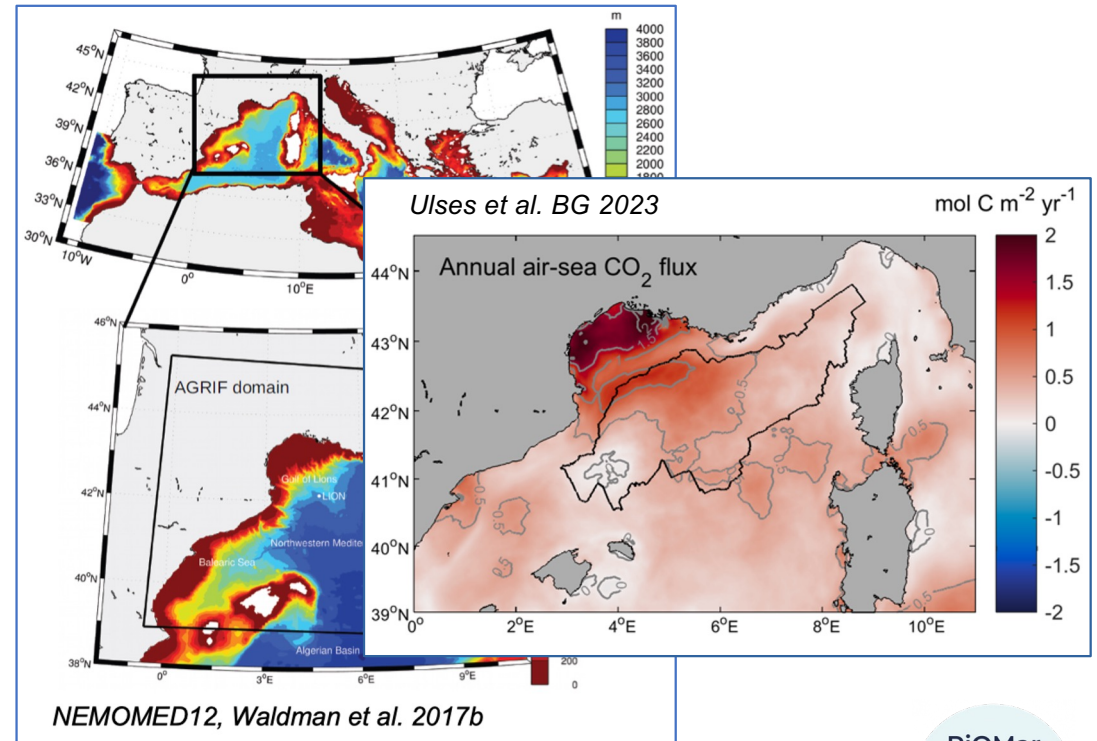


Interactions Observation/Modélisation en Méditerranée



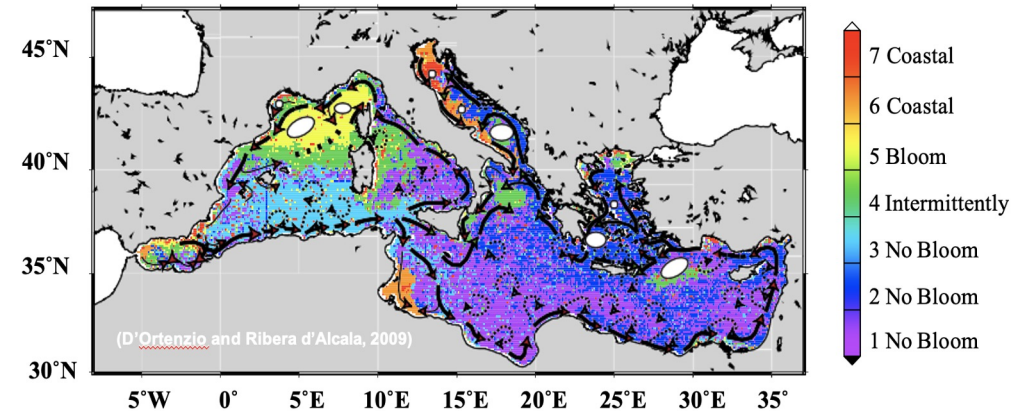
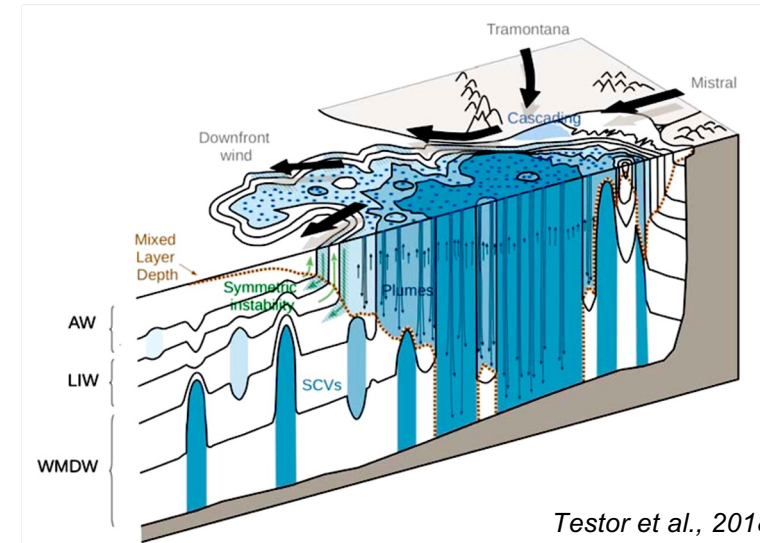
L.Coppola, C.Ulses, C.Estounel, S.Somot & équipes MOOSE, SYMPHONIE, CNRM



Journées Fr-OOS 25 & 26 septembre 2024



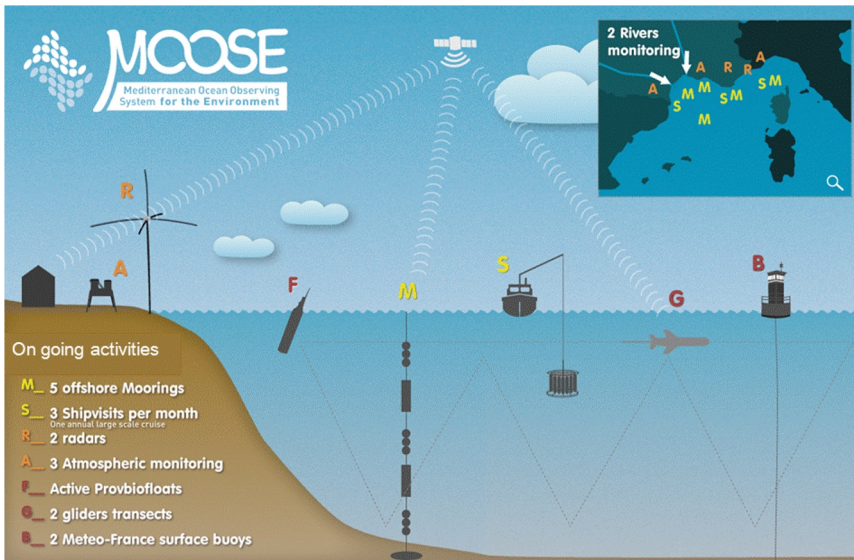
- Mer Méditerranée « **hotspot** » pour le changement climatique avec des effets sur des échelles de temps plus rapides que l'océan mondial (THC 100 ans)
- Site dynamique de **convection profonde** induisant une ventilation régulière des eaux intermédiaires et profondes (**idéal pour le suivi climatique**)
- Le bassin NO est caractérisé par une saisonnalité marquée de la **productivité phytoplanctonique**
- Forte pression **anthropique** (30% tourisme et commerce mondial)
- **Observations** : circulation méso-échelle, variabilité de la convection, évolution du contenu en O₂, nutriments, DIC/pH, dynamique du plancton, apports aux interfaces



⇒ **Nécessité d'un système d'observation de cette zone clé de la Méditerranée résolvant une large gamme d'échelles avec couplage physique-chimie-biologie**



MOOSE et al.: un système d'observation intégré à l'échelle régionale



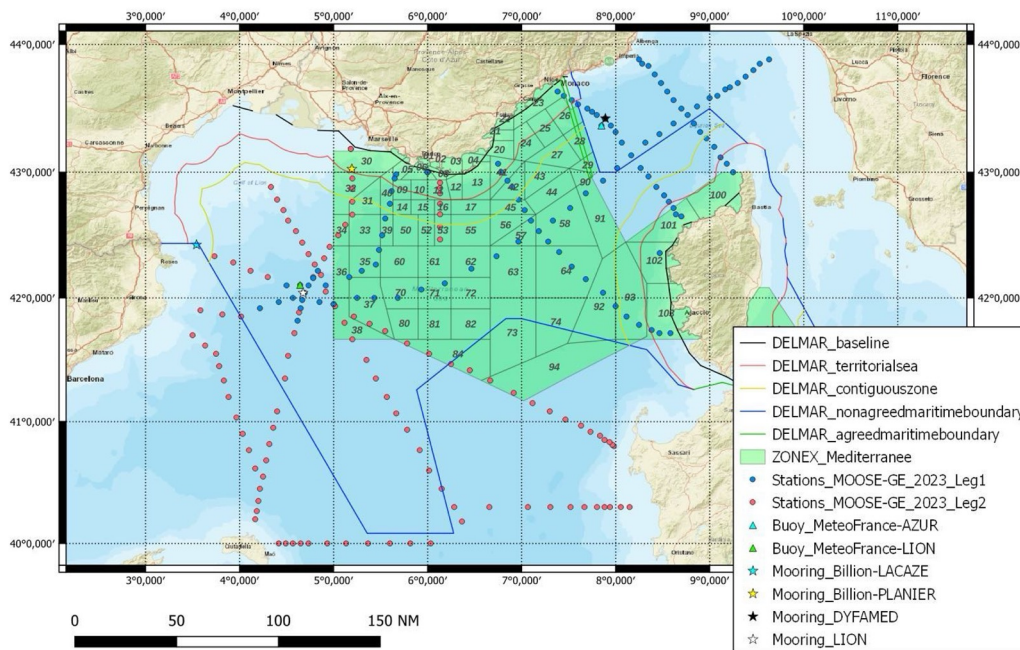
- Axes multidisciplinaires (de la physique à la biologie)
- Approche multi-échelles (surface-fond, minutes à la décennie)
- Connexion avec les interfaces (fleuves et atmosphère)
- Maintenance des longues séries temporelles
- Forte synergie avec les SNO existants, les infrastructures, les bases de données et les projets de recherche (ANR, PPR, HORIZON...)



MOOSE-GE: la campagne annuelle à grande échelle



- Campagne type observation (récurrente) dans le bassin nord-occidental de la Méditerranée (depuis 2010)
- Cartographier l'évolution des propriétés des masses d'eau, du contenu biogéochimique et des communautés zooplanctoniques
- Maintenance & intercomparaison des plateformes pour garantir la qualité des jeux de données
- Mutualisation des efforts !



Outil essentiel dans un système d'observation régional, multidisciplinaire et intégré !

Des modèles pour quoi faire ?

Pour la modélisation du climat et processus (PHY + BGC):

- Modéliser la mer Méditerranée (ses phénomènes clés et ses interactions)
- Comprendre le passé (variabilité, attribution des tendances, évènements)
- Prévoir l'évolution future (scénarios, évènements, incertitudes)
- Prévisions à courte échéance (Mercator)
- Faire avec les modèles tout ce qu'on ne peut pas faire avec des observations
- Améliorer les études de processus (ex. ventilation O₂, dynamique saisonnière du DIC, du phytoplancton...)

Besoins en observation:

- Augmenter la **fréquence** des observations et être capable de combler « les trous »
- Étendre la **couverture** spatiale et temporelle des observations (présent)
- **Projections** climatiques avec scénarios « anthropiques » pour prise de décision (ex. 2050-2080-2100)

Evaluation des modèles et incertitudes: un des principaux verrous/freins

- **Étape cruciale mais souvent incomplète**
- **Besoin d'observations :**
 - ✓ Difficultés: fréquence temporelle et spatiale, connaissance, accès, format, incertitudes, cohérence, interprétation (ex. qualité de la MOP)
 - ⇒ Besoin d'homogénéisation/intercalibration des observations
 - ⇒ Interactions obs-modèles à renforcer via les IR, via les groupes de travail (type SIMED) ?
 - ✓ Coûts RH et financiers (ex. accès FOF...) !

- **Quantification de l'incertitude**

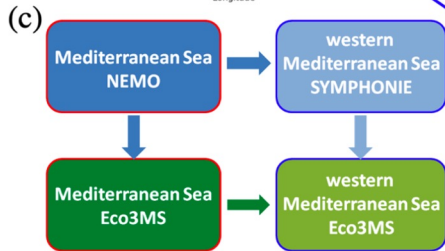
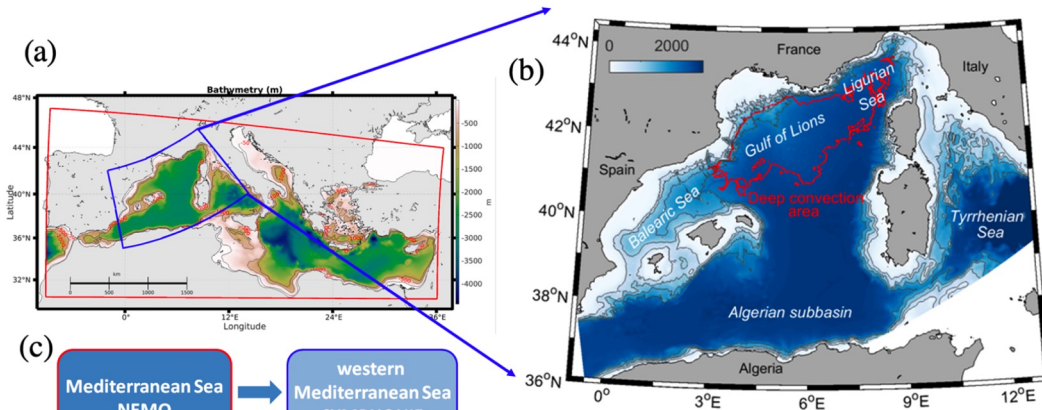
Sensibilité des modèles aux paramètres, aux forçages, à la structure par des approches multi-modèles ou des simulations d'ensembles

- **Autres pistes: les réseaux de neurones (ex. CANYON-MED):**

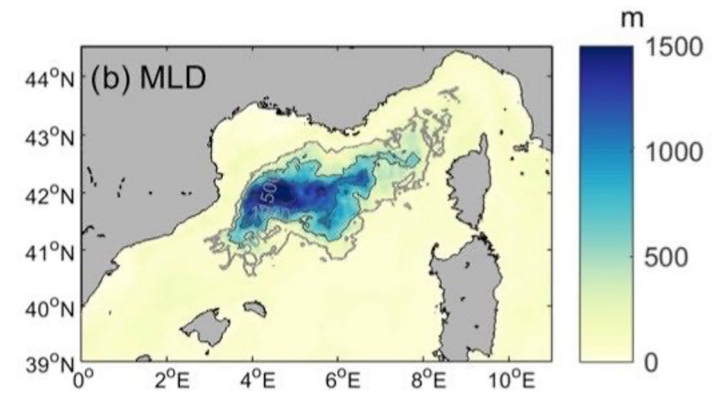
Entraînement & prévisions, correction des biais, assimilation, simulations « low cost », ...

Le modèle couplé PHY-BGC SYMPHONIE ECO3M-S

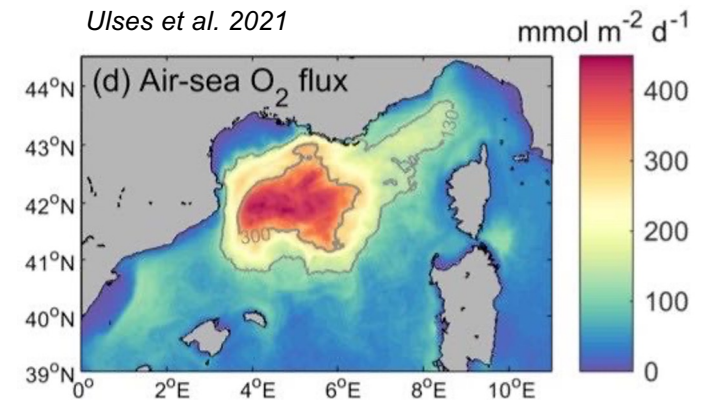
C. Estournel, C. Ulses, P. Marsaleix
LEGOS, OMP, Toulouse



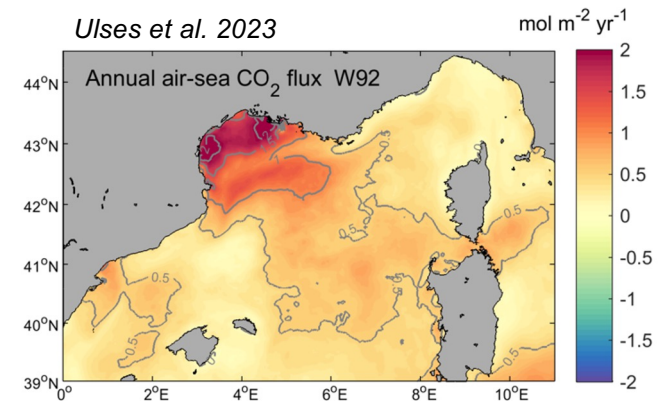
- Les données des campagnes MOOSE-GE permettent d'améliorer l'état initial du modèle régionale haute-résolution, qui représente l'évolution de la couche mélangée en automne et hiver.
- Approche intégrée (campagnes MOOSE-GE + flotteurs Argo + mouillages) a permis d'améliorer et de valider les simulations des flux d'O₂ et de CO₂ (air-mer) issues du modèle couplé SYMPHONIE ECO3M-S



Ulses et al. 2021

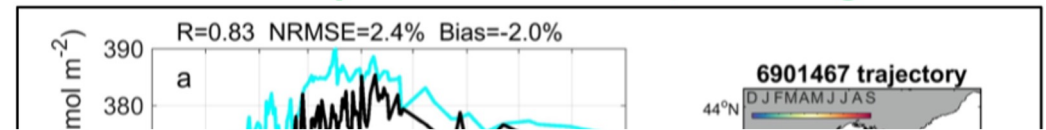


Ulses et al. 2023



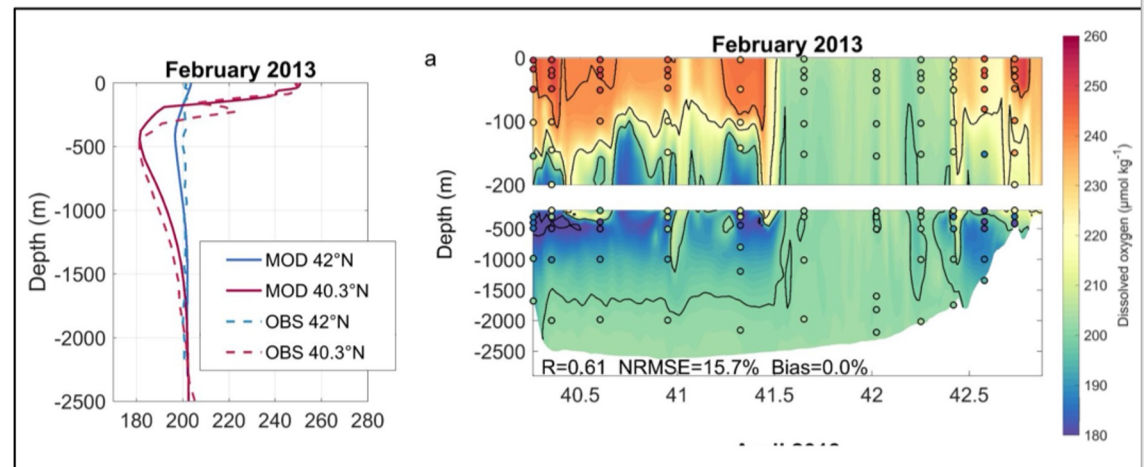
Convection profonde - Evaluation du modèle couplé

Comparaison modèle/BGC-Argo

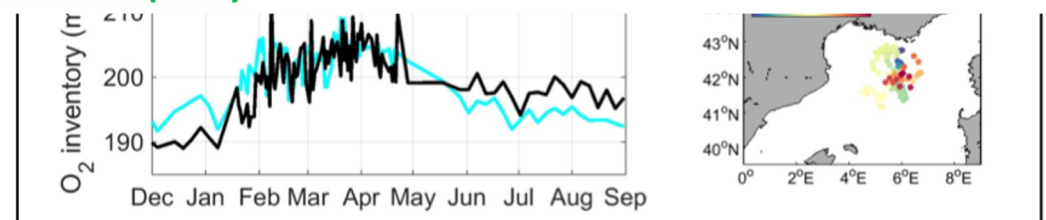


Comparaison modèle/campagnes

- Bouée LION : variabilité temporelle
- Satellite/glider : structures méso, sub-mésoéchelles
- Flotteurs BGC-Argo : variabilité temporelle du contenu en O₂
- Campagnes en mer: variabilité saisonnière de la distribution verticale



Ulses et al. (2021)



Ulses et al. (2021)

Modéliser la mer Méditerranée aux échelles climatiques (NEMOMED)

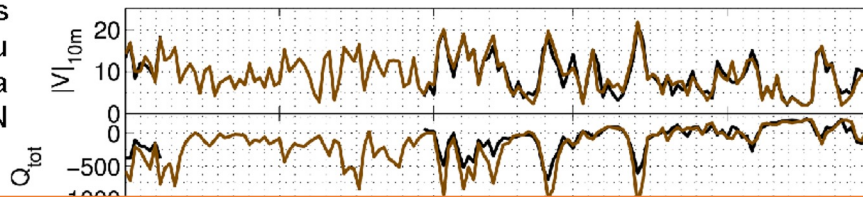
Samuel SOMOT, Robin WALDMAN

CNRM, Météo-France, CNRS, Toulouse, France, samuel.somot@meteo.fr

Gagner en confiance dans les modèles

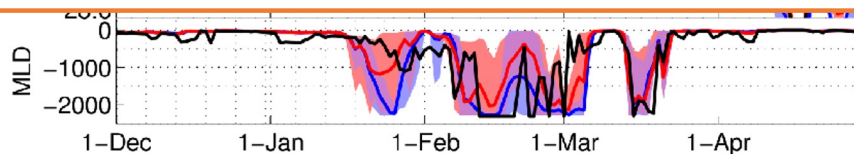
↳ L'année convective 2012-2013 en Méditerranée Nord-Ouest : the « Golden Case »

Séries quotidiennes
du 1^{er} Décembre au
30 Avril à la
bouée/mouillage LION



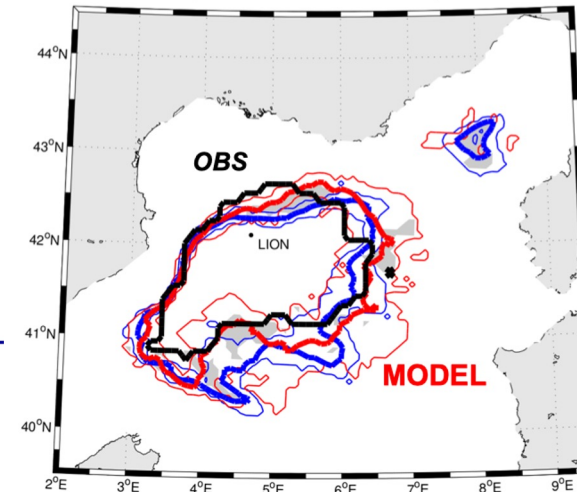
MODEL
MODEL
OBS

- Les données des campagnes MOOSE-GE + mouillages ont aussi permis de valider les simulations climatiques pour la formation d'eau dense (MLD, densité potentielle) et l'index de stratification
- Données historiques permettent de valider les scénarios sur le long terme (ex. diminution de la convection...)

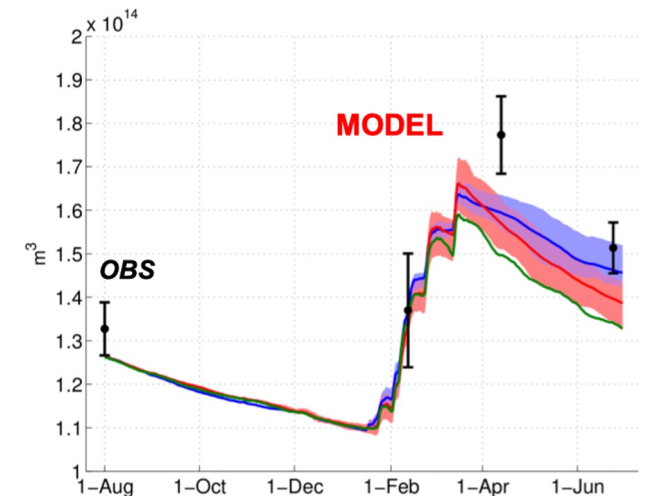


Waldman et al. 2017b

Extension maximale de la zone convective
(> 1000m, G. du Lion)



Série quotidienne du volume d'eau dense
(m³, $\sigma_0 > 29.11$ kg/m³, G. du Lion)



Conclusion & perspectives

- Les données **in situ d'observation restent la référence** pour les modèles et l'apprentissage des réseaux de neurones: **accès aux données de qualité est primordiale** ! Toujours pérenniser les **séries temporelles** longues et les mesures homogènes en temps et espace (T, S, sigma, BGC, ...)
- L'approche **intégrée et multi-plateformes à l'échelle d'une région** océanique est essentielle
- Les **robots sous-marins** couvrent une **gamme d'échelle de temps et d'espace importante** mais restent toujours limités par les variables mesurées (ex. pCO₂, biologie, ...), la **trajectoire et la profondeur** (ex. 1000m pour les gliders) MAIS des **avancées technologiques** devraient améliorer cela (ex. glider profond, drone de surface, davantage de capteurs sur flotteurs, ...) & le besoin en **campagnes type observation TOUJOURS essentiel** !
- Besoin d'améliorer les **simulations sur le futur : affaiblissement de la convection**, impact des **vagues de chaleur (obs HF & surface)**, forte incertitude dans l'évolution de la **salinité de surface** en Méditerranée Ouest (rôle clé des échanges à Gibraltar & point de bascule pour la convection)
- Mieux observer et comprendre les processus sur le **plateau du GdL (puits de CO₂)**: simulations haute résolution et long terme dans le cadre de **RiOMar** (2050-2080-2100), scénario climatique CNRM (SSP3-7.0 ou SSP5-8.5), **campagnes de mesures et déploiements dédiés** (ex. glider côtiers, mouillages et capteurs « cost-effective »)

Merci pour votre attention

Journées Fr-OOS 25 & 26 septembre 2024

