

# Issues and scientific prospective

Pierre Testor et al.  
CNRS/LOCEAN, Paris, France



# Les gliders : une politique d'équipement générale des agences

---

## La recherche en océanographie s'oriente vers l'utilisation intensive de gliders

Il y a eu constitution de grands parcs de gliders ces dernières années :

- USA (IOOS ~50 gliders, OOI ~40 gliders, Navy ~150 gliders) ; UK/MARS ~35 gliders ; Australie/IMOS ~30 gliders
- flotte européenne ~130 gliders distribués dans 9 pays (~20 institutions).
- flotte française ~16 gliders (max)

Car ces plateformes permettent de **répondre** à des **besoins scientifiques bien identifiés**.

Etudes de processus  
(mesures à haute résolution)

ET

Observation long terme  
(grande autonomie)

Dans un contexte multi-plateformes et multi-capteurs (flexibilité → complémentarité)

“Plus de gliders, plus loin, plus longtemps,  
plus profonds, plus intégrés,  
plus de capteurs (BGC/Bio), sous la glace”

# Une composante des systèmes d'observation

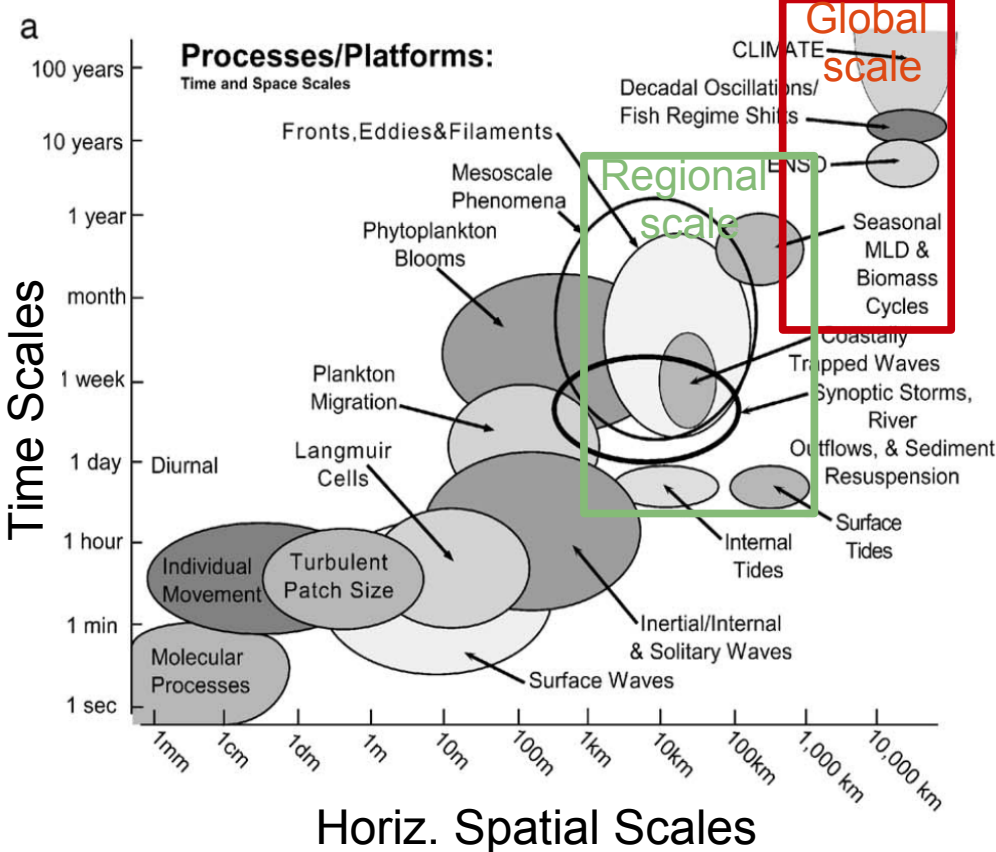
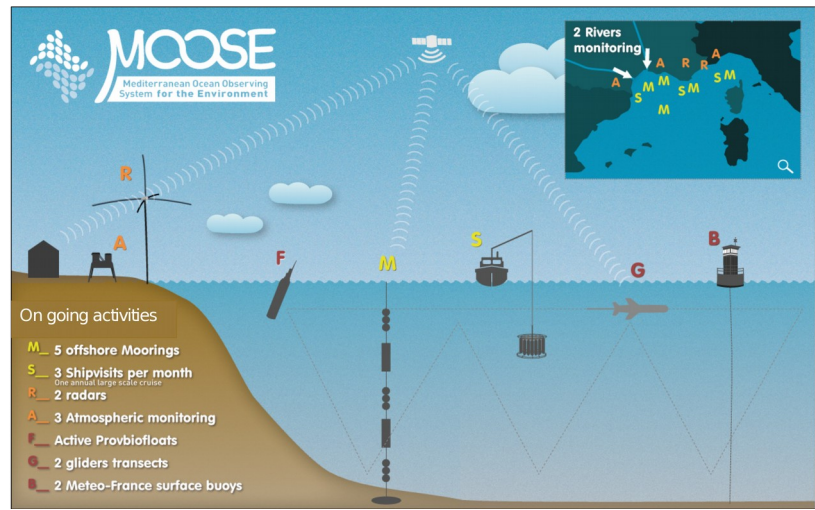


Diagramme de Stommel “processus océaniques”

Les gliders permettent de faire la transition vers l'échelle régionale au niveau de notre capacité d'échantillonnage *in situ*

Si déployés avec d'autres plateformes d'observations *in situ* dans une optique intégrée

Et en particulier sur le long terme (e.g. MOOSE: navires, mouillages, flotteurs, radars)

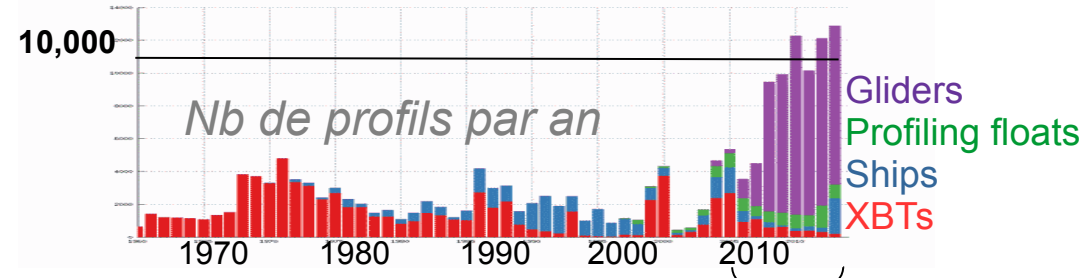


# Observations long terme avec des gliders : MOOSE

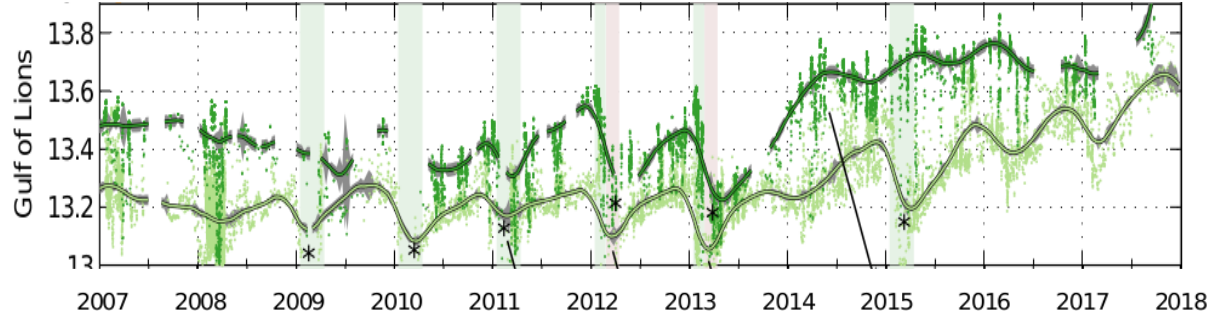
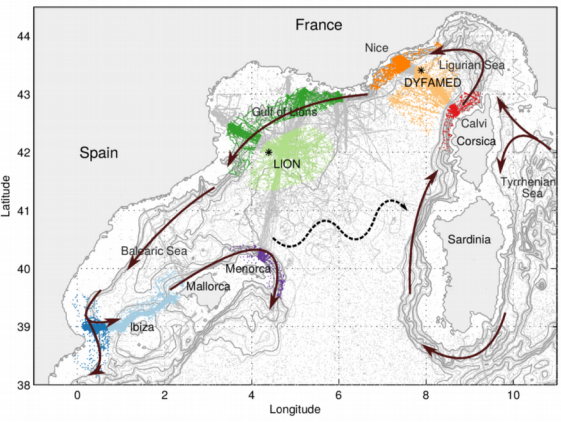


2 sections répétées à l'échelle régionale depuis 2009 (Mer Ligure et Golfe du Lion)

- [~10 jours / ~300km]
- profils 0-1000m (T, S, O2, Chl-a, BB)
- haute résolution
- bonne couverture (espace/temps)



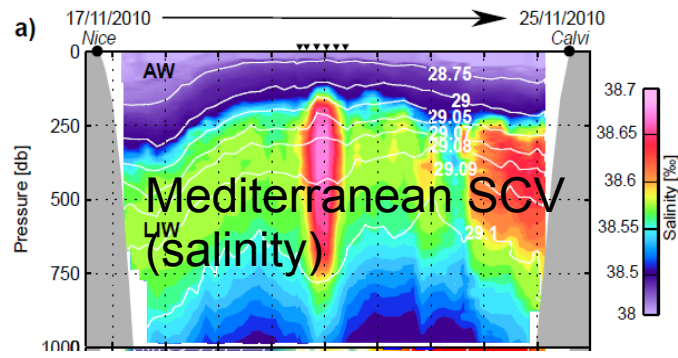
La couverture permet de construire de nouveaux indices de variabilité



Ex: contraste entre la zone côtière et le large pour la LIW, impact du phénomène de formation d'eau profonde

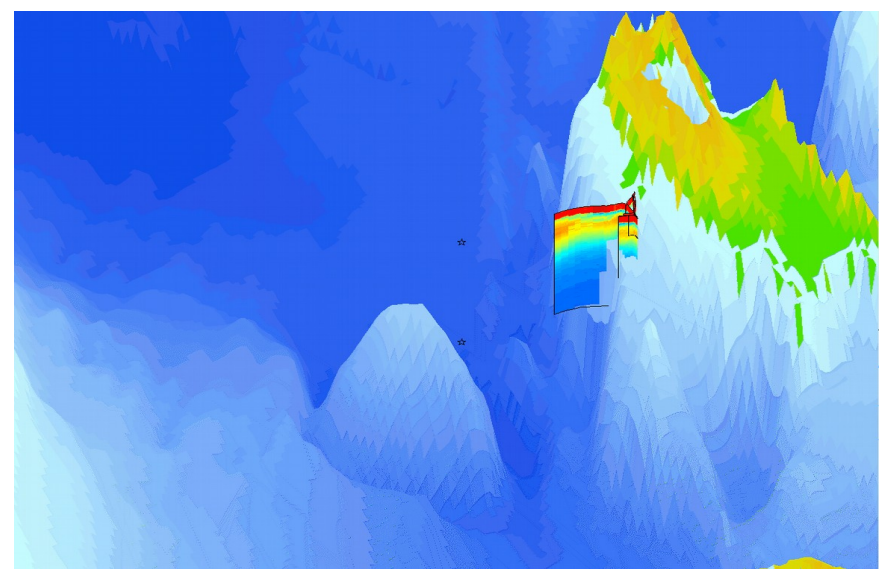
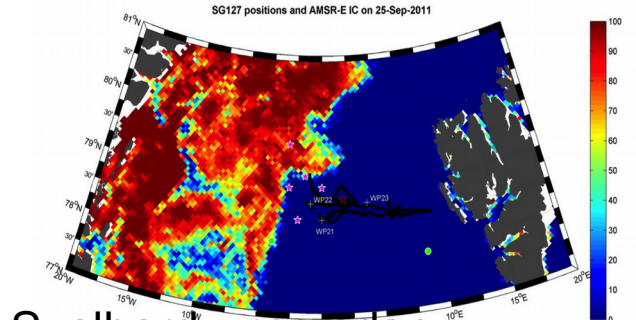
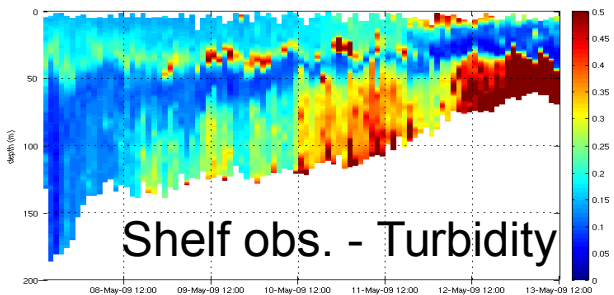
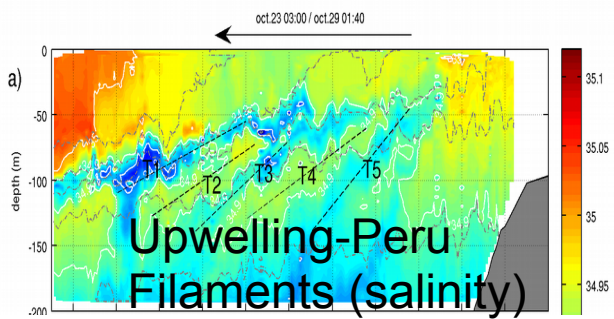
et la propagation de signaux au niveau régional

# Les capacités des gliders...

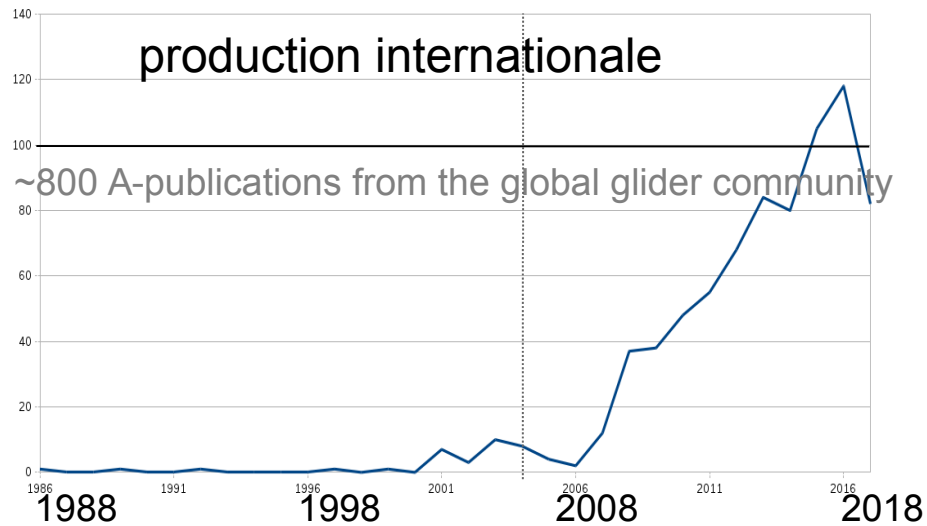


... repoussent les frontières en science marines

- Échelle des bassins (e.g. transatlantique)
- Echelle régionale
- Méso- et subméso-échelle (SCVs, filaments, vertical vel.)
- Mesures physiques, biogéochimiques and biologiques (acoustique/video), concentrées où on veut
- Opérations au large, en côtier et sous la glace.
- Pilotage en flottes coordonnées
- ...



# Production scientifique nationale sur les gliders

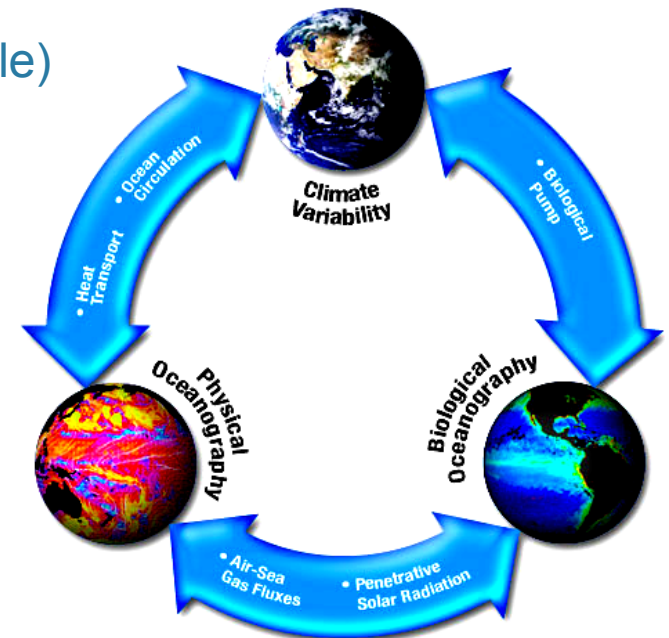


On a atteint ~100 publications/an concernant les gliders au niveau mondial

(Programme Argo lancé en 2000 :  
~300 publications/an aujourd'hui)

Production nationale (= 5-15% de la production internationale)  
Depuis 2009:

- Publications de rang A > 56
- Proceedings et newsletters > 20
- Thèses > 8
- Communications orales et posters > 180
- Communications “grand public” (fêtes de la science, visite du ministre de l'environnement,...)
- Interventions presse écrite et audio-visuelle > 15

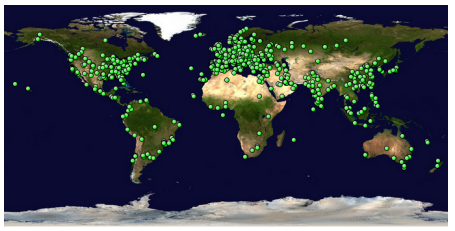
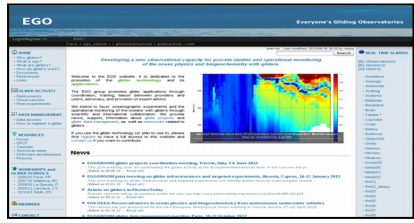


tri national sur la bibliographie EGO, voir :

<https://www.ego-network.org/dokuwiki/doku.php?id=public:references>

# Aspects internationaux

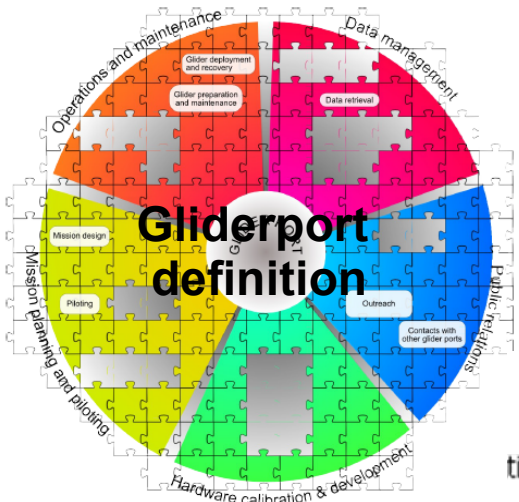
Rôle moteur de la communauté nationale :  
 Coordination et développement de l'initiative internationale EGO lancée en 2005  
 (<http://www.ego-network.org>)



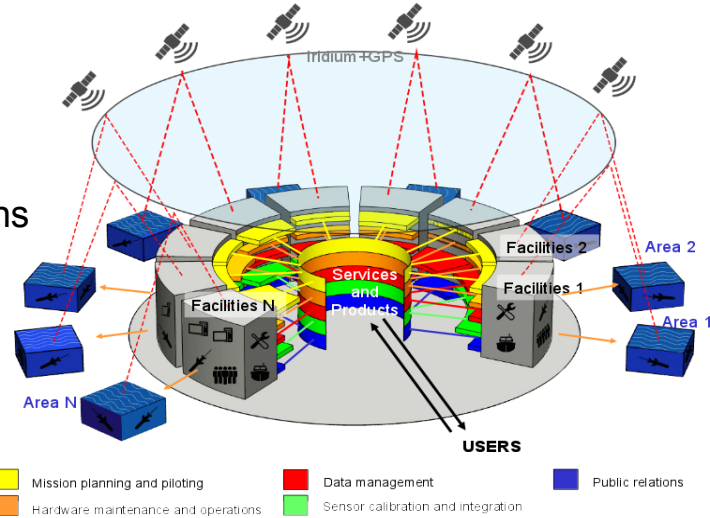
audience

Coordination de l'activité glider au niveau mondial

- Definition de **bonnes pratiques** et de **standards** acceptés à l'international pour une meilleure intégration de l'activité glider
- Etudes sur le concept d'infrastructure "glider" (Gliderport) et leur mise en réseau
- Experiences de flottes de gliders internationales sur des processus ciblés
- Mise en place d'un reseau international d'observations long terme
- "Capacity-building" : aide aux nouvelles équipes "glider" (partage d'expertise, de logiciel,...)



- Mission planning and piloting
- Hardware maintenance and operations
- Data Management
- Sensor calibration and dev.
- « Public » relations



# Aspects internationaux

Cela a permis

- une intégration européenne et du soutien sur ces aspects : EGO COST Action ES0904, FP7 GROOM design study, FP7 JERICO, FP7 PERSEUS, EuroGOOS Glider Task Team, H2020 JERICO-NEXT, H2020 ENVRI+, H2020 AtlantOS, H2020 INTAROS,...
- de tisser des liens forts à l'international (USA, Australie, Canada, Afrique du Sud, Brésil, Chili, Pérou, Mexique,...)

Et finalement,

- la mise en place en 2016 d'**OceanGliders**, la composante « glider » du GCOS/GOOS, comme Argo l'est pour les flotteurs, ou OceanSites pour les mouillages, avec un bénéfice direct pour l'océanographie opérationnelle.

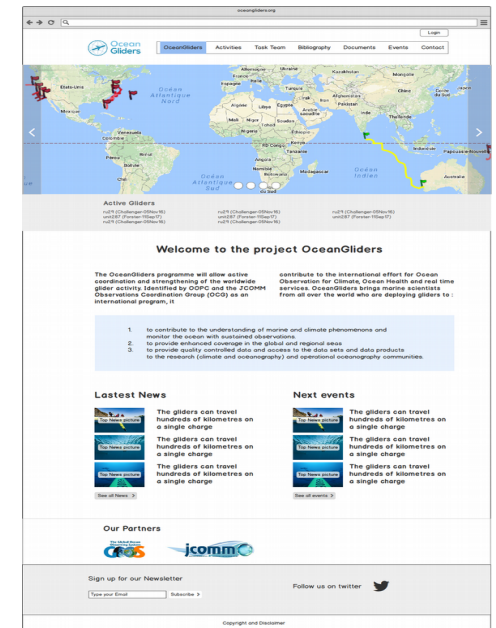


1<sup>st</sup> meeting of the OceanGliders Steering Team at the **7<sup>th</sup> EGO conference** at NOC, Southampton, UK, 26-29 September 2016



2<sup>nd</sup> meeting of the OceanGliders Steering Team at **UNESCO**, Paris, France, 20-21 April 2017

3<sup>rd</sup> meeting of the OceanGliders Steering Team at the **7<sup>th</sup> EGO conference** at Rutgers Univ, New Jersey, USA. June 2019



<http://www.oceangliders.org>

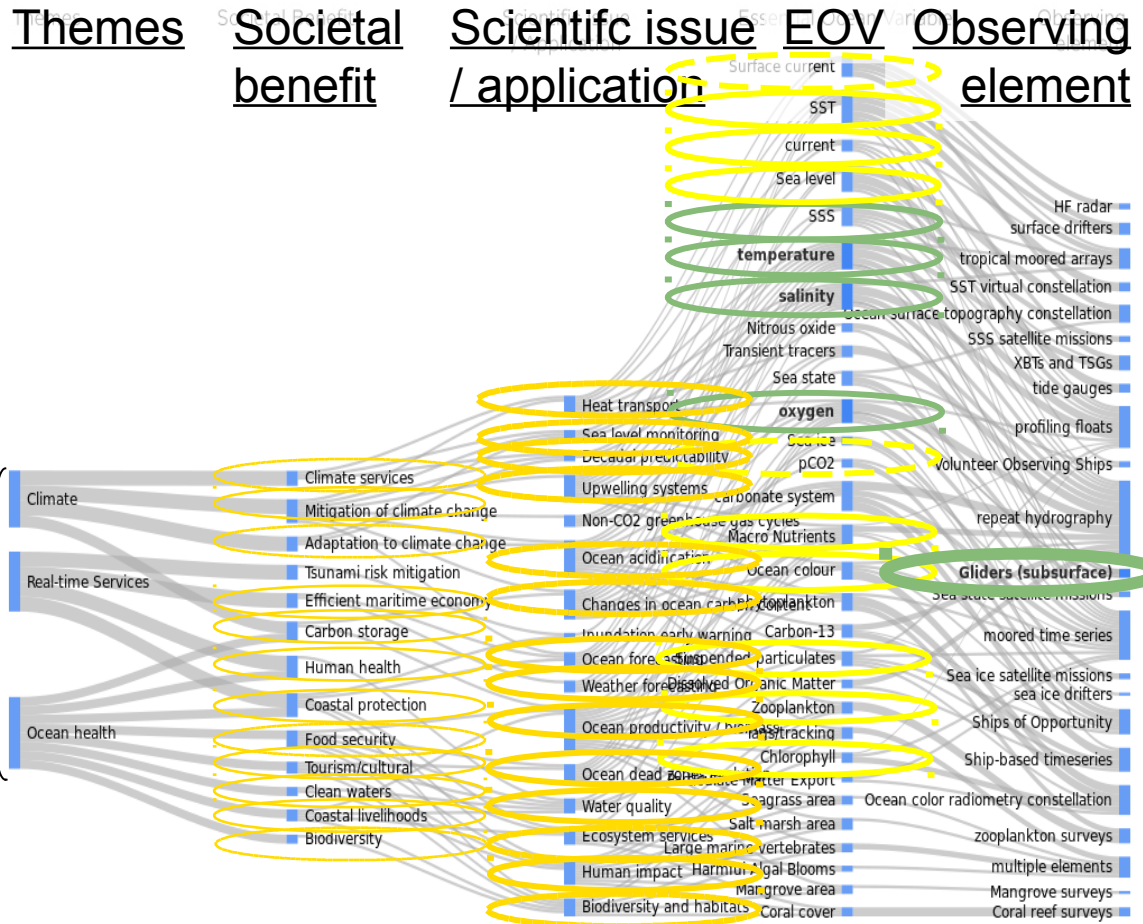


# GOOS evolution and strategic mapping

<http://lists-ioc-goos.org/goos-strategic-mapping-graphic>

A glider can measure:

Temperature,  
Salinity,  
Oxygen,  
Current (depth-average),  
Surface current,  
Chlorophyll-a (fluo),  
Suspended particles (bb),  
Ocean colour, SST, SSS,  
Sea-level,  
Macro nutrients (nitrates),  
Zooplankton,  
PAR,  
ph/pCO2  
...



- Climate
- Real time Services
- Ocean health

# GOOS Observing Elements / EOV specifications

---

## Phenomena addressed by gliders

*Tentative list from EOV specs.*

### **Temperature and Salinity**

upper ocean physics including mixed layer depth, barrier layers,  
air-sea interactions, water mass formation and change  
ocean heat content, net salinity / fresh water content  
regional and global sea surface height – thermosteric and halosteric components  
ocean property and circulation change at numerous temporal and spatial scales

### **Currents**

equatorial currents  
major currents  
ocean ventilation  
basin scale gyre circulation  
ocean mixing (indirect)

### **Oxygen**

air-sea fluxes of O<sub>2</sub>  
changes in storage of O<sub>2</sub>  
extent of hypoxia  
net community production & export  
interior ocean circulation

### **Inorganic macro nutrients**

eutrophication and pollution  
net community production  
biogeochemical changes, carbon

### **Carbonate system**

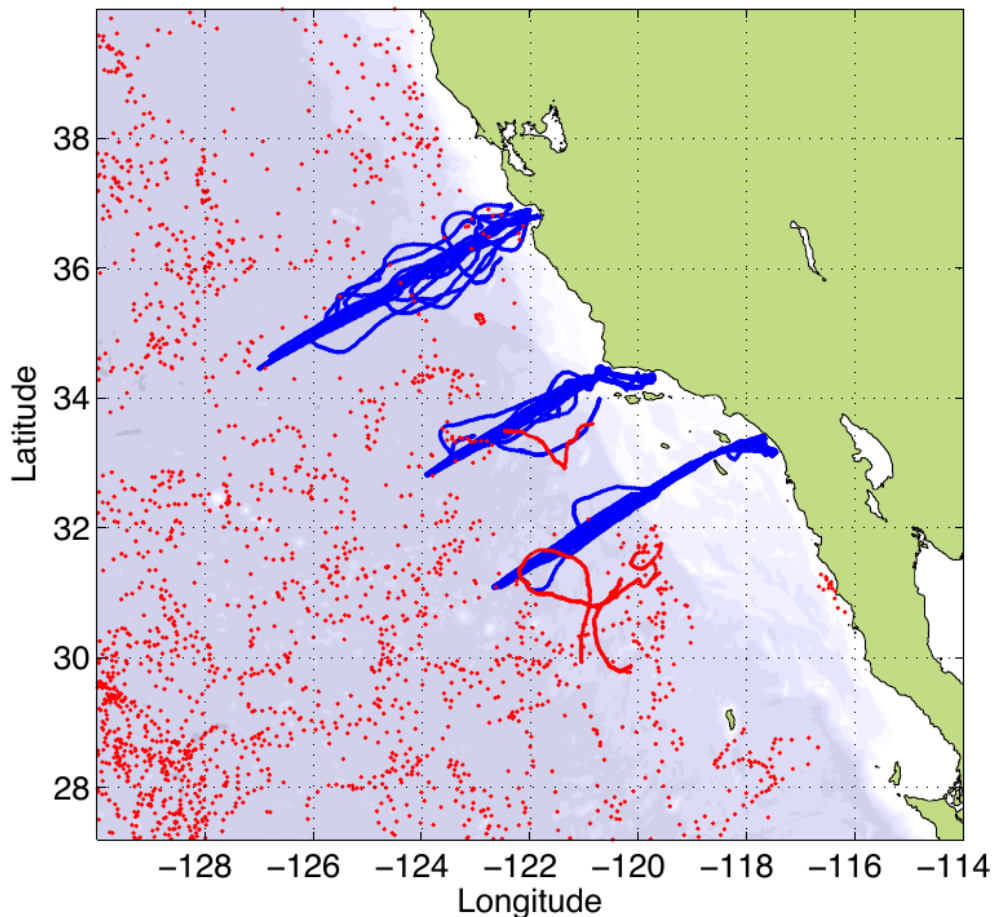
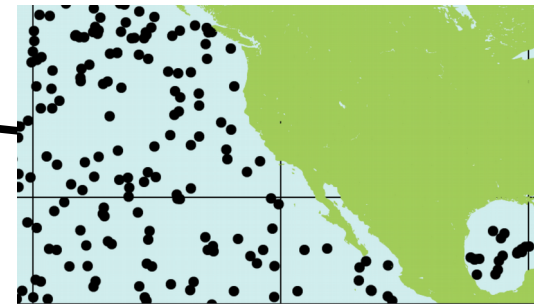
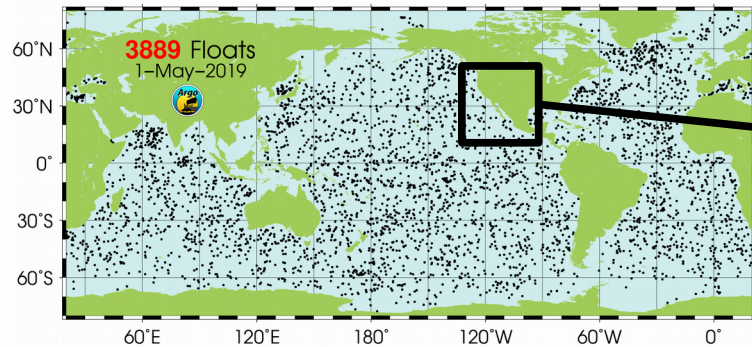
net air-sea fluxes of CO<sub>2</sub>  
interior storage of Carbon  
Ocean Acidification  
Net community production  
export production

### **Suspended particulates**

reservoir of organic carbon/ eutrophication  
variations and secular trends in organic carbon reservoir  
Net community production

# Gliders and numerical models

## Argo



- Area defined by regional model
- 28893 glider profiles
- 2482 Argo profiles
- 12 times as many profiles from gliders as from Argo
- Gliders connect coast to open ocean

# Gliders and numerical models

---

- The data provided by gliders are a **natural match for coastal/regional models** of ocean circulation
- These **coastal/regional models are necessary**, as the currents and water properties in the coastal/regional ocean vary on the small scales set by topography/stratification/latitude
- Accurate forecasting depends on **initialization on these small scales**, which can be satisfied by a network of gliders
- From their earliest conception, underwater gliders were viewed as **components of observing/modeling systems**, and progress over the past decade has proven the efficacy of this approach. Still need to go further in that direction.
  - Develop the **dialogue with ocean data assimilators** (data assimilation techniques: scales, variables) in order to develop **more societal applications** (regional/coastal)  
(see OceanGliders Storm Task Team - proven impact on hurricanes forecast intensity through coupled atmosphere-ocean glider data assimilation (NOAA)).
  - Compare glider data with available operational ocean models to determine **how the ensemble of operational ocean models currently represent the targeted phenomena** (“SIGLID” approach)

# Besoins au niveau national

---

## Une réponse « glider » adaptée aux besoins scientifiques nécessite

- le déploiement et le pilotage de gliders (en flottes) :
  - observation long terme : SNO MOOSE, extension (façade atlantique SNOCO/FONCE, outre-mer)
  - études de processus régionales, à mésoéchelle, submésoéchelle
    - **chantiers** (Arctique/MISTRALS)
    - **campagnes océanographiques** (PERLE, APERO, EUREC4OA,...),
    - **autres projets ponctuels** ANR, LEFE (EC2CO, GMMC, IMAGO, CYBER), IPEV, Région, Europe... (MATUGLI, Renovrisk, TAIGA/INTAROS, Tara-Breizh, EUROSEA,...)
  - Cal/val Satellite (CNES)
- une mesure plus intégrée des mesures 'glider' physiques (courants), biogéochimiques (O<sub>2</sub>, Chl-a, CDOM, Backscatter optique...) et biologiques (acoustique passive/active, video)

## Le développement de la capacité gliders passe par

- le développement de capteurs (dont juste intégration) et de plateformes :
  - MiniFluo (hydrocarbures/pollution),
  - ADCP-Turbidité/courants (projet MATUGLI)
  - Microstructure (turbulence)
  - Hydrophone (projet NOISE : vent, pluie, mammifères, DCSMM, défense).
  - SeaExplorer (plateforme),
  - H2020 BRIDGES (plateforme profonde et Octopuss (video))
  - Positionnement pour mesures sous la glace
- l'utilisation de simulateurs, d'analyses de risques
- le pilotage automatique et adaptatif, la possibilité de diriger des flottes coordonnées

## Le “capacity-building”

- National, européen, international, « Pays du sud » (Pérou, Sénégal, Vietnam, Tunisie, Algérie, Liban,...)

# Réponse aux besoins scientifiques

---

**Face à des besoins exprimés, on a :**

## Un parc national

jeunesse et évolution, inclusion dans les infrastructures internationales

## Une cellule glider

définir les liens avec les partenaires (organismes, laboratoires, utilisateurs)  
ancrage à l'international

## Un CNPG

définition de ses missions

## Des organismes partenaires

rôle dans l'investissement et la gestion du parc + soutien aux projets

## Des laboratoires partenaires

partenariat avec la cellule gliders pour les opérations et le développement instrumental

## Des utilisateurs "externes"

définition et accès au parc et au soutien de la cellule (ex : TNA)

# Parc national de gliders

Initiative de l'INSU en 2008 en réponse aux besoins exprimés par les laboratoires (LOCEAN, LOV, LOPS, LEGOS, LOB, CEFREM, LA, CNRM, MIO) et les OSUs (OOV, OOB, PYTHEAS, ECCE TERRA).

Regroupement des gliders des instituts (CNRS, DGA, Ifremer, IRD, UPMC) et création d'un centre national pour leur mise en œuvre en 2009 à La Seyne-sur-Mer (CNRS-INSU : 4ETP et Ifremer 0.5ETP)

## 16 gliders regroupés dans le parc :

- ✓ 6 LOCEAN (2009) pytheas, hannon, himilcon, nearchos, eudoxus, bonpland
- ✓ 2 LOV (2009) tintin, milou
- ✓ 4 CETSM (2010) theque, crate, campe, tenuse
- ✓ 2 INSU (2010) conti, baker
- ✓ 1 LOPS (2007 → 2016) potame
- ✓ 1 LEGOS (2009 → 2016) thio

38% INSU, 31% Ifremer, 18% DGA, 12% UPMC, 12% IRD

Le parc de gliders est aujourd'hui en mauvais état. Il n'en reste que 4 ? opérationnels (+4 réparables ?) et la jouvence est aujourd'hui cruciale (5 ans: besoin de jouvence; 10ans: obsolètes).

Le maintien d'une flotte de gliders et des compétences à la DT-INSU est donc à l'ordre du jour. Alors qu'on peut anticiper qu'il faudrait au moins **3-4 appareils en permanence dans l'eau** pour atteindre les différents objectifs scientifiques des projets actuels (+ en gestation)

→ Maintien à niveau de **12-16 appareils à minima** (taux d'utilisation accepté au niveau international : besoin de 4 gliders pour 1 glider dans l'eau à n'importe quel moment )

# Parc national (financement)

---

## Ressources globales actuelles:

- Tickets modérateurs à coût marginal (projets sélectionnés via évaluation)
  - Tickets modérateurs à coûts consolidés (TNA, ANR?)
  - Soutien institutionnel INSU (80keuro/an) et soutien des organismes
  - Contributions des projets (cession d'équipement : ANR, EU ou autres)
- } ~250keuro/an

Quelle partie de ce financement est dédiée à la jouvence du parc, à la capacité d'investissement ?

Quelle nouvelles sources de financement possibles ?

Région, CPER, FEDER

DGA (REI, MATURATION),

Agence de l'eau, environnement et DCSMM

Partenariat public/privé (ALSEAMAR)

## Fonctionnement :

3-4 gliders en permanence dans l'eau

=> coûts d'opération, de maintenance de premier niveau des plateformes et de calibration des capteurs = ~210-280 keuro/an

## Amortissement

100-150keuro pièce amortis sur 5 ans : 12-16 gliders = ~240-480 keuros/an

**Total hors salaires: 450-660 keuro/an**



# Cellule gliders

---

## Missions de la cellule « glider » :

- préparation des instruments (ballastage, calibration, changement des piles...),
- pilotage et optimisation du pilotage de flottilles,
- suivi des missions en mer (transport, douane, déploiement et récupération),
- maintenance (mécanique, électronique et logicielle),
- maintien des infrastructures de communication (hardware, software)
- gestion des charges utiles (calibration, intégration)

## Autres aspects de l'activité:






RT data management : Coriolis

DM data management : LOCEAN

Mission planning : labos

Public relations : labos + DT-INSU

Dvlpt instrumental capteurs/plateforme: labos+ DT-INSU

	Mission planning and piloting
	Hardware maintenance and operations
	Data Management
	Sensor calibration and dev.
	« Public » relations

## Dans ce contexte, la cellule « gliders » en soutien aux projets des laboratoires partenaires a :

- démontré une capacité de **suivi long terme** et continu au niveau régional (MOOSE)
- permis de nombreuses **études de processus** plus ciblées dans le temps (10 ans de présence gliders et des résultats originaux, résultat inatteignable sans une mutualisation des moyens et des compétences via la cellule gliders.

# Cellule gliders

---

## Evolution du périmètre de compétences

Renforcer les compétences en matière de pilotage de flottille et software ?

Répondre aux défis technologiques (hardware et software)

Quel partage des compétences/tâches entre la cellule et les laboratoires/centres de données ?

## Ancrage à l'international

Phasage avec les initiatives internationales sur la coordination des infrastructures et la mise en oeuvre des gliders (« best practices », data management, R&D, développement d'outils collaboratifs..)

## Ressources humaines nécessaires, économies d'échelle

Recommandation audit 2014 = 5ETP “moyens à la mer” : en phase avec 12-16 appareils à maintenir. ~ 250 keuro/an en salaires (permanents, CDD)

« Parc+cellule » (moyens à la mer) =

~700-1000keuro/an en coûts consolidés (fonctionnement, amortissement, salaires)

/!\ il faut aussi considérer et consolider :

- RT data management (Coriolis)
- DM data management (QC physique/biogéochimique, labos  $\longleftrightarrow$  DAC/Coriolis)
- R&D (labos : climatologies,...)

→ DM et R&D sous-dimensionnés, prise en charge par les PIs (duplications d'efforts)

# Comité National de Pilotage de l'activité Gliders (CNPG)

---

En premier lieu un **comité de programmation** technique

- Evaluation scientifique faite en amont par les comités ad-hoc (CSOA, programmes nationaux, chantiers nationaux, ANR, EU)
- Evaluation de la mise en adéquation entre les objectifs scientifiques et les moyens et proposition de sélection des projets à soutenir.

Et un **comité de pilotage inter-organismes**

- recommandations en termes de ressources (humaines, équipement) à l'échelle de la communauté ?
- prospectives régulières (plans d'implémentation) sur la base des prospectives des instituts et organismes ?
- représentation au comité de suivi de la DT-INSU ?
- Animation ?

## **Composition:**

- représentation équilibrée de tous les organismes partenaires, sous la présidence de l'INSU ?
- mandats des organismes pour ces représentants ?

# Conclusions

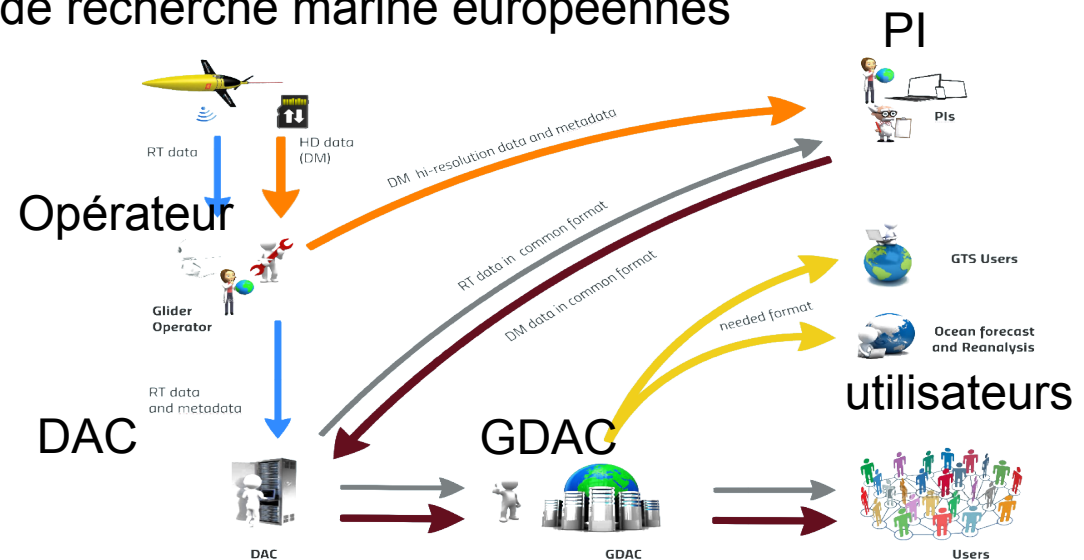
Experience incontestable, “success stories”. Compte tenu des besoins et des ressources cela a bien fonctionné.

Limite de cet exercice de mutualisation de matériel financé sur projets sans jouvence garantie ~250 keuro/an.

Structuration nationale qui a montré son efficacité mais qui demande à être consolidée

## Reflexions sur :

- le devenir du parc
- la montée en puissance de la cellule glider
- les missions d'un CNPG !
- l'intégration de l'activité gliders dans le paysage national IR/TGIR
  - ✓ ILICO, OHIS? / Argo-fr, EMSO-fr, FOF
- Et dans le paysage des infrastructures de recherche marine européennes
  - ✓ ERICs : Argo et EMSO
  - ✓ JERICO ?
  - ✓ EOOS ?





**Merci !**