

**TAKING THE PULSE OF THE NW MEDITERRANEAN SEA**

## La mer Méditerranée

Changements rapides et significatifs en réponse au climat et à l'activité humaine



*Un système exemplaire de couplage continent/océan/atmosphère*

## Objectif général – Initiative CNRS-INSU

Observer l'évolution décennale de la Méditerranée nord-occidentale dans le contexte du changement climatique et de la pression anthropique

### Objectifs dans le détail

Etablir et suivre l'état de l'écosystème marin

De la petite à la grande échelle: local - regional - bassin – saisonnière – annuelle

Prise en compte des interfaces: continent/mer/atmosphère – gradient côte large

Support et complément aux opérations MISTRALS : HYMEX/MERMEX/CHARMEX



***Construire pour une durée supérieure à 10 ans***

# Le réseau MOOSE: les questions

Basées sur les grandes questions du programme MISTRALS  
HYMEX, MERMEX, CHARMEX  
adaptées à une stratégie d'observation à long terme

Impacts des apports fluviaux sur l'écosystème marin: contribution des sources – impact des crues

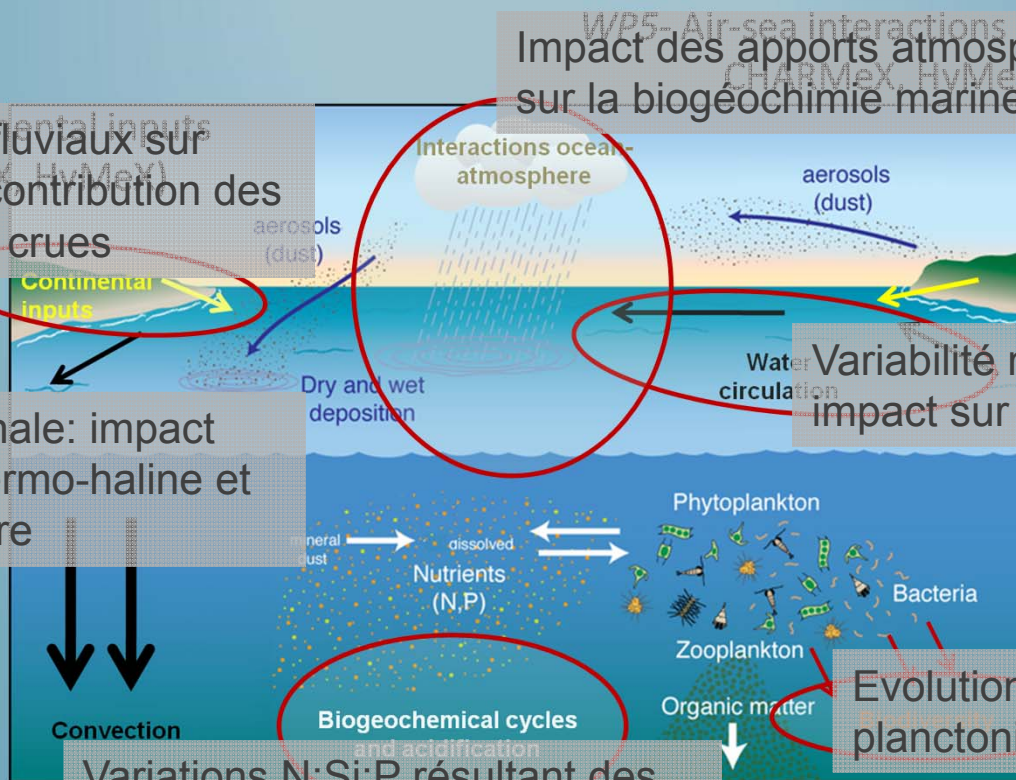
Impact des apports atmosphériques sur la biogéochimie marine

Convection hivernale: impact sur circulation thermo-haline et production primaire

Variabilité méso-échelle du CN: impact sur la circulation côtière North Gyre (HYMEX)

Evolution de la biodiversité planctonique (MERMeX)

Variations N:Si:P résultant des activités anthropiques, O<sub>2</sub> – CO<sub>2</sub> – Export de matière (MERMeX)



- Prendre en compte le continuum continent-zone côtière zone- large –atmosphère
- Faire un focus sur le bassin nord-occidental caractérisé par une grande variété de processus et forçages

Fleuves



Vents



Circulation générale



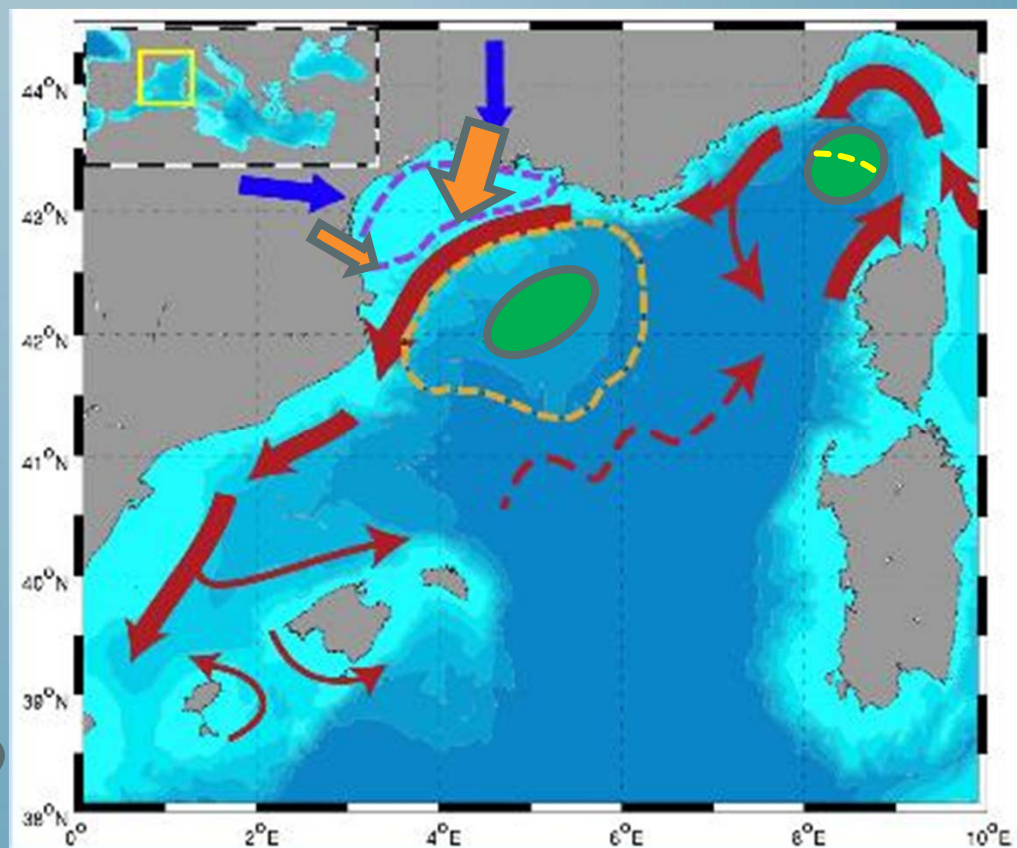
Eau dense de plateau



Convection profonde



Bloom phytoplanctonique



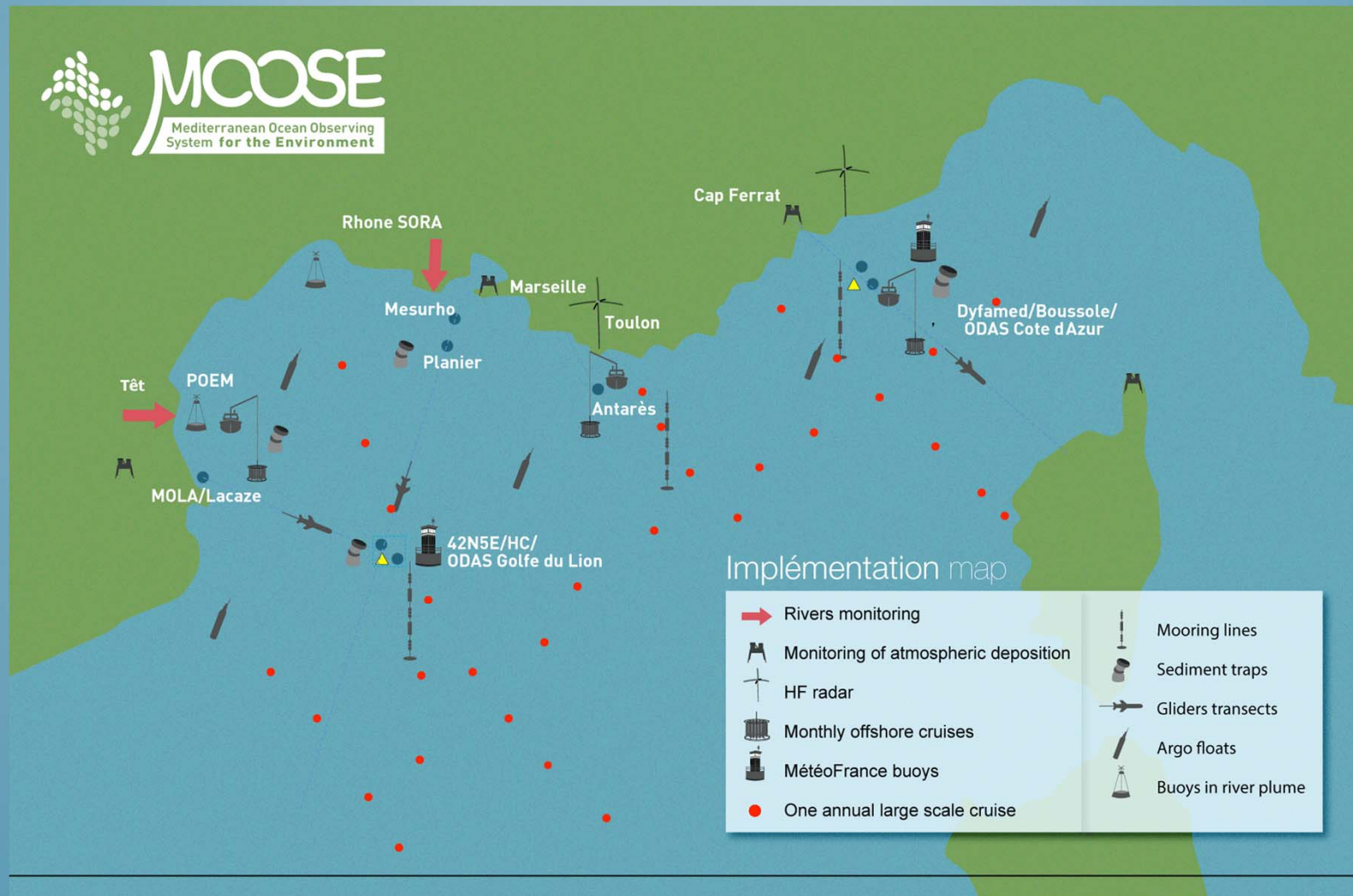
Les données historiques sont précieuses mais imparfaites

Suivre et comprendre l'évolution d'un environnement nécessite un jeu de données précises et stables dans l'espace et le temps.

Utiliser les structures existantes et coordonner leurs actions:  
OSU, les laboratoires et les moyens nationaux

- ✓ Echantillonnage régulier et permanent (paramètres descripteurs)
- ✓ Sites clés représentatifs
- ✓ Logistique adaptée (simple – robuste – soutenable)
- ✓ Intégrer les nouvelles technologies
- ✓ Qualité et accessibilité des données

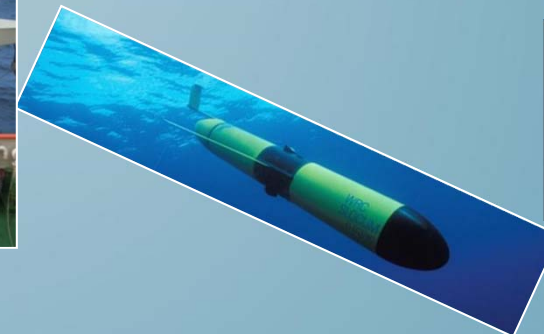
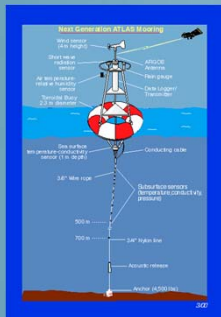
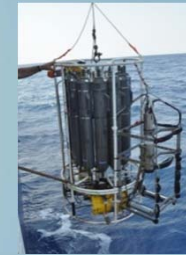
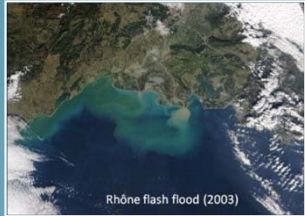
## Le plan d'implémentation 2010 -2015



Le plan d'implémentation 2010 -2015



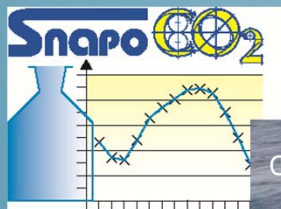




Les services nationaux

Mutualisations

Intercalibration



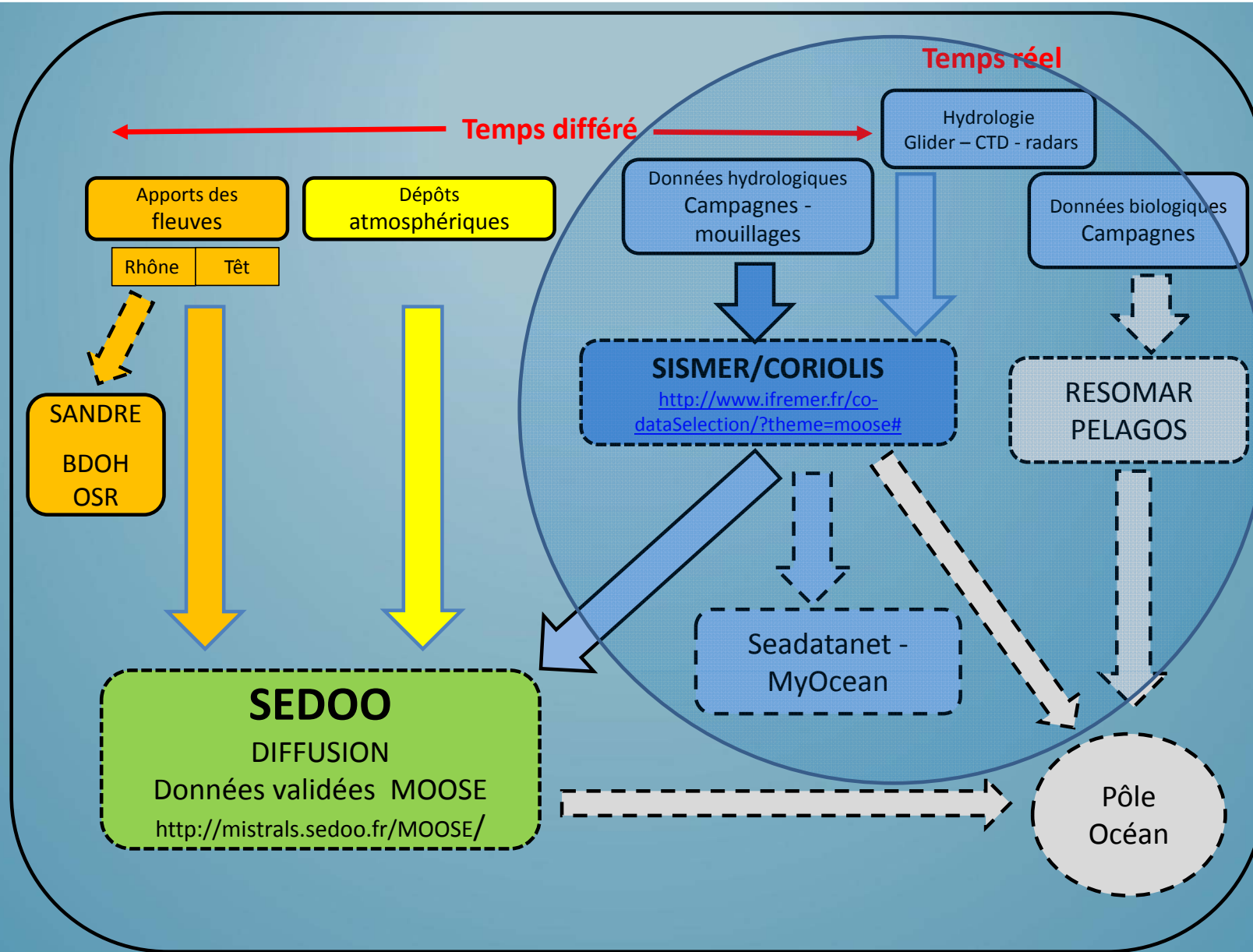
Cellule pièges



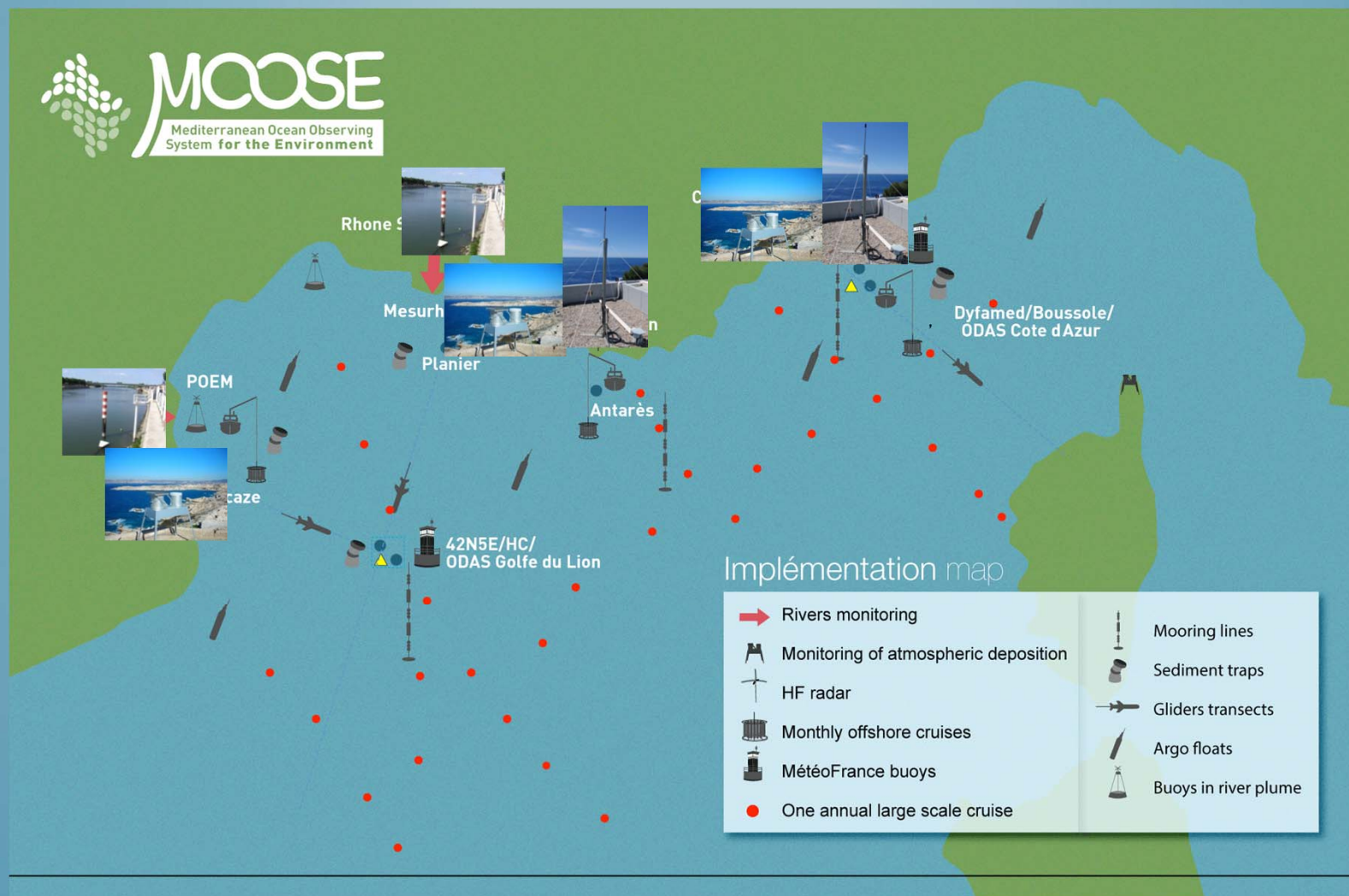
Eléments biogènes  
Métaux  
Fleuves et  
dépôts atmosphériques

Pièges à particules  
Capteurs in situ





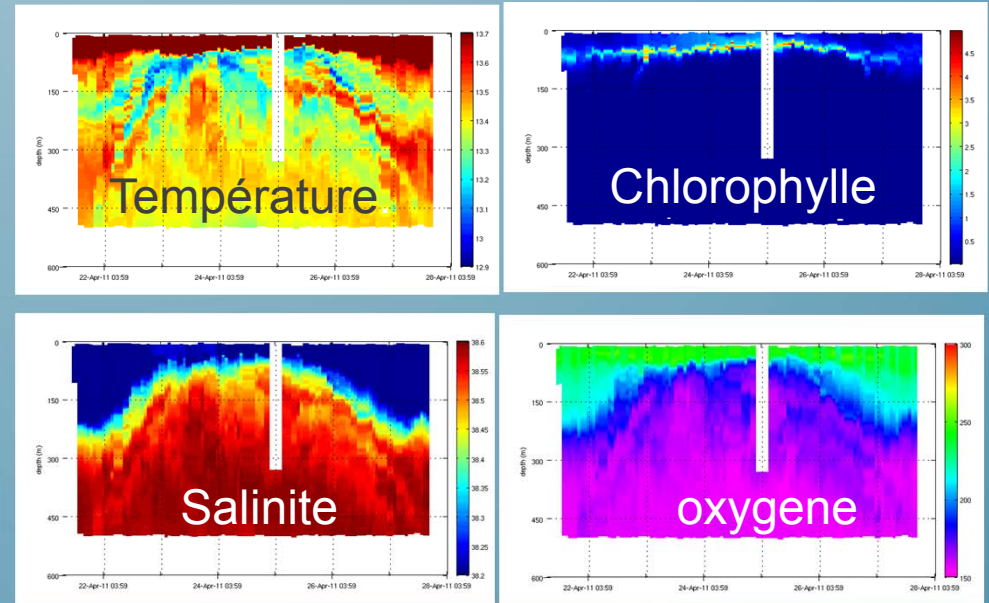
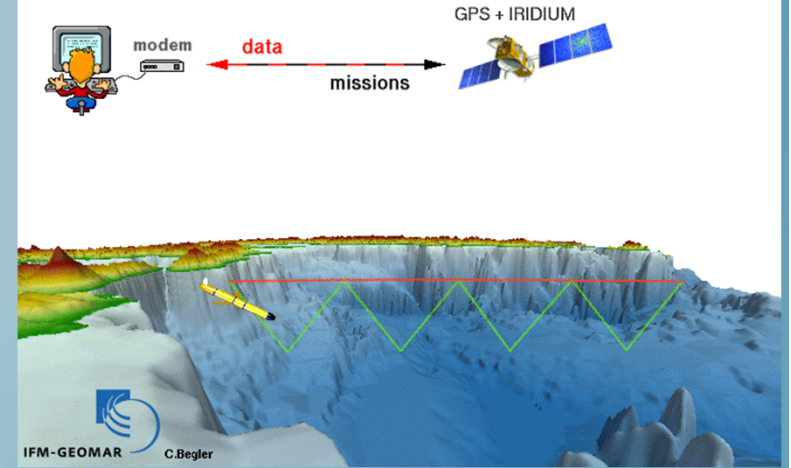
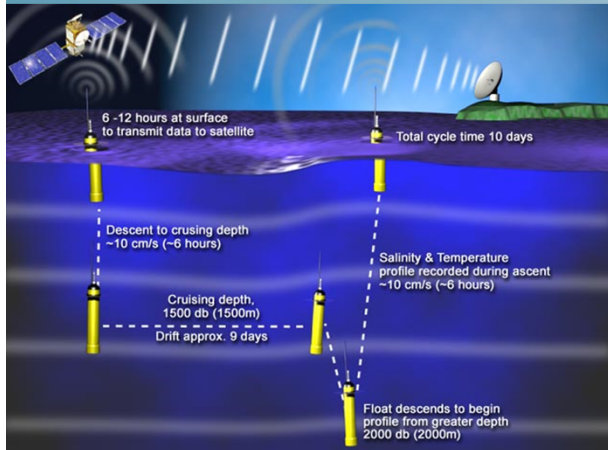
## Le plan d'implémentation 2010 -2015



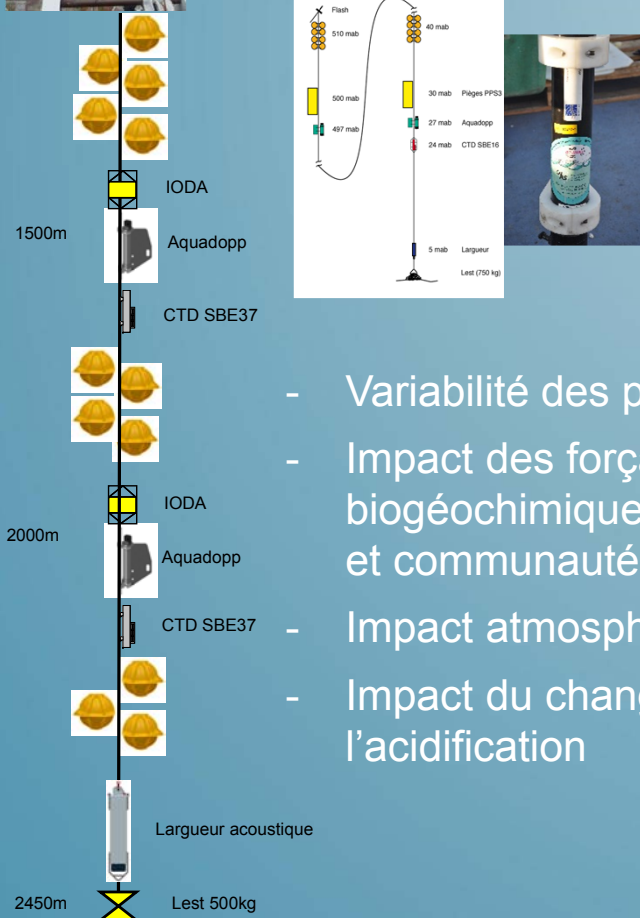
# Nouvelles technologies!

Une nouvelle  
approche  
tridimensionnelle  
haute résolution

Flotteurs – gliders



## Les campagnes à la mer



- Variabilité des propriétés hydrologiques et biogéochimiques des masses d'eau
- Impact des forçages physiques (MLD, ventilation,...) sur les bilans biogéochimiques (O<sub>2</sub>, nutriments, pigments, carbone organique et inorganique) et communauté zooplanctonique
- Impact atmosphérique sur la production de biomasse et l'export de carbone
- Impact du changement climatique et anthropique sur le carbone anthropique et l'acidification

## Sorties mensuelles sur les sites hauturiers



NEREIS II

Site MOLA  
(12 jours)



TETHYS II

Sites ANTARES – DYFAMED/*BOUSSOLE-ODAS*  
(70 jours)

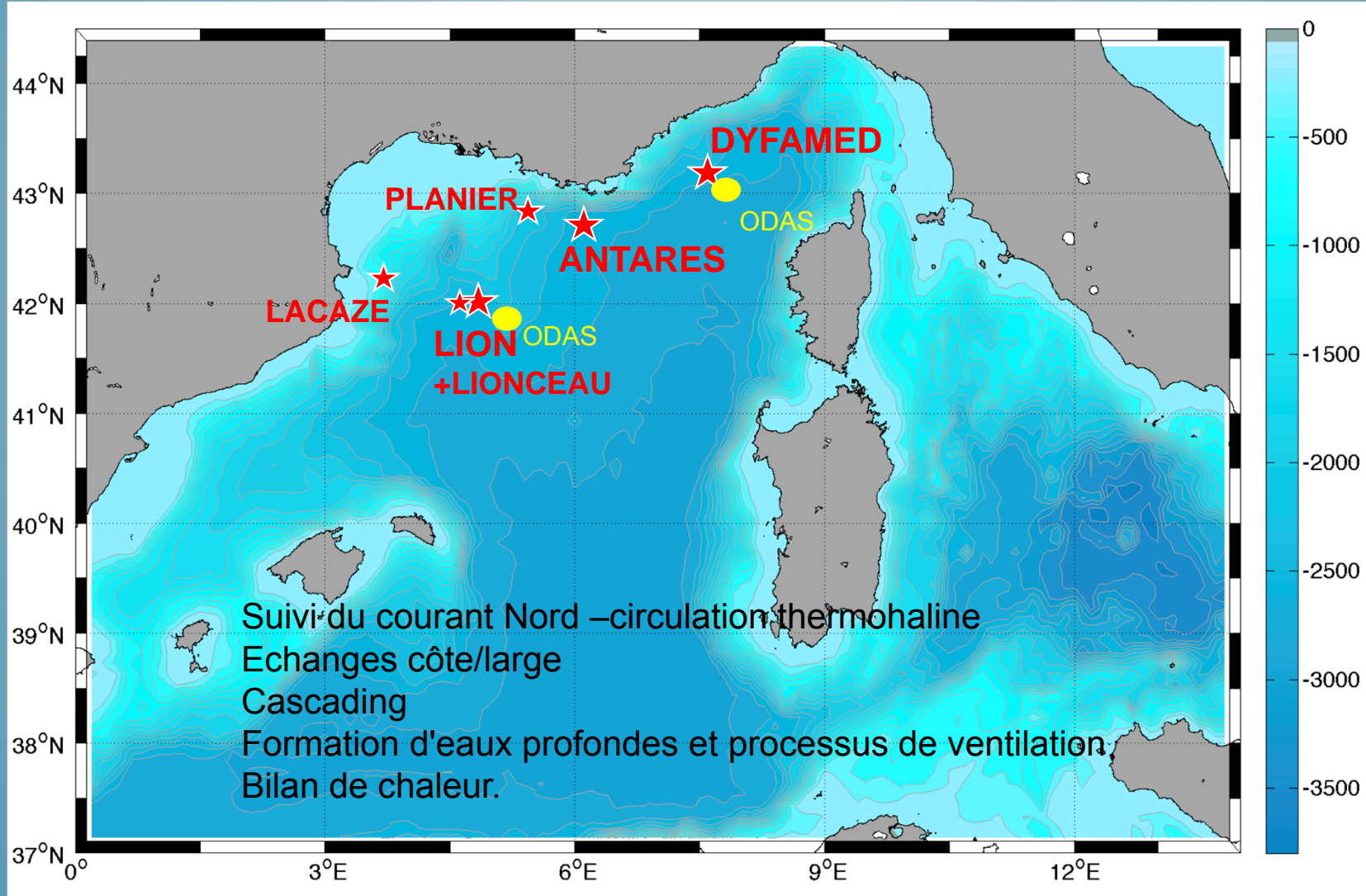


L'Europe

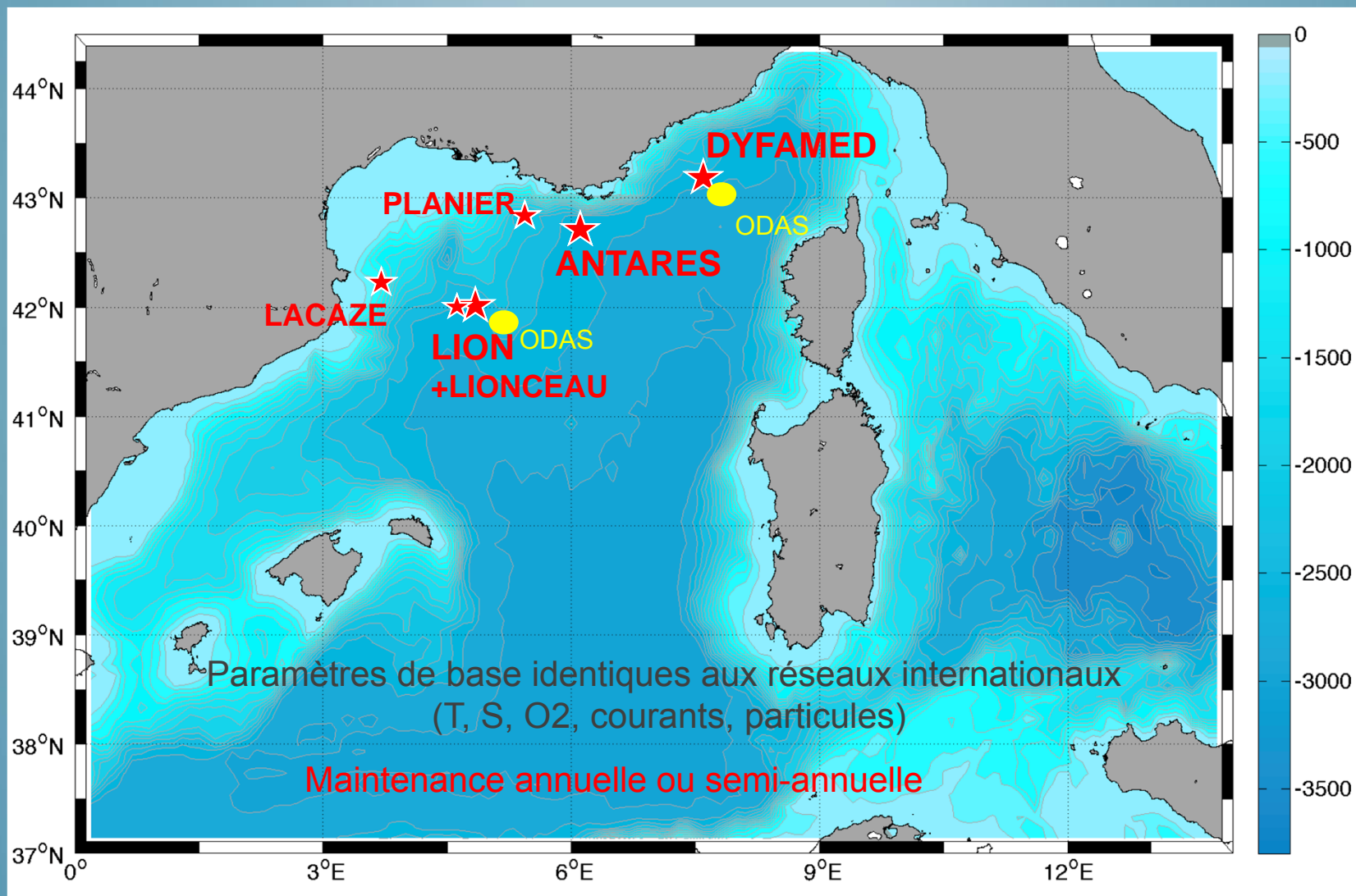
Profil T/S/O<sub>2</sub>/Fluo avec Video profileur (surface-fond): temps « quasi-réel » Coriolis

Prélèvements Niskin (12 profondeurs): oxygène, nutriments, AT-CT, bactérie-virus + filets zooplancton (temps différé)

Entretien bouée (*BOUSSOLE – ODAS*): lâcher de flotteur Bio-Argo

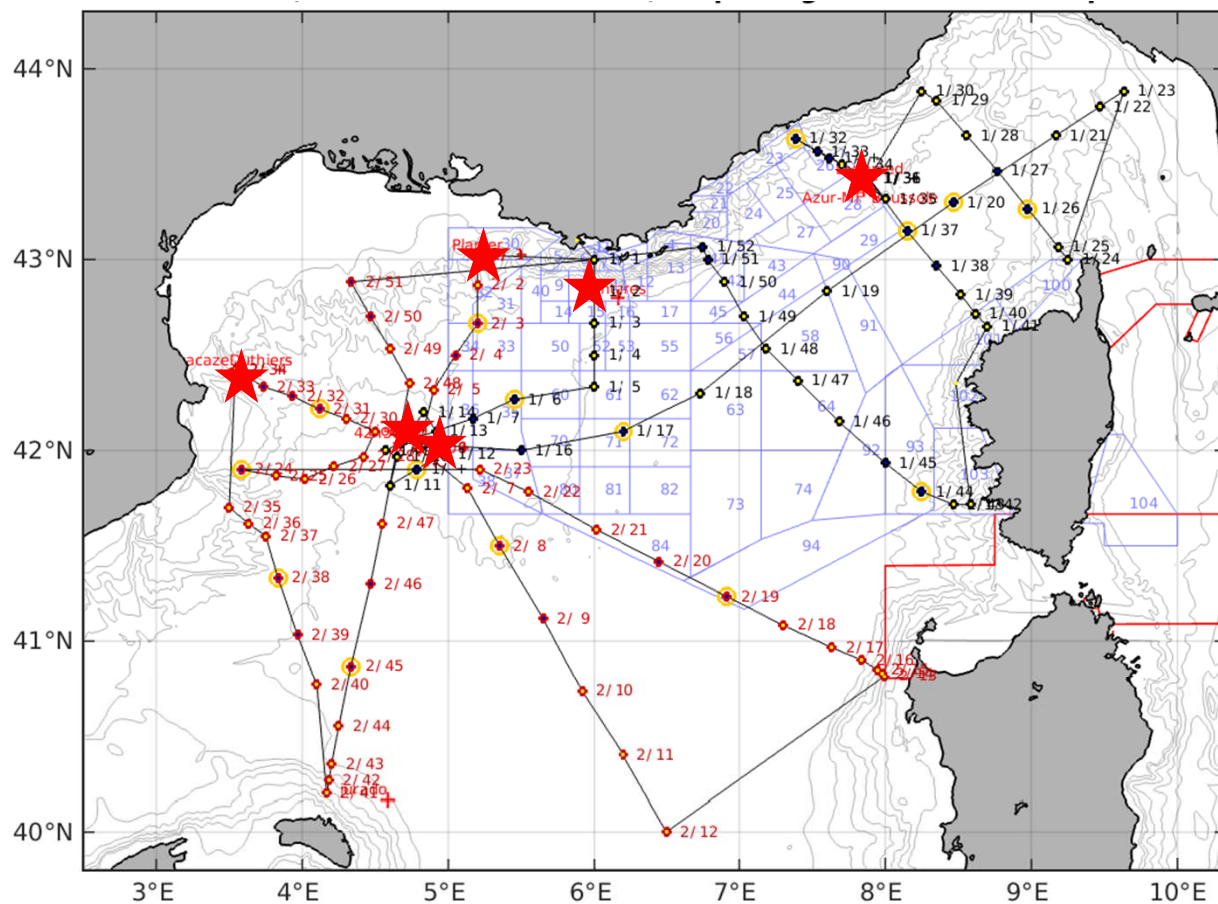


# LE RESEAU DE MOUILLAGES





## Réseau d'une centaine de stations hydrologiques



Priorité aux mouillages  
Saison estivale

2010 – 2011 – 2013  
27 jours - Téthys

Réseau partiel

2012 – 2014 - 2015:  
18 jours - Le Suroit

Ensemble du réseau

## Procédure mutualisée de calibrage des capteurs installés sur les mouillages

4 étapes



Installation couplée de  
tous les capteurs  
CTD de référence  
Correction d'offset



Installation des  
capteurs intercalibrés

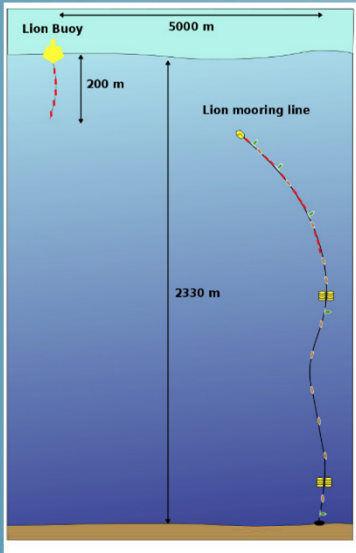
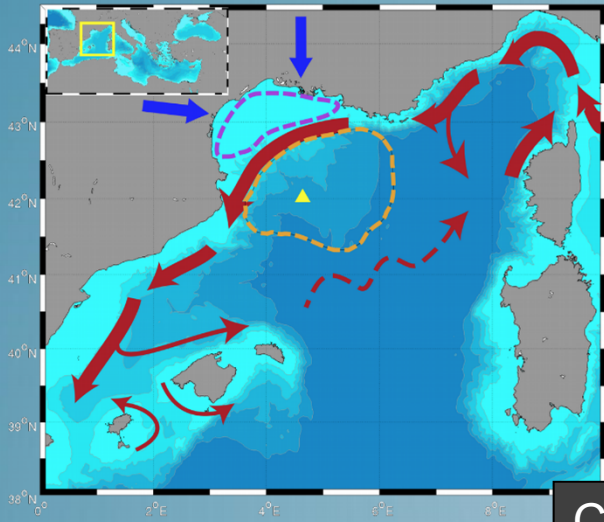


1an de mesures

Récupération  
des capteurs



Installation couplée  
de tous les capteurs  
CTD de référence  
Correction de dérive



### Mouillage LION

- 21 niveaux T
- 10 niveaux S
- 5 niveaux courants
- 2 niveaux O<sub>2</sub>

Haute résolution verticale et temporelle

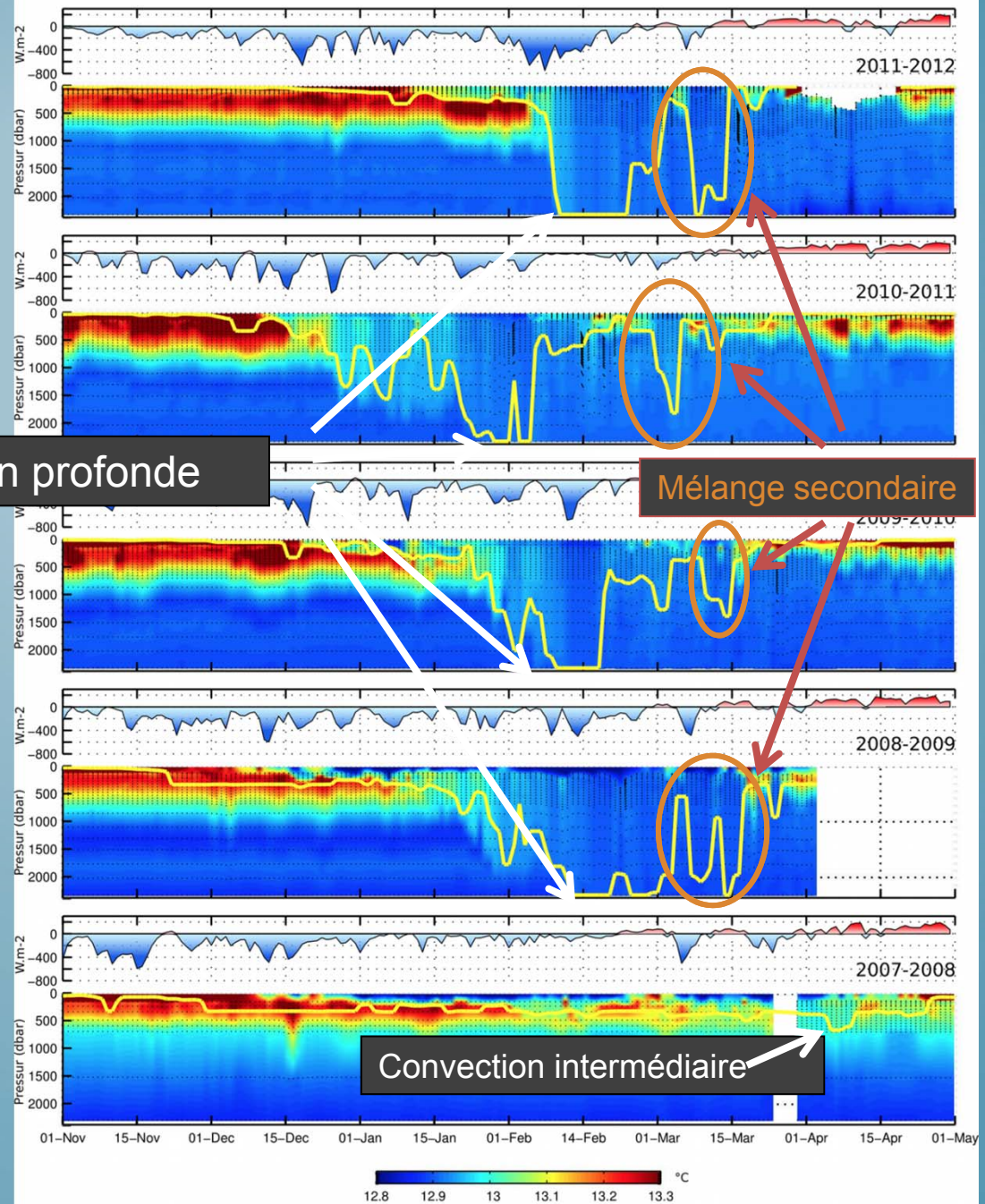
(1 profil chaque 30 min = 17500 profils/an)

- Observation de la convection profonde
- Utile pour études biogéochimiques (bloom)

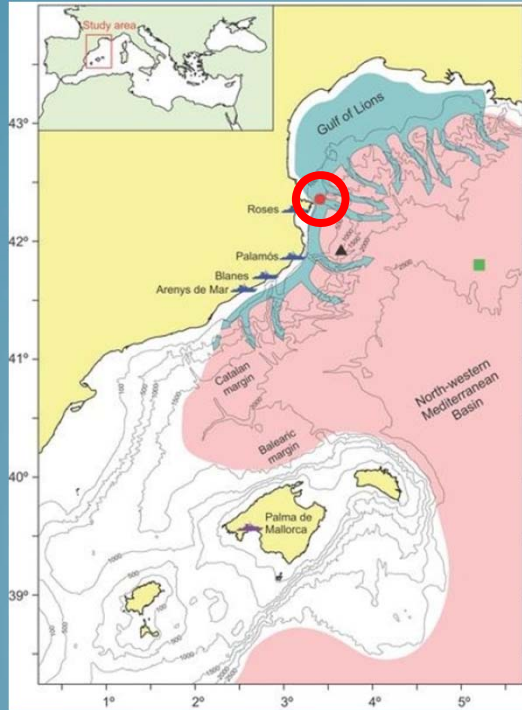
Convection profonde

Mélange secondaire

Convection intermédiaire



Poster: Houpert et al.



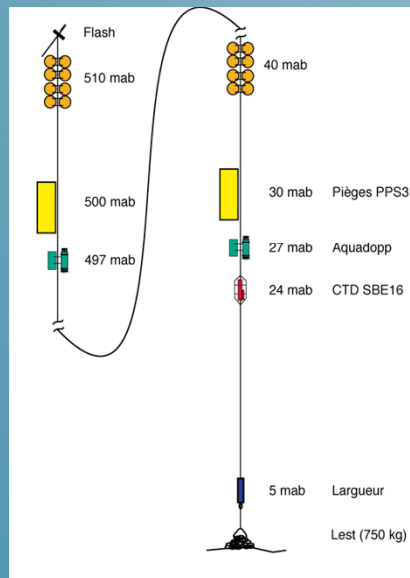
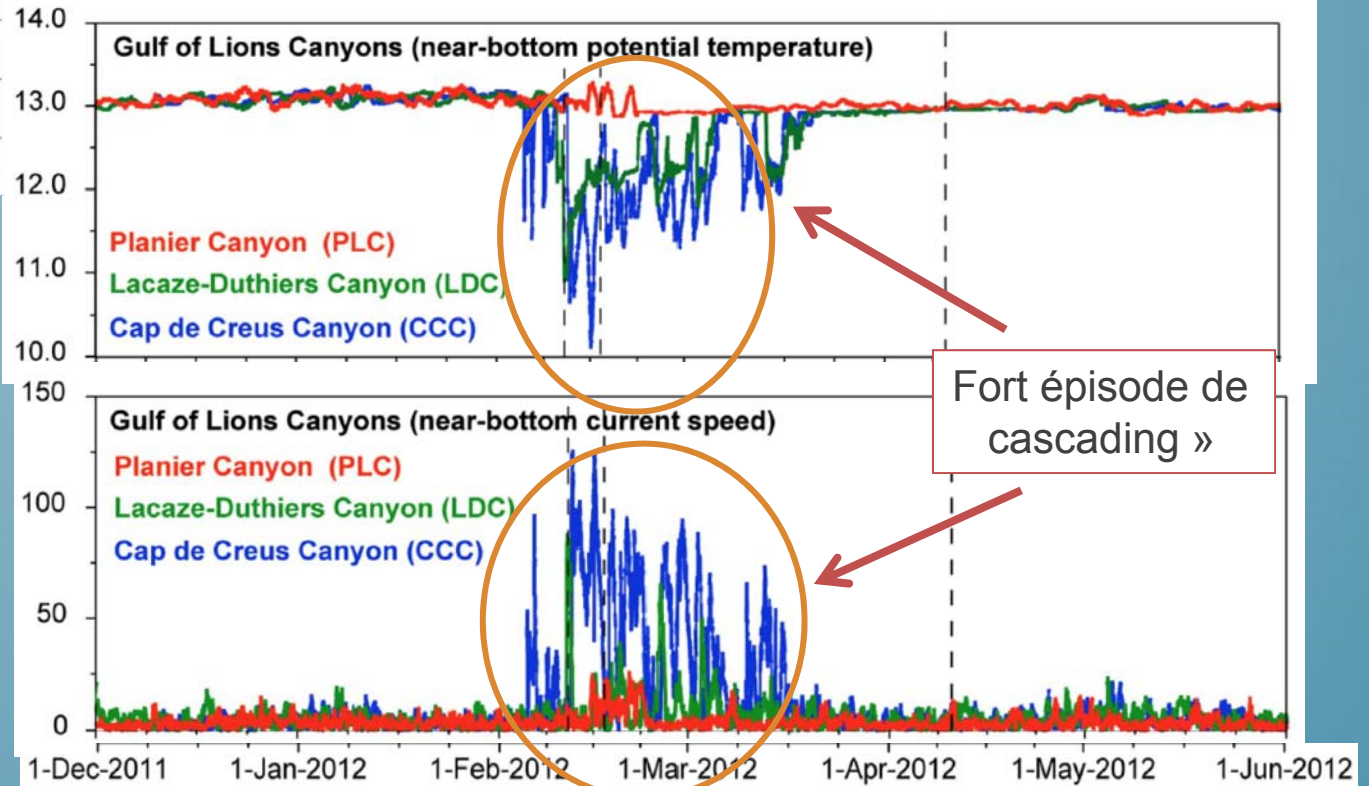
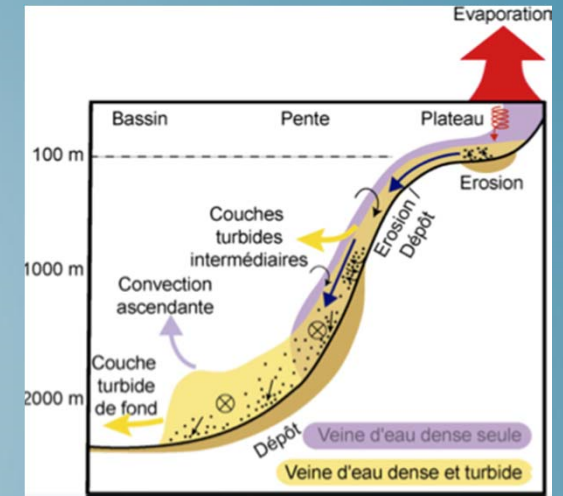
Company JB, Puig P, Sardà F, Palanques A, Latasa M, et al.

## Lacaze Duthiers – Planier

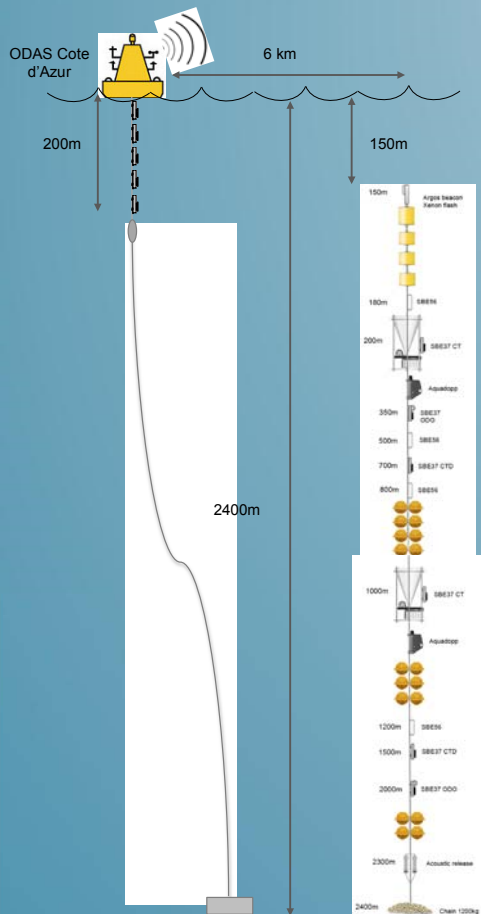
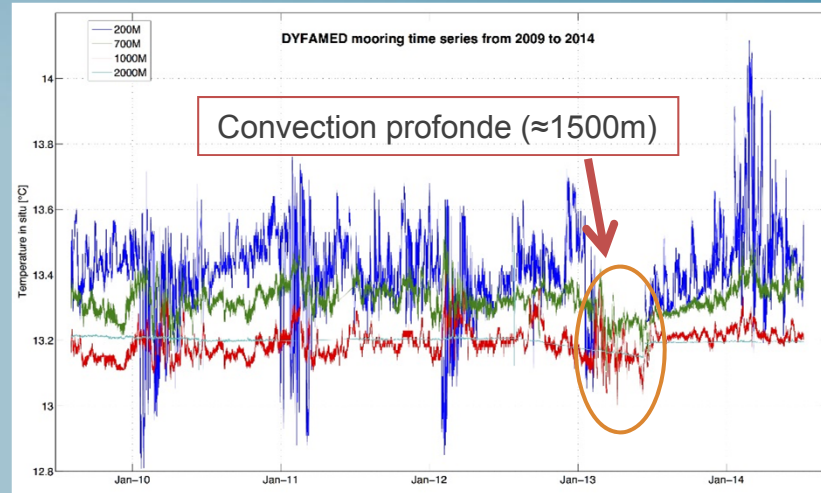
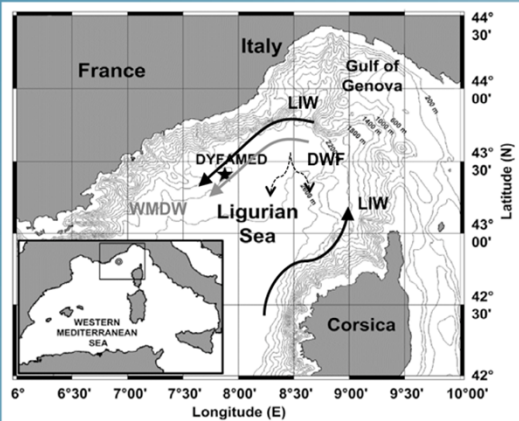
### Suivi dans les canyons

- 1 niveau T, S
- 2 niveaux courants
- 2 pièges à particules

Exemple hiver 2011-2012



Poster: Durrieu de Madron X. et al,



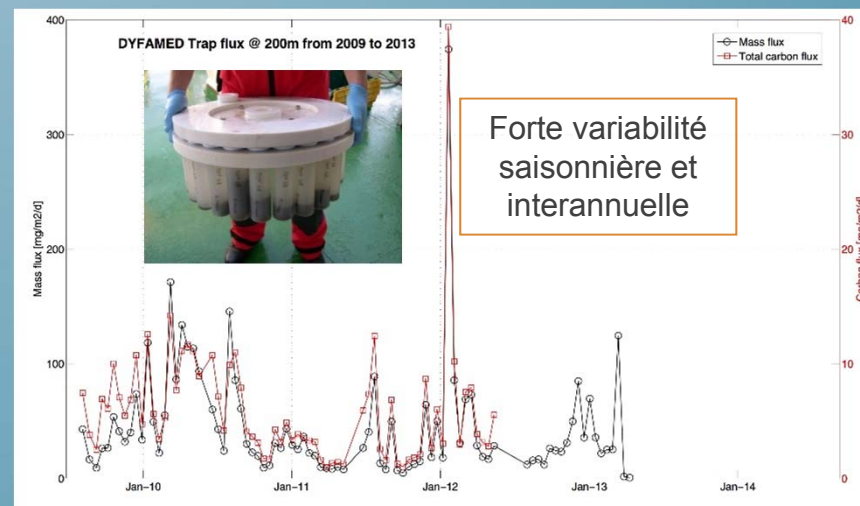
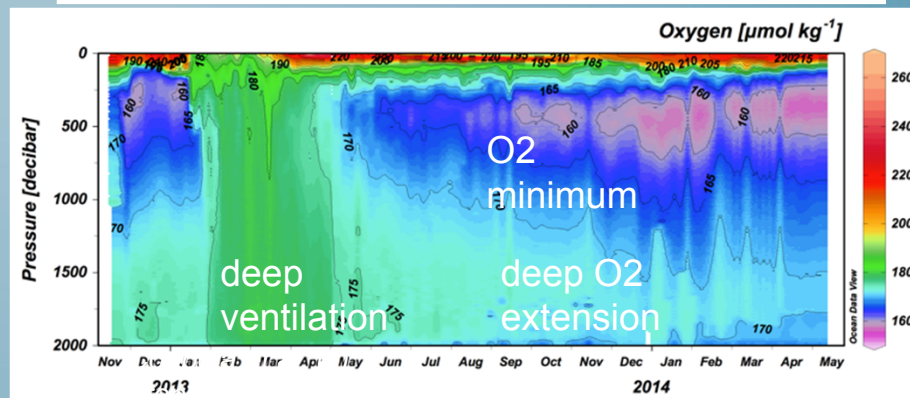
## DYFAMED

Haute résolution verticale et temporelle depuis 2009 (17500 profils/an)

Observation de l'export de carbone, de la convection et des masses d'eau (LIW, WMDW)

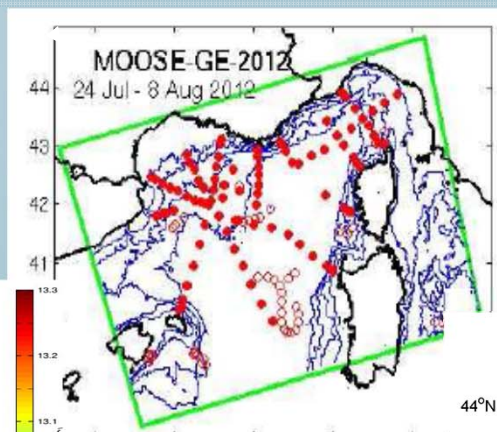
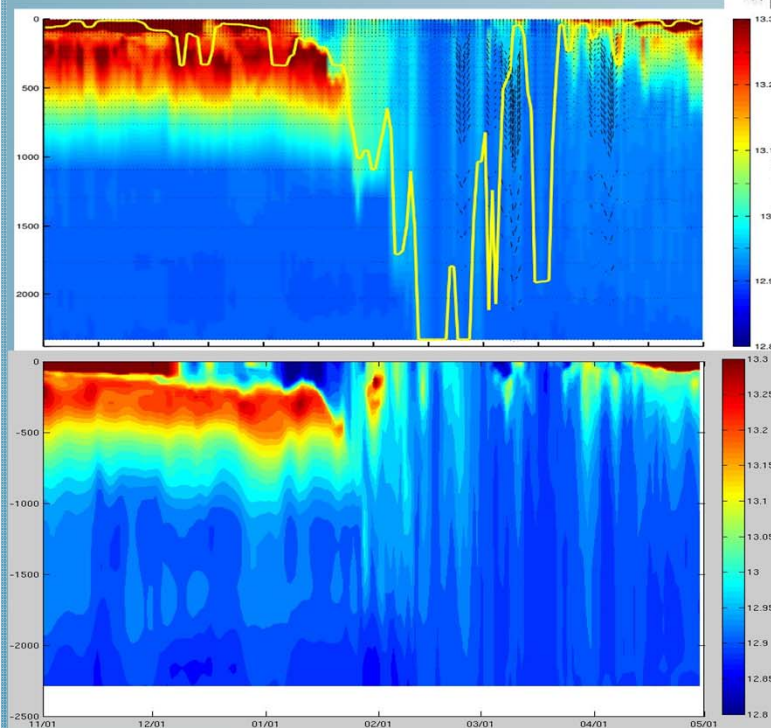
### Mouillage DYFAMED

- 10 niveaux T
- 6 niveaux S
- 2 niveaux O<sub>2</sub>
- 2 niveaux courants
- 2 pièges à particules

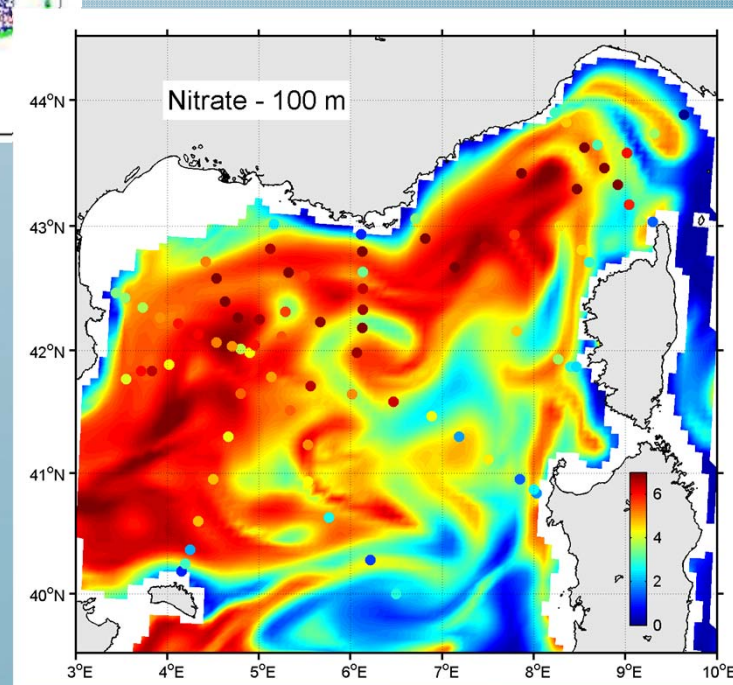


Les campagnes MOOSE-GE permettent de contraindre les modèles en période stratifiée...

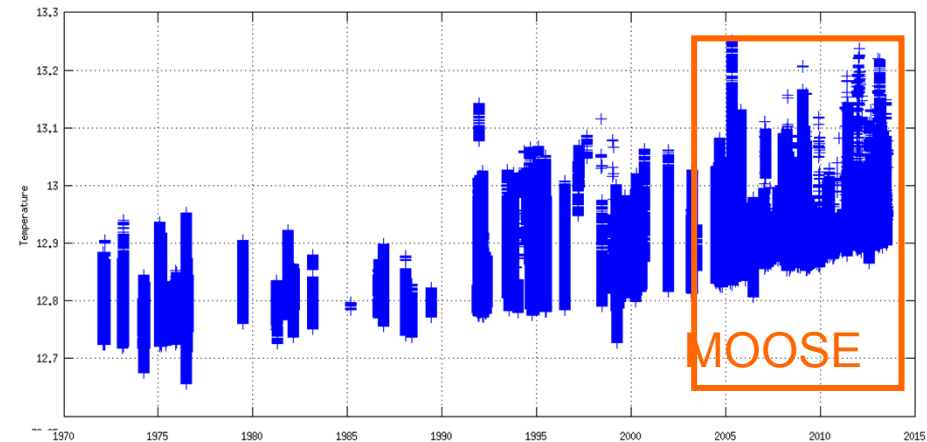
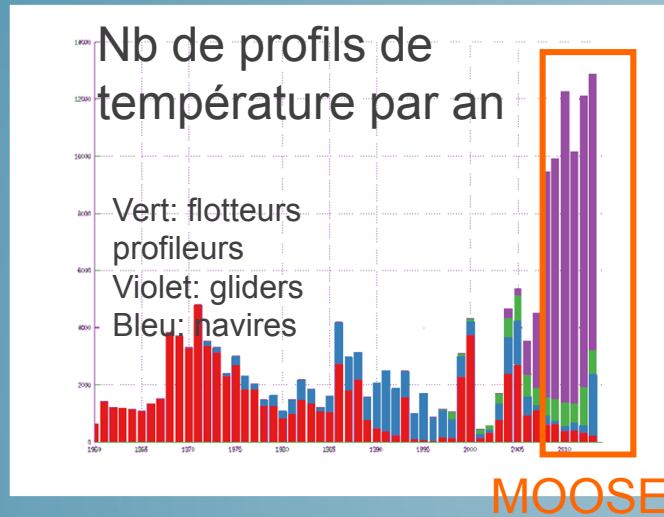
cycle saisonnier de la couche de mélange



Répartition spatiale des nutriments



# MOOSE: un effort d'observation sans précédent



Temperature des eaux profondes (>700m)

Profondeur: faible variabilité ( $\sim 0.1$ degC)  $\rightarrow$  tendance basse fréquence

Renforce la communauté scientifique française sur la Méditerranée  
 Valorise sa pluridisciplinarité

Maintient des réseaux :

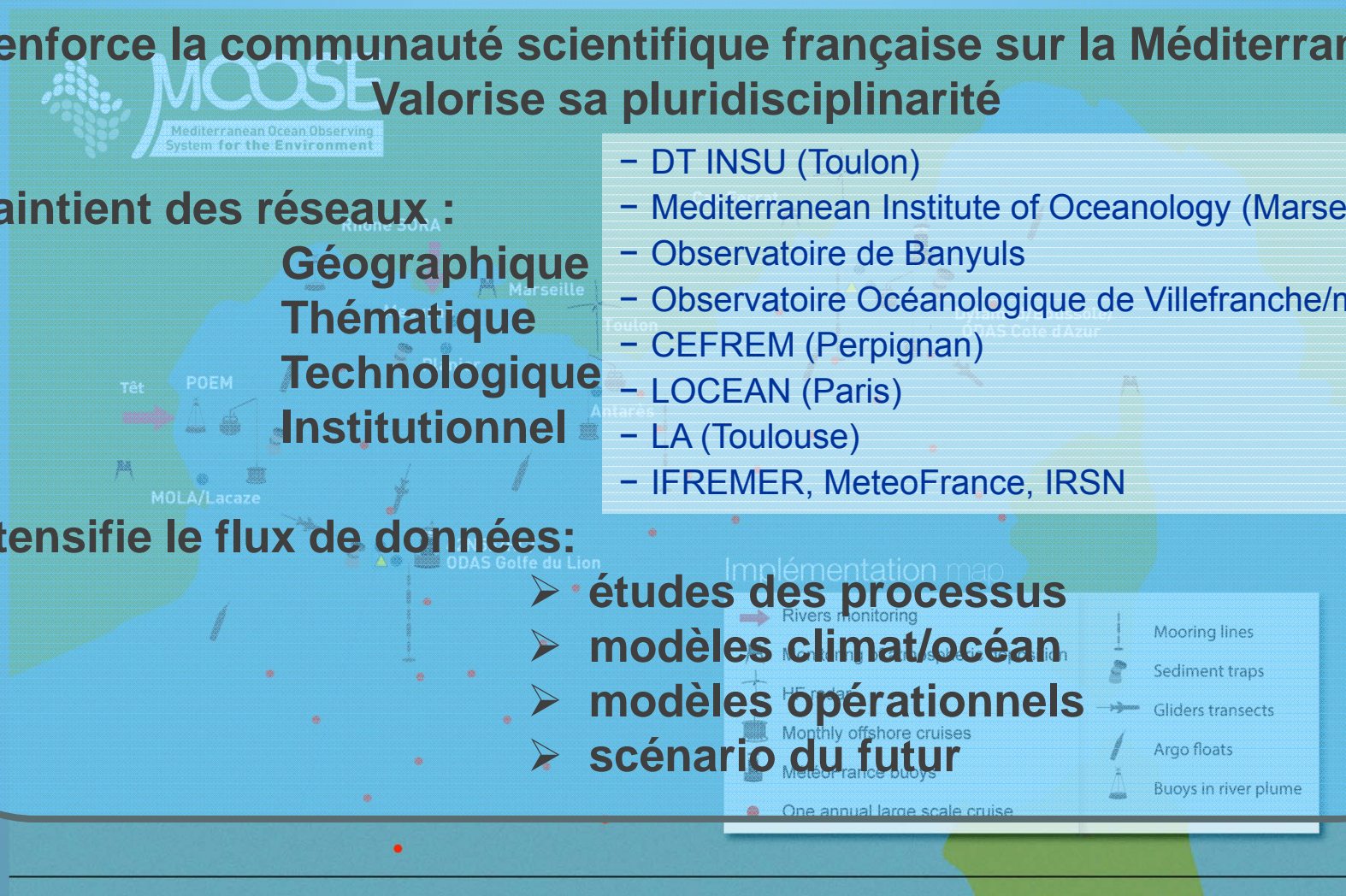
**Géographique**  
**Thématique**  
**Technologique**  
**Institutionnel**

- DT INSU (Toulon)
- Mediterranean Institute of Oceanology (Marseille)
- Observatoire de Banyuls
- Observatoire Océanologique de Villefranche/mer
- CEFREM (Perpignan)
- LOCEAN (Paris)
- LA (Toulouse)
- IFREMER, MeteoFrance, IRSN

Intensifie le flux de données:

- études des processus
- modèles climat/océan
- modèles opérationnels
- scénario du futur

- Mooring lines
- Sediment traps
- Gliders transects
- Argo floats
- Buoys in river plume





# Conclusions

---

## Approche intégrée

### # Description “continue” des propriétés physiques et biogéochimiques

- à l'échelle du bassin
- à méso et subméso échelle (tourbillons, filaments...)
- Incertitudes liées aux problèmes d'échantillonnage significativement réduites (extrapolation → interpolation). Meilleure compréhension de la variabilité physique et biogéochimique et du couplage

### # Données MOOSE et modèles numériques

- données envoyées en temps réel dans les bases de données publiques et utilisées par les modèles qui assimilent les données in situ (global → régional)
- comparaisons obs/modèles en temps différé, meilleure compréhension des Processus-clés

### # Perspectives :

- pérenniser : IR ILLICO – Réseau européen
- incorporer d'autres variables

## Les acteurs

J.L. Fuda, H. Benabdelmoumene, L. Beguery, P. Guterman, K. Bernadet

P. Testor , L. Mortier, P. Gauchy, M. Labaste, D. Dausse, A. Lourenco, H. Legoff

L. Coppola, E. Diamond , A. Dufour, C. Migon , L. Guidi, L. Stemmann, M.Picheral, N. Leblond, V. Taillandier, G. Obolenski, B.Gentili, A. Poteau, F. D'Ortenzio, D. Antoine, F. Louis, M.Golbol, H. Claustre

P. Conan, E. Maria, L. Zudaire, R. Vuillemain, A. Gueux , L. Oriol

F. Bourrin, D. Aubert, P. Kerhervé,, S. Kunesch, X. Durrieu de Madron, C. Menniti, N. Delsaut , B. Charrière , C. Sotin, J. Sola, S. Denet

B. Zakardjan , D. Lefèvre , M. Fornier , N. Garcia, V. Lagadec, P. Raimbault, N. Bairhy, M. Lafont, D. Malengros, A. Barani, G. Gregori , F. Carlotti, C. Quentin, D. Mallarino, G . Forget, J. Gaggelli, S. Grosdidier , C.A. Guérin, , A. Molcard, K. Von Schuckman  
C. Estournel

doctorants et post-doc

Stabholz M., Houpert L. , Dumas C. , Higuera-Campos M. , Lavigne H. , Bosse A., Damien P., Kessouri F., O. Pasqueron de Fommervault , K. Donoso, M.A. Galeron, P. Bonifacio, M. Fraysse, M. Sadaoui, G .Many. , K. Guihou , J. Marmain, E. Alekseenko

## Les collaborateurs

L. Fleury, Sinon Nizar, Guillaume Brissebrat

I.Pairaud, L. Petit de la Villeon, Françoise Gourtay-Le Hingrat, Magali Krieger, Victor Turpin  
P. Duformentelle , M. Répécaud, C. Ravel

M.N. Bouin,, J. Rolland, G.Le Goff, R. Leguen



## Les sponsors



