

# A DUst experimental in a low Nutrient, low chlorophyll Ecosystem - Projet DUNE

Karine Desboeufs (LISA)

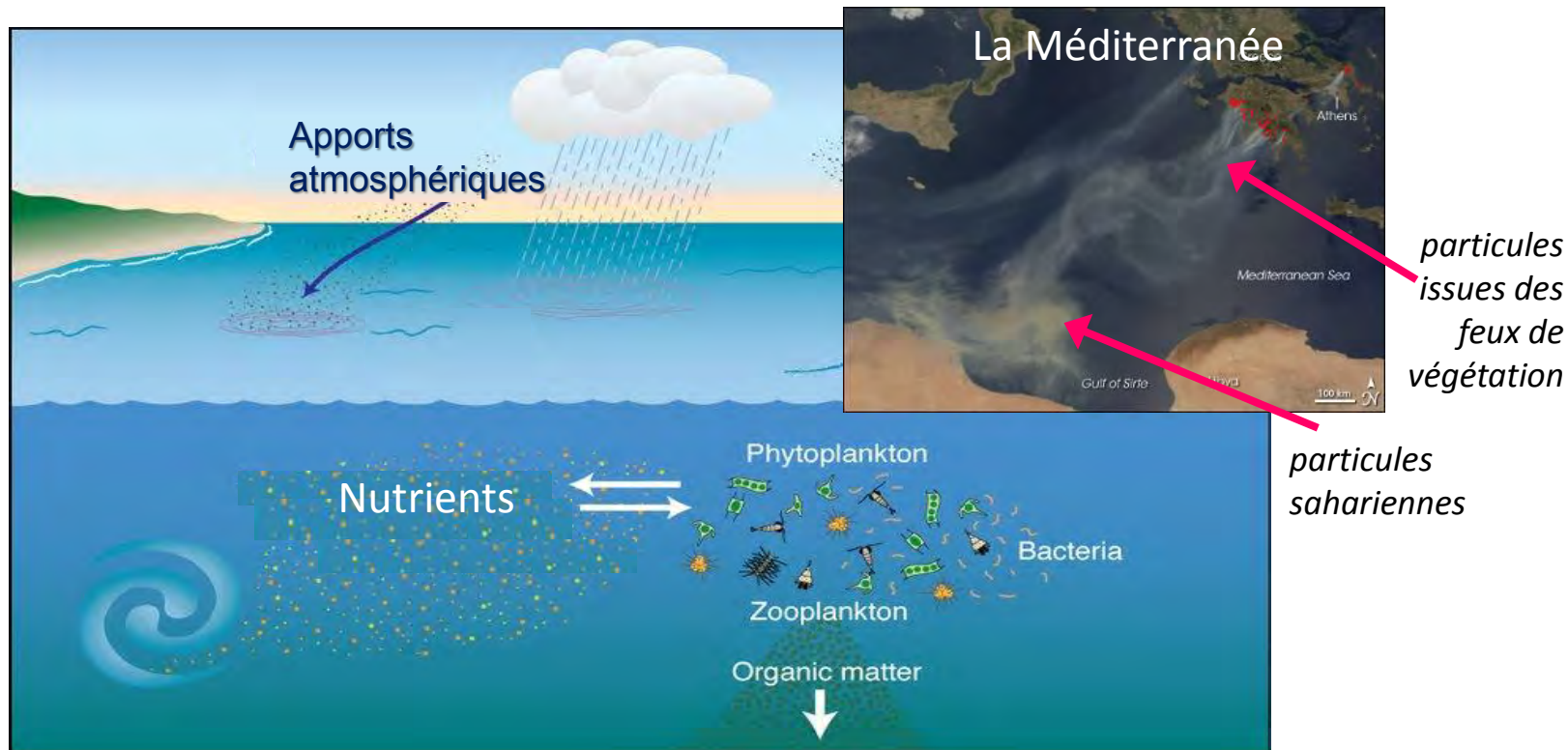
Coord. Cécile Guieu (LOV)

- ✓ **Projet de recherche fondamentale, multidisciplinaire, scientifiques de l'atmosphère et de l'océan**
- **LOV (Laboratoire d'Océanographie de Villefranche sur Mer)**
- **LISA (Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques)**
- **LEMAR (Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin)**
- **LOCEAN (Laboratoire d'océanographie et du climat: expérimentations et approches numériques)**
- **en collaboration avec 8 autres laboratoires, dont 4 à l'étranger, et le Parc Régional Naturel de Corse, Réserve de Scandola.**

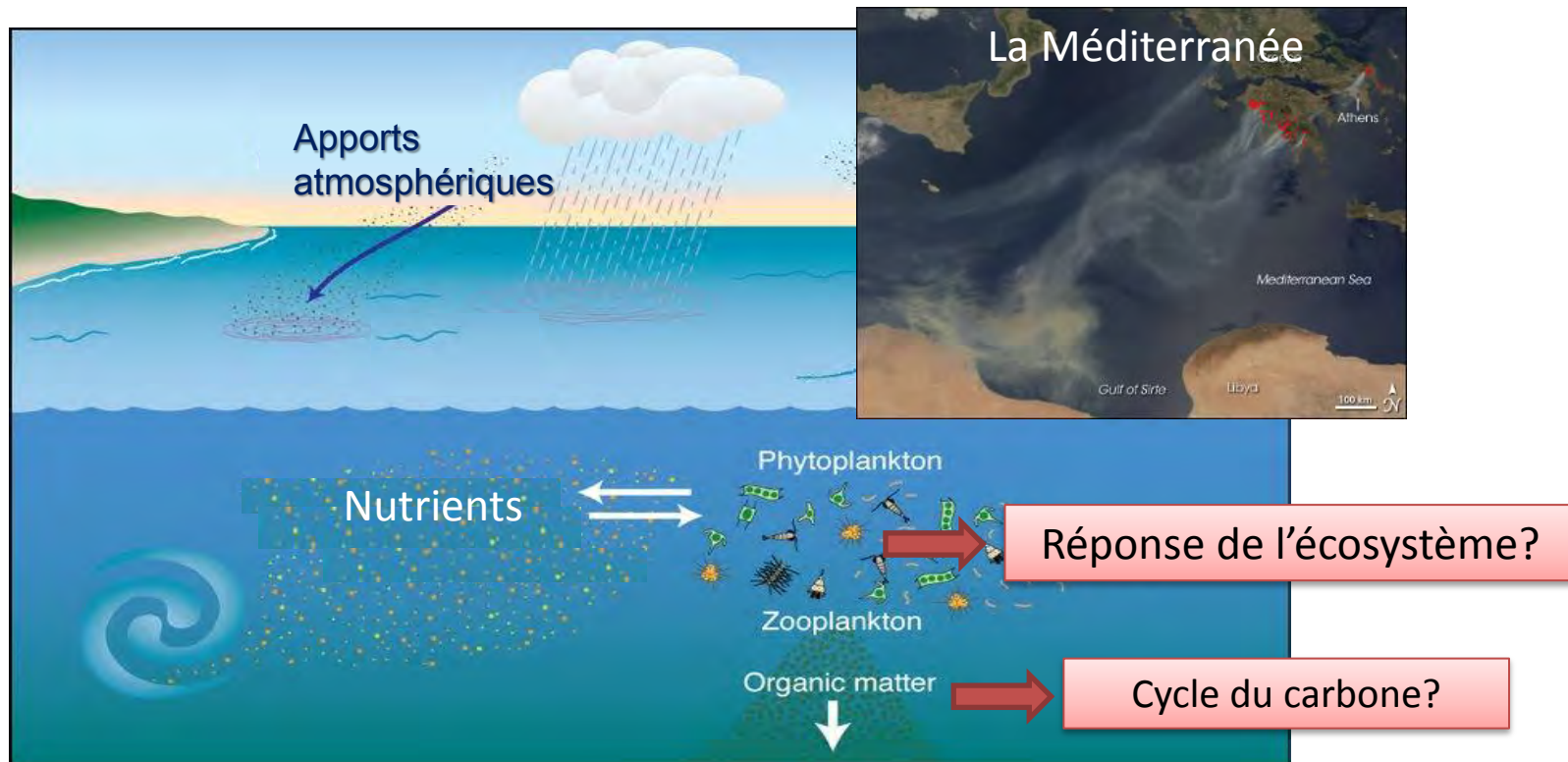
AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**



# Objectifs du projet DUNE (a DUst experiment in a low Nutrient, low chlorophyll Ecosystem)



# Objectifs du projet DUNE (a DUst experiment in a low Nutrient, low chlorophyll Ecosystem)

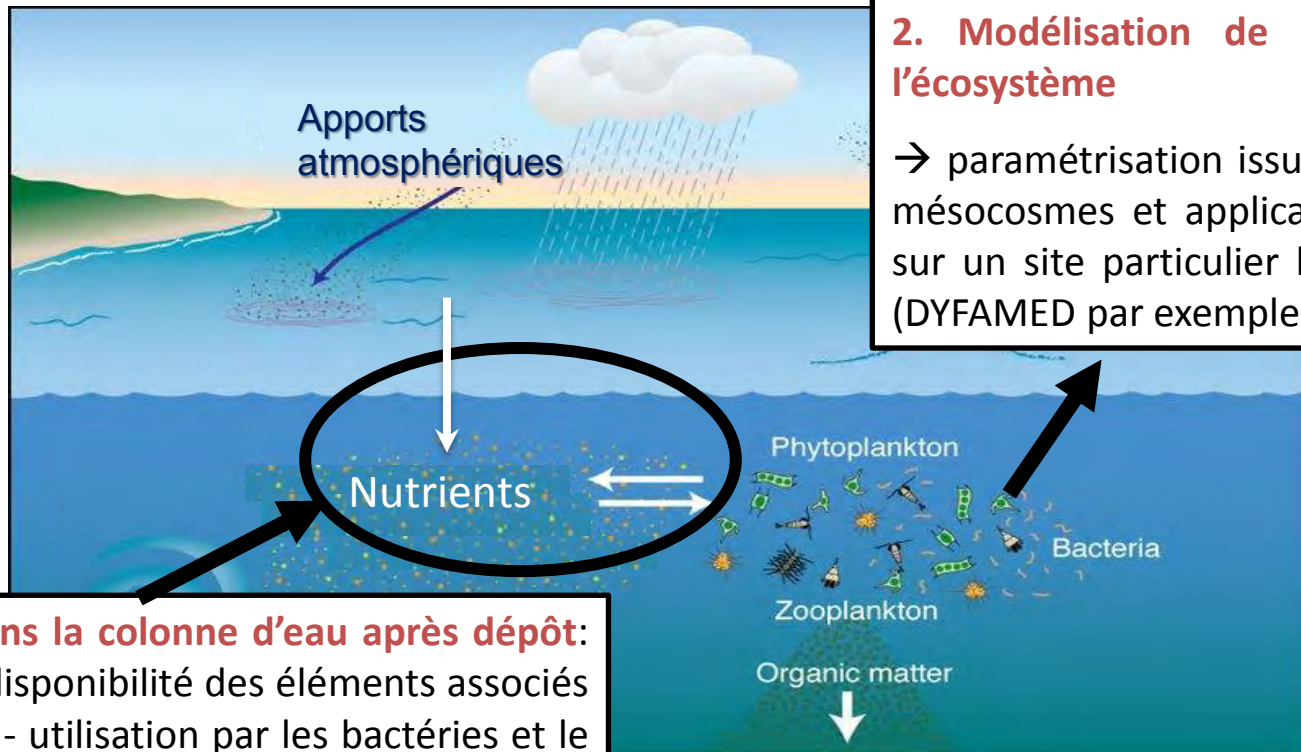


→ L'objectif principal de DUNE est d'estimer l'impact des apports atmosphériques sur un écosystème oligotrophe: la Méditerranée et d'en quantifier l'impact en terme d'exportation de carbone

# Stratégie de DUNE

→ Approche intégrée du lien entre dépôt atmosphérique (poussières désertiques) et la colonne d'eau

→ Stratégie couplant une approche expérimentale originale (**ensemencements artificiels en larges mésocosmes propres**) et la modélisation 1D



## 2. Modélisation de la réponse de l'écosystème

→ paramétrisation issue des études en mésocosmes et application du modèle sur un site particulier bien documenté (DYFAMED par exemple)

**1. Processus dans la colonne d'eau après dépôt:** dissolution/biodisponibilité des éléments associés à ces particules - utilisation par les bactéries et le phytoplancton (dont les diazotrophes)

# Produire des particules désertiques « réalistes » nécessaires aux ensemencements

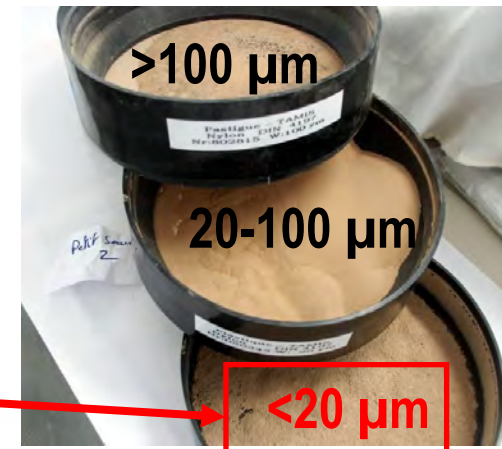
## 1. Echantillonnage de sol en zone source : Grand erg Tunisien



*~150 kg de sol collectés (tout plastique)*



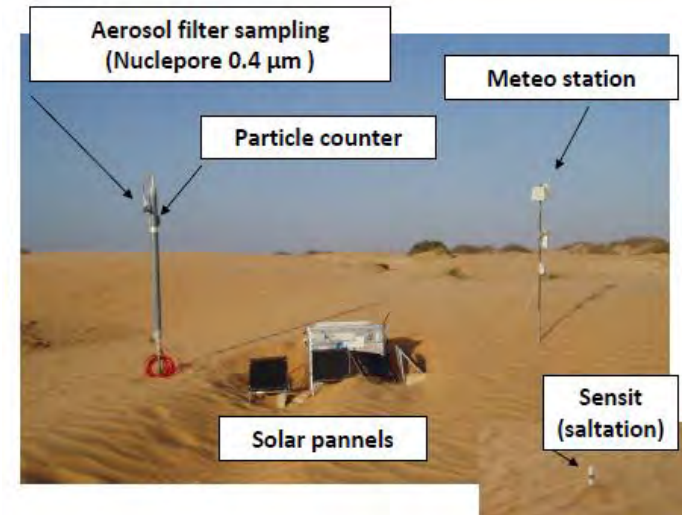
## 2. Extraction de la fraction fine du sol (IRA, Tunisie): *étuvage, broyage et tamisage nylon; Récupération de la fraction fine (~500 g)*



# Produire des particules désertiques « réalistes » nécessaires aux ensemençements

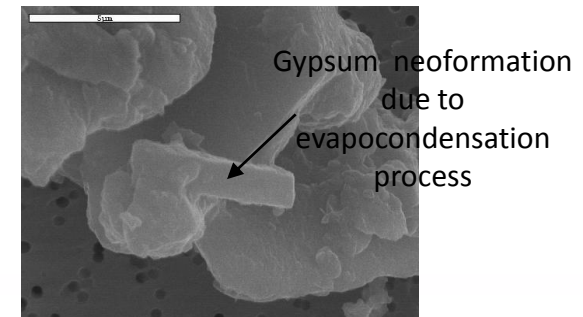
## 3. Comparaison avec aérosols locaux :

*Très bonne concordance en terme de composition minéralogique et chimique et de distribution granulométrique*



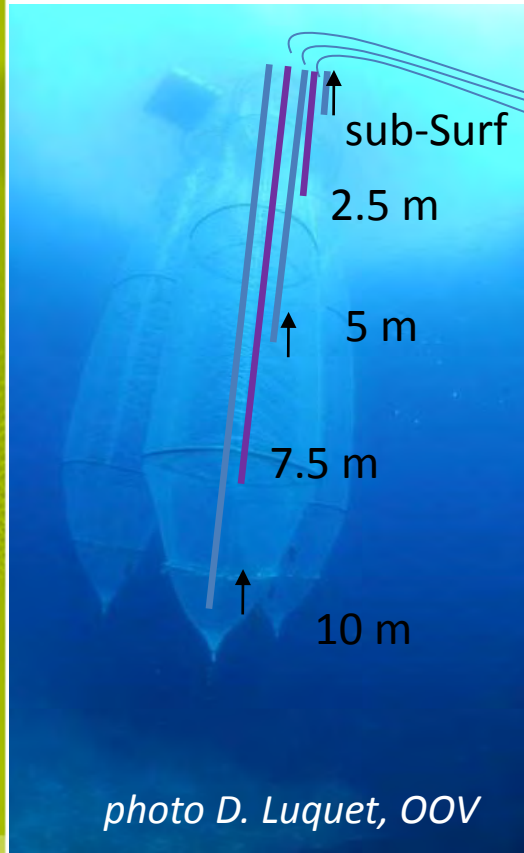
## 4. Reproduction du vieillissement atmosphérique: Recouvrement par du sulfate et du nitrate régulièrement observé en Méditerranée

*Simulation en laboratoire de cycle d'évapocondensation nuageuse*



# Conception des 'larges mésocosmes propres'

Volume= 52 000 litres  
Tout en matières  
plastiques



Simulation d'un événement  
saharien réaliste



# Méthodologies publiées

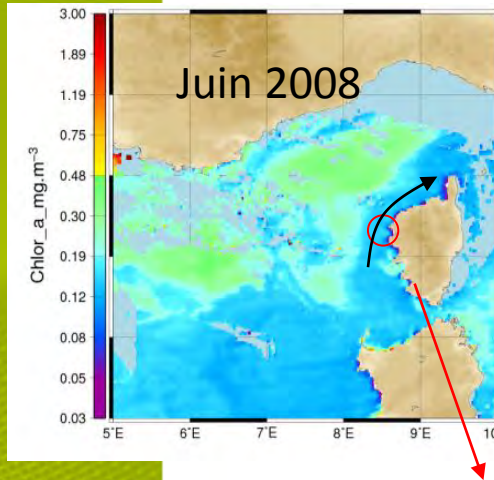
## **Large clean mesocosms and simulated dust deposition: a new methodology to investigate responses of marine oligotrophic ecosystems to atmospheric inputs**

C. Guieu<sup>1,2</sup>, F. Dulac<sup>3,4</sup>, K. Desboeufs<sup>4</sup>, T. Wagener<sup>1,\*</sup>, E. Pulido-Villena<sup>1,2</sup>, J.-M. Grisoni<sup>5</sup>, F. Louis<sup>1,2</sup>, C. Ridame<sup>6</sup>, S. Blain<sup>7,8</sup>, C. Brunet<sup>9</sup>, E. Bon Nguyen<sup>4</sup>, S. Tran<sup>4</sup>, M. Labiadh<sup>10</sup>, and J.-M. Dominici<sup>11</sup>

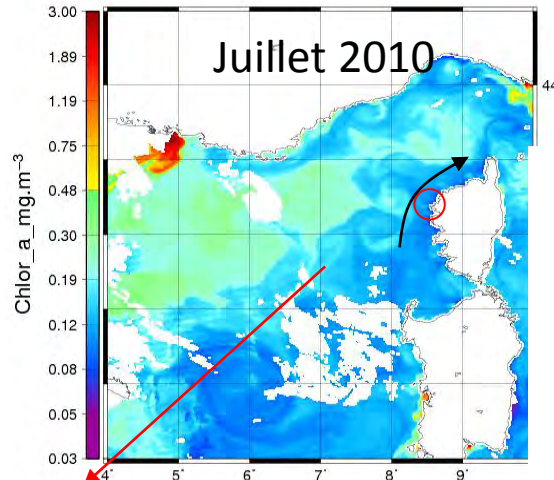
Biogeosciences, 7, 2765–2784, 2010

*Mésocosmes 'DUNE' utilisés dans le cadre d'autres projets: MedSea (FP7), VAHINE (LEFE)*

# Le choix du site: pauvre en biomasse, proche, non anthropisé → Réserve Naturelle de Scandola



**SCANDOLA**



*des forts courants longent la côte vers le nord...*

*...la frange littorale de Corse, dont la Scandola, est plus pauvre en biomasse que le centre de la mer Ligurienne.*

- 3 campagnes avec des évolutions techniques:
  - DUNE 0 (phase pilote, 2 mésocosmes)
  - DUNE1 en 2008 (6 mésocosmes)
  - DUNE2 en 2010 (7 mésocosmes)

# L'installation (2010) après 10 jours de travail

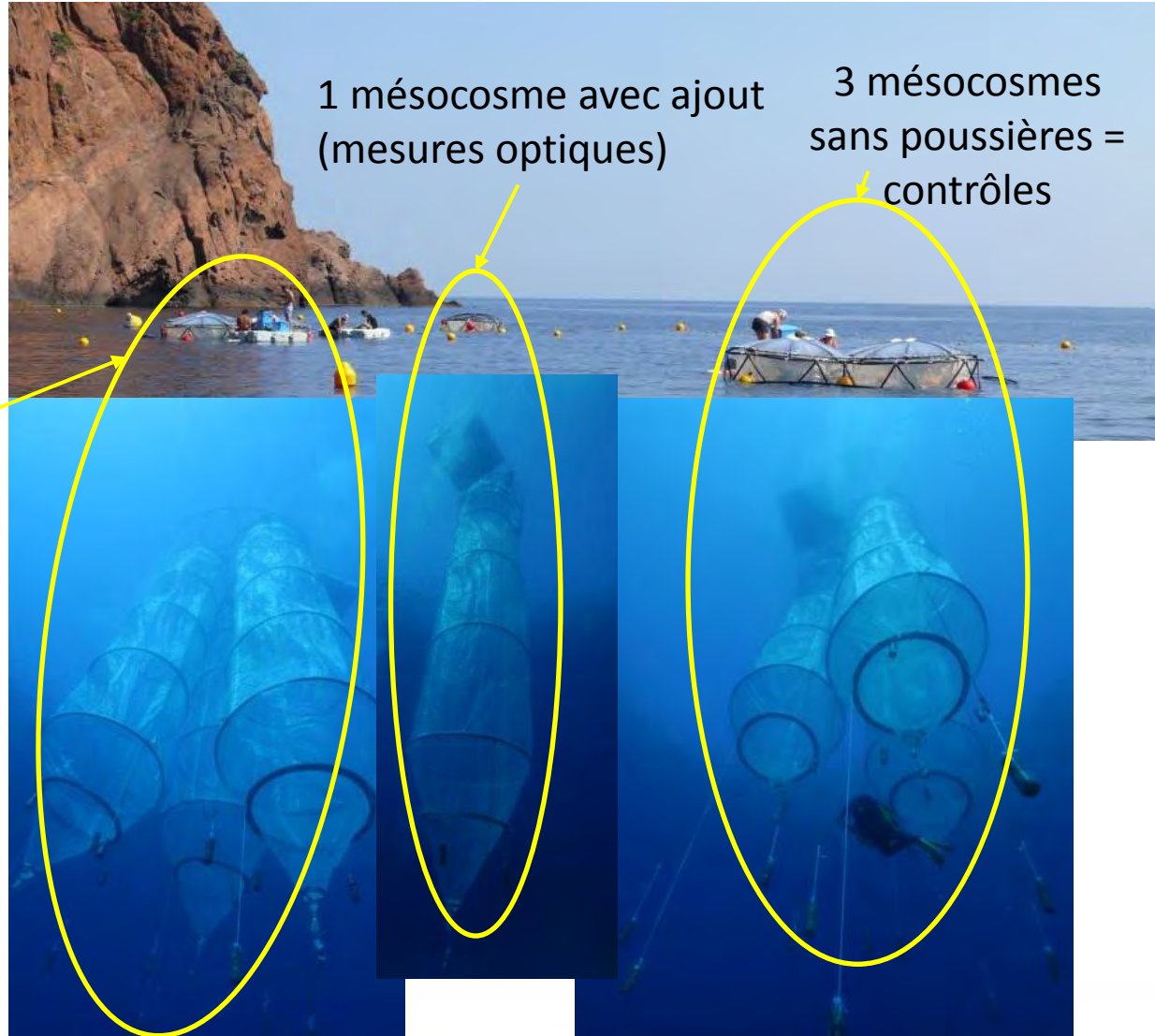
**L'installation vue  
de dessus**

1 mésocosme avec ajout  
(mesures optiques)

3 mésocosmes  
sans poussières =  
contrôles

3 mésocosmes avec  
ajout de poussières  
(mesures  
biogéochimiques)

**L'installation vue  
par les plongeurs**

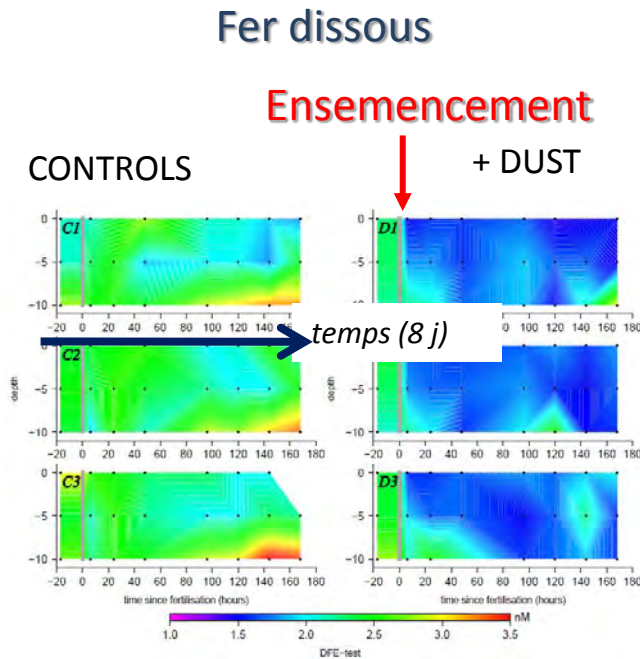


# QUE MESURONS NOUS? QU'OBSERVONS NOUS?

L'effet des apports atmosphériques sur:

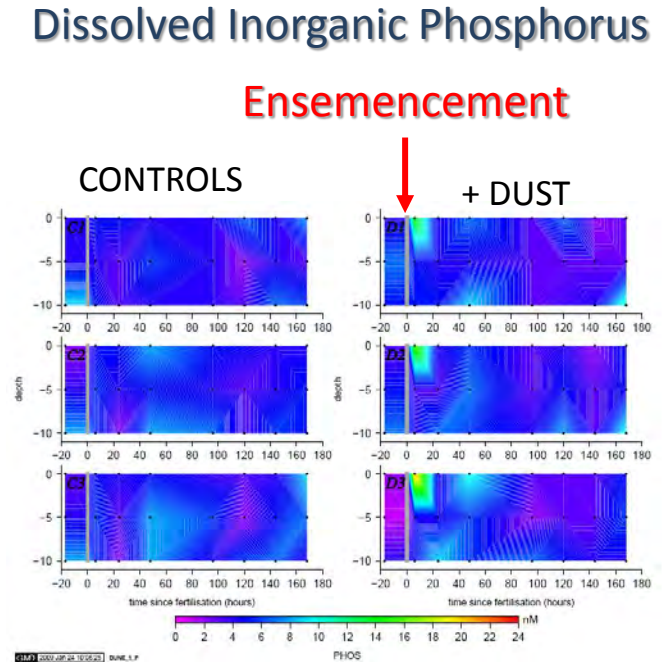
- **Cycle des éléments: C, P, N, Si, Fe, Mn, Co, Al**
- **Etude de la réponse des virus, bactéries, phytoplancton, zooplancton: abondance, diversité**
- **Etude des autres facteurs forçant comme la lumière**
- **Etude de l'exportation de la matière organique/minérale vers le fond (analyses chimiques et optiques)**

# Quelques résultats. Impact sur le cycle d'éléments chimiques. Ex: Fer et phosphore



Pas de dissolution observée mais un transfert significatif du fer dissous dans l'eau VERS les particules introduites → Diminution de 1nM du fer ambiant et son export vers le fond par le biais des particules

*Wagner et al., 2010*



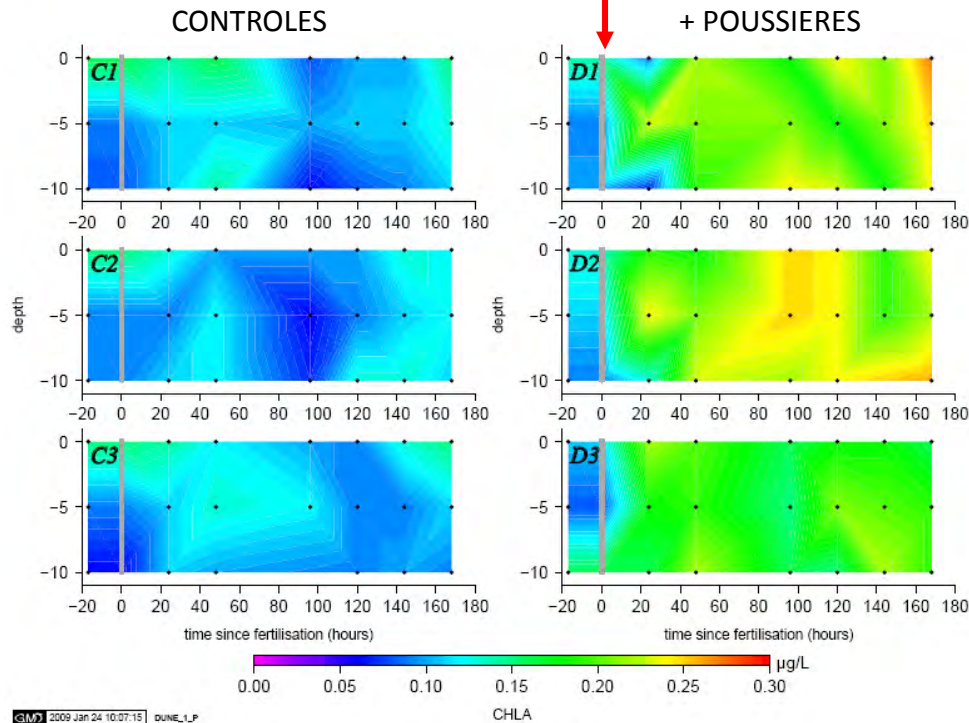
Un apport saharien entraîne un accroissement temporaire des concentrations en phosphate, suggérant une assimilation biologique rapide

*Pulido-Villena et al., 2010*

# Suivi en temps réel de la réponse biologique à l'apport atmosphérique: le PHYTOPLANCTON

## CHLOROPHYLLE

Ensemencement



Essentiellement du petit phytoplancton (1.5 µm)

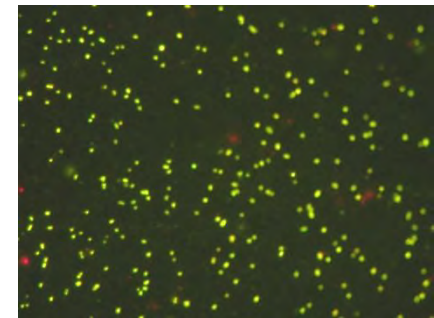
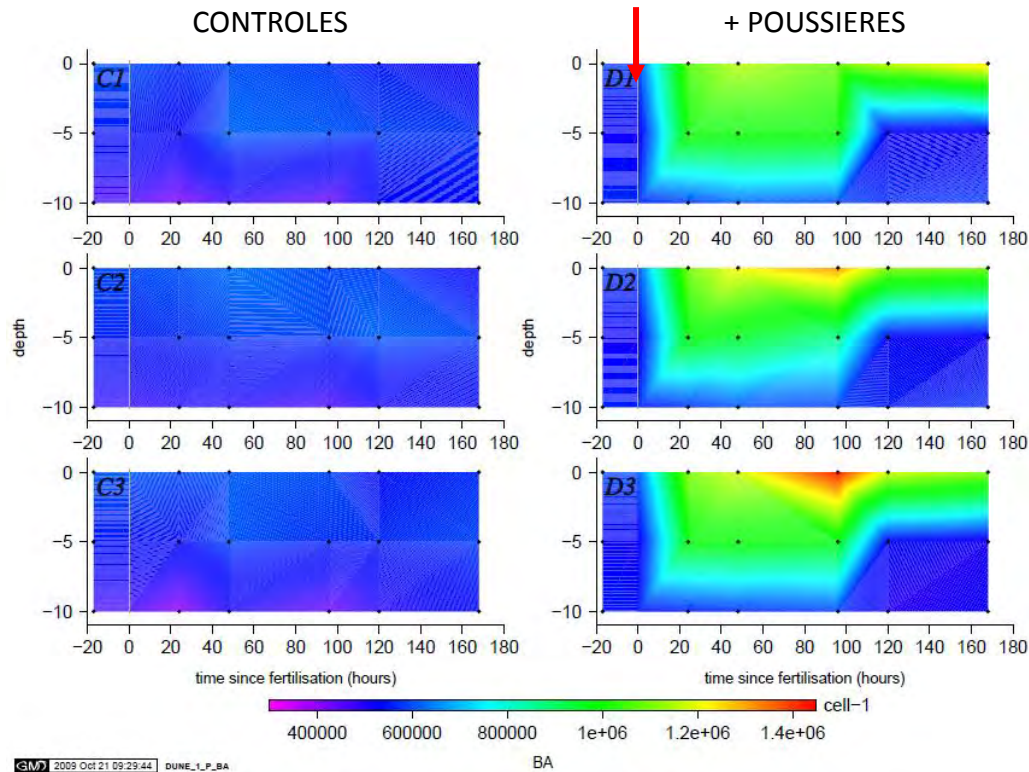


photo: I. Biegala

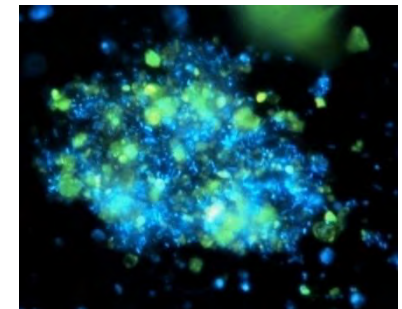
L'apport de poussières a stimulé significativement les organismes photosynthétiques: augmentation de la chlorophylle x 2.5

# Suivi en temps réel de la réponse biologique à l'apport atmosphérique: les BACTERIES

## Abondance des bactéries Ensemencement

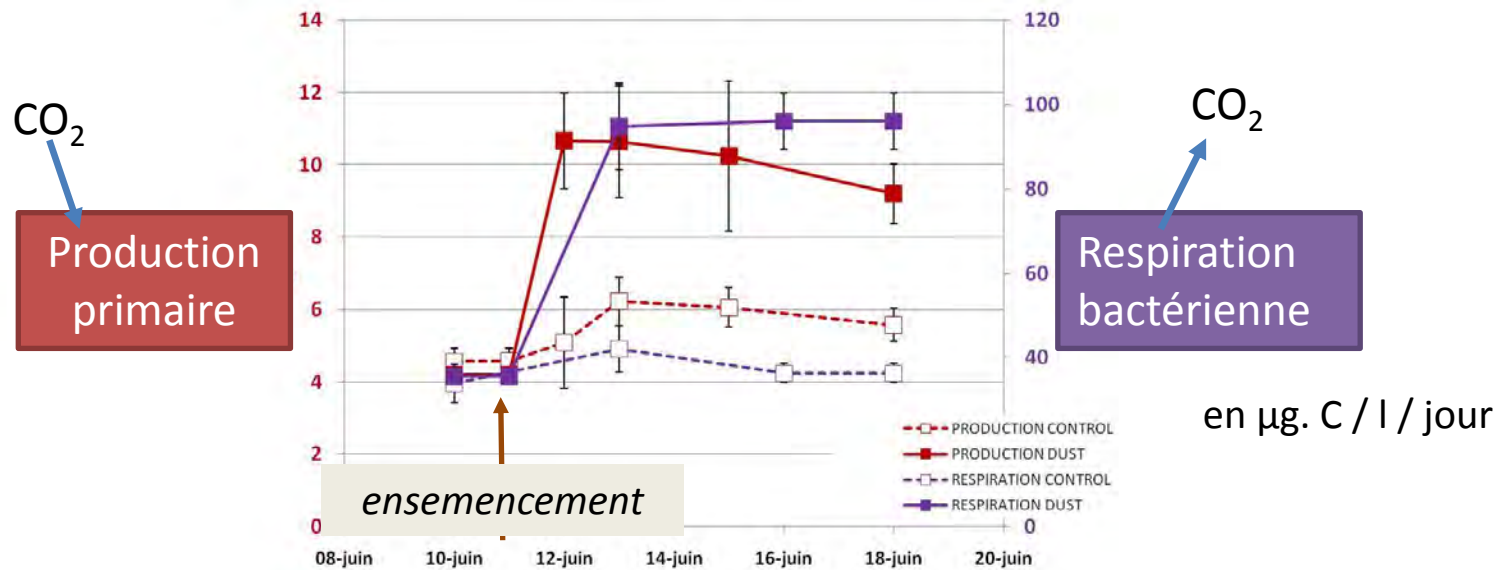


Essai de bactéries se développant à proximité des particules sahariennes



Un accroissement rapide et important ( 3 x) de l'abondance des bactéries, surtout en surface

# Compétition entre le phytoplancton et les bactéries pour la ressource nutritive apportée



Après l'ensemencement:

- augmentation de la fixation de carbone par le phytoplancton (photosynthèse) ET de la respiration bactérienne
- Les bactéries produisent 10 X plus de  $\text{CO}_2$  que le phytoplancton ne fixe de carbone  
→ **le système est en faveur des bactéries**

OR on mesure une forte exportation de carbone

→ quel autre mécanisme peut expliquer ce paradoxe?

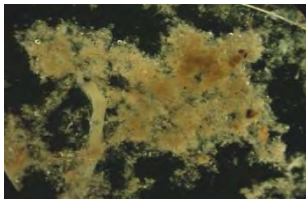
# HYPOTHESE: La présence des particules atmosphériques favorise l'agrégation et l'export de matériel carboné, celui qui était présent avant l'apport et celui qui est produit par 'fertilisation'



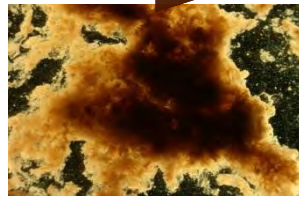
*Dans les trappes à sédiment des mésocomes...*



*... on observe une augmentation de la matière agrégée et de la matière organique*

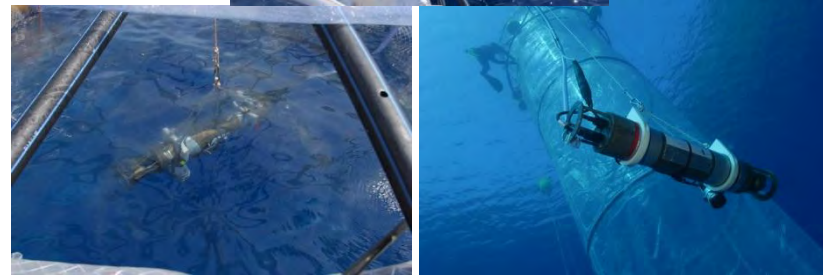


« **Controles** »



“+ Dust”

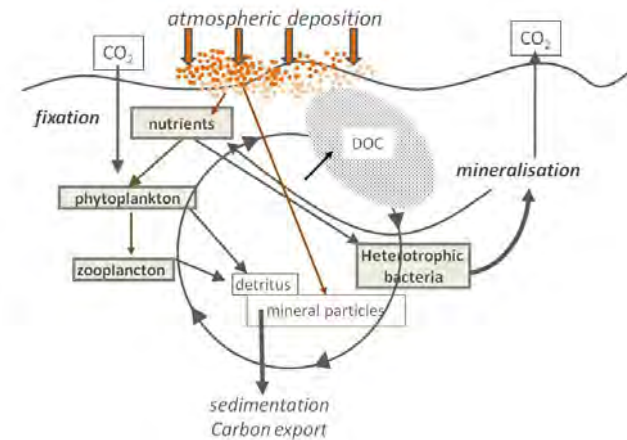
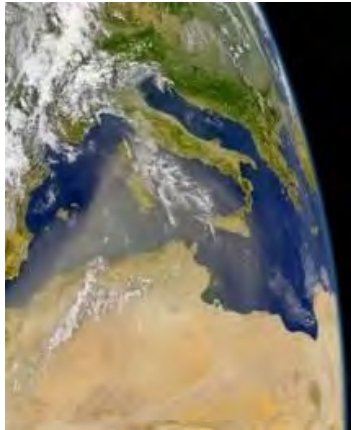
*Hypothèse confirmée par l'expérience de 2010: couplage d'analyses chimiques et de mesures optiques la matière organique est exporté par **effet ballast** via les particules atmosphériques*



*(mesures des propriétés optiques des particules dans la colonne d'eau: taille, volume et nombre, organique vs minéral)*

*Thèse M. Bressac et Bressac et al., 2012*

# Conclusions



- Les apports atmosphériques ne peuvent pas être considérés seulement comme ‘fertilisant’ pour l’océan, peu connu jusqu’à présent: le rôle de ces particules sur les processus d’agrégation et effet ballast sur l’export de carbone vers le fond de l’océan
- rôle très important que jouent les bactéries, notamment pour les océans ‘pauvres’ comme la Méditerranée (idem 60 % de l’océan)
- approches en mésocosmes très prometteuse pour paramétrer les processus clefs mis en jeu → modélisation
- DUNE a été labellisé par le programme international SOLAS en février 2009
- 6 articles de rang A publiés à ce jour. Une ‘special issue’ en préparation

# Perspectives dans un contexte en évolution

## Changement des régimes de dépôt:

- *Augmentation des émissions/dépôts désertiques? accroissement de la fréquence de événements extrêmes?*
- *Accroissement des émissions anthropiques, apports d'azote vers l'océan plus élevés*

## Changements des contraintes du milieu:

- *Accroissement des températures → changement dans la stratification de l'océan → vers un rôle accru des éléments nutritifs d'origine atmosphérique?*
- *Diminution du pH de l'océan → changements dans les processus d'agrégation? dans la biodisponibilité des éléments nutritifs atmosphériques?*

→ Continuer à acquérir des données expérimentales avec une exigence de représentativité toujours accrue mais en fort lien avec les **modélisateurs** pour pouvoir ensemble **décrire et prédire l'évolution des écosystèmes en fonction des différents scénarii qui vont modifier ce forçage atmosphérique**

→ **Plusieurs projets en continuité de DUNE dans le cadre de MISTRALS, actions MERMEX et CHARMEX. Notamment, une campagne 'SOLAS' internationale en Méditerranée** 'PEAcEtIME (ProcEss studies at the Air-sEa Interface: a Mediterranean Experiment)': Mai 2015

# Merci de votre attention



<http://www.obs-vlfr.fr/LOV/DUNE/>

# DUNE en quelques chiffres

- ✓ Novembre 2007 - juillet 2011 (soit 43 mois).
- ✓ Aide ANR de 500 000 € pour un coût global de l'ordre de 1 500 000€ hors personnel permanent.
- ✓ 2 campagnes de terrain en Tunisie (collecte de sols); 3 campagnes en mer en Corse (expérimentations en larges mésocosmes propres, dont une phase pilote financée par LEFE)
- ✓ Non permanents: 3 post-doc (dont 1 a été recruté au CNRS), 3 ingénieurs, 4 thèses (dont 3 à l'étranger), 5 M2, 7 autres stages
- ✓ DUNE a été labellisé par le programme international SOLAS en février 2009
- ✓ 6 articles de rang A publiés à ce jour. Une '*special issue*' en préparation
- ✓ 18 communications dans conférences (dont 14 internationales) à ce jour

# Quelques images des campagnes en Scandola

Arrivée du matériel et installation des laboratoires à la Maison de la Mer à Galéria



Préparation des mésocosmes sur la plage de Galéria...



...puis Transport de tout le matériel sur la plage d'Elbo



# Quelques images des campagnes en Scandola

Montage des structures et mise en place des sacs



Simultanément installation des mouillages dans la baie de l'Inbutu

# Quelques images des campagnes en Scandola

Finalement transport de chaque mésocosme et de sa structure dans la baie de



Accrochage aux mouillages

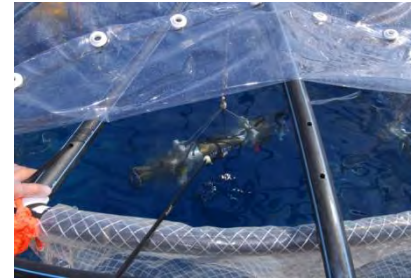


# Quelques images du travail quotidien pendant les expériences



*pompage d'eau*

*prélèvement pièges*



mesures optiques



*Filet zooplancton*

