



# Session 2 : Circulation océanique à moyenne échelle et transferts côte-large

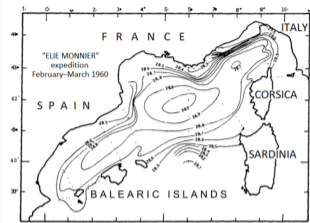
Workshop Méditerranée NO, Villefranche/mer

**Anthony Bosse**

Physicien-adjoint CNAP, MIO, OSU Pythéas, AMU, Marseille

17 novembre 2022

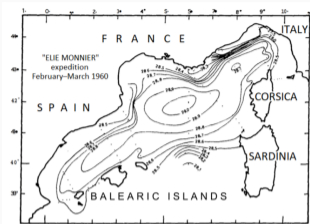
# La compréhension de la circulation océanique a évolué



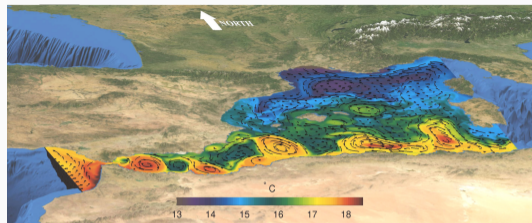
Tiré de Prieur et al (2020)

... d'une vision **grande échelle**

# La compréhension de la circulation océanique a évolué



Tiré de Prieur et al (2020)



Simulation numérique avec SST

... d'une vision **grande échelle** à un océan turbulent peuplé de **tourbillons de mésoéchelle**.

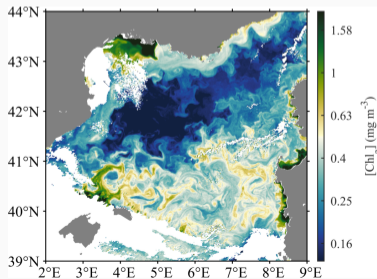
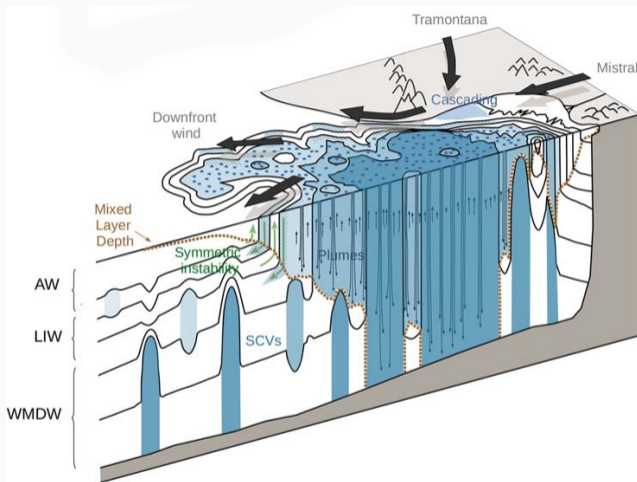


Image de Chl-a par couleur de l'eau (Février 2013)

# Le système complexe de la Méditerranée Nord-Occidentale



Testor et al, JGR 2018

⇒ Besoin d'observations aux échelles **O(1-100)km** afin de résoudre la **circulation moyenne** (Courant Nord, Front Nord-Baléares), sa **variabilité à mésoéchelle** (tourbillons, SCVs, ...) et **échanges côte-large** (intrusions, cascading, ...)

# Programme de l'atelier

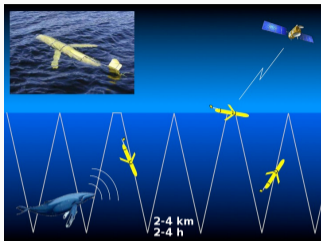
## 1ère partie, présentations (10:30-11:45)

- A. Bosse : MOOSE (glider, campagnes) et la compréhension de la mésoéchelle
- B. Zakardjian : Variabilité du CN observé par radars HF
- A. Petrenko : Intrusions du Courant Nord sur le plateau, série de courants ADCP à JULIO
- X. Durrieu de Madron : Échanges à travers le talus au niveau des canyons
- C. Estournel : Approche modelisation

## 2ème partie, discussion (12:00-13:15)

A. Bosse  
MOOSE (glider, campagnes) et la  
compréhension de la mésoéchelle

# Apport des gliders dans l'échantillonnage des tourbillons



Les glider se propulsent par changement de volume et embarque divers capteurs (CTD, O2, FI, bbp, ...).  
Les missions glider durent de **O(1-6) months** pour **100-1000** profils jusqu'à **1000m** à haute résolution spatiale (1km) et temporelle (1h).

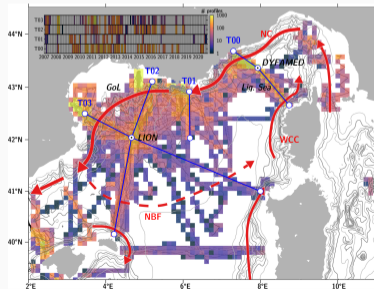
Deux lignes d'endurance maintenues dans le cadre de

**MOOSE** :

- ▷ T00: Nice-Calvi;
- ▷ T02: Marseille-Minorque

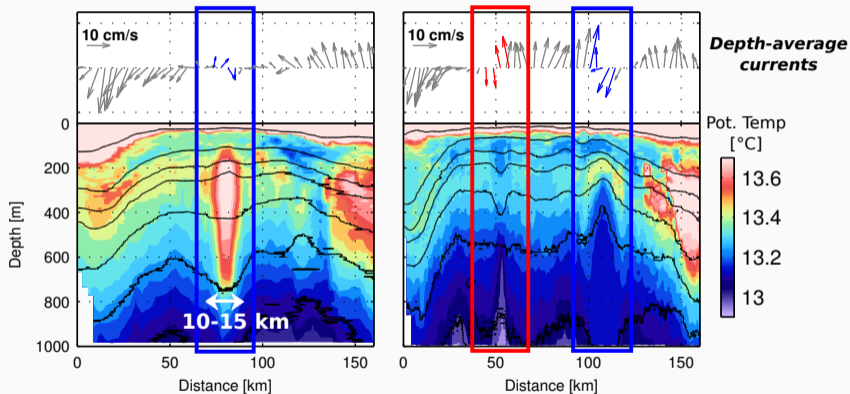


**MOOSE**  
Mediterranean Ocean Observing  
System for the Environment



# Exemple d'une section sur la radiale T00

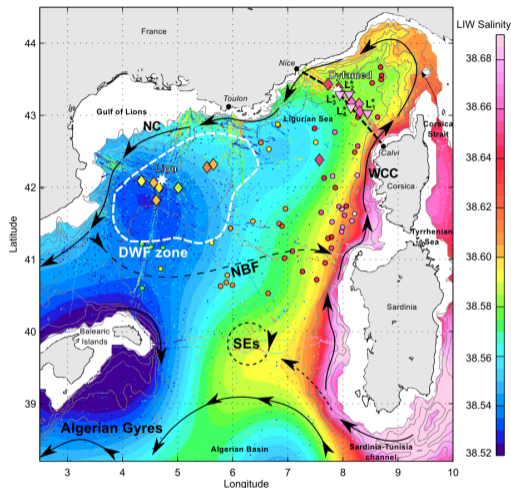
⇒ La haute résolution du glider permet la détection de **"petits" tourbillons** (10-20km diameter) !



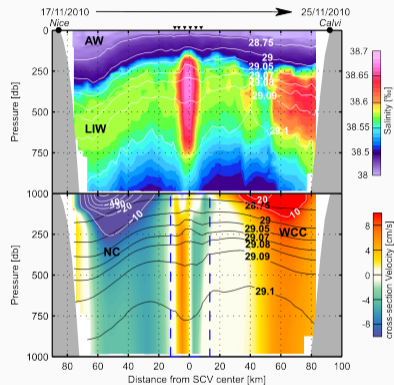
Signe de rotation différents (cyclonique vs anticyclonique), profondeur (coeur 500-1000m), signature TS (froid vs coeur chaud), processus de génération différents.



# Suddies : SCVs chauds/salés en subsurface



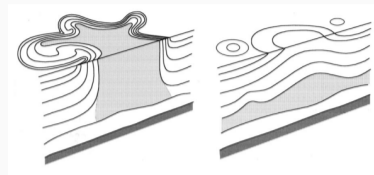
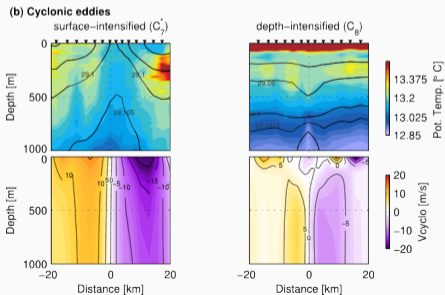
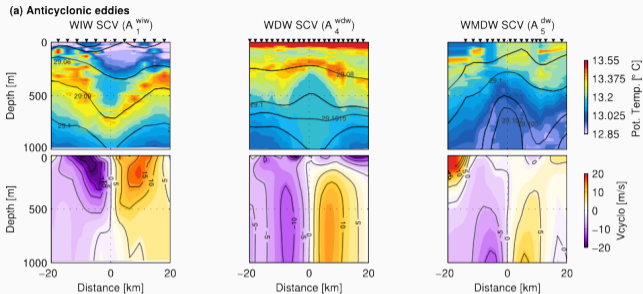
## Première observation et caractérisation



Bosse et al (JGR, 2015)

**Sardinian Undercurrent Eddies** dont on trouve la trace jusque dans le Golfe du Lion.

# Tourbillons formés par convection hivernale



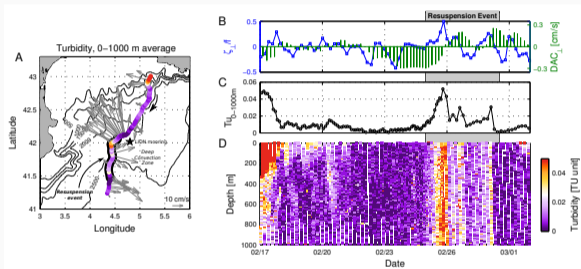
→ Tourbillons similaires à Testor and Gascard (2003)

→ **Première caractérisation** de leur structure verticale.

→ **Anticyclones** d'eaux ventilées de la convection (WIW, WMDW)  
**Cyclones** formés après épisodes de convection jusqu'au fond et cascading

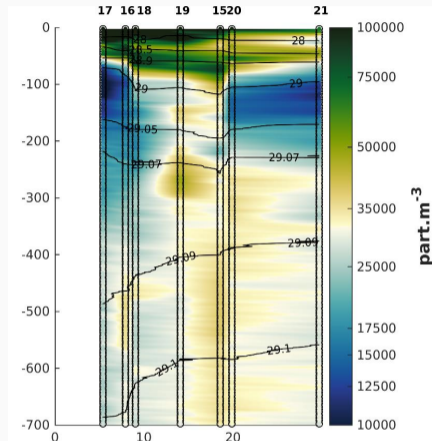
Bosse et al (JGR, 2016)

# Impact sur les traceurs biogéochimiques



Modulation de la turbidité en lien avec la vorticité du fluide (haute dans cyclones)

Durrieu de Madron et al (2017)

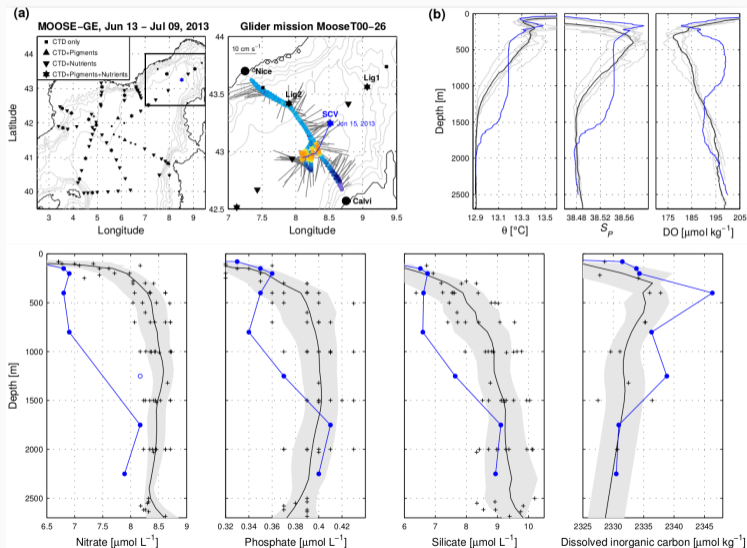


Distance  $r$  depuis le centre du tourbillon (km)

→ Faible concentration particules dans SCV issu de la convection

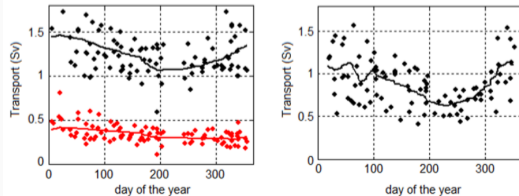
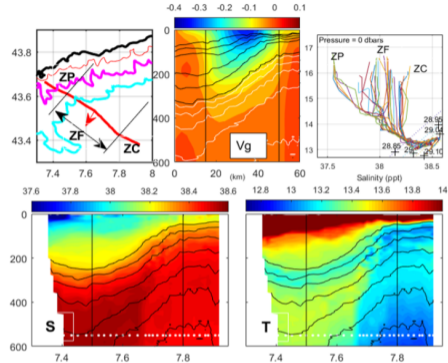
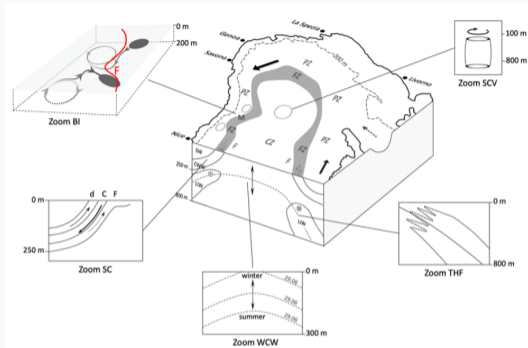
(stage M2 données MGE-21, E. Chevillon, 2022)

# Impact sur les traceurs biogéochimiques



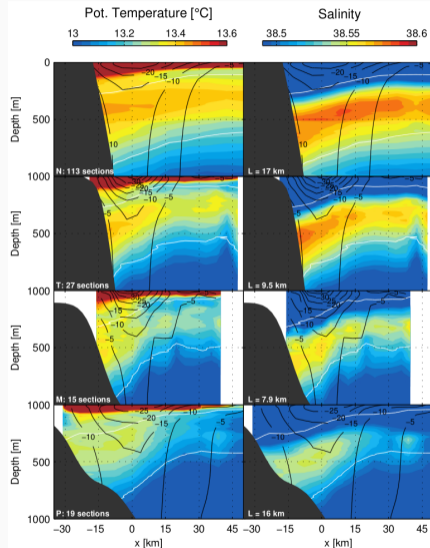
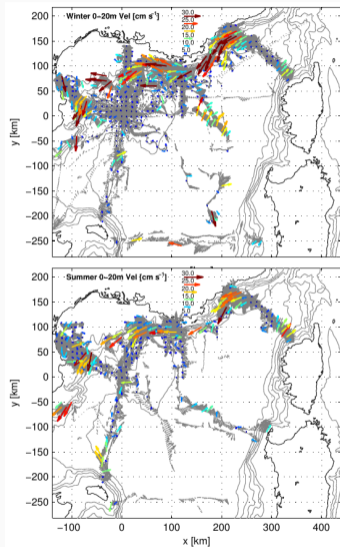
**Diminution des nutriments** dans le coeur profond du SCV ( $\uparrow$  DIC) Bosse et al (2017)

# Travail historique sur le Courant Ligure Prieur et al, 2020



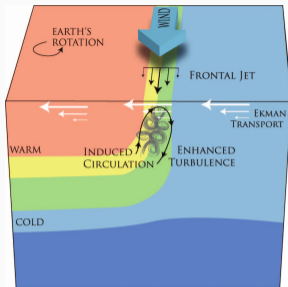
Saisonalité du Tr géostrophique (15–650m)

# Sections composites glider du Courand Nord



**Saisonnalité et transport** moyen du CN + évolution Est/Ouest (→ **échanges côte-large**)  
(Bosse et al, in prep)

# L'effet du vent "downfront"

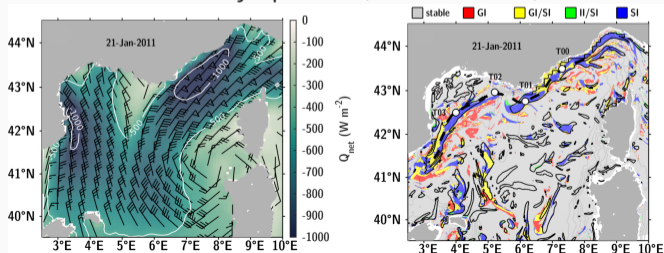


D'Asaro et al, Science (2011)

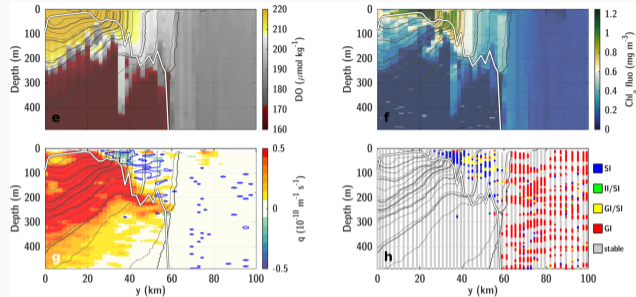
**Flux de chaleur lié au transport d'Ekman** = dominant le long de fronts de mésoéchelle et déclenche **Instabilité symétrique** ( $\uparrow$  échanges verticaux et turbulence). (Thomas, 2005)

- Accord obs/modèle sur les zones **PV<0** en hiver le long du CN
- **Deux hotspots** en lien avec les vents dominants.

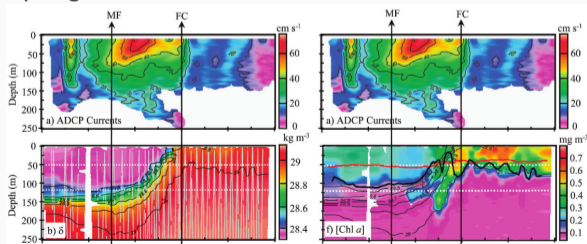
Modèle Symphonie (Bosse et al, 2021)



# Instabilité frontale et effets sur la biogéochimie



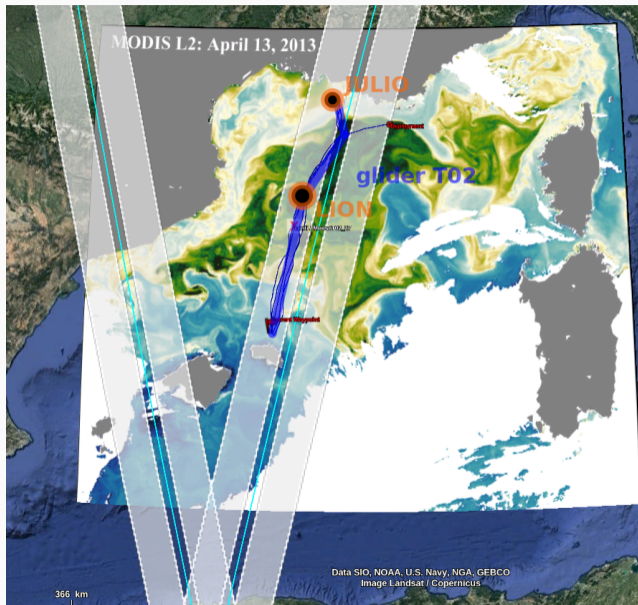
IS détectée par glider sur le front du CN (Golfe du Lion) (Bosse et al, 2021)



Instabilité frontale en Mer Ligure vu par un glider (Niewiadomska et al, 2008)



# Perspective du déploiement du satellite SWOT



- SWOT, CalVal au printemps 2023  
↔ résolution temporelle **24h**
- Trace satellite sur radiale **MOOSE T02** + mouillages **LION et JULIO**  
⇒ Opportunité unique d'observations couplées satellite, gliders, mouillages, bateaux (MOOSE-GE, BioSWOT, C-SWOT)

## Présentations (10:30-11:45)

- A. Bosse : MOOSE (glider, campagnes) et la compréhension de la mésoéchelle
- **B. Zakardjian : Variabilité du CN (radars HF et mouillage ALBATROSS)**
- **A. Petrenko : Intrusions du Courant Nord sur le plateau, série de courants à JULIO**
- **X. Durrieu de Madron : Échanges à travers le talus au niveau des canyons**
- **C. Estournel : Approche modelisation**

# Discussion et prospective

# Questions ouvertes : Circulation moyenne et mésoéchelle

## Q1 : Questions scientifiques importantes

→ Où? Quoi? Comment?

# Questions ouvertes : Circulation moyenne et mésoéchelle

## Q2 : Synergie et intégration entre systèmes d'observation

- Comment améliorer l'intégration de nos systèmes?
- Quelles sont leurs lacunes? les améliorations possibles?

# Questions ouvertes : Circulation moyenne et mésoéchelle

## Q3 : Observations biogéochimiques et biologiques

→ Quels paramètres? Quelle fréquence? Comment?

# Questions ouvertes : Circulation moyenne et mésoéchelle

## Q4: Apport de la modélisation

- Quelles limites des modèles actuelles?
- Comment combiner au mieux observations et modèles?

**Thanks for your attention !  
Questions?**

