

Océanographie

Prospective 2004

Tosca

Machine océan/atmosphère

→ Evolution du climat sur le moyen et long terme

→ Les cycles de l'eau et du carbone

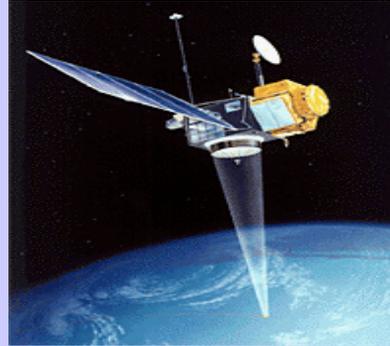
→ Niveau de la mer

→ enjeux sociétaux

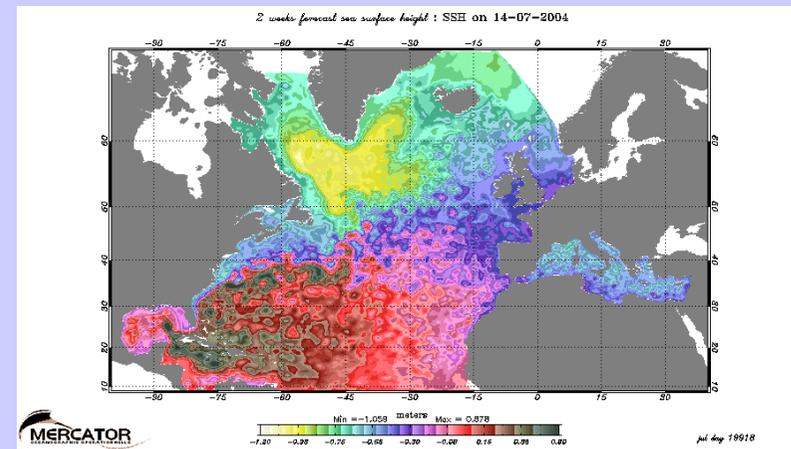
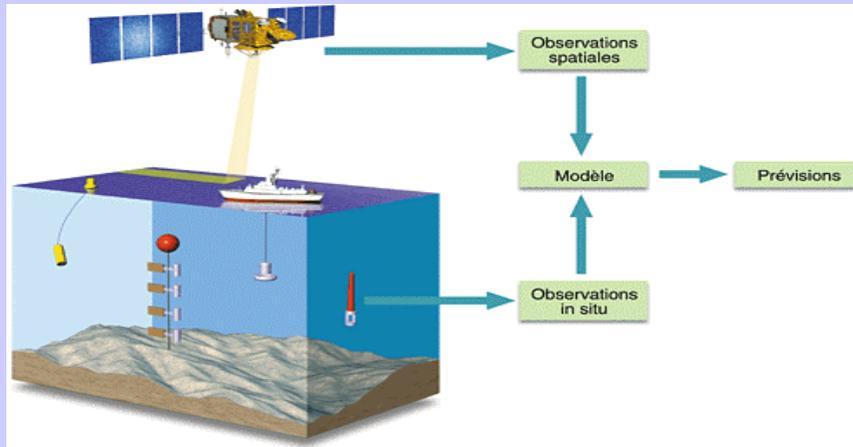
Nécessité de prendre toutes les composantes

Les moyens

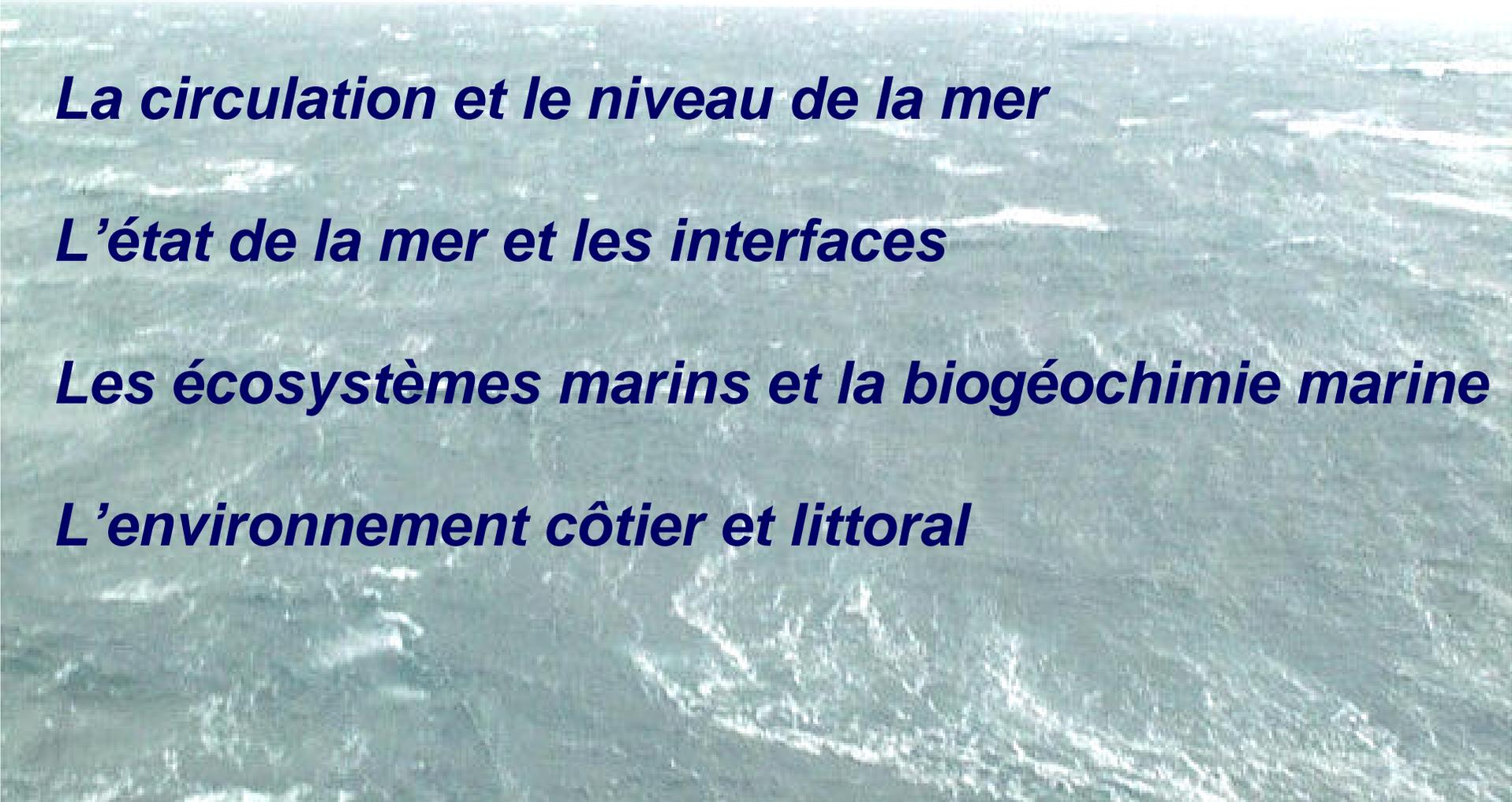
Des observations de plus en plus nombreuses



Des modèles et des méthodes d'assimilation de plus en plus complexes



Des besoins de l'opérationnel à l'exploration en fonction des objectifs



La circulation et le niveau de la mer

L'état de la mer et les interfaces

Les écosystèmes marins et la biogéochimie marine

L'environnement côtier et littoral

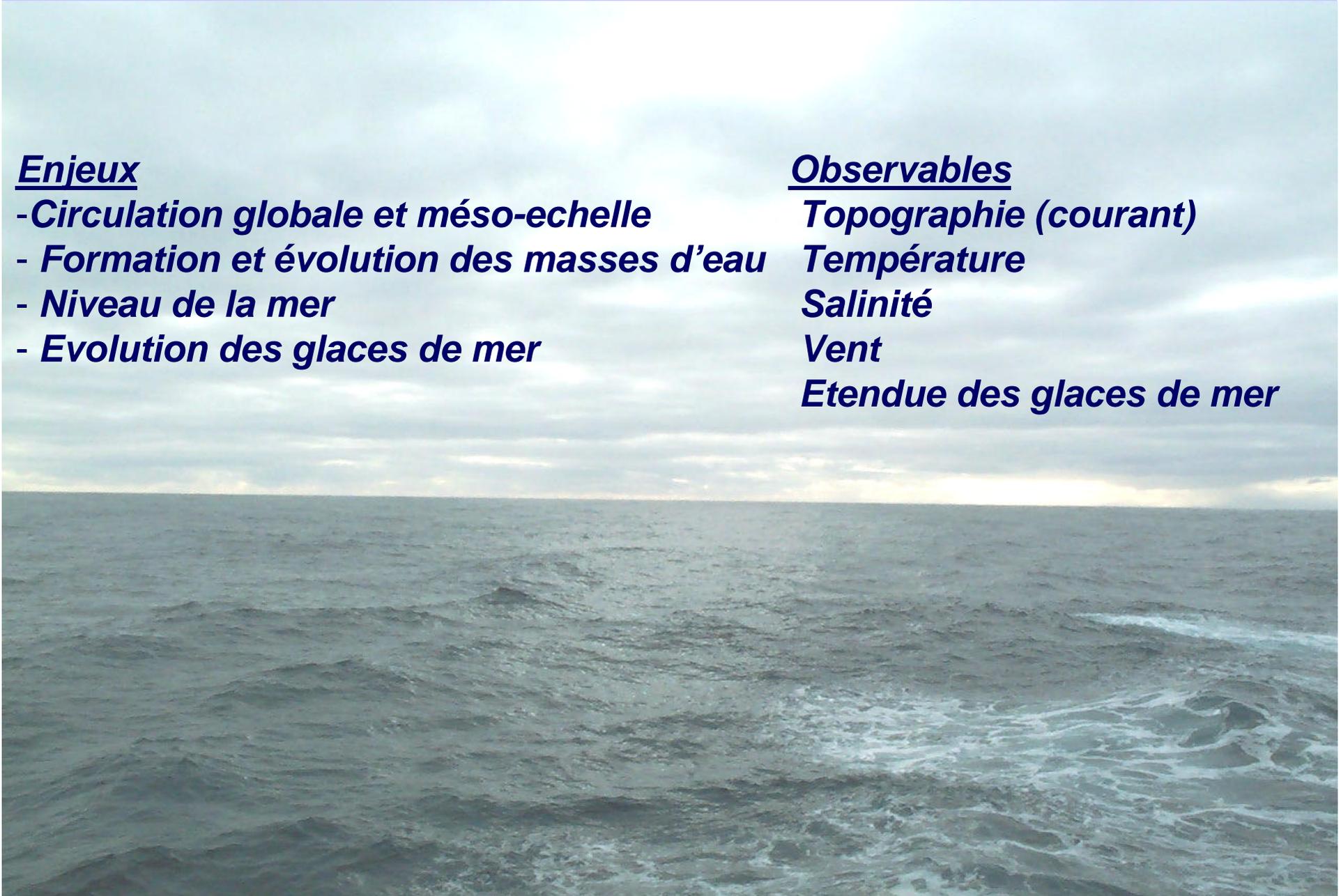
La circulation océanique et le niveau de la mer:

Enjeux

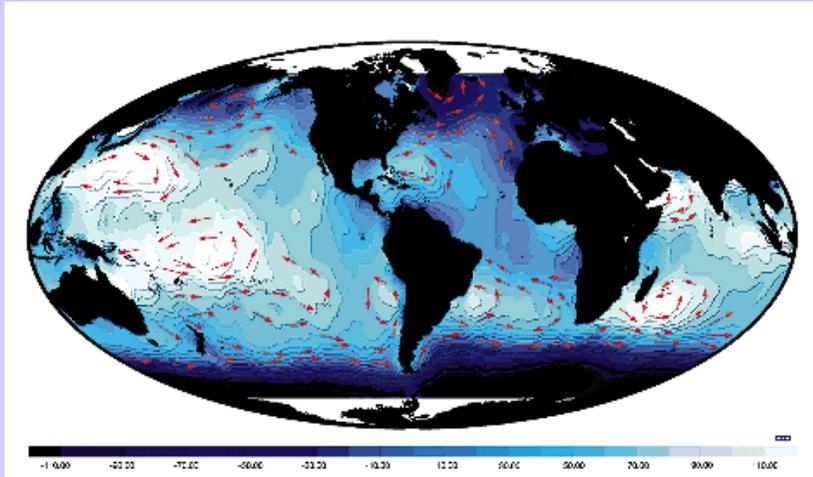
- Circulation globale et méso-échelle***
- Formation et évolution des masses d'eau***
- Niveau de la mer***
- Evolution des glaces de mer***

Observables

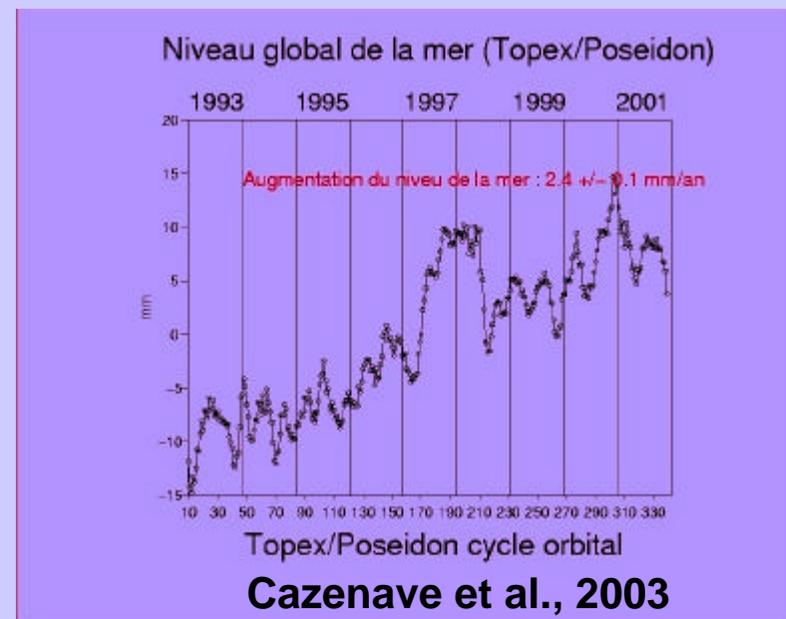
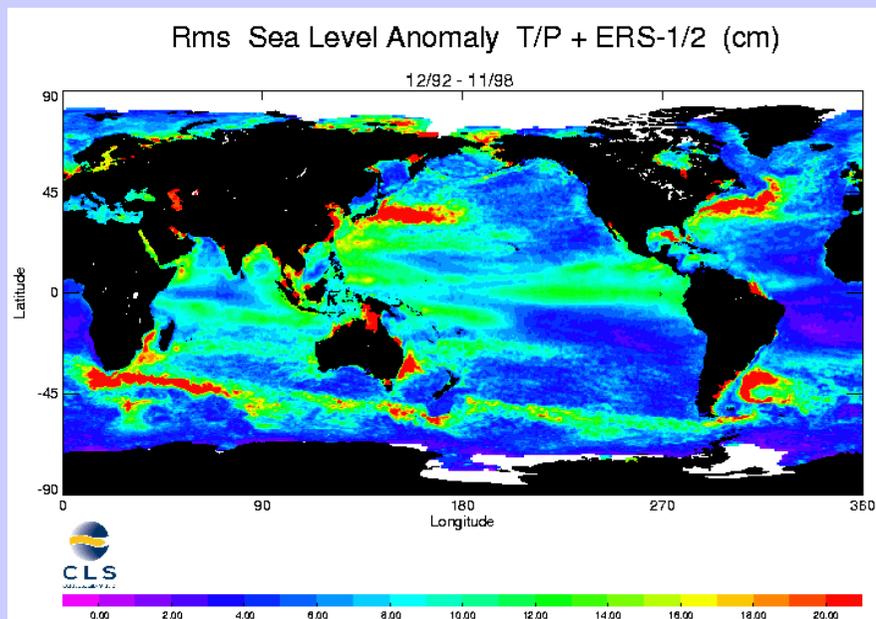
- Topographie (courant)***
- Température***
- Salinité***
- Vent***
- Etendue des glaces de mer***



La circulation océanique et le niveau de la mer: Les succès



- Succès de l'altimétrie
- Topographie dynamique
- Représentation des grands courants
- Description de la variabilité spatio-temporelle
- Description de phénomènes ex El Nino
- Marées et propagation d'ondes
- Niveau moyen des océans

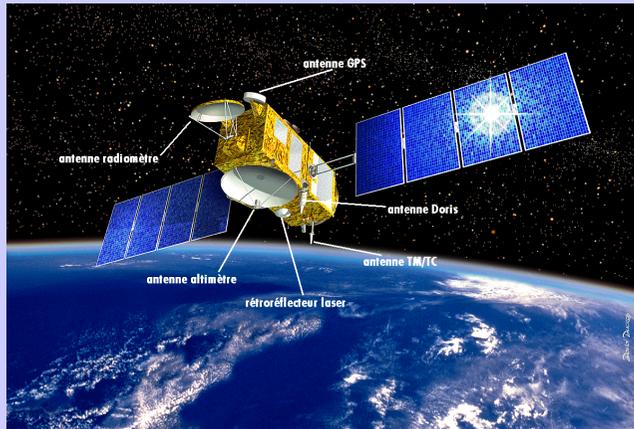


La circulation océanique et le niveau de la mer:

Le niveau moyen des océans et altimétrie

→ *Besoins de continuité de deux missions altimétriques simultanées*

post – Jason



- Echantillonnage spatio/temporel (hauturier et cotier)
- Zones polaires
- Emergence de nouveaux thèmes autour de l'altimétrie (glaciologie, hydrologie)

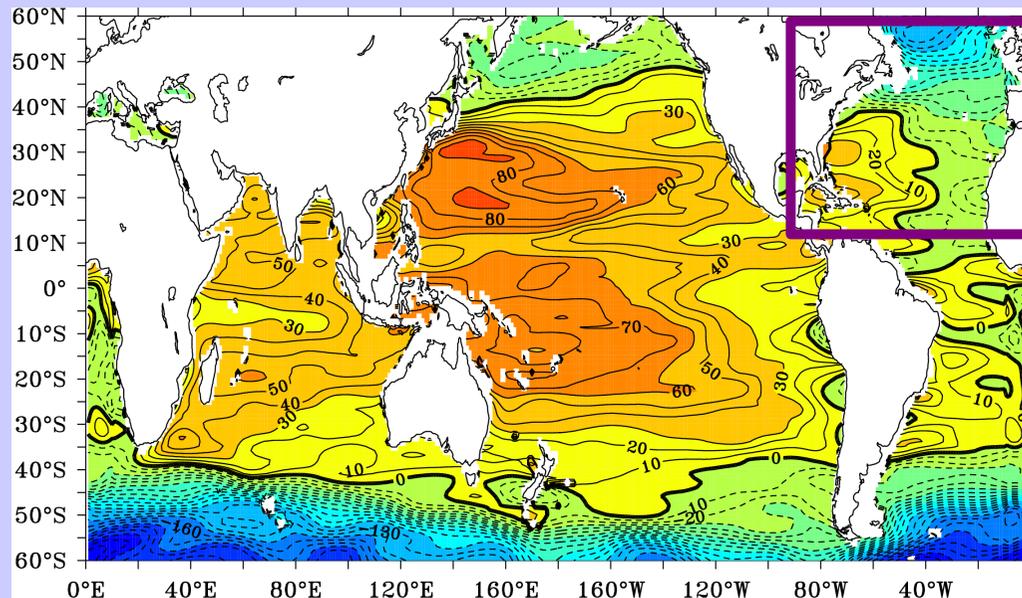
Et post-Envisat (RA-2)



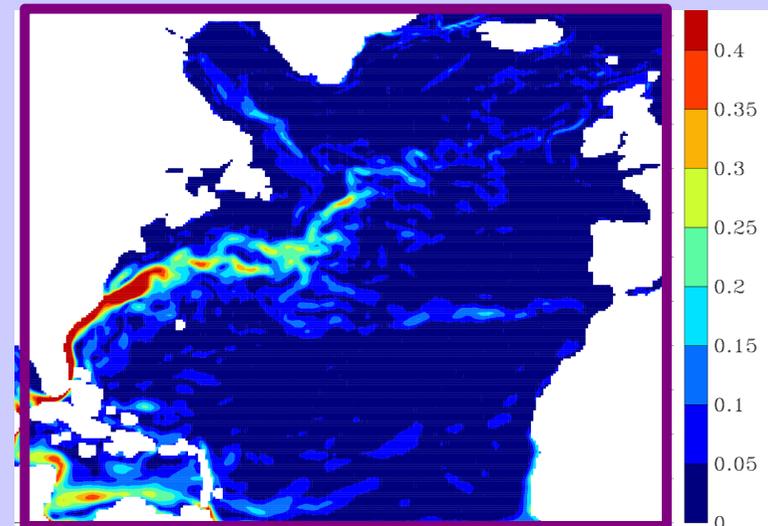
- post-jason: Jason2 (et WSOA) et Jason 2B ?
- post-envisat: ? Altika ?...

La circulation océanique: Apport des missions de gravimétrie CHAMP et GRACE

Niveau de la mer = **Géoïde** + **Topographie Dynamique Moyenne** + **Anomalies**
(Topex/Poseidon, Jason) (CHAMP)



ASSIMILATION



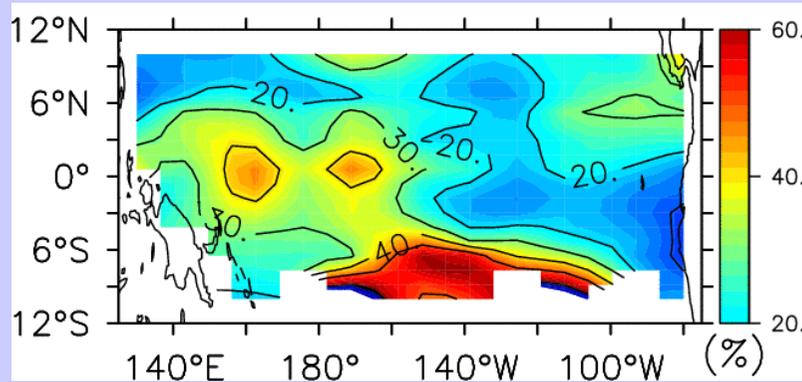
Topographie Dynamique Moyenne: déduite des missions altimétriques et gravimétrie CHAMP
(Gourdeau *et al.*, 2003)

→ **GOCE (2007)** :
meilleure résolution du Géoïde aux petites échelles

Circulation océanique
(courants de surface):
estimée par assimilation
(Birol *et al.*, 2004)

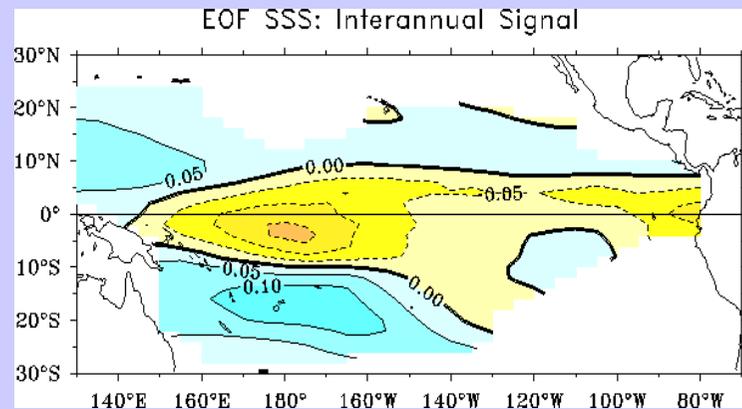
La circulation océanique et le niveau de la mer : la salinité

Impact des variations de salinité sur les variations du niveau de la mer dans le Pacifique tropical (en%)



(Maes et al., 2002)

Le signal El Niño en salinité de surface



(Delcroix, 1998)



→ SMOS (ESA-CNES-CDTI)
→ Aquarius (NASA-CONAE)

Etat de la mer et interface: vent, vague et processus associés: objectifs et enjeux

- **prévision des vagues:**
 - pour tous les “utilisateurs” de la mer
 - pour les modèles de circulation atmosphérique
- **physique des vagues et sur leur impact sur les échanges océan/atmosphère**
- **climatologie du vent et des vagues à la surface de la mer et son évolution**
- **corrections des observations spatiales perturbées par les vagues**

Observables

Hauteur des vagues

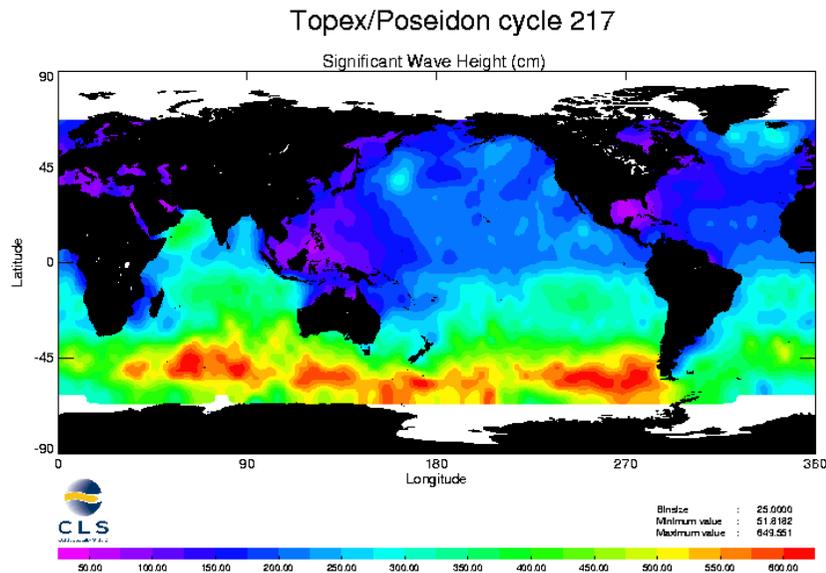
Vitesse du vent

Direction du vent

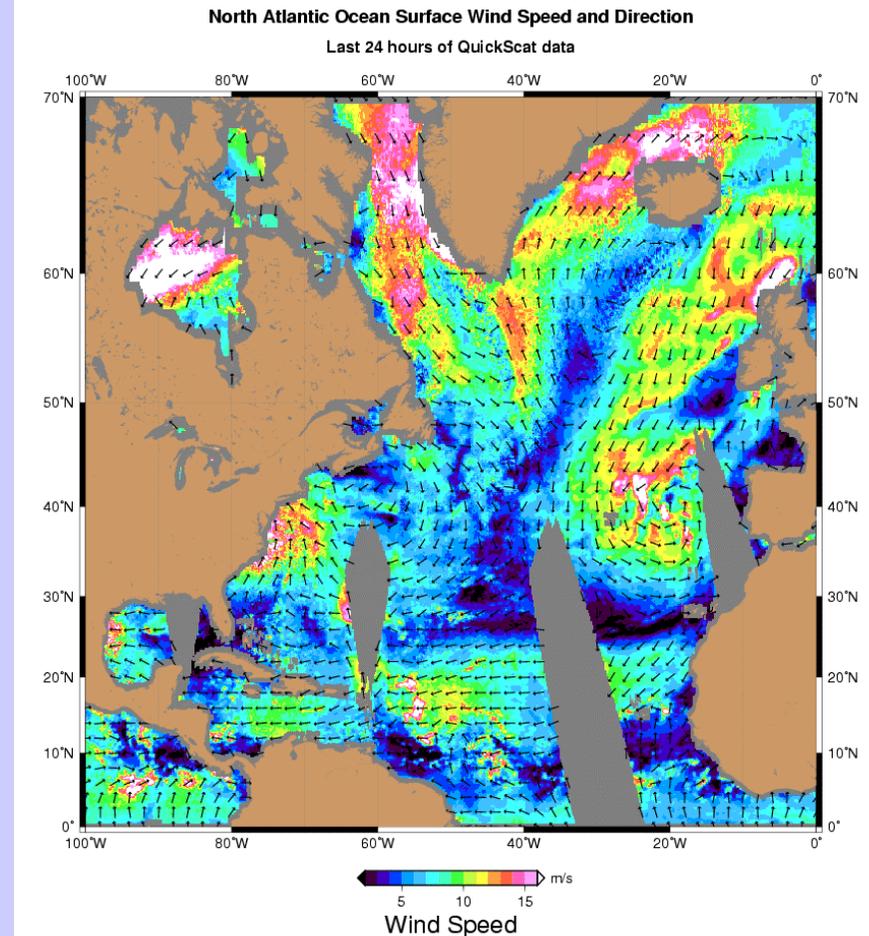
Spectre des vagues



Etat de la mer et interface: Les succès



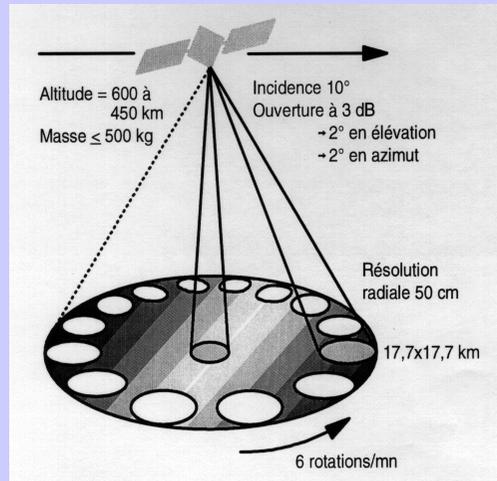
- Hauteur des vagues par altimétrie
- La vitesse du vent (diffusiomètre)
- La direction (diffusiomètre)
- La houle, notamment en côtier (SAR)



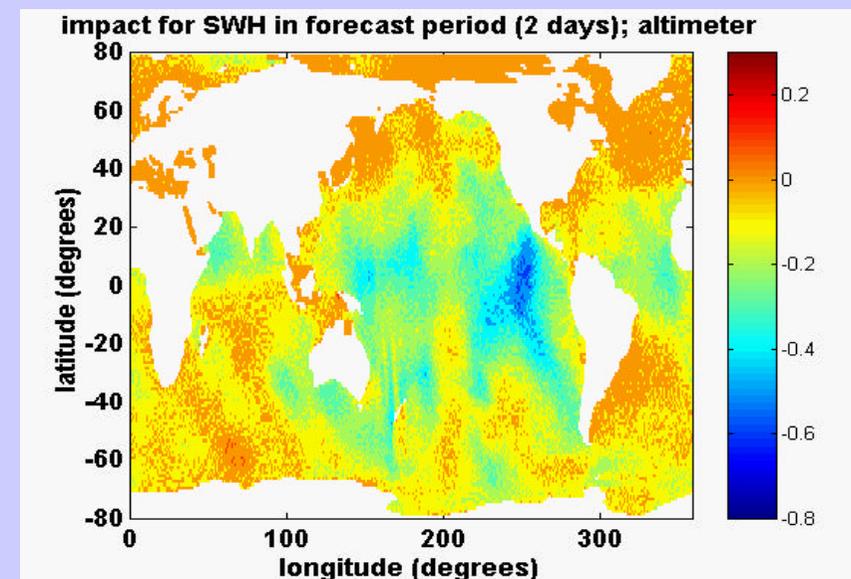
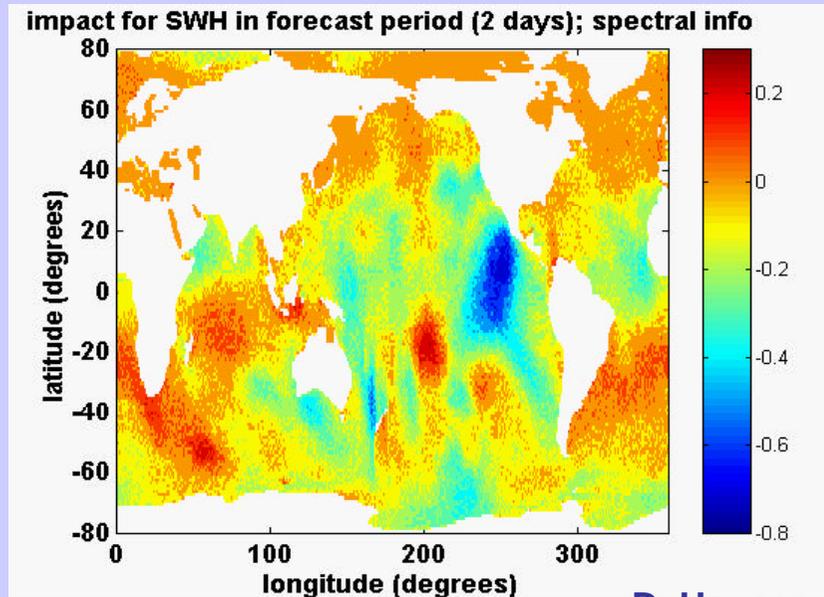
Les limites

Climatologie des vagues incomplètes
Manque le spectre directionnel
Couverture

L'état de la mer et interface: Swimsat : Proposé à l'ESA



- Spectre directionnel des vagues
- Amélioration de la prévision
- Statistique sur les pentes de rugosité
- Climatologie complète
- Influence de l'état de la mer sur les flux
- Les régions marginales de glace de mer



D. Hauser

Glaces de mer

Enjeux

- Stratification de l'océan (circulation à 3 D)
- Interface océan-atmosphère
- Climat (albédo)
- Témoins climatiques polaires

Observables

Etendue, dérive, âge, formation, épaisseur

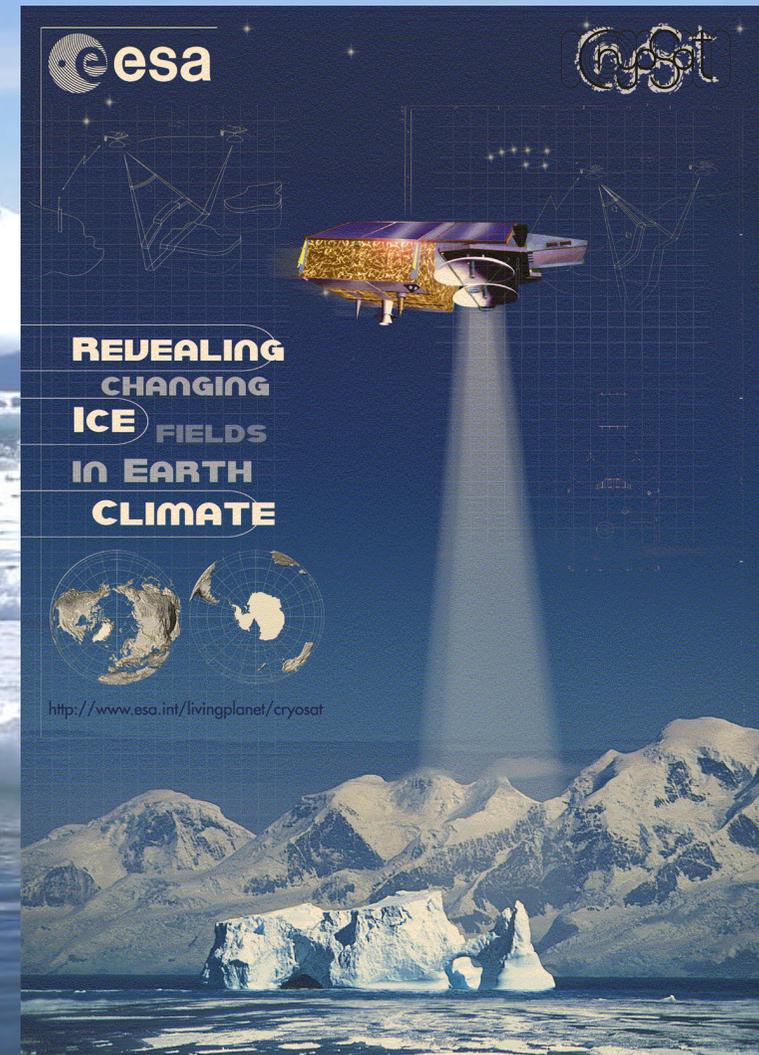
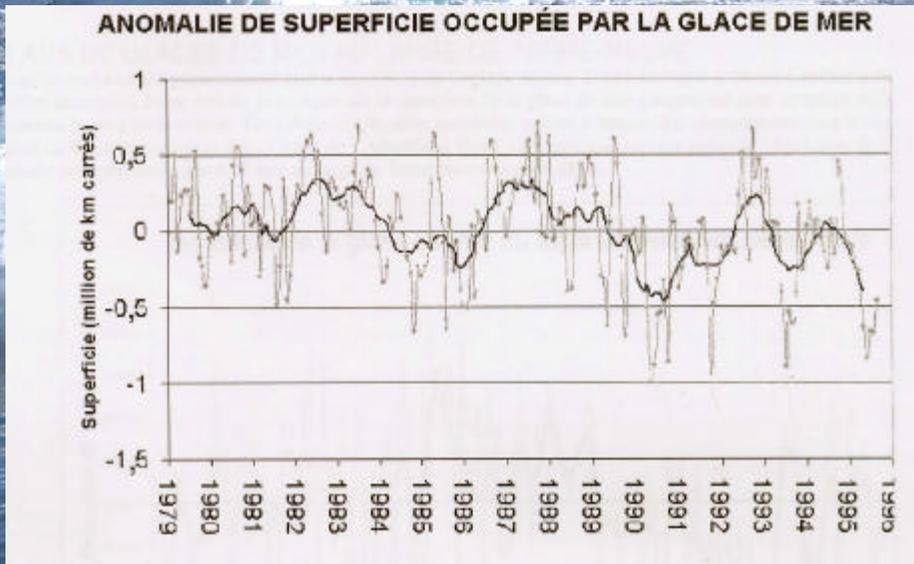
Succès

- Description de la formation (SAR)
- Étendue par SSIM, diffusiomètre

Les limites :

L'épaisseur

→ Cryosat (ESA)



Diminution estivale de 3.4%/10 ans, hivernale de 7%/10 ans

Biogéochimie marine : enjeux et objectifs

Enjeux majeurs

- Rôle de la biologie dans la régulation des flux de CO₂ (cycle du carbone)
- Changements globaux et décennaux de la biomasse du phytoplancton
- Couplage entre la circulation océanique et la production primaire à méso-échelle
- Gestion raisonnée des ressources halieutiques

Objectifs

- Suivi global de la biomasse phytoplanctonique sur plusieurs décennies (établissement « d'enregistrements de qualité climatique »)
- Assimilation dans les modèles couplés (y compris groupes phyto.)
- Amélioration de l'algorithmique (notamment en côtier)
- Systèmes opérationnels de surveillance (blooms)

Biogéochimie marine: l'observable

Spectre de la réflectance (du visible au proche infrarouge)

Les paramètres qui en sont dérivés :

Concentration en chlorophylle

Identification des groupes phytoplanctoniques

Sédiments en suspension

Substances dissoutes colorées

Propriétés optiques inhérentes

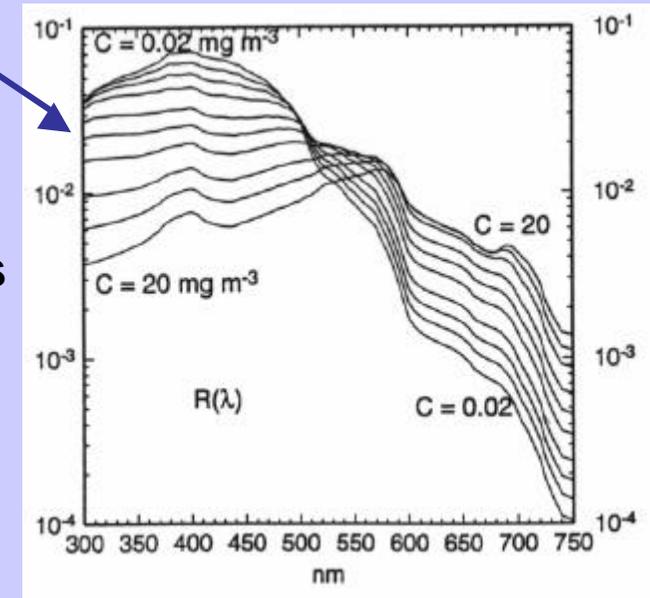
Fluorescence du phytoplancton

Floraisons toxiques

Épaisseur optique et type des aérosols

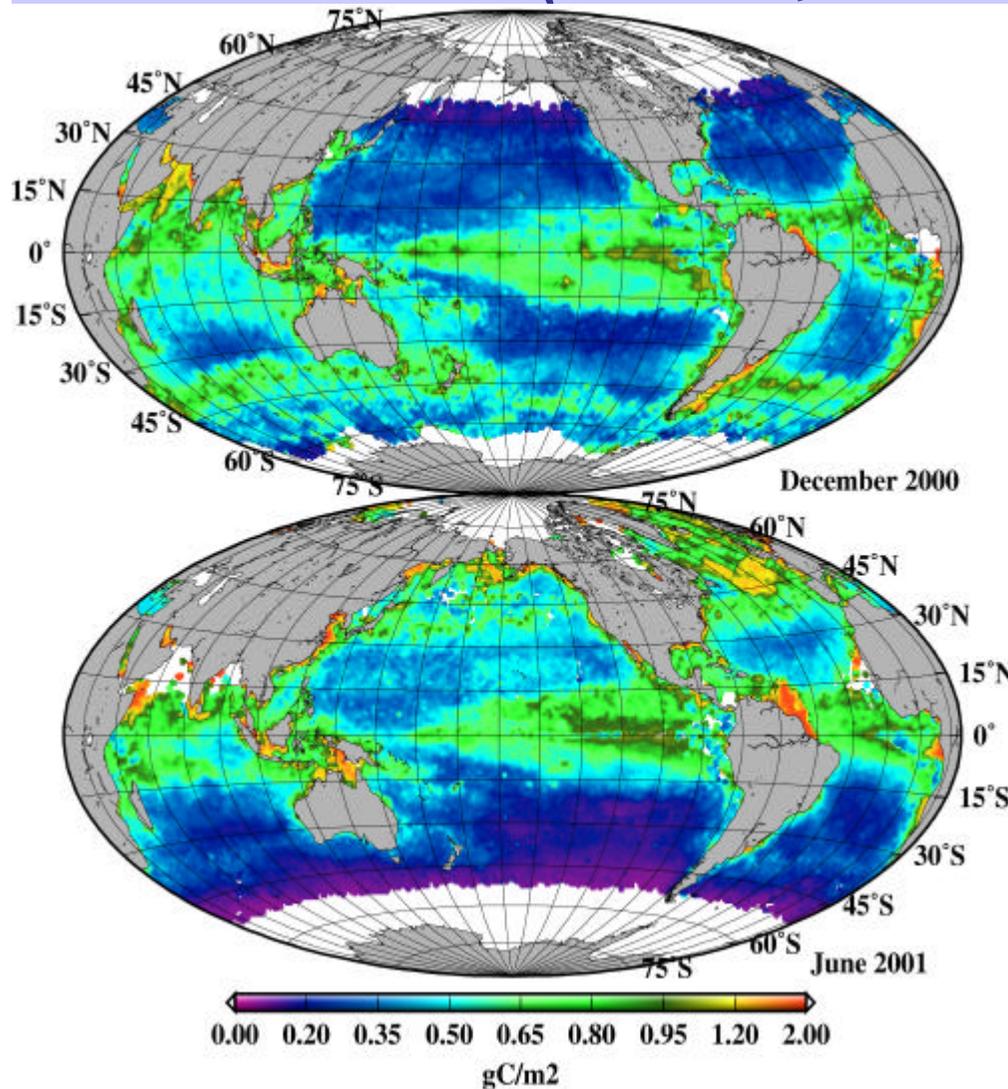
Production primaire (fixation de carbone par le phytoplancton)

Analyses de haut niveau pour applications opérationnelles



« couleur de la mer »

Biogéochimie marine : les succès (Seawifs, Polder, Meris, ...)



Production primaire (Morel and Antoine, 2002)

Quantification de la biomasse phytoplanctonique à la précision recherchée

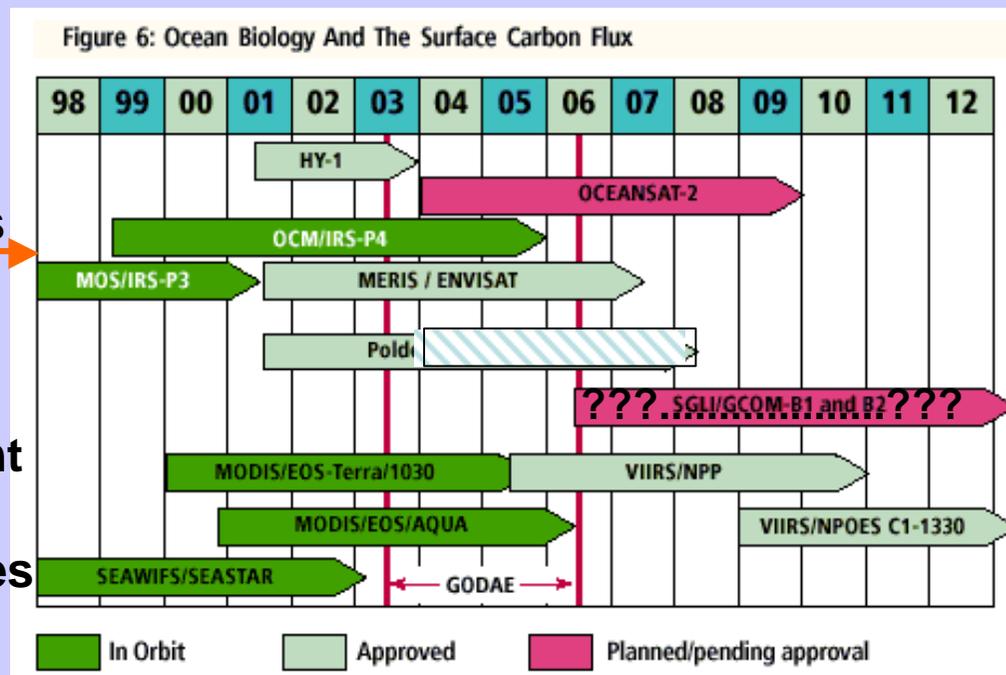
Vision renouvelée de la biogéochimie à échelle de l'océan mondial

Premières estimations globales de la fixation de carbone ~ 50 Gt/an

Début des applications opérationnelles

Biogéochimie marine: Les limites actuelles

- Nombreuses missions en orbite avec des caractéristiques très différentes. (besoin de cal/val)
- Peu sont cependant opérationnelles et proprement étalonnées
- La seule mission opérationnelle prévue après 2006-2007 (e.g., VIIRS sur Npoes) ne répond pas pleinement aux besoins scientifiques.
- Inadéquation pour l'observation des phénomènes rapides



Extrait de : IGOS « ocean theme team » report, January 2001

- La continuité des observations globales de la couleur de l'océan à la précision requise pour les études scientifiques pluri-décennales n'est donc pas assurée

→ Parasol

L'environnement côtier et littoral – Les enjeux

Deux spécificités fortes:

- Echantillonnage spatio-temporelle et HR
- Enjeux et objectifs propres

- La circulation
- Le trait de côte
- La bathymétrie
- Sédiments en suspension et biogéochimie (côtes et panaches estuariens)
- Envasement
- Blooms phytoplanctoniques, algues toxiques ...
- Biomasse des zones humides
- Houle et déferlement

Mer

Terre

Littoral : quelques km
Côtier : 100 km

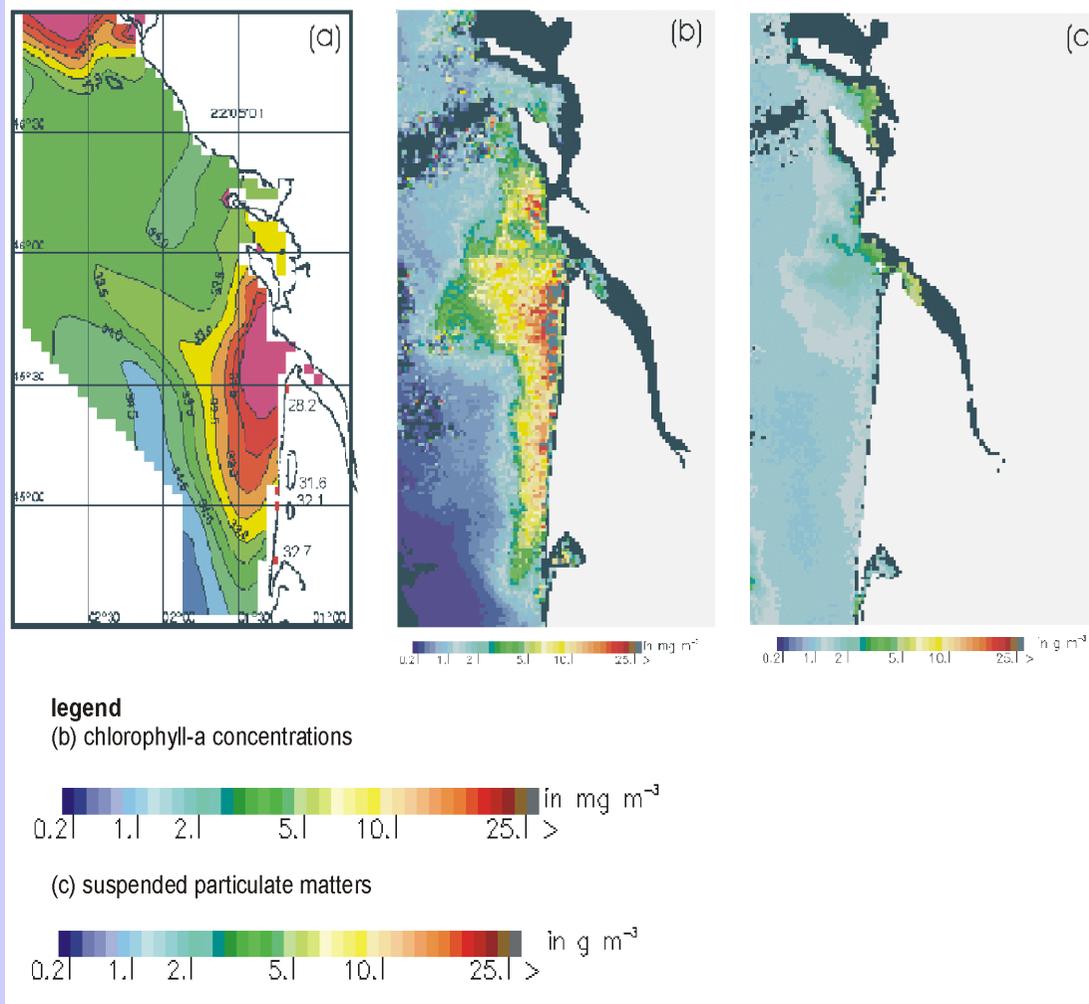
L'environnement côtier et littoral – Les succès

Panache de la Gironde : Modèle et Seawifs

Salinité modèle
MARS-3D
(Ifremer)

Bloom
Phytoplanc-
tonique

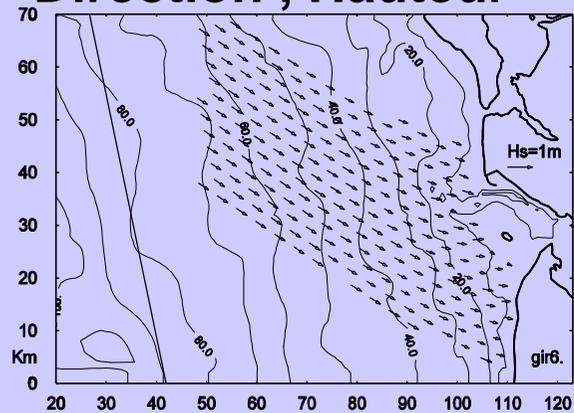
Matières en
suspension



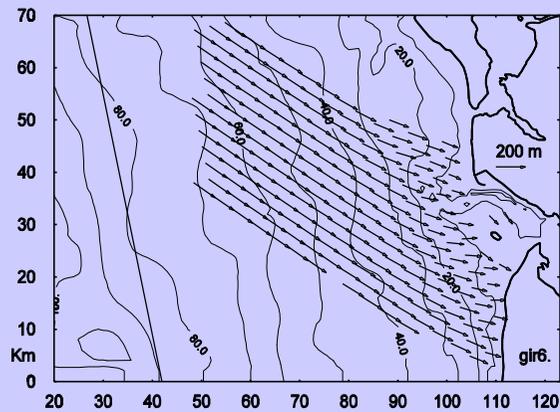
L'Environnement côtier et littoral – Les succès (SAR)

HOULE

Direction , Hauteur

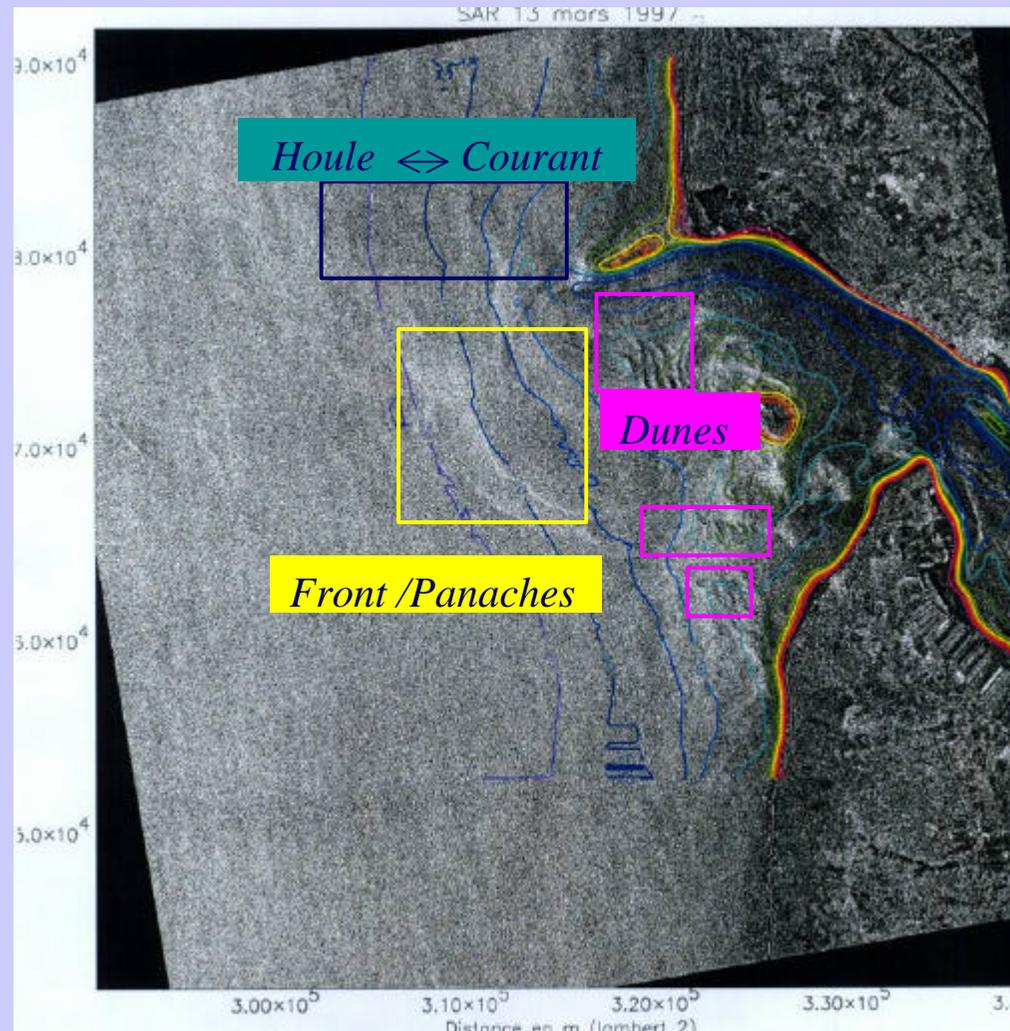


Direction , longueur d'onde



Forget

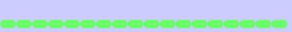
GIRONDE



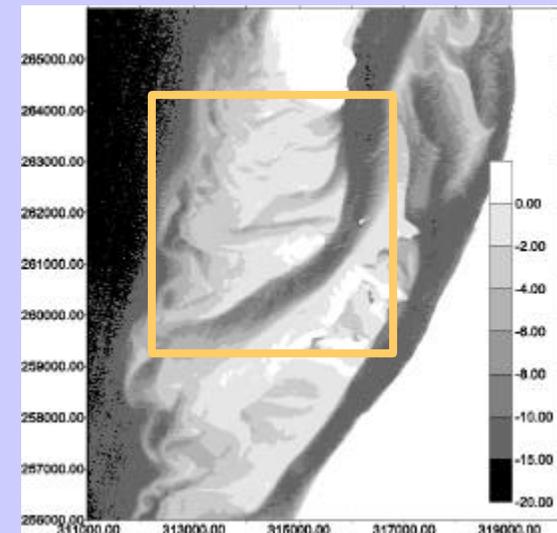
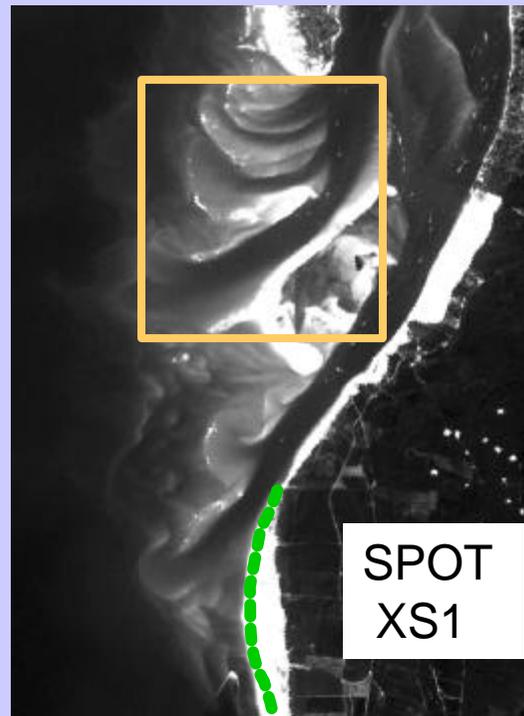
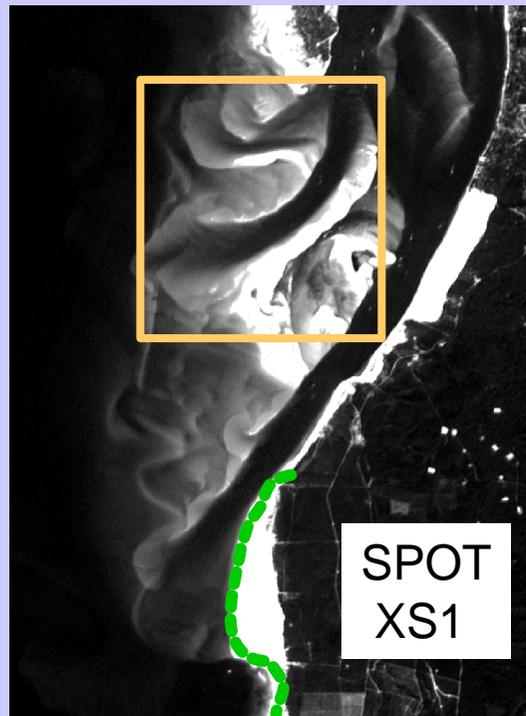
L'environnement côtier et littoral – Les succès

La bathymétrie petits fonds par optique haute résolution (SPOT XS1)

- évolution des bancs sableux 

- trait de côte 

Exemple de l'embouchure du bassin d'Arcachon



Lafon et al., 2000

L'environnement côtier et littoral – Les limites actuelles

A améliorer

L'interprétation des images couleur de la mer

La précision verticale pour la bathymétrie (lidar?)

Les aspects (pré-) opérationnels

A développer :

- La répétitivité et la synergie optique-radar
- La salinité de surface (en association avec SST haute résolution spatiale)
- Les courants à haute résolution spatiale

Conclusion

Besoins opérationnels: maintien impératif

- Altimétrie micro-onde (post-jason et **post-Envisat RA2**)
- Diffusiomètre vent/vague (assuré par NPOESS et METOP)
- Imageur infra-rouge thermique (id.)

Besoins pré-opérationnels: opérationnels durant la prochaine décennie

- Imageurs haute-résolution (1-10 m) opt-radar pour le côtier (Orféo)
- Imageurs moyenne-résolution (100 m-qq 1km) – bandes spectrales et couverture quotidienne (**post-Envisat Meris**)

Besoins exploratoires:

Salinité (SMOS et Aquarius, **et suite**)

Glacier, glace de mer, altimétriques interférométrique (**post-CRYOSAT**)

Spectre directionnel des vagues (**SWIMSAT**)

Echantillonnage THR pour le côtier (**R&T sur satellite géostationnaire ?**)

Courant de surface (?)