

Vers un service de modélisation globale de la biogéochimie marine à Mercator Océan

Eric Dombrowsky, Abdelali Elmoussaoui, Coralie Perruche
Mercator Océan



**Mercator
Ocean**
Ocean Forecasters

Plan de l'exposé

- **Mercator Océan en deux mots**
- **La biogéochimie à Mercator Océan: pourquoi, comment**
- **Quelques résultats**

- **Conclusion**

Plan de l'exposé

- **Mercator Océan en deux mots**
- **La biogéochimie à Mercator Océan: pourquoi, comment**
- **Quelques résultats**

- **Conclusion**

Qui est Mercator Océan ?



- **Mercator est né en 1995 d'une initiative de la communauté recherche**
- **Aujourd'hui, Mercator Océan est une société civile, dont les associés sont le CNRS, l'Ifremer, l'IRD, Météo-France et le SHOM**
 - 50 personnes à Toulouse
- **Mercator Océan est un fournisseur de services généralistes (core service) océanographique**
 - Services opérationnel de prévision numérique océanique
 - Global, régional (hauturier), temps réel
 - Accès aux produits: products@mercator-ocean.fr
- **Mercator Océan est le chef de file du consortium Européen (61 partenaires) MyOcean**
 - En charge également de la composante globale du système
- **Mercator Océan est membre de GODAE OceanView, EuroGOOS, ...**



Les systèmes actuels de production opérationnelles



- **Global résolution moyenne – eddy permitting (depuis 2005) – Global 1/4°**
 - **Depuis avril 2008:** 1/4°, NEMO/LIM, SEEK, altimétrie, T/S et SST, prévision hebdomadaires
 - Cible: suivi du climat de l'océan, biogéochimie, glace de mer, réanalyses
 - *Mise à jour majeure réalisée en décembre 2010 (MyOcean V1)*
- **Régional haute résolution – eddy resolving (depuis 2002) – Natl+Med 1/12°**
 - Atlantique Nord et Méditerranée
 - **Depuis avril 2008:** 1/12° (65 km à 45°N), NEMO/LIM, SEEK, altimétrie, T/S et SST, prévision quotidiennes
 - Cible: l'océan superficiel, la méso échelle, l'imbrication pour le côtier
 - *Mise à jour majeure réalisée en décembre 2010 (MyOcean V1)*
- **Global basse résolution (depuis 2004) – Global 2°**
 - OPA8, 2°, SEEK, altimétrie, T/S et SST, prévisions hebdomadaires
 - Cible: conditions initiales océaniques pour la prévision couplée saisonnières, réanalyses (Var)

Global haute résolution (cible opérationnelle pour fin 2011) – **Global 1/12°**

- NEMO/LIM+SEEK 1/12°
 - *A été démontré (démon) en Avril 2008 (Projet Mersea)*
 - *En production aujourd'hui (en démon depuis juillet 2009)*

Très haute résolution de l'Atlantique Nord Est (IBI, cible opérationnelle pour mi 2011) – **IBI 1/36°**

- NEMO 1/36° +SEEK + marée (surface libre explicite, hautes fréquences)
- conditions aux frontières pour systèmes côtiers

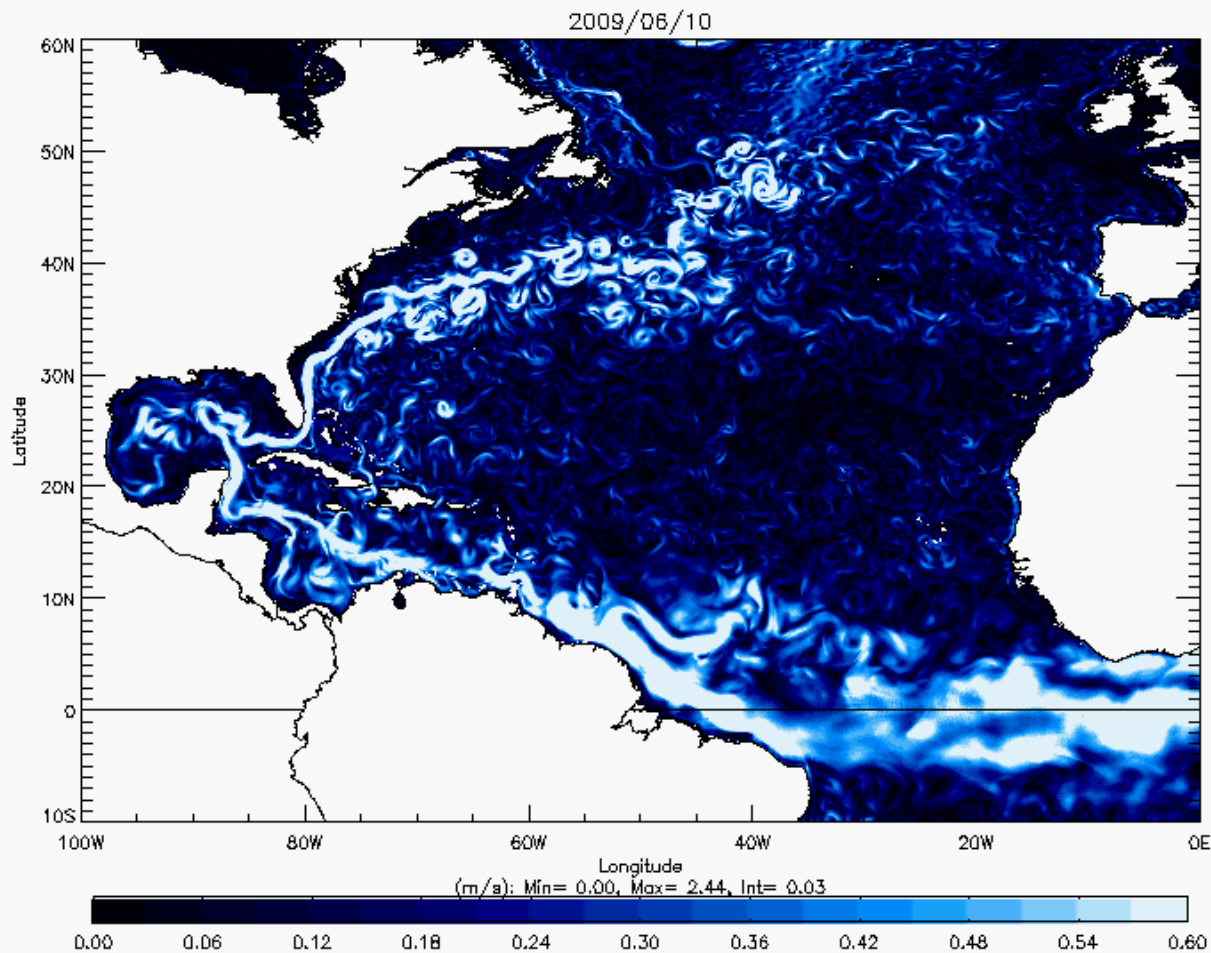
Biogéochimie (cible opérationnelle pour fin 2011) – **BIOMER 1°**

- Pisces à 1° couplé off-line au Global 1/4°



Illustration de la capacité: exemple de produits système Atl. Nord + Méd. au 1/12°

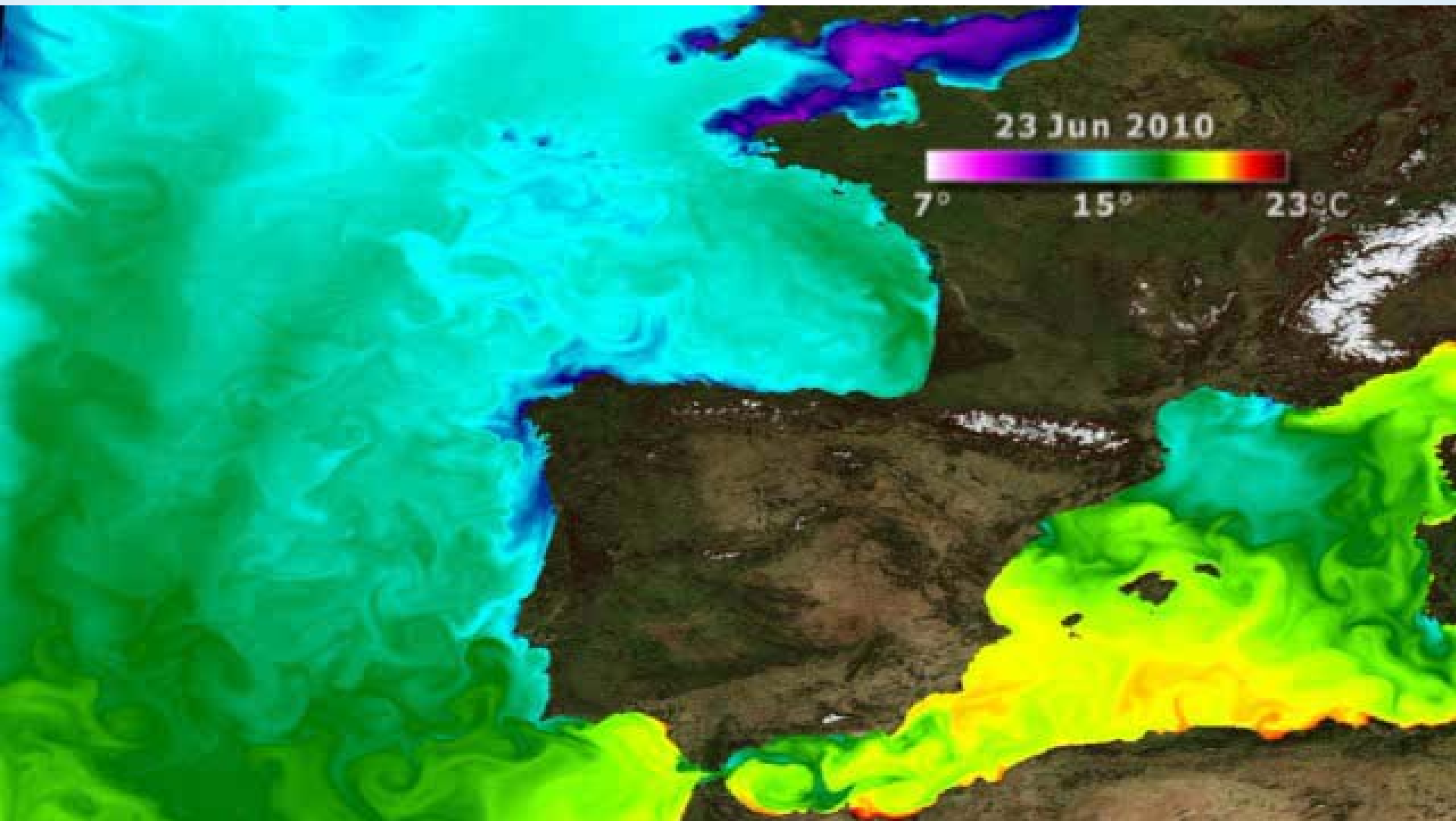
Courants de surface (Juin-Juillet 2009 - moyennes journalières)



Résolution horizontale 1/12° (6 à 9 km) – 50 niveaux z
Données altimétriques, SST et profils T/S *in situ* assimilées

Illustration de capacité: exemple de produits système régional IBI (Iberian, Biscayan and Irish) au 1/36°

Température de surface (23 Juin-6 Juillet 2010 – champs horaires)



Plan de l'exposé

- **Mercator Océan en deux mots**
- **La biogéochimie à Mercator Océan: pourquoi, comment**
- **Quelques résultats**

- **Conclusion**

Pourquoi la biogéochimie à Mercator Océan ?

- **Pour satisfaire nos associés et leurs utilisateurs**
 - Utilisation recherche, downscaling, ressources vivante, CO2
- **Parce que la demande (et l'offre) au niveau Européen est forte**
 - Cadre MyOcean
- **Pour que tous les utilisateurs puissent être servis**
 - Au niveau national et international

Répondre (positivement) aux questions:

- Est-ce que coupler la biogéochimie à l'échelle globale avec un système physique eddy resolving apporte du réalisme ?
- Est-ce que coupler la biogéochimie à l'échelle globale avec un système physique qui assimile les données physiques apporte du réalisme ?

En développant la science et la techno nécessaire

- *Objectif non encore entièrement atteint (des réponses partielles acquises)*

Les atouts de Mercator Océan

- **Objectifs et mandat donné par les associés et l'Europe clair**
 - Développer les service amont de l'océanographie opérationnelle
 - Pour que se développent en aval les services répondant aux besoins de la société
- **Partenariat fort avec la recherche**
 - GMMC ...
- **Des outils et systèmes**
 - Physique: modélisation, assimilation, systèmes temps réel et réanalyse
 - Systèmes globaux, régionaux, haute résolution,...
- **Des ressources pour le faire**
 - Des ressources humaines
 - Une équipe de 50 personnes (dont la moitié affectée sur des tâches R&D)
 - Des moyens de calcul
 - Apportés principalement par Météo-France
 - Des ressources financières
 - Via les contributions des associés et via le projet MyOcean

Historique de la biogéochimie marine à Mercator Océan



- **BIONUTS (PI Patrick Montfray, LEGOS) 2003→2006**
 - Initiative de la communauté scientifique, 2 projets soutenus par le GMMC
 - → Choix des outils
 - PISCES, couplage offline, dégradation de la physique temporelle et spatiale
- **Mercator Vert (PI Cyril Moulin, LSCE) 2007→2010**
 - Suite de BIONUTS, avec passation de leadership
 - → Mise en place des outils pour un système global (cible MyOcean)
 - BIOMER, ORCA1 couplé à PSY3, ...
 - Démonstration d'application non menées à terme
 - Downscaling, marine resources
 - *Recrutement à Mercator Océan d'Abdelali Elmoussaoui et Coralie Perruche*
- **Mercator Vert II (PI Marion Gehlen, LSCE) 2011 →**
 - Suite de Mercator Vert
 - → accompagner la mise en place de la bio globale MyOcean à Mercator Océan

Partenaires historiques de Mercator Océan pour la biogéochimie marine




- **Au cours des divers projets (BIONUTS, MERCATOR Vert, ...) le partenariat a évolué depuis 2003, mais autour d'un noyau dur**
- **LSCE**
 - Modélisation, leadership, applications globales (carbone)
- **CNRS et IRD**
 - LEGOS, LOCEAN, LEGI, LPO...
 - Modélisation, assimilation, applications régionales
- **CLS**
 - Application ressource vivantes

Les outils choisis

- **Modèle PISCES**

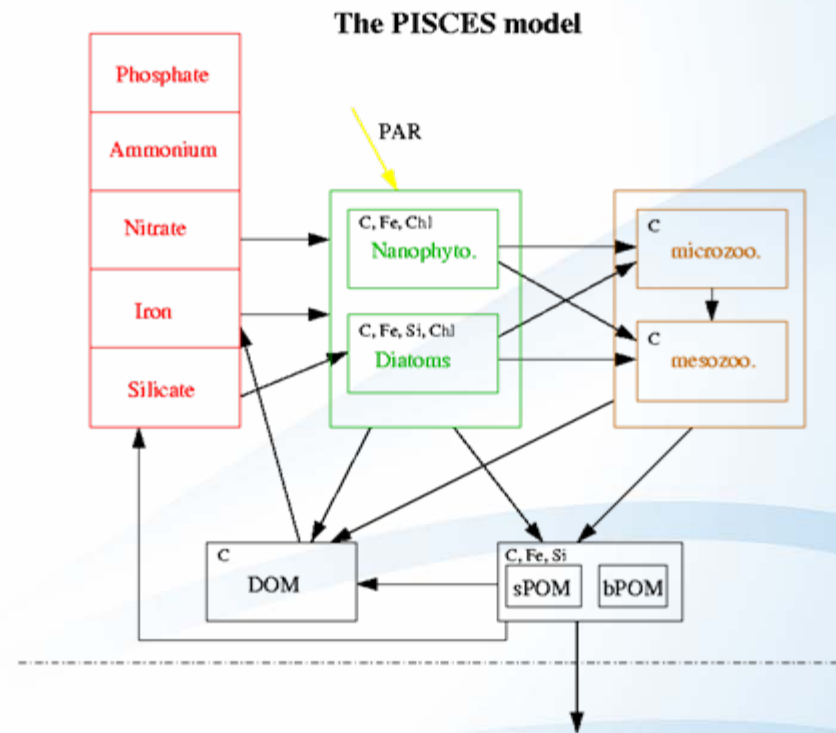
- Développé par Olivier Aumont (LOCEAN-IRD)

- **Critères qui ont guidé ce choix**

- Outils s'appuyant sur une communauté recherche et application suffisamment large
- Complexité suffisante pour avoir du réalisme tout en ayant un coût abordable
 - BIONUTS a démontré qu'un modèle simple (LOBSTER) n'était pas suffisant.
 - PISCES a la capacité de couplage off-line avec dégradation de résolution
 - PISCES est intégré à 

Pelagic Interaction Scheme for Carbon and Ecosystem Studies

http://www.lodyc.jussieu.fr/~aumont/pisces_description.html



Assimilation d'observations

- **Objectif ultime**
 - Assimiler les observations physiques et biogéochimiques dans un système couplé de façon multivariée
 - Prendre en compte les interaction physique biologie (comme pénétration du flux solaire par exemple)
- **Candidat principal à l'assimilation en temps réel: couleur de l'eau**
 - Développement de bio ARGO à suivre et soutenir
- **Un préalable à l'assimilation est l'obtention d'une ébauche (modèle) ayant de bonnes caractéristiques**
 - Biais le plus proche possible de zéro (hypothèse forte)
 - Distribution aléatoire des erreurs
 - des méthodes (anamorphose) pour distribution non gaussiennes ont été développées
- **Approche Mercator Océan (aujourd'hui)**
 - Susciter le développement des techniques et se tenir prêt
 - Estimation d'état
 - Optimisation de paramètres
 - Ne pas encore introduire l'assimilation dans les systèmes
 - Prématuré (biais modèle encore trop importants)
 - Améliorer les capacités des modèles est une priorité

Système opérationnel en développement aujourd'hui



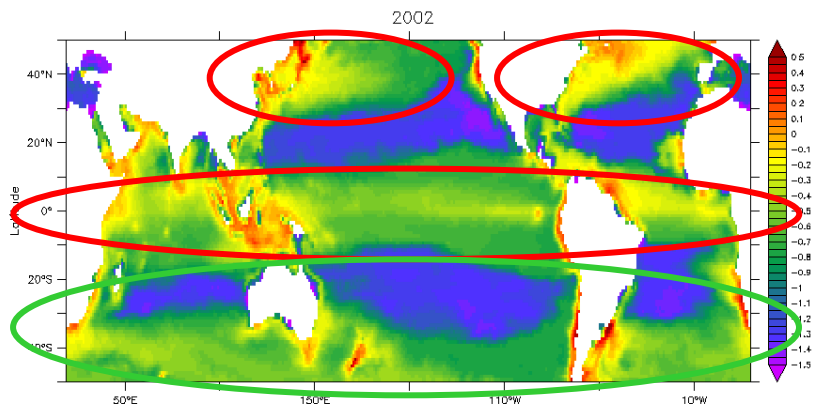
- **Sera mis en œuvre en temps réel à la fin de l'année**
 - Plan de travail intégré dans MyOcean (système V2)
 - Sur la base des acquis de Mercator Vert
- **Modèle PISCES sur grille ORCA 1°**
- **Forcé offline par modèle physique (avec assimilation)**
 - Couplage temporel à la fréquence hebdomadaire
 - Dégradation horizontale de résolution (de 1/4° à 1°)
- **Sans assimilation (dans la bio)**
- **Déployé sur le supercalculateur de Météo-France**
- **Service opérationnel intégré dans MyOcean (lancement en décembre 2011)**
- **État d'avancement:**
 - Quelques problèmes techniques encore à régler mais
 - Scénario de forçage défini et développé
 - Dégradation horizontale et temporelle de la physique
 - Scénario d'initialisation
 - Spinup, déploiement et mise en route du système à faire
 - Planifié pour l'été 2011
 - Performances moins bonnes que pour la physique, mais jugées suffisantes pour démarrer

Plan de l'exposé

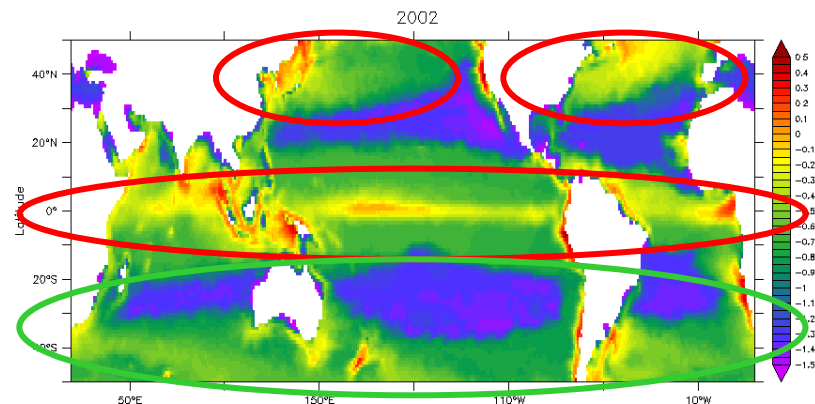
- **Mercator Océan en deux mots**
- **La biogéochimie à Mercator Océan: pourquoi, comment**
- **Quelques résultats**

- **Conclusion**

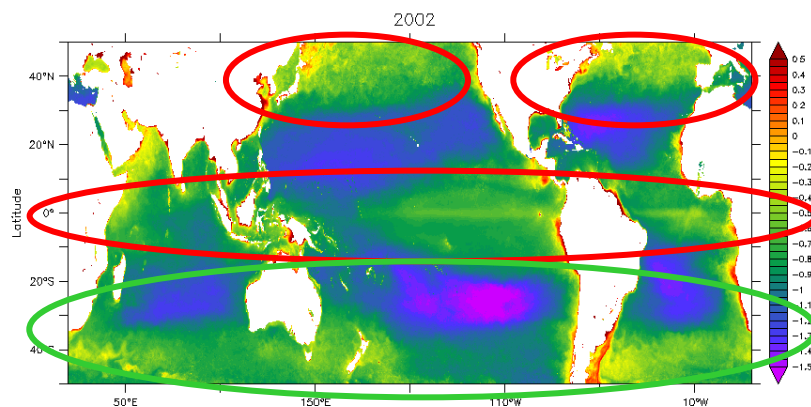
Log10 (Chl-A) en surface (en mg/m³) moyenne annuelle 2002



Physique sans assimilation



Physique avec assimilation



Observations - produit Globcolor
SEAWIFS-MERIS-MODIS

Plan de l'exposé

- Mercator Océan en deux mots
- La biogéochimie à Mercator Océan: pourquoi, comment
- Quelques résultats

- **Conclusion**

Résumé - conclusions

- **Mercator Océan développe progressivement une capacité de simulation de la biogéochimie marine**
 - En partenariat fort avec la communauté recherche (GMMC)
 - Sur la base du modèle PISCES, couplage off-line, dégradation de résolution horizontale (et temporelle)
 - Pour l'instant, sans assimilation d'observation (couleur de l'eau)
 - Cadre MyOcean → Système temps réel pour fin 2011
- **Les performances sont continuellement en progrès, mais des problèmes importants subsistent**
 - Gyre subpolaires (et subtropicales) nord (encore) trop productives
 - Amélioration notable par rapport aux premiers résultats obtenus
 - Cause encore inexpliquée
 - Bande équatoriale beaucoup trop productive
 - Avec physique forcé
 - Hypothèse de travail: biais dans la fonction de forçages atmosphériques
 - » Bulk formulae et biais froid → Upwelling équatorial trop important
 - Avec physique assimilée encore plus qu'avec physique forcée
 - Vitesses (verticales) anormales dans cette zone avec assimilation (malgré IAU)
 - » Hypothèse: problème lié à la référence altimétrique utilisée (MDT, en cours d'investigation)
- **Activité d'analyse des simulations réalisées (validation) importante nécessaire**
 - Pour comprendre les déficiences et améliorer les résultats
- **Avec assimilation dans la physique, on obtient quasiment partout des performances améliorées (sauf bande équatoriale)**