

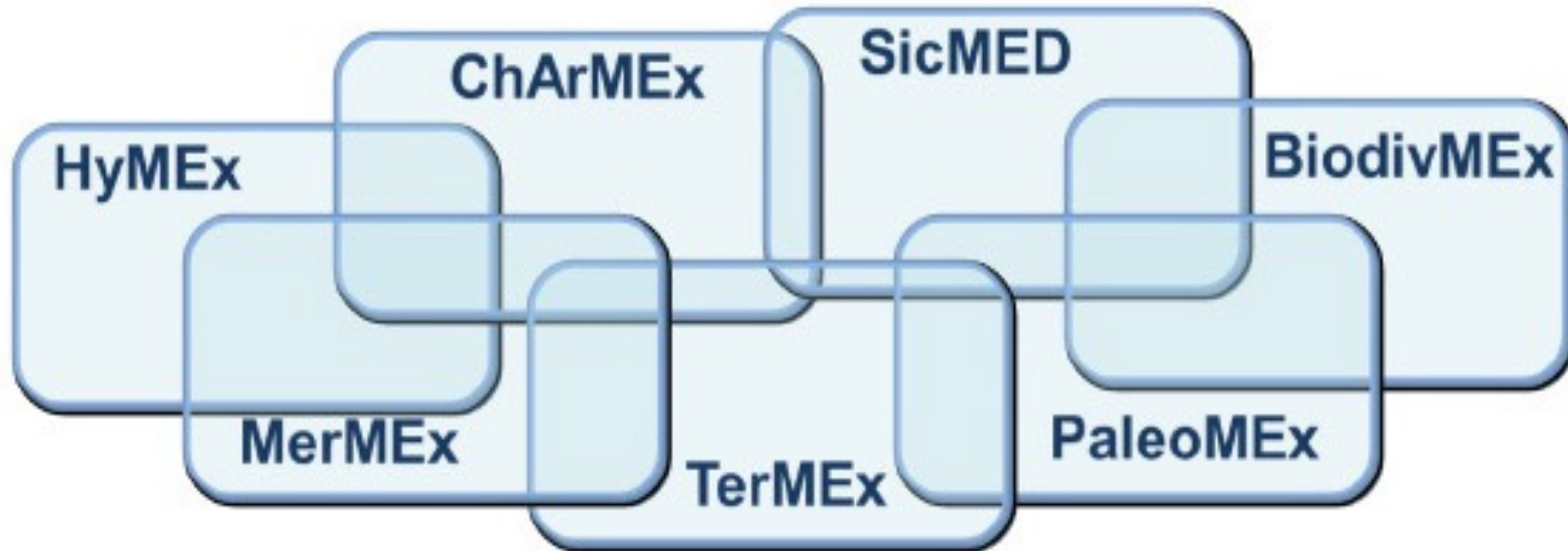
CHANTIER MÉDITERRANÉE – MISTRALS

Méta-programme interorganismes et international dédié à la compréhension du fonctionnement environnemental du bassin Méditerranéen sous la pression du changement global

Cycle de l'eau

Atmosphère

Surfaces continentales



Océan

Terre solide

Paléoclimat

Biodiversité

INTERACTIONS ENTRE PROGRAMMES ET SYSTÈMES D'OBSERVATION

HYMEX **Hydrological Cycle**

- Cycle hydrologique continental
- Fortes précipitations - Crues-éclair
- Échanges air - mer intenses
- Bilan en eau de la mer Méditerranée
- Vulnérabilité et adaptation

MERMEX **Marine Ecosystem Response**

- Forçages atmosphériques
- Forçages océaniques
- Stœchiométrie élémentaire et disponibilité des nutriments
- Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes
- Apports et devenir des contaminants

CHARMEX **Chemistry-Aerosol**

- Émissions
- Processus chimiques et vieillissement
- Transport et qualité de l'air
- Aérosols – rayonnement
- Dépôt
- Variabilité et tendances actuelles et futures

Systèmes d'observation

- MOOSE
- SOMLIT
- COAST-HF

+ Systèmes étrangers

DIFFÉRENTES PHASES DE MERMEX (2010-2021)

Phase 1 (2010-2015)

WP1 (interactions hydrodynamique - biogéochimie)

Impact de la formation d'eau profonde en Méditerranée
NO (DEWEX)

WP2 (interactions biogéochimie - chaîne alimentaire)

Sensibilité et réponse des espèces pélagiques et de la chaîne alimentaire.

WP3 (interactions continent-océan)

Apports vers l'océan par les rivières, les eaux souterraines, les villes.

WP4 (interactions atmosphère-océan)

Flux de gaz, particules et nutriments

WP5 (interactions société-océan)

Biorégionalisation de la Méditerranée et lien avec les pressions humaines.

Phase 2 (2016-2021)

Impact des formations d'eau dense

Formation et propagation des eaux levantines intermédiaires; rôle sur la distribution des nutriments et sur la structuration des écosystèmes planctoniques en Méditerranée orientale (PERLE)

Impact des contaminants

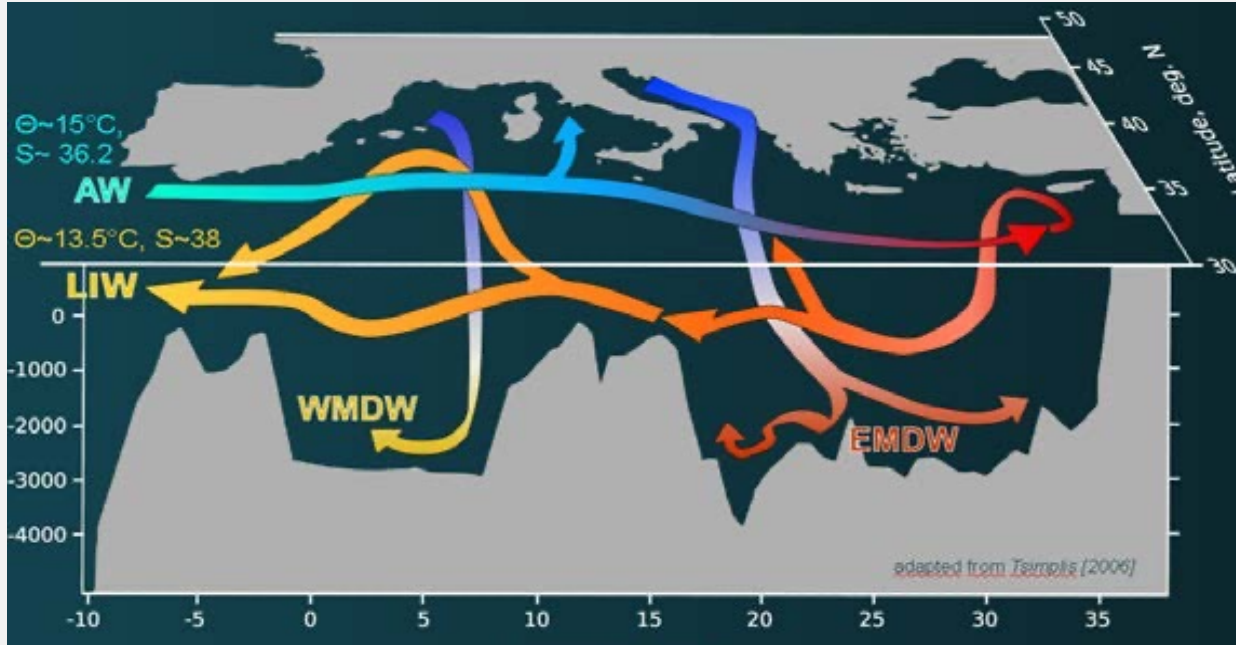
Devenir des contaminants chimiques et leurs impacts sur les habitats pélagiques.

Impact des dépôts atmosphériques

Processus physiques, chimiques et biologiques et leurs interactions à l'interface atmosphère-océan

FORMATION ET IMPACT DES EAUX DENSES (HYMEX+MERMEX+SO)

Circulation thermo-haline



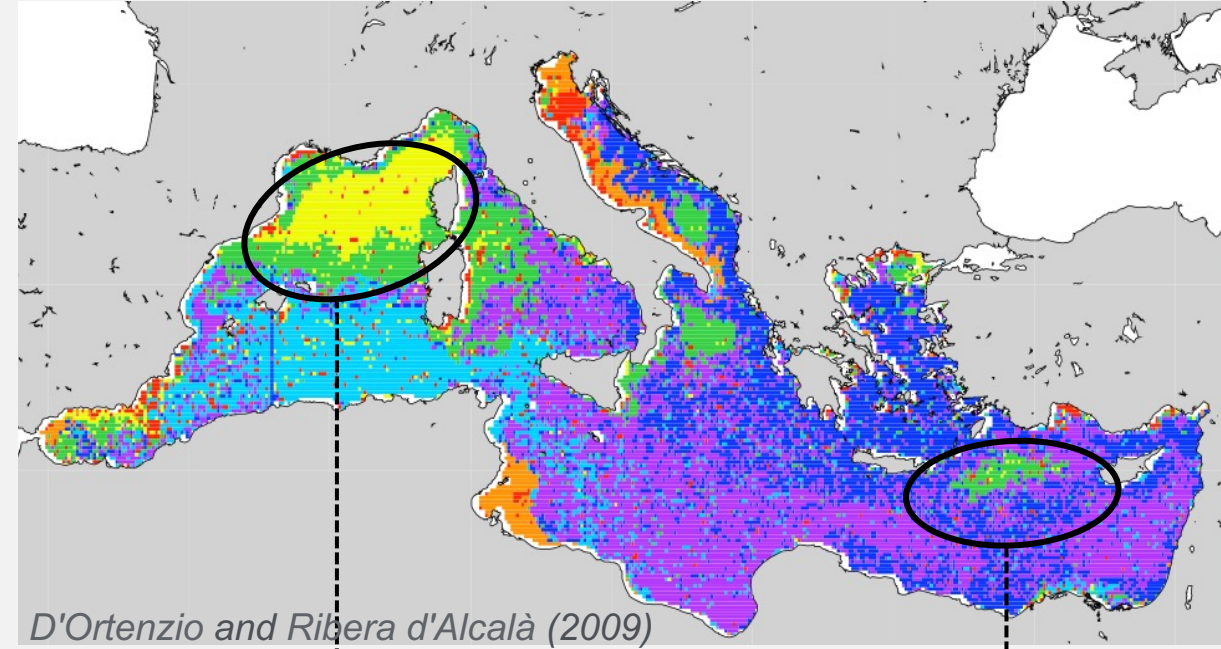
AW : Atlantic Water

LIW : Levantine Intermediate Water

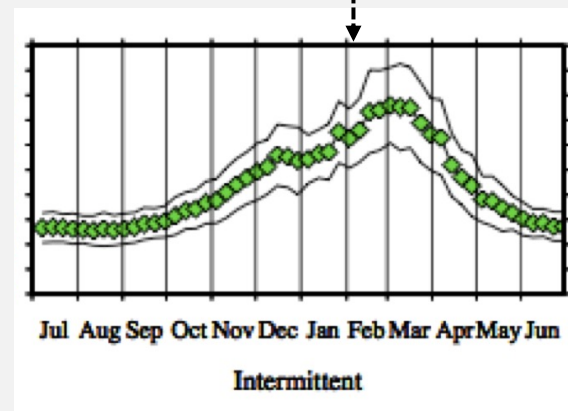
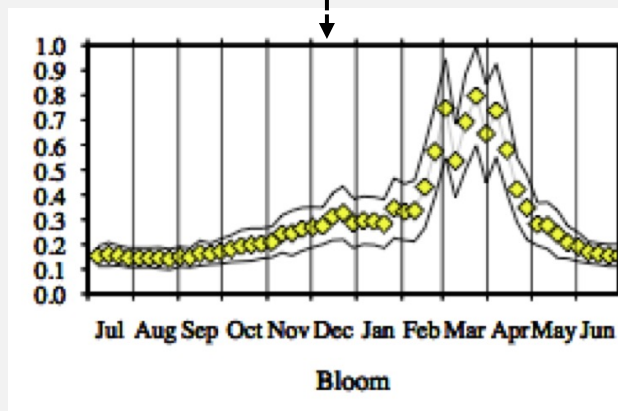
WMDW : Western Mediterranean Deep Water;

EMDW : Eastern Mediterranean Deep Water

Régimes trophiques à partir de chloro de surface



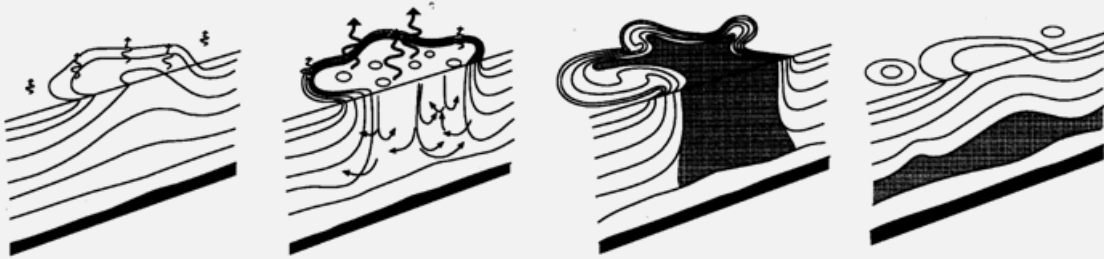
D'Ortenzio and Ribera d'Alcalà (2009)



QUESTIONS SPÉCIFIQUES ET STRATÉGIE

Questions

- Caractérisation des régions de formation et description des phases de formation (préconditionnement, formation et étalement).



from Marshall and Schott [1999]

- Volume et caractéristiques T-S-O₂ des eaux profondes nouvellement formées.
- Description de l'impact sur la distribution des nutriments et la production planctonique.
- Évaluation des flux et les bilans de matière sur un cycle annuel.
- Amélioration des performances de la modélisation en utilisant les données historiques et les nouvelles données collectées.

Mesures de terrain

- Concentration des moyens d'observation des paramètres physiques et biogéochimiques clés sur cycle annuel complet
- Utilisation des observations à plus long terme des systèmes d'observation existants.
- Cumul d'approches pour une description 4D du système

Modélisation

- Validation et amélioration des modèles physiques et physique/biogéochimie
- Interpolation spatiale et temporelle à de petites échelles spatiales (quelques kilomètres) et à haute fréquence (journée).
- Simulation de la variabilité interannuelle.

APPROCHE MULTI-PLATEFORMES

Variables

Vecteurs

Physique

CTD
Courants

Navires : Toutes les variables

Biogéochimie

Oxygène et éléments nutritifs
MOD et MOP
Carbonates, pH
Pigments chlorophylliens
Turbidité

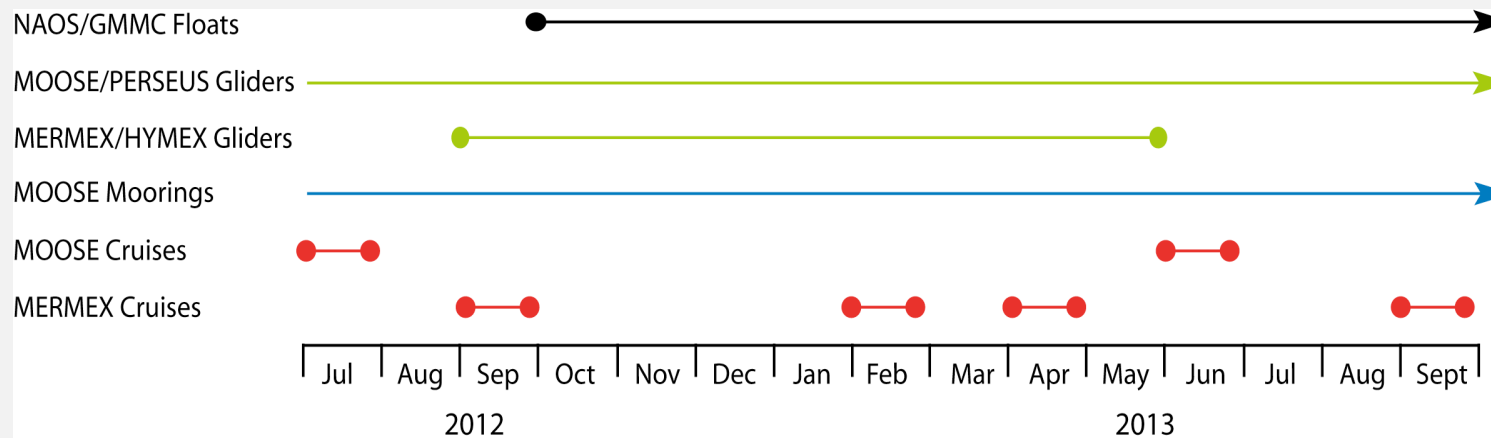
Flotteurs-profileurs et gliders : CTD, oxygène et bio-optiques

Satellites : Ocean color, SST, altimétrie

Mouillages : CTD, courants

Biologie

Abondance et biodiversité zooplancton



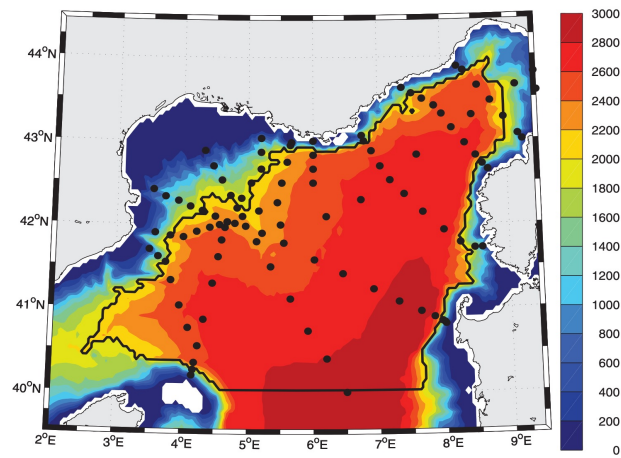
Pré-conditionnement

Mélange et bloom

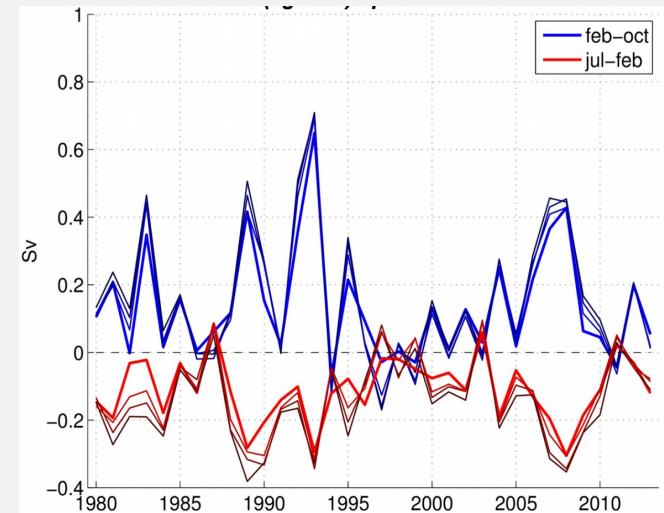
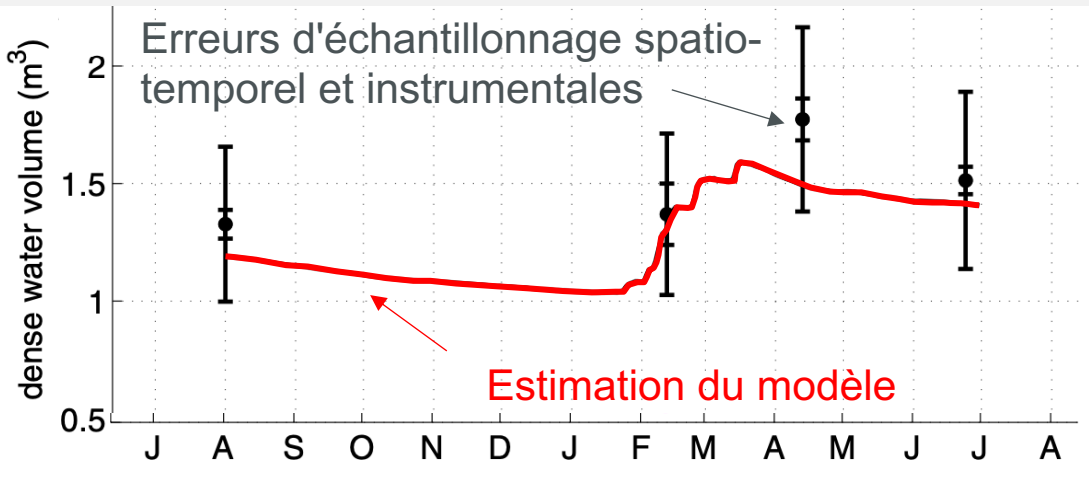
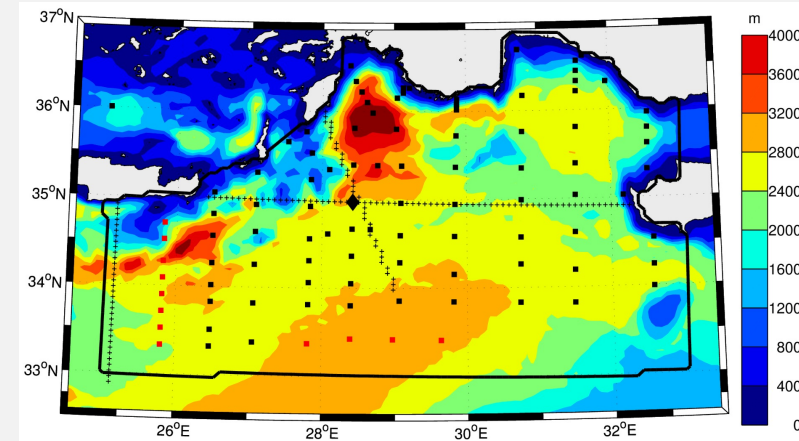
Etalement

EVALUATION ET AMELIORATION DE LA STRATÉGIE – OSSE

Expériences de simulation du système d'observation réalisées par R. Waldman (CNRM) pour reconstruire le volume d'eau dense formée à partir d'observations virtuelles extraites d'un modèle à haute résolution en utilisant le réseau de stations (CTD + mouillage + glider) réalisé pour DEWEX et prévu pour PERLE.



Volume d'eau dense estimé et niveaux de confiance à 95% dans les observations pour toutes les campagnes et pour un seuil de densité de 29.11 kg/m^3



Taux de formation (bleu) et d'étalement (rouge) des LIW dans NEMOMED12 (en gras) et reconstruit par PERLE (fin) avec et sans optimisations

DEWEX - OBSERVATIONS ENTRE JUILLET 2012 ET JUILLET 2013

Gliders

Navires

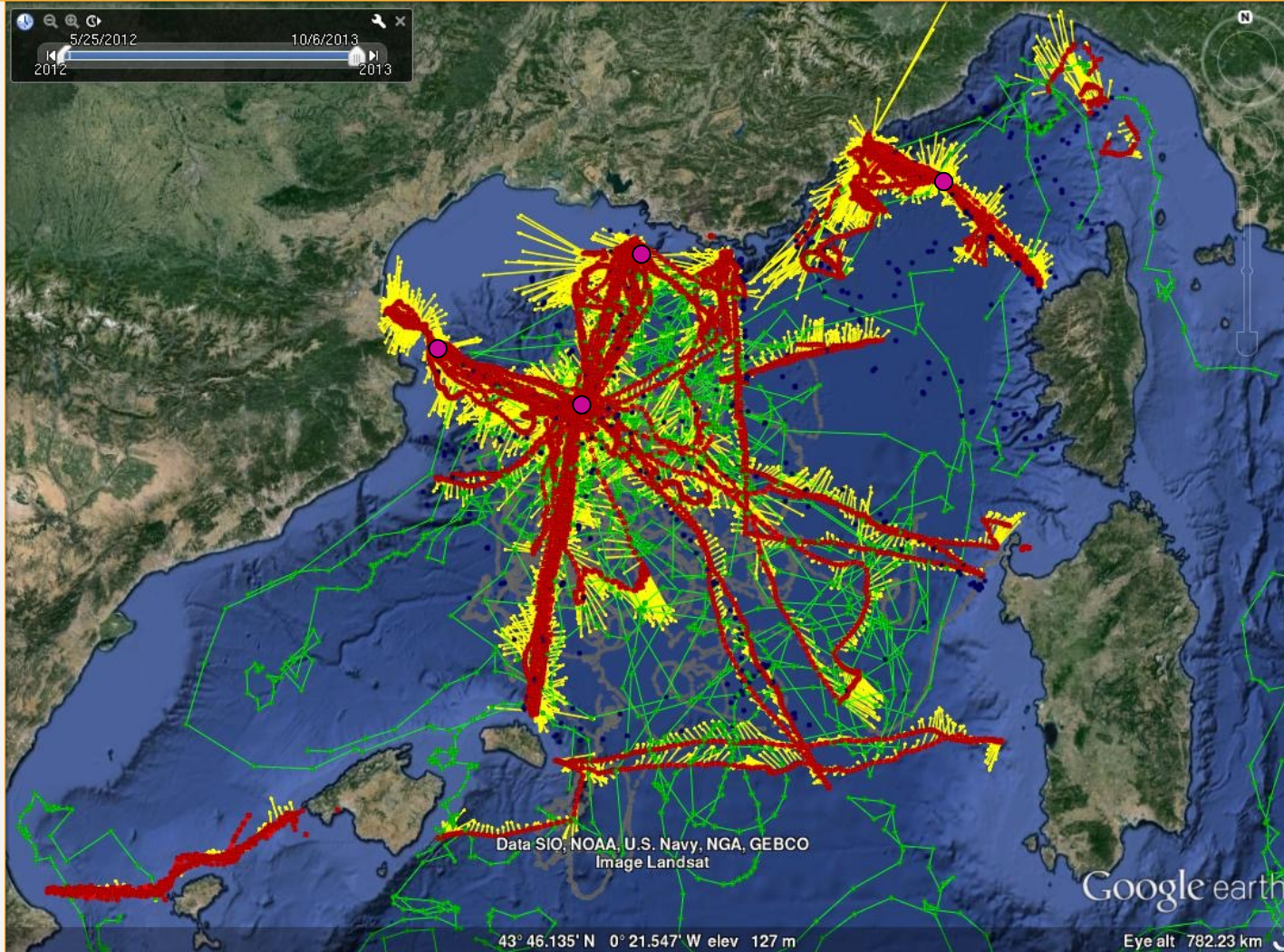
Flotteurs profileur

Flotteurs de surface

Mouillages

Courants 0-1000m

DEWEX - OBSERVATIONS ENTRE JUILLET 2012 ET JUILLET 2013



Gliders

Navires

Flotteurs profileur

Flotteurs de surface

Mouillages

Courants 0-1000m

30 déploiements de gliders ~ 13 000 profils (0-1000m)

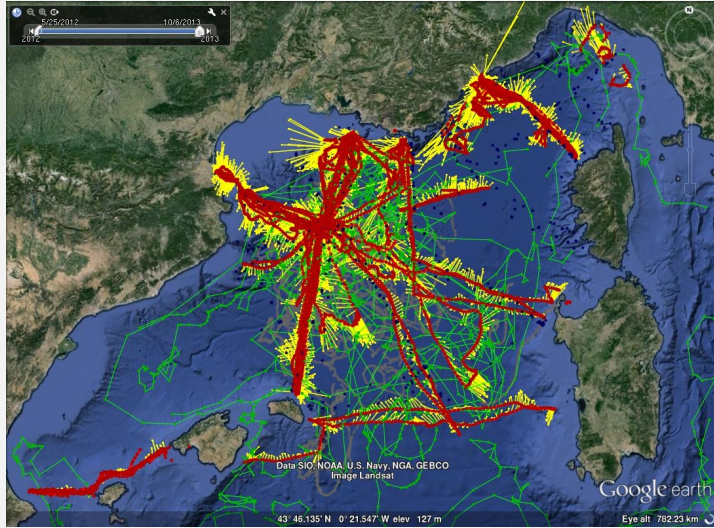
7 campagnes CTD ~ 400 profils (0-fond)

27 Argo ~ 1 500 profils (0-1000m ou 0-2000m)

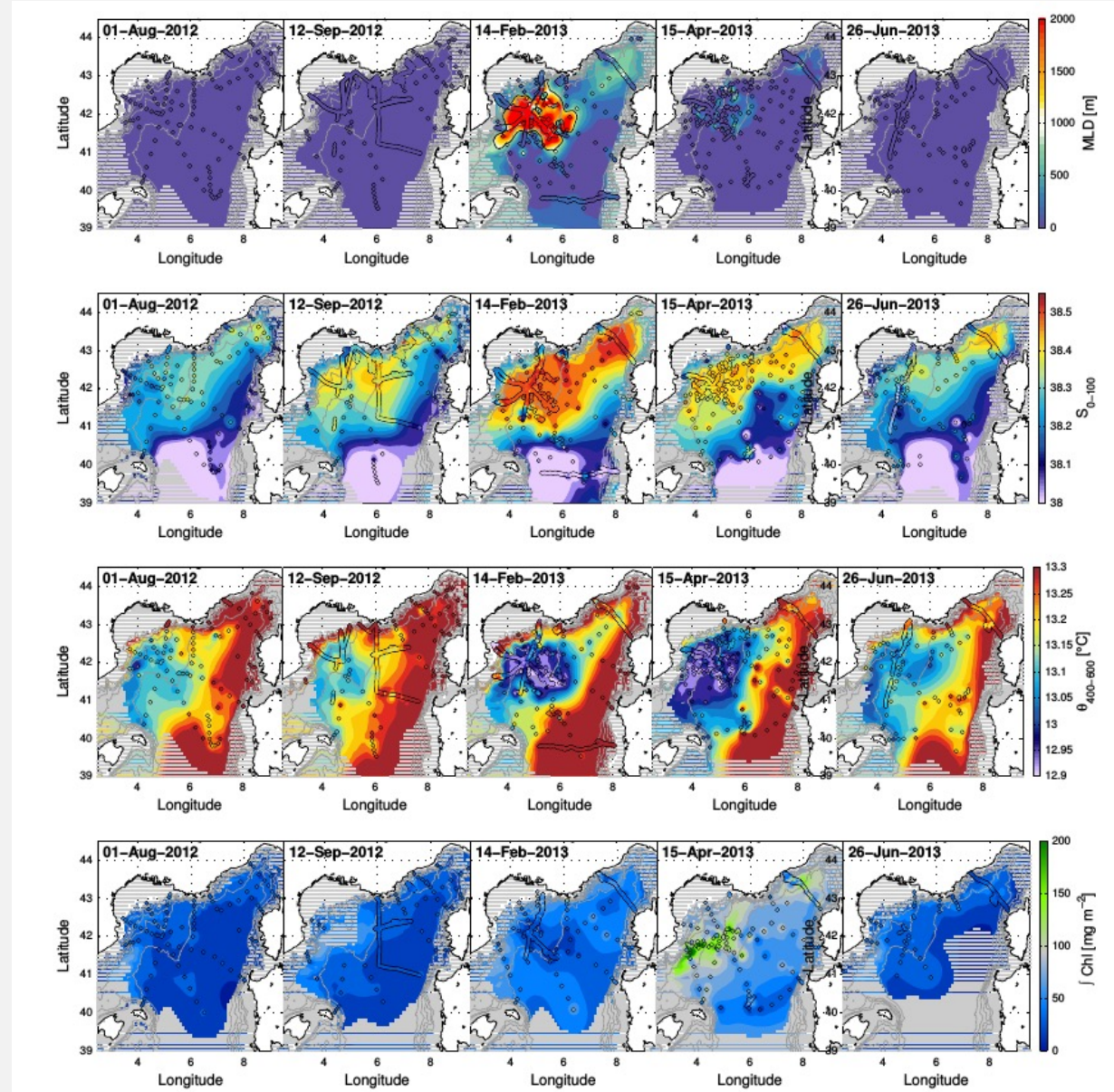
10 flotteurs de surface avec chaînes de thermistance (0-100m)

Testor et al. (2018)

ANALYSES OBJECTIVES À L'ÉCHELLE SAISONNIÈRE



Étalonnage croisé pour T/S entre les différentes plateformes et harmonisation des fluoromètres avec les correspondances des couleurs océaniques par satellite. Références avec les mesures des navires (salinité et pigments)



Profondeur couche de mélange

AW – Salinité de surface (0-100m)

LIW – Température potentielle (400-600m)

Chl-a intégrée (0-bottom)

Testor et al. (2018)

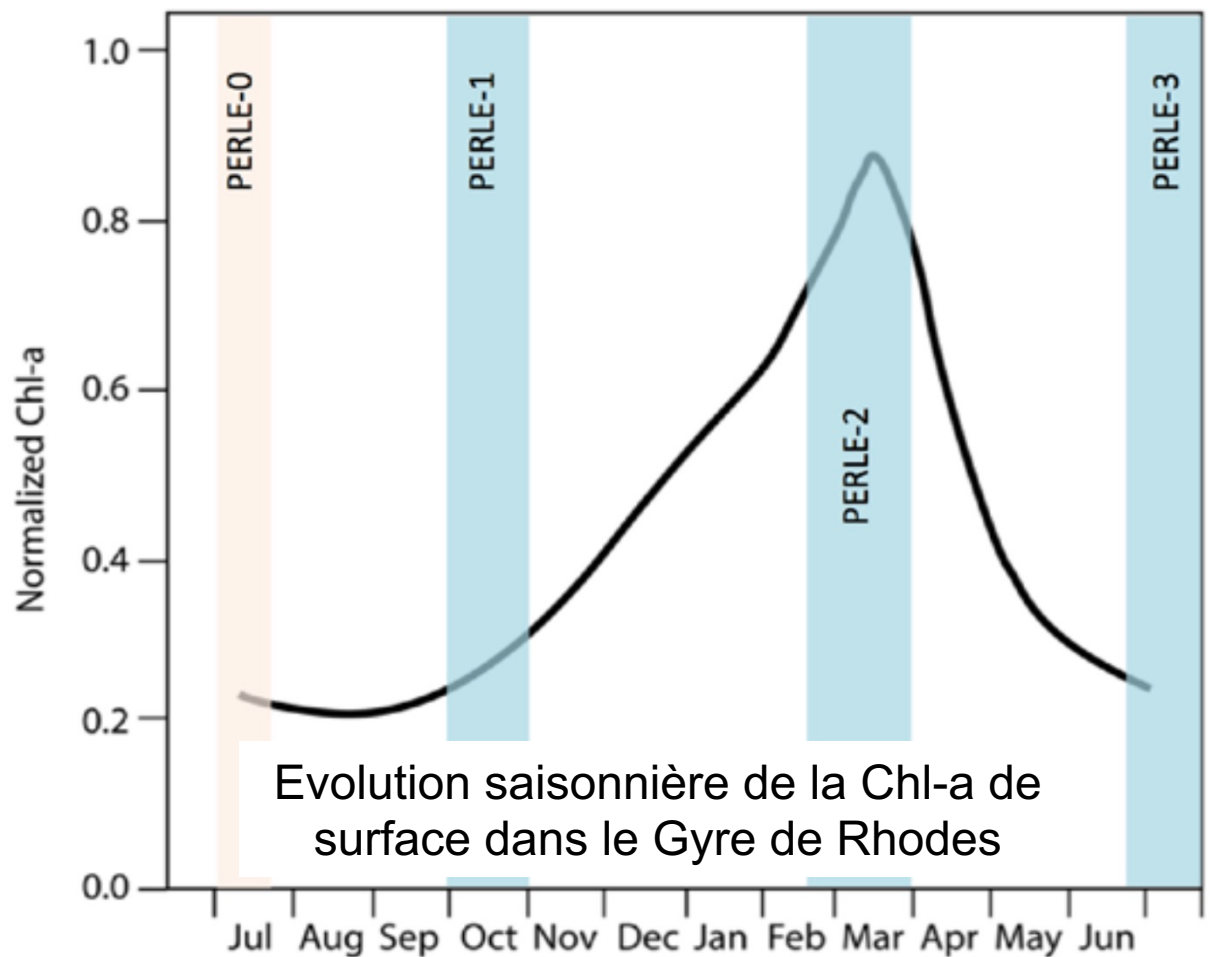
Dense water formations in the North Western Mediterranean: from the physical forcings to the biogeochemical consequences

Special Issues | First published: 23 March 2016 | Last updated: 8 April 2019

Key Points

- The results of the Dewex operation quantify and accurately describe the dynamics of dense water formations and their effects at subscale and mesoscale
- Advances concern physics but also biogeochemical budgets, planktonic biodiversity, and trophic levels functioning
- The special issue also deals with the potential evolution of mechanisms and their impacts on biogeochemistry in the context of global change

PERLE – DU CALENDRIER INITIAL AU CALENDRIER FINAL



Pré-conditionnement

Mélange et bloom

Etalement

Calendrier Initial

PERLE-0

Juil 2017

PERLE-1

PROTEVSMED

Oct-Nov 2018

PERLE-2

Fév-Mar 2018

PERLE-3

Juin-Juil 2018

Calendrier Final

PERLE-0

Juil 2017

PERLE-1

PROTEVSMED

Oct-Nov 2018

PERLE-2

Fév-Mar 2018

PERLE-3

~~Mars 2020~~

Mars 2021



FOF



COVID

Décalage impliquant une évolution de la stratégie

PERLE – DU PLAN INITIAL AU PLAN FINAL

Plan Initial



Réseau de stations et mouillage PERLE centré sur le gyre de Rhodes

Complément avec les suivis au large d'Haïfa (Israël), Erdemli (Turquie), Crète (Grèce) et Chypre

Les ZEE imposent des demandes préalables d'autorisation de travail

Grèce : OK

Turquie : Refus

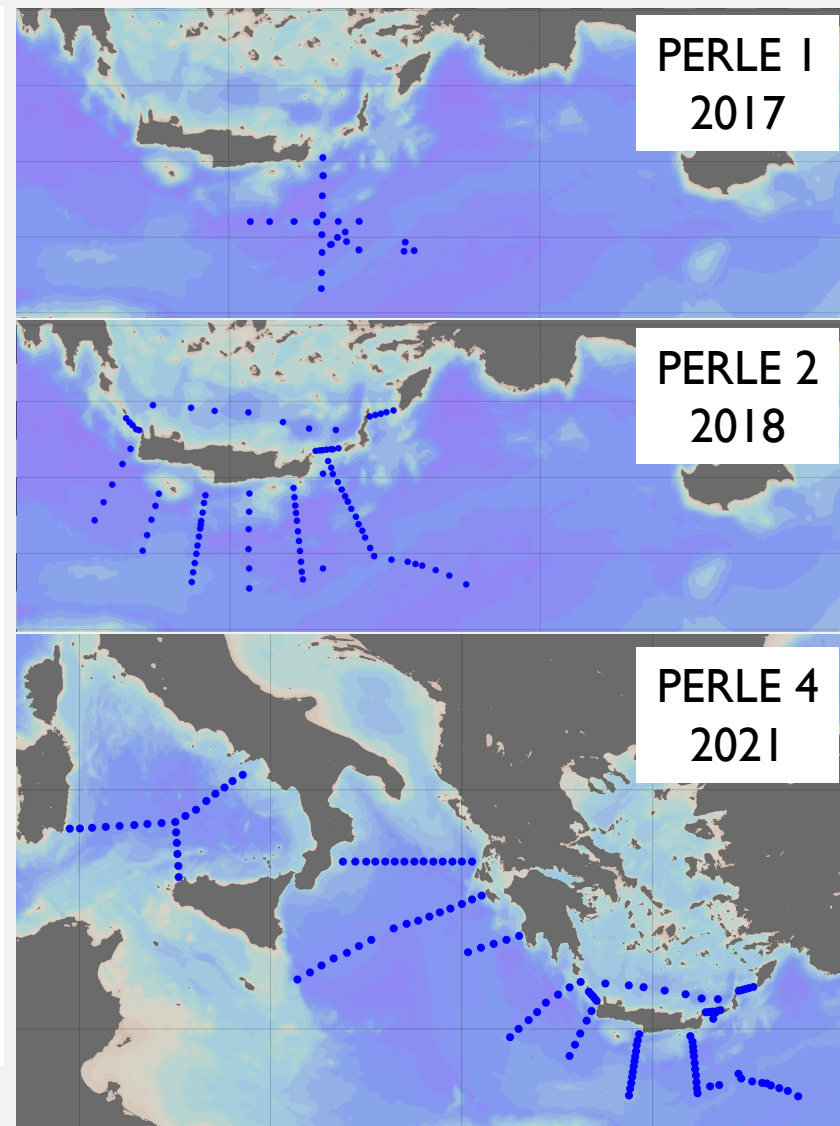
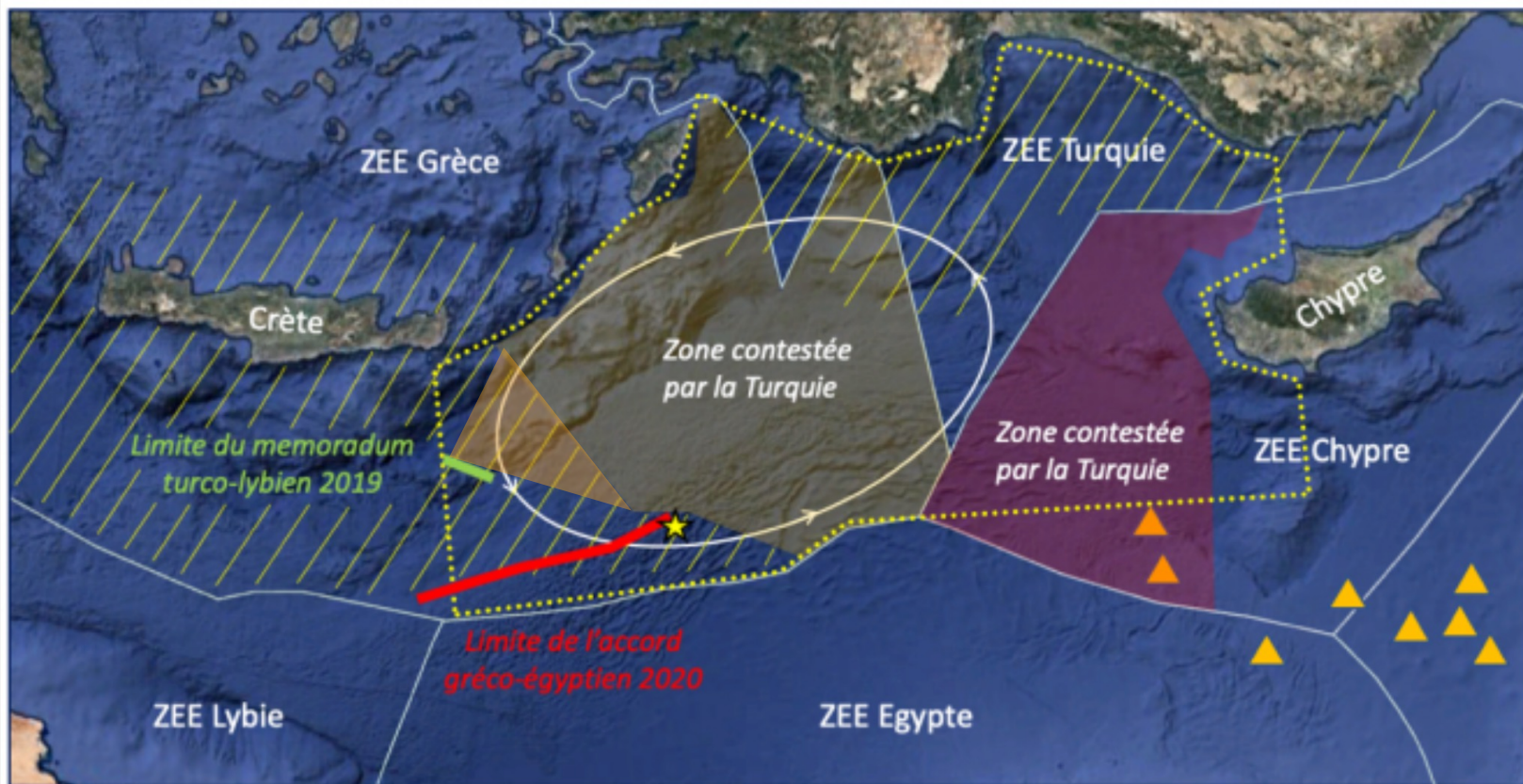
Chypre : MEAE refuse de payer la taxe demandée



MEAE demande de pas travailler dans les zones contestées

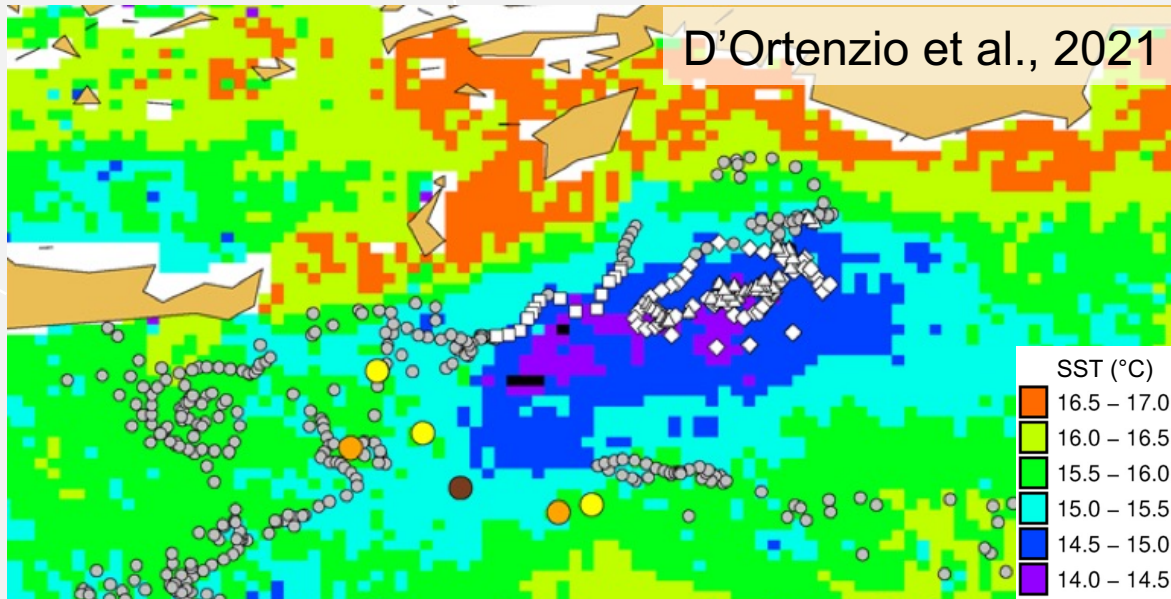
PERLE – DU PLAN INITIAL AU PLAN FINAL

Plan final



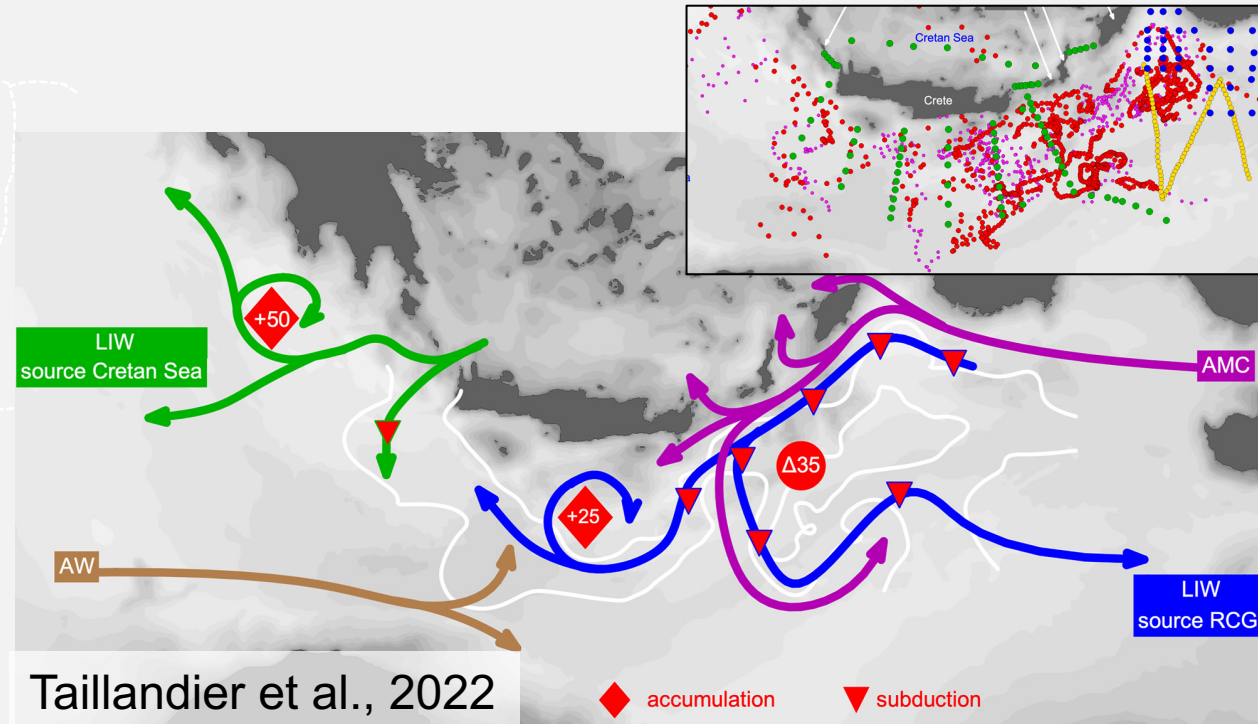
PREMIERS RÉSULTATS ISSUS DE L'APPROCHE MULTIPLATEFORME

Impact de la convection hivernale



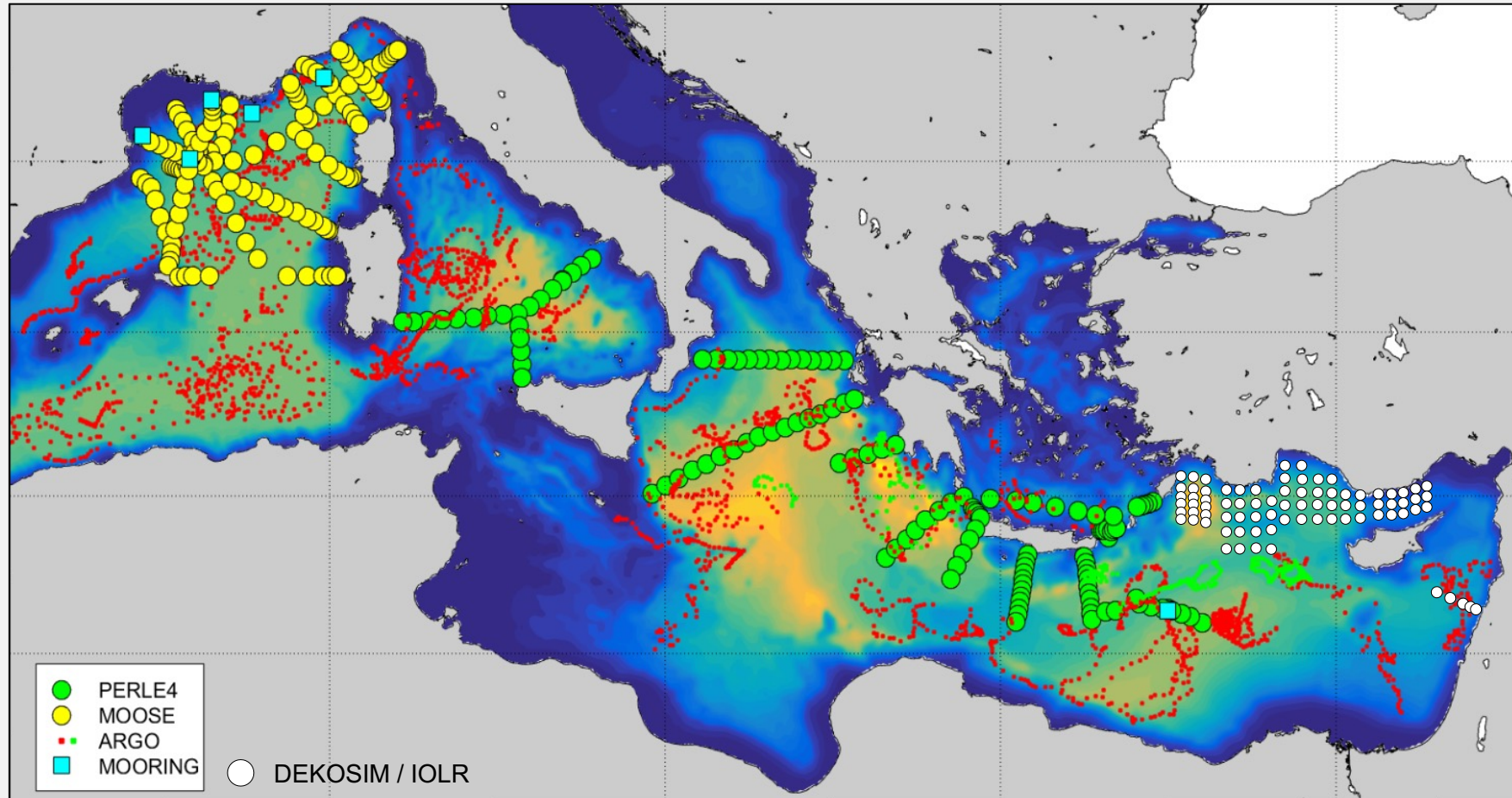
Observation par satellites et flotteurs BGC-Argo de l'injection de nitrates et de l'augmentation du phytoplancton au printemps dans la couche de surface dans le gyre de Rhodes

Sources de LIW pendant l'hiver 2019



Mise en évidence des sources d'Eau Levantine Intermédiaire (Gyre de Rhodes et mer de Crète)
Pendant l'hiver 2019, la mer de Crète est la source la plus abondante.

JEU DE DONNÉES DE RÉFÉRENCE POUR ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES ET BIOGÉOCHIMIQUES DES MASSES D'EAU LE LONG D'UN GRADIENT TRANSMÉDITERRANÉEN



Projet EVOMED
Soumis à l'AO ANR
ESDIR 2022 dédié à
l'exploitation des
campagnes FOF 2021

Carte des stations échantillonnées pendant les campagnes MOOSE-GE 2021, PERLE 4 et étrangères, des flotteurs profileurs Argo et des positions des lignes de mouillage pendant l'année 2021

CONCLUSIONS

Intérêt d'une approche multiplateforme pour des paramètres physiques et biooptiques clés

- Description spatiale relativement fine à l'échelle régionale et à différentes échelles de temps

Singularité de chaque expérience et de ses objectifs nécessitant une stratégie adaptée

- Expérience de simulation du système d'observation intéressante pour connaître les incertitudes expérimentales a priori ou a posteriori

Embûches dans la réalisation des campagnes et le déploiement des plateformes autonomes

- Prévisibles (météo, zonex) et imprévisibles (problème de programmation, crise sanitaire)
- Difficulté croissance à travailler dans les ZEE étrangères (ex: PERLE, SOMBA)
- Résilience des scientifiques

Difficulté de financement post-campagnes pour l'exploitation des données et la valorisation

- Soutien actif de l'INSU et Météo-France (MISTRALS, GMMC, MOOSE)
- Absence de soutien de l'ANR sur cette thématique (malgré 4 projets déposés, dont le dernier sur l'appel d'offre ESDIR 2022)

Toutes les données sont en base (SISMER, CORIOLIS, SEDOO, ECOTAXA) et publiques