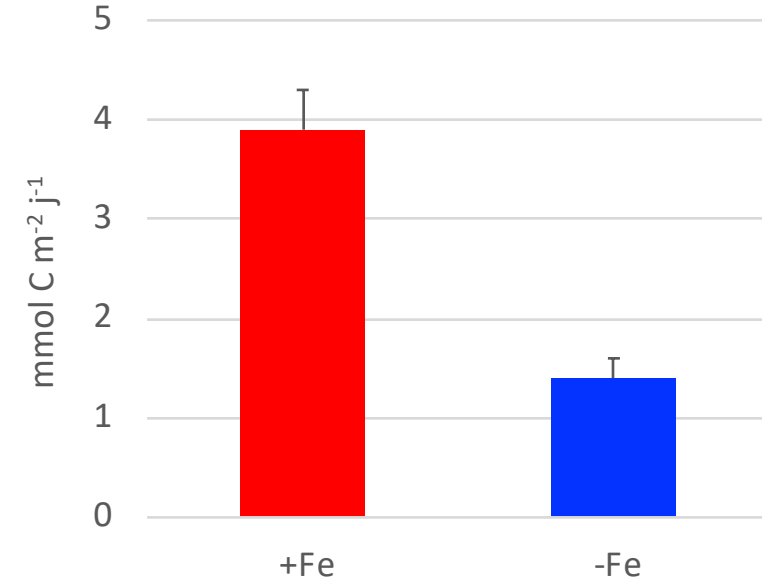
Conical PPS5 trap



Quel impact sur la pompe biologique à carbone?



Export de carbone à 270 m



- Séquestration de carbone $\sim 3x$ plus élevée dans les eaux fertilisées en fer que dans le site de référence
- Même ordre de grandeur qu'en milieu tempéré/polaire



Oui cet 'oasis' au milieu du désert du Pacifique sud piège du carbone de façon efficace
Efficacité de séquestration de carbone $\sim 20\,000 \text{ mol C mol}^{-1} \text{ Fe}$ (+ efficace que les fertilisations artificielles)



TONGA team

Science
AAAS

RESEARCH ARTICLES

OCEAN NUTRIENTS

Natural iron fertilization by shallow hydrothermal sources fuels diazotroph blooms in the ocean

Sophie Bonnet^{1*}, Cécile Guieu^{2*}, Vincent Taillandier², Cédric Boulart³, Pascale Bouruet-Aubertot⁴, Frédéric Gazeau², Carla Scalabrin⁵, Matthieu Bressac², Angela N. Knapp⁶, Yannis Cuypers⁴, David González-Santana^{7,8}, Heather J. Forrer⁶, Jean-Michel Grisoni⁹, Olivier Grosso¹, Jérémie Habasque⁷, Mercedes Jardin-Camps¹, Nathalie Leblond⁹, Frédéric A. C. Le Moigne^{1,7}, Anne Lebourges-Dhaussy⁷, Caroline Lory¹, Sandra Nunige¹, Elvira Pulido-Villena¹, Andrea L. Rizzo^{10,11}, Géraldine Sarthou⁷, Chloé Tilliette²

A great Scientific Team

- >100 scientists
- 21 labs
- 6 countries
- 13 PhD students
- 5 Postdocs
- 6 Master students



NEW CALEDONIA



FOREIGN PARTNERS





+14 autres articles publiés dont un Special issue (+12 articles attendus)



About us ▾

All journals

All articles

Submit your research

Search

Login

Frontiers in Microbiology

Sections ▾

Articles

Research Topics

Editorial Board

About journal ▾

Home > Frontiers in Microbiology > Aquatic Microbiology > Research Topics > Hydrothermal and submarine v...

Hydrothermal and submarine volcanic activity: Impacts on ocean chemistry and plankton dynamics

Topic Editors



Sophie Bonnet

Institut de Recherche Pour le Développement (IRD)
Marseille, France



Ilana Berman-Frank

Leon H. Charney School of Marine Sciences, Universit...
Mount Carmel, Israel



Douglas G Capone

University of Southern California
Los Angeles, United States



Cecile Guieu

UMR7093 Laboratoire d'océanographie de...
Villefranche-sur-Mer, France



Joseph A Resing

Cooperative Institute for Climate, Ocean and...
Seattle, United States



Jessica Nicole Fitzsimmons

Texas A and M University
College Station, United States

229

Total Downloads

3,749

Total Views and Downloads

Participate in this topic →

Submit →



Partenariats écoles Projet éducatif 'Adopt a Float'



CM2 du Mont-Dore
Nouvelle-Calédonie



CM1 Ecole la Rizière, Mont-Dore
Nouvelle-Calédonie



Cécile Guieu @cecile_guieu · 28 oct. 2019

Today we visited the students of 5th grade of Ecole La Riziere in New Caledonia. It was amazing to talk to these super motivated kids with their teacher, so enthusiastic about the Pacific Ocean that surrounds their Island. They will @AdoptaFloat of the @tongaproject!



Lycée Louis Massignon Abu-Dhabi



TONGA Project @tongaproject · 23 mai

In the context of the @tongaproject and @AdoptaFloat program, children from the Abu Dhabi French School "Lycée Louis Massignon" learned with @cecile_guieu from #LOV @imev_mer about salinity, #plankton, #oceanhealth and how the #climate will shape the #ocean



1 9 31

9 15

Documentaire 26' (IRD-CNRS images) Hubert Bataille, IRD

Version française et anglaise

<https://www.youtube.com/watch?v=UeABf-cVR-k>

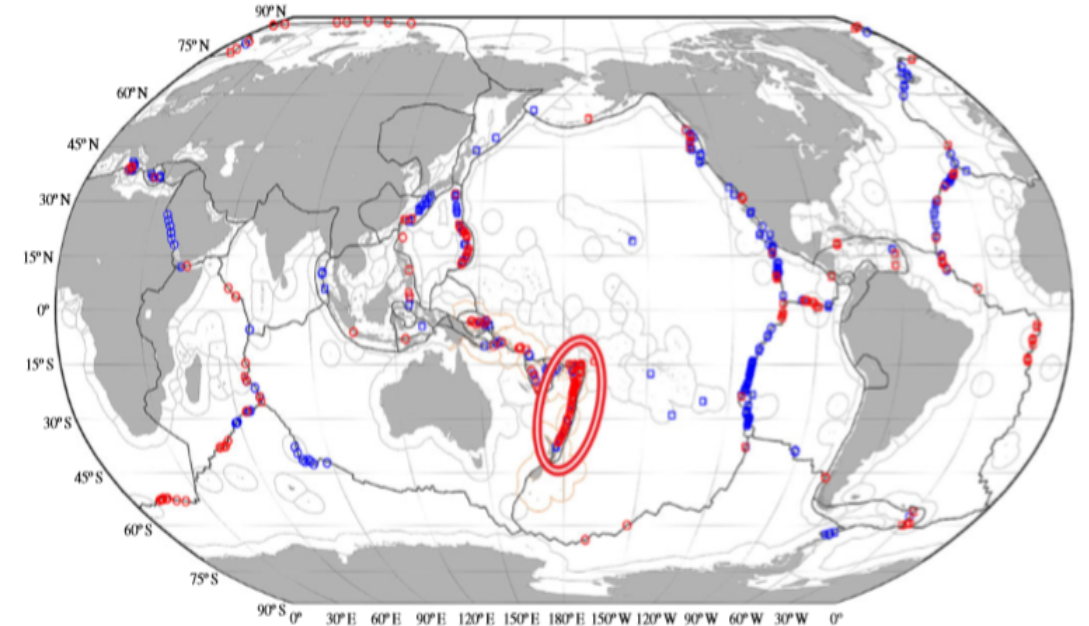


The image shows the Twitter profile page for the "TONGA Project". The profile picture is a circular logo with the word "TONGA" in the center, surrounded by traditional Polynesian patterns. The header shows the name "TONGA Project" and "130 Tweets". Below the profile picture, there are icons for more options, direct message, notifications, and a blue "Abonné" button. The bio text reads: "This oceanographic project focuses on the impact of hydrothermal sources on the planktonic ecosystems and the biological carbon pump @CNRS @ird_fr". Below the bio, there is a location tag "Villefranche-sur-Mer, France" and a website link "tonga-project.org". It also states "A rejoint Twitter en février 2019". At the bottom, it shows "97 abonnements" and "269 abonnés".



2 conclusions majeures du projet TONGA

- Mise en évidence d'un nouveau processus de fertilisation en fer dans l'océan: quelles conséquences ailleurs?
- Mise en évidence d'une séquestration accrue de carbone en zone 'oligotrophe' via les diazotrophes → pompe biologique alternative



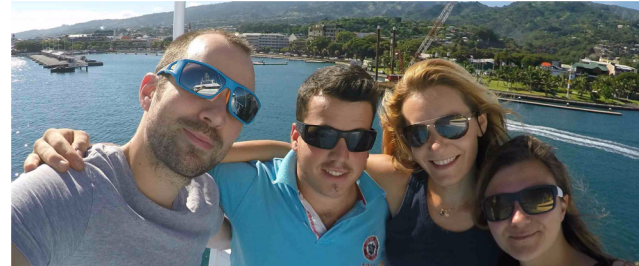
Financements:



Merci de VOTRE ATTENTION...



TONGA team



DIAZO team - M.I.O