

Le programme spatial européen *Copernicus* pour répondre aux défis environnementaux

*D'après une conférence donnée
par Dominique Marbouty
(ancien coordinateur interministériel Copernicus
pour la Commission Européenne)
le 21 mars 2019 à Paris
(Météo et Climat)*

Copernicus n'est pas un programme spatial, mais un programme européen orienté « services ».

1. Historique du programme

Ce programme s'est appelé pendant deux décennies GMES* (Global Monitoring for Environment and Security), programme lancé par le manifeste de Baveno (Italie) en 1998, et que l'on avait parfois caricaturé en Global Mess (Mess = foire) ! Il était fortement inspiré des programmes spatiaux météorologiques. L'objectif initial en était d'assurer la continuité des programmes spatiaux européens ERS, EnviSat et Spot. Par la suite, l'ESA se chargera de ces derniers et le programme GMES sera repris par l'UE sous le titre « Copernicus » pour développer des services et l'UE le lancera le 1^{er} janvier 2014 avec un soutien financier important. A noter qu'il fut d'abord dénommé « Kopernikus » (allemand), véritable affront à la nation polonaise dont Copernic est originaire, ce qu'elle sut faire sentir !

2. Caractéristiques du programme

un programme coopératif (CE, ESA, Eumetsat, Etats membres) basé sur les systèmes existants en matière d'observations et de services, un programme opérationnel (implication de l'ESA) : pérennité des observations et des services ; revisite de chaque place avec deux satellites A et B en orbites simultanées ; développement en Europe d'un secteur économique lié à l'« Observation de la Terre » un programme avec accès ouvert et gratuit aux données et produits.

3. Gigantisme de l'opération

8,4 milliards d'Euros depuis 2015 ;
15 satellites Sentinel (+ 5 instruments) ;
4 Téraoctets (10^{12} octets) de données diffusés par jour ;
200 000 utilisateurs enregistrés à ce jour par l'ESA, avec
110 Pétaoctets (10^{15} octets) d'archivage.

4. Six services pour six missions

a – **L'atmosphère**, avec le « Copernicus Atmosphere Monitoring Service » et le « Climate monitoring service » dont le Centre européen CEPMMT* est responsable. Ces services de surveillance de l'atmosphère, y compris dans sa composition (gaz réactifs, gaz à effet de serre, aérosols), permettent des ré-analyses de l'atmosphère incluant ses composants chimiques. Ces études sont apparues nécessaires au CEPMMT pour améliorer la prévision à moyenne échéance. Une application en qualité de l'air en découle naturellement, avec le slogan vendeur « Copernicus veut nous aider à respirer ». Ce n'est pas tout à fait exact, mais ce service de surveillance permet au moins un diagnostic ! Il s'agit des travaux de V-H Peuch au CEPMMT avec les modèles Prev'Air, Morage et Chimère (IPSL, R. Vautard et M. Beeckmann).

b – **La surface terrestre** avec le « Land monitoring service » dont l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) à Copenhague et le Centre Commun de Recherche JRC* à Ispra (Italie) sont respectivement responsables pour les niveaux européens et globaux. Il s'agit de la fourniture de variables biophysiques de surface (NDVI* par exemple) avec le suivi de zones sensibles (hot spots), de zones urbaines, de zones côtières et de bordures de fleuve. Un des buts en est le développement d'une base de données « Corine land cover » à haute résolution.

c – **Le milieu marin** est un objet important à suivre sous de nombreuses facettes. Le consortium Mercator, qui travaille déjà à l'échelle européenne, est responsable de ce service. Un produit important est une carte de l'état de la mer ; à signaler aussi un rapport sur l'état de l'océan publié en septembre 2018, qui a été téléchargé plus de 5000 fois !

d – **Le changement climatique** fait partie des sujets sociétaux, auxquels l'UE est sensible dans le contexte géopolitique actuel. Il s'agit du «*Copernicus Climate Change Service*» ou C3S. Les applications citées sont essentiellement des ré-analyses : ERA*, ERA-interim, ERA-5 qui constituent des produits phares, qui, par exemple, fournissent une meilleure représentation du cyclone Florence (13 septembre 2018). Autre application : l'expérience du Centre européen d'un système cinq-modèles saisonnier, en collaboration avec les américains, qui lance une prévision saisonnière le 13 de chaque mois pour une période de 6 mois. Dans ce domaine, un autre service concerne la gestion de la base de données, c'est le *Climate Data Service* (CDS), opérationnel depuis janvier 2019, avec 6 000 usagers à l'heure actuelle.

e – *La thématique de l'urgence* («*Emergency service*») correspond à la cartographie rapide («*rapid mapping*») nécessaire pour suivre des catastrophes (crues, feux de forêt, ...). L'imagerie est également utile pour la phase de reconstruction après la catastrophe. Ce service a été activé 254 fois depuis avril 2012 et dans 57% des cas, il s'agissait du domaine européen.

f – *Le thème sécurité* concerne essentiellement la surveillance des frontières, mais aussi, sur le plan maritime, des aspects réglementaires, sur les pêches notamment. Plus généralement, ce service peut être un soutien à des actions extérieures (zone de conflits notamment).

5. Les six missions «*Sentinel*» comprennent :

- le Radar SAR en bande C, avec revisite tous les 6 jours ;
- de l'imagerie optique à haute résolution (10 à 60 m) et une revisite tous les 5 jours ;
- de l'imagerie océanique (vent, vagues, température et couleur) avec Eumetsat et l'ESA sur les continents ;
- la composition de l'atmosphère avec MTG et Metop2*.
- en préliminaire (5P), la composition de l'atmosphère avec la continuité des missions Envisat et Aura ;
- enfin, la suite de Jason en développement.

Telles sont les évolutions constatées depuis la création du programme. Pour la distribution des données de base, on est passés d'un gros volume de données pour quelques utilisateurs à un volume moindre pour un grand nombre d'utilisateurs (DIAS*). Des services aval commerciaux se développent dans le cadre du Partenariat Caroline Herschel (FPA*). Enfin, de nouveaux services apparaissent : «*Land côtier*», Modèle numérique de terrain global (DEM*), «*Suivi des mouvements du sol*» (GMS*), Héritage culturel.

La demande pour le cadre financier 2021-2027 a été portée à 5,8 milliards d'euros, avec un nouveau règlement spatial ; le développement de la composante spatiale a vu son budget doubler, ce qui assure continuité, pérennité et amélioration du programme *Copernicus*. De nouveaux besoins apparaissent, comme le changement climatique et le développement durable, nécessitant la surveillance du CO₂ et des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la surveillance du sol et des forêts, mais aussi celle des glaces de l'Arctique.

On prépare ainsi, pour le futur, les six missions potentielles suivantes : CO₂ anthropique (type *CarbonSat*) ; Image-

rie thermique de haute résolution (LSTM) pour l'agriculture de précision ; Rose-L (SAR en bande L) ; suite de Cryosat (topographie des glaces polaires) ; Radiomètre micro-onde passive (CIMR) ; Mesures hyper-spectrales en chimie et aussi des missions contributrices : Optique haute résolution, ADS, Planet.

En conclusion, il apparaît que les principales clefs de la réussite de ce programme Copernicus résident dans les quatre points suivants : développement parallèle des services et de la composante spatiale ; délégation du programme à l'ESA et Eumetsat ; délégation de la coordination de chaque thème à un organisme compétent bien identifié (CEPMMT, AEE, Mercator, ...) et enfin gouvernance efficace.

Réponses fournies à quelques questions posées en séance :

- *L'application de ce programme en Afrique se fait par le biais de «GMES* for Africa».*
- *Les Etats-Unis n'ont pas cherché à développer un programme similaire mais l'utilisent largement, de même que la Chine.*
- *L'utilisateur moyen d'un tel programme, même conçu pour être facilement accessible, est, plutôt qu'un individu ou un chercheur isolé, un agent public qui désire connaître finement telle ou telle donnée cartographiée, notamment pour des questions juridiques ou politiques, par exemple pour la Politique Agricole Commune, ou pour des questions de pollution atmosphérique ou océanique.*

RÉGIS JUVANON DU VACHAT

*Acronymes

- AEE : Agence Européenne de l'Environnement
- CE : Commission Européenne
- CEPMMT : Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme (ECMWF en anglais)
- CIMR : Copernicus Imaging Micro-wave Radiometer
- DEM : Digital Elevation Map
- DIAS : Data Integration and Analysis System
- ECMWF : European Centre for Medium range Weather Forecast
- EnviSat : Environnement Satellite
- ERA : ECMWF Re-Analysis
- ERS : European Remote sensing Satellite
- ESA : European Space Agency
- Eumetsat : European organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
- FPA : Framework Partnership Agreement
- GMES : Global Monitoring for Environment and Security
- GMS : Galileo Mission Segment
- JRC : Joint Research Center (Centre Commun de Recherche, Ispra, Italie)
- MTG : Meteosat Third Generation
- Metop : Satellite MetOp (Météorological Operational)
- NDVI : Normalized Difference Vegetation Index
- SAR : Synthesis Aperture Radar
- SPOT : Satellite Pour l'Observation de la Terre