

# Océanographie opérationnelle @EUMETSAT

UN SERVICE INTÉGRÉ  
D'OBSERVATIONS MARINES



# SOUTENIR LE DÉVELOPPEMENT DE L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE

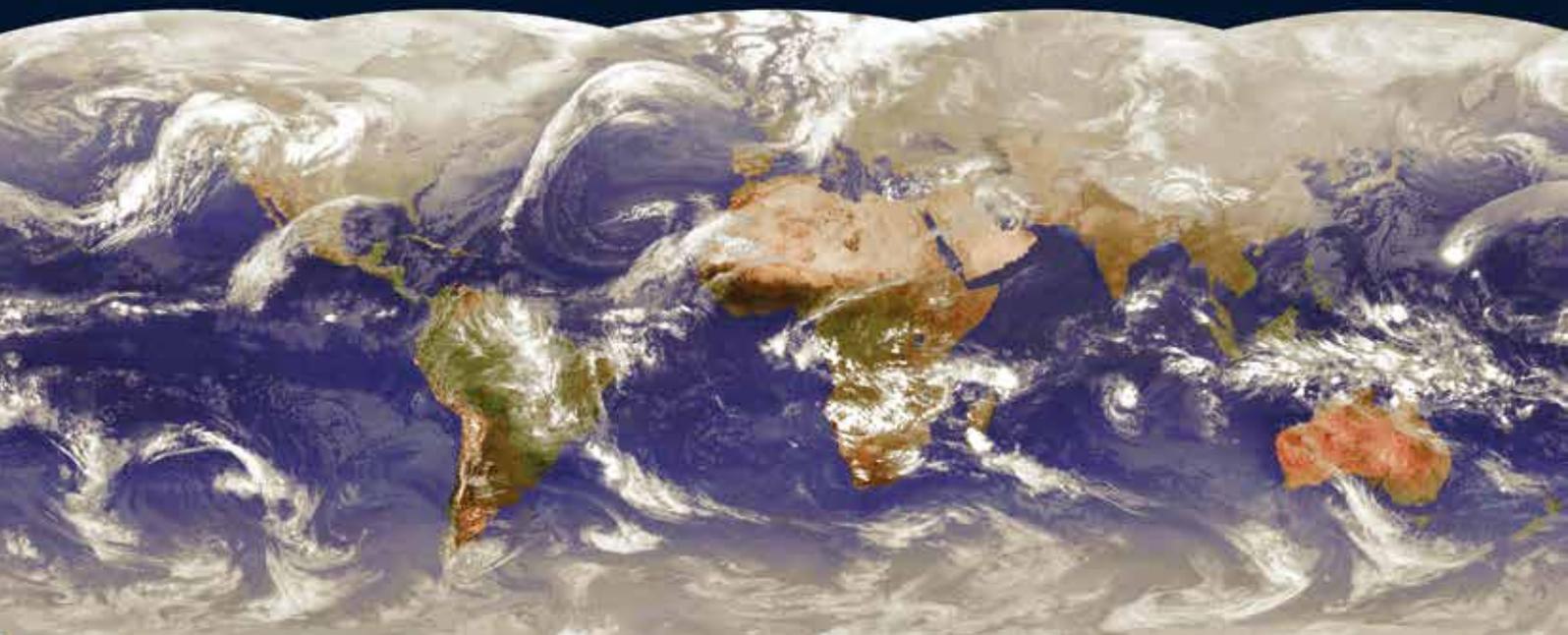
Les océans couvrent plus de 70 % de la surface terrestre. Ils exercent une influence considérable sur le temps et le climat de notre planète et jouent un rôle déterminant dans l'économie mondiale

Selon une étude récente, l'économie « bleue », la somme des activités économiques liées aux océans, représente 5,4 millions d'emplois dans l'Union européenne et un chiffre d'affaires de près de 500 milliards d'euros par an. Qu'il s'agisse de transport maritime, de pêche, d'énergies marines ou de tourisme côtier, toutes ces activités sont sensibles aux aléas des conditions océaniques. C'est pourquoi il est vital de disposer de données et de prévisions océaniques fiables.

Comme la météorologie opérationnelle, l'océanographie opérationnelle vise la fourniture aux citoyens et aux décideurs de services d'information fiables et ciblés sur l'état passé, présent, et prévu de l'océan global, de bassins océaniques ou de zones côtières. Cela exige d'observer l'océan et les conditions météorologiques de surface, systématiquement et dans la durée, de traiter et distribuer en temps réel les données acquises pour permettre leur ingestion par des modèles numériques ou d'autres systèmes d'information, et, in fine, de diffuser des informations aux utilisateurs. Souvent, ces derniers souhaitent disposer d'informations météo-océaniques, ce qui exige une approche intégrée des systèmes d'observation des deux milieux et des services de données.

L'océan étant encore plus difficile à observer in situ que l'atmosphère, l'essor de l'océanographie opérationnelle doit beaucoup à l'émergence des satellites d'observation des océans. Après l'exploitation de l'imagerie infrarouge des satellites météorologiques, le développement de l'altimétrie satellitaire dans les années 1980 a constitué un tournant décisif, tout comme l'ont été plus tard l'obtention de mesures plus précises de la température de surface de la mer (SST) et les premières observations de la couleur de l'eau.

Aujourd'hui, les satellites jouent un rôle essentiel dans l'océanographie opérationnelle en raison de leur capacité d'observation systématique, continue et globale, de l'état physique et biologique des océans, ainsi que des paramètres atmosphériques (vents, flux radiatifs et précipitations) qui pilotent les variations de l'océan. Les satellites constituent en effet une source inégalée de mesures très précises de l'état de la mer, du vent à la surface de l'océan, du niveau de la mer, de la SST, de la couleur de l'eau et des glaces de mer. Grâce à l'intégration de ces données, des données tout aussi essentielles recueillies in situ par les bouées, navires, flotteurs ARGO, etc. et de la modélisation numérique, les services de surveillance et de prévision océaniques





## ENCADRÉ - LE CENTRE D'APPLICATIONS SATELLITAIRES OCÉANS ET GLACES DE MER (SAF OSI)

sont devenus une réalité à l'échelle de l'océan global, de bassins océaniques et de zones côtières.

En Europe, cette ambition se réalise sous l'impulsion de Copernicus<sup>1</sup>, le programme phare d'observation de la Terre de l'UE, et son service Copernicus de surveillance du milieu marin (CMEMS).

EUMETSAT soutient déjà le développement de l'océanographie opérationnelle en fournissant une gamme de produits océaniques au CMEMS et à ses utilisateurs. Cela inclut des produits issus du satellite Jason-2 – exploité conjointement avec la NOAA<sup>2</sup>, le CNES<sup>3</sup> et la NASA<sup>4</sup> – des séries de satellites Metop et Meteosat, ainsi que de missions de partenariat internationaux d'EUMETSAT. Ces produits, extraits au Siège d'EUMETSAT à Darmstadt (Allemagne) par son Centre d'application satellitaire sur les océans et glaces de mer (SAF OSI) et par le système AVISO du CNES, sont transmis en temps réel via le service EUMETCast de diffusion de données par satellite et en temps différé via le Portail d'observation de la Terre d'EUMETSAT.

Le rôle d'EUMETSAT continue de s'étendre dans le cadre du programme Copernicus de l'UE et de sa coopération renforcée avec les États-Unis. En partenariat avec le CNES, la NOAA et la NASA, EUMETSAT fournit à Copernicus des données du satellite d'altimétrie océanique Jason-3, quatrième d'une série de satellites Américano-Européens d'altimétrie océanique, qui constituent depuis 1992 une série chronologique unique du niveau moyen de la mer. EUMETSAT développe également le segment sol de la mission de suivi Sentinelle-6/Jason-CS (continuité de service) assurée en partenariat avec l'ESA, la NASA, la NOAA, le CNES et l'UE.

Le SAF OSI (<http://www.osi-saf.org/>) est l'un des huit centres d'excellence thématiques implantés au sein des États membres d'EUMETSAT et chargés de mettre au point et de fournir des produits et services satellitaires dans des domaines spécifiques.



Piloté par Météo-France, le SAF OSI implique aussi Met.No (Norvège), DMI (Danemark), Ifremer (France) et le KNMI (Pays-Bas). Il offre aux communautés océanographiques des produits en temps réel et différé, portant notamment sur les vents de surface, la température de surface de la mer, les flux radiatifs et les glaces de mer.

L'UE a également confié à EUMETSAT l'exploitation, en coopération avec l'ESA, de la mission marine Sentinelle-3 de Copernicus. Depuis les lancements de Jason-3 et Sentinelle-3A début 2016, EUMETSAT fournit pour le compte de l'UE un éventail plus large de produits de haute précision sur la topographie de surface, la température de surface et la couleur des océans à partir d'une constellation de satellites de surveillance des océans Sentinelle-3 et Jason. Ces services de données s'étendront en 2017, après le lancement du second satellite Sentinelle-3, puis en 2021, lorsque Sentinelle-6/Jason-CS améliorera les capacités de son précurseur Jason-3.

En exploitant les missions océaniques de Copernicus en synergie avec ses missions propres, EUMETSAT offre un flux intégré de données océaniques à tous les utilisateurs et fournisseurs de services des États membres de l'UE et d'EUMETSAT dans des conditions identiques, via son service de diffusion de données en temps réel EUMETCast et son portail d'observation de la Terre.

<sup>1</sup><http://www.copernicus.eu/>

<sup>2</sup>National Oceanic and Atmospheric Administration (Administration américaine pour les océans et l'atmosphère)

<sup>3</sup>Centre National d'Etudes Spatiales

<sup>4</sup>National Aeronautics and Space Administration (Administration américaine pour l'espace et l'aéronautique)

# COPERNICUS, PIERRE ANGULAIRE DE L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE EN EUROPE

Le programme Copernicus de l'UE a amené le service Copernicus de surveillance du milieu marin<sup>5</sup> (CMEMS) à un stade opérationnel, en faisant une pierre angulaire du développement de services d'informations marines en Europe



**Pierre Bahurel**  
Directeur général  
de Mercator Océan

« En fournissant des observations océaniques en temps réel et retraitées, EUMETSAT a été un contributeur majeur aux projets MyOcean, et le demeure pour le CMEMS. Les données d'EUMETSAT alimentent deux tiers des produits d'observation du CMEMS et sont assimilées par tous nos modèles. Le développement de nos services continuera à dépendre des observations du niveau de la mer, de la température en surface, de la couleur des océans et des glaces de mer issues de Jason-2 et 3, Metop, Meteosat, Sentinelle-3, et bientôt Sentinelle-6. »

Le CMEMS fournit régulièrement et systématiquement des informations de référence ainsi que des prévisions concernant l'état des océans et des mers régionales, pour développer l'océanographie opérationnelle en Europe. Ce service, opéré par Mercator-Ocean, répond aux besoins opérationnels des utilisateurs publics et privés en leur donnant un accès libre en temps réel aux informations concernant l'état des océans (température, courants, salinité, niveau de la mer, glaces de mer, vents, optique océanique, biologie et chlorophylle).

Pour ce faire, le CMEMS a mis au point et exploite des systèmes de surveillance et de prévision océaniques à l'échelle globale et pour six bassins régionaux (Atlantique Nord-Est, région Atlantique-Ibérique-Golfe de Gascogne-Irlande, Arctique, Baltique, mer Méditerranée et mer Noire) au bénéfice de diverses applications. Ce système permet à la fois l'analyse des conditions océaniques passées et présentes et la prévision, en s'appuyant sur les observations satellitaires et in situ et sur la modélisation numérique.

Le CMEMS fournit des données axées essentiellement sur quatre domaines d'application essentiels :

## RESSOURCES MARINES

Des informations en temps réel sont transmises pour la gestion des stocks de poissons et la préservation de l'environnement marin

## SÉCURITÉ MARITIME

Les informations du CMEMS facilitent le routage des navires, la sécurité en mer, la surveillance maritime, la prévision des dérives d'icebergs et la prévention des risques environnementaux tels que les pollutions marines.

## ENVIRONNEMENT CÔTIER ET MARIN

Les informations du CMEMS contribuent à la surveillance de la qualité de l'eau et l'évaluation des incidences environnementales.

## PRÉVISIONS SAISONNIÈRES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'élévation du niveau de la mer est surveillée à l'échelle mondiale et régionale pour anticiper l'accélération éventuelle de l'érosion côtière ou les risques d'inondation associés aux ondes de tempête. Le CMEMS est aussi une source précieuse de données servant aux prévisions saisonnières délivrées par le service Copernicus sur le changement climatique<sup>6</sup> et d'informations sur les phénomènes comme El Niño et La Niña.

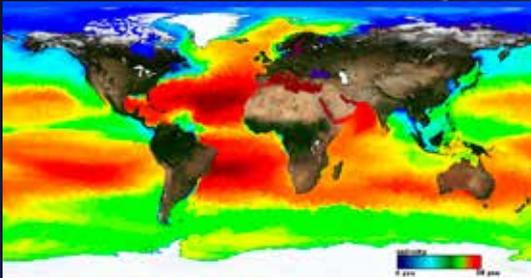
Comptant parmi les principaux fournisseurs opérationnels européens d'observations de l'océan depuis l'espace, EUMETSAT a établi dès l'origine une relation forte avec les projets précurseurs MyOcean, qui se poursuit avec le CMEMS. Celui-ci utilise les observations en temps quasi réel et les données retraitées des satellites Sentinelle-3, Meteosat, Metop et Jason-2.

Depuis 2014, EUMETSAT et le CMEMS ont établi un groupe de coordination opérationnelle pour discuter les besoins de données évolutifs du CMEMS, le niveau de satisfaction sur les services de données des missions d'EUMETSAT et de missions tierces, la formation et la sensibilisation. La comparaison des modèles et des observations, les besoins de retraitement des données pour la surveillance du climat, les réanalyses océaniques et l'évaluation de la qualité des séries climatologiques sont également abordés.

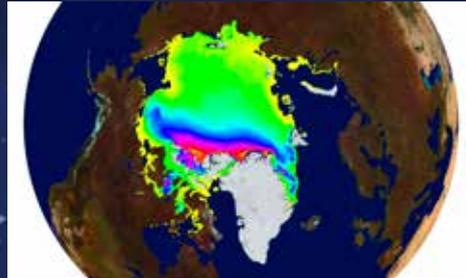
<sup>5</sup><http://marine.copernicus.eu/>

<sup>6</sup><http://climate.copernicus.eu/>

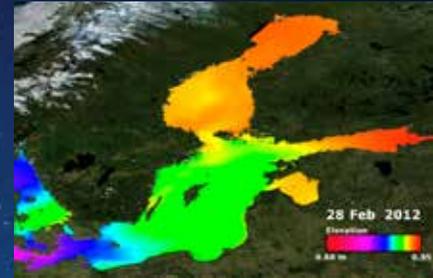
## LE SERVICE DE SURVEILLANCE MARINE DE COPERNICUS, UNE GAMME COMPLÈTE DE SERVICES D'INFORMATIONS OCÉANIQUES



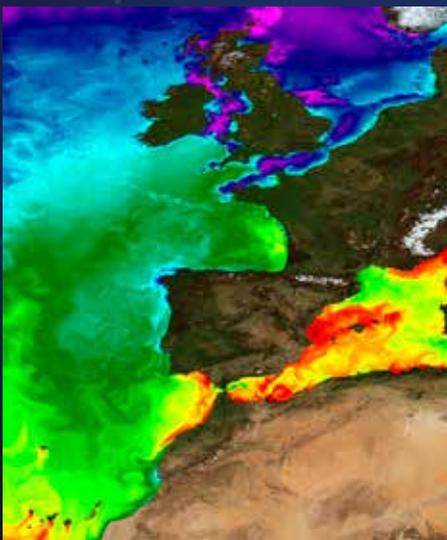
Océan global, salinité de surface de la mer, 2011



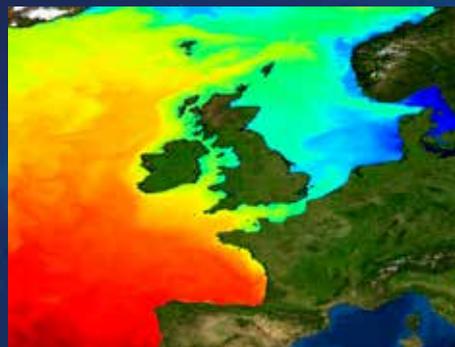
Océan Arctique, épaisseur des glaces, janvier 2009



Mer Baltique, niveau de la mer, 2010



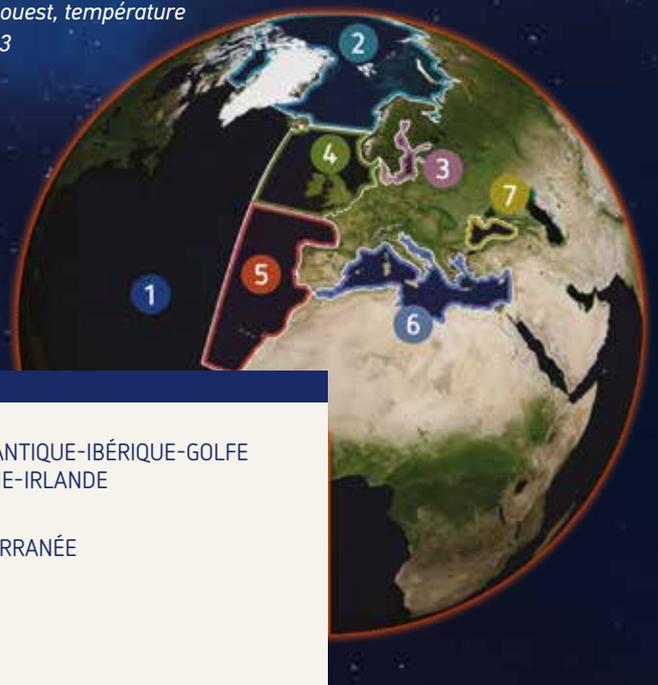
Région Atlantique-Ibérique-Golfe de Gascogne-Irlande, température de surface de la mer, 2009



Plateau continental nord-ouest, température de surface de la mer, 2013



Mer Méditerranée, couleur de l'océan, 2011



### ZONES DE COUVERTURE DU CMEMS

- 1 OCÉAN GLOBAL
- 2 OCÉAN ARCTIQUE
- 3 MER BALTIQUE
- 4 OCÉAN ATLANTIQUE-PLATEAU CONTINENTAL EUROPÉEN NORD-OUEST
- 5 RÉGION ATLANTIQUE-IBÉRIQUE-GOLFE DE GASCOGNE-IRLANDE
- 6 MER MÉDITERRANÉE
- 7 MER NOIRE

# EUMETSAT : UN PARTENAIRE OPÉRATIONNEL POUR LE SERVICE COPERNICUS DE SURVEILLANCE MARINE ET SES UTILISATEURS

EUMETSAT est une organisation intergouvernementale fondée en 1986 pour « établir, maintenir et exploiter les systèmes opérationnels de satellites météorologiques européens », en commençant par la première génération de Meteosat

Depuis lors, l'organisation s'est affirmée comme une agence opérationnelle pilotée par ses utilisateurs, fournissant un large portefeuille de données et de services d'assistance pour la surveillance de l'atmosphère, de l'océan et du climat, grâce à des programmes multi-satellites à long terme. Sa coopération fructueuse de plus de vingt-cinq ans avec l'Agence spatiale européenne a fait de l'Europe le leader mondial de la météorologie satellitaire, en s'appuyant sur la compétitivité de l'industrie spatiale européenne.

Avec les programmes Meteosat de seconde génération et Système Polaire d'EUMETSAT (EPS), EUMETSAT est devenue un partenaire de confiance à l'échelle mondiale, comme en témoignent ses coopérations avec des opérateurs de satellites environnementaux aux États-Unis, en Chine, en Inde, en Russie, au Japon et en Corée du Sud, avec lesquels elle coordonne l'exploitation de satellites et échange des données et de l'expertise, dans le cadre de l'Organisation météorologique mondiale.

En 2000, la Convention d'EUMETSAT a été amendée pour étendre son mandat à la surveillance du climat et à la détection du changement climatique, partant du constat que la météorologie, comme la surveillance du climat, exige bien plus que des observations de la seule atmosphère, et que l'existence même d'EUMETSAT et de ses infrastructures, ainsi que son engagement à long terme, étaient autant d'atouts pour une surveillance du climat depuis l'espace au meilleur coût. L'objectif était bien de favoriser les synergies entre les observations du temps, de la composition atmosphérique, des océans et du climat depuis l'espace, au bénéfice d'une plus large communauté d'utilisateurs.

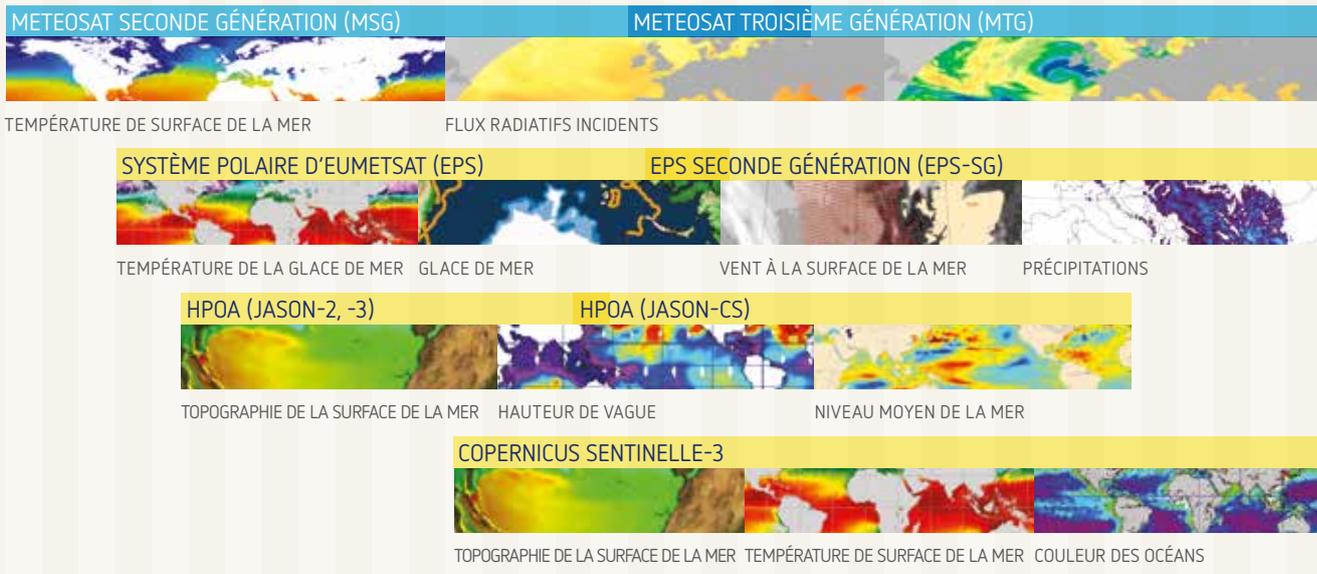
Cette nouvelle convention a également ouvert la possibilité de programmes facultatifs et pour compte de tiers, en complément des programmes obligatoires Meteosat et EPS, et c'est sans surprise que les deux premiers programmes facultatifs ont été consacrés à l'océanographie et à la surveillance du climat, établissant la participation d'EUMETSAT aux missions Jason-2 et Jason-3 menées en partenariat avec la NOAA, le CNES et la NASA, avec le soutien de la Commission européenne pour Jason-3.

## EUMETSAT ET COPERNICUS

Impliquée dès les premières discussions qui ont conduit à la création de Copernicus – à commencer par le « Manifeste de Baveno » en 1998 – EUMETSAT a largement contribué à la phase de développement du programme, notamment au développement du segment sol Sentinelle-3 piloté par l'ESA, dans le cadre d'un programme pour compte de tiers d'EUMETSAT financé par Copernicus.

Les satellites Meteosat, Metop et Jason-2 en orbite





*Planification des missions Meteosat, Metop, Jason et Sentinelle-3*

Dans le cadre du programme facultatif Jason-CS approuvé en septembre 2015 par ses États membres, EUMETSAT contribue également au développement de la mission collaborative Sentinelle-6/Jason-CS en partenariat avec l'ESA, la NASA, la NOAA et la Commission européenne.

Le programme Jason-CS d'EUMETSAT couvre les activités système, le développement du segment sol et le cofinancement du satellite récurrent Jason-CS avec l'UE.

Dans le cadre du programme Copernicus, le rôle principal d'EUMETSAT concerne les opérations et les services de données et de soutien aux utilisateurs, au titre des tâches que lui a confiées l'Union européenne et de l'accord correspondant, signé le 7 novembre 2014 avec la Commission européenne.

Après le lancement réussi de Sentinelle-3A le 16 février 2016, le rôle d'EUMETSAT est d'exploiter le satellite et d'exécuter la mission marine pour le compte de l'UE, en coopération avec l'ESA. EUMETSAT fournit également à Copernicus des données issues du satellite d'altimétrie océanique Jason-3, et exploitera les satellites successeurs Sentinelle-6/Jason-CS à horizon 2020-2035. Ainsi, EUMETSAT fournira jusqu'en 2035 des services de données océaniques et d'assistance aux utilisateurs, pour une constellation de satellites de surveillance des océans - initialement constituée de Sentinelle-3A et Jason-3, et évolueront pour intégrer jusqu'à quatre satellites Sentinelle-3 et Sentinelle-6 - complétée par ses missions propres.

La perspective à long terme va au-delà des missions Sentinelle-3 et Sentinelle-6/Jason-CS, puisqu'elle repose également sur la garantie de continuité des séries Meteosat et EPS/Metop d'EUMETSAT garantie au moins jusqu'en 2040. Après les lancements de Meteosat-10 et Metop-B en 2012 et Meteosat-11 en 2015, la génération actuelle continuera à fournir des services de données océaniques au moins jusqu'en 2025, avec un chevauchement de quelques années avec les premiers satellites du système Meteosat de Troisième Génération (MTG) et du Système polaire EUMETSAT de seconde génération (EPS-SG), dont les lancements sont prévus vers 2020. Ces deux nouveaux systèmes fourniront des observations sur plus de vingt ans, avec des capacités océaniques nettement élargies.

L'ambition d'EUMETSAT est de combiner ses missions propres et les missions océaniques de Copernicus sur plusieurs décennies, pour faire progresser l'océanographie opérationnelle en Europe en s'appuyant sur une synergie maximum avec la météorologie. Le but est de garantir à tous les fournisseurs de services et utilisateurs des États membres de l'UE et d'EUMETSAT un accès équitable à un flux intégré de données océaniques multi-missions, via les canaux de diffusion d'EUMETSAT, afin de leur offrir le plus d'opportunités possibles.



*Signature de l'accord Copernicus avec l'Union européenne, le 7 novembre 2014*

# LA SÉRIE METOP D'EUMETSAT : UNE VUE RAPPROCHÉE DE LA SURFACE OCÉANIQUE

Au sein du Système Polaire d'EUMETSAT, les satellites Metop délivrent des observations globales du vent à la surface des océans, des glaces de mer et de la température de surface de la mer et collectent de précieuses observations in situ grâce au système ARGOS



Lars Anders Breivik  
Service météorologique norvégien (Met.no)

« Nous nous servons des données satellitaires pour surveiller les océans, et en particulier les glaces de mer. Nous produisons au quotidien des cartes à haute résolution des glaces de mer en combinant les données AVHRR de Metop et celles des satellites radars. Ces produits sont employés pour la navigation maritime, et la planification de nombreuses activités en limite des glaces. »

*Étendue minimale des glaces de mer dans l'Arctique le 15 septembre 2012. En orange, l'étendue minimale en septembre 1980 (source : SAF OSI)*



Lancés l'un après l'autre, Metop-A, -B et -C gravitent à 817 km d'altitude sur une orbite héliosynchrone dite de milieu de matinée. Metop-A, lancé en 2006, a désormais dépassé sa durée de vie nominale, donnant lieu au lancement de Metop-B en 2012. Le lancement de Metop-C est prévu en octobre 2018. Les satellites Metop fourniront des données au moins jusqu'en 2025 ; les satellites Metop Seconde Génération auront alors pris le relais pour les deux décennies suivantes.

## UNE CAPACITÉ D'OBSERVATION GLOBALE

Les satellites Metop hébergent deux instruments essentiels pour l'océanographie opérationnelle :

- le diffusiomètre avancé (ASCAT) est un radar imageur multifaisceaux en bande C qui mesure le signal radar rétrodiffusé par la surface de l'océan et des glaces. Le SAF Océans et glaces de mer d'EUMETSAT extrait de ces mesures les informations relatives aux vents de surface et à l'étendue et au type des glaces de mer ;
- le radiomètre AVHRR est un imageur visible et infrarouge, avec une résolution d'un kilomètre, utilisé dès 1978 à bord du satellite TIROS-N de la NOAA, qui permet d'extraire la température de la surface de la mer.

Un troisième instrument, l'interféromètre de sondage atmosphérique dans l'infrarouge (IASI), est aussi employé pour extraire la température de surface de la mer à une résolution moindre et fournit une référence extrêmement précise pour l'inter-étalonnage des données d'imagerie infrarouge thermique géostationnaire.

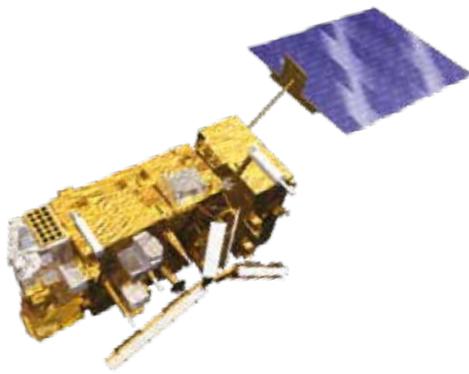
L'ensemble des produits issus des instruments de Metop sont diffusés en temps réel aux utilisateurs du monde entier.

Les produits relatifs aux vents à l'échelle du globe sont diffusés en temps réel selon deux grilles, avec un échantillonnage à 12,5 km et 25 km. L'échantillonnage à 12,5 km donne les informations les plus détaillées sur les zones côtières, où les vents sont variables et peuvent, lorsqu'ils sont violents, provoquer des vagues d'amplitude exceptionnelle et des ondes de tempête.

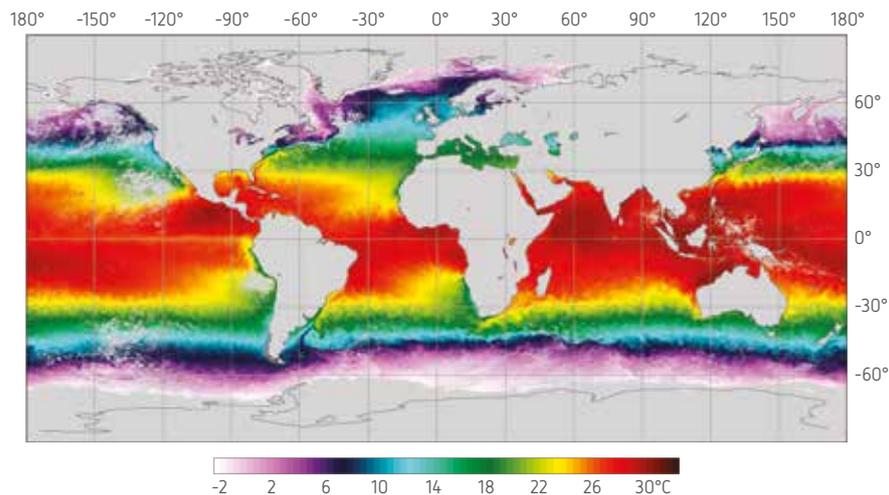
Les données sur les vents de surface sont soit utilisées telles quelles, soit assimilées par des modèles de prévision numérique du temps (NWP) qui produisent des analyses et prévisions du vent de surface. Ces prévisions sont à leur tour utilisées par des modèles océaniques capables de prévoir l'état de la mer, les ondes de tempête, le transport et la dispersion des pollutions aux hydrocarbures, et les courants induits par le vent dans la couche océanique superficielle. Utilisées conjointement, les prévisions océaniques et météorologiques en surface permettent



*Champ de vent à résolution 12,5 km extrait des observations ASCAT par le SAF Océans et glaces de mer (en rouge) superposé à l'imagerie infrarouge Meteosat et aux vents prévus par un modèle de prévision numérique du temps (en bleu)*



Température de surface de la mer à l'échelle mondiale, dérivée des observations de l'AVHRR de Metop — synthèse à 10 jours (source : SAF OSI)



d'optimiser le transport maritime, l'activité offshore, la production d'énergies marines renouvelables, la pêche, la lutte contre la pollution et la préservation du littoral.

Les mesures d'ASCAT donnent aussi des informations sur l'étendue et le type des glaces de mer, qui sont cruciales pour diverses applications, telles que le routage des navires et la recherche sur le climat.

Les récepteurs ARGOS embarqués sur Metop, fournis par le Centre national d'études spatiales français (CNES), constituent une capacité importante du système ARGOS. Ils recueillent des observations in situ de l'océan en trois dimensions, obtenues à partir de bouées, flotteurs profileurs ou autres, qui sont vitales pour les services de prévision et de modélisation océaniques, au même titre que les observations satellitaires.

### PERSPECTIVE 2020-2040 : EPS SECONDE GÉNÉRATION

Dans la période 2020-2040, le système EPS Seconde Génération exploitera simultanément deux satellites distincts et complémentaires : le satellite Metop-SG-A de sondage et d'imagerie optique et le satellite Metop-SG-B d'imagerie micro-ondes, gravitant tous deux sur la même orbite de milieu de matinée que les satellites Metop actuels.

Toutes les capacités d'observation océaniques des satellites Metop actuels seront améliorées et augmentées.

L'imageur visible/infrarouge METImage embarqué sur Metop-SG-A disposera d'un

- OISEAUX
- ◆ POISSONS
- ▲ BOUÉES GLACE
- ◆ ANIMAUX MARINS
- ◆ BATEAUX
- STATION SOUS-MARINE
- ▲ BOUÉE DÉRIVANTE
- STATION FIXE
- ANIMAUX TERRESTRES
- ▲ BOUÉES ANCRÉES
- ▲ FLOTTEUR SUBSURFACE
- ◆ AUTRES



plus grand nombre de canaux et d'une meilleure résolution (500 m) qu'AVHRR. Il pourra ainsi fournir des données d'une précision et d'une résolution supérieures sur la température de surface de la mer et l'étendue des glaces de mer, mais aussi de nouveaux paramètres sur ces glaces.

Le diffusiomètre SCA (embarqué sur Metop-SG-B) observera la rétrodiffusion radar à la surface de l'océan, les vents et les glaces de mer avec une résolution spatiale supérieure à ASCAT. Grâce à une double polarisation de deux de ses trois antennes, il permettra une mesure précise des vecteurs vents, même pour les vents très violents.

Metop-SG-B embarquera un instrument d'imagerie micro-ondes MWI qui n'existe pas sur les Metop actuels, et pourra ainsi mesurer les précipitations à la surface de l'océan, qui conditionnent la salinité à la surface des océans, ainsi que la concentration des glaces de mer.

Enfin, des récepteurs ARGOS de quatrième génération seront embarqués sur Metop-SG-B.

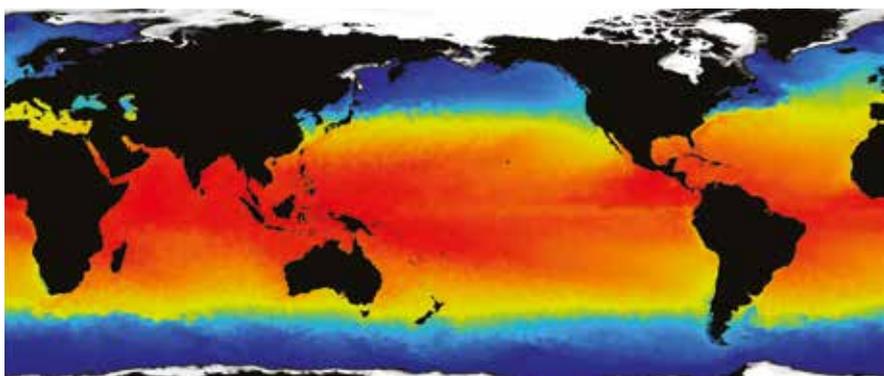
Plateformes suivies par le système ARGOS dans l'océan Atlantique et la mer Méditerranée, juin 2015 (source : CLS)

Vue d'artiste des satellites Metop-SG en orbite (source : ESA)



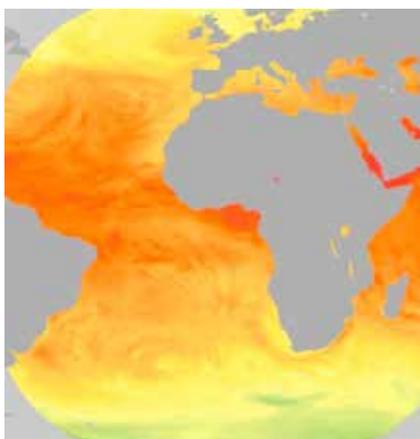
# LE POTENTIEL DE L'ORBITE GÉOSTATIONNAIRE : METEOSAT

L'orbite géostationnaire présente un intérêt tout particulier pour l'océanographie opérationnelle au large et en zone côtière, car elle est source d'observations très fréquentes, recueillies toutes les 5 à 15 minutes

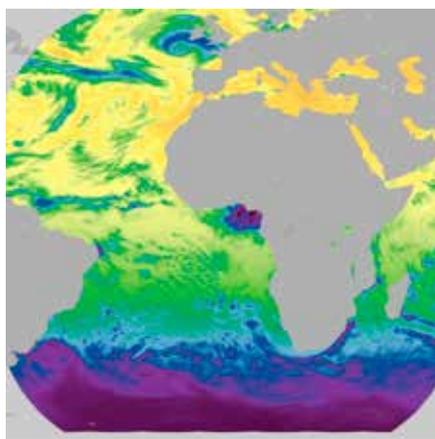


Analyse quotidienne, globale et à haute résolution (environ 5 km) de la température de surface de la mer, produite par le système OSTIA d'analyse opérationnelle de la température de surface de la mer et des glaces de mer

Flux incident en ondes longues (gauche) et solaire (droite) à la surface de l'océan (en  $W m^{-2}$ ), intégrés sur une période de 24 heures, extraits de l'imagerie Meteosat du 14 juin 2012 (source : SAF OSI)



Bien que la résolution spatiale offerte à 36 000 km d'altitude soit plus faible, la fréquence accrue des observations représente un avantage unique. L'orbite géostationnaire permet tout d'abord des observations plus nombreuses de la température de surface de la mer par ciel clair en tirant parti du mouvement rapide des nuages. Elle permet en outre d'estimer les paramètres, tels que les flux solaires et radiatifs à l'interface air-mer, qui, en conjonction avec les vents de surface et les précipitations, régissent la circulation océanique. Son dernier avantage, et non des moindres, est d'être particulièrement bien adaptée à l'océanographie côtière, car seuls les satellites géostationnaires peuvent fournir des observations d'une fréquence suffisante pour échantillonner la variabilité rapide de la circulation côtière.



Le système Meteosat Seconde Génération (MSG) aujourd'hui exploité par EUMETSAT est constitué de deux satellites. Le premier observe le disque terrestre complet toutes les 15 minutes et le second balaie uniquement une partie de l'Atlantique Nord, l'Europe et les mers adjacentes, mais toutes les 5 minutes.

L'imageur visible et infrarouge amélioré non dégré SEVIRI embarqué sur MSG effectue des prises de vue rapides au-dessus de l'Atlantique et de la Méditerranée dans 12 bandes spectrales, notamment dans l'infrarouge thermique avec une résolution spatiale de l'ordre de 0,05 degré (~5 km).

## TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER (SST)

Les produits SST sont extraits toutes les heures et peuvent être combinés avec les observations plus fines, mais moins fréquentes des satellites en orbite polaire et les données *in situ*, pour générer des produits opérationnels multitemps, globaux et à haute résolution.

## FLUX RADIATIFS AIR-MER

Les images fréquentes produites par SEVIRI dans le visible et l'infrarouge, et la possibilité qui en découle d'observer un même pixel par ciel clair ou nuageux à des intervalles relativement courts, permettent d'estimer l'effet des nuages sur le rayonnement solaire incident et d'extraire le flux solaire disponible à l'interface air-mer pour chauffer les couches superficielles de l'océan, un paramètre important de l'océanographie opérationnelle. De même, par modélisation des propriétés radiatives des nuages dans le spectre infrarouge et utilisation d'informations externes relatives au profil vertical de température dans la troposphère, il est possible d'estimer les flux incidents en ondes longues. Ces paramètres, ainsi que la SST, renseignent sur les trois composantes des flux radiatifs à l'interface air-mer.

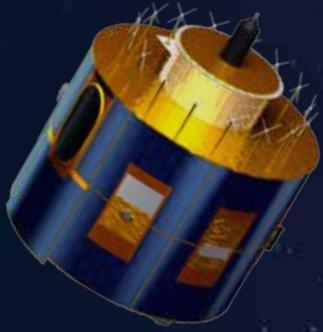
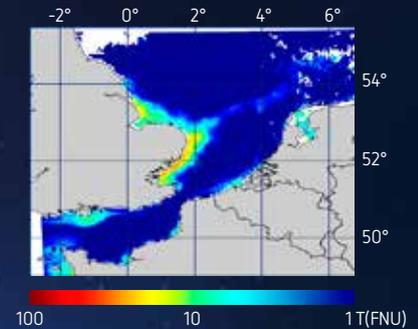
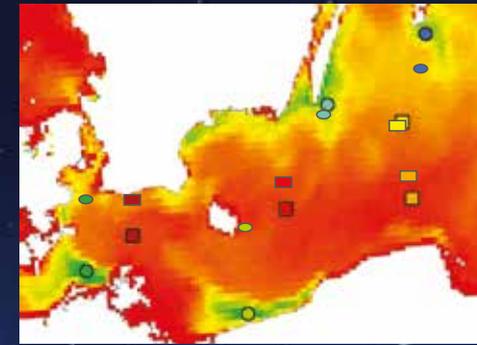


Image infrarouge Meteosat (à gauche) utilisée pour l'étude des upwellings côtiers en Baltique, montrant, en vert, les basses températures de surface, et image visible (à droite, avec l'aimable autorisation de G. Neukermans, RBINS/MUMM) utilisée pour la détection de la matière en suspension totale (MEST) dans les eaux turbides

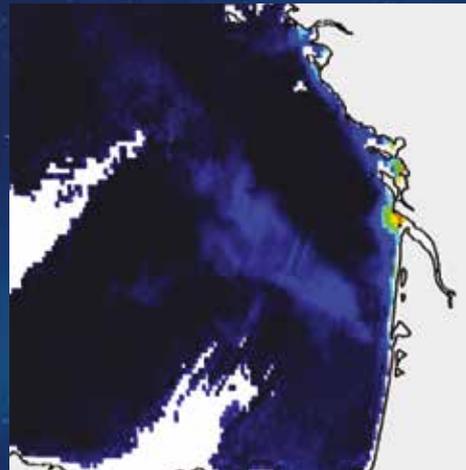
## EXPLORATION DU POTENTIEL DE METEOSAT POUR L'OCÉANOGRAPHIE CÔTIÈRE

La fréquence des observations de Meteosat permet également aux scientifiques de relever les variations journalières de la température de surface de la mer en zones côtières. Un récent projet de recherche a par exemple utilisé des images rééchantillonnées de Meteosat pour cartographier la température de surface des eaux du littoral de la Baltique pour la surveillance des remontées d'eau froide côtières.

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■  
Upwelling de référence



De même, et bien que l'instrument SEVIRI n'ait pas été conçu pour observer la couleur de l'eau, des études menées dans le sud de la mer du Nord montrent qu'il est possible d'utiliser ses images pour cartographier les variations rapides de la matière en suspension totale (MEST) dans les eaux turbides. Ce paramètre intéresse nombre de régions côtières en raison de son lien avec les problèmes de transport de sédiments (dragage, déversement et géomorphologie) et de son impact sur le rayonnement solaire accessible par les écosystèmes côtiers. Des études distinctes ont démontré qu'il est possible de cartographier la prolifération d'algues.



Prolifération d'algues (coccosphaerales) extraite d'une série d'images Meteosat fréquentes (toutes les 15 minutes) montrant l'intérêt d'accéder à plus d'images exemptes de nuages, lorsque ceux-ci sortent du champ de vue de Meteosat

## PERSPECTIVE 2020-2040 : METEOSAT TROISIÈME GÉNÉRATION

En cours de développement avec l'ESA, le système Meteosat Troisième Génération (MTG) sera constitué de deux types de satellites – MTG-I assurant la mission d'imagerie et MTG-S une nouvelle mission de sondage. Le premier satellite MTG-I devrait être opérationnel en 2020, suivi du premier MTG-S deux ans plus tard.

Le radiomètre imageur combiné (FCI) des satellites MTG-I effectuera des prises de vues dans 16 bandes spectrales avec une résolution de 0,5 à 2 km et prolongera les longues

séries de produits Flux et SST issus des Meteosat actuels, tout en améliorant leur qualité grâce au gain en précision, fréquence et résolution des observations. Un satellite MTG-I observera le disque complet toutes les 10 minutes, tandis que le second n'observera que l'Europe et les mers adjacentes, mais toutes les 2,5 minutes.

Le satellite MTG-S emportera un interféromètre de sondage infrarouge (IRS) fonctionnant à une résolution horizontale de quatre kilomètres. Cet interféromètre devrait proposer de nouveaux produits SST à moyenne résolution, tirant parti de l'excellent étalonnage absolu de l'instrument dans l'infrarouge, et améliorera notablement la précision des produits des produits de flux incidents en ondes longues par un accès direct aux profils verticaux de température dans la troposphère.



Vue d'artiste des satellites MTG en orbite (source : ESA)

# JASON-2/3 : LA MISSION DE RÉFÉRENCE POUR LA SURVEILLANCE DE LA CIRCULATION OCÉANIQUE ET DU NIVEAU MOYEN DE LA MER

La mission d'altimétrie océanique de haute précision Jason fournit des mesures de référence de la topographie de surface des océans, un paramètre essentiel pour les modèles de prévision utilisés en océanographie opérationnelle. Elle surveille aussi les variations du niveau moyen de la mer dans le contexte du changement climatique.



## Anny Cazenave

Experte scientifique au laboratoire d'Études en géophysique et Océanographie spatiale, Directrice pour les Sciences de la Terre à l'Institut international des sciences spatiales (ISSI)

« Le niveau de la mer est un indicateur essentiel du changement climatique, car il intègre la réponse de divers composants du système climatique aux émissions de gaz à effet de serre : dilatation thermique des océans, fonte des glaciers et perte de masse des glaces des calottes du Groenland et de l'Antarctique. Surveiller l'élévation globale du niveau de la mer et ses variations régionales avec la série de satellites d'altimétrie Jason est donc crucial pour mieux appréhender la réponse du système climatique au réchauffement climatique d'origine anthropique et pour valider les modèles climatiques utilisés pour prévoir les changements futurs, en particulier dans les zones côtières très peuplées et très vulnérables. »

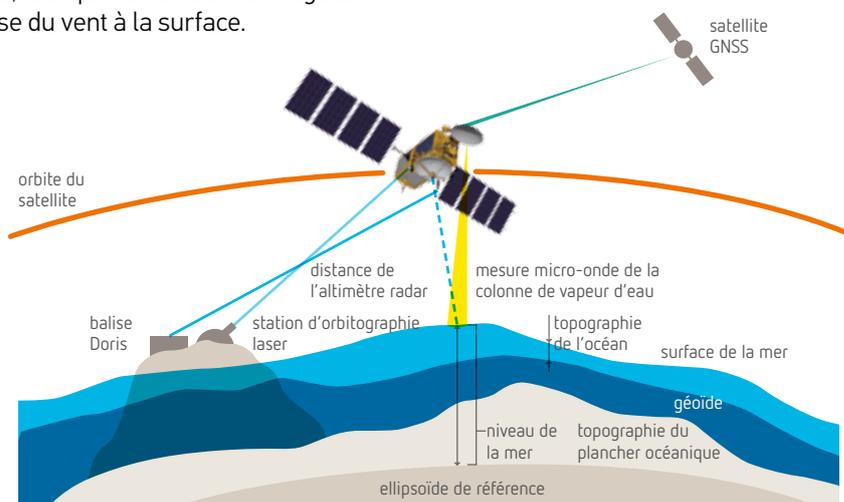
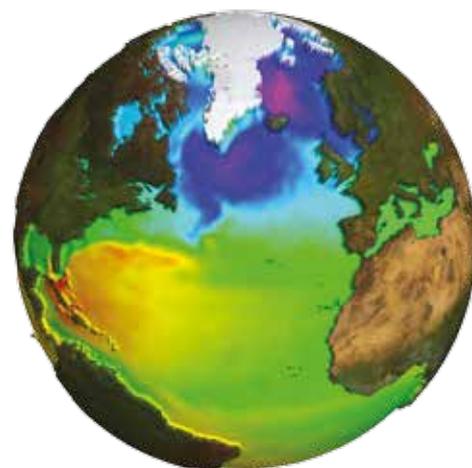
*Principe de mesure de l'altimétrie océanique (à gauche) et carte de hauteur de la surface marine extraite des mesures altimétriques, projetée sur un globe 3D (à droite)*

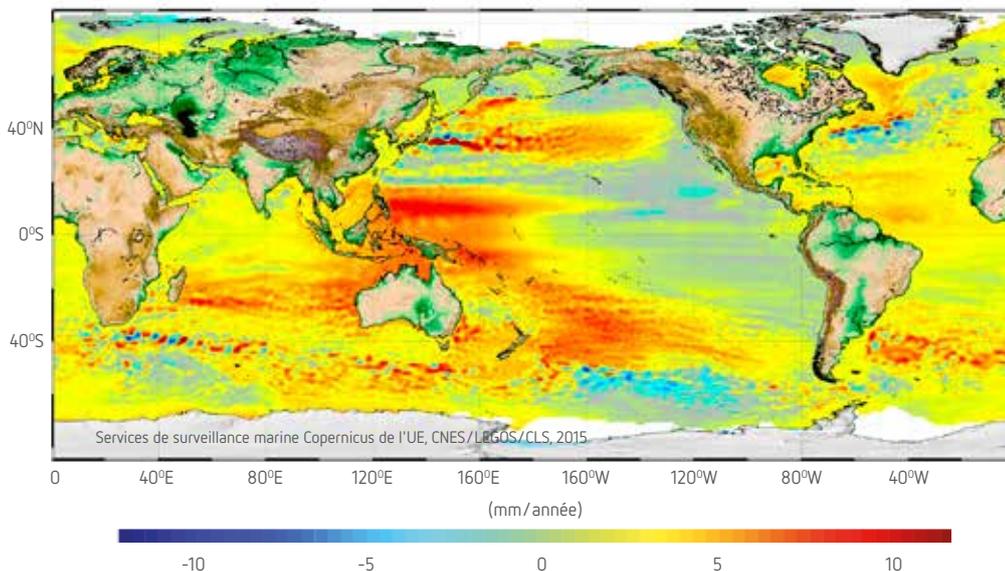
Les satellites d'altimétrie océanique fournissent l'une des contributions les plus critiques pour l'océanographie opérationnelle, car ils observent, à échelle globale, la signature en surface de la structure tridimensionnelle profonde de l'océan, impossible à observer autrement en raison de l'insuffisance d'échantillonnage de

l'observation in situ. Aussi importante que l'observation de la pression de surface en météorologie, l'observation de la topographie de surface des océans alimente en effet les modèles océaniques évolués pour prévoir la circulation océanique tridimensionnelle, composante essentielle de tout service opérationnel d'information océanique.

## DONNÉES - FONCTIONNEMENT DE L'ALTIMÉTRIE OCÉANIQUE

L'altimètre envoie des impulsions radar vers la surface de l'océan et mesure le temps nécessaire au retour des signaux. Après correction des temps de propagation dans l'ionosphère et la troposphère grâce aux deux fréquences de l'altimètre et aux mesures de vapeur d'eau effectuées par un radiomètre micro-onde co-embarqué, ces données sont utilisées pour calculer la distance entre le satellite et la surface de l'océan. En combinant le résultat obtenu avec la localisation précise du satellite donnée par les systèmes DORIS et GPS et les rétro-rélecteurs laser, il est possible de déterminer la topographie de la surface océanique dans un référentiel géocentrique fixe et d'estimer des paramètres annexes, tels que la hauteur des vagues et la vitesse du vent à la surface.





*Carte des tendances régionales (1993-2015) du niveau moyen de la mer issu des données altimétriques de Topex/Poséidon et Jason (source : service de surveillance marine Copernicus de l'UE, CNES/LEGOS/CLS)*

Les estimations du niveau moyen de la mer et de ses variations dans le temps et dans l'espace peuvent également être déduites des mesures d'altimétrie les plus précises, à l'instar de celles fournies par Jason-2/-3. Ces informations sont extrêmement précieuses pour révéler les incidences majeures du changement climatique et en appui à la mise en œuvre de politiques d'adaptation dans les zones côtières menacées par l'élévation du niveau de la mer.

Les satellites Jason poursuivent la coopération fructueuse entre les États-Unis et l'Europe sur l'altimétrie de haute précision, mobilisant EUMETSAT, la NOAA, le CNES et la NASA.

Jason-3 a été lancé le dimanche 17 janvier 2016 pour accomplir la mission de topographie de la surface de l'océan (OSTM) et prolonger la série de données de haute précision initiée en 1992 par Topex-Poséidon et poursuivie par les satellites précédents Jason-1 et Jason-2. Le satellite Jason-3 est le fruit d'un partenariat international entre EUMETSAT, le CNES, la NOAA, la NASA, ainsi que l'Union européenne qui finance les contributions européennes aux opérations de Jason-3 dans le cadre de son programme Copernicus.

Gravitant à 1 336 km d'altitude sur une orbite non-synchrone choisie pour éviter les repliements de spectre dus aux signaux de marée, les satellites Jason fournissent les mesures de topographie de la surface de la mer les plus précises, pour l'océanographie opérationnelle et la surveillance du niveau des mers. La combinaison des données des instruments fournis par le CNES et la NASA permet d'estimer la topographie de surface océanique avec une précision inégalée, de l'ordre de quelques centimètres. Les données de Jason constituent par conséquent la référence indispensable à l'inter-étalonnage des mesures de toutes les autres missions altimétriques (p. ex. SARAL et Sentinelles-3), afin d'obtenir un produit altimétrique multi-missions sans biais, prêt à alimenter les modèles océaniques.



**Mauro Facchini**  
 Chef de l'Unité Copernicus  
 DG GROW  
 Commission européenne

« Jason-3 est une mission essentielle à Copernicus, servant de référence pour l'interétalonnage des autres missions d'altimétrie océanique, y compris Sentinelles-3, pour générer dès 2015 des produits multi-missions non-biaisés de la topographie de surface de la mer, lesquels pourront alimenter des modèles océaniques tels que ceux opérés par le CMEMS. »



# JASON-2/3 : LA MISSION DE RÉFÉRENCE POUR LA SURVEILLANCE DE LA CIRCULATION OCÉANIQUE ET DU NIVEAU MOYEN DE LA MER



**Gerrit Burgers**  
Gerrit Burgers, climatologue

« Les Pays-Bas mènent une politique de prévention des risques d'inondations, pour le présent et le futur. Cela suppose de distinguer les tendances du niveau marin le long de nos côtes des importantes fluctuations à court terme. Seule la continuité des mesures très précises du niveau de la mer par Jason nous permettra de quantifier rapidement l'élévation du niveau de la mer, et de nous faire gagner un temps précieux pour y répondre. »

EUMETSAT, le CNES et la NOAA réalisent le traitement des données de Jason-3, EUMETSAT étant responsable des services de données aux utilisateurs au sein des États membres d'EUMETSAT et de l'UE, au titre du programme Copernicus de l'UE. En Europe, l'accès aux données est assuré par les infrastructures multi-missions d'EUMETSAT et du CNES, notamment le système de diffusion des données en temps réel EUMETCast, le portail d'observation de la Terre et les archives d'EUMETSAT ainsi que le système de données océanographiques AVISO du CNES.

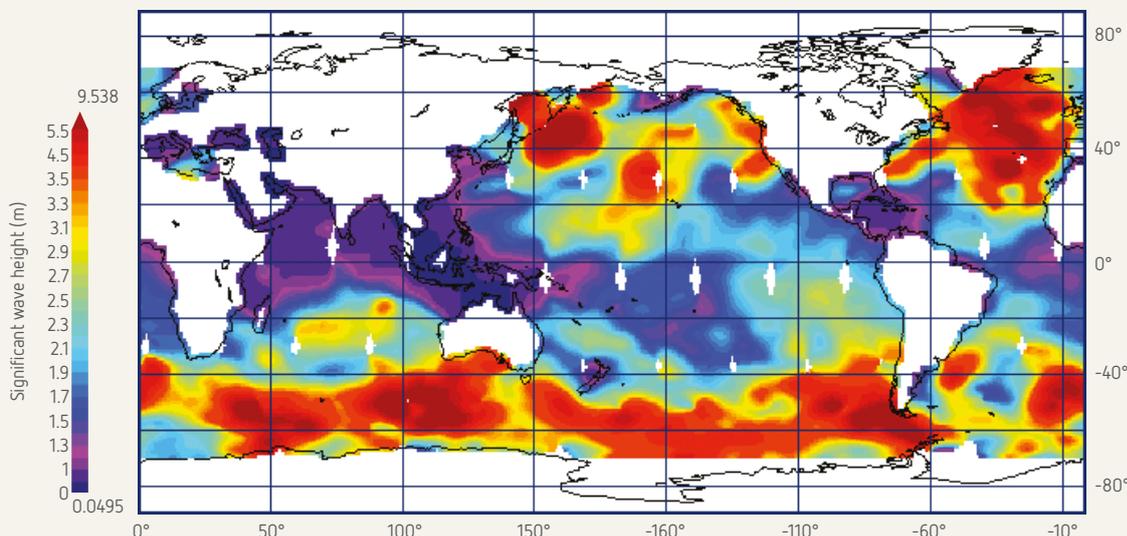
Trois produits principaux sont issus de Jason-3 :

- Le produit OGDR (Operational Geophysical Data Record) diffusé aux utilisateurs dans les trois heures suivant l'observation, qui inclut des estimations de la hauteur significative des vagues et de la vitesse du vent à cinq minutes d'intervalle.
- Le produit IGDR (Interim Geophysical data Record) distribué dans les deux jours suivant l'observation, qui fournit des données plus précises de la topographie

de la surface océanique. Il est assimilé par les modèles de prévision océanique opérationnelle et par les modèles couplés atmosphère/océan destinés à la prévision saisonnière, ou sert directement à valider les prévisions océaniques antérieures. La NOAA recourt également à ce produit pour obtenir un paramètre nommé potentiel thermique cyclonique (TCHP), utilisé pour la surveillance des cyclones.

- Le produit GDR (Geophysical Data Record) disponible sous 60 jours : il s'agit du produit le plus précis et complet, car il inclut des données de hauteur de surface de la mer entièrement validées. Il est utilisé principalement pour la réanalyse de l'océan et la surveillance du climat, en particulier pour la vérification des modèles climatiques, la surveillance du niveau des mers et l'évaluation des changements climatiques, p. ex. dans le cadre du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

*Carte mondiale de la hauteur significative des vagues (m) produite à partir de données altimétriques (source : AVISO)*



# SENTINELLE-3 : L'ŒIL DE COPERNICUS SUR LES OCÉANS

EUMETSAT exploite Sentinelle-3 avec le soutien de l'ESA et assure la mission marine

La mission marine de Sentinelle-3 a pour principal objectif de surveiller la température de surface de la mer, la couleur de l'océan, ainsi que la topographie de la surface océanique en conjonction avec les missions altimétriques de référence de Jason-3 (et à terme de Sentinelle-6/ Jason-CS).

La mise en œuvre complète de la mission Sentinelle-3 exige un système opérationnel à deux satellites afin de garantir une couverture globale et une fréquence de revisite adéquate. Sentinelle-3A a été lancé en 2016 et sera rejoint par Sentinelle-3B en 2017. Sentinelle-3C et -3D prendront le relais à partir de 2021.

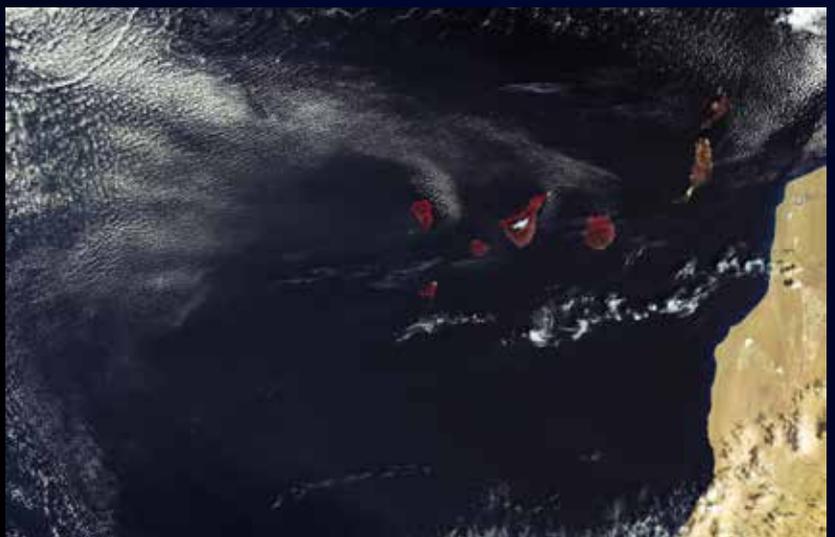
D'une durée de vie nominale de sept ans, les satellites évolueront sur une orbite polaire héliosynchrone à une altitude moyenne de 815 km et emporteront les instruments suivants :

- Le radiomètre SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) à double visée et doté de neuf canaux améliorera encore les mesures très précises de la température de surface de la mer recueillies par les instruments AATSR embarqués sur ERS et Envisat, avec une résolution spatiale de 500 m dans le visible et l'infrarouge moyen et d'1 km dans l'infrarouge thermique.
- Avec ses 21 bandes spectrales étroites, l'instrument OLCI (Ocean and Land Colour Imager) poursuivra et améliorera les mesures à moyenne résolution (300 m) de l'instrument MERIS d'Envisat.

- L'altimètre SRAL (Synthetic Aperture Radar Altimeter) bi-fréquence mesurera la topographie de surface de la mer en « mode SAR », soit avec une résolution atteignant 300 m le long de la trace. SRAL est assisté d'un radiomètre micro-ondes de correction atmosphérique et d'un dispositif d'orbitographie précise composé d'un récepteur DORIS, d'un récepteur GNSS (système mondial de navigation par satellite) et d'un rétro-réflecteur laser.

Les données et produits océaniques principaux des satellites Sentinelle-3 concernent la température de surface de la mer, la topographie des océans, la hauteur des vagues et la couleur de l'eau et les glaces de mer, qui seront ingérés par divers modèles de haute mer et des zones côtières. Leurs applications incluent la prévision météo-océanique, la gestion des ressources et des écosystèmes marins, la cartographie des glaces de mer et le routage des navires.

*Vue d'artiste du satellite Sentinelle-3 (source : ESA, J. Huart)*



*L'une des premières images de l'instrument OLCI d'observation de la couleur des surfaces continentales et océaniques embarqué sur le satellite Sentinelle-3A (3 mars 2016)*

# SENTINELLE-3 : L'ŒIL DE COPERNICUS SUR LES OCÉANS

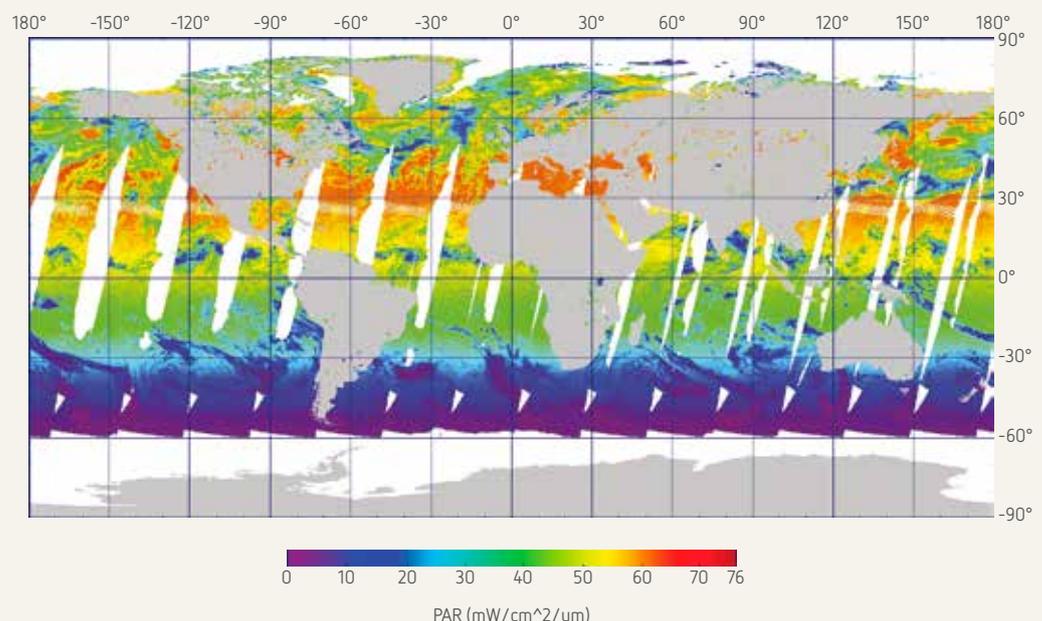
Le radiomètre SLTSR fournit des mesures à haute résolution de la température de surface de la mer et l'altimètre SRAL donne accès à la hauteur des lacs et des mers, la hauteur significative des vagues, la vitesse du vent de surface ainsi que la hauteur et l'épaisseur des glaces de mer.

Les mesures de couleur de l'eau de l'instrument OLCI permettent un suivi mondial de la chlorophylle a (et donc de la biomasse phytoplanctonique), qui intervient dans l'estimation de la production primaire. Au cours des dix dernières années, les applications des données de couleur des océans ont beaucoup apporté à la biogéochimie océanique, à l'océanographie physique, à l'évaluation des écosystèmes, à l'halieutique et à la gestion du littoral. Les produits océaniques d'OLCI portent sur la réflectance normalisée à la surface de l'eau, la concentration de chlorophylle au large et près des côtes, la matière en suspension totale (MEST), la matière organique dissoute et détritique

colorée, le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR) et l'épaisseur optique des aérosols au-dessus de l'eau.

Les segments sol et spatial de Sentinelle-3 ont été développés par l'ESA. EUMETSAT exploite les satellites Sentinelle-3 avec le soutien de l'ESA et assure leur mission marine. En prévision de ce rôle, EUMETSAT a soutenu l'ESA dans le développement du segment sol et la préparation des opérations, dans le cadre d'un programme spécifique pour compte de tiers d'EUMETSAT, financé par Copernicus. Le segment sol installé à EUMETSAT comprend le centre de contrôle pour les opérations en vol, nécessaire à l'exploitation des satellites Sentinelle-3, ainsi qu'une fonction de traitement des observations océaniques et les éléments multi-missions d'EUMETSAT. EUMETSAT fournit à Copernicus des données marines opérationnelles issues de Sentinelle-3 ainsi que des services de soutien, conformément à l'accord de niveau de service Copernicus convenu avec la Commission européenne.

*Rayonnement photosynthétiquement actif moyen estimé par fusion des données de MERIS et SeaWiFS, juillet 2003. Il s'agit de l'énergie totale disponible pour la photosynthèse, un paramètre clé des études biologiques et écologiques. (source : ESA)*



# JASON-3/SENTINELLE-6 ET SENTINELLE-3 : UNE CAPACITÉ ALTIMÉTRIQUE INTÉGRÉE POUR COPERNICUS

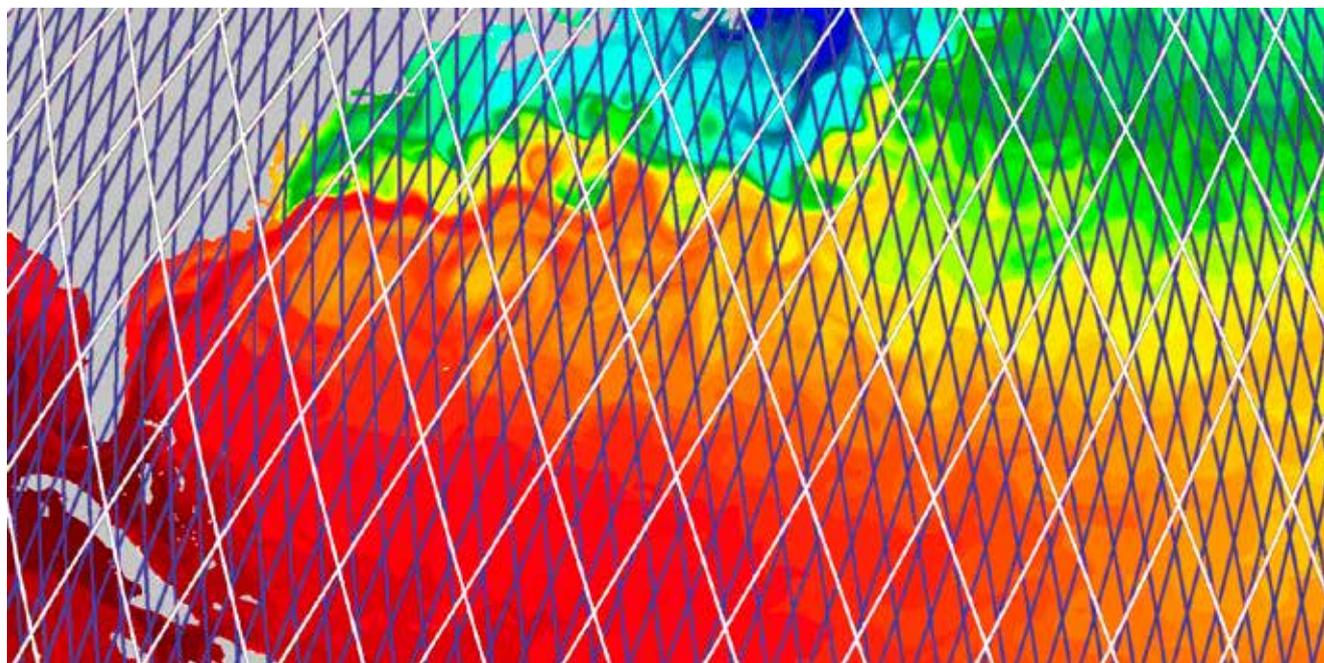
Jason-3 et Sentinelles-3 constituent la colonne vertébrale européenne d'une constellation virtuelle internationale de missions d'altimétrie océanique

La surveillance de la topographie de surface et du niveau moyen de la mer au service de l'océanographie opérationnelle et de la surveillance du climat exige une constellation virtuelle de missions altimétriques, intégrant une mission de référence. Les champs de vue des altimètres étant très étroits, une constellation d'au moins trois satellites, avec différentes orbites et fréquences de passage, est nécessaire pour couvrir le globe et échantillonner la variabilité océanique à des échelles s'étendant des tourbillons aux gyres, des oscillations tropicales comme El Niño à la circulation générale.

Par combinaison optimale de la mission altimétrique de référence Jason-3/Sentinelle-6 et de la mission altimétrique de Sentinelles-3, l'Europe, en coopération

avec les États-Unis, fournit à la fois la référence et la colonne vertébrale de la constellation virtuelle répondant aux besoins de l'océanographie opérationnelle et de la surveillance du niveau des mers pour les vingt prochaines années.

Les satellites Jason sont nécessaires pour inter-étalonner les observations des autres satellites altimétriques et ainsi obtenir un produit topographie de la surface des océans multimissions sans biais, homogène, pouvant alimenter des modèles océaniques tels que ceux du CMEMS. Ces satellites sont également essentiels pour étendre la série temporelle de mesures du niveau moyen de la mer accumulées depuis 1992 au sein d'un précieux registre de données climatiques, utile aux services climatologiques.



Traces au sol des orbites de Sentinelles-3 (en bleu) et de Jason-3/Sentinelle-6 (en blanc), échantillonnant l'analyse de température de surface de la mer du CMEMS. Traces au sol des orbites de Sentinelles-3 (en bleu) et de Jason-3/Sentinelle-6 (en blanc), avec, en fond, l'analyse de température de surface de la mer du CMEMS. La combinaison de missions altimétriques inter-étalonnées permet de bien échantillonner, d'une part, la circulation des tourbillons associée aux gyres et à la dynamique des océans aux latitudes moyennes et, d'autre part, les variations de grande échelle plus rapides de l'océan tropical. (source : CMEMS)

# JASON-3 / SENTINELLE-6 ET SENTINELLE-3 : UNE CAPACITÉ ALTIMÉTRIQUE INTÉGRÉE POUR COPERNICUS



**Remko Scharroo**  
Expert scientifique en télédétection, EUMETSAT

« Après le lancement de Jason-3 et Sentinelles-3 en janvier-février 2016, nous disposons d'une constellation complète de missions altimétriques en orbite. Une fois ces missions inter-étalonnées, nous pourrions surveiller à la fois les signaux à grande échelle tels qu'El Niño et les petits tourbillons des océans aux latitudes moyennes. »

*Vue d'artiste du satellite Jason-CS  
(source : Airbus Defence and Space)*



## JASON-3

Le programme Jason-3 se base sur le même schéma de coopération que Jason-2 entre EUMETSAT, la NOAA, le CNES et la NASA. Jason-3 implique également l'Union européenne, dont le programme Copernicus finance la contribution européenne aux opérations. L'ESA apporte également une contribution financière au programme.

Jason-3 est un satellite récurrent de Jason-2, basé sur la même plateforme Proteus fournie par le CNES et les mêmes instruments américains et européens. Il délivre des mesures de la hauteur de surface de la mer avec une grande précision, de quatre centimètres ou moins, tous les dix jours, pendant les cinq années de sa durée de vie nominale.

Il joue un rôle clé dans la mission de référence, à partir de laquelle les données de Sentinelles-3 et d'autres autres missions d'altimétrie sont inter-étalonnées. Il est également le précurseur de la mission collaborative Sentinelles-6/Jason-CS, réalisée par deux satellites Jason-CS successifs, qui prendront le relais de Jason-3 après 2020.

## LA MISSION SENTINELLE-6/ JASON-CS

La mission collaborative Sentinelles-6/Jason-CS (continuité de service) sera assurée par deux satellites successifs et continuera les mesures de haute précision de la topographie de surface des océans après Jason-3, de 2020 à 2030. Ainsi, avec Jason-3, une constellation Copernicus d'un satellite Jason et de deux satellites Sentinelles-3 sera maintenue en orbite à partir de 2017, après le lancement de Sentinelles-3B.

Forte des acquis de la coopération Jason, la mission Sentinelles-6/Jason-CS implique l'Europe - via EUMETSAT, l'ESA et l'Union européenne - et les États-Unis - via la NASA et la NOAA. Conformément au partage de responsabilités convenu, EUMETSAT mène les activités système, développe le segment sol et exploite la partie européenne du système pour le compte du programme Copernicus de l'UE.

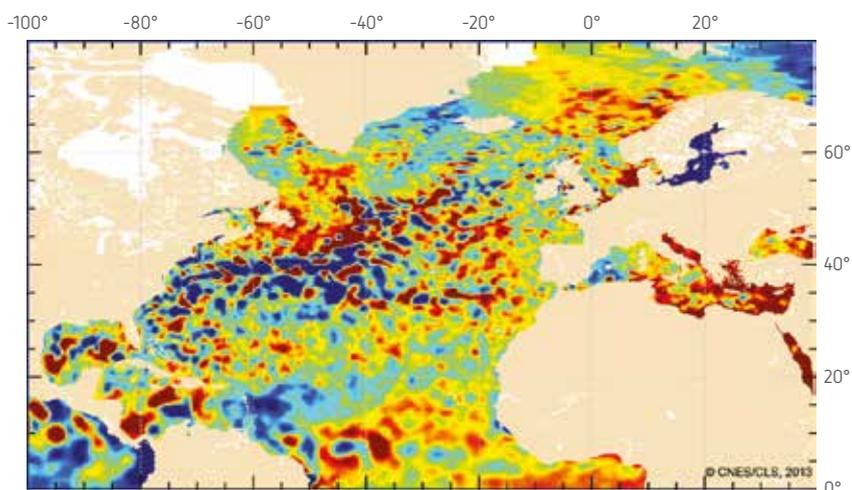
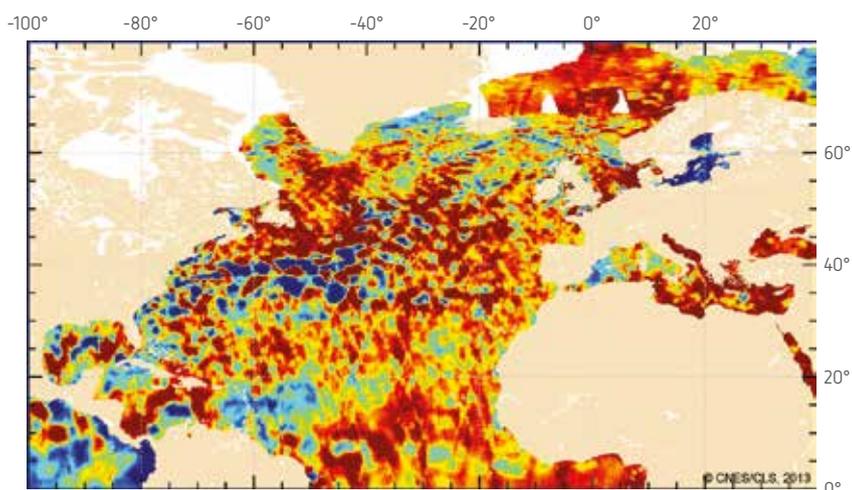
Les satellites Jason-CS, développés et approvisionnés par l'ESA, embarquent une version améliorée de l'altimètre SRAL de Sentinelles-3, exploitée dans un nouveau mode dit intercalé fournissant simultanément des mesures du niveau de la mer en mode SAR, à très haute résolution le long de la trace (300 m) et les mesures à basse résolution nécessaires à la poursuite de la mission de référence Jason. L'altimètre est exploité de concert avec un radiomètre micro-ondes et un dispositif d'orbitographie précise fourni par les États-Unis et l'Europe.

Comme Sentinelle-3, la mission Sentinelle-6 fournira ainsi des observations encore plus précises et à plus haute résolution, tout en garantissant l'homogénéité requise pour la poursuite des relevés de données climatologiques de Topex/Poseidon et Jason. Les services de lancement des deux satellites seront fournis par les États-Unis, comme pour les satellites Jason précédents.

La contribution européenne à la mission Sentinelle-6/Jason-CS repose sur la combinaison d'un programme facultatif de l'ESA couvrant le développement du premier satellite, d'un programme facultatif d'EUMETSAT couvrant en particulier les activités système, le développement d'un segment sol complet et la préparation de l'exploitation, ainsi que du programme Copernicus de l'UE couvrant le financement de l'exploitation et cofinçant le satellite récurrent avec EUMETSAT.

## UN SYSTÈME UNIFIÉ POUR UN SERVICE INTÉGRÉ

Dans le cadre de son programme facultatif Jason-CS, EUMETSAT développe le segment sol de Sentinelle-6 en réutilisant des éléments des programmes Sentinelle-3 et EPS et de ses systèmes sol multi-missions, de manière à exploiter Sentinelle-3 et Sentinelle-6 le plus efficacement possible, comme un unique système multi-missions capable de proposer aux utilisateurs un flux intégré unique de données marines, incluant des produits multi-missions inter-étalonnés.



*Carte des fluctuations du niveau de la mer observées par satellites altimétriques le 5 février 2013. Carte des fluctuations du niveau de la mer observées par Jason-2 et Cryosat le 5 février 2013, à gauche sans inter-étalonnage, à droite avec inter-étalonnage, Jason-2 étant utilisée comme mission de référence. L'inter-étalonnage garantit la cohérence et la précision des informations issues de tous les satellites, permettant la meilleure détermination possible des caractéristiques de la dynamique des océans (source : CLS).*

# LES ATOUTS DE LA COOPÉRATION D'EUMETSAT AVEC D'AUTRES OPÉRATEURS DE SATELLITES

EUMETSAT échange des données avec d'autres opérateurs de satellites pour offrir des opportunités supplémentaires au développement de l'océanographie opérationnelle en Europe et dans le monde



Les nouveaux produits de couleur des océans issus du radiomètre VIIRS embarqué sur le satellite Suomi-NPP sont maintenant disponibles sur EUMETCast (source : NOAA)

Ainsi, EUMETSAT rend ses données mondialement disponibles et enrichit sa gamme de produits océaniques, au profit de ses États membres et de Copernicus.

## LE SYSTÈME POLAIRE CONJOINT AVEC LES ÉTATS-UNIS

EUMETSAT et la NOAA ont mis en place un Système polaire initial conjoint (IJPS) véritablement intégré de deux satellites polaires opérationnels gravitant sur des orbites complémentaires, avec un partage de responsabilités pour l'acquisition de leurs données en temps réel dans l'Arctique (Svalbard) et l'Antarctique (McMurdo), des données, des produits et l'expertise associée.

Suite au lancement du satellite américain Suomi - National Polar Partnership (Suomi-NPP) en octobre 2011, l'IJPS est désormais composé de trois satellites (Metop-A, Metop-B et Suomi-NPP) de dernière génération, offrant à EUMETSAT de nouvelles capacités d'observation provenant de Suomi-NPP.

EUMETSAT diffuse des produits météorologiques provenant de Suomi-NPP à ses États membres et fournit également des produits de température de surface de la mer et de couleur des océans issus du radiomètre imageur dans le visible et l'infrarouge (VIIRS) pour répondre aux exigences de Copernicus.

Le satellite successeur de Suomi-NPP, JPSS-1, sera lancé par la NOAA en 2017. EUMETSAT lancera Metop-C en 2018.



Vue d'artiste du satellite Suomi-NPP (source : NOAA)

## CONSTELLATIONS VIRTUELLES ET ÉCHANGES DE DONNÉES AVEC D'AUTRES PARTENAIRES INTERNATIONAUX

Le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS) a développé le concept de constellation virtuelle pour coordonner des missions qui répondent, ensemble, à des besoins partagés. EUMETSAT participe aux constellations consacrées à la topographie de surface des océans, à la couleur de l'océan, aux vecteurs vents de surface et à la température de surface de la mer.

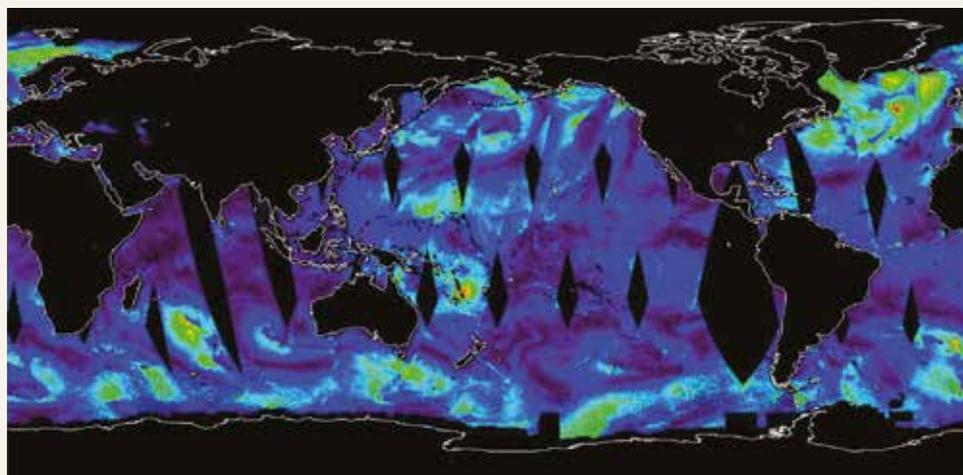
Pour participer à ces constellations, EUMETSAT a noué des coopérations bilatérales avec d'autres opérateurs de satellites océaniques, en particulier en Chine et en Inde, pour échanger des données et promouvoir leur utilisation dans le monde entier.

Par exemple, les usagers d'EUMETSAT ont accès aux mesures de topographie de surface des océans de la mission

altimétrique SARAL de l'ISRO et du CNES, lancée le 25 février 2013, au sein de la constellation virtuelle correspondante. Ces données enrichissent le produit multi-missions inter-étalonné utilisé par le CMEMS.

Des produits sur le vecteur vent de surface, l'état des océans, les précipitations et les produits température de surface de la mer issus des séries HY-2 sont également échangés avec l'Administration océanographique nationale (SOA) de la Chine, avec laquelle EUMETSAT a signé un accord de coopération en 2012.

Enfin, la coopération avec la NASA et l'Agence spatiale japonaise JAXA, permet à EUMETSAT de rediffuser en temps réel des produits sur les précipitations et la température de surface de la mer, issus des missions GPM-Core et GCOM-W1, et sur les vents de surface, issus de la mission RapidScat exploitée sur la Station spatiale internationale.



*Cartes du vecteur vent de surface issue des observations du satellite HY-2A de l'Administration océanique de Chine (SOA), diffusées aux États membres d'EUMETSAT depuis décembre 2014*

# ACCÈS AUX DONNÉES : LE DERNIER MILLE MARIN VERS L'UTILISATEUR

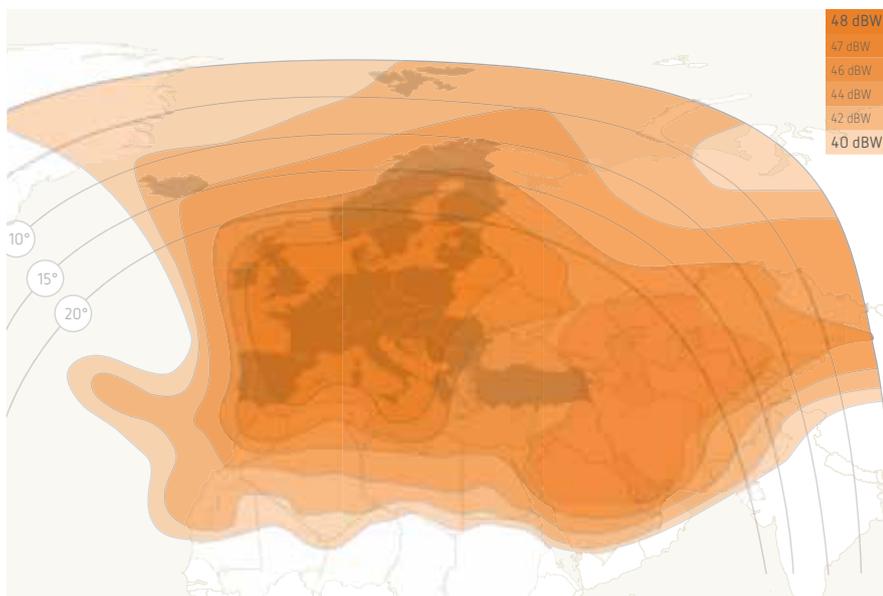
Grâce à son service opérationnel EUMETCast de diffusion de données par satellite, EUMETSAT garantit un accès équitable à tous les utilisateurs des États membres de l'UE et d'EUMETSAT

Pour mettre à disposition des produits issus des missions Jason-3, Sentinelle-3 et 6 pour Copernicus, des missions d'EUMETSAT et de tierces parties, EUMETSAT fait le meilleur usage de son infrastructure multi-missions, accessible via son Portail d'observation de la Terre et son navigateur de produits, qui sont connectés au portail Copernicus de l'UE.

Pour respecter les exigences du temps réel, le service EUMETCast de diffusion de données par satellite est privilégié pour délivrer des données et produits Copernicus à tous les utilisateurs des États membres de l'UE et d'EUMETSAT. Ce service utilise des satellites commerciaux européens de télécommunications, ainsi que la technologie DVB-S2, dernière évolution du standard de vidéodiffusion numérique.

Le recours à ces technologies, largement utilisées pour la télévision numérique, permet de diffuser un large éventail de données satellitaires météorologiques et environnementales à plus de 4 100 utilisateurs en Europe et en Afrique, avec une disponibilité moyenne de 99,9 %.

*Service EUMETCast de diffusion de données par satellite, couverture de l'Europe*

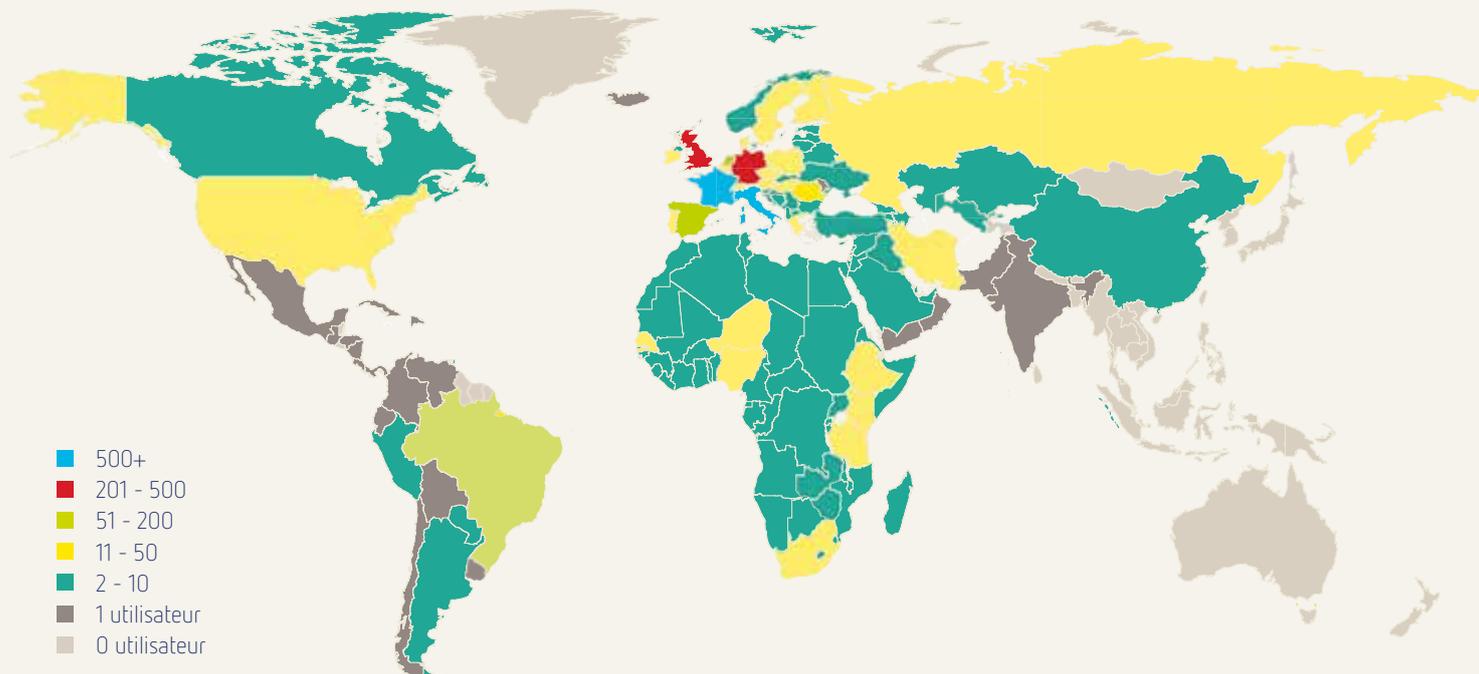


Après le lancement réussi de Sentinelle-3A, l'architecture très flexible d'EUMETCast fournit une grande variété de services de données Sentinelle-3, en termes de volumes, contenus et formats à un nombre illimité d'utilisateurs simultanés des États membres de l'UE et d'EUMETSAT, quelles que soient les limitations des infrastructures de communication locales auxquelles ils ont accès. Les utilisateurs doivent uniquement être équipés d'un terminal VSAT standard, dont le prix est inférieur à 2 000 €.

EUMETCast offre ainsi des opportunités à tous les utilisateurs Copernicus en Europe, dans des conditions identiques, avec des possibilités d'extension en Afrique via le service existant EUMETCast-Afrique. Le flux de données océaniques reçu par les utilisateurs d'EUMETCast intègre en outre d'autres sources de données, ce qui permet de développer en aval le plus large spectre possible d'applications et de services à valeur ajoutée.

En complément du service par satellite EUMETCast, EUMETSAT a également développé EUMETCast Terrestre pour la multidiffusion de données en s'appuyant sur l'infrastructure académique fournie par GEANT et d'autres fournisseurs de réseaux nationaux pour la recherche. Pour accéder aux données via ce service, les utilisateurs doivent avoir un accès à leurs réseaux de recherche nationaux. EUMETCast Terrestre peut fournir de larges volumes de données à des communautés d'utilisateurs restreintes en Europe pour lesquelles la diffusion par satellite est moins adaptée, par exemple en raison du nombre d'utilisateurs limités.

Les produits marins Sentinelle-3 seront également diffusés en ligne sur le système d'accès en ligne de Sentinelle-3, accessible via le Portail d'observation de la Terre d'EUMETSAT. Les données archivées seront quant à elles disponibles auprès du Centre de données d'EUMETSAT.



2 789 utilisateurs dans les États membres

4 utilisateurs dans les États coopérants

3 409 utilisateurs dans le monde

*Répartition géographique globale des utilisateurs d'EUMETCast, décembre 2015*

## SOUTIEN ET ÉLARGISSEMENT DE LA COMMUNAUTÉ DES USAGERS

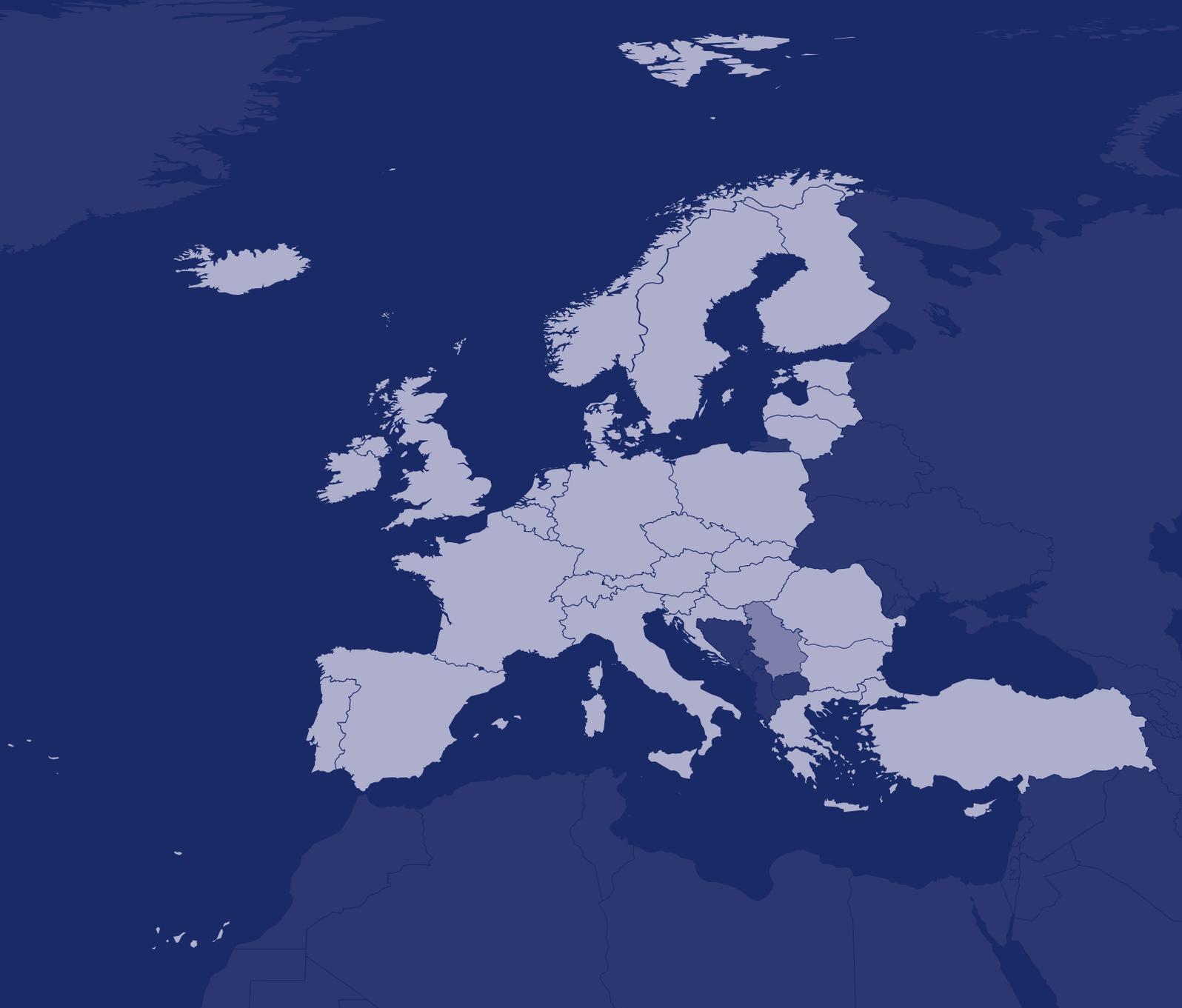
Il n'est possible de réaliser tous les bénéfices de l'investissement dans des systèmes satellites évolués qu'au travers d'un soutien approprié aux communautés d'utilisateurs, notamment par des services d'assistance en ligne et des programmes de formation. EUMETSAT investit donc dans ces domaines, avec EUMETNET et ses États membres, et parraine le portail de formation en ligne EUMETRAIN ([www.eumetrain.org](http://www.eumetrain.org)).

EUMETSAT a également organisé des stages de formation sur l'utilisation opérationnelle de l'information satellitaire relative aux vents océaniques de surface et aux vagues par des météorologues marins en Europe, en Afrique et en Amérique du Sud, et travaille avec les prestataires de services Copernicus et la CE à une offre spécifique de formation sur les océans qui intéresserait ses États membres ainsi que la communauté océanique.



*Atelier de formation à l'utilisation des produits vents/vagues pour l'océanographie dans les eaux sud-américaines, Brésil, 14-19 mai 2012*

-  ÉTATS MEMBRES
-  ÉTAT COOPÉRANT



Eumetsat-Allee 1    Tél : +49 6151 807 3660/3770  
 64295 Darmstadt    Courriel : ops@eumetsat.int  
 Allemagne    [www.eumetsat.int](http://www.eumetsat.int)

© EUMETSAT, octobre 2016  
 Brochure: APP.01, V.2A

#### ÉTATS MEMBRES



#### ÉTAT COOPÉRANT



EUMETSAT coopère également avec d'autres entités engagées dans la météorologie satellitaire, entre autres au Canada, en Chine, en Corée du Sud, aux États-Unis, en Inde, au Japon et en Russie.

-  @eumetsat
-  [www.facebook.com/eumetsat](http://www.facebook.com/eumetsat)
-  [www.youtube.com/eumetsat1](http://www.youtube.com/eumetsat1)
-  [www.flickr.com/eumetsat](http://www.flickr.com/eumetsat)