

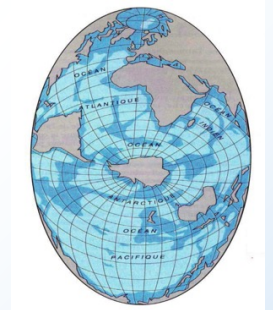
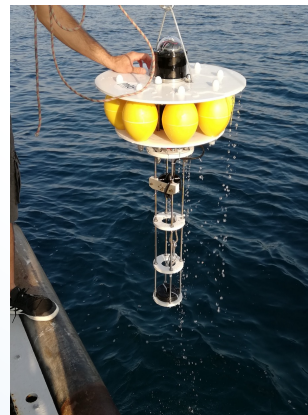
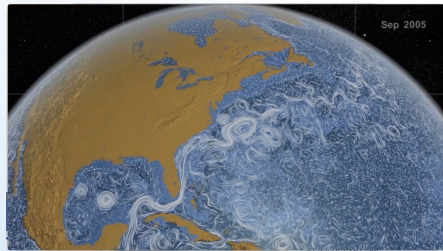


Campagne FUMSECK & Projet FUMSECK-vv Vitesses verticales océaniques

Rencontres MAPI, Fréjus, 17/09/2024

Stéphanie Barrillon (MIO)

Retour d'expérience
Océanographie in situ



Plan

⚓ Introduction

- 💬 Proposition présentation projet

- 💬 Pas science ...

- 💬 Tout petit et spécifique. Hum... 🤔

⚓ Genèse

- ⚓ Campagne océanographique embarquée FUMSECK

- ⚓ Projet LEFE FUMSECK-vv

Genèse

⚓ Contexte et question / défi scientifique

- 🗨 Futur lancement du satellite SWOT
- 🗨 Campagnes océanographiques associées → préparation
- 🗨 Fines échelles océaniques (1-100km) et le défi de leur mesure

Vitesse verticale

Vitesse horizontale

⚓ Idée / verrou

- 🗨 Verrou mesure des vitesses verticales
- 🗨 **Point clef** pour la compréhension des **échanges verticaux** (pompe carbone, flux nutriments)

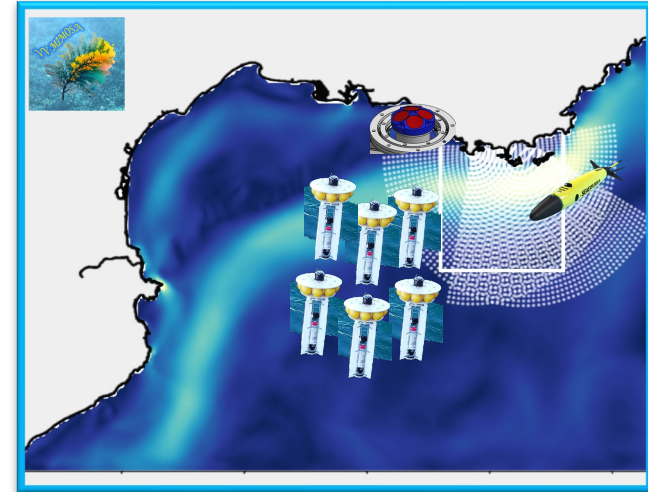
⚓ Brainstorm : quoi, comment, quand, avec qui, qui lead ?

- 🗨 Discussion avec les futurs acteurs / définition du groupe de travail / répartition des tâches thématiques
- 🗨 Todo list / sélection / adéquation avec les forces en présence (RH, financiers, techniques, admin)
- 🗨 Budget / timing

Spécificités océanographie

⚓ Pluridisciplinaire

- Communautés, méthodes, objectifs différents
- Sources et structures des données différentes (satellite, modélisation, multi-plateformes)



⚓ In situ

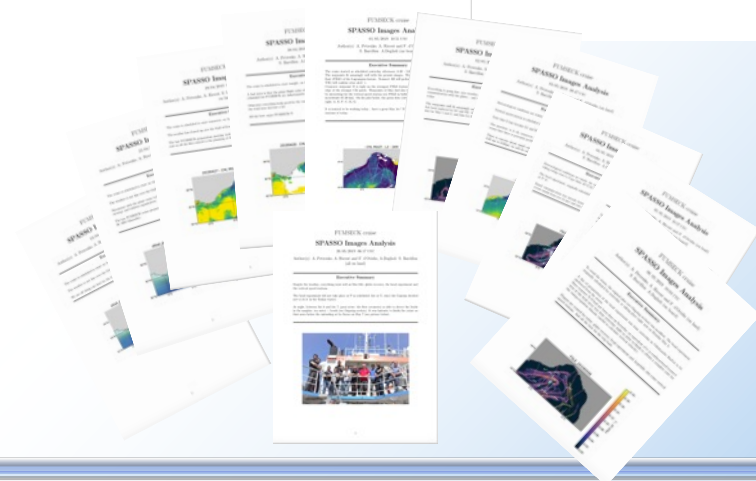
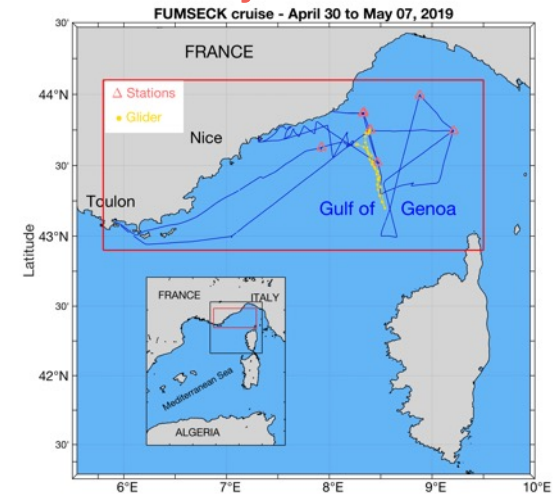
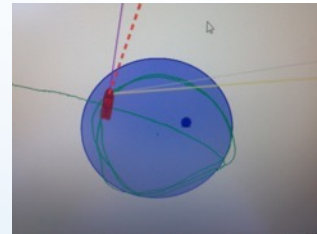
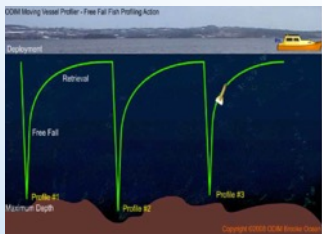
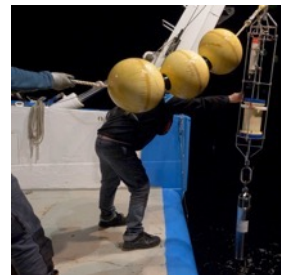
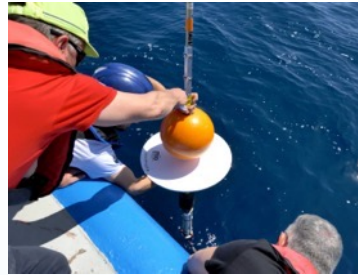
- Campagnes en mer
- Financements → désynchronisés
- → Montrer des résultats avant d'avoir le financement
- Dépendant des contraintes géopolitiques, météorologiques, etc → nécessité d'adaptabilité

FUMSECK (*Facilities for Updating the Mediterranean Submesoscale - Ecosystem Coupling Knowledge*), 30 avr - 07 mai 2019, mer Ligurienne. R/V Téthys II (S. Barrillon)

Préparation SWOT. Mesures couplées phys/bio

Résultats :

- Vitesses verticales
- Effet tempête phys-bio



Stratégie lagrangienne avec SPASSO

Campagne phase 1 : 2018

⚓ Demande campagne (2 mois)

💬 **Travail préliminaire** : récup dossiers passés, voir démarche admin, téléchargement skeleton dossier, infos nécessaires

💬 **Montage organisationnel**

- navire, période, zone, durée, type de campagne
- type de travaux, instrumentation, programme
- embarquants, personnel à terre, chef de mission, leurs rôles
- programmes de rattachement, mots-clefs

💬 **Montage scientifique**

- contexte et problématique, objectifs et résultats escomptés
- stratégie des acquisitions, plan journalier et calendrier prévisionnel
- plan d'exploitation des résultats, références

💬 **Montage Financier**

💬 **Nom - Acronyme - Logo**

💬 **Animation groupe de travail**



Campagne phase 2 : 2018 - 2019

⚓ Préparation campagne (1 an)

🗨️ Scientifique

- Instruments, méthodes, outils, codes, analyses, données
- Work packages : besoins, avancées, synthèses

🗨️ Administratif / organisationnel

- Budget : arbitrage, devis, bons de commande, suivis de livraison
- Autorisations : zones de travaux, types de travaux / prélèvements
- Collaborateurs : OM, transport, communication, planning / attributions des quarts
- Instruments : matériel, colisage (+ volume, poids, contenus, prix), transport

🗨️ Flotte océanographique

- Dossier préparation campagne:
opérations et calendrier précis / points / zone / travaux
- Réunion de pré-campagne, visite du navire et discussion capitaine

🗨️ → réunions 1/mois avec ordre du jour et minutes

Campagne ! : mai 2019

Réalisation campagne (7 jours)

Mobilisation (1 jour)

- Transport collaborateurs et instruments
- Installation sur le navire
- Présentation aux marins, explication des travaux

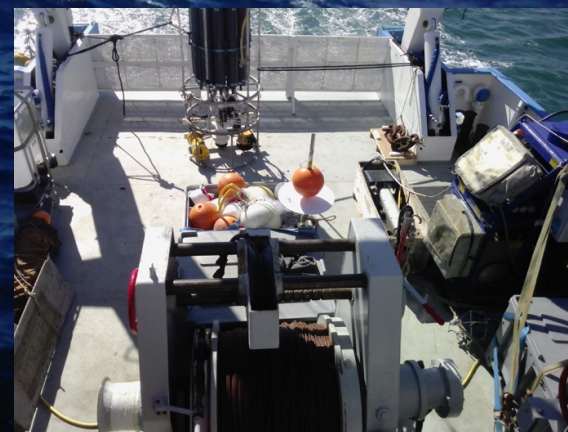


Campagne

- Lien scientifiques / marins, contact capitaine, liens personnels à terre
- Stratégie adaptative en fonction des conditions météo / autorisations / avancée des travaux / pb techniques etc
- Réalisation des travaux / supervision / aide / remplacements / roulement repas
- Communication / tweets / etc

Démobilisation (1 jour)

- Rangement et transport
- Récupération données



Campagne phase 4 : 2019 - 2023

Post-campagne

Court terme

- Données : backup / stockage / accessibilité
- Cruise report

Moyen terme

- Analyse des données
- Encadrement étudiants
- Préparation publications :
choix thématiques / journaux, répartition tâches, supervision résultats

Long terme

- Émergence et préparation de nouveaux projets
- Recherche financements

Animation de l'équipe

Dernière publi nov. 2023 + thèse nov 2023

Projet LEFE FUMSECK-vv

PI S. Barrillon, A. Petrenko

Dans la continuité de FUMSECK → mesures vitesses verticales

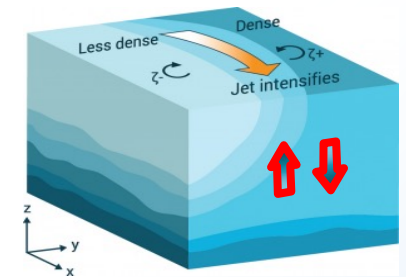
Un défi de taille

Verrou technique

- beaucoup moins intenses $\mathcal{O}(\text{mm/s})$ que courants horizontaux $\mathcal{O}(10 \text{ cm/s})$
- mesures *in situ* très complexes

Au cœur des questions scientifiques actuelles

- impact sur tous les processus océaniques
- point clef pour la compréhension des **échanges verticaux** (pompe carbone, flux nutriments)
- présence échelles meso-submeso (1-100 km / 1-10 jours)

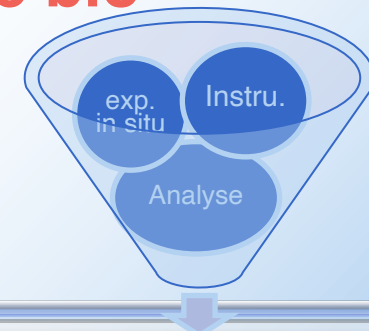


<https://www.mercator-ocean.fr/en/portfolio/medsub-2/>

FUMSECK-vv : Mesure *in situ*, fine échelle, couplage bio

Mise en œuvre :

- Développement instrumental et méthodologique
- Expériences *in situ*
- Analyse de données



Projet LEFE phase 1 : 2019 et 20

📌 Dossier projet (2 mois, accepté pour début 2021)

💬 **Travail préliminaire** : dossiers passés, démarche admin, téléchargement dossier, infos nécessaires

💬 **Montage organisationnel**

- nom / acronyme, durée, type de projet
- Working Packages et responsables, collaborateurs et rôles
- calendrier, diagramme de Gantt
- liens avec autres projets, mots-clefs

💬 **Montage scientifique**

- contexte et problématique, question scientifique, objectifs et résultats escomptés
- plan de recherche, méthodes
- plan d'exploitation des résultats, références

💬 **Montage Financier**

- ressources demandées et cofinancement
- budget détaillé

Projet LEFE phase 2 et 3 : 2021-2023 et 2024

Réalisation projet

Scientifique

- développement instrumental
- analyse de données
- encadrement étudiants
- conférences, publications
- animation : réunions plénières 2 fois/an

Administratif / organisationnel

- budget : arbitrage, devis, bons de commande, suivis de livraison
- fiches DIALOG 1/an

Après la fin de projet

Restitution

Nouveaux projets...

⚓ Vitesses verticales et dynamique océanique à fine échelle

- 🗨️ 3 ans 2021-2023, LEFE-IMAGO, « projet à risque », 21.5 k€
- 🗨️ **Mots-clefs** : fines échelles, vitesses verticales, instrumentation *in situ*, observations satellite, FUMSECK, BioSWOT, SWOT
- 🗨️ **Campagnes en mer** : FUMSECK 2019, VVPTEST (2020-2023), PROTEVS-Med (2018), PROTEVS-Gascogne (2022), BioSWOT-Med (2023)
- 🗨️ **Tests « labo »** : fosse COMEX 2021, soufflerie 2021

⚓ Liens avec d'autres projets

- 🗨️ 2 projets Amidex, 2 CNES, 1 ESA-Serco, 3 LEFE

⚓ ~30 participants

- 🗨️ **MIO** : OPLC (Phys.) (8), CYBELE (Biogéochimie) (2), SAM (Services à la mer) (1)
- 🗨️ IRPHE (3)
- 🗨️ LOCEAN (2), LOPS (4), LEGOS (4)
- 🗨️ SHOM (2), Ifremer (1)
- 🗨️ Canada (1)

Organisation

⚓ Work Packages

🗨️ **WP 0** : Coordination

🗨️ **WP 1** : Mesures *in situ*

- a. analyse données, confs, publis
- b. développement instrumental
- c. campagnes en mer
- d. analyse données nouvelles campagnes, confs, publis

🗨️ **WP 2** : Fines échelles et vitesses verticales

- a. SPASSO
- b. inter-analyse données (modé)

🗨️ **WP 3** : Couplage (phys-bio)

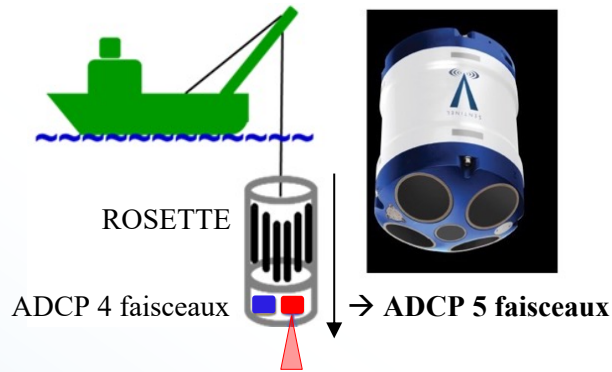
- a. inter-analyse FUMSECK
- b. inter-analyse nouvelles campagnes

Working Points	jan - juin 2021	juill - déc 2021	jan - juin 2022	juill - déc 2022	jan - juin 2023	juill - déc 2023
0 WP 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 WP 1a	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1 WP 1b	✓	✓	✓	✓	✓	
1 WP 1c	* ✓	X * ✓	* ✓	* X ✓	✓	✓
1 WP 1d			✓	✓	✓	✓
2 WP 2a	✓		✓	✓		✓
2 WP 2b		✓	✓	✓	✓	✓
3 WP 3a	✓	✓	✓	✓		
3 WP 3b		X	X	✓		@

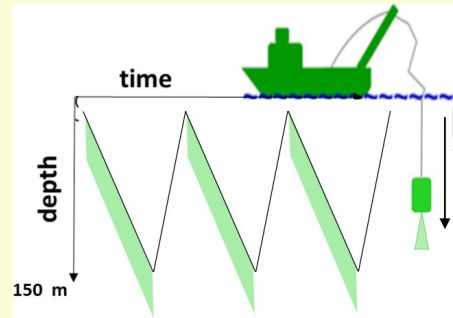
Mesures Innovantes

⚓ *In situ* (ADCP Acoustic Doppler Current Profiler) → ~mm/s

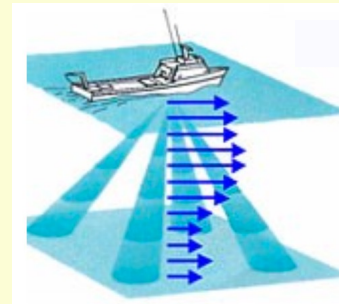
🗨️ Classique



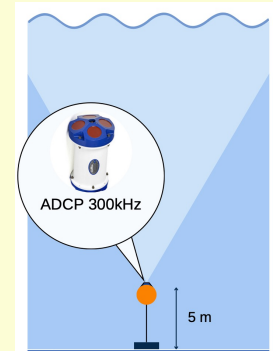
🗨️ → Free-Fall



🗨️ → Coque

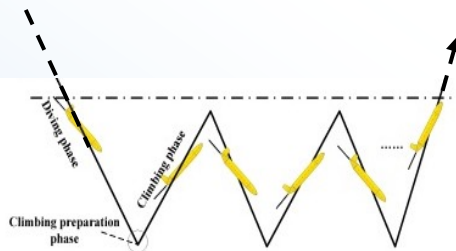


🗨️ → Mouillage

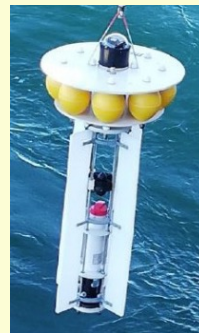


⚓ *In situ* / modèle de vol → ~mm/s

🗨️ Glider



🗨️ → VVP (Vertical Velocity Profiler)



- Profileur autonome. Remontée libre
- Mesure de sa vitesse
- Vitesse verticale océanique =
vitesse mesurée – modèle de vol

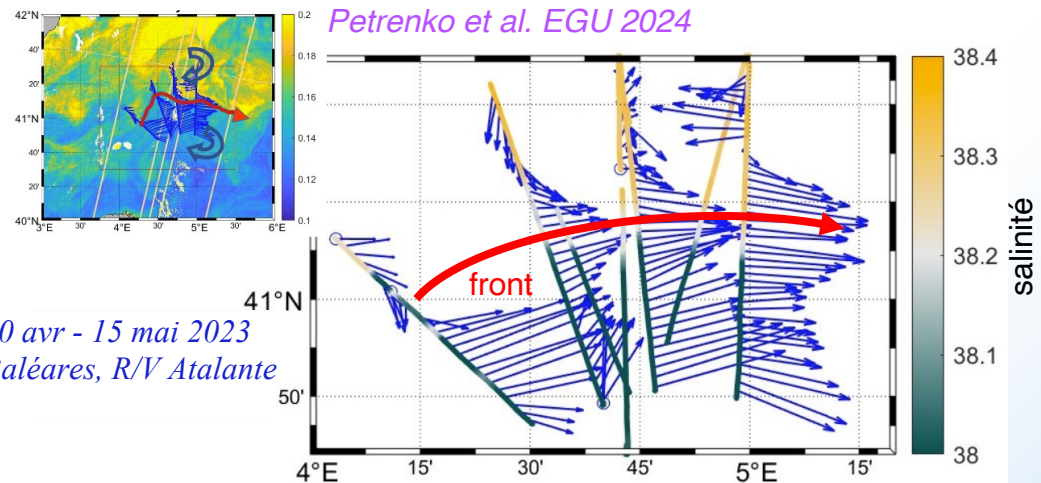
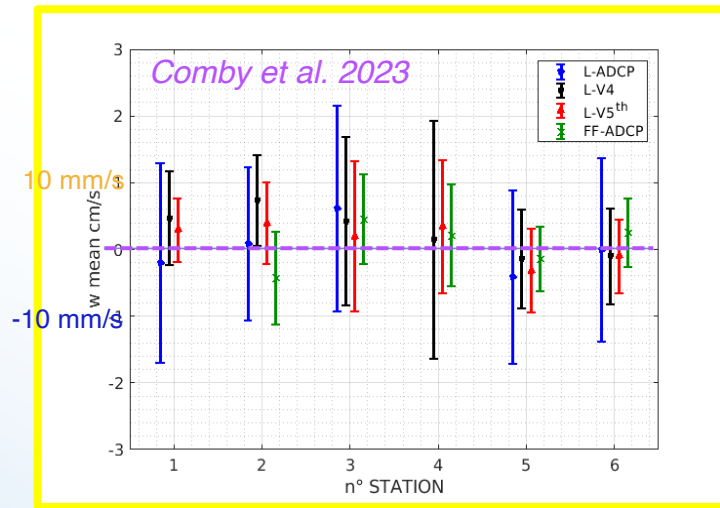
Fines échelles - ADCP station

⚓ **ADCP** (Acoustic Doppler Current Profiler)

- 🗨️ Optimisation 4 méthodologies
- 🗨️ Analyse approfondie erreurs

⚓ **FF-ADCP BioSWOT-Med**

- 🗨️ Dynamique frontale sous SWOT
- 🗨️ Mesures vitesses verticales in situ



- ➔ Mesure valide. Précision $\sim 5 \text{ mm.s}^{-1}$
- ➔ Erreur de mesure \sim variabilité
- ➔ Meilleure : 5 faisceaux en chute libre

➔ Première mise en évidence directe vitesses verticales / front

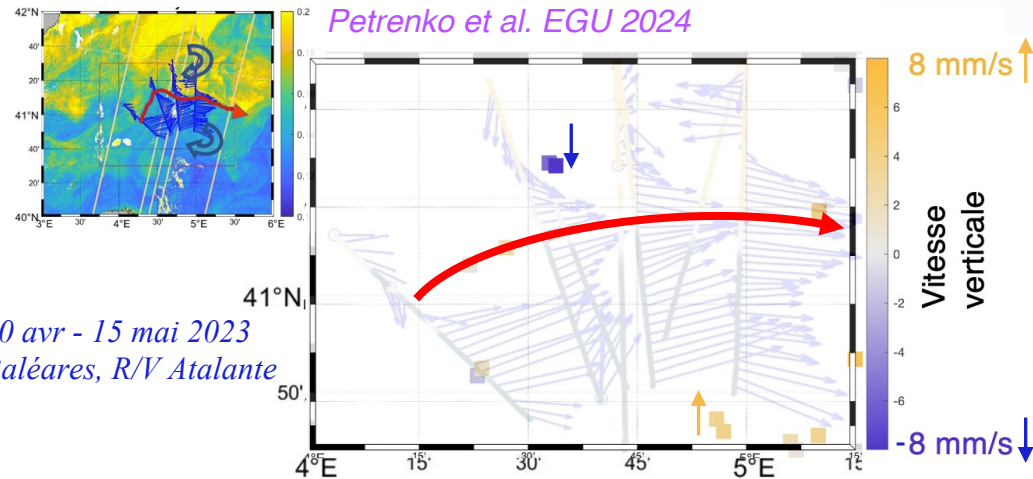
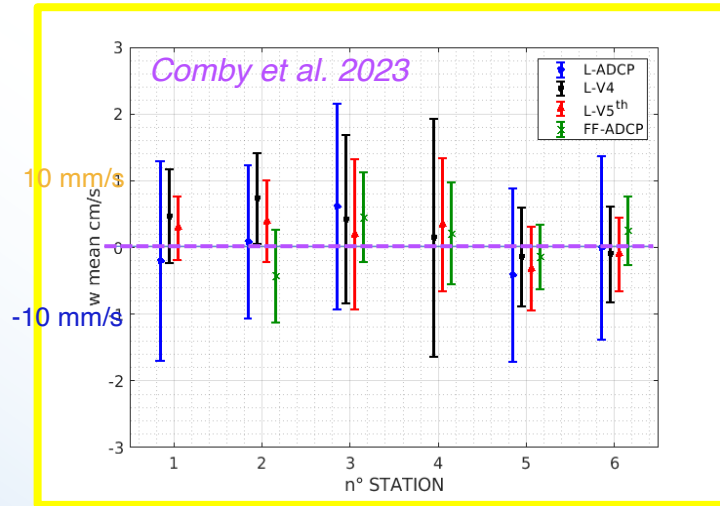
Fines échelles - ADCP station

🚢 **ADCP** (Acoustic Doppler Current Profiler)

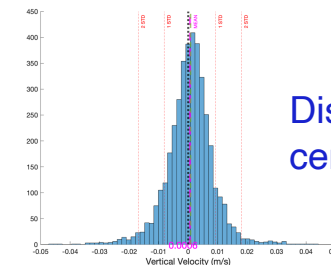
- 🗨️ Optimisation 4 méthodologies
- 🗨️ Analyse approfondie erreurs

🚢 **FF-ADCP BioSWOT-Med**

- 🗨️ Dynamique frontale sous SWOT
- 🗨️ Mesures vitesses verticales in situ



- ➔ Mesure valide. Précision $\sim 5 \text{ mm.s}^{-1}$
- ➔ Erreur de mesure \sim variabilité
- ➔ Meilleure : 5 faisceaux en chute libre

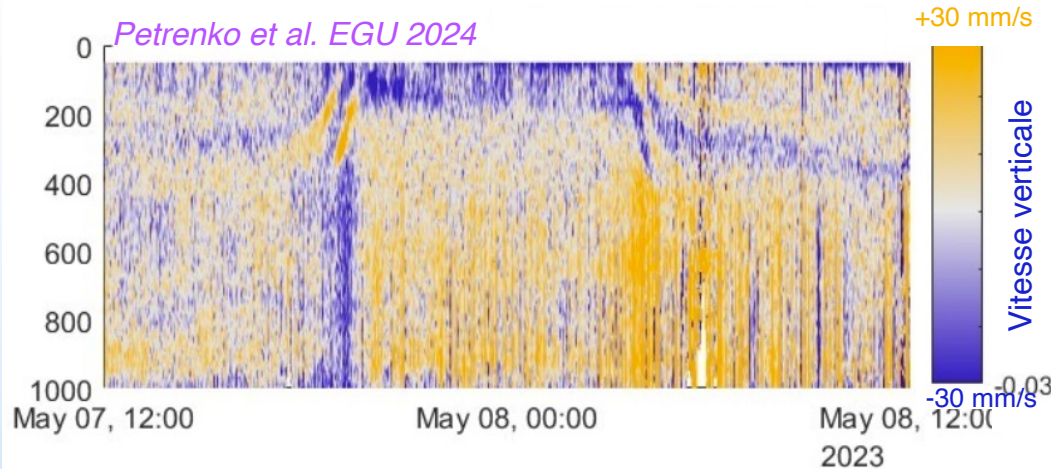


➔ Première mise en évidence directe vitesses verticales / front

Processus biologiques / physiques

⚓ ADCP coque

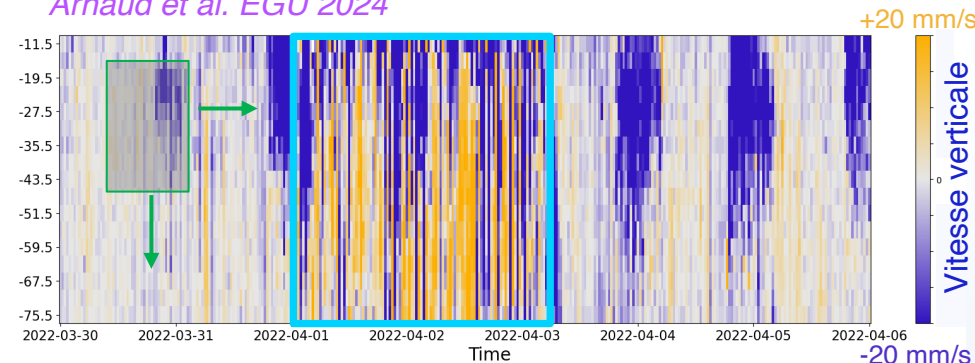
- 🗨️ FUMSECK – BioSWOT-MED
- 🗨️ Correction pilonnement
- 🗨️ Signaux biologiques



⚓ Mouillage JULIO

- 🗨️ ADCP – 100m – baie de Marseille

Arnaud et al. EGU 2024



- 🗨️ Vitesses verticales descendantes nuit - printemps → signal biologique
- 🗨️ Algorithme de filtrage
- 🗨️ **Upwelling** → 1.9 mm/s
(-3.7mm/s sans filtrage bio)

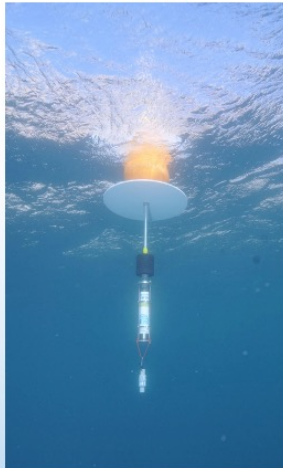
➔ Validation de mesure souvent jugées inexploitable

Vertical Velocity Profiler

⚓ VVP (Vertical Velocity Profiler)

- 🗨 Instrument autonome
- 🗨 Modèle de vol
- 🗨 Caractérisation dynamique
 - Tests en soufflerie, mer, environnement contrôlé

2019



2021



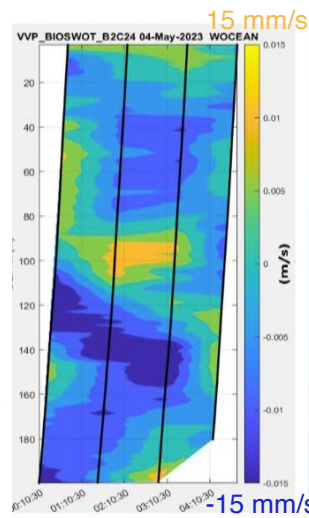
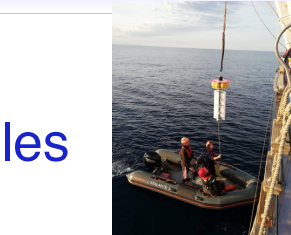
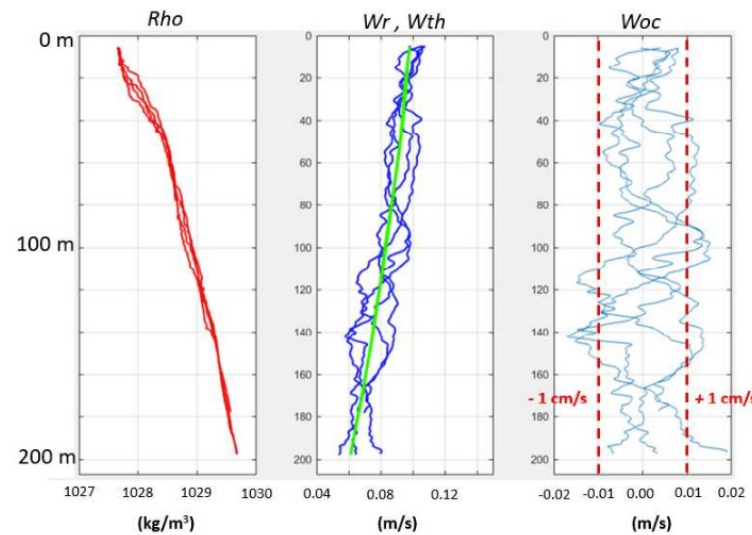
2022



⚓ BioSWOT-Med

- 🗨 Mesure vitesses verticales

Fuda et al. 2023

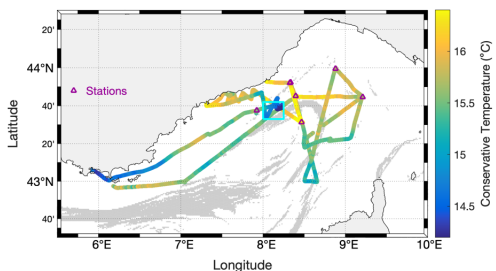


- 🗨 Erreur modèle de vol ~ 5 mm/s
- 🗨 Complémentaire FF-ADCP

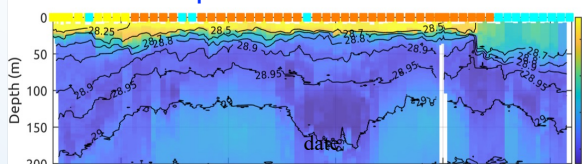
- ➔ Instrument innovant - Autonome - Low cost
- ➔ Facile d'utilisation – Demandé pour de nombreux projets

Masses d'eau et phytoplancton *in situ*

Température Surface

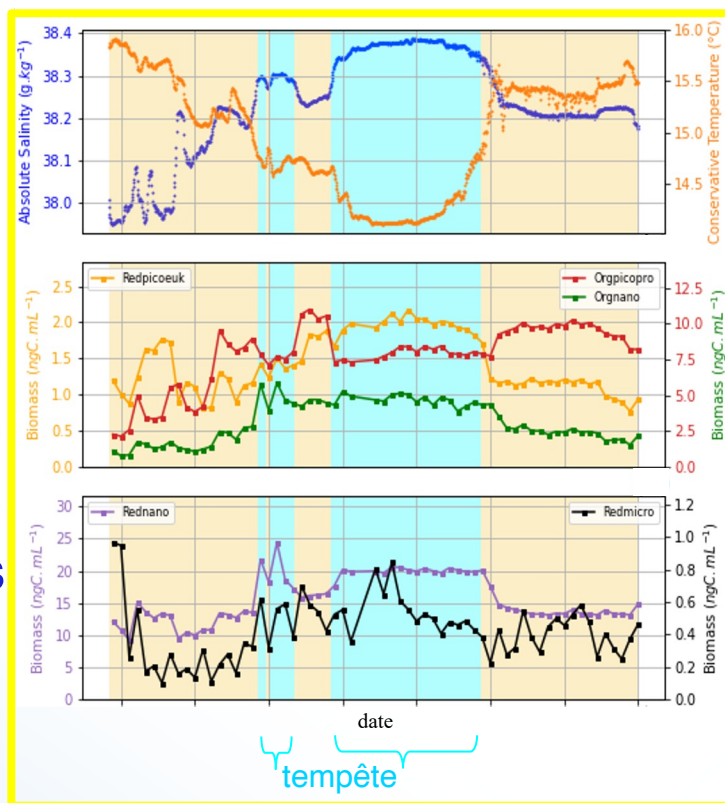


Température Glider



- 🗨️ Événement tempête
- 🗨️ Surface ↗️ nutriments
↗️ biomasse
- 🗨️ Dilution Chloro

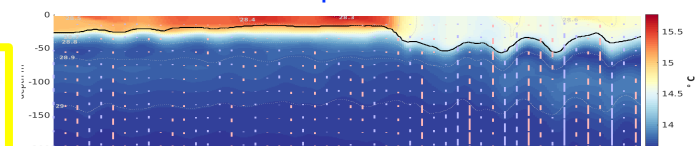
Barrillon et al. 2023



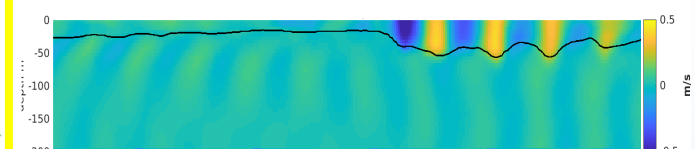
➔ Approches multidisciplinaires

Modèle Symphonie

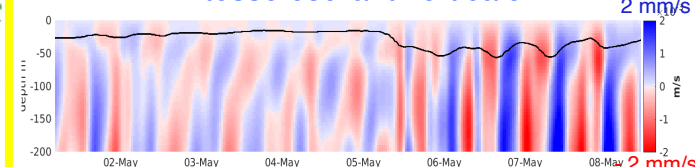
Température



Vitesse courant vers l'Est



Vitesse courant verticale



- 🗨️ Approfondissement couche mélange
- 🗨️ Intensification courant
- 🗨️ Oscillations

Étudiants - Vitesses verticales

⚓ Thèses

- 🗨️ 2023 - 2026 : **Maxime Arnaud**, “Vitesses verticales et fines échelles en Méd. NO”
- 🗨️ 2020 - 2023 : **Caroline Comby**, “Dynamique océanique à fines échelles et vitesses verticales”

⚓ M2, ingénieur

- 🗨️ 2021 : **Margaux Dufosse**, Intechmer, VVP
- 🗨️ 2020 : **Caroline Comby**, M2, ADCP FUMSECK

⚓ M1

- 🗨️ 2023 : **Eva Lefèvre**, FF-ADCP BioSWOT-Med
- 🗨️ 2022 : **Anastasia Volorio-Galéa**, ADCP de coque PROTEVS-Gibraltar

⚓ L3

- 🗨️ 2024 : **Chloé Lefèvre**, FF-ADCP et VVP BioSWOT-Med
- 🗨️ 2023 : **Harry Boutemy**, VVP BioSWOT-Med
- 🗨️ 2022 : **Margaux Laville** VVPTest-JULIO, **Léa Criado** VVP tests en fosse, **Yohan Esteves** VVP modèle de vol
- 🗨️ 2021 : **Ombeline Sue** VMP, **Charlotte Cunci** ADCP de coque FUMSECK
- 🗨️ 2020 : **Yann Darchin**, Glider FUMSECK

⚓ L2

- 🗨️ 2021 : **Claire Raffaelli**, VVP tests fosse
- 🗨️ 2020 : **Ombeline Sue**, ADCP de coque FUMSECK

Publications

- ⚓ **J.-L. Fuda et al.**, *Estimating ocean vertical velocities using an autonomous multipurpose profiler*, 2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea (MetroSea), pp. 6-10. IEEE (2023)
- ⚓ **C. Comby, et al.**, *Near Inertial Oscillations and Vertical Velocities Modulating Phytoplankton After a Storm in the Mediterranean Sea*, Journal of Water Resources and Ocean Science, 12(2), 31-37 (2023)
- ⚓ **S. Barrillon, et al.**, *Phytoplankton reaction to an intense storm in the northwestern Mediterranean Sea*, EGU sphere, pp.1-30 (2022)
- ⚓ **C. Comby, et al.**, *Measuring vertical velocities with ADCPs in low-energy ocean*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 39(11), pp.1669-1684 (2022)

Conférences

- † **A. Petrenko et al.**, *Complex 3-D oceanic velocities at SWOT scales exhibited during the spring 2023 BioSWOTMed cruise*. EGU General Assembly (2024)
- † **M. Arnaud et al.**, *Biological processes and wind contributions to 3-D fine-scale dynamics in a coastal area* EGU General Assembly (2024)
- † **J.-L. Fuda et al.**, *Estimating ocean vertical velocities using an autonomous multipurpose profiler*, IEEE MetroSea (2023)
- † **S. Barrillon et al.**, *Phytoplankton reaction to an intense storm in the northwestern Mediterranean Sea*, ASLO Aquatic Science Meeting (2023)
- † **C. Comby et al.**, *Vertical velocities in the North- western Mediterranean Sea : combining in situ and modeling approach*, Copernicus Meetings, pp. EGU22-3920 (2022)
- † **C. Comby et al.**, *New insights for direct in situ measurement of oceanic vertical velocities in fine-scale studies*, Ocean Sciences Meeting (2022)
- † **J.-L. Fuda et al.**, *Une nouvelle approche pour mesurer la composante verticale des courants océaniques*, Journées Drones & Capteurs, Ile d'Oléron (2021)
- † **S. Barrillon et al.**, *Study of fine- scale dynamics and their coupling with biogeochemistry - FUMSECK cruise*, in EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-7199) (2021)
- † **C. Comby et al.**, *New insights for direct in situ measurement of oceanic vertical velocities in fine-scale studies*, in EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21- 4632) (2021)
- † **J.-L. Fuda et al.**, *A new approach for measuring ocean vertical velocities*, in EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-9371) (2021)

Outreach

⚓ Présentations scolaires

- 🗨️ 2023 : CM2 École château Sec, Les Océans en mouvement
- 🗨️ 2021 : 6^{ème} Collège Sylvain Menu, Océanographie : physique et biologie, associées pour la vie

⚓ Fêtes de la science : VVP stand

⚓ News / Tweets

- 🗨️ Réguliers 2019-2023 FUMSECK & VVP

⚓ Vidéos

- 🗨️ FUMSECK (par Gérald Grégori) : FF-ADCP, MVP, VVP
- 🗨️ C'est toujours pas sorcier (2021)

Conclusions

⚓ Campagne en mer FUMSECK (2018 – 2023) campagne en 2019

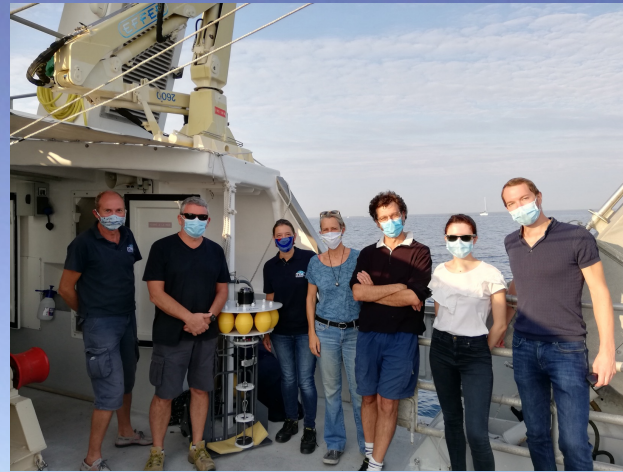
⚓ Projet LEFE FUMSECK-vv (2019 – 2024) projet 2021-2023

⚓ Outcome

- 🗨 **Développement instrumental** → 2 instruments validés et matures
mesure vitesses verticales ~mm/s
- 🗨 **Déploiement en mer** → mise en évidence dynamique verticale en zone frontale lors de BioSWOT-Med 2023
- 🗨 **Analyses de données**
- 🗨 16 étudiants, 4 publications, 10 conférences, outreach

⚓ Management

- 🗨 Anticipation – communication
- 🗨 Scientifique – organisationnel – administratif – financier
- 🗨 Zoom plan large - macro

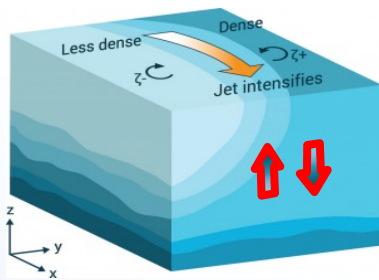
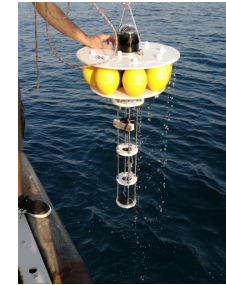
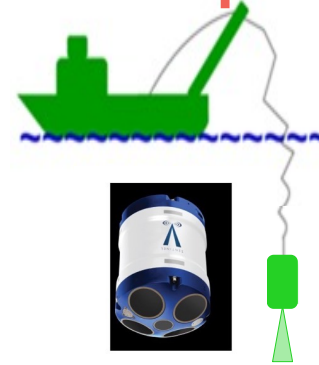


Objectifs

Vitesses verticales et dynamique océanique à fine échelle

⚓ Mesure *in situ* directe des vitesses verticales océaniques

- 💬 Comment ? Meilleure technologie ?
- 💬 Avec quelle précision ?



⚓ Dynamique à fine échelle

- 💬 Mise en évidence *in situ*
- 💬 Compréhension des mécanismes

<https://www.mercator-ocean.fr/en/portfolio/medsub-2/>

⚓ Couplage avec la biogéochimie

- 💬 Pompe à carbone
- 💬 Remontée des nutriments
- 💬 Biodiversité, populations planctoniques

→ Stratégie

- 💬 Développement instrumentale
- 💬 Déploiement *in situ*
- 💬 Analyse approfondie