



LE PROGRAMME COPERNICUS



Programme piloté par la Commission Européenne et développé en partenariat avec les Etats membres, l'ESA et Eumetsat.

Objectifs:

- Fournir des **services opérationnels** dans les domaines de **l'environnement** et de la gestion des risques / **sécurité**
- Assurer un accès à un volume sans précédent de **données fiables, libres, pérennes et gratuites**
- Répondre aux besoins des politiques européennes, nationales et aux **enjeux sociétaux**
- **Développement économique** / perspectives commerciales / création d'emplois

Budget

De 2000 à 2020 : ~ 8 Md€

De 2021 à 2027 : ~ 5 Md€

→ Programme opérationnel depuis 2014

6 services opérationnels s'appuyant sur des données spatiales et « in situ ».





Surveillance des Terres (CLMS) : EEA et JRC



Surveillance du milieu Marin (CMEMS) : MERCATOR-Ocean



Surveillance de l'Atmosphère (CAMS) : ECMWF



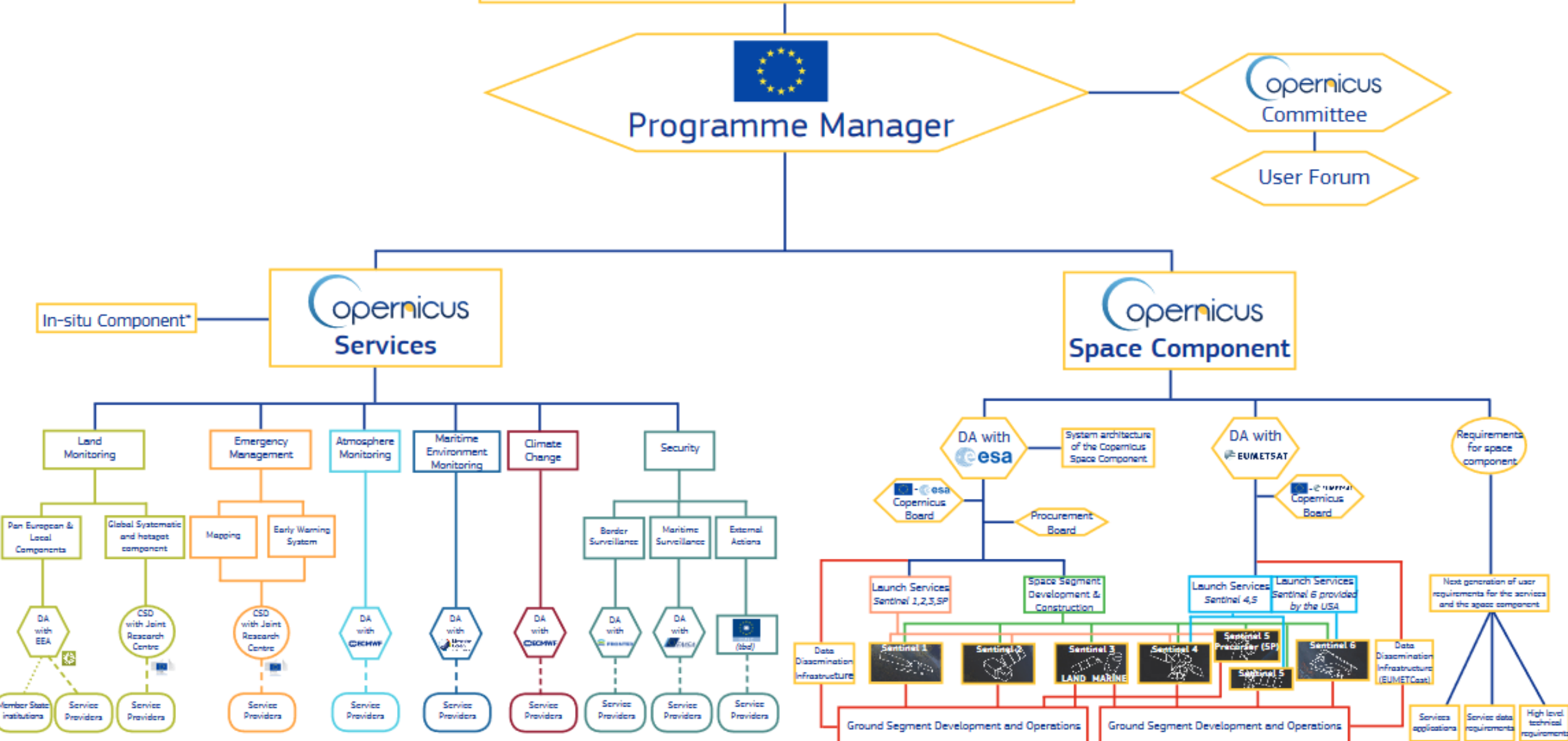
Changement Climatique (C3S) : ECMWF



Gestion des Crises / Urgences (EMS) : JRC



Service Sécurité : EMSA – FRONTEX – SATCEN



Des satellites dédiés: les « Sentinel »

- ✓ Radar, Optique, Altimétrie, Spectroscopie, Atmosphère, ...
- ✓ 8 satellites en orbite et pleinement opérationnels

Des missions spatiales contributrices et des données « in-situ »

Missions nationales, commerciales, scientifiques, européennes et non européennes, ...

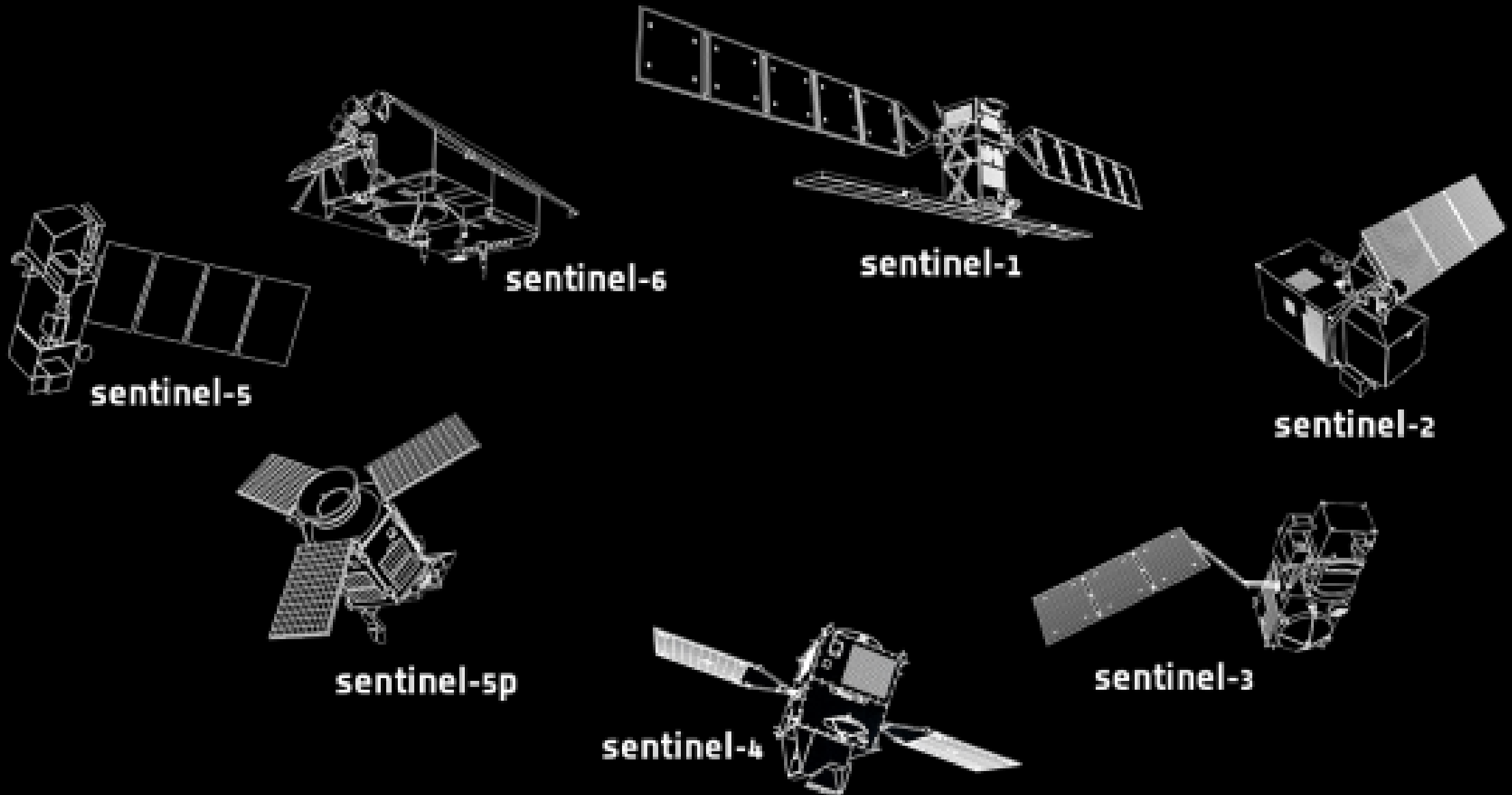
Segment sol

- ✓ 4 hubs ESA : Open access – Collaborative - International
- ✓ Segments sols collaboratifs : PEPS pour la France, ...
- ✓ 5 DIAS (Data and Information Access Service) depuis 2018:
 - Faciliter l'accès aux données et produits d'information issus des services, libres et gratuits
 - Propose des outils, bibliothèque d'algos basés sur le cloud
 - Services payants : notion de market place

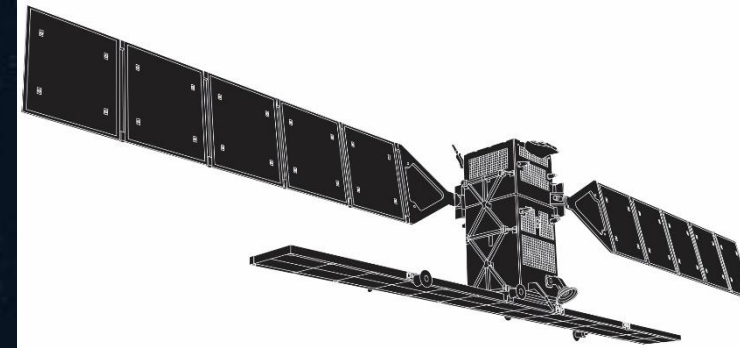
Gouvernance:

- **UE : Responsable du Programme Copernicus**
- **ESA : délégataire de la composante spatiale et co-financeur**
 - Autorité contractuelle (décision CE)
 - Architecture et coordinateur de l'ensemble de la composante spatiale
 - Budget dédié aux phases préparatoires
- **Entités délégataires des services (ECMWF, Mercator, ...)**
- **EUSPA : chargé du « User Uptake » / Aval**

Composante spatiale : les SENTINELS



SENTINEL 1



- **Imagerie Radar :**
 - Radar à Synthèse d'Ouverture en bande C
 - instrument « actif » : insensible à l'éclairement (nuit), aux nuages, ...
 - Différents modes : fauchée (80-400 km) ; résolution (5-20m) ; Interférométrie, ...
- **Observation des terres émergées et des océans**
- **Orbite héliosynchrone (6h-18h) : 693 km (98°)**
- **Une acquisition tous les 6 jours (2 satellites)**
- **Lancements : S-1A = avril 2014 ; S-1B = avril 2016**

Sentinel 1

Sentinel 1

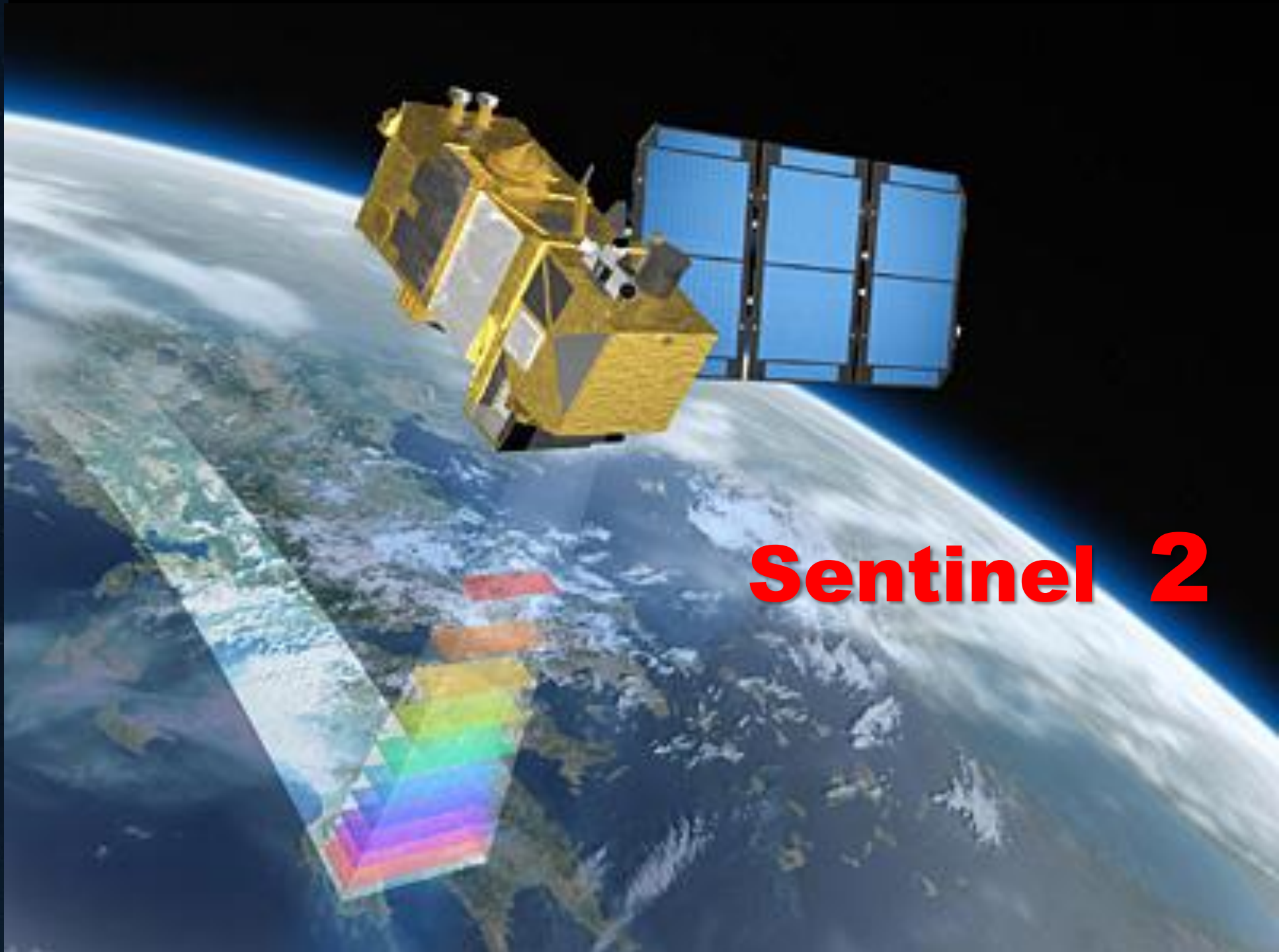


SENTINEL 2



- **Imagerie Optique**
 - Comme Landsat ou SPOT, mais moins résolu : 10 m
 - 13 bandes spectrales, fauchée 290 km
- **Observation des terres émergées**
- **Orbite héliosynchrone (10h30-22h30) : 786 km (98,5°)**
- **Une acquisition tous les 5 jours (2 satellites) - Systématique**
- **Durée de vie > 7 ans**
- **Lancements : S-2A : juin 2015 - S-2B : mars 2017**

Sentinel 2



Désert de Namibie – Angola – Satellite Sentinel 2



SENTINEL 3



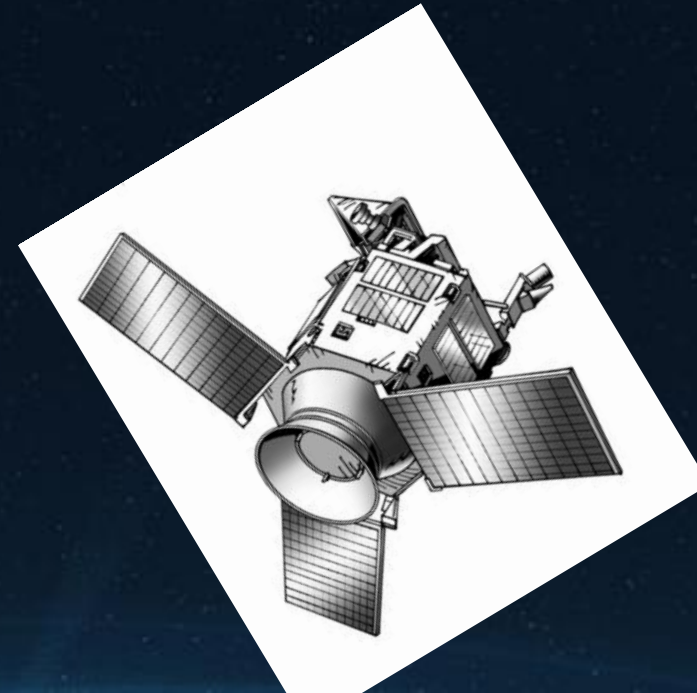
- **Observation des Océans (généraliste)**
- **Altimétrie / T° et couleur de l'eau**
 - Comme Topex/Poseidon, Jason (1, 2 et 3), ...
 - 4 instruments : SRAL, OLCI, SLSTR et MWR
- **Orbite héliosynchrone (10h-22h) : 814 km**
- **Lancements : S-3A = février 2016 ; S-3B = avril 2018**



Sentinel 3

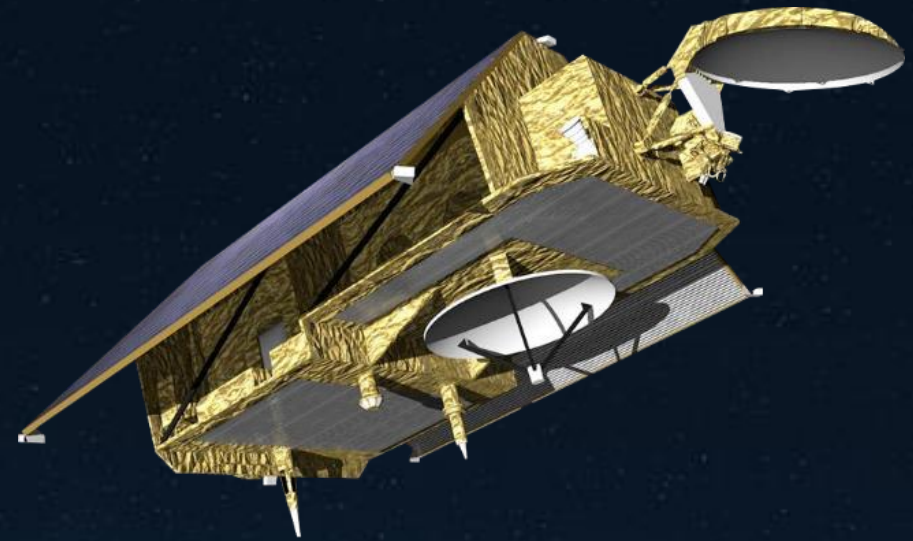
SENTINELS 4, 5, ...

- Météorologie / Climatologie / Sondage atmosphérique
- **Instruments** embarqués sur des satellites existants : MTG, MetOp-SG...
- Mesure des aérosols
- S4 : Orbite géostationnaire
- S5 : orbite héliosynchrone
- Lancement : 2021...



SENTINELS 6

- Jason CS (Continuity Satellite)
- altimétrie satellitaire océanographique
- ESA
- Besoins de : Eumetsat, NOAA, ...
- Lancements : 2021 et 2026



Les DIAS

Data and Information Access Services

- Accès aux données des satellites « Sentinel » : 12 téraoctets / jour (10 pétaoctets / an)
- Accès aux produits issus des 6 Services Opérationnels
- Accès aux données issues des missions contributrices.
- Données gratuites, fiables, pérennes, complètes et ouvertes ...
- Un accès à du stockage, de la puissance de calcul et aux outils de traitement (payants)
- L'espoir est que cela devienne des « market place »
- Les 5 DIAS sont :
 - **CREODIAS** : Creotech Instruments (Pologne)
 - **Mundi** : Atos (France)
 - **ONDA** : Serco (Italie)
 - **Sobloo** : Airbus & Orange Business Services (France)
 - **WEkEO** : Eumetsat (EU)

La continuité améliorée des Sentinel est la priorité des utilisateurs

➔ “Sentinel Nouvelle Génération”

S1 NG

Amélioration de la résolution spatiale / revisite / full polarization : détection des navires, détermination des courants océaniques, amélioration des classifications, glaces de mer

S2 NG/ S3 NG

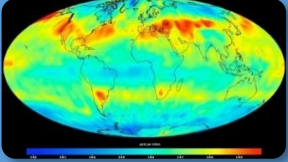
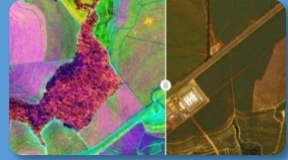
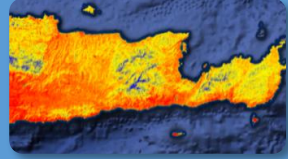
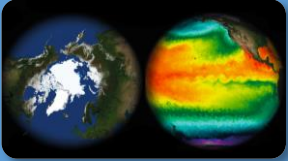
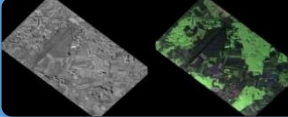
Améliorer les applications land et ocean (classification, stress de la végétation, prolifération d’algues, ...) → meilleure résolution spatiale et temporelle, plus de bandes spectrales, étendue de la fauchée, ...

S3 NG topo/ S6 NG

Combinaison altimétrie nadir/ large fauchée (S3 NG)

Amélioration de l’échantillonnage spatio-temporal (réduction de l’erreur de variabilité), de la topographie des oceans, hydrologie, ...

COPERNICUS 2.0 – Sentinels Expansion

Missions	Objectifs	Instruments	Industrie	Lancement	
CO2 M 445 M€ 	Mesures des émissions anthropiques de CO2	Spectromètre IR – NIR (0,7 ppm)	Prime: OHB All Resp. instr.: TAS Fr Signé le 28/07/2020	Fin 2025	
CHIME 455 M€ 	Gestion agriculture, biodiversité, caractérisation des sols, mat. prem.	Imageur hyperspectral	Prime: TAS Fr Resp. instr.: OHB All Signé le 13/11/2020	Q3 2028	
LSTM 380 M€ 	Agriculture, évapotranspiration, îlots de chaleur	IR thermique haute résolution spatio-temporelle	Prime: ADS Sp Resp. instr.: ADS Fr Signé le 13/11/2020	Q3 2028	
CIMR 495 M€ 	Concentration des glaces de mer, salinité, T° de surface: Arctique	Radiomètre hyperfréquence à large bande à balayage conique	Prime: TAS It Resp. instr.: OHB It Signé le 13/11/2020	Q4 2028	
CRISTAL 300 M€ 	Epaisseur des glaces de mer et neige	Altimètre radar multifréquence/ Radiomètre micro-onde	Prime: ADS All Resp.instr.: TAS Fr Signé le 21/09/2020	Q1 2028	
ROSE-L 482 M€ 	Gestion forêts, humidité des sols, Suivi des calottes glacières	Radar bande L	Prime: TAS It Resp. Instr.: ADS UK -All	Q3 2028	



LES SERVICES COPERNICUS



Surveillance des Terres (CLMS) : EEA et JRC

- ✓ Composante pan-européenne:
- ✓ Composante locale: atlas urbain, ...
- ✓ Composante globale : variables bio-géophysiques sur l'ensemble du globe



Surveillance du milieu marin (CMEMS) : MERCATOR-Ocean

- ✓ Etat physique et biogéochimique des océans à l'échelle globale et sur 6 bassins régionaux



Surveillance du milieu atmosphérique (CAMS) : ECMWF

- ✓ Qualité de l'air à l'échelle européenne
- ✓ Composition chimique de l'atmosphère



Changement climatique (C3S) : ECMWF

- ✓ ECVs, projections, indicateurs
- ✓ Aide aux politiques d'adaptation et d'atténuation



Gestion des crises / Urgences (EMS) : JRC

- ✓ Cartographie rapide des dégâts
- ✓ Gestion post-crise



Service Sécurité

- ✓ Surveillance maritime: EMSA
- ✓ Surveillance des frontières: FRONTEX
- ✓ Support aux actions extérieures: SATCEN



Surveillance des Terres (CLMS) : EEA et JRC

- ✓ <https://www.copernicus.eu/fr/services/terrestre>
- ✓ <https://land.copernicus.eu/>



Surveillance du milieu marin (CMEMS) : MERCATOR-Ocean

- ✓ <https://www.copernicus.eu/fr/services/marin>
- ✓ <https://marine.copernicus.eu/>



Surveillance du milieu atmosphérique (CAMS) : ECMWF

- ✓ <https://www.copernicus.eu/fr/services/atmosphere>
- ✓ <https://atmosphere.copernicus.eu/>



Changement climatique (C3S) : ECMWF

- ✓ <https://www.copernicus.eu/fr/services/changement-climatique>
- ✓ <https://climate.copernicus.eu/>



Gestion des crises / Urgences (EMS) : JRC

- ✓ <https://www.copernicus.eu/fr/services/urgences>
- ✓ <https://emergency.copernicus.eu/>



Service Sécurité

- ✓ <https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/security>



LE SERVICE « MARINE » ***CMEMS***

CMEMS :

**Copernicus
Marine
Environment
Monitoring
Service**

**Service
Européen de
Surveillance de
l'Environnement
Marin**



CLIMATE CHANGE



MARINE MONITORING.



ATMOSPHERE MONITORING



LAND MONITORING



SECURITY

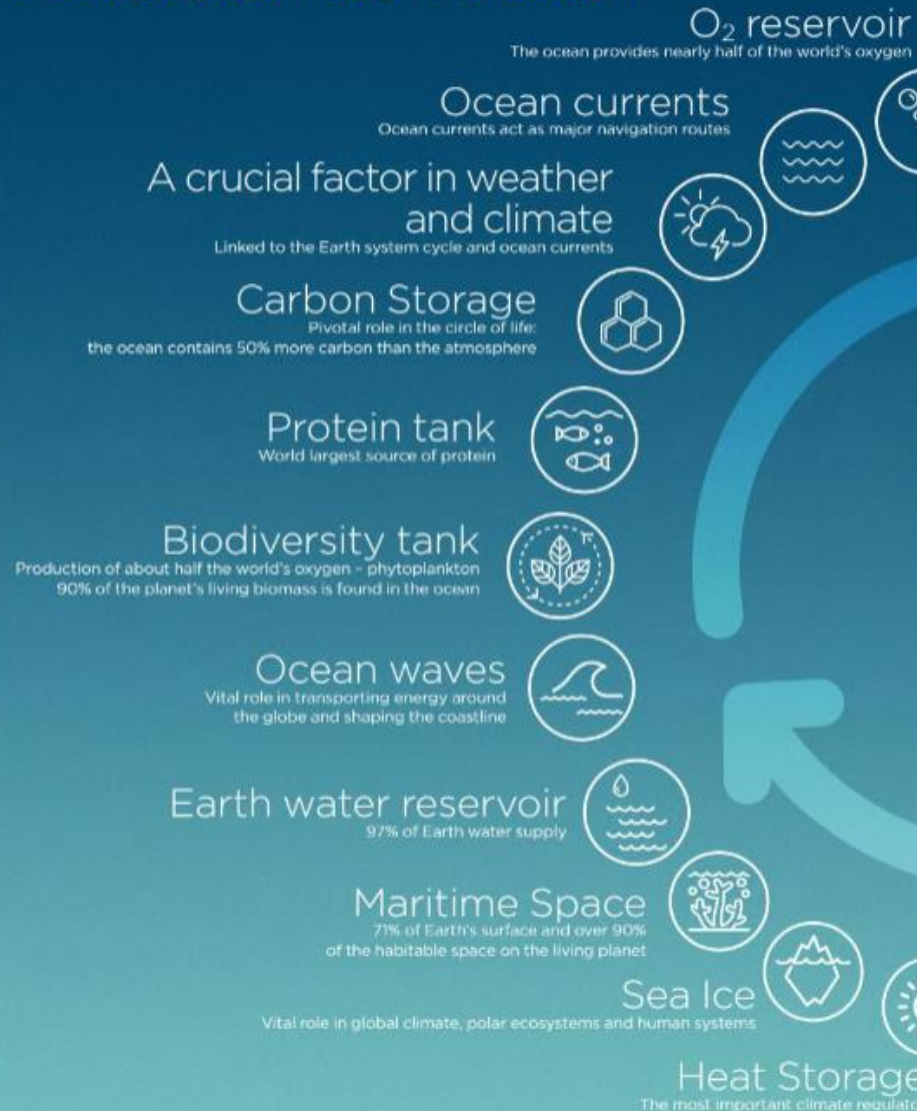


EMERGENCY MANAGEMENT

WHY IS THE OCEAN IMPORTANT?



THE OCEAN IS CENTRAL TO THE FUNCTIONING OF THE PLANET



THE OCEAN IS CENTRAL FOR HUMAN WELLBEING



Food Security

20% average per capita animal protein intake for 3 billion people, provided by fish food



Urban and regional planning

Disaster Risk Management
(40% of the world population lives within 100 km from the coast)



Public Health

Oxygen, food and novel pharmaceutical provision



Recreation and Tourism

Marine and coastal areas are the top tourism and recreational destinations and represent over one third of the maritime economy



Ocean governance,

Legal Frameworks and maritime spatial planning
(the ocean offers an enormous space resource)

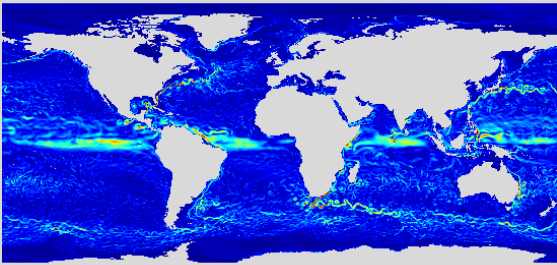


Blue Economy

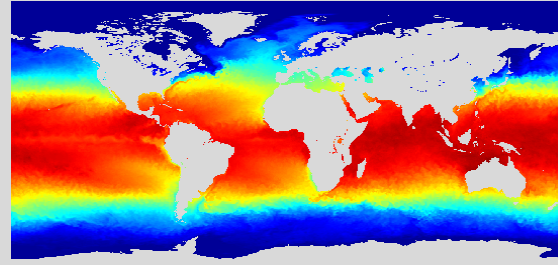
Renewables | Aquaculture | Fisheries | Trade and Transport

L' Océanographie Opérationnelle

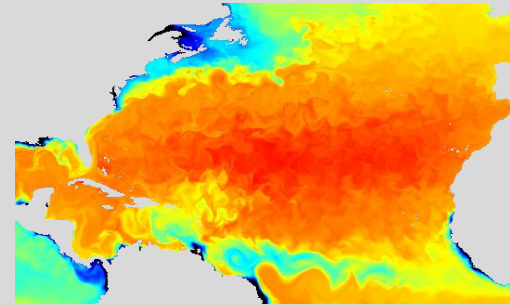
Courants océaniques



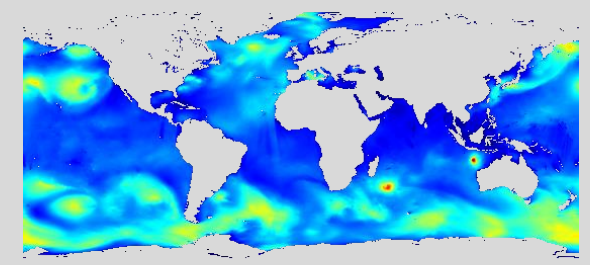
Températures



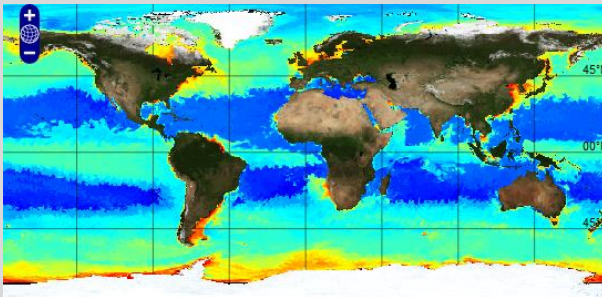
Salinité



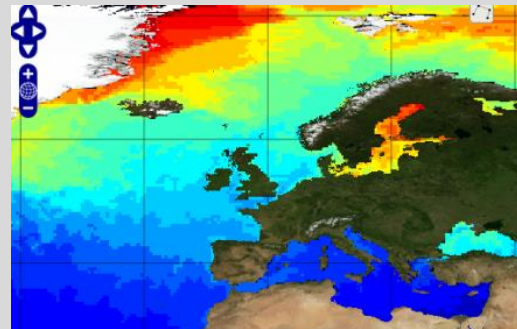
Hauteur des vagues



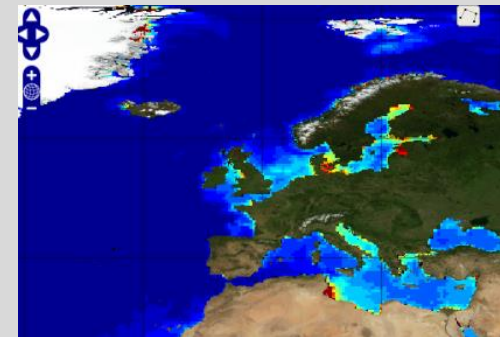
Chlorophylle



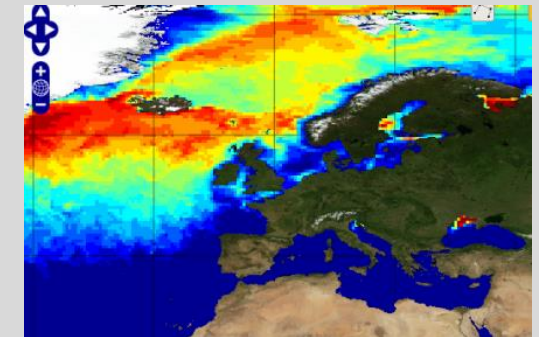
Oxygène dissout



Nutriments



Nitrates



- ☞ L'Océanographie devient « Opérationnelle » vers la fin des années 90
- ☞ Elle s'appuie sur 3 **piliers** (eux même devenus matures, fiables et robustes)

☞ Observations SATELLITE

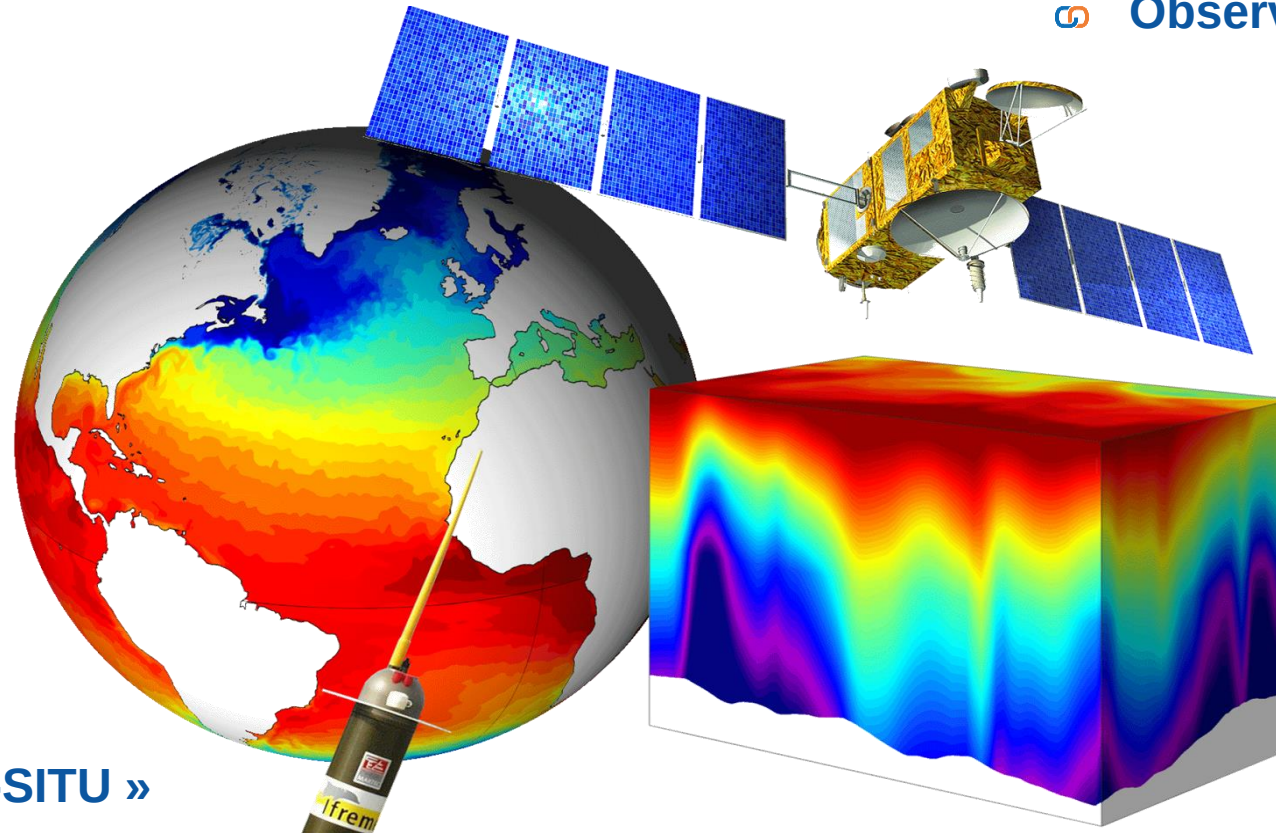
- Topographie de surface
- Etat de mer / Vagues
- Température de surface
- Vent de surface
- Couleur de l'eau
- Salinité

- Température
- Salinité
- Courants
- Houle / Vagues...

☞ Mesures « IN-SITU »

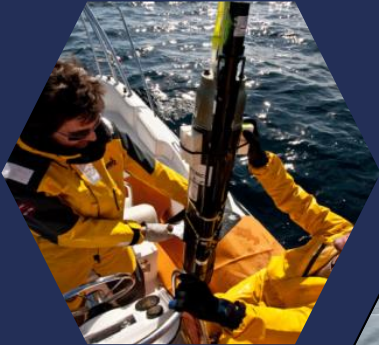
☞ MODELES 3D

- Circulation / Courants
- Vents / Vagues
- Glace...



- ⌘ Mesures et Observations utilisables directement
- ⌘ Assimilation de données dans les modèles
- ⌘ Validation des modèles / Calibration des mesures satellite

Bouées
ARGO



Navires
scientifiques



XBT



Bouées
de
Surface



Ferry
Boxes



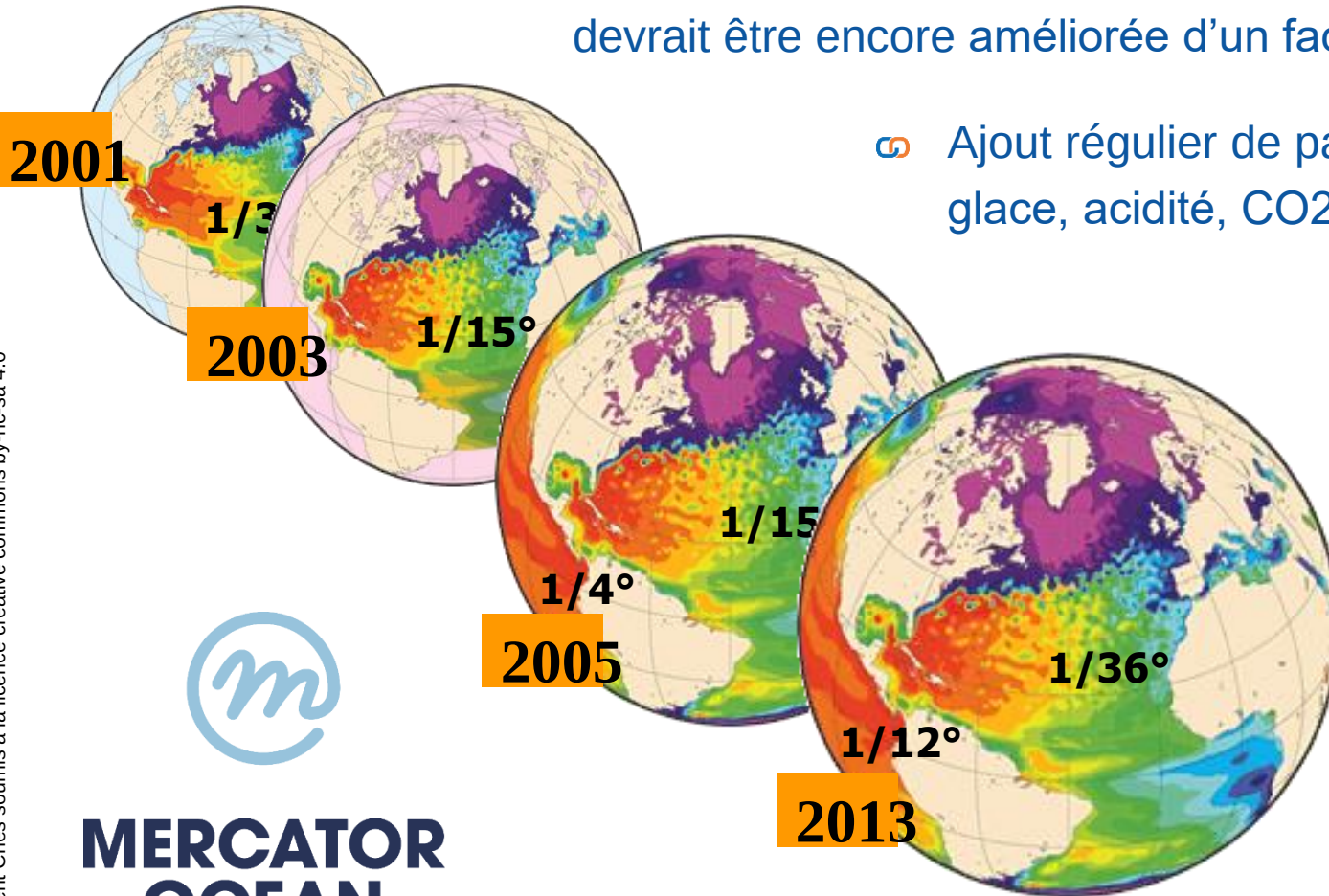
Marégraphes
Houlographes

Gliders

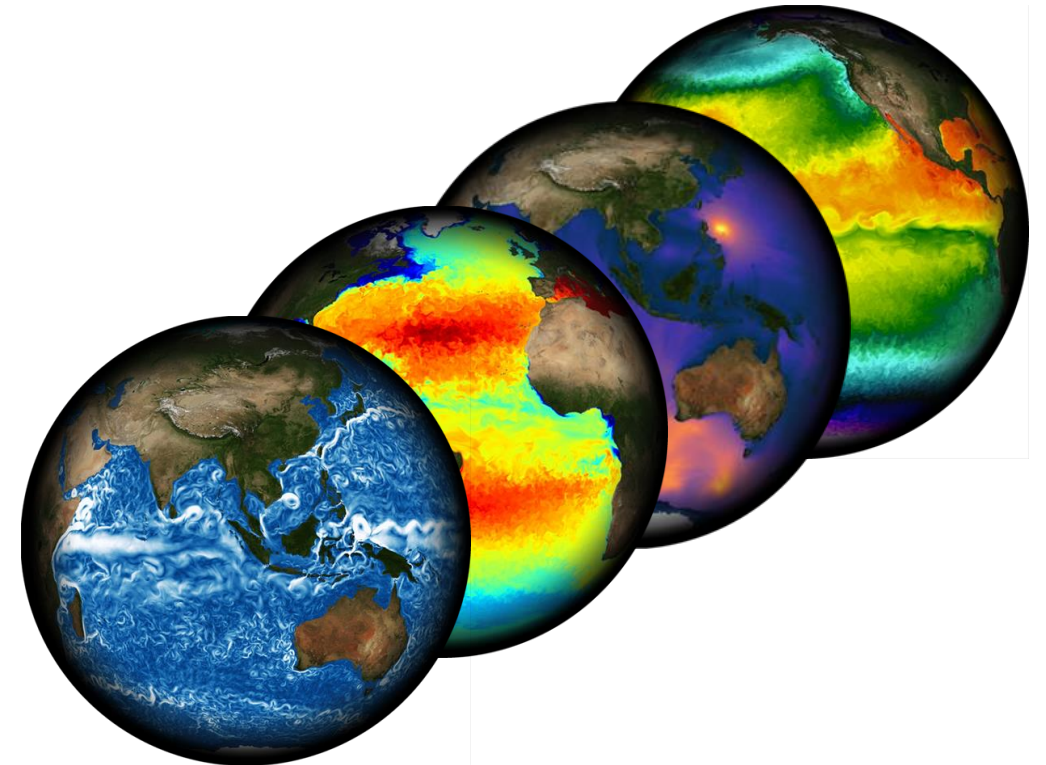


Montée en résolution, y compris sur les niveaux verticaux. Résolution qui devrait être encore améliorée d'un facteur 3 en X,Y,Z à l'horizon 2025

Ajout régulier de paramètres tels que : vagues, épaisseur de glace, acidité, CO₂, oxygène dissout, chlorophylle, turbidité, etc...



**MERCATOR
OCEAN**
INTERNATIONAL

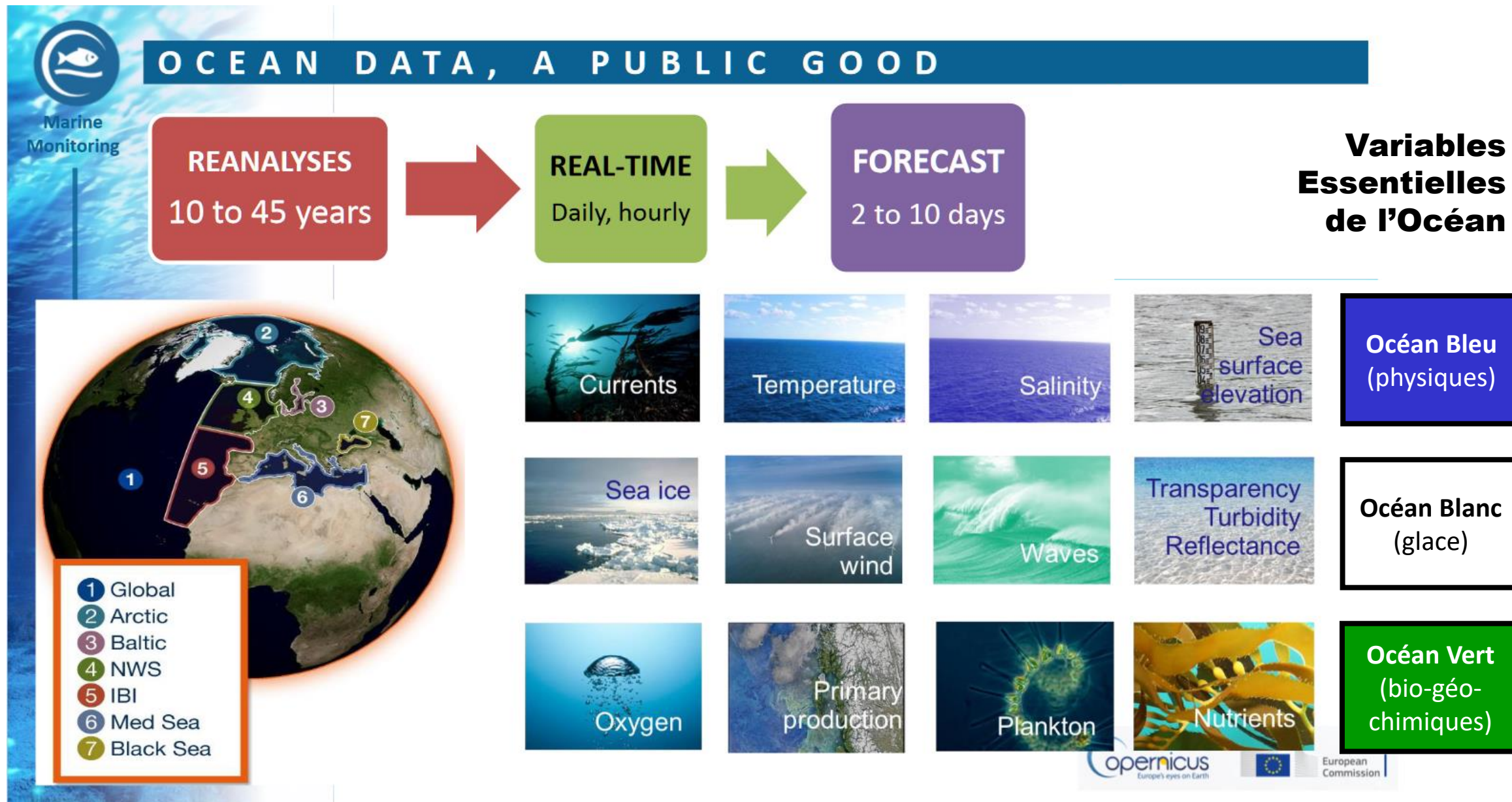


Le service CMEMS :

- ✓ fournit des informations de référence régulières et systématiques sur l'état physique et biogéochimique, la variabilité et la dynamique de l'océan et des écosystèmes marins pour l'océan mondial et les mers régionales européennes (sécurité maritime, météorologie, qualité de l'eau, ...)
- ✓ contribue à la protection et à la gestion durable des ressources marines vivantes en particulier pour l'aquaculture, la gestion durable de la pêche ou le processus de prise de décision des organisations régionales de la pêche (pêches, environnement côtier et marin).
- ✓ fournit des indicateurs (température, salinité, niveau de la mer, courants, vent et glace de mer) qui jouent également un rôle critique dans le domaine de la prévision météorologique, climatique et saisonnière.
- ✓ publie annuellement un rapport sur l'état des océans offrant un éclairage sur la situation actuelle et l'évolution de la santé des océans due aux changements climatiques

Mis en oeuvre par Mercator Ocean International

- ✓ Le service est opérationnel depuis le 1^{er} mai 2015.





Marine
Monitoring

Copernicus Marine Service Offer

Ocean Information

OCEAN PRODUCTS

Ocean product catalogue, to download or visualize data across more than 10 variables, including historic, current and forecasted data.

DATA →

OCEAN MONITORING INDICATORS

Essential variables monitoring the health of the ocean

TRENDS →

OCEAN STATE REPORT

Extensive annual analysis on the state of the ocean over nearly 20 years and severe/notable annual events

EXPERTISE →



<https://marine.copernicus.eu>



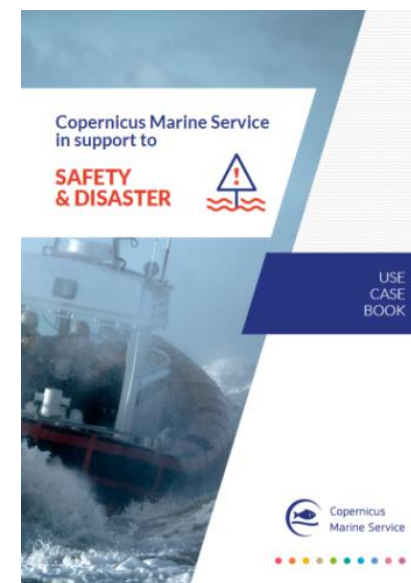
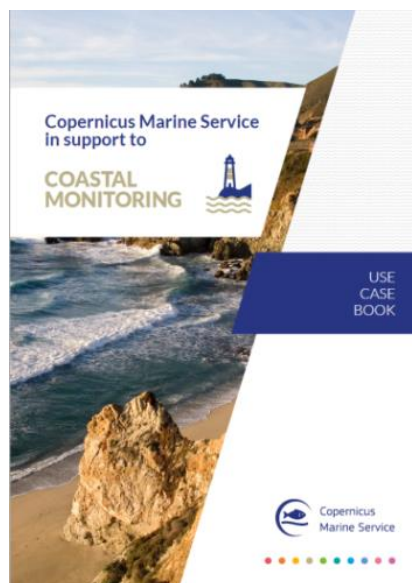
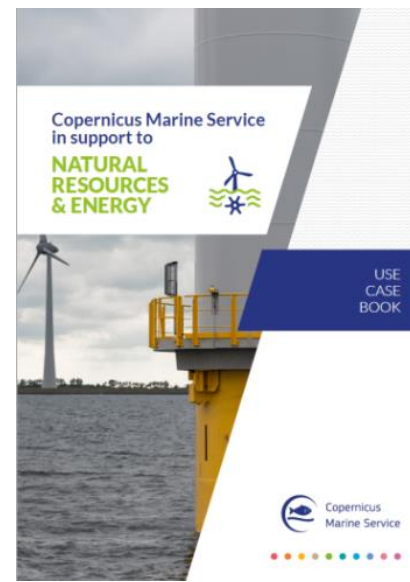
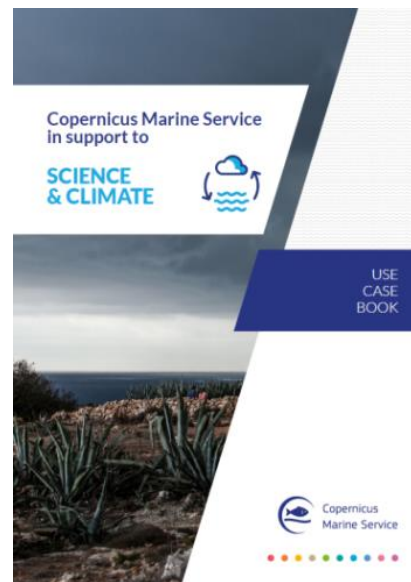
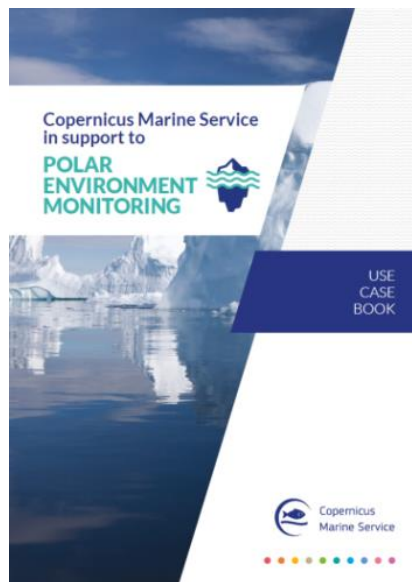
#CMEMSTraining

WORKSHOPS

OUTREACH

SERVICE DESK

User Support







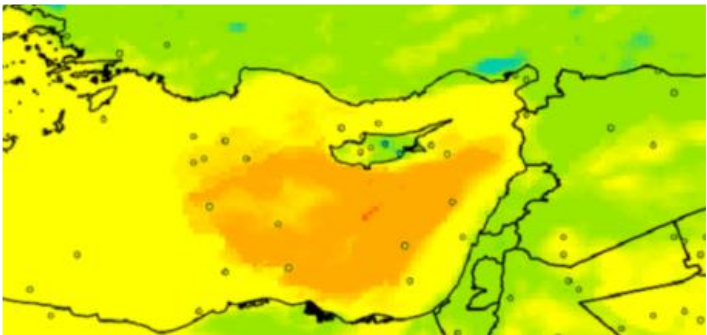
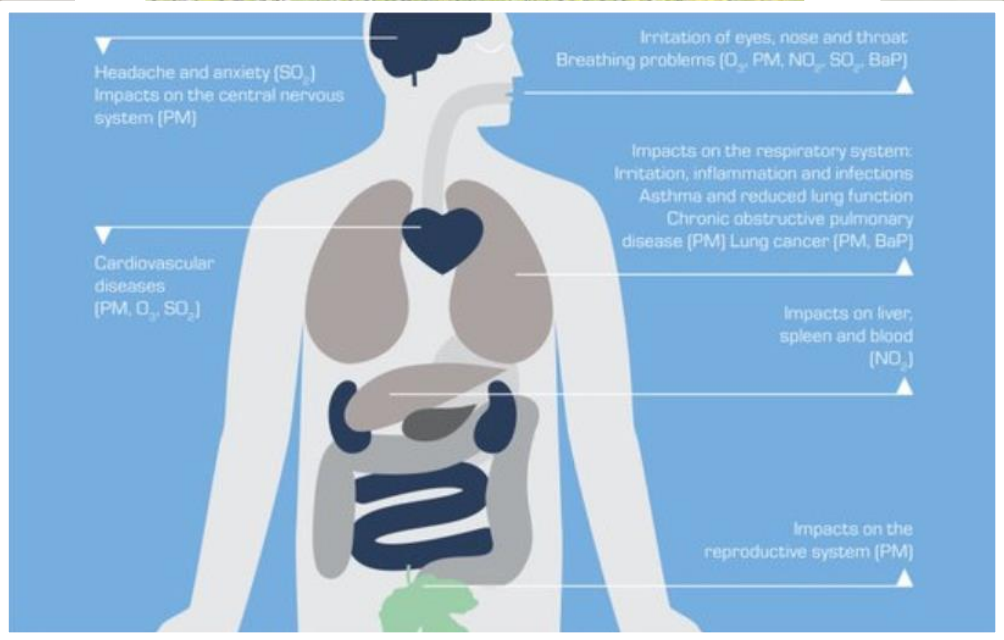
LE SERVICE « ATMOSPHERE » CAMS

CAMS :

**Copernicus
Atmosphere
Monitoring
Service**

**Service
Européen de
Surveillance de
l'Atmosphère**





Le service CAMS :

- ✓ fournit des données et des informations continues sur la composition de l'atmosphère.
- ✓ décrit la situation actuelle, fournit des prévisions quelques jours à l'avance et analyse de façon cohérente les enregistrements de données des années précédentes.
- ✓ offre plusieurs applications dans une variété de domaines dont la santé, la surveillance environnementale, les énergies renouvelables, la météorologie et la climatologie.

Mis en oeuvre par ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast)

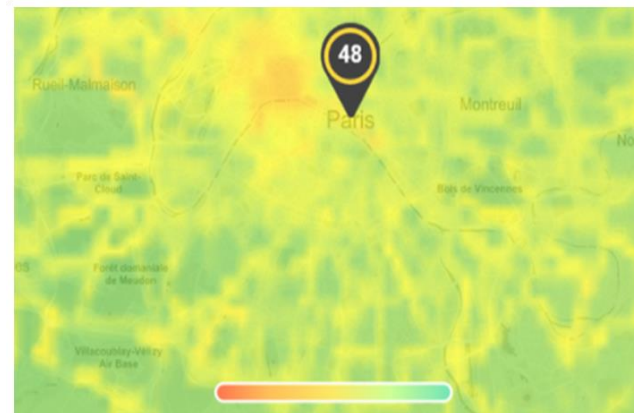
En novembre 2014, la Commission européenne a signé une convention de délégation avec l'ECMWF pour la mise en œuvre et la fourniture du service. Le service est opérationnel depuis juillet 2015.

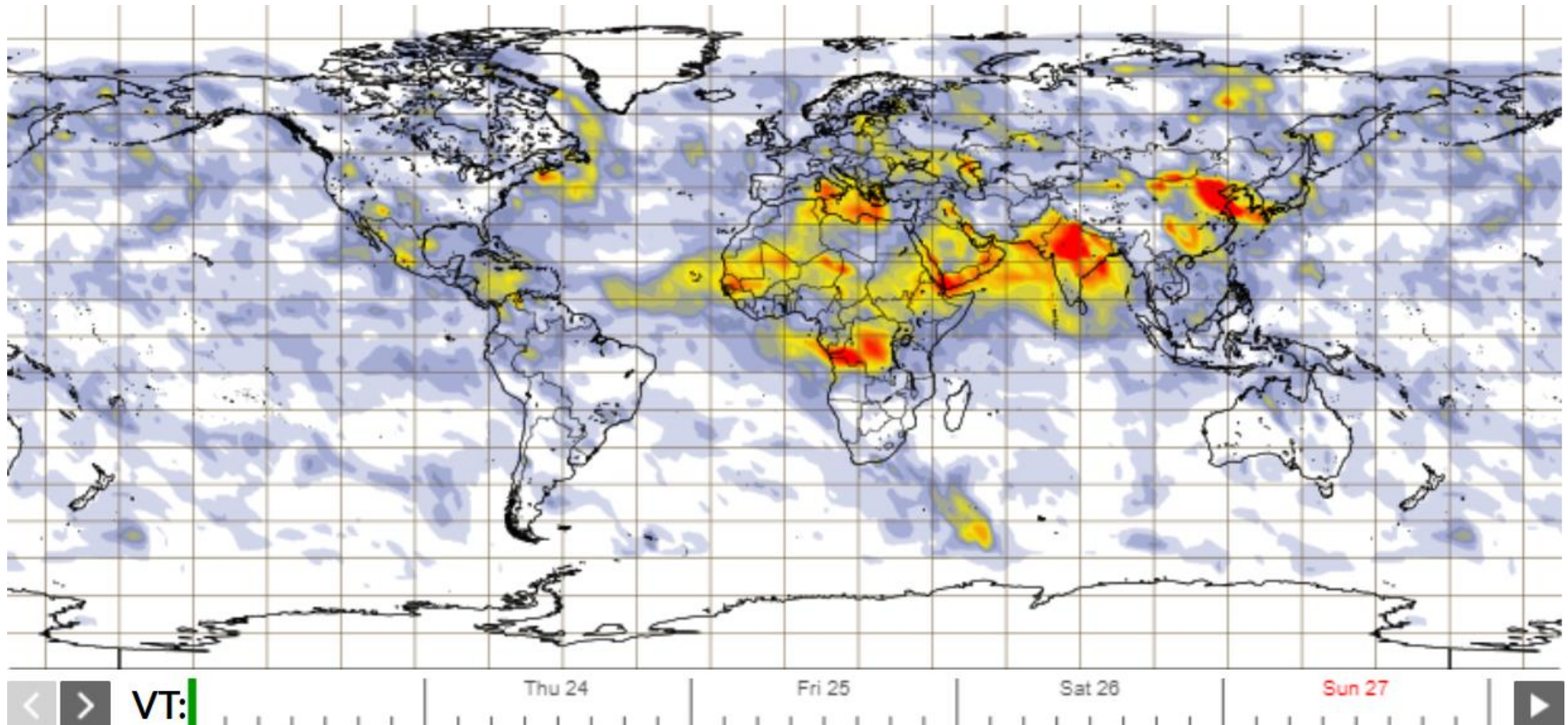
5 domaines principaux :

- ✓ Qualité de l'air et composition atmosphérique
- ✓ Couche d'ozone et rayonnement ultra-violet
- ✓ Émissions et flux surfaciques
- ✓ Rayonnement solaire
- ✓ Forçage du climat

Exemples :

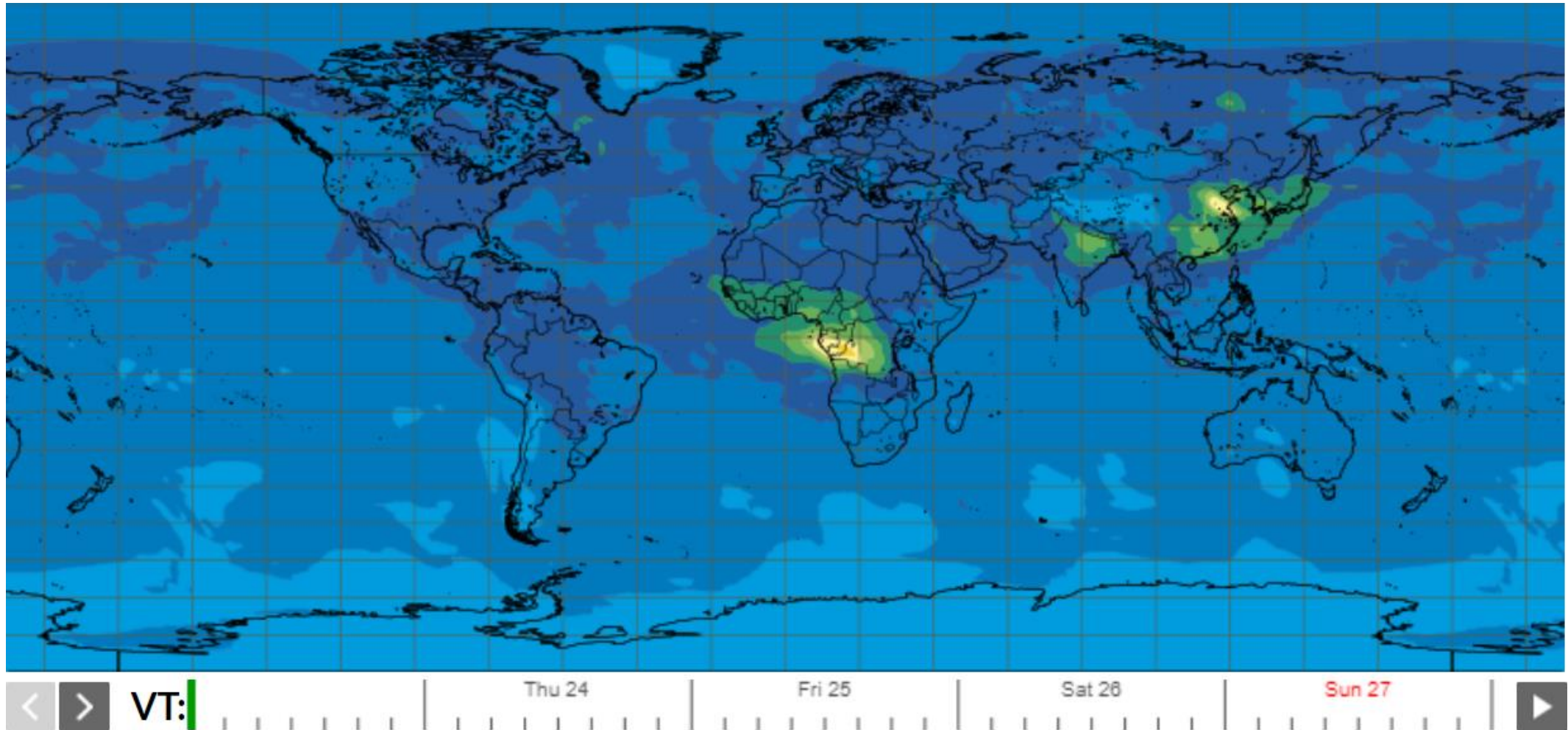
- ✓ informations quotidiennes sur la composition atmosphérique mondiale en surveillant et en prévoyant l'évolution des constituants tels que les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone et méthane), les gaz réactifs (par exemple, monoxyde de carbone, composés d'azote oxydé, dioxyde de soufre), ozone et aérosols.
- ✓ analyse en temps quasi réel et des prévisions à 4 jours, ainsi qu'une ré-analyse de la qualité de l'air européen, permettant ainsi une évaluation permanente de l'air que nous respirons.
- ✓ informations précises et utiles sur les ressources de rayonnement solaire à la surface de la Terre, qui sont d'une importance majeure dans des domaines tels que la santé, l'agriculture et les énergies renouvelables





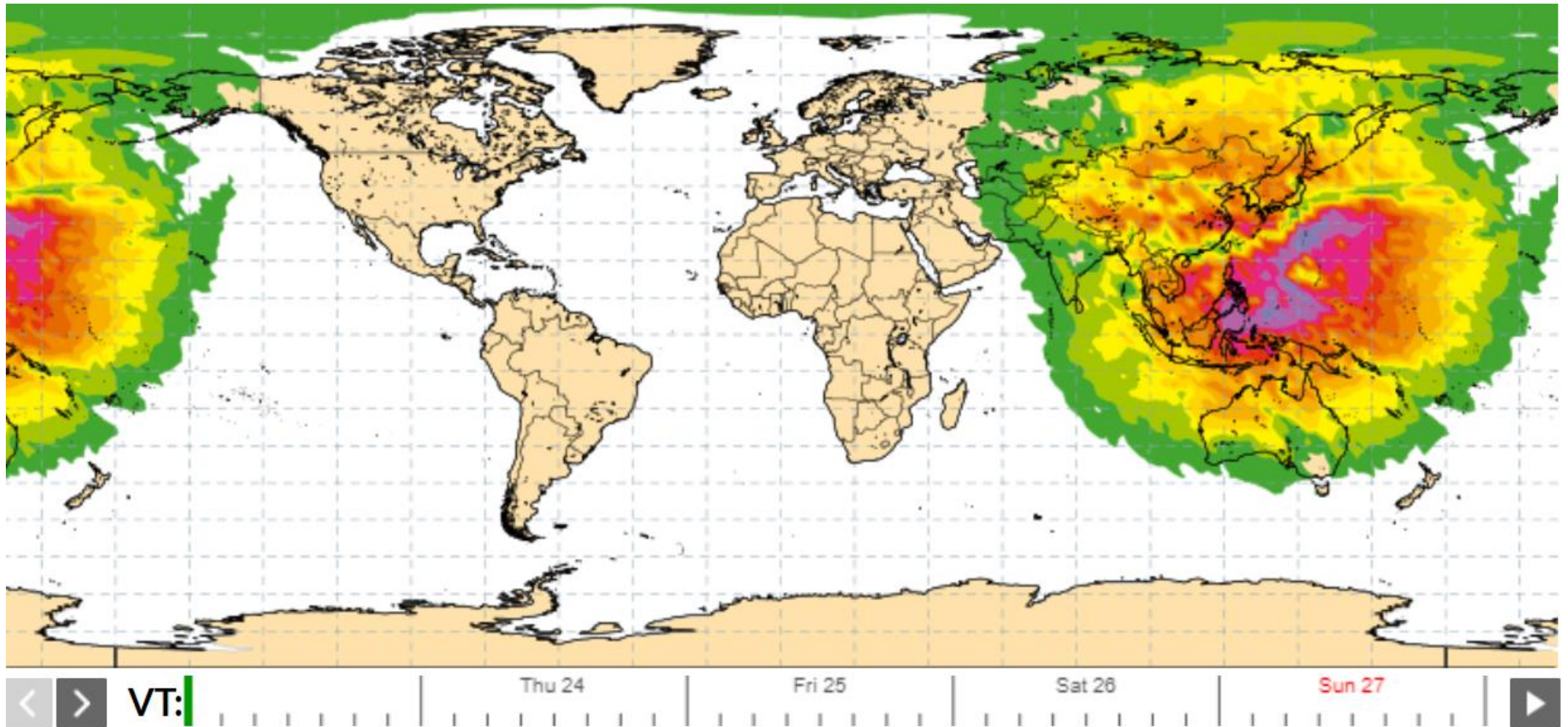
Aerosol Optical Depth

Atmospheric aerosols are small particles or liquid droplets that are suspended in the atmosphere. They can originate from desert dust, volcanic eruptions and wildfires. They are also produced by human activity. The Aerosol Optical Depth (AOD) is a measure of the total amount of aerosol in a vertical column of the atmosphere. The CAMS daily forecasts provide values for total AOD as well as individually for sea salt, desert dust, organic matter, black carbon and sulphate aerosols.



Carbon Monoxide

Carbon monoxide (CO) is a pollutant in the atmosphere produced by the burning of fossil fuels as well as wildfires and biomass burning. It has an average life-time of several months and therefore clearly demonstrates long-range transport. The CAMS daily forecasts show how CO is distributed around the globe and how plumes from, for instance, wildfires are transported across continents by the prevailing winds.



UV index forecasts

Ultraviolet (UV) radiation is the radiation from the Sun that can be damaging to life on Earth. Suntan and sunburn are familiar effects of over-exposure of the skin to UV, and excessive exposure can also lead to a higher risk of skin cancer. The CAMS UV-Index forecasts, for both clear-sky and cloudy-sky, provide an indication of the amount of UV radiation to be expected. With the current spatial resolution of the forecast model, the values are not representative for single locations, but they do provide a regional estimate.



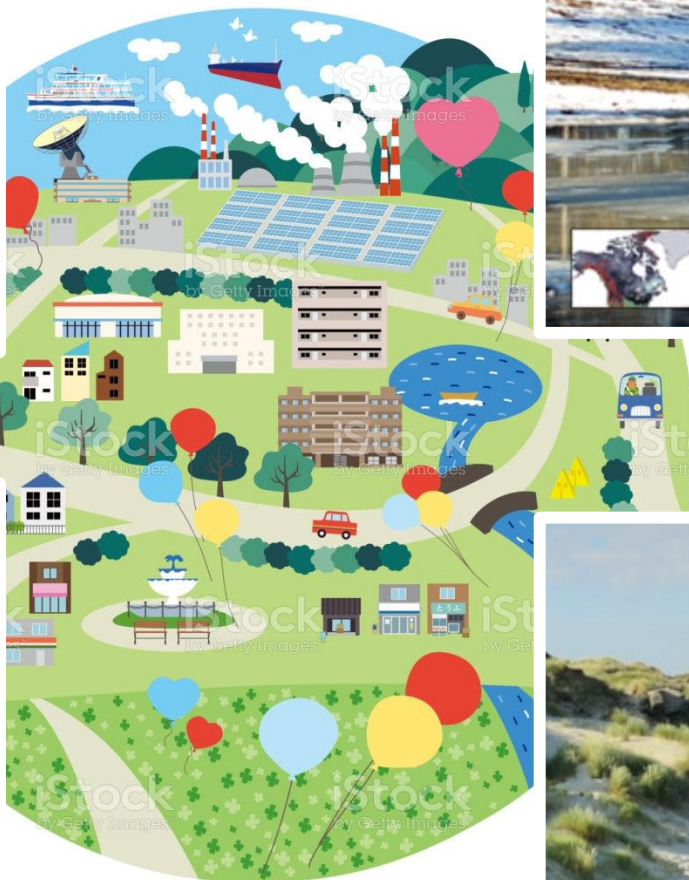
LE SERVICE « LAND » CLMS

CLMS :

**Copernicus
Land
Monitoring
Service**

**Service
Européen de
Surveillance
Terrestre**





Le service CLMS :

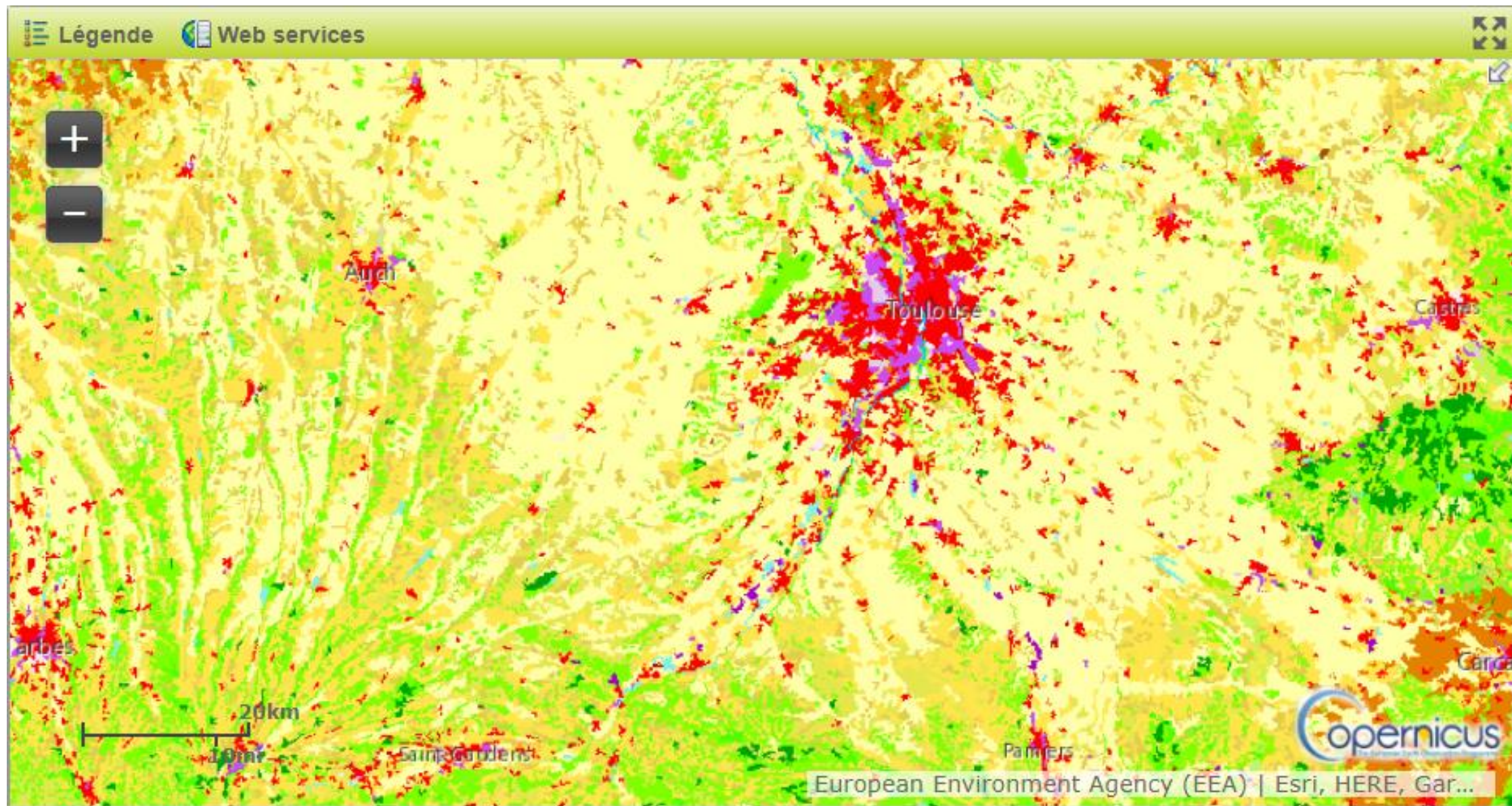
- ✓ fournit des informations géographiques sur la couverture terrestre et ses changements, l'utilisation de la terre, l'état de la végétation, le cycle d'eau et les variables d'énergie à la surface de la Terre à une vaste gamme d'utilisateurs en Europe et dans le monde entier dans le domaine des applications terrestres environnementales.
- ✓ prend en charge des applications dans une variété de domaines tels que la planification spatiale et urbaine, la gestion des forêts, la gestion de l'eau, l'agriculture et la sécurité alimentaire, la conservation et la restauration de la nature, le développement rural, la comptabilité écosystémique et l'atténuation/l'adaptation au changement climatique.

Mis en oeuvre par l'Agence Européenne de l'Environnement et le JRC

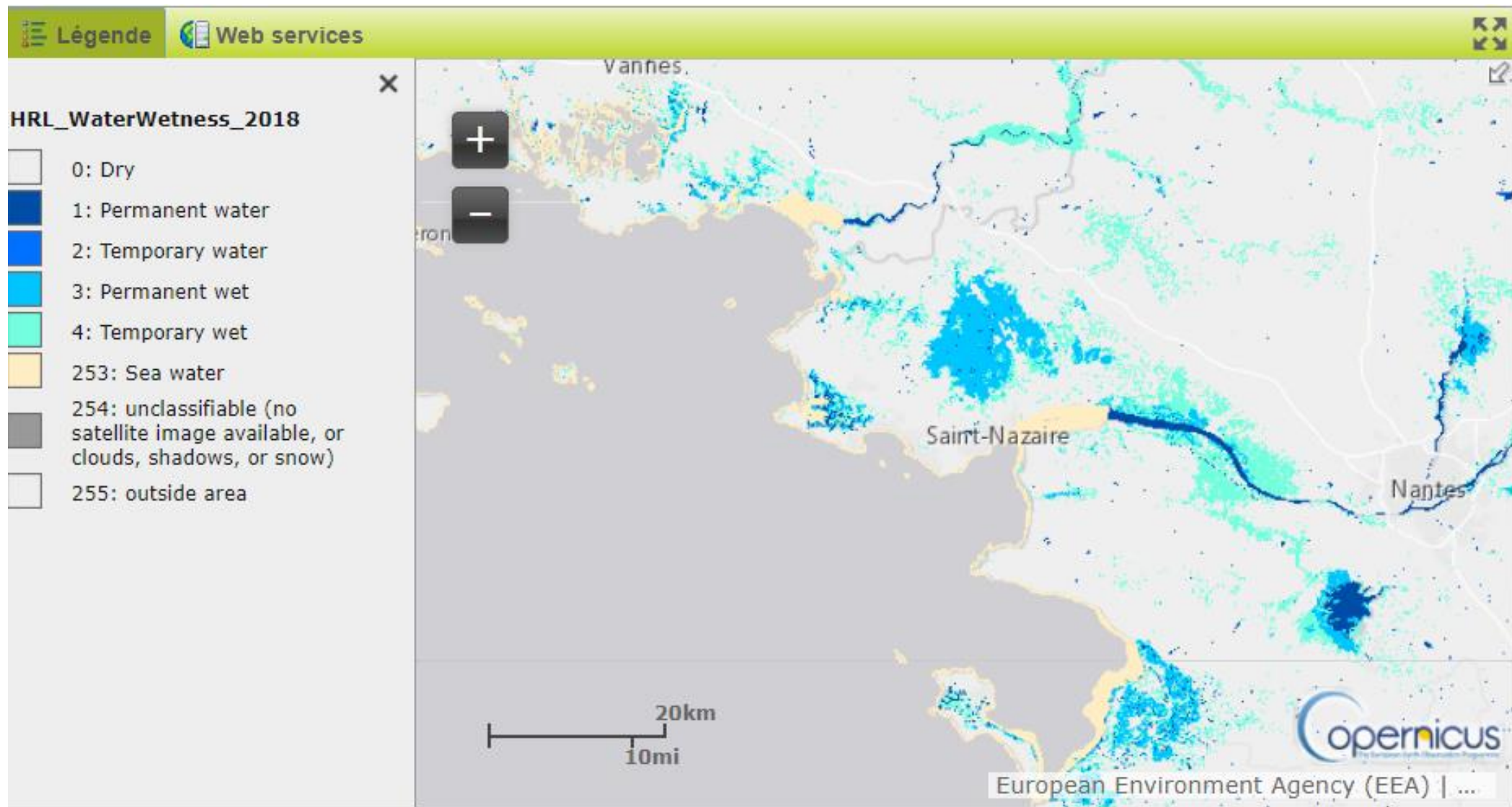
- ✓ Le service est opérationnel depuis 2012.

5 composantes principales :

- ✓ surveillance systématique des paramètres biophysiques : végétation, les cultures, le cycle de l'eau,...
- ✓ cartographie de l'occupation et de l'utilisation des sols
- ✓ cartographie thématique des zones critiques (défis environnementaux spécifiques)
- ✓ données d'imagerie et de référence : mosaïque d'images satellitaires, HR, THR, ...
- ✓ une nouvelle activité « European Ground Motion » (surveillance des mouvements de terrain)



Corinne land cover 2018



Water and Wetness / Status Map