

Vers un service public européen d'océanographie opérationnelle une priorité du programme GMES

L'océanographie opérationnelle est à l'océan ce que la météorologie est à l'atmosphère. Elle est mise au service à la fois de l'approfondissement de la connaissance de l'environnement marin et des enjeux de sécurité, de prévention des risques, de prévision climatique et de gestion des espaces et des espèces, qui sont des objectifs préconisés au niveau européen dans le cadre du 7^{ème} PCRD et confirmés au niveau national par les engagements du Grenelle de l'Environnement et du Grenelle de la Mer.

Le perfectionnement des moyens d'observation rend désormais possible la surveillance permanente du milieu marin et de ses caractéristiques physiques, dynamiques et biogéochimiques. Ce suivi systématique, qui autorise le recueil de données fiables et comparables à des échelles de temps pertinentes, bénéficie des progrès également effectués en matière de modélisation numérique à partir des mesures obtenues, appelée « assimilation de données » et permettant une prévision des évolutions des états de l'océan au regard de différents facteurs endogènes et exogènes.

Toutes ces avancées ouvrent de multiples perspectives pour des applications économiques et scientifiques, fondées sur une connaissance approfondie du milieu marin et respectueuses des principes d'une gestion environnementale vertueuse. La France est l'un des précurseurs de l'océanographie opérationnelle, grâce au groupement d'intérêt public Mercator Océan, créé en 2001, qui fournit des prévisions à 15 jours de l'état de l'océan. Fort de cet engagement déjà ancien, notre pays contribue tout particulièrement, dans le cadre du programme Global Monitoring for Environment and Security (GMES), à la mise en place d'un véritable service public européen d'océanographie opérationnelle, au profit de l'ensemble des acteurs privés et publics concernés dans les États membres de l'Union européenne.

L'océanographie opérationnelle permet de fournir de façon systématique des analyses et des prévisions de l'état physique de l'océan (hauteur de l'eau, courants, température, salinité...) et des analyses de certaines de ses caractéristiques biogéochimiques (couleur de l'eau, concentration en chlorophylle, en nutriments et en espèces chimiques, production biologique primaire, par exemple).

Enjeux

Les domaines d'application de l'océanographie opérationnelle sont notamment :

- la surveillance maritime, pour laquelle les informations d'état de mer, notamment sur les courants, permettent d'améliorer le suivi du déplacement des nappes de pollution et les opérations en mer (sauvetage, activités off-shore, etc.) ;
- l'environnement marin et côtier, le suivi des paramètres physiques et biogéochimiques de l'océan, ainsi que l'utilisation de modèles côtiers interfacés avec le modèle global, contribuant à l'amélioration de la gestion du domaine maritime ;
- le contrôle et l'utilisation optimale des ressources marines, qui requièrent un suivi permanent au travers d'indicateurs de l'état physique et biologique ;
- l'étude du climat et la prévision saisonnière, par l'apport d'un suivi temporel cohérent de l'ensemble des variables océaniques, y compris les caractéristiques des glaces de mer, le compartiment océanique jouant un rôle majeur tant dans l'évaluation de l'état du climat et des tendances climatiques que par son influence sur l'atmosphère pour ce qui relève de la prévision météorologique.

C'est en raison de l'ampleur des enjeux socio-économiques et politiques liés à l'océanographie opérationnelle et à ses applications que la France et l'ensemble des États européens ont compris la nécessité de disposer d'une capacité autonome de recueil et de production des données dans ce domaine.



Figure 1 : Domaines d'application
de l'océanographie opérationnelle

(Licence photos MyOcean)

Le programme GMES

Le Programme GMES (Global Monitoring for Environment and Security) de l'Union Européenne est entré en vigueur en novembre 2010, après une phase de préparation de plus de dix ans. Il a pour objet la surveillance de la Terre et de ses principaux milieux (océan, atmosphère, terres émergées), à des fins environnementales et de sécurité.

Il comprend trois composantes :

- une composante de services opérationnels dans les domaines respectifs de l'environnement atmosphérique et marin, de la gestion des territoires et du support aux situations d'urgence,
- une composante spatiale, incluant le développement et la maintenance d'infrastructures spatiales d'observation,
- une composante *in situ*, coordonnant l'accès aux données terrestres nécessaires aux services, qu'elles émanent des réseaux d'observation terrestres ou des opérateurs chargés de la météorologie ou de la cartographie de référence.

Les informations multi-usages générées par les services GMES, dont la pérennité est garantie sur le long terme, sont, sous réserve de certains impératifs de sécurité, d'accès plein et ouvert. Elles s'adressent en premier lieu aux décideurs, qu'ils soient institutionnels ou privés, et locaux, régionaux, nationaux ou européens, notamment pour étayer la conduite et l'évaluation des politiques publiques. Elles sont également destinées à stimuler le développement de nouveaux services publics ou privés, en cohérence avec la Stratégie « Europe 2020 » de l'Union européenne.

Méthodes de traitement des données

L'information fournie par les services d'océanographie opérationnelle est obtenue en deux étapes (fig. 2) :

- le traitement des observations spatiales (topographie, température de surface, couleur de l'eau, etc.) et *in situ* (température, salinité, courants en surface et en profondeur) ;
- l'assimilation des données recueillies dans des modèles numériques permettant de générer des analyses et des prévisions de l'état de l'océan.

Cette information géo-référencée est tri-dimensionnelle (latitude, longitude et profondeur), Elle porte sur l'ensemble des mers du globe.

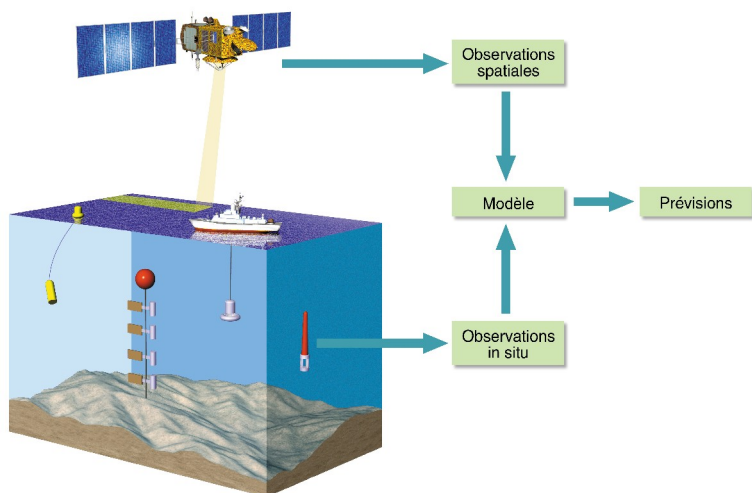


Figure 2 : Processus menant des observations aux prévisions

(source : Mercator Océan)

Prévision : un maillage spatial et temporel

Le maillage spatial des systèmes globaux de prévision atteint actuellement une résolution de $1/12^\circ$ (un douzième de degré de pseudo latitude ou longitude, équivalent en surface à 8 km en moyenne), avec 50 niveaux sur la dimension verticale. Les mailles des mers régionales et des façades européennes, plus fines ($1/36^\circ$) que celles de l'océan global, sont emboîtées avec ces dernières. Les prévisions sont mises à jour toutes les semaines et sont valables pour les deux semaines suivantes. Des prévisions plus fréquentes peuvent être générées sur des zones spécifiques ou en cas d'événement particulier.

Les « ré-analyses », qui consistent en un traitement de données passées à partir de méthodes actuelles, pour construire des séries temporelles cohérentes, sont réalisées au $1/4^\circ$, avec 75 niveaux sur la verticale.

Observations et mesures

L'océanographie opérationnelle s'appuie sur deux grands types d'observations et de mesures :

- des mesures de la surface océanique (hauteur de l'océan, température de surface, vagues, couverture des glaces, couleur de l'eau et, depuis peu en mode test, salinité) effectuées par des appareils embarqués sur des satellites d'observation de la Terre ;
- des mesures *in situ* (température, salinité, courants, paramètres bio-géochimiques) réalisées en mer depuis des navires ou des systèmes autonomes, fixes ou dérivants (bouées et flotteurs *in situ*). Sont notamment utilisés des profileurs, flotteurs pouvant à la fois dériver dans les profondeurs de l'océan jusqu'à -2000m et remonter régulièrement en surface pour fournir des profils verticaux de mesures (fig. 3).

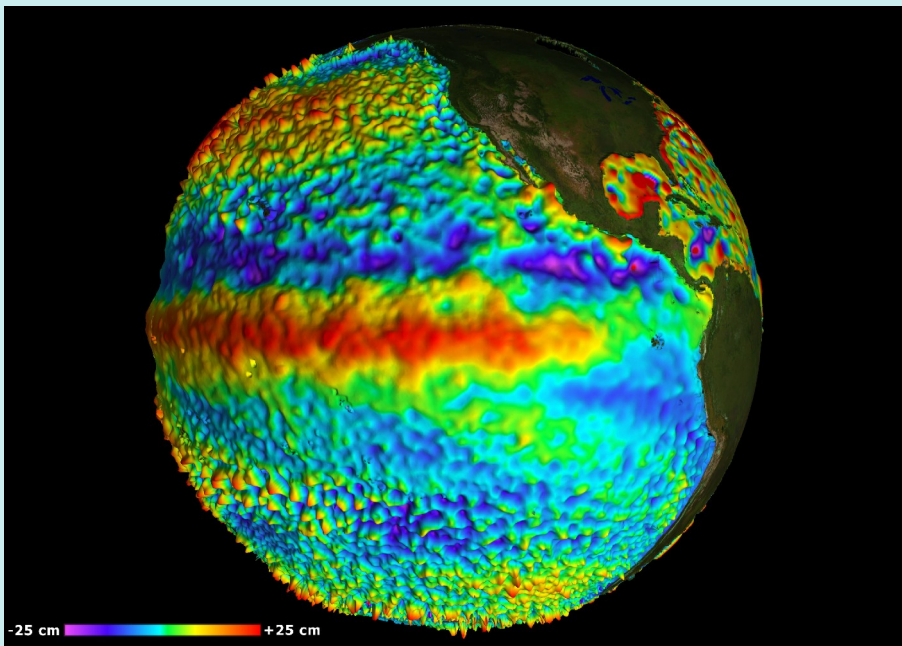


Figure 3 : des profileurs pour l'observation *in situ*

(Crédit photo IFREMER)

Quelques exemples de variables observées

Les enseignements du suivi des anomalies des hauteurs de mer lors d'un épisode El Nino



Au début de l'été 2009, les modèles de prévision avaient anticipé un phénomène El Nino modéré pour l'automne suivant, sur la base d'une comparaison avec les périodes 1982/1983 et 1987/1988, et précisé que ce phénomène serait plutôt centré sur la zone centrale du Pacifique, qu'au long des côtes américaines. Les anomalies positives de hauteurs de mer, mesurées depuis août 2009, ont atteint leur maximum en décembre 2009 et sont revenues à la normale au cours du premier semestre 2010.

Figure 4 : El Nino et les anomalies de hauteur de mer dans l'océan Pacifique en novembre 2009 (en cm)

(Crédit illustration : MyOcean/Mercator Océan/CNES)

La hauteur de l'océan, variable-clé de la dynamique océanique

La surface océanique est mouvante et n'a pas une altitude uniforme. Outre des déformations ondulatoires dues aux vents (les vagues), et des variations régulières de hauteur sous l'effet des marées, la surface de l'océan est aussi déformée par des mouvements des eaux transportées par les courants. Les variations horizontales de la hauteur de l'océan traduisent des déséquilibres entre les masses d'eau. Ces masses d'eau étant soumises à la gravité et à la rotation de la Terre, une relation d'équilibre s'établit entre les variations horizontales de la hauteur de l'océan et les courants océaniques. Les courants tournent autour des creux et des bosses de l'océan, comme les vents autour des dépressions et des anticyclones (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour des creux ou des dépressions dans l'hémisphère nord).

La mesure, grâce aux satellites altimétriques, de la hauteur de l'océan, avec ses variations spatiales et temporelles, offre donc une information précieuse pour estimer les courants. Elle permet également d'observer des anomalies de la circulation océanique comme le phénomène El Nino (fig. 4).

La température de surface de l'océan

La température de surface est une donnée essentielle pour les prévisions météorologiques ou climatiques. À titre d'exemple (fig. 5), les précipitations en automne sur la côte de la Méditerranée sont liées à la température de surface de cette mer. Par ailleurs, la faune et la flore aquatiques sont impactées par la température. Ainsi, les phytoplanctons seront d'autant plus abondants que la température est basse.

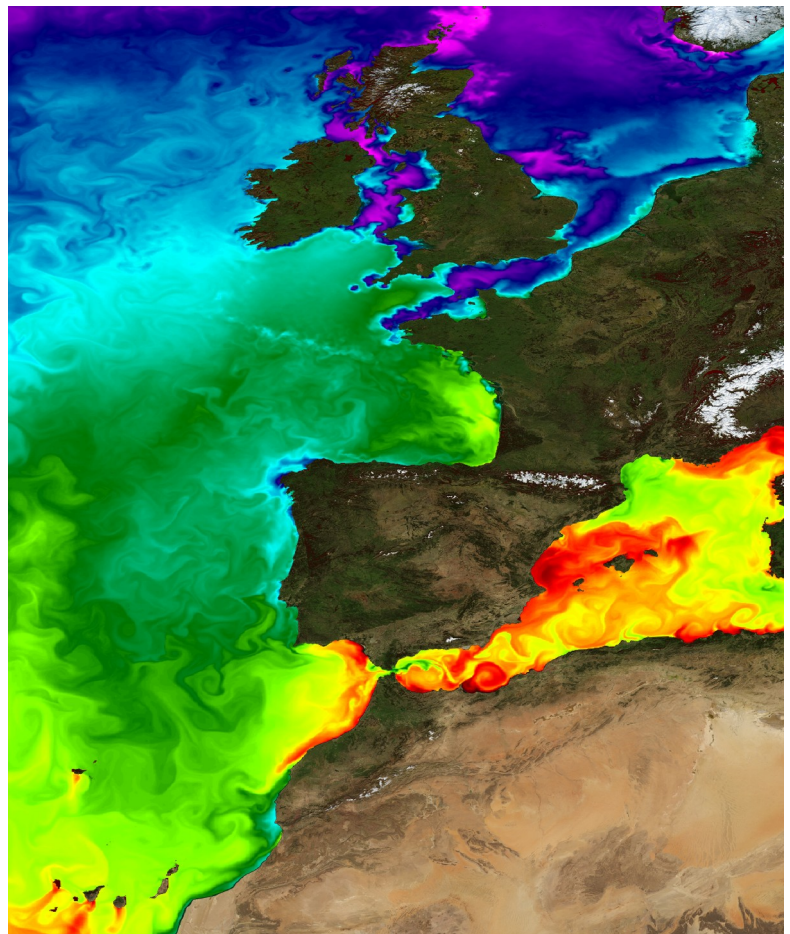


Figure 5 : Carte de température de surface sur la façade Atlantique (28 juin 2010)

(Crédit illustration : Mercator Océan)

Quelques exemples de variables observées (suite)

La salinité, paramètre-clé des échanges verticaux

La salinité est un des paramètres clés pour comprendre la dynamique des océans, notamment la façon dont l'eau se répand dans les profondeurs. Elle varie sur toute la surface du globe, en particulier à l'embouchure du fleuve Amazone (fig. 6), qui rejette dans l'océan des centaines de milliers de m³/s d'eau fluviale.

L'observation et la prévision des glaces

L'observation des couvertures de glace de mer est obtenue grâce à l'observation satellitaire. Cependant, la prévision des glaces est un exercice complexe, combinant de nombreux paramètres (vents, courants, température de surface, salinité, etc.). Le rétrécissement de la surface couverte par la banquise arctique (fig. 7) est, par exemple, un signal à surveiller dans le cadre du changement climatique.

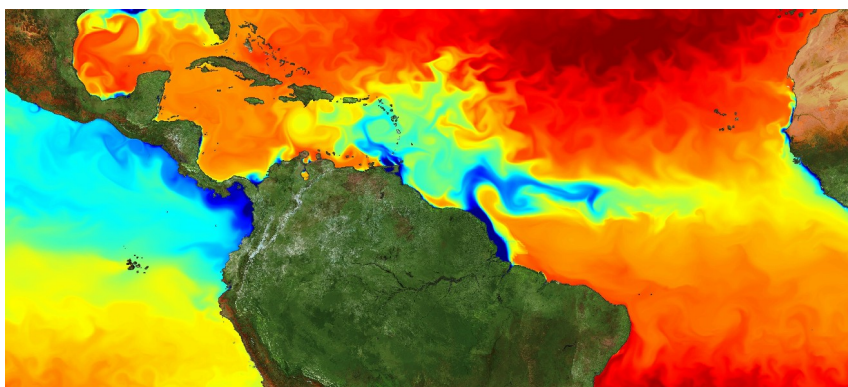


Figure 6 : Salinité de l'océan atlantique à l'embouchure du fleuve Amazone en Septembre 2009

(Crédit illustration : Mercator Océan)

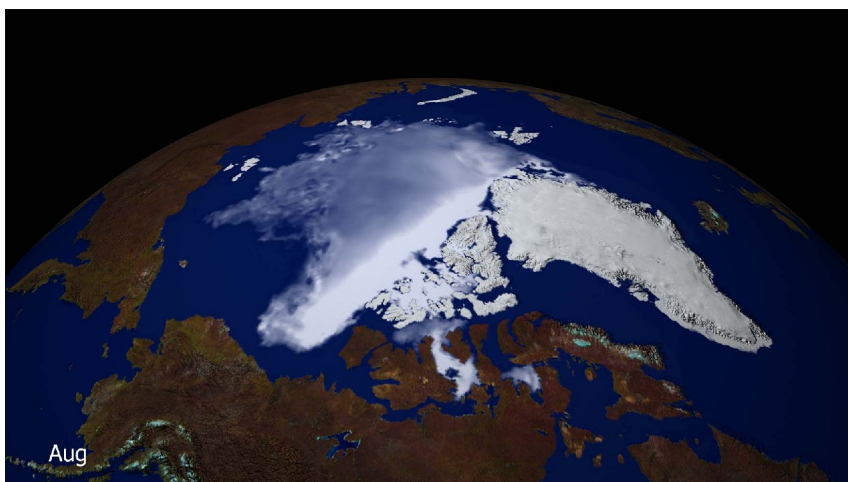


Figure 7 : Surface couverte par la banquise arctique en août 2009

(Crédit illustration : MyOcean/Mercator Océan/CNES)

L'apport du suivi de la température dans les couches océaniques superficielles

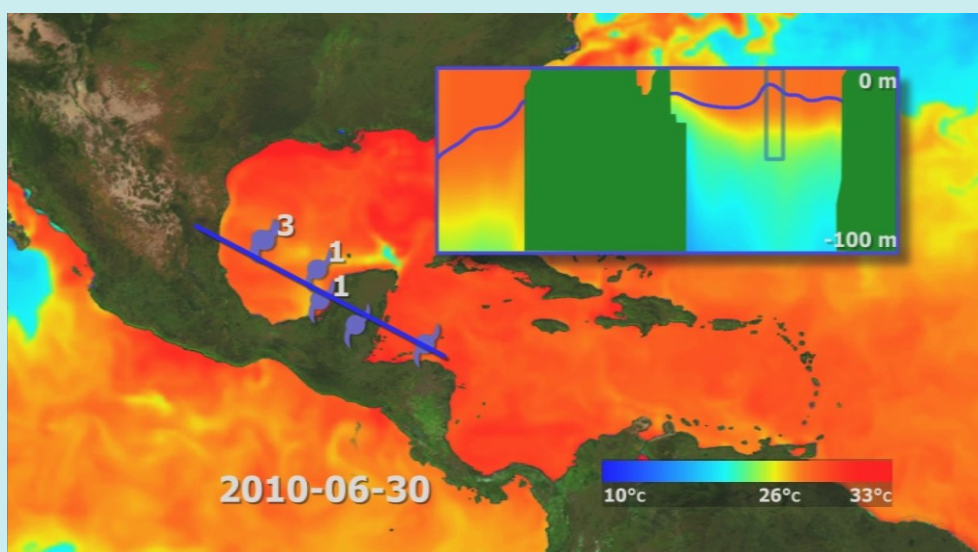


Figure 8 : Température de l'océan en surface et sur une coupe verticale des 100 premiers mètres, le long de la trajectoire d'un cyclone dans le golfe du Mexique

(Crédit illustration : Mercator Océan)

Le suivi de la température des eaux superficielles en interaction avec l'atmosphère permet d'appréhender leur influence sur les phénomènes météorologiques dangereux, comme les cyclones tropicaux (fig. 8). L'épaisseur de la couche d'eaux chaudes dont la température dépasse 26°C est un facteur déterminant du développement ou de la régénération des cyclones, ces derniers puisant leur énergie dans les eaux chaudes superficielles de l'océan.

Développement de services d'océanographie opérationnelle



Au niveau national, l'initiative Mercator Ocean

L'océanographie opérationnelle est née des progrès intervenus parallèlement dans les techniques d'observation de l'océan, notamment avec la mesure depuis l'espace de la hauteur de l'océan et les mesures de variables physiques dans les profondeurs des mers, grâce au déploiement de milliers de profilers, et dans la mise en œuvre de méthodes permettant d'assimiler ces observations dans des modèles numériques.

La France a joué un rôle pionnier à cet égard, en mettant en place des systèmes spatiaux (avec en particulier des missions altimétriques) et des systèmes *in situ*, et en développant des modélisations dynamiques de l'océan. Dès 1995, un ensemble d'organismes français (CNES, CNRS, Ifremer, IRD, Météo-France et SHOM) se sont associés autour du projet Mercator, pour développer un système de prévision océanique, d'abord limité à l'Atlantique Nord puis étendu à l'ensemble du globe. En 2002, ces organismes se sont réunis au sein d'un Groupement d'Intérêt Public (GIP) Mercator Océan, qui visait la constitution d'un véritable service national d'océanographie opérationnelle. C'est en 2005, avec la publication du premier bulletin de prévision sur l'ensemble des mers, que le champ d'action de Mercator à l'échelle du globe s'est concrétisé.

En 2010, les membres du GIP Mercator, sans le CNES, désormais lié à la nouvelle initiative par un accord de coopération, ont créé la Société Mercator Océan, dont la mission opérationnelle de service public et le rôle de coordinateur européen avaient été confirmés par le Conseil Interministériel de la Mer de décembre 2009.

Au niveau européen, les débuts de GMES : le projet MERSEA...

Parallèlement aux efforts déployés dans notre pays pour mettre en place le projet Mercator, l'Union Européenne a lancé dès 2001 une initiative qui devait aboutir au Programme GMES de l'Union Européenne (cf. encadré en page 2) et a aussi conduit une démarche de spécification d'un service d'océanographie opérationnelle au niveau européen, dont la mise en œuvre a été jugée prioritaire en 2005.

Le projet européen MERSEA (2005-2008), coordonné par l'Ifremer entre 2005 et 2008, a largement contribué de son côté à fédérer les principaux acteurs européens de l'océanographie opérationnelle et a permis d'analyser les « fondamentaux » d'un service européen dans ce domaine (architecture, méthodologie de développement et de validation, etc.).



...et le projet MyOcean, préfigurateur du service GMES-Océan

Une seconde phase de déploiement du service européen d'océanographie opérationnelle s'est ouverte en 2009, avec le projet MyOcean (2009-2012), co-financé par l'Union Européenne à hauteur de 11 M€ par an et qui rassemble 61 partenaires de 28 pays. Coordonné par Mercator-Ocean, MyOcean offre, au travers d'une chaîne logicielle mise à jour annuellement, un service pré-opérationnel, d'usage libre et gratuit pour l'ensemble des utilisateurs intéressés.

MyOcean s'appuie sur des ressources distribuées, comprenant 12 centres de production répartis en Europe et liés par un système d'information unique, accessible par un portail commun.

À ce jour, plus de 200 utilisateurs de MyOcean sont recensés, parmi lesquels on compte les agences européennes de l'environnement et de sécurité maritime, les signataires des principales conventions pour la protection des mers régionales européennes, une cinquantaine de sociétés privées, dont 30 PME, mais aussi des utilisateurs non-européens, comme l'administration nationale océanographique et atmosphérique (NOAA), la Navy et la NASA, pour se limiter aux États-Unis. MyOcean sera suivi, pour la période 2012-2014, du projet MyOcean2.

Une position centrale pour la France

Grâce aux investissements publics consentis depuis plus de vingt ans, la France est le chef de file de l'océanographie opérationnelle européenne. La coordination par Mercator Océan du projet MyOcean et la responsabilité de la composante globale du service confèrent à notre pays une position centrale. Cette position est confirmée par le rôle de premier plan joué dans ce consortium européen par l'Ifremer, avec sa place prééminente dans le recueil et le traitement des observations *in situ*, de la société CLS (Collecte et Localisation par Satellite) pour les données relatives à la topographie des océans, du CNRS, mais aussi de Météo-France et de la société ACRI.

Perspectives à l'horizon 2014

Le déploiement complet du service européen d'océanographie opérationnelle dans le cadre du programme GMES de l'Union Européenne interviendra après 2014.

La mise en place dans ce domaine d'un service public européen, basé sur la continuité des observations spatiales et in situ de l'océan, doit entraîner des « économies d'échelle » pour tous ses utilisateurs, institutions publiques, communautés de chercheurs, et acteurs économiques et sociaux. L'un des objectifs majeurs de ce déploiement est l'intégration par les usagers du domaine maritime des informations du service GMES dans leurs activités, pour améliorer l'évaluation, la gestion et l'exploitation de l'environnement marin. Les services applicatifs créés en aval, qu'ils soient publics ou marchands, devraient également tirer parti de ces informations pour améliorer leur offre ou développer de nouvelles prestations.

La place occupée dans le champ de l'océanographie opérationnelle par les organismes français compétents devrait leur permettre de prendre rang avec une grande visibilité dans le projet de Centre européen de surveillance et de prévision océaniques, dont la mise en place est prévue en 2015. La mise en œuvre du plan d'action du Grenelle de la Mer est une autre opportunité pour notre pays de développer encore sa réputation scientifique et technique à l'échelle internationale dans ce domaine.

Parmi les actions d'accompagnement envisagées dans ce cadre, on peut citer :

- la mise en place au niveau national d'un service d'océanographie côtière opérationnelle, qui s'articulerait logiquement avec le service hauturier (en haute mer) européen ;
- la stimulation par l'innovation du développement de services applicatifs aval dans les secteurs public ou marchand, notamment dans les domaines de la surveillance maritime et de la défense, de la gestion de l'environnement marin et des ressources, ou pour la prévention des impacts du changement climatique ;
- le développement de capacités d'océanographie opérationnelle hauturière et côtière ciblées sur les régions et collectivités d'Outre-Mer, afin de mieux prendre en compte le contexte particulier de ces régions, en ce qui concerne tant la gestion des risques liés aux événements extrêmes (cyclones), que les futures applications liées au développement durable (énergie thermique des mers, évolution de la biogéochimie marine) ;
- un lien renforcé avec certaines agences nationales, comme celle des Aires Marines Protégées, pour l'aide au suivi et à la gestion de l'évolution de la biogéochimie marine ;
- des accords avec les partenaires européens sur la façade Atlantique et le pourtour du Bassin Méditerranéen, pour l'aide au suivi et à la gestion de ces bassins.

Le soutien du Commissariat général au développement durable

Par l'intermédiaire de la direction de la recherche et de l'innovation du Commissariat général au développement durable, le ministère soutient et accompagne depuis ses débuts la mise en place d'une océanographie opérationnelle au niveau français et au niveau européen :

- au travers de la co-tutelle scientifique exercée sur plusieurs organismes impliqués dans le processus (Météo-France, Ifremer) ;
- par la prise en compte de cette nouvelle capacité de surveillance des océans dans l'ensemble des réflexions qui ont conduit aux engagements du Grenelle de la Mer ;
- par une forte implication au sein de la délégation française à la gouvernance du programme GMES, qui a constamment œuvré pour maintenir, au sein des services GMES, une priorité en faveur de la composante GMES Océan ;
- par l'animation des communautés d'utilisateurs en France, notamment grâce à l'organisation, en 2009, d'un « Forum des utilisateurs du service GMES-Océan » ;
- plus récemment, par le soutien apporté aux recherches amont dans ce domaine, comme à la valorisation du service GMES-Océan, dans le cadre d'un nouveau programme de recherche incitatif du MEDDTL.



Présent
pour
l'avenir

Contact :

Vincent PIRCHER (MEDDTL/CGDD)
vincent.pircher@developpement-durable.gouv.fr

Pour en savoir plus :

GMES : <http://ec.europa.eu/gmes>

MyOcean : <http://www.myocean.eu.org>

Mercator-Océan :
<http://www.mercator-ocean.fr>

Forum des utilisateurs GMES-Océan :
<http://www.forumutilisateursgmes.fr/site/-Ocean>

Pierre BAHUREL (Mercator-Océan)
pierre.bahurel@mercator-ocean.fr

Alain PODAIRE (Mercator-Océan)
alain.podaire@mercator-ocean.fr

le
point
sur

**Commissariat général
au développement
durable**

**Direction
de la recherche
et de l'innovation**
Tour Voltaire
92055 La Défense cedex
Tel. : 01.40.81.63.51
Fax : 01.40.81.63.96

**Directeur de la
publication**
Laurent Tapadinhas

Rédactrice en chef
Sylvie Dreyfus

Mise en page
Frédéric Ruyschaert



ISSN : 2100-1634

Dépôt légal :
avril 2012