



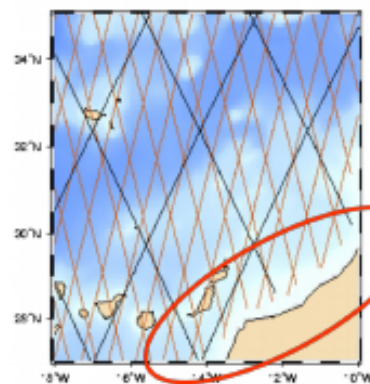
## Synergy between in-situ and altimetry data to observe and study the fine-scale dynamics in the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea)

Alice Carret<sup>1</sup>, Florence Birol<sup>1</sup>, Claude Estournel<sup>2</sup>, Rosemary Morrow<sup>1</sup>

1- Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales  
2- Laboratoire d'Aérodynamique

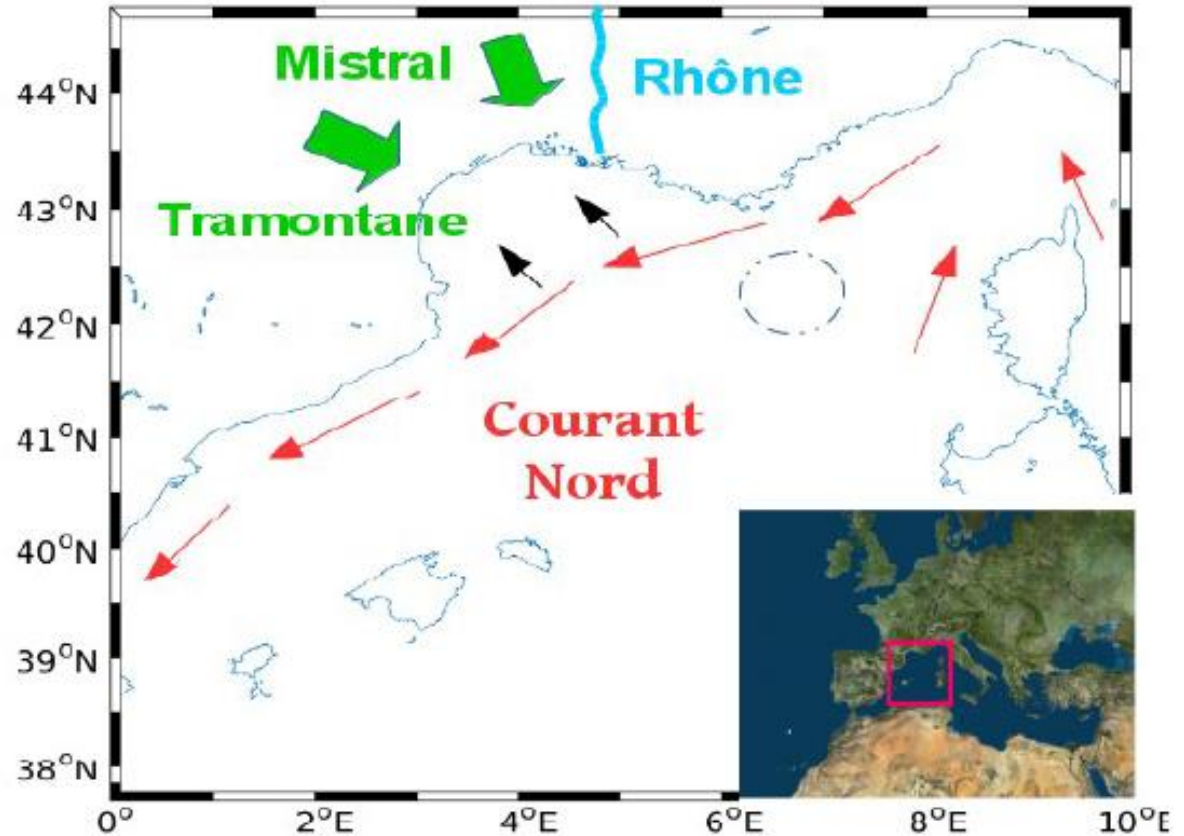
## Avancées récentes pour les observations régionales à plus fine échelle :

- Observabilité des phénomènes de petite méso-échelle grâce à des missions avec une technologie innovante :
  - Altimétrie conventionnelle – bande Ku
  - Nouvelles missions conventionnelles en bande Ka
  - Missions en mode SAR
- Amélioration du traitement des données altimétriques près des côtes
  - Nouveaux traitements avec des données de plus haute qualité et plus nombreuses sur les 100 premiers km de la côte
- Quelle est la limite de résolution des structures océaniques à fine échelle avec ces nouveaux systèmes de mesure ?



## La Méditerranée : zone d'étude idéale pour la fine échelle océanique

- Dynamique océanique active
- Courants à fine échelle dont l'observation est difficile (petits et rapides !)

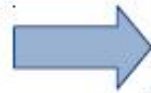
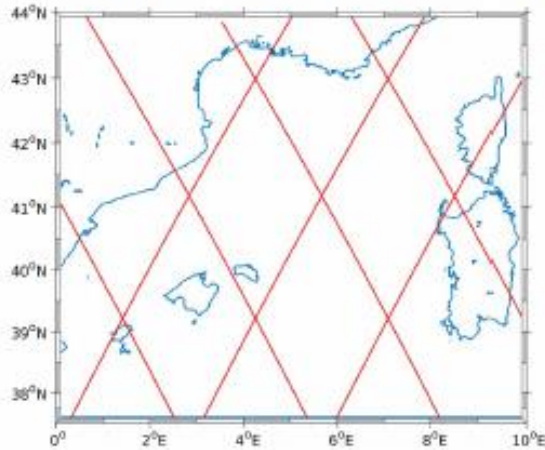


- Impact sur l'évolution du climat, de la pollution, la surveillance des écosystèmes, la circulation maritime



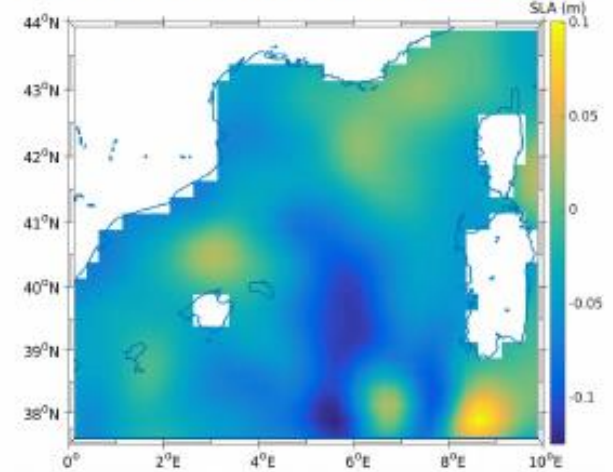
# Différentes manières d'observer la Méditerranée

Altimétrie le long de la trace (10 jours)

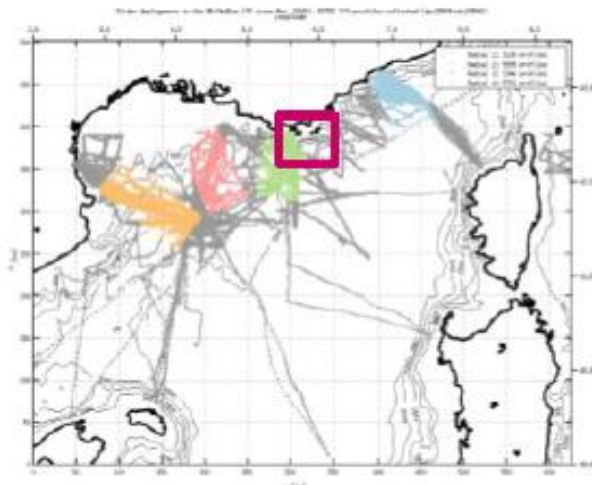


Traces altimétriques  
espacées →  
structures > 150 km

Carte altimétrique standard

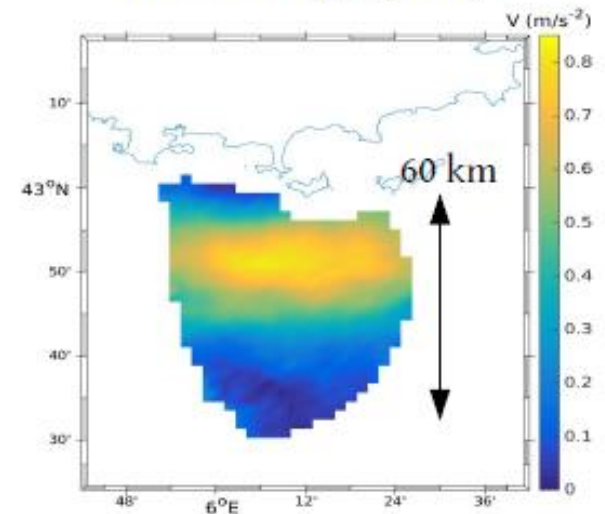


Gliders sous-marins (10 ans)



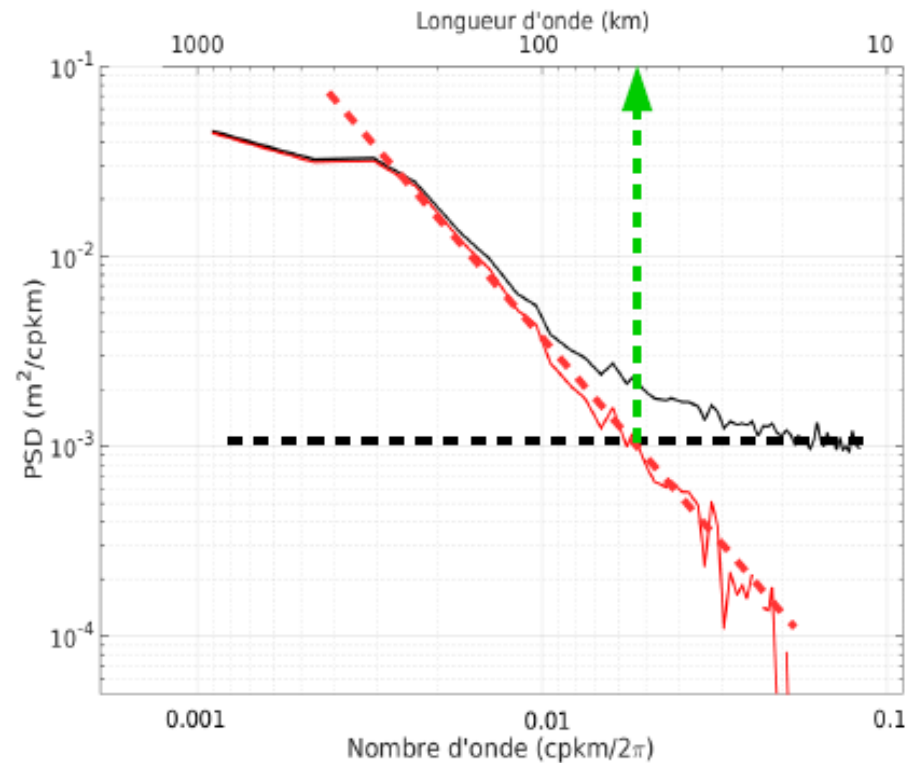
Observations  
ponctuelles en  
espace et en temps

Radars HF (1 jour)



## Analyse spectrale altimétrique : signal et bruit

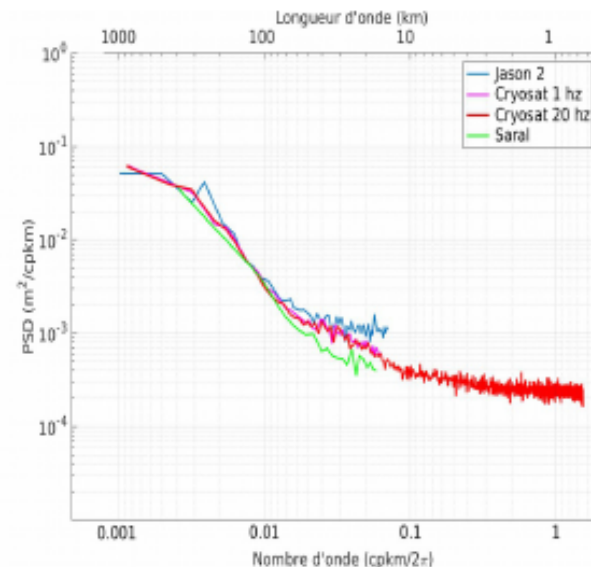
- Méthode globale ([DUF15])  
(Méditerranée non comprise)
- Densité spectrale de puissance de la SSHA
- Estimation du niveau de bruit entre 12 et 25 km
- Calcul de la pente spectrale entre 50 et 280 km ([XU12])
- Capacité méso-échelle : point d'intersection entre la pente spectrale et le niveau de bruit



# Variabilité saisonnière de la capacité méso-échelle

(Intersection entre la pente spectrale et le bruit)

- Bruit plus fort en hiver mais énergie à fine échelle plus importante
- En hiver : Toutes les missions peuvent détecter les structures de 45-50 km (20-25 km en diamètre)
- En été : plus de variations (18 km Saral; 27 km Jason en diamètre)



Capacité méso-échelle (km)	Été	Automne	Hiver	Printemps
Jason 2	54	58	49	58
Saral	36	36	45	40
Cryosat 2	49	49	43	46

*Morrow et al., 2017; Ocean Sciences*

Quelle taille de tourbillons sont captée par les sections gliders ?

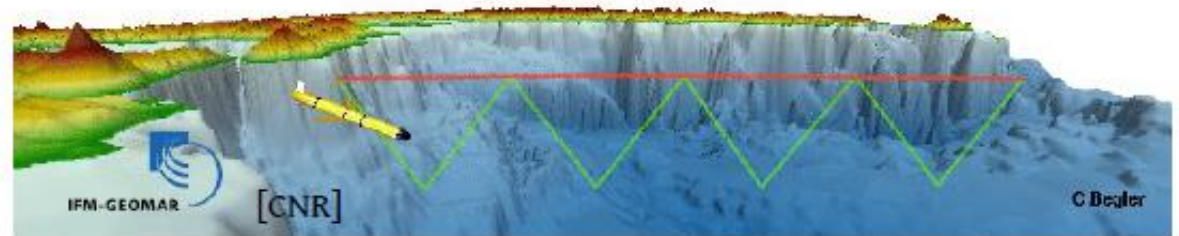
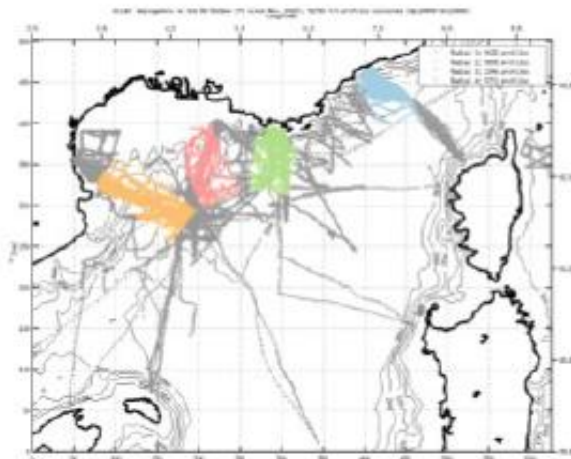
# Projet COMSOM 2015

## Gliders colocalisés sur les traces altimétriques

**Gliders** : données fournies par la DT-INSU

(Pierre Testor, Jean-Luc Fuda, Céline Bachelier)

→ Service d'observation  
MOOSE

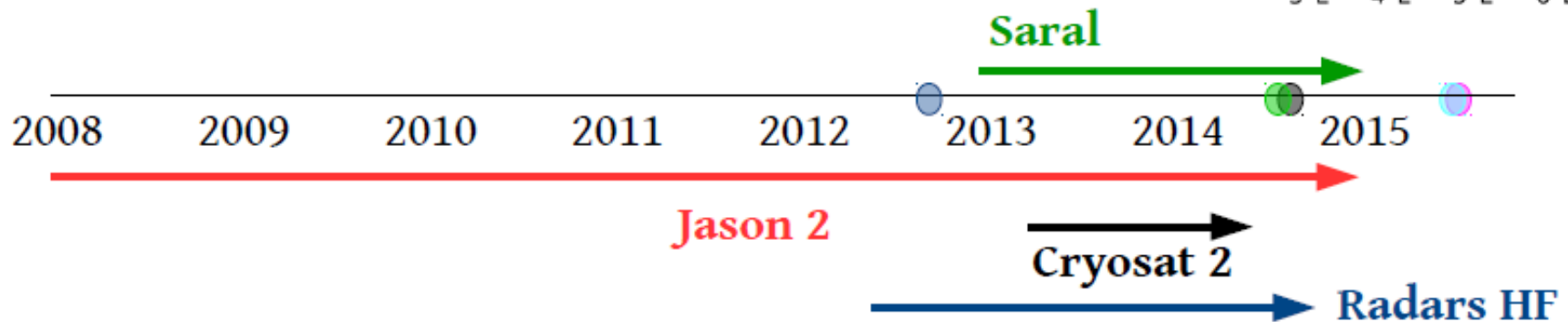
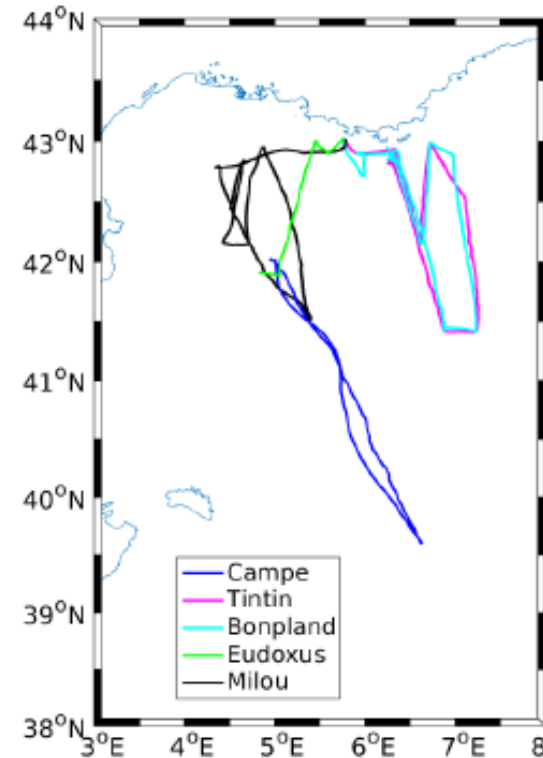




# Comparaisons altimétrie-glider : courants géostrophiques

## Trajectoires des gliders (projet CNES/MOOSE)

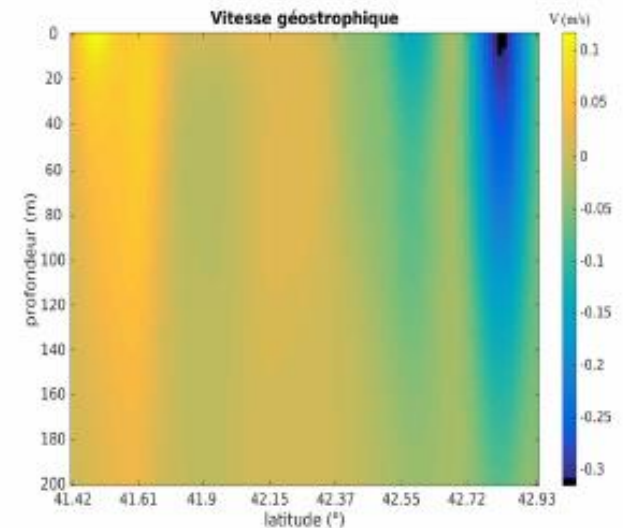
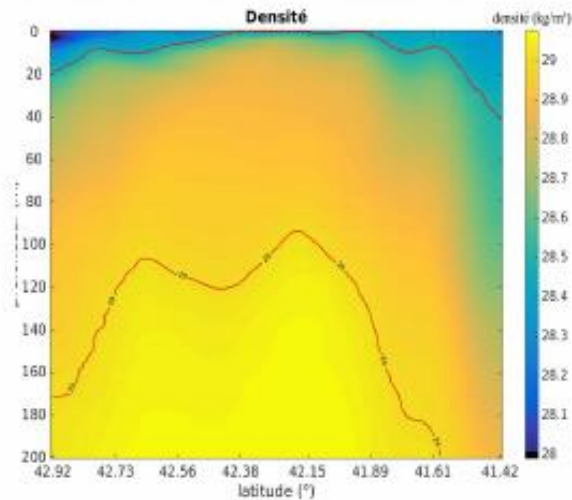
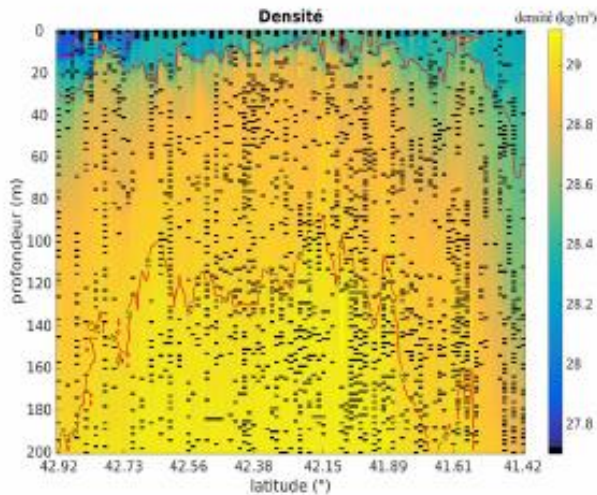
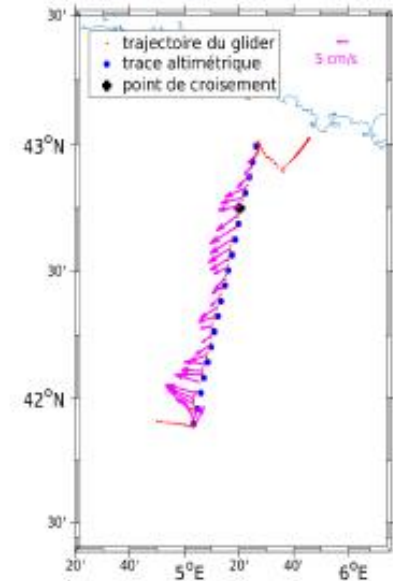
- **Campe** : 23/09/2012 – 23/10/2012 → Jason 2
- **Eudoxus** : 23/10/2014 – 29/10/2014 → Saral
- **Milou** : 27/10/2014 – 13/11/2014 → Saral
- **Tintin** : 17/04/2015 – 13/05/2015 → Cryosat 2 & Saral
- **Bonpland** : 13/04/2015 – 01/05/2015 → Cryosat 2 & Saral





# Gliders : traitement

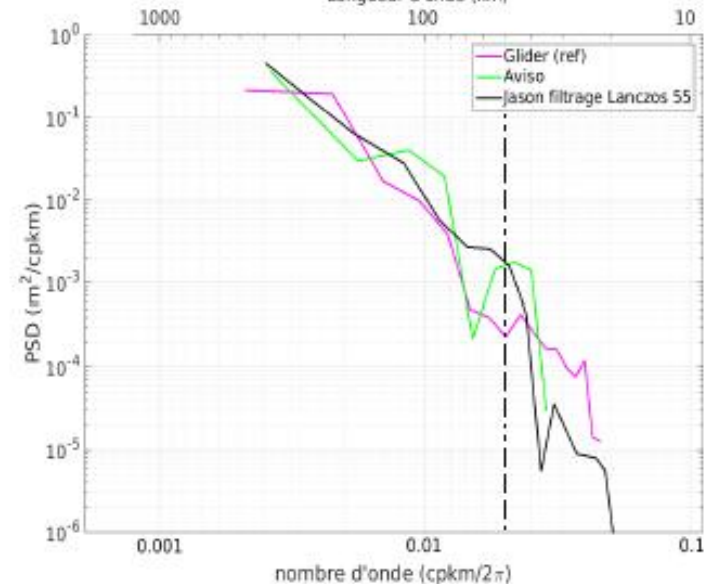
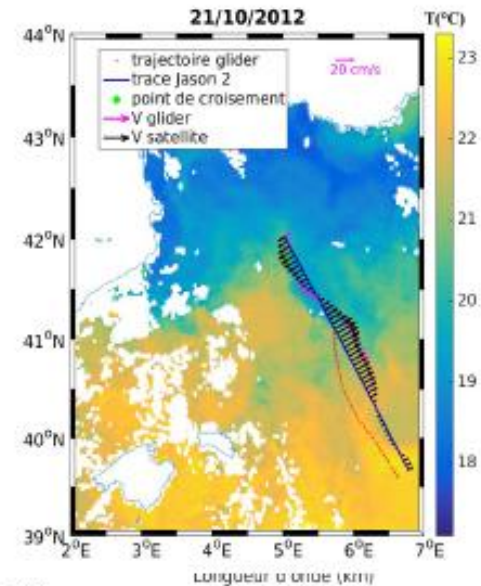
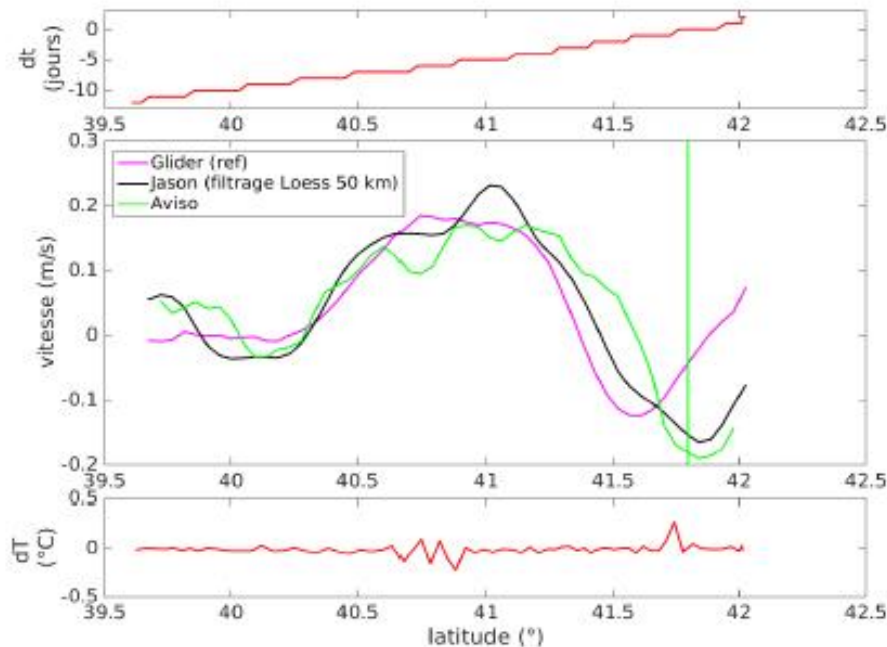
- Ajout ou non d'une vitesse supplémentaire
- Pics haute fréquence → filtrage
- Filtrage sur la densité pour le glider en tenant compte du rayon de Rossby local



# Comparaison altimétrie-glider : large méso-échelle

→ Glider Campe en octobre 2012

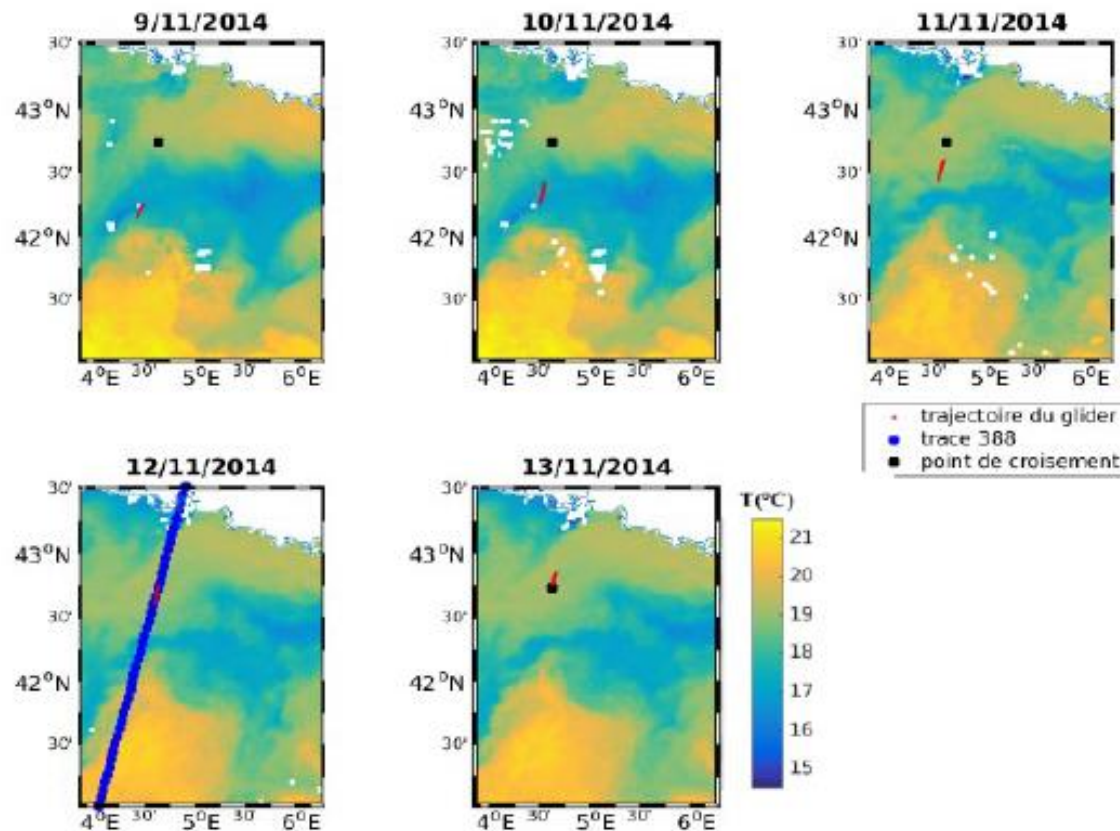
→ Bon accord altimétrie-glider



Bon représentation des structures tourbillonnaires > 50 km en diamètre,  
en accord avec les analyses « d'observabilité » altimétrique

# Limites des comparaison altimétrie-gliders : colocalisation temporelle

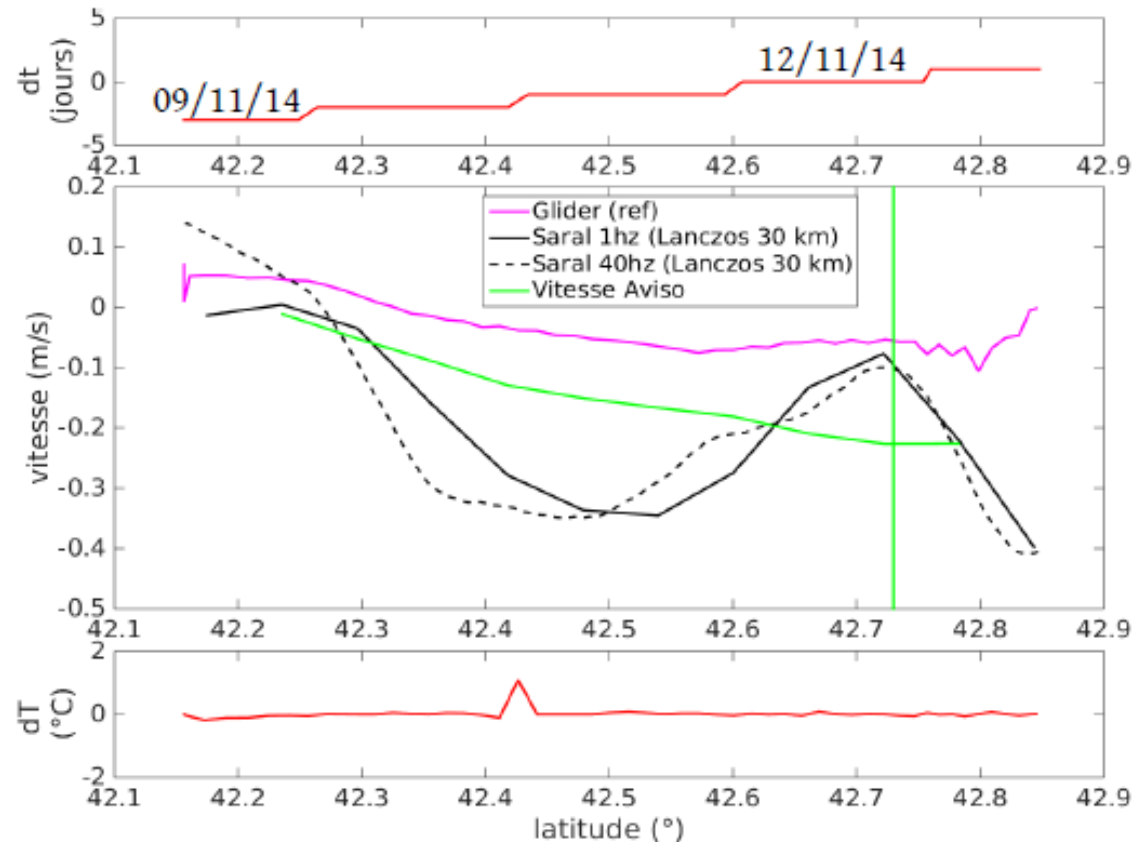
→ Glider Milou en octobre 2014



**Altimètre** vol à 7 km/sec : 420 km/min ; Un **glider** prendre ~ 4 jours pour faire 400 km ...

Quand l'océan varie rapidement (petites structures rapides), les 2 observations de structure spatiale peuvent être très différents !

# Limites des comparaison altimétrie-gliders : colocalisation temporelle

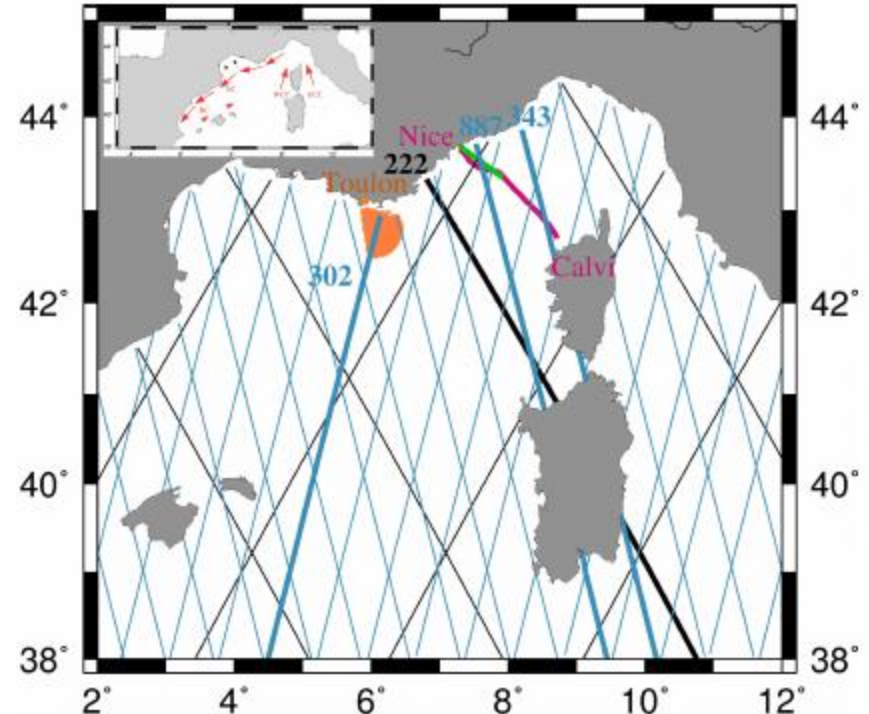
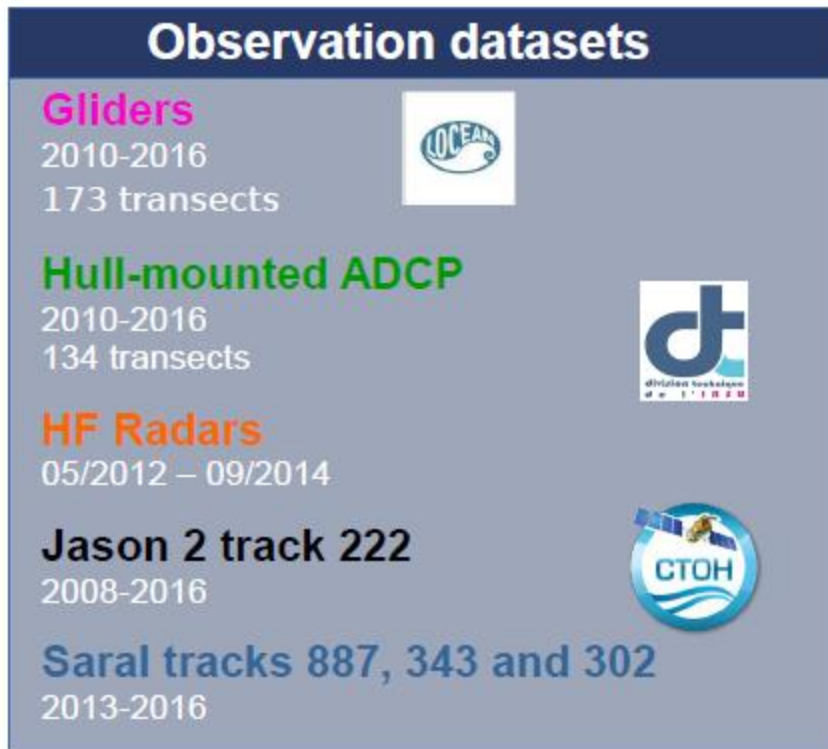


- Méandre chaud du courant Nord manqué par le glider
- Problème de colocalisation temporelle pour les structures rapides



# Inter-comparaisons gliders, ADCP, HFradar, altimétrie

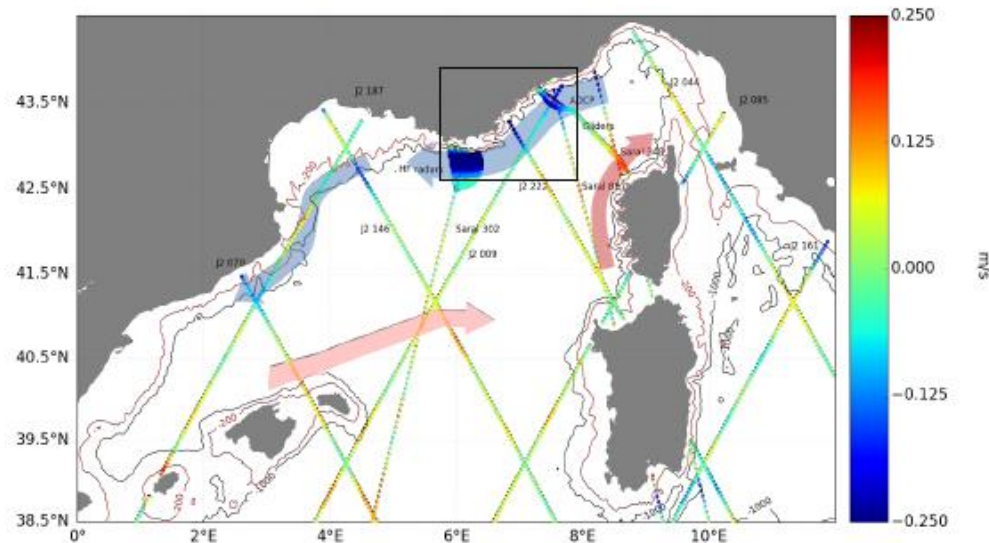
Thèse d'Alice Carret, 2019



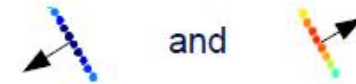
Les moyennes temporelles sur les périodes plus longues (saisonniers, interannuelles) réduisent le « bruit » de ces petites structures rapides  
=> Meilleur inter-comparaison altimétrie-glider-ADCP

## Mean current :

- Time-average current during a common period : 03/2013 – 09/2014



Across-track current



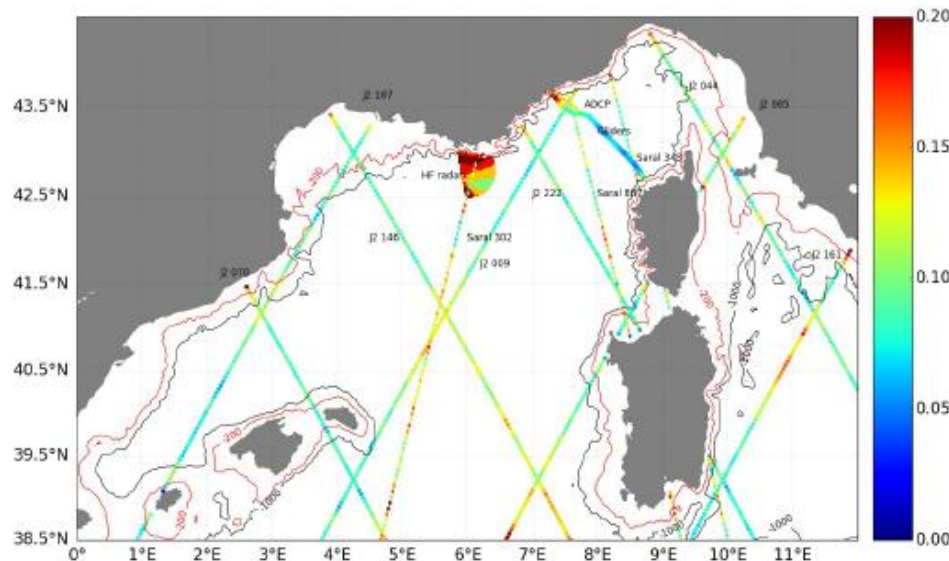
and

→ Mean current maxima : between -0.24 and -0.32 m/s

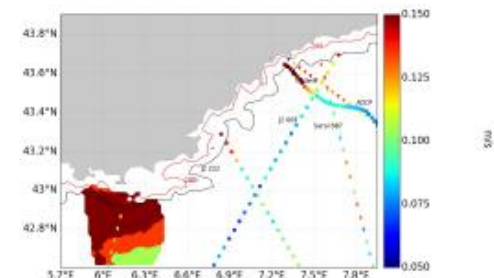
*Carret et al., 2019; Ocean Sciences*

## Variability :

- Standard deviation values during a common period : 03/2013 – 09/2014



→ Larger values (>0.10 m/s) associated with the NC system

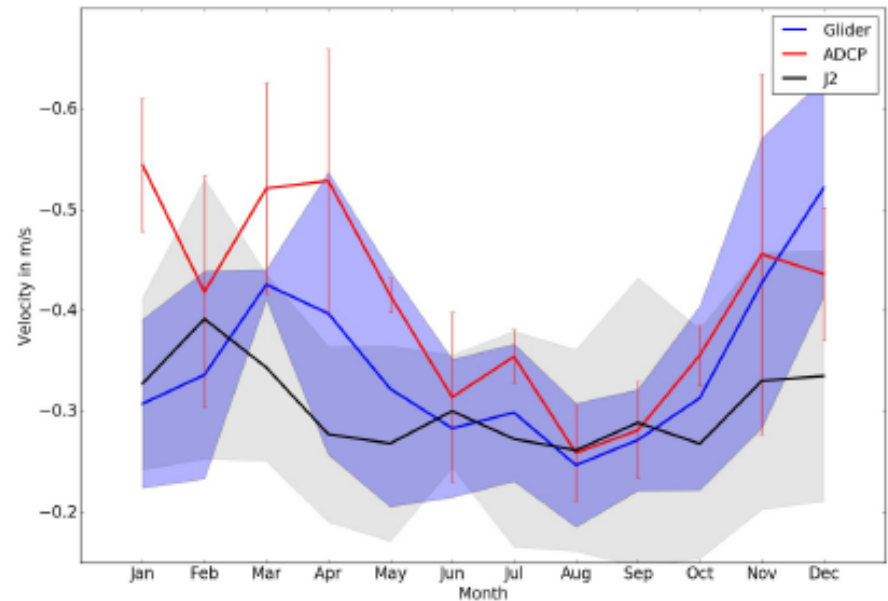


## Seasonal variability :

Climatology of the maximum current amplitude derived from the ADCP, the gliders and the Jason 2 track 222 during the 2008-2013 period

m/s	min	max	amp
ADCP	-0.54	-0.26	-0.29
Glider	-0.52	-0.25	-0.27
Jason 2	-0.39	-0.26	-0.13

→ Amplitude of the NC seasonal variations derived from altimetry **underestimated by ~50 %** compared to the glider and the ADCP.



# Conclusions

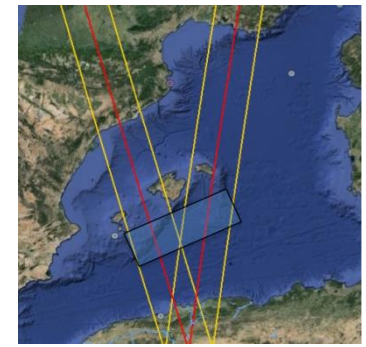
- Altimétrie côtière permet d'observer la diamètre de structures en Mer Méditerranée :
  - de 20-25 km de diamètre en hiver (quand le bruit des vagues est élevés),
  - de 18 km (Saral) et 27 km (Jason) en été
- La co-localisation avec les gliders montre :
  - un bon accord pour les grands tourbillons lents (> 50 km de diamètres)
  - Moins d'accord pour les petites structures rapides (même si altimétrie observe les structures de 20-25 km, c'est la colocalisation temporelle avec l'in-situ qui est difficile)
- Altimétrie permet un suivi du courant nord sur tout la région, mais sous-estime l'amplitude par 50% (Jason)
- Altimétrie du futur (Sentinel-3 : mode SAR; SWOT : SAR-interferométrie en 2D) observera plus des fines échelles
- Réflexion en cours pour les campagnes dédiée des observations à fine-échelle et rapide (altimétrie et in-situ) pour la phase SWOT 1-jour



# SW Mediterranean 2018: the PROTEVS-BIOSWOT campaign

A synergy among three programs:

1. PRE-SWOT (A. Pascual: SWOT-ST, CSIC, IMEDEA, SOCIB)
2. PROTEVS\_SWOT (F. Dumas, P. Garreau : SHOM)
3. BIOSWOT (SWOT-ST; F. d'Ovidio: LOCEAN-IPSL;  
A. Doglioli & G. Grégori : MIO, F. Cyr NAFC)



SWOT 1-day orbit : Jan-Mar 2022

BHO Beautemps-Beaupré (SHOM, France)	R/V García del Cid (CSIC, Spain)	Gliders (MIO & SOCIB)	Drifters (CSIC, SOCIB, SHOM)
28 Avril-14 May 2018	5-17 May 2018		
<p><b>Lagrangian sampling area</b></p>			