

# Apport des missions Sentinel-Copernicus à l'observation de la Terre

Véronique Mariette, Steven Hosford  
Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science, CNES

Contributions : Hervé Jeanjean, Philippe Durand,  
Juliette Lambin, Mireille Paulin



JOURNÉE THÉMATIQUE DU PNTS  
24 MARS 2016

# SOMMAIRE

- **PRESENTATION COPERNICUS**
- **LES INFRASTRUCTURES D'OBSERVATION**
- **LES SERVICES COPERNICUS**
- **L'ACCES AUX DONNEES**

# COPERNICUS : C'EST QUOI ?

Un **programme** de l'Union Européenne en réponse à des besoins d'information sur l'environnement et la sécurité

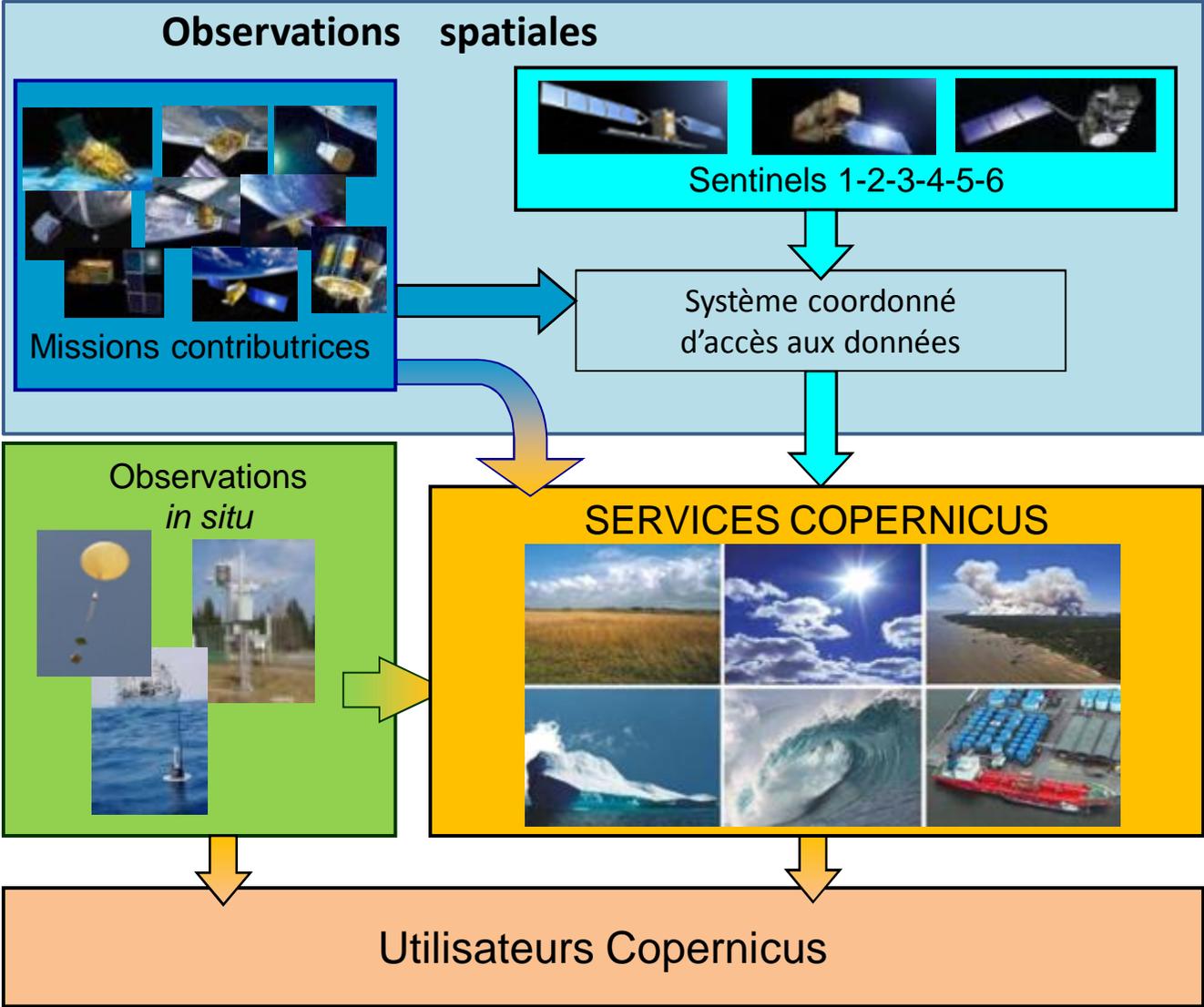
- Pour mieux respecter les engagements internationaux
- Pour mieux gérer et protéger les ressources dans une perspective durable
- Pour mieux comprendre et anticiper les changements climatiques et mieux s'adapter à ces effets
- Pour mieux agir contre le dérèglement climatique
- Pour mieux répondre aux catastrophes naturelles ou industrielles

Un **système intégré** pour l'observation et la surveillance de la Terre

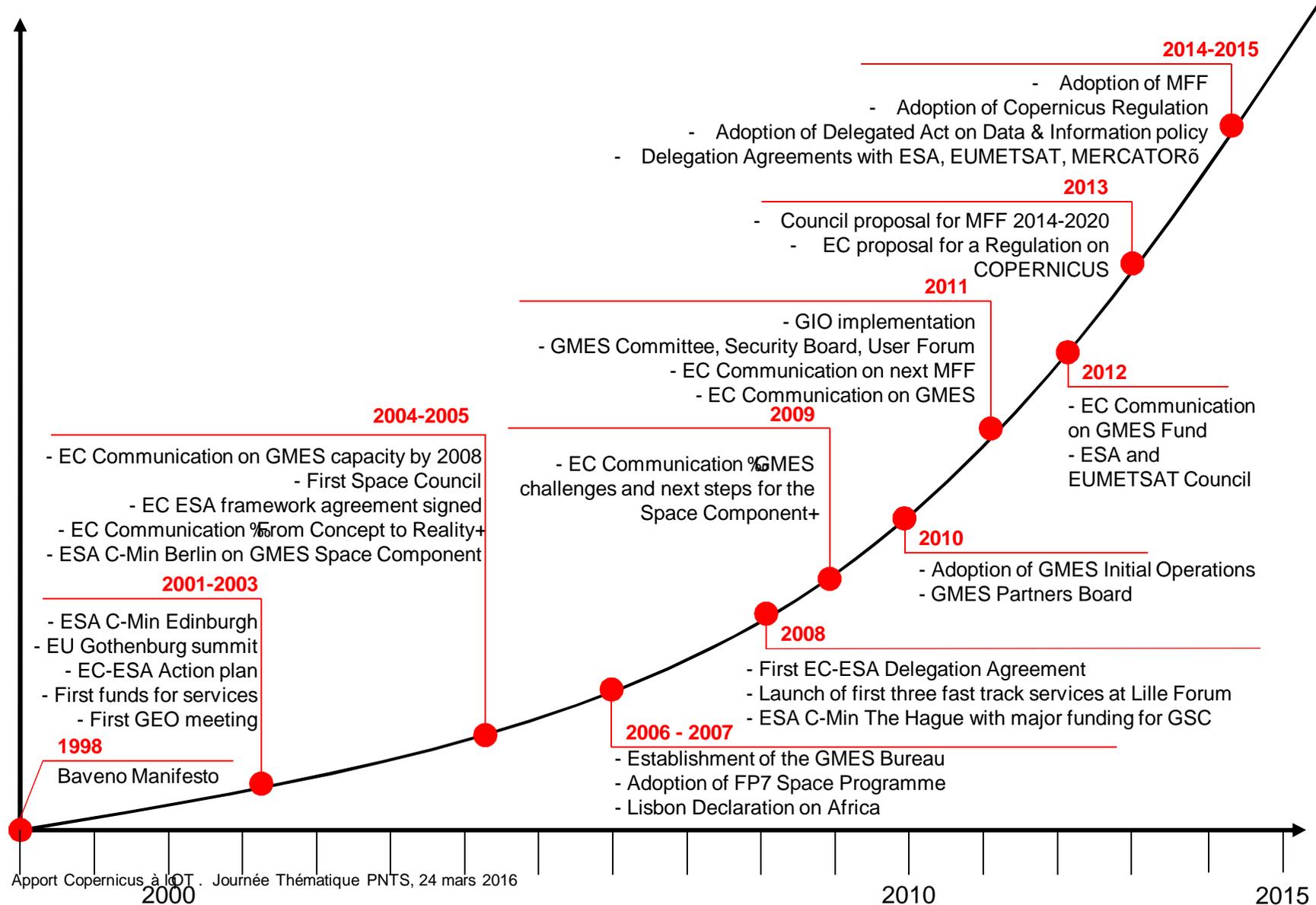
- Avec des observations depuis l'espace
- Avec des observations **in situ**
- Avec des services fournissant des informations



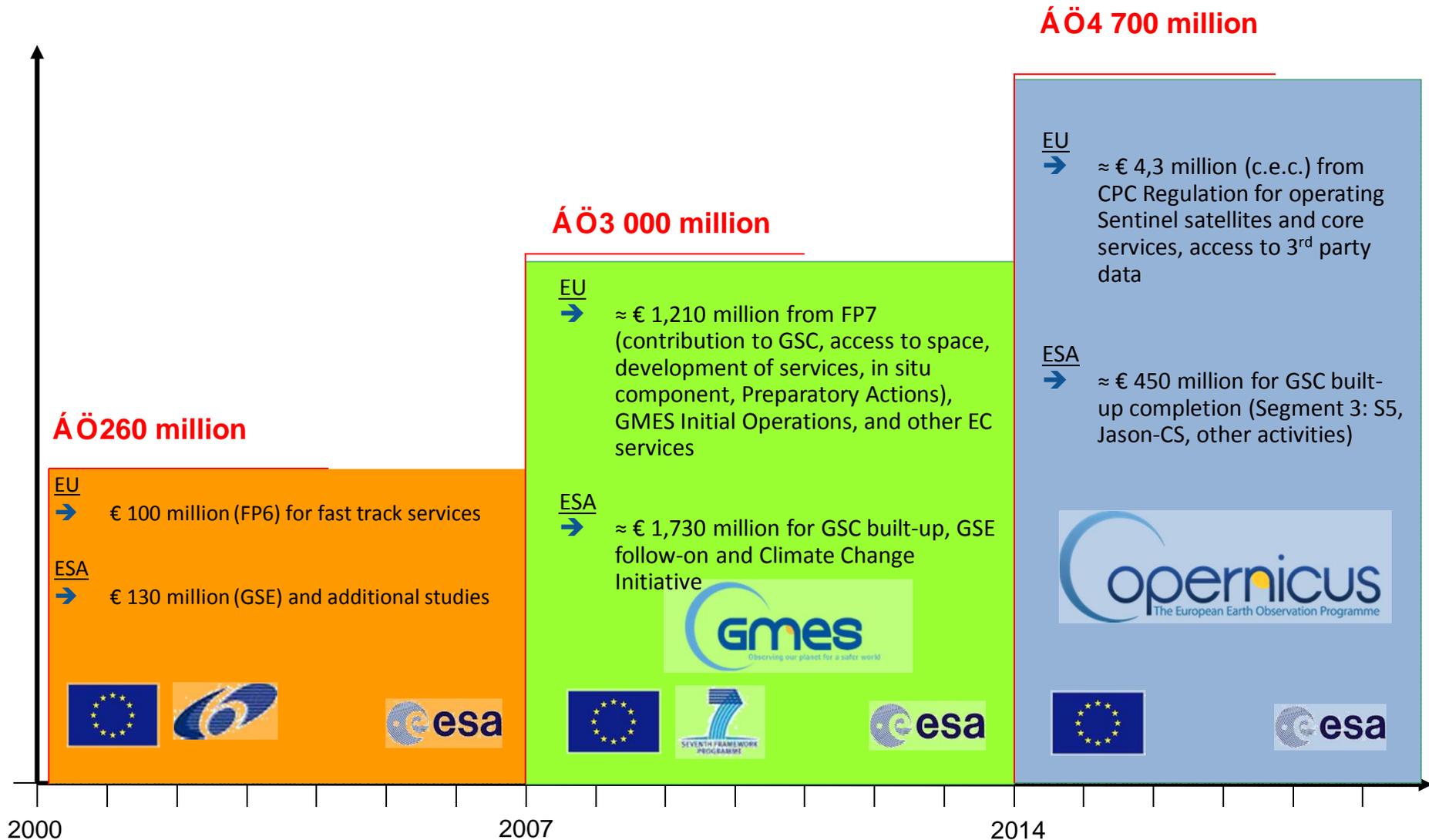
# COPERNICUS : UN SYSTÈME INTÉGRÉ



# UN LONG PARCOURS D'OBSTACLES DE PLUS DE 15 ANS POUR METTRE SUR PIED UN PROGRAMME UNIQUE AU MONDE



# BUDGET TOTAL ~ 8 MILLIARDS Ö (2000 Æ 2020)



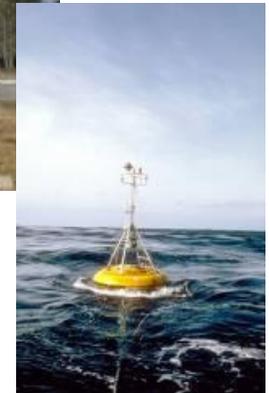
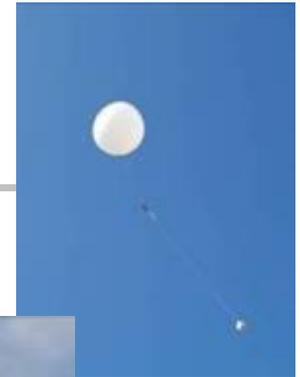
# INFRASTRUCTURES D'OBSERVATION

## In-situ : air, mer, terrestre

- Systèmes embarqués, aéroportés, ballons, bouées, stations de mesure, sismographes, etc
- Principalement sous responsabilité nationale, avec une coordination eu niveau européen (AEE)

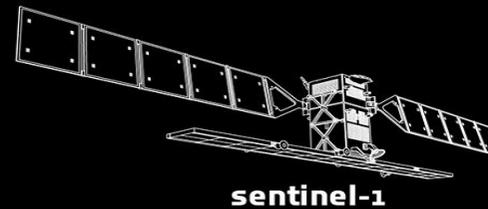
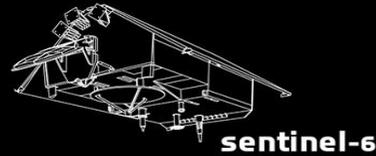
## Depuis l'espace

- Missions Sentinel : développées spécifiquement pour Copernicus
- Missions contributrices : missions d'observation de la Terre développées pour d'autres objectifs mais apportant une contribution utile à Copernicus (missions nationales ou commerciales, missions EUMETSAT, missions d'autres pays )



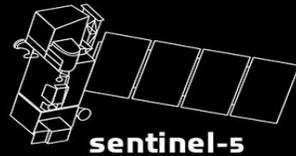
## Altimetry

Low inclination orbit altimetry mission for monitoring sea surface height  
2020



## SAR imaging

All weather, day/night applications, flooding and sea ice monitoring interferometry  
Avril 2014 – mai 2016



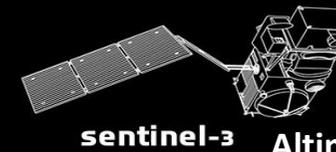
## Low-orbit atmosphere monitoring

High resolution spectrometer covering ultraviolet, visible and near-infrared bands  
Air quality, ozone, surface UV, climate protocol monitoring  
S5P : juin 2017  
S5 : 2020



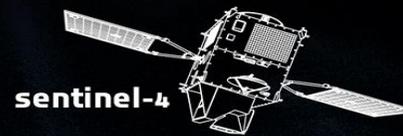
## Multispectral imaging

13 bands at 10, 20, 60m  
Land applications: urban, forest, agriculture,..  
Continuity of SPOT  
Juin 2015 – juin 2016



## Altimetry and multispectral imaging

Wide-swath ocean color, vegetation, sea/land surface temperature, sea height  
Ocean and global land monitoring  
Octobre 2015 – mai 2017



## Geostationary atmosphere monitoring

High resolution spectrometer covering ultraviolet, visible and near-infrared bands  
Air quality, ozone, surface UV, climate protocol monitoring over Europe  
2019

+ DES « MISSIONS CONTRIBUTRICES » VENANT DES PROGRAMMES NATIONAUX – PLÉIADES, TERRASAR/TANDEM – X, COSMO-SKYMED ...

# PROGRAMME COPERNICUS

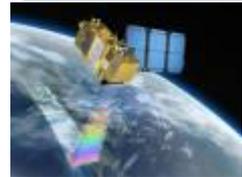
## La composante spatiale - 6 Sentinelles



**Sentinel 1 – C-band SAR imaging**  
All weather, day/night applications, interferometry  
x 2 satellites, 693 km, SSO dawn-dusk orbit



**S1A: 03/04/14**    **TAS I + ADS D/UK**  
**S1B: 22/04/16**



**Sentinel 2 – Multi-spectral imaging**  
Land applications: urban, forest, agriculture,..  
Continuity of Landsat capabilities, SPOT etc  
x 2 satellites, 786 km, SSO, LTDN 10:30 am



**S2A: 22/06/15**    **ADS-D + ADS-F**  
**S2B: Q1 2017**



**Sentinel 3 – Ocean and global land monitoring**  
Wide-swath ocean color, vegetation, sea/land  
surface temperature, altimetry  
x 2 satellites, 814 km, SSO, LTDN 10:00 am



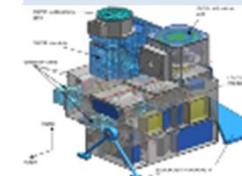
**S3A: 16/02/16**    **TAS-F + TAS-I**  
**S3B: fin 2017**



**Sentinel 4 – Geostationary atmospheric**  
Atmospheric composition monitoring, trans-  
boundary pollution  
**Payload on MTG-S**



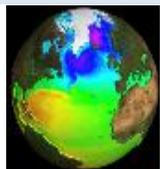
**2020/**    **ADS-D**  
**2027**



**Sentinel 5 – Low-orbit atmospheric**  
Atmospheric composition monitoring  
(S5 Precursor launch in 2016, x 1 satellite –  
follow ground track of Suomi-NPP)    **(Payload on Metop-SG)**



**2021**  
**2027**  
**2034**



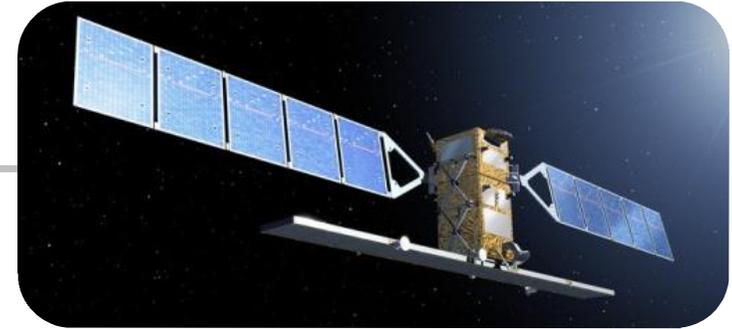
**Sentinel 6 – Altimetry Missions (formerly Jason CS)**  
Measure global sea surface height primarily for  
operational oceanography and climate studies

**2020**  
**AD**

Sentinel spacecraft lifetime = 7 years, with consumables for 12 years

# SENTINEL 1

SAR bande C dual pol  
avec polarisation au choix

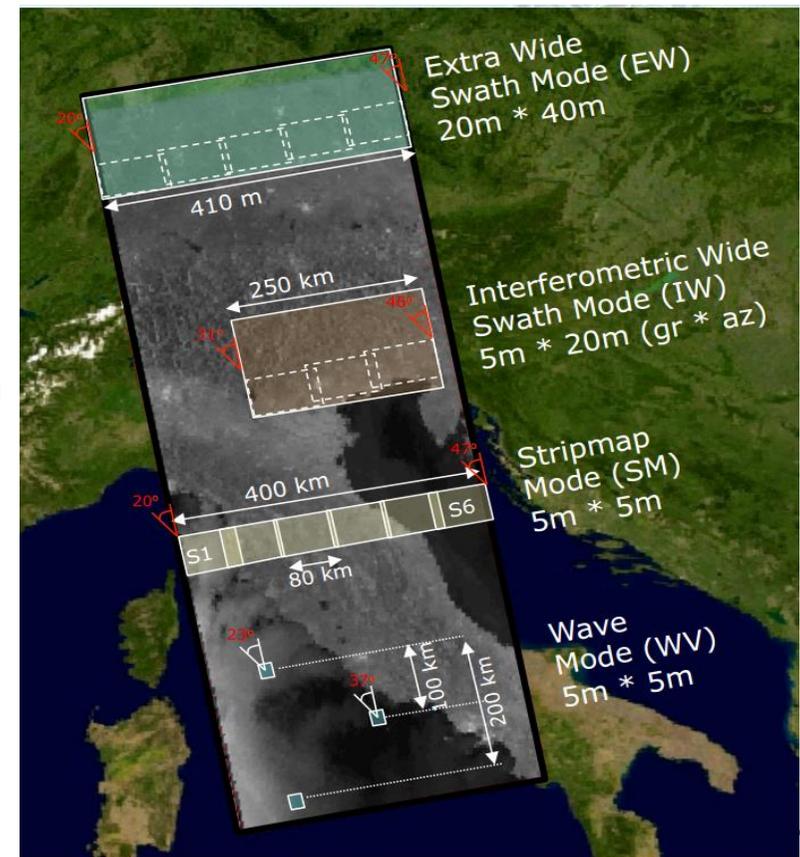


## Modes

1. **Mode principal sur les terres émergées :** *Interferometric wide-swath mode*. Fauchée de 250 km et résolution de 5x20 m
2. *Strip map mode*. Fauchée de 80 km et résolution de 5x5 m
3. *Extra wide-swath mode*. Fauchée de 400 km et résolution de 20x40 m
4. **Mode principal sur les océans :** *Wave-mode*. Images de 20x20 km et résolution de 5x5 m (tous les 100 km)

## Caractéristiques de couverture et revisite

- Cycle de 12 jours avec 1 satellite
- 6 jours fin 2016 - suite lancement S1B



## SENTINEL 2



### Caractéristiques géométriques

- Fauchée de 290km
- De 10m à 60m de résolution spatiale selon la bande spectrale

### Caractéristiques spectrales

- 4 bandes dans le visible et proche infrarouge @ 10m
- 6 bandes dans le « red edge » et SWIR @ 20m
- 3 bandes pour la correction atmosphérique @ 60m

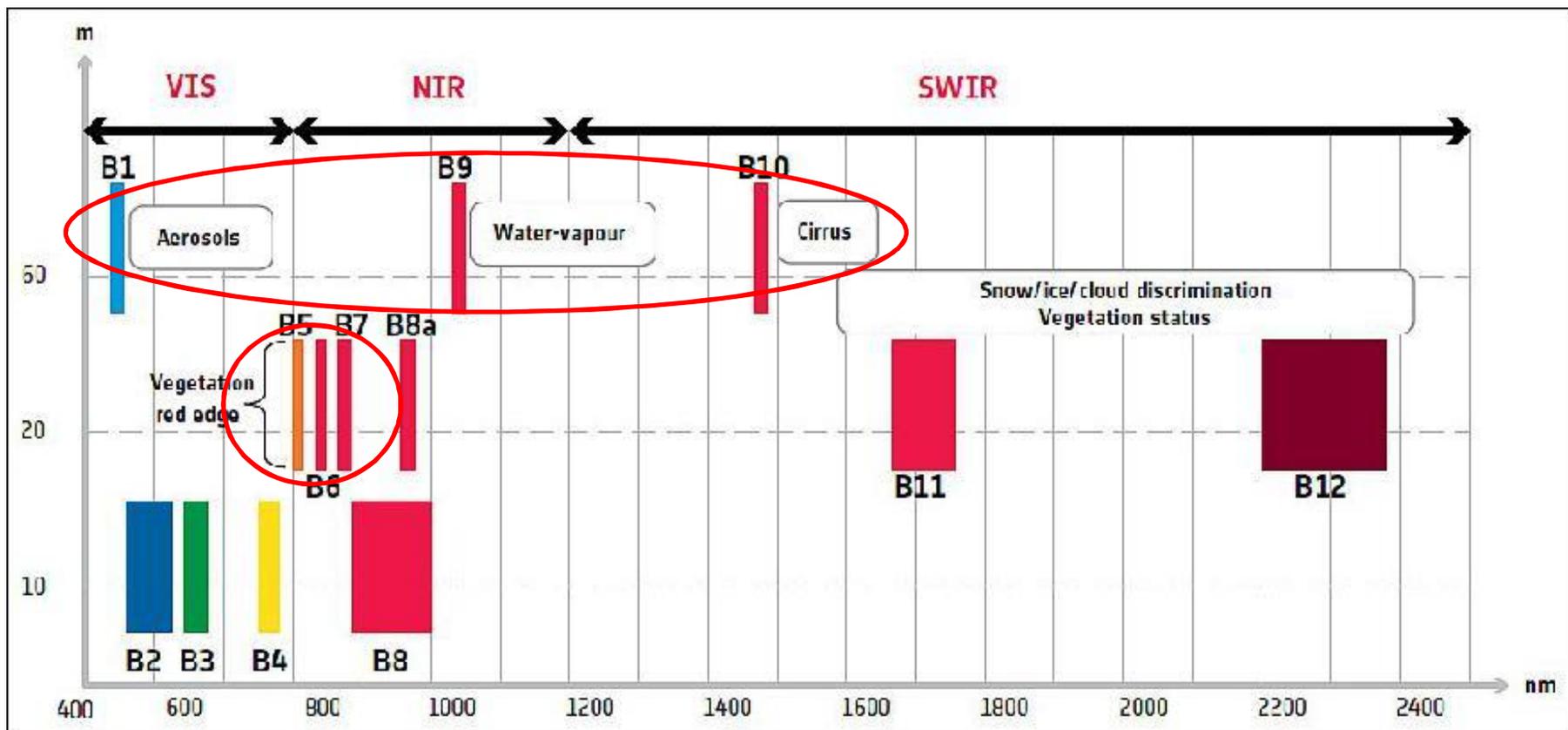
**Une nouvelle image complète des terres émergées à 10m tous les 5 jours!**

### Caractéristiques de couverture

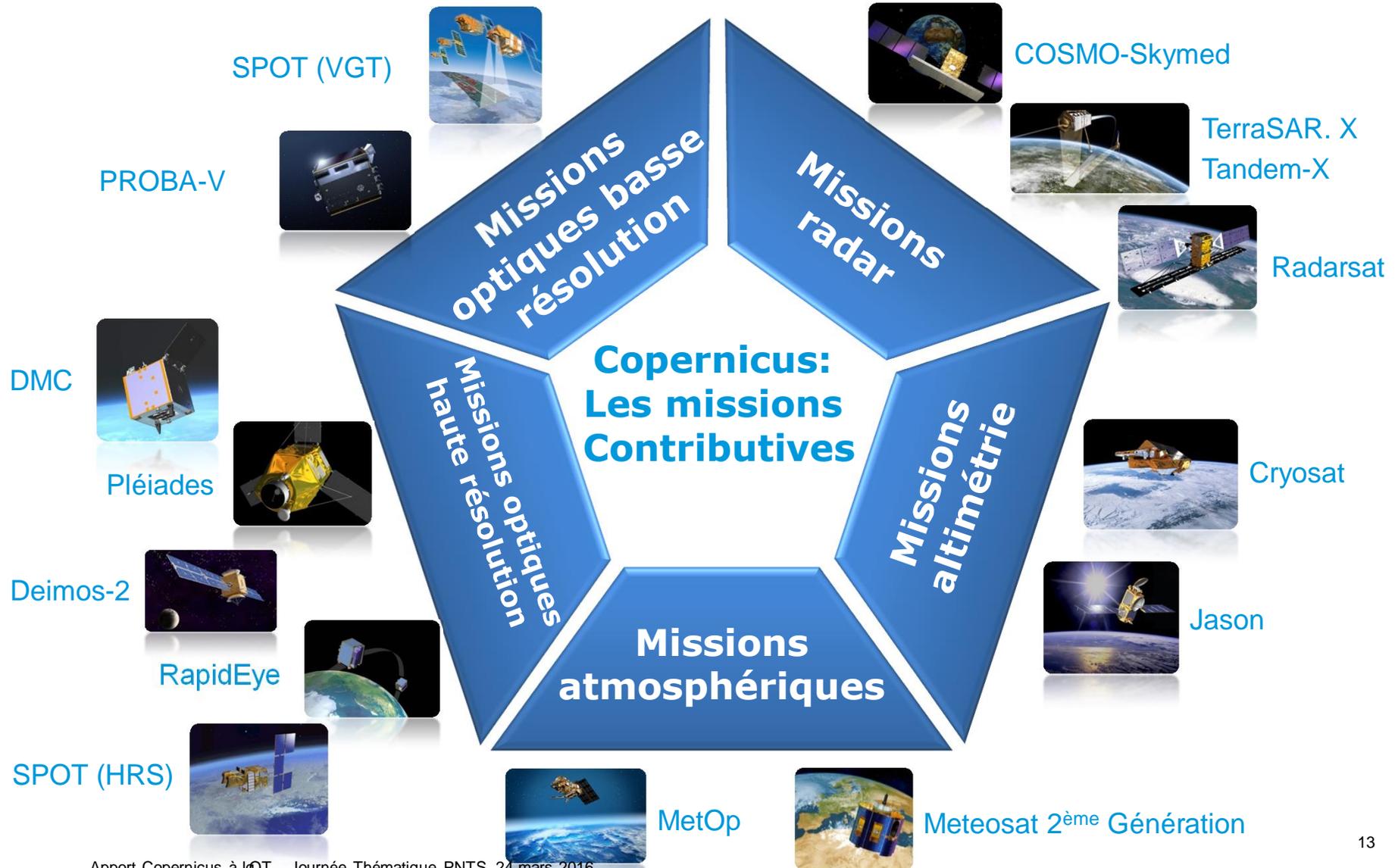
- Acquisition systématique de toutes les terres émergées (grandes îles, eaux continentales et littorales) entre 84°N and 56°S
- Revisite de 5 jours (à l'équateur . pire cas) une fois les deux satellites en orbite

# SENTINEL 2

## Caractéristiques géométriques et spectrales



# LES MISSIONS CONTRIBUTIVES



# MISSIONS CONTRIBUTIVES

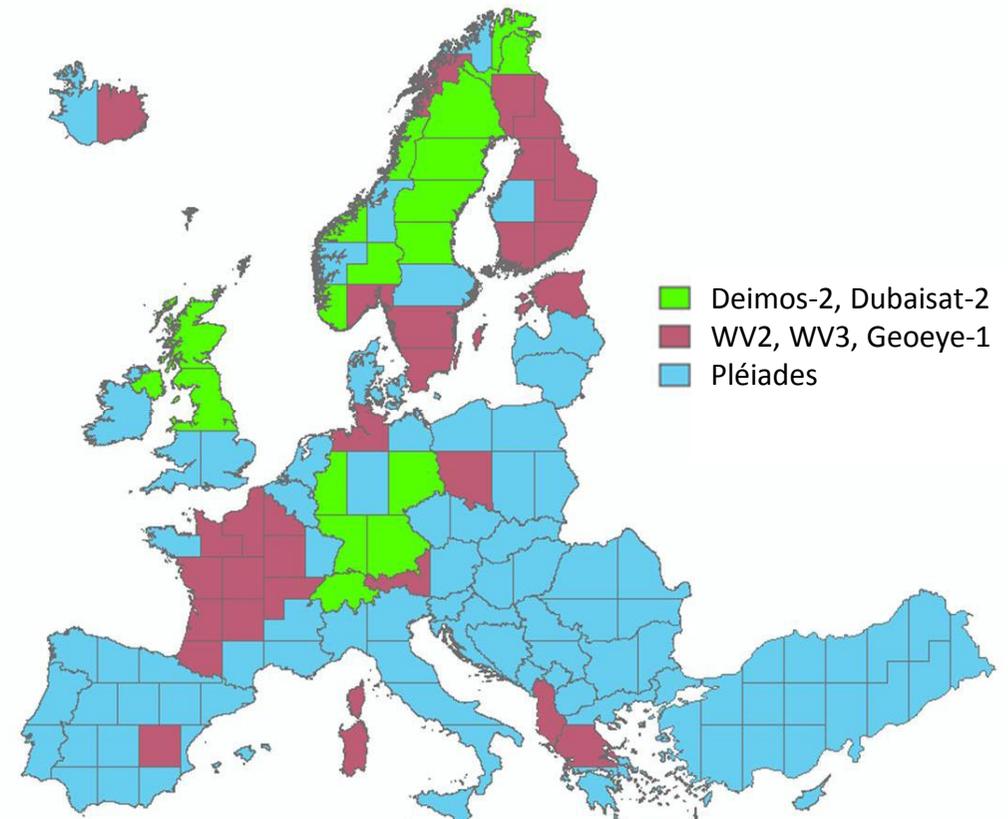
## Couverture

- “ 39 Etats Européens (EEA-39) y inclus les îles et les départements d'outre mer
- “ Fenêtres temporels correspondant à la période de croissance de la végétation en 2014-2015-2016

## Images

- “ Images optiques très haute résolution ( $\leq 1\text{m}$  pan, 2-4m MS)

Environ 62% de ces produits sont acquis aujourd'hui et deviendra progressivement disponible



[spacedata.copernicus.eu/web/cscda/data-access/registration](https://spacedata.copernicus.eu/web/cscda/data-access/registration)

# LES SERVICES COPERNICUS

## Services sur la surveillance du système Terre

Mercator

Terres émergées

Océans

Atmosphère

AEE



ECMWF

JRC

ECMWF

Gestion  
des urgences

Sécurité

Changement  
climatique

FRONTEX  
EMSA

# COPERNICUS LAND MONITORING SERVICE



**Exemples de produits Pan Européen** : Corine Land, Cover 2012, Tree cover density, Forest type, Sealed soil, Wetlands, Grassland, Urban Atlas, LC Biodiversity, Image mosaics, Water bodies

**Exemples de produits globaux** : Dry Matter Productivity, FaPAR, Burnt Areas, Albedo, Vegetation Index, Land Surface Temperature, Leaf Area Index

Du global

Dynamique  
paramètres  
bilan d'

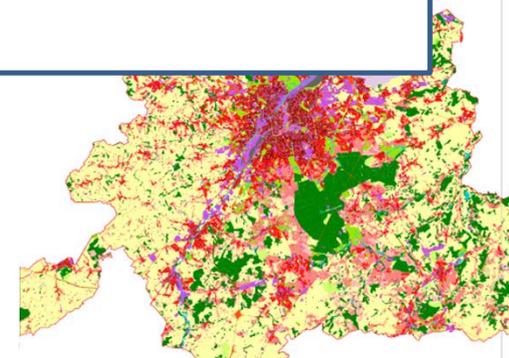
[\*\*land.copernicus.eu\*\*](http://land.copernicus.eu)

...au pan-Européen...

Biodiversité, ressources en eau,  
occupation et utilisation des sols,  
changements d'occupation des  
sols

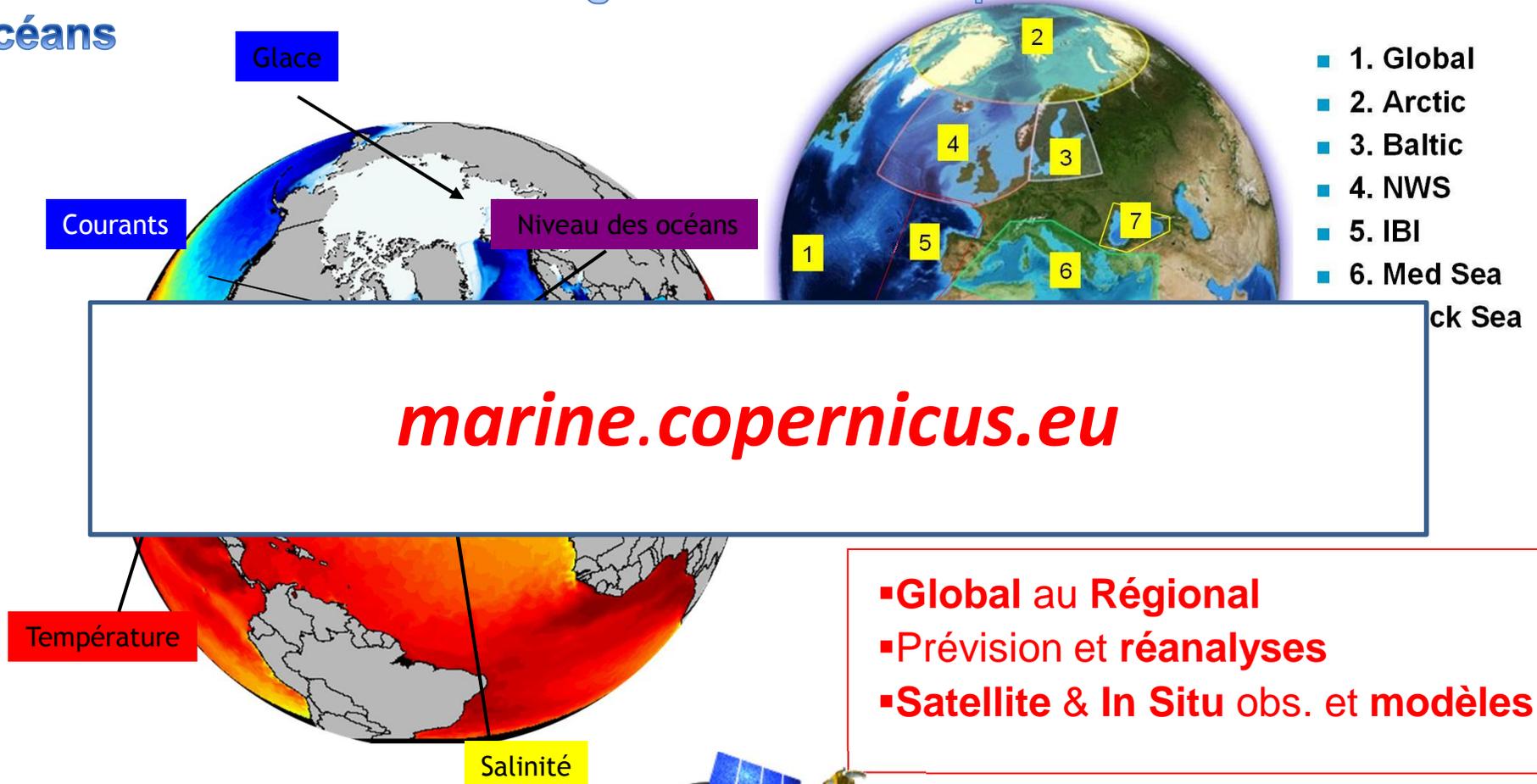


...au local



Développement urbain

Portfolio du service : 11 catégories avec ~ 120 produits sur l'état des océans



Modélisation 3D des océans

**Portfolio du service : 11 catégories avec ~ 240 produits**

Product groups	
<b>Regional products</b>	European AQ NRT analysis and forecast
	European AQ reanalysis
	Atmospheric composition NRT analysis and forecast
<b><i>atmosphere.copernicus.eu</i></b>	
<b>Supplementary products</b>	Solar radiation
	Greenhouse gas fluxes
	Climate forcing
<b>Emissions products</b>	Anthropogenic emissions
	Fire emissions

**Projet MACC (FP7)**  
**Spécifications des**  
**its et services,**  
**15/07 / Juillet**  
**2015:**  
**Arrage du**  
**service**  
**opérationnel**

## Consistent Climate Data Store - 20 ECVs (later 33 ECVs) - Observed, re-analyzed and model projected products

### ATMOSPHERE

Surface Air Temperature  
Surface Precipitation  
Water Vapor  
Surface Radiation Budget

### OCEAN

Ocean Color  
Sea Ice  
Sea Level  
Sea Surface Temperature

### LAND

Snow Cover  
Glaciers & Ice Caps  
Albedo  
FAPAR  
Disturbances  
Ice Sheets

[climate.copernicus.eu](http://climate.copernicus.eu)

## Sectoral Information System – indices for 8 sectors

**Agriculture and forestry**

**Health**

**Energy**

**Infrastructure**

**Coastal areas**

**Water management**

**Tourism**

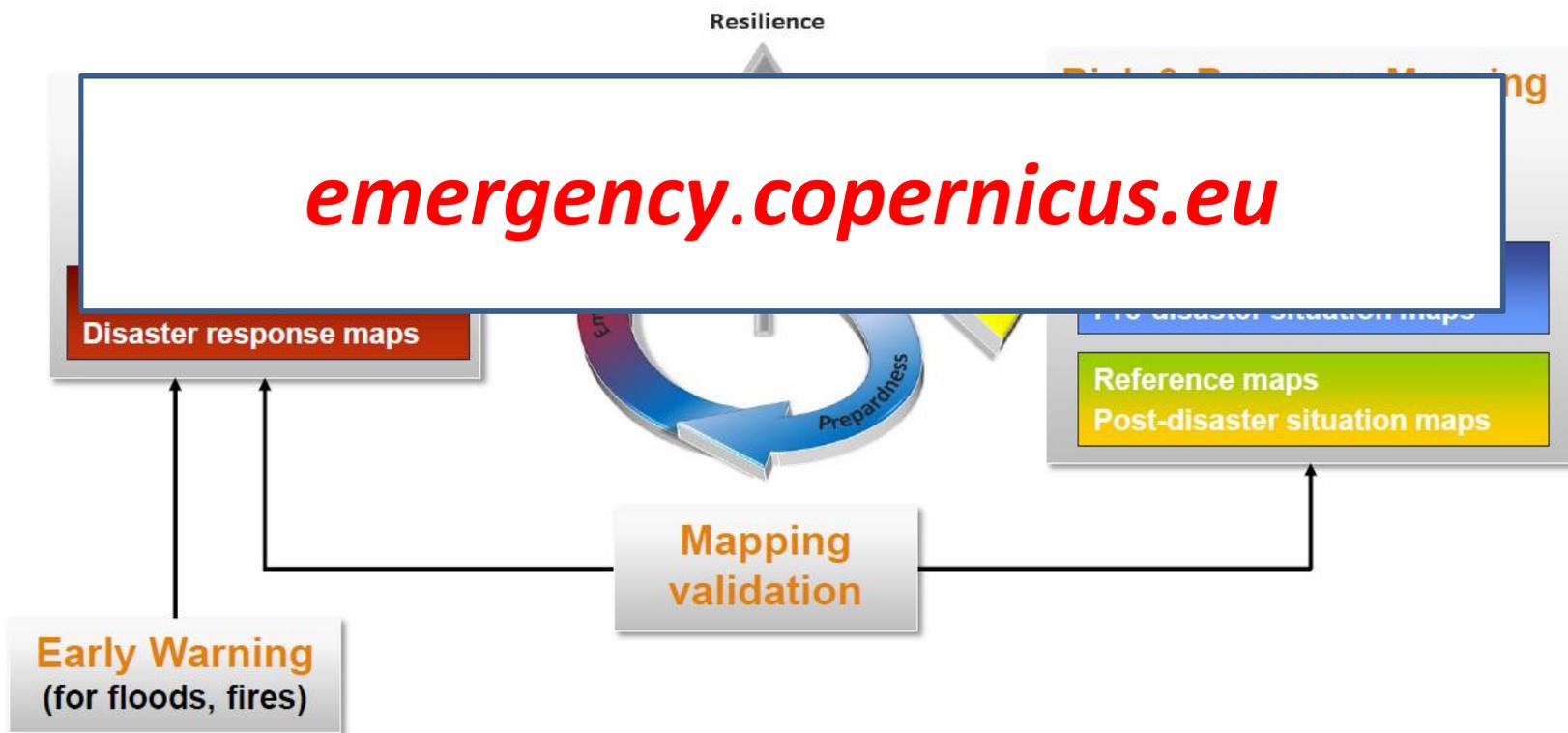
**Insurance**

# GESTION DES URGENCES

Le service couvre les trois phases de la crise

Le service est activé par des Utilisateurs Autorisés

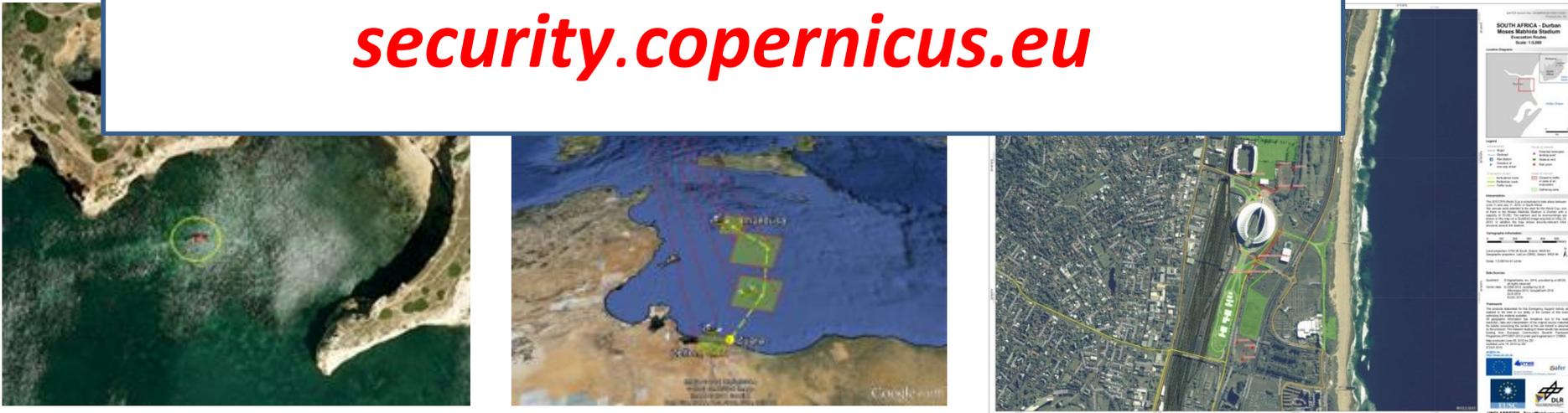
Pays non membre de l'UE : activation via les Délégations



# SÉCURITÉ

- Surveillance des frontières
- Surveillance maritime
- Support aux actions extérieures de l'UE (opérations de maintien de la paix et opérations humanitaires)

***security.copernicus.eu***



# LES SERVICES COPERNICUS

---

- “ 4 services sont opérationnels: surfaces continentales, océan, atmosphère, urgences
- “ 2 services sont en cours de conception: climat, sécurité
- “ Les services doivent être le moteur de Copernicus,
- “ Les services doivent permettre le développement de services avals

# ACCES AUX DONNEES SENTINELLES - ENJEU -

Faciliter l'accès aux données et leur utilisation par les utilisateurs publics et privés pour stimuler l'innovation et développer le secteur de la valeur ajoutée, facteur clé du succès de Copernicus.

- “ Politique de données « libre et gratuite »
- “ Dissémination équitable et cohérente des données
- “ Prise en compte de nouveaux concepts et technologies tels que le « Cloud » et le « Big data » basées sur des compétences nationales/européennes (vs Google)
- “ Accès aux données Sentinelles à assurer de manière opérationnelle
- “ S'inscrire dans une dynamique européenne: ESA, CE, Etats Membres.

# ACCES AUX DONNEES SENTINELLES

## - SITUATION ACTUELLE: SCHÉMA ESA -

L'accès aux données Sentinelles est garanti via:

Le segment sol « Core » permet:

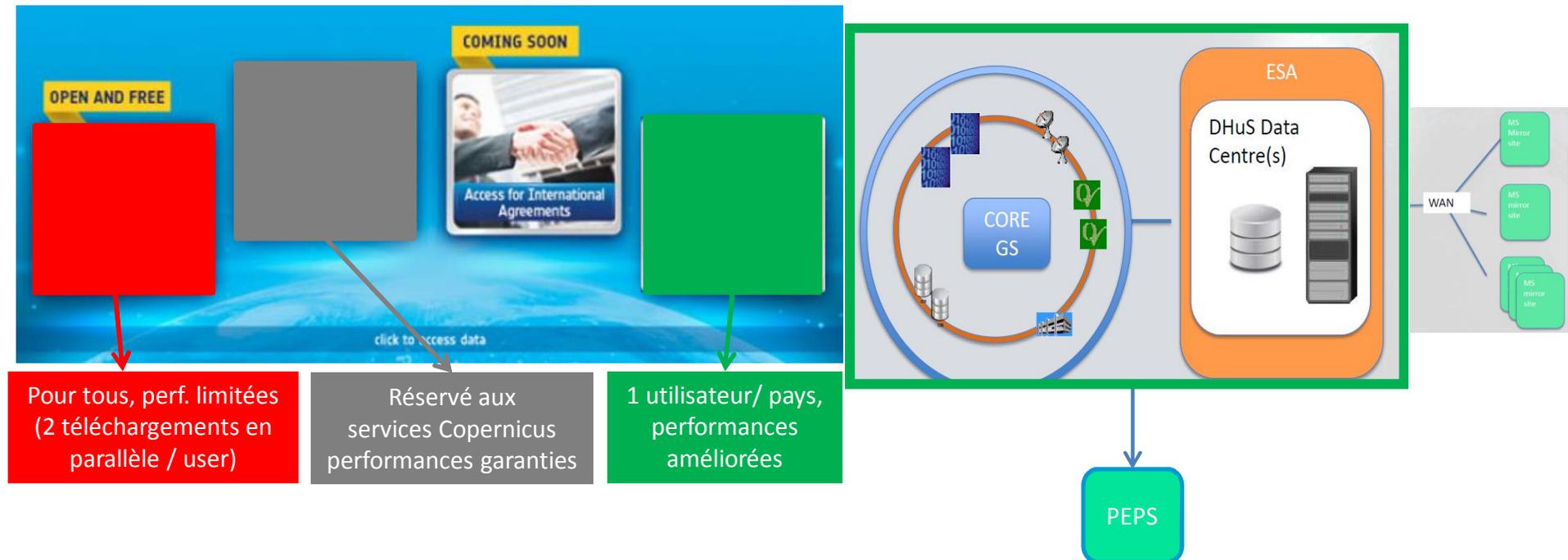
- Accès des données aux « core services »,
  - Accès pour les sites miroirs (collaboratifs) via des hubs (1 utilisateur/pays)
  - Point d'accès pour scientifiques/autres sur principe du « best effort »
  - Pas d'accès en ligne aux données archivées (< 3 mois)
- Accès haut débit restreint à un nombre limité d'utilisateurs: insuffisant

Il est complété par le segment sol « Collaboratif »:

- Accès aux données (stations de réception, sites miroirs) et/ou produits spécifiques pour les utilisateurs nationaux
- CNES point de contact national: coordination des initiatives collaboratives nationales.
- Concertation étroite avec l'ESA via GSCB et GOCCG
- Implication de la Commission dans la gouvernance: mise en place d'une task force IGS (Integrated Ground Segment)

Ce schéma nécessite d'être coordonné et consolidé pour permettre un accès équitable (données, archive, performances, type d'utilisateurs).

# ACCÈS AUX DONNÉES SENTINELS



- Hubs ESA ouverts mais ò
  - ◆ une archive qui se réduit (glissante) et sans moyens de traitements
  - ◆ besoins du secteur aval et scientifique insuffisamment pris en compte
- Réponse court terme de la France = PEPS (Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinel)

# ACCES AUX DONNEES SENTINELLES INITIATIVE FRANÇAISE

## Plateforme d'Exploitation des Produits Sentinelles (PEPS): approche incrémentale

PEPS/Phase 1 (2014 . 2017): décision Octobre 2014

- Les données S1A et S2A sont disponibles : nécessité d'une réponse urgente et à court terme en se basant sur des capacités existantes ou à renforcer (Data Center CNES),
- Mieux comprendre le besoin utilisateur .
- Intégrer de nouvelles compétences (Big data et Cloud) et développer la compétitivité: concertation industrielle (RFI),
- All, UK, It développent leur site miroir/Centre Copernicus : ne pas se laisser distancer.

**ouverture PEPS: Septembre 2015**

PEPS/Phase 2 (2018+): Vers une plateforme coordonnée au niveau européen, évolution souhaitée par la Commission.

**European Integrated Ground Segment**

# PEPS 1 = C'EST QUOI ?



## PEPS - tranche 1

- ◆ 4 ans : novembre 2014 à fin 2017 + 2018 (année de transition)
- ◆ Préparation PEPS 2 : contexte européen, rôle des industriels

## Objectifs

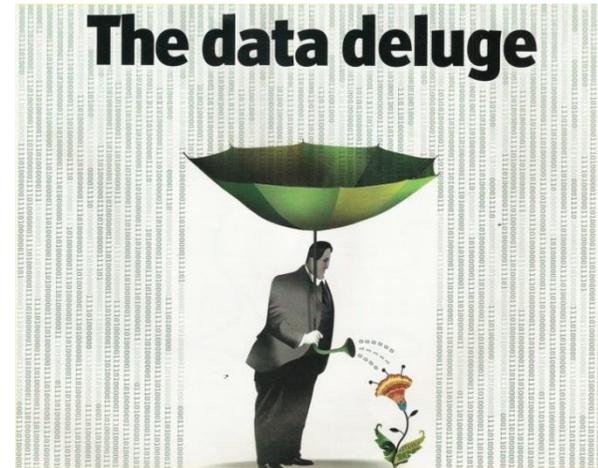
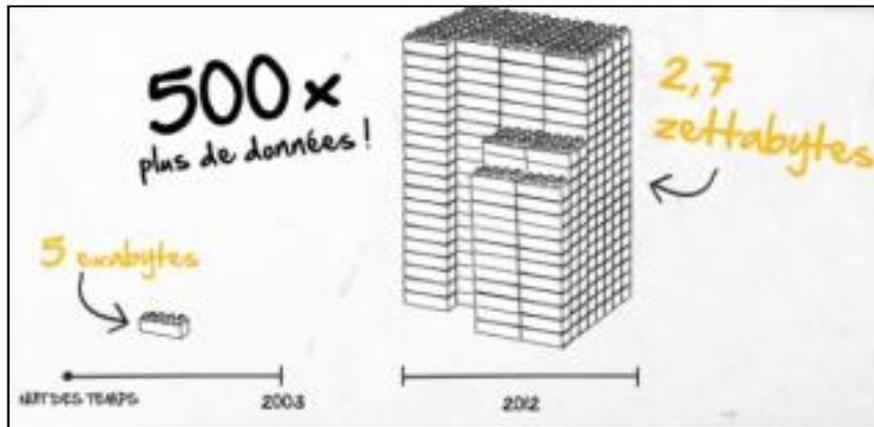
Servir de **nouveaux** utilisateurs nationaux : industriels PME/PMI, scientifiques, organismes institutionnels

- ◆ Diffuser / mettre à disposition les données Sentinelles, **libres et gratuites**
- ◆ Permettre le traitement près des données .. et les valoriser
- ◆ Favoriser l'innovation par le développement des services à valeur ajoutée
- ◆ Satisfaire les besoins spécifiques des utilisateurs « aval »
- ◆ Structurer la gestion des données selon les différentes utilisations

## La solution technique

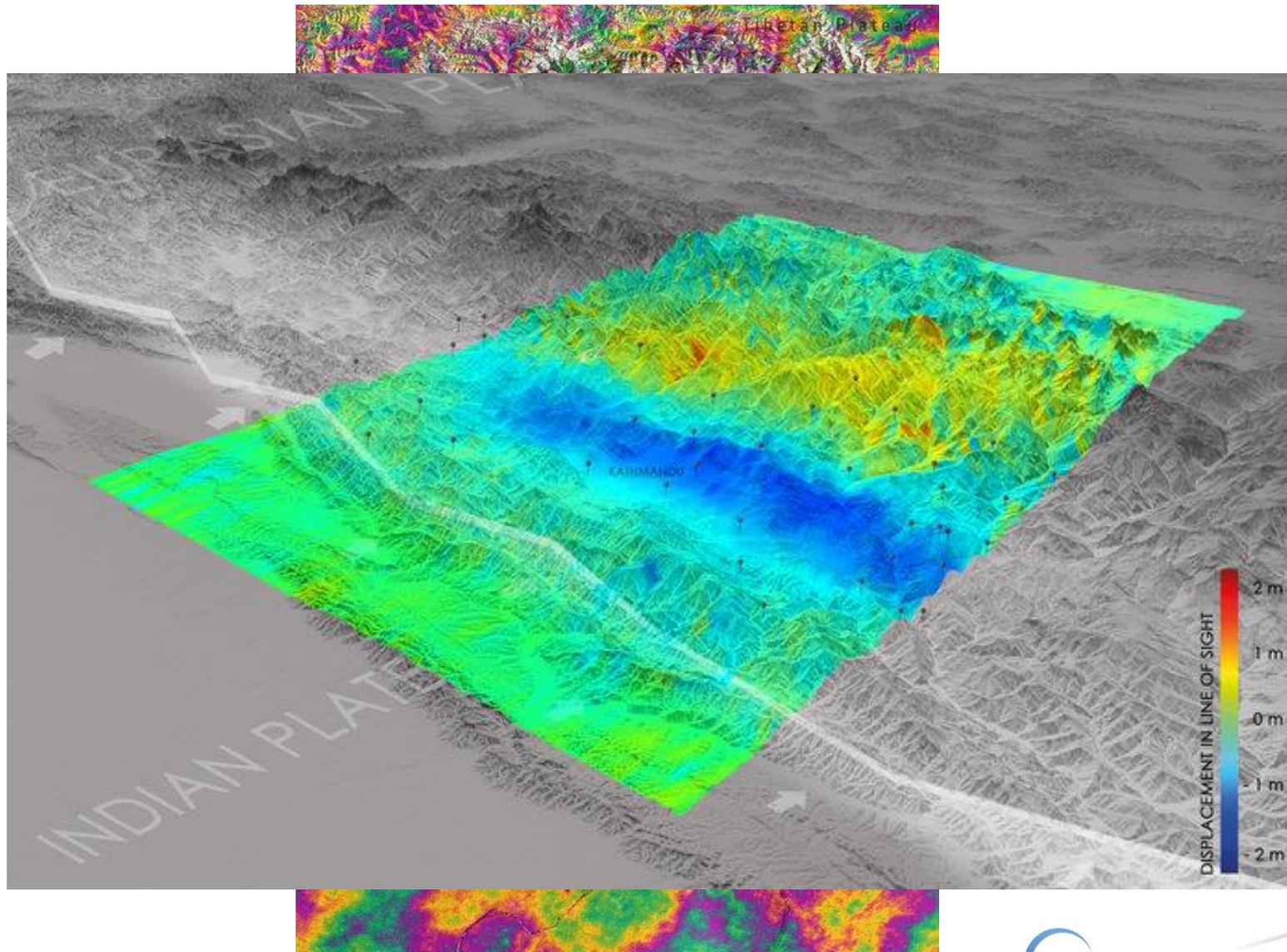
- ◆ Une interface Web
- ◆ Un système de recherche et d'accès performant
- ◆ Une interface avec le hub de l'ESA pour récupérer les produits
- ◆ Un système de stockage des données Sentinelles, au fur et à mesure de leur production (sur disques 2Po + sur bandes 5Po)
- ◆ Des serveurs de calcul

# LE DÉFI DU « BIG DATA » : UN CHANGEMENT DE PARADIGME MAJEUR



- Explosion du volume des données (3 V: volume, vitesse, variété, et aussi valeur, véracité)
- 1 Petaoctet : pile de DVD haute comme 3 tours Montparnasse !
- Les Sentinelles de Copernicus vont générer plus de **10 To/jour** soit **5 Petaoctets/an**
- Accès aux données qui se démocratise : « open data », Directive PSI, gratuité des données publiques

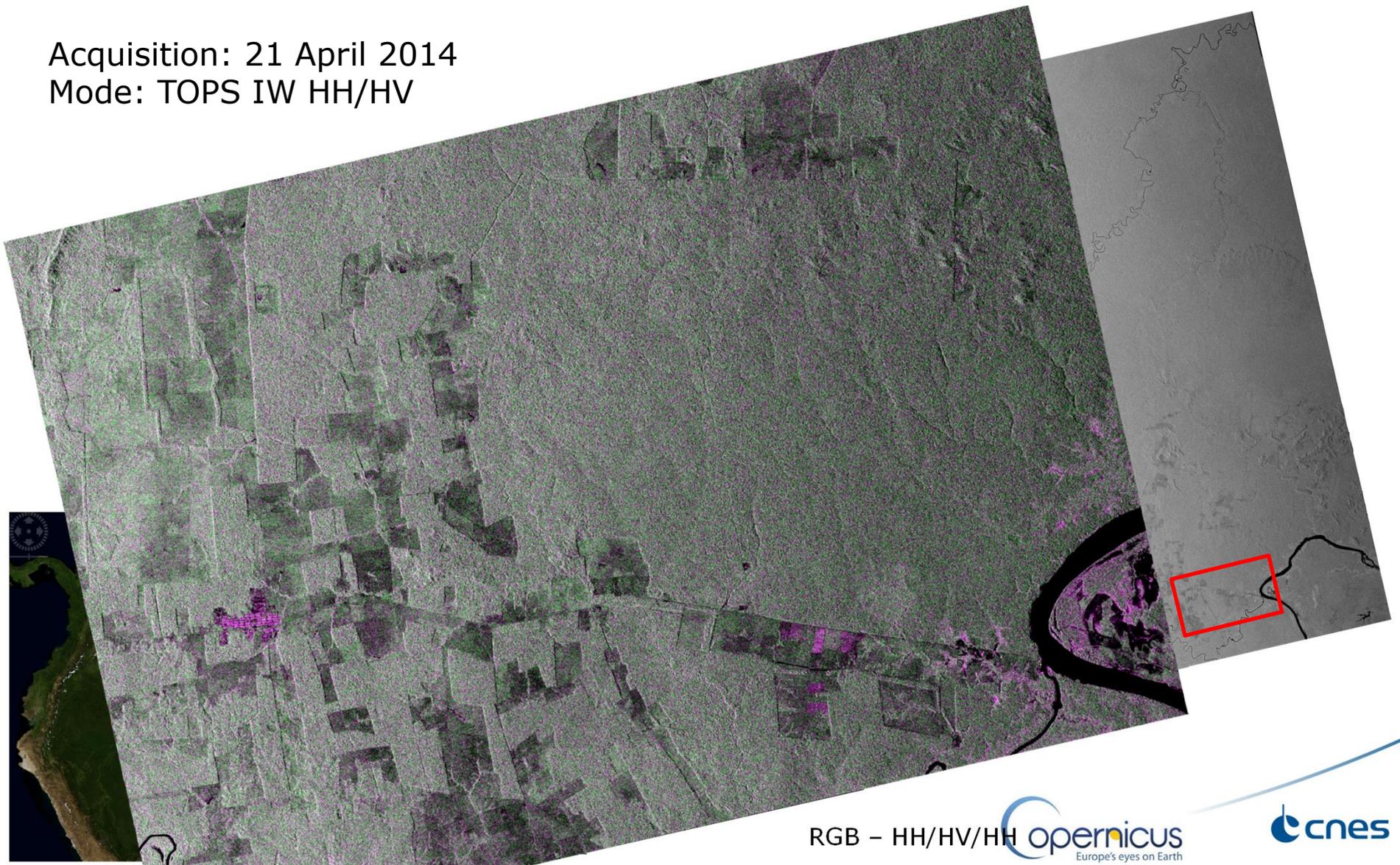
# TREMBLEMENT DE TERRE AU NÉPAL APPORT DE SENTINEL-1A (INTERFÉROMÉTRIE)



# SUIVI DE LA DÉFORESTATION AU BRÉSIL AVEC SENTINEL-1A

Acquisition: 21 April 2014

Mode: TOPS IW HH/HV



## DIFFERENCIATION DU MAIZE ET DU TOURNESOL AVEC SENTINEL-2A

Utilisation des 3 bandes du « *Red edge* » dans une image Sentinel-2A pour distinguer le maïs et le tournesol près de Toulouse



# LES ENJEUX DE DEMAIN

- “ **Le Futur des Sentinelles**
  - “ Extension des Sentinelles 1<sup>ère</sup> génération: CO2, IRT, Cryosat+ , ò : pour un lancement 2024/2025
  - “ Nouvelles générations/ Nouveaux Besoins: Horizon 2030
- “ **Dissémination et utilisation des données**
  - “ Un enjeu majeur pour stimuler l'innovation et développer la valeur ajoutée et les applications
  - “ Intégration des technologies Cloud et « Big data »
  - “ Integrated Ground segment : scénario à définir, position des segts sols collaboratifs et suite PEPS
  - “ Préparation d'un nouvel écosystème industriel
- “ **Développement des applications**
  - “ Mieux utiliser les mécanismes existants (PIA, FUI, ò ) et Révolution numérique
  - “ Accompagnement structurant: Use cases, Initiatives « Boosters », Start-up ò