



Formation en météorologie satellitaire suivie de travaux pratiques

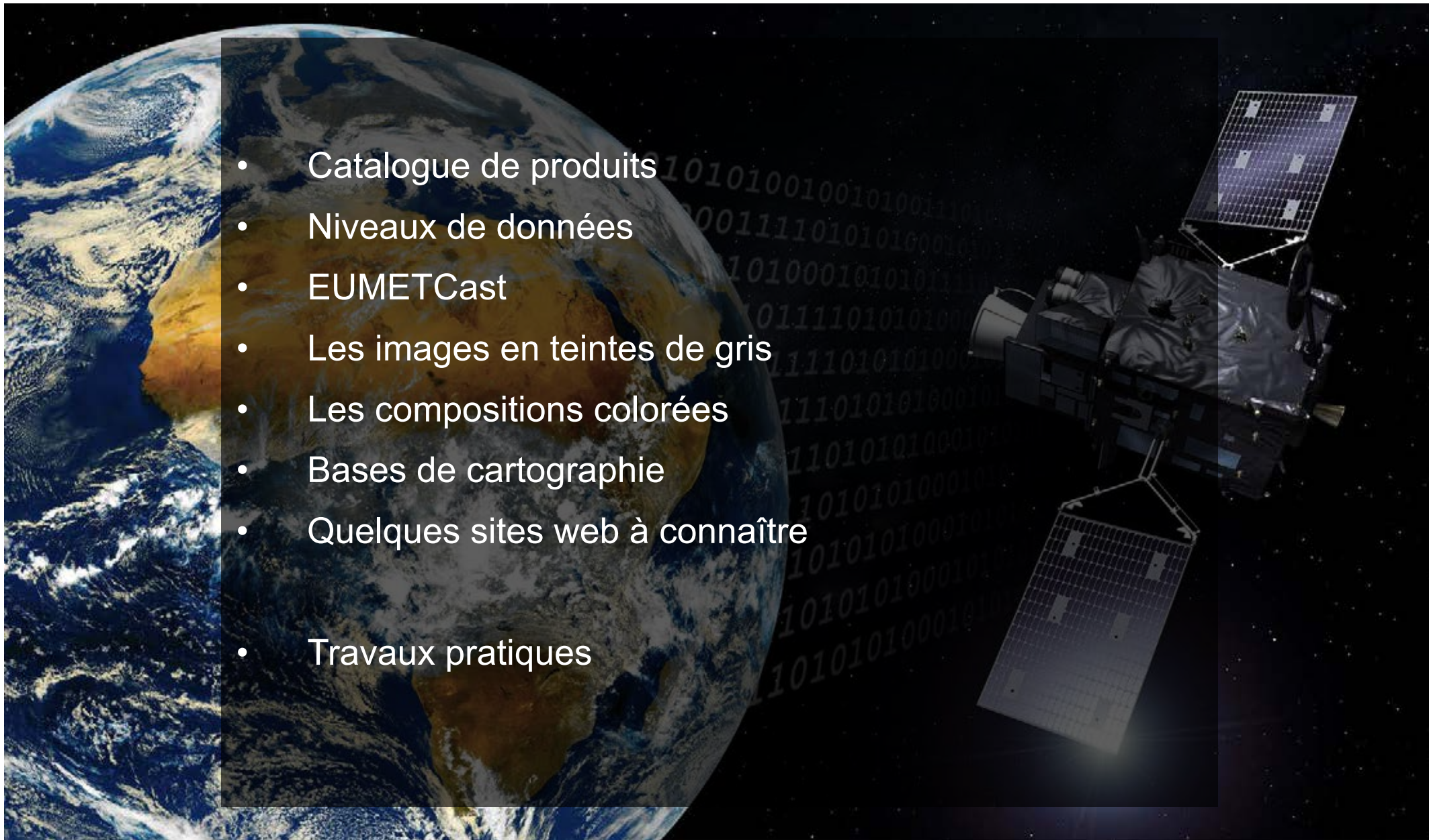
Sylvain Le Moal & Jean-Baptiste Hernandez

Direction des opérations pour la prévision

Centre de météorologie spatiale

Programme

- Catalogue de produits
- Niveaux de données
- EUMETCast
- Les images en teintes de gris
- Les compositions colorées
- Bases de cartographie
- Quelques sites web à connaître
- Travaux pratiques



OMM – OSCAR Espace



Gap analyses by variable or by type of mission

Please select either a variable or a type of mission to display a time chart of satellite instruments having the **potential** to provide the corresponding measurements. The selection is based on design characteristics (Expert analysis) or declared mission objectives (Simplified analysis). Such a preliminary analysis does not replace a detailed assessment of the actual instrument performances, data availability, and quality of derived environmental data records against specific user requirements.

Note: The chart can be sorted by clicking on the header columns and filtered by instrument properties when applicable. Select the period of interest with the cursor at the bottom of the chart. Future missions which are not firmly planned are shaded with stripes. A warning icon (⚠) indicates degraded satellite; hover over the icon for details. The chart is followed by a table of all potentially relevant instruments.

Select a variable: Ocean
Sea surface temperature

or select a type of mission: -- Please select a type of mission --

Analysis:

- Expert system, based on instrument properties
- Simplified, based on mission objectives

Measurement timeline for Sea surface temperature

Definition: Temperature of the sea water at surface. The "bulk" temperature refers to the depth of typically 2 m, the "skin" temperature refers to within the upper 1 mm.

Hint: Move around in the timeline by scrolling up, down, left or right.

Found 465 results

Instrument	IRTY	Relevance	Satellite	Orbit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
MERIS 2		2 - very high	FY3RM-1																		X	X	X	X	X	X						
MCRIS 2		2 - very high	FY3RM-2																					X	X	X	X	X	X	X	X	
MWRI (FY3RM)		5 - marginal	FY3RM-1																				X	X	X	X	X	X	X	X		
MWRI (FY3RM)		5 - marginal	FY3RM-2																				X	X	X	X	X	X	X	X		
ADJ		2 - very high	GOES-T	137°W																		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
IMAGER (GOES 3-12)	Yes	2 - very high	GOES-10	138°W								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
IMAGER (GOES 3-11)		2 - very high	GOES-9	135°W	X																											
IMAGER (GOES 3-11)		2 - very high	GOES-10	135°W	X	X	X	X	X																							
IMAGER (GOES 3-11)		2 - very high	GOES-11	135°W	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		
SOUNDER		2 - very high	GOES-9	135°W	X																											
SOUNDER		2 - very high	GOES-10	135°W	X	X	X	X																								
SOUNDER		2 - very high	GOES-11	135°W	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		
SOUNDER	Yes	2 - very high	GOES-10	135°W								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
VA3		2 - very high	GOES-4	135°W																												
VA3		2 - very high	GOES-6	135°W																												
VISSR		5 - marginal	GOES-1	138°W																												
VISSR		5 - marginal	GOES-2	135°W																												
VISSR		5 - marginal	AMS-2	135°W																												
IMAGER (GOES 3-12)	Yes	2 - very high	GOES-14	105°W								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
SOUNDER	Yes	2 - very high	GOES-14	105°W								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
VHRR (AT3)		5 - marginal	AT3-E	94°W																												
ADI		2 - very high	GOES-16	89.5°W															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
ABI		2 - very high	GOES-8	78°W																	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ABI		2 - very high	GOES-13	75°W																												
ABI		2 - very high	GOES-14	75°W																												
IMAGER (GOES 3-12)		2 - very high	GOES-12	75°W	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		

OSCAR/Espace est une ressource en ligne développée par l'OMM, qui recense les caractéristiques d'environ :

- 700 satellites ;
- 1000 modèles d'instruments satellitaires ;
- les variables (atmosphériques, océaniques, terrestres ou spatiales) mesurées par ces instruments.

Le catalogue des produits d'Eumetsat

Le navigateur de produits (product navigator) est la catalogue complet pour toutes les données et produits d'EUMETSAT, incluant également les produits tiers diffusés par EUMETCast.

The screenshot shows the EUMETSAT Product Navigator interface. At the top, the EUMETSAT logo and the tagline "MONITORING WEATHER AND CLIMATE FROM SPACE" are visible. Below this, a "PRODUCT NAVIGATOR" header is present. The main content area features a search box with the text "What are you looking for?" and an example input "Example: Atlantic Sea". A search button labeled "Search all data and products" is located below the search box, with a link for "Perform an extended search" underneath. To the right of the search area, a satellite is shown in orbit over the Earth. Below the search area, a section titled "Maybe you're interested in this" displays two product cards. The first card is for "OLCI/OC4ME Chlorophyll Concentration - Sentinel-3", showing a map of the Atlantic Ocean with a color-coded concentration scale. The second card is for "SLSTR GHRSSST L2P Sea Surface Temperature (SST) - Sentinel-3", showing a world map with a color-coded temperature scale. Each card includes a brief description of the product.

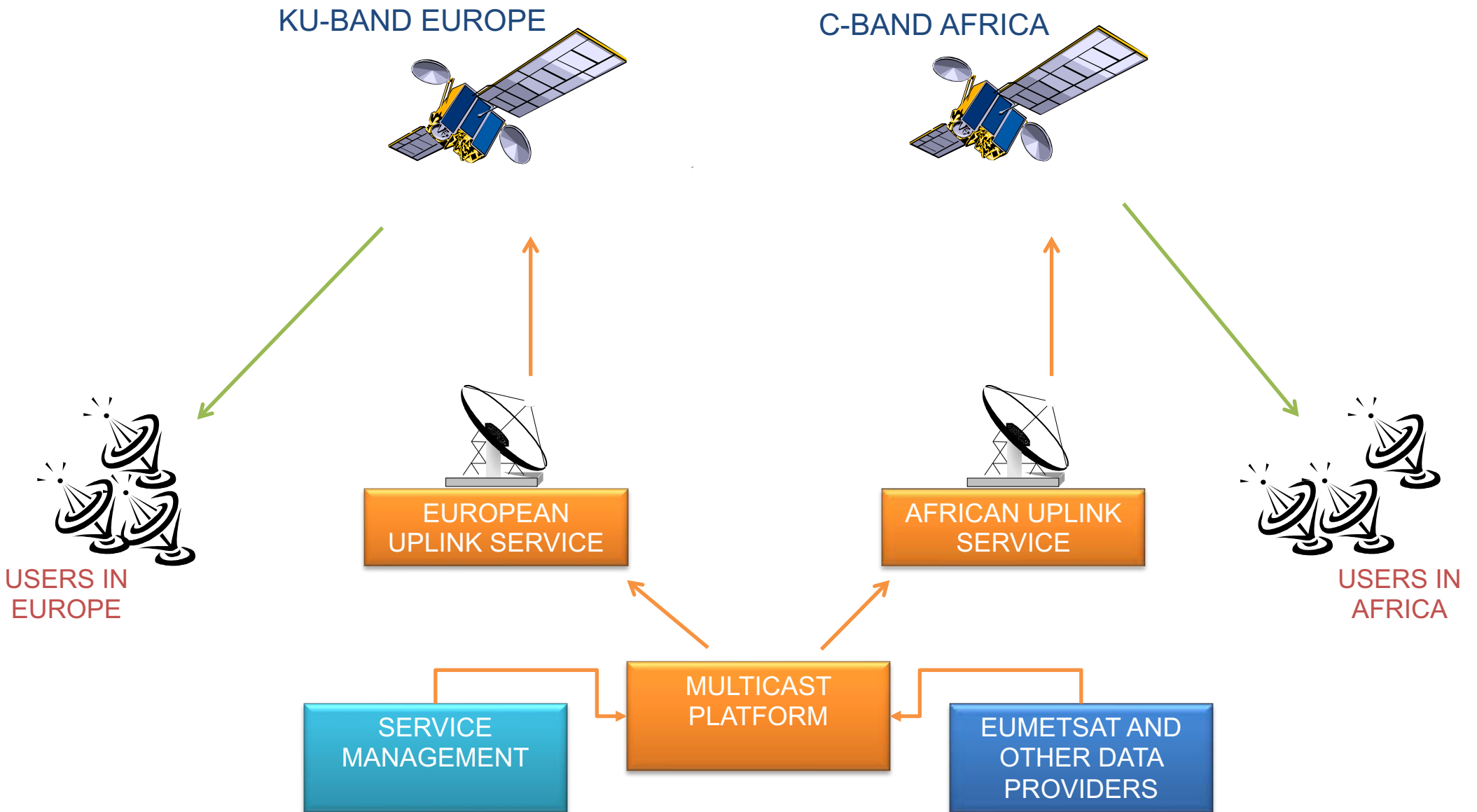
Il est compatible aux standards ISO 19115/19139 et est conforme à la directive européenne INSPIRE.

navigator.eumetsat.int

Les niveaux de données

Niveaux de données	Description	Exemples pour des températures de surface de la mer Metop
Niveau 0	données brutes à pleine résolution, accompagnées de toutes les informations nécessaires pour les traitements de niveaux supérieurs	Données acquises par les antennes en réception directe
Niveau 1	données calibrées et géolocalisées, exprimées en grandeur physique	<i>AVHRR Level 1B – Metop (Eumetsat)</i> Radiances pour chacun des 5 canaux de Metop Granules de 3 min. – projection satellitaire – résolution 1 km
Niveau 2	produits météorologiques, géophysiques à la même résolution que les données de niveau 1	<i>Full resolution Metop SST metagranules (OSI SAF)</i> Température de surface de la mer Granules de 3 min. – projection satellitaire – résolution 1 km
Niveau 3	produits cartographiés sur des échelles de grille spatio-temporelles uniformes à partir de différents instruments ou de différents cycles de mesures (synthèses périodiques par exemple)	<i>Global Metop SST (OSI SAF)</i> Température de surface de la mer Produit global sur une grille de résolution 0,05° 2 produits par jour
Niveau 4	Produits d'analyse de modèles dérivés de plusieurs instruments ou de différents cycles de mesures	<i>OSTIA global foundation SST analysis</i> Température de surface de la mer Produit global sur une grille de résolution 0,054° AVHRR + AATSR + SEVIRI + AMSR-E + données in situ 1 produit par jour

Le concept de la diffusion EUMETCast satellite



Le concept de la diffusion EUMETCast satellite

EUMETCast est le système de diffusion d'EUMETSAT pour les données environnementales.

Voir le *product navigator* d'Eumetsat pour la liste de produits.

Caractéristiques :

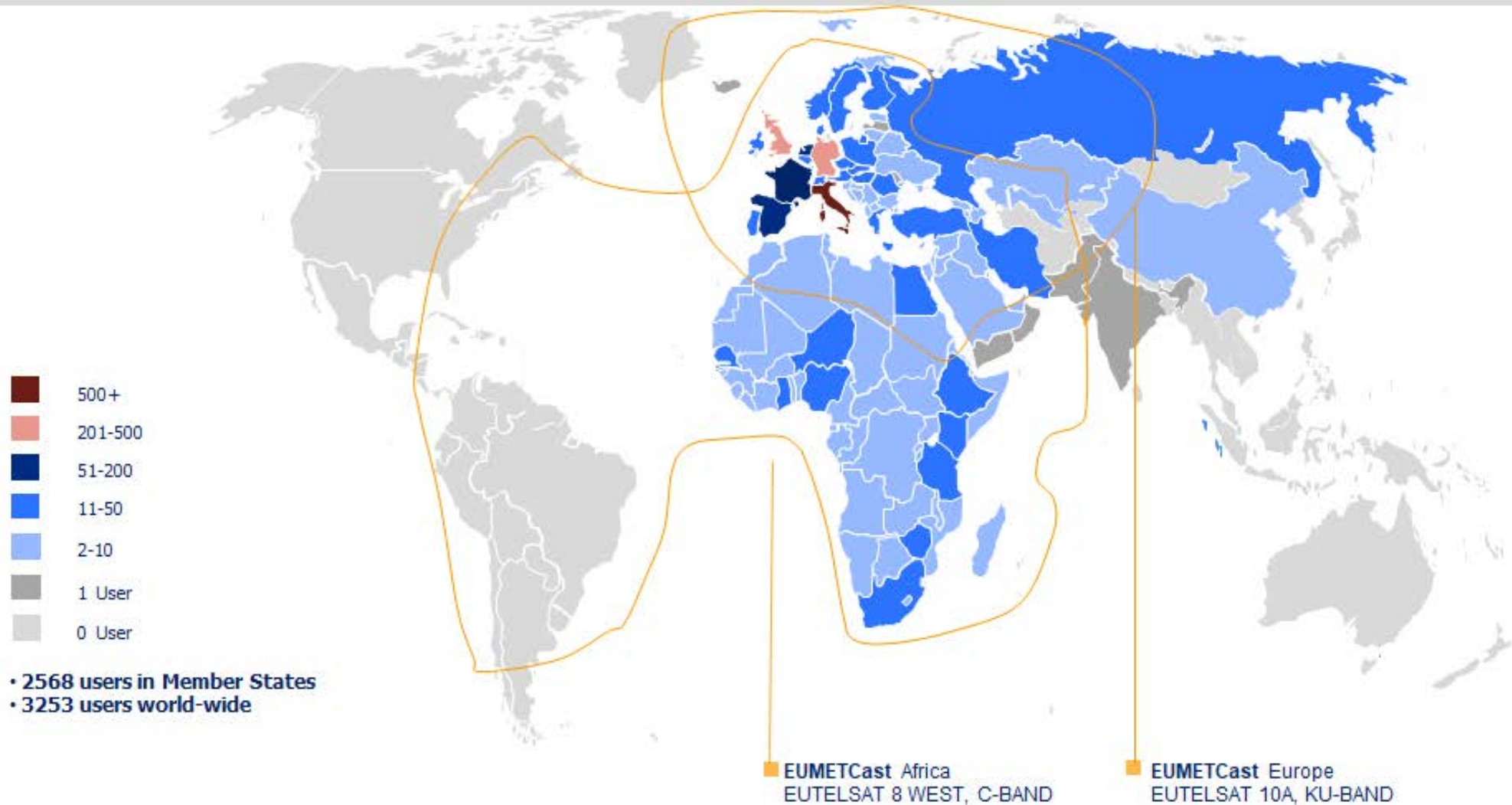
- basé sur la technologie DVB (transmission vidéo numérique), il s'appuie sur des satellites de télécommunications à usage commercial opérés par Eutelsat ;
- ne nécessite que des équipements de réception légers, quasi identiques à la réception de chaînes de télévision numérique chez un particulier ;
- la diffusion a lieu en bande Ku (11 GHz) pour l'Europe ;
- la fourniture est sécurisée par une clé de cryptage EKU (EUMETCast Key Unit) et d'un logiciel dédié (Tellicast) ;
- adapté à tous les formats de fichiers.



Les antennes A28, A29, A36 & A37 assurent la réception EUMETCast (diamètre : 1,80 m).

Le concept de la diffusion EUMETCast

EUMETCast Satellite Users Worldwide as of 31 December 2020



Mesure dans le visible

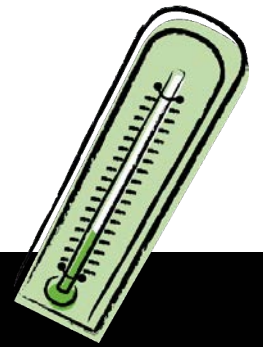


Dans le **canal visible** et pour des températures inférieures à 300 K, le rayonnement émis est quasi nul.

Pour des cibles opaques, seul le rayonnement réfléchi est pris en compte, la mesure ne fait que traduire **le pouvoir réfléchissant de la cible**.

Toutefois, pour des cibles non opaques, le rayonnement par transmission peut être important, notamment si le pouvoir réfléchissant des objets situés sous la cible est élevé (par exemple : cirrus fins au-dessus d'un sol enneigé!).

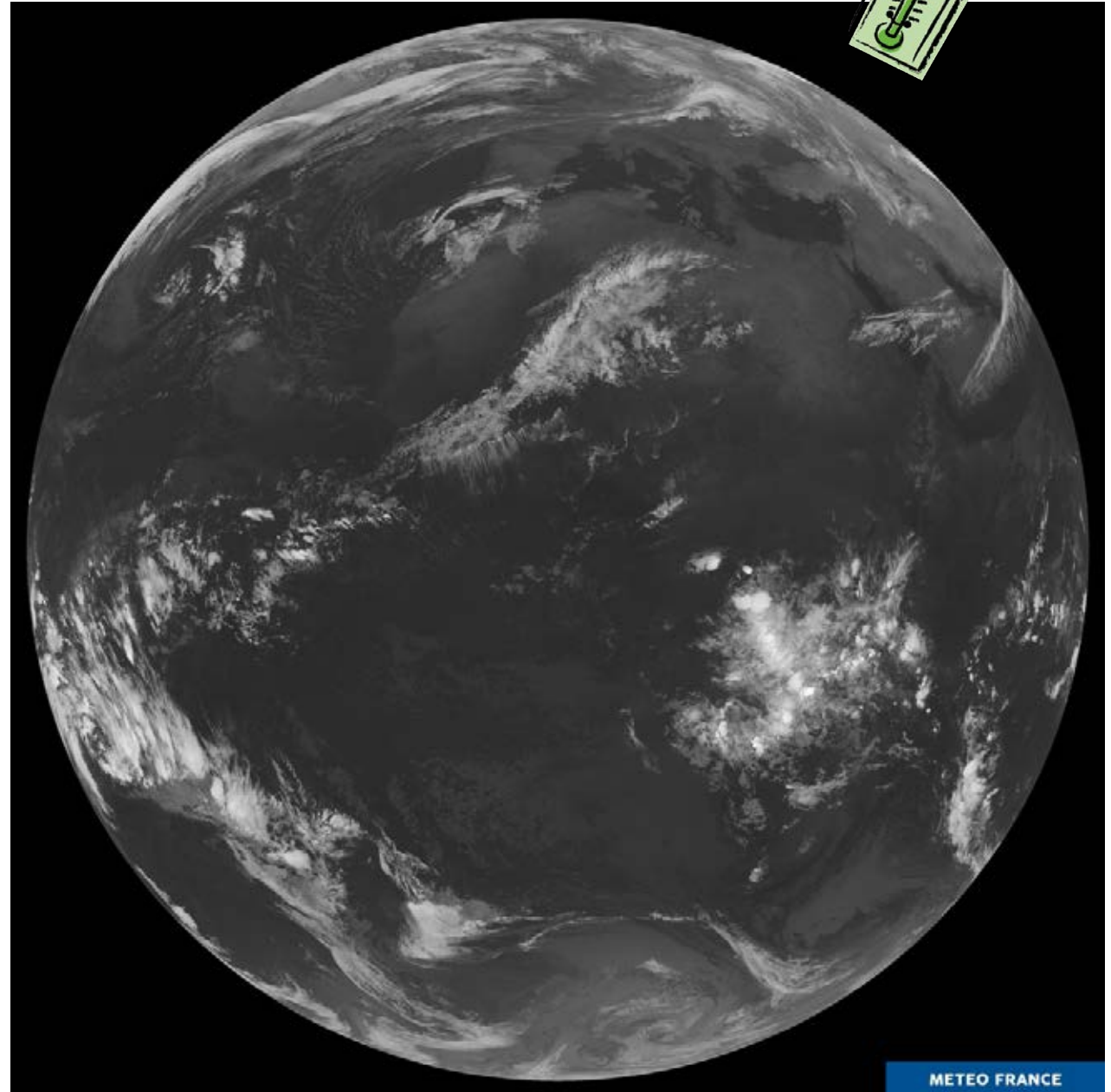
Mesure dans l'infrarouge thermique



Dans le canal infrarouge thermique, le rayonnement solaire est très faible. Seul le rayonnement émis est pris en compte, la mesure ne fait que restituer la **température des corps**.

Toutefois, pour des cibles à fort pouvoir de transmission, la mesure peut être perturbée si les objets situés sous la cible émettent un rayonnement important (par exemple : nuages fins au-dessus d'une surface terrestre très chaude).

De même, pour des cibles qui sont loin de pouvoir être considérées comme des corps noirs, leur température est sous estimée.



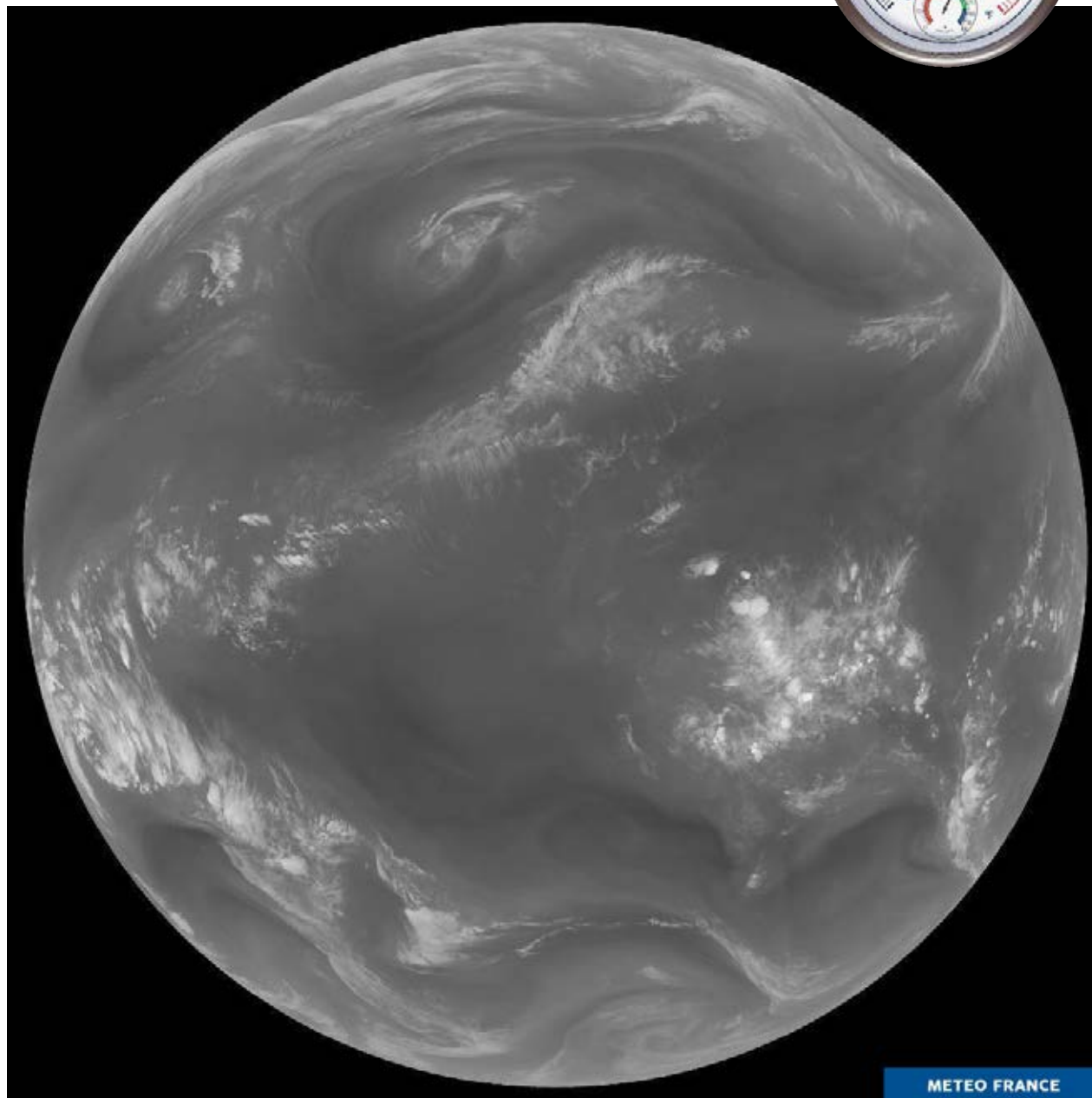
Mesure dans l'infrarouge vapeur d'eau



Dans le canal vapeur d'eau, le rayonnement est absorbé par la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère. Le rayonnement émis par la surface terrestre est généralement masqué et le rayonnement émis par le sommet des nuages est réduit (sauf dans le cas de Cb à forte extension verticale). L'image présente la **quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère**.

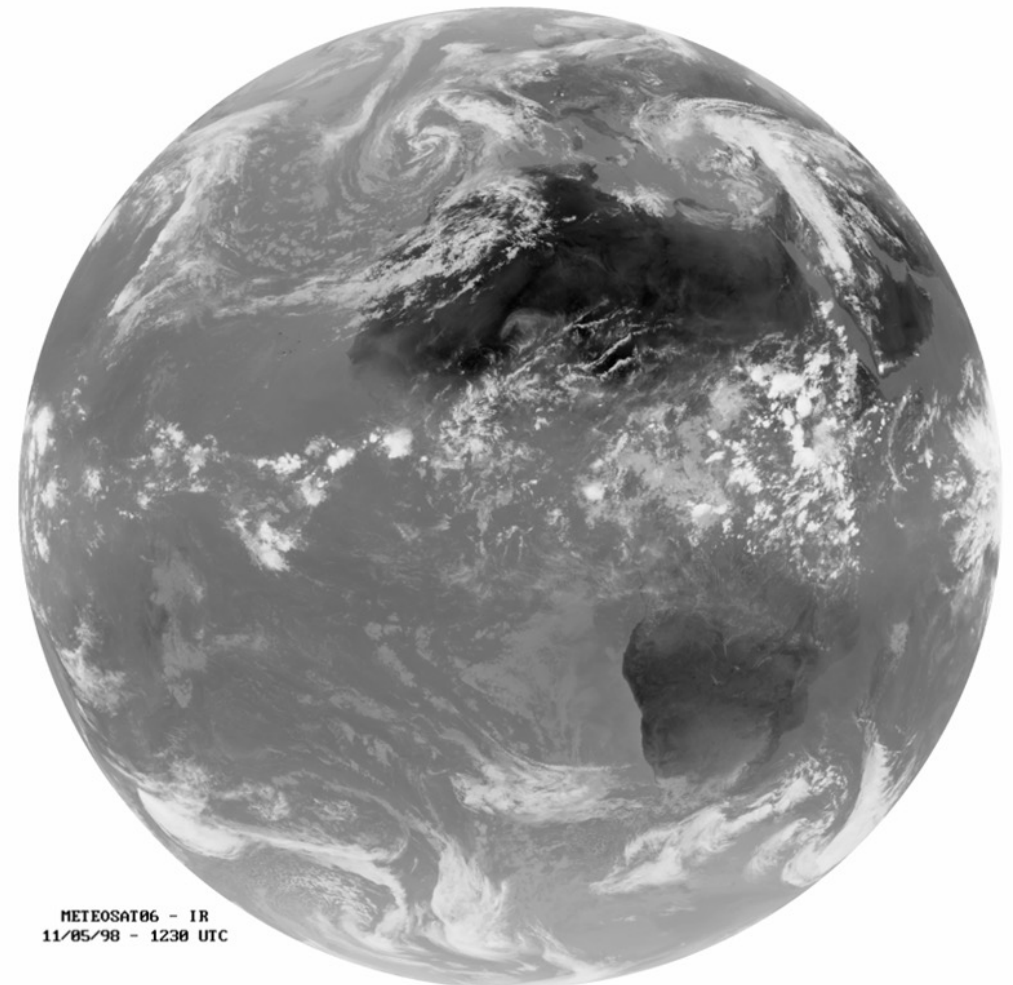
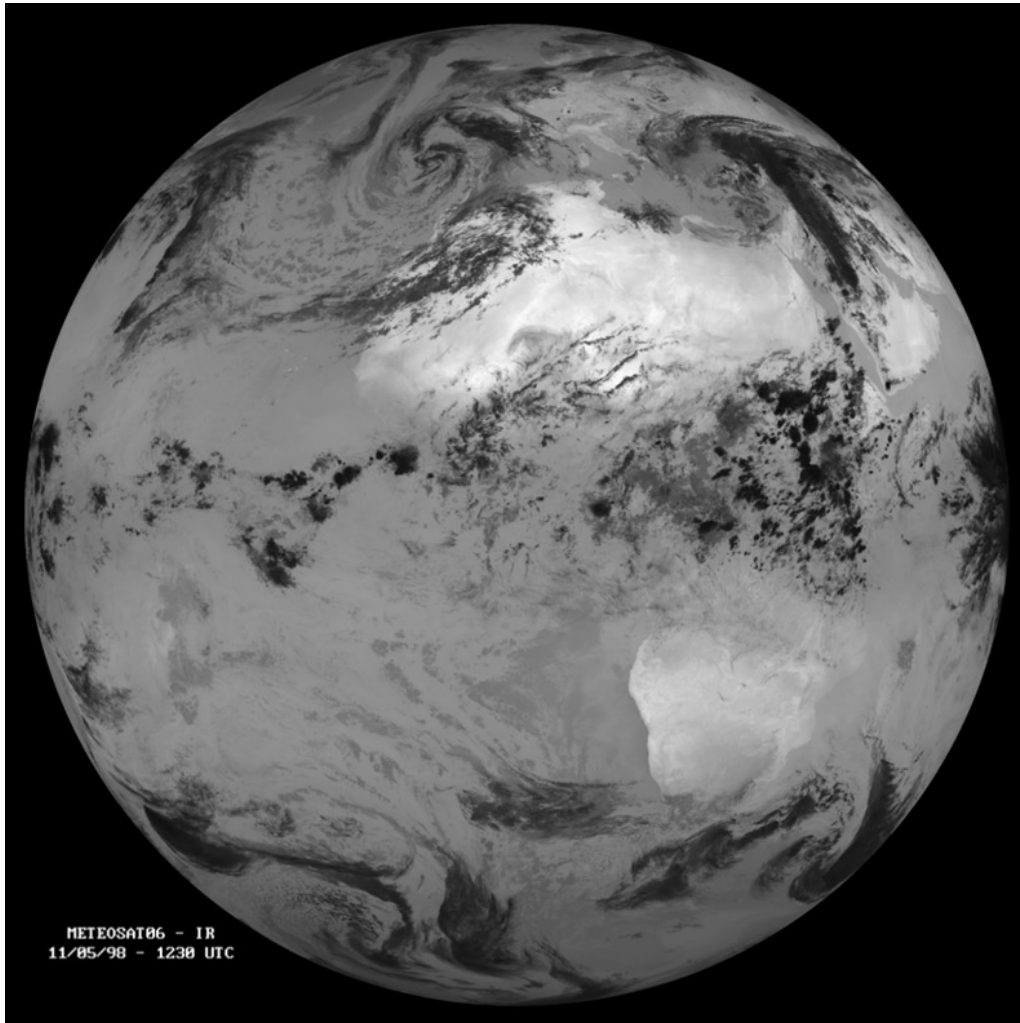
Dans les zones « sèches » où la vapeur d'eau se cantonne aux basses couches, le rayonnement émis est élevé.

Dans les zones « humides » où la vapeur d'eau est importante dans toutes les couches de l'atmosphère, le rayonnement émis est faible.



Particularités des images IR

On utilise une image inversée par rapport à celle d'origine. Sur la deuxième image, Les corps chauds apparaissent en noir, les corps froids en blanc.



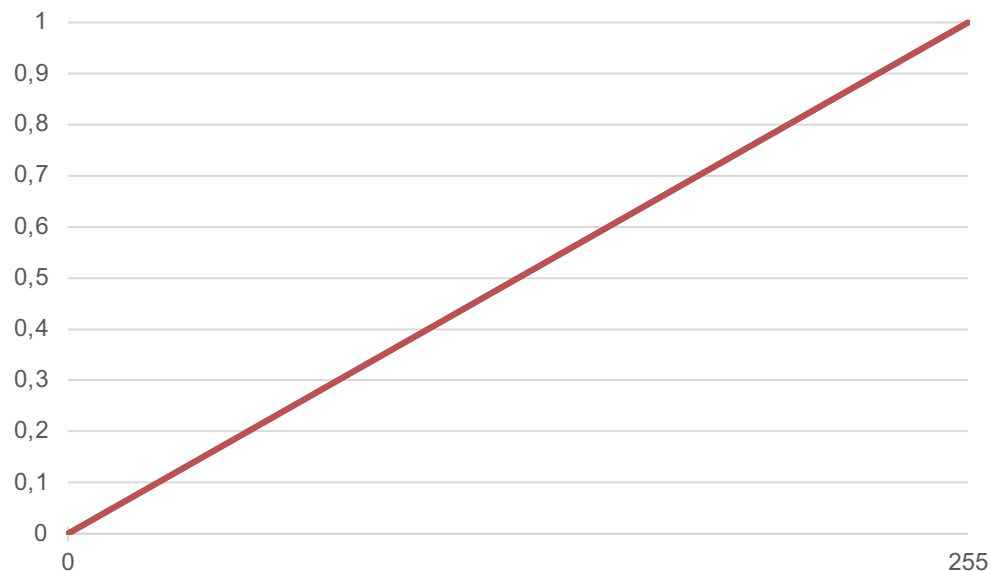
Les images en teintes de gris

Par convention, la valeur zéro représente le noir (intensité lumineuse nulle) et la valeur 255 le blanc (intensité lumineuse maximale).

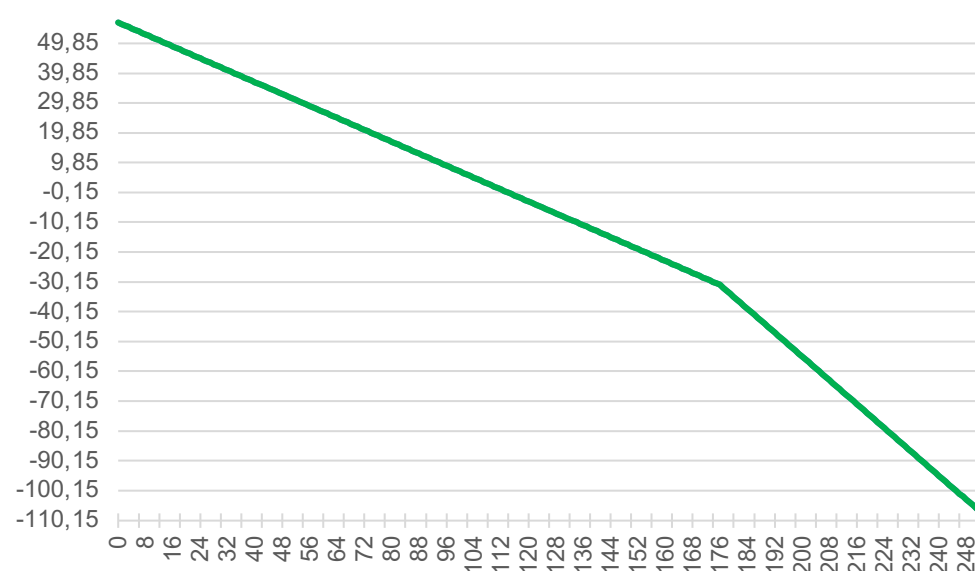


On applique une « dynamique » liant l'intensité de l'image à la valeur géophysique (albédo ou température).

Dynamique albédo



Dynamique mode A



Composition colorée – Imagerie RVB

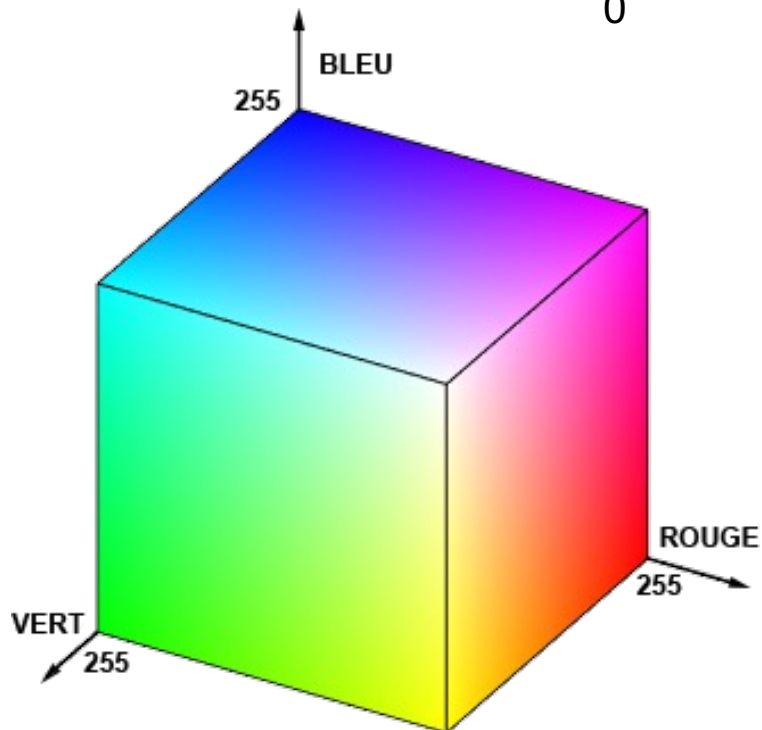
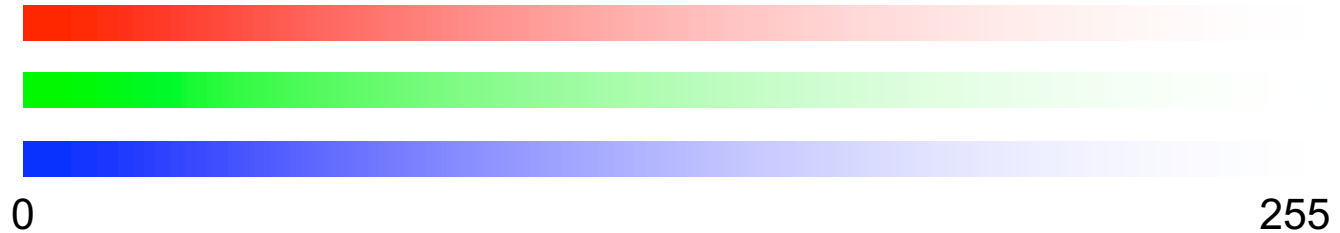
Les satellites météorologiques actuels embarquent des imageurs avec de nombreux canaux (12 pour Meteosat, 16 pour Himawari et Goes...).

L'imagerie en composition colorée multispectrale tire le meilleur parti des images en teintes de gris, les combine pour proposer une information synthétique aux utilisateurs. Il existe différents types de compositions colorées : détection des nuages, aérosols, neige au sol, zones convectives, masses d'air...

Plan rouge

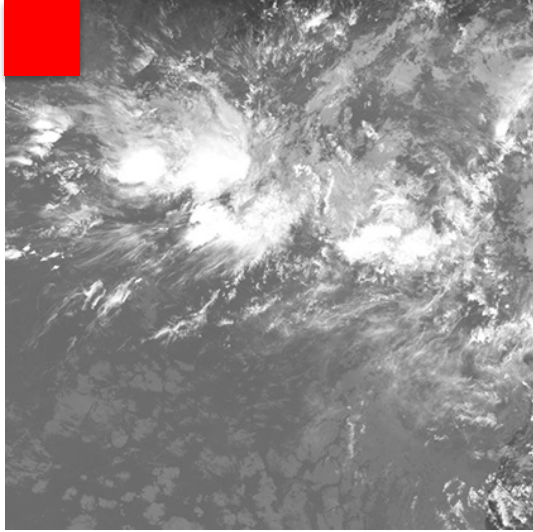
Plan vert

Plan bleu

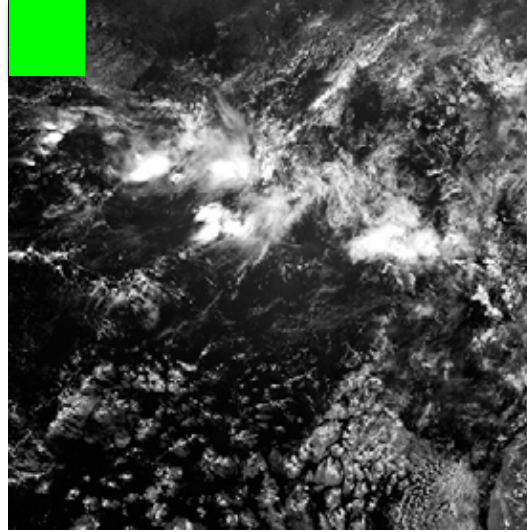


Système de synthèse additive à partir de trois couleurs primaires.
Trois plans sur 8 bits : 16 777 216 couleurs

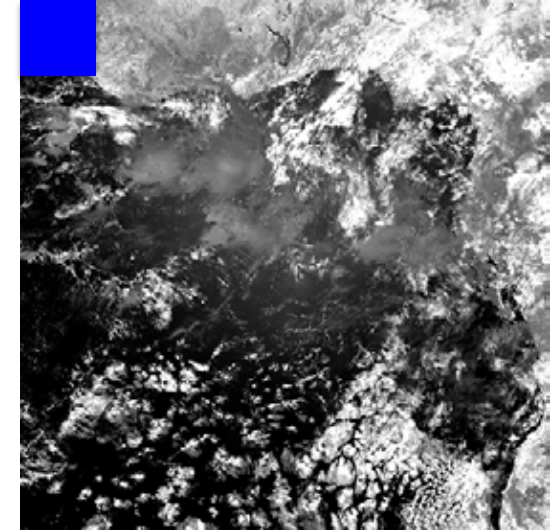
Composition colorée – Imagerie RVB



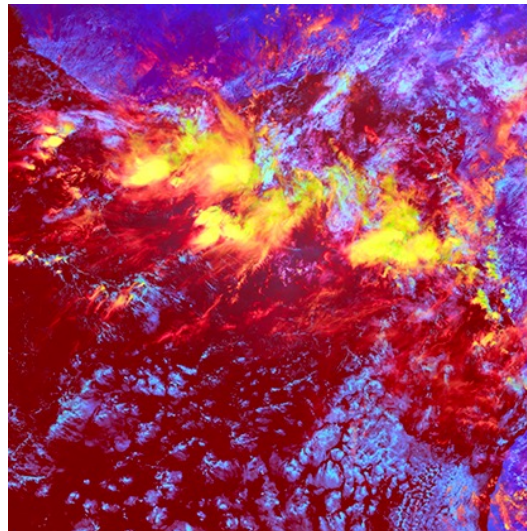
IR : nuages élevés



VIS : nuages épais

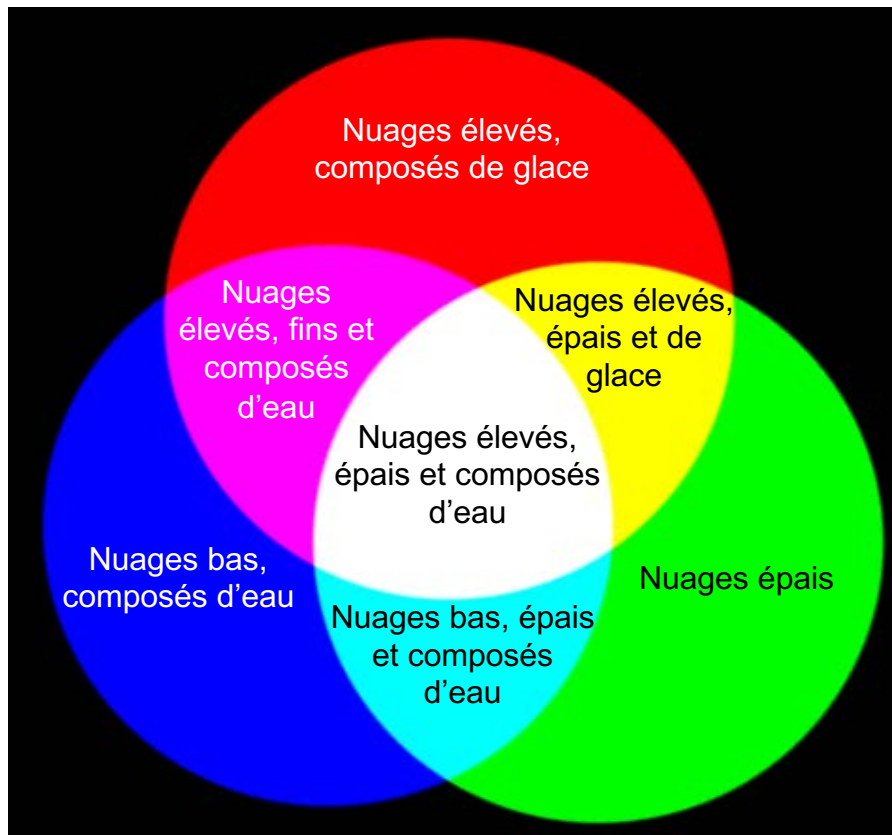


NIR : nuages d'eau
liquide

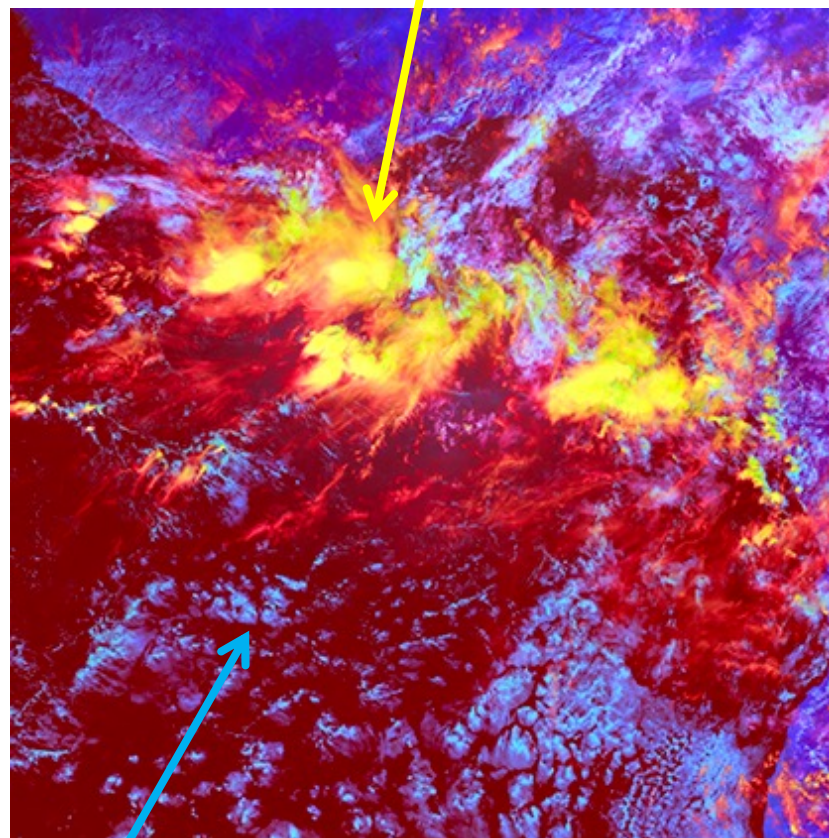


Composition colorée

Composition colorée – Imagerie RVB



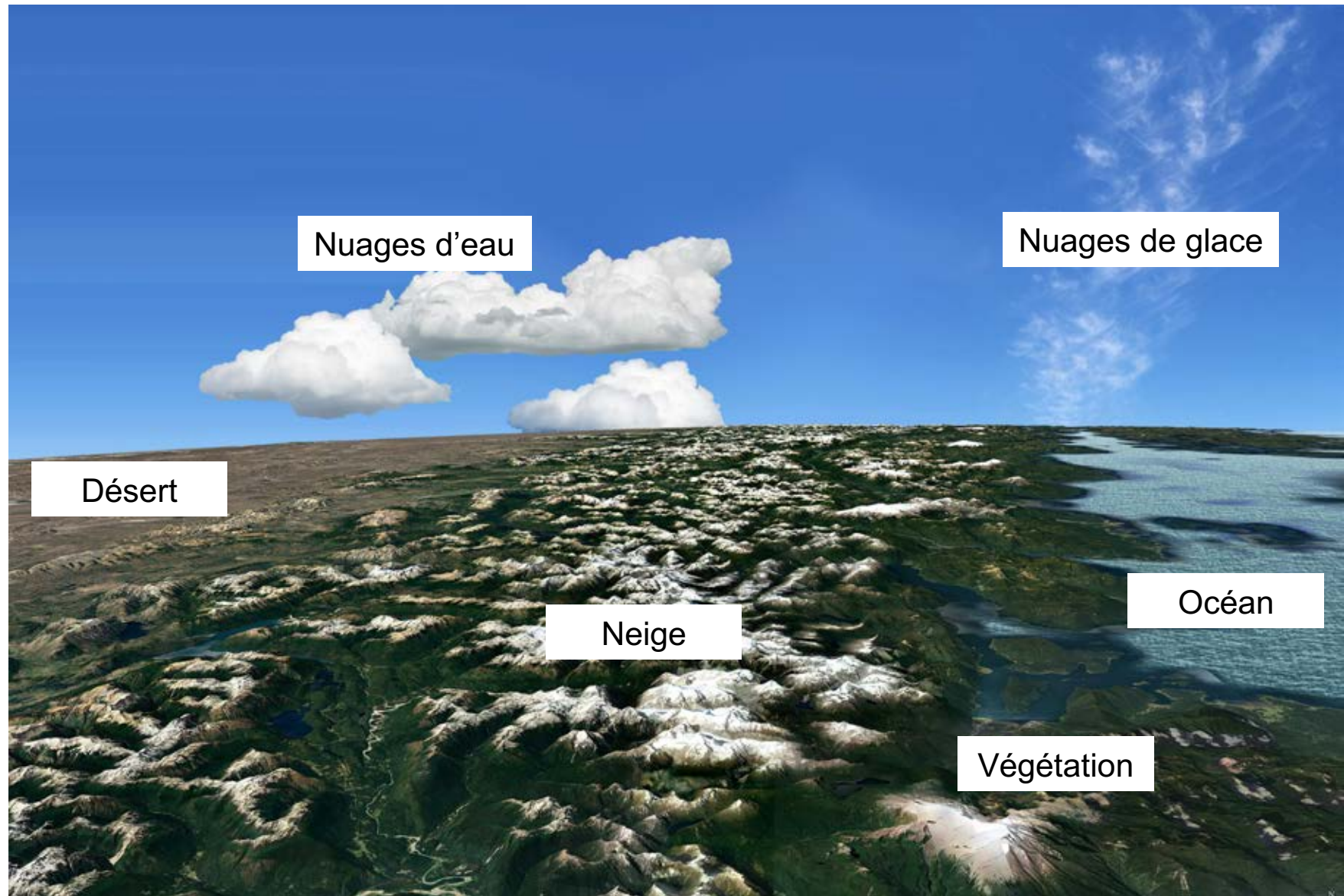
Les zones où les nuages sont élevés, épais avec des sommets composés de glace apparaissent en jaune



Les nuages bas en couleur cyan

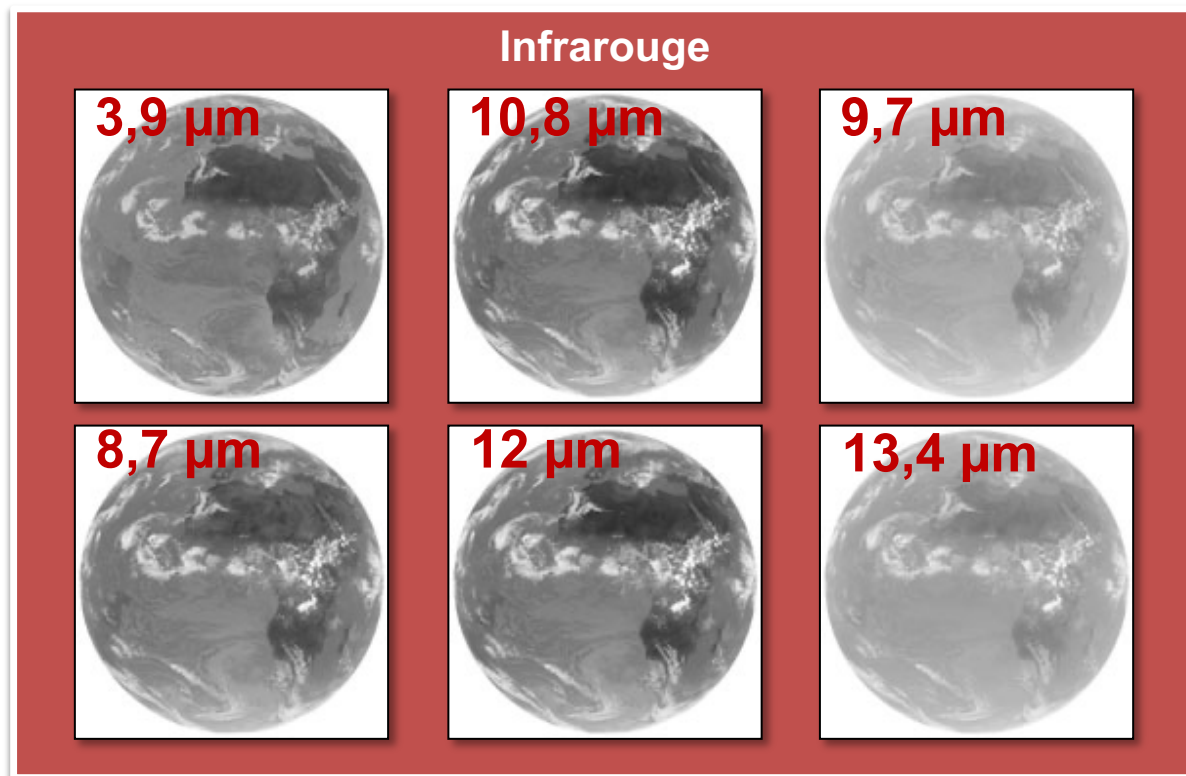
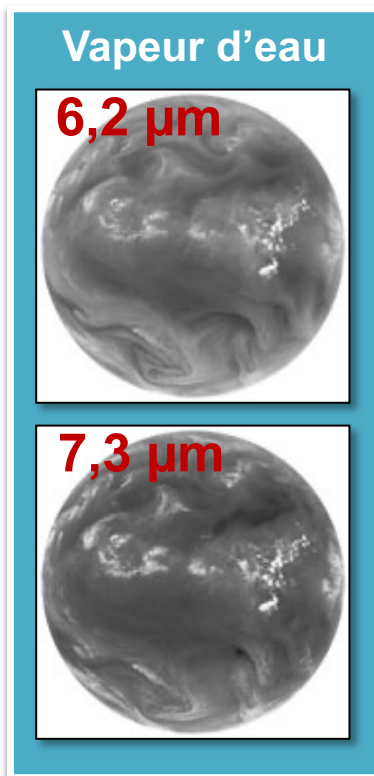
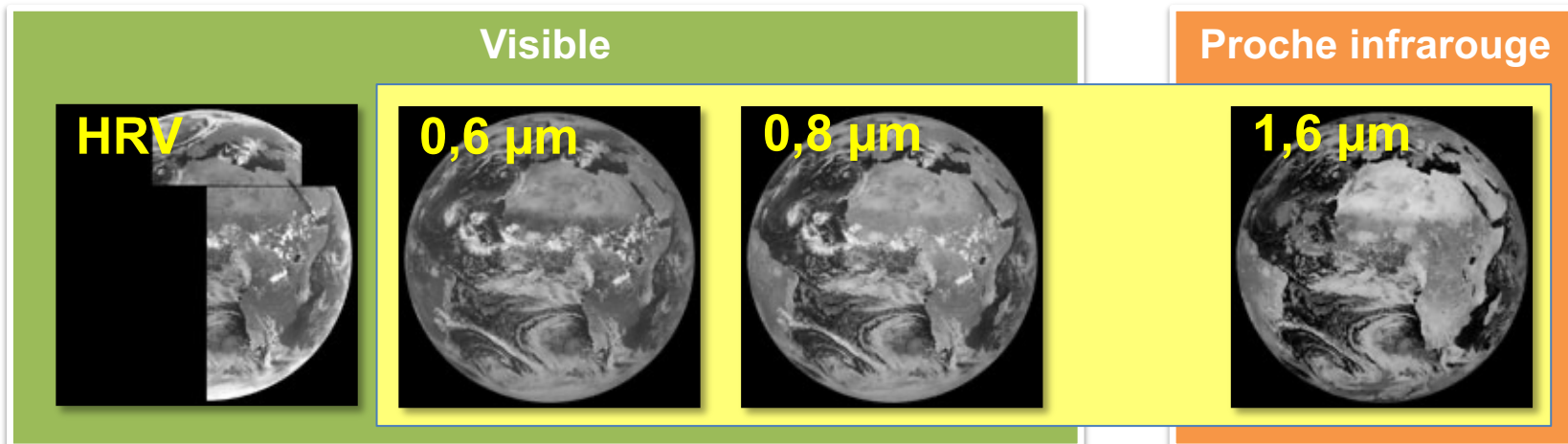
Composition colorée – Imagerie RVB

Exemple : essayons de proposer une image RVB qui mette en évidence les principaux paramètres de surface.

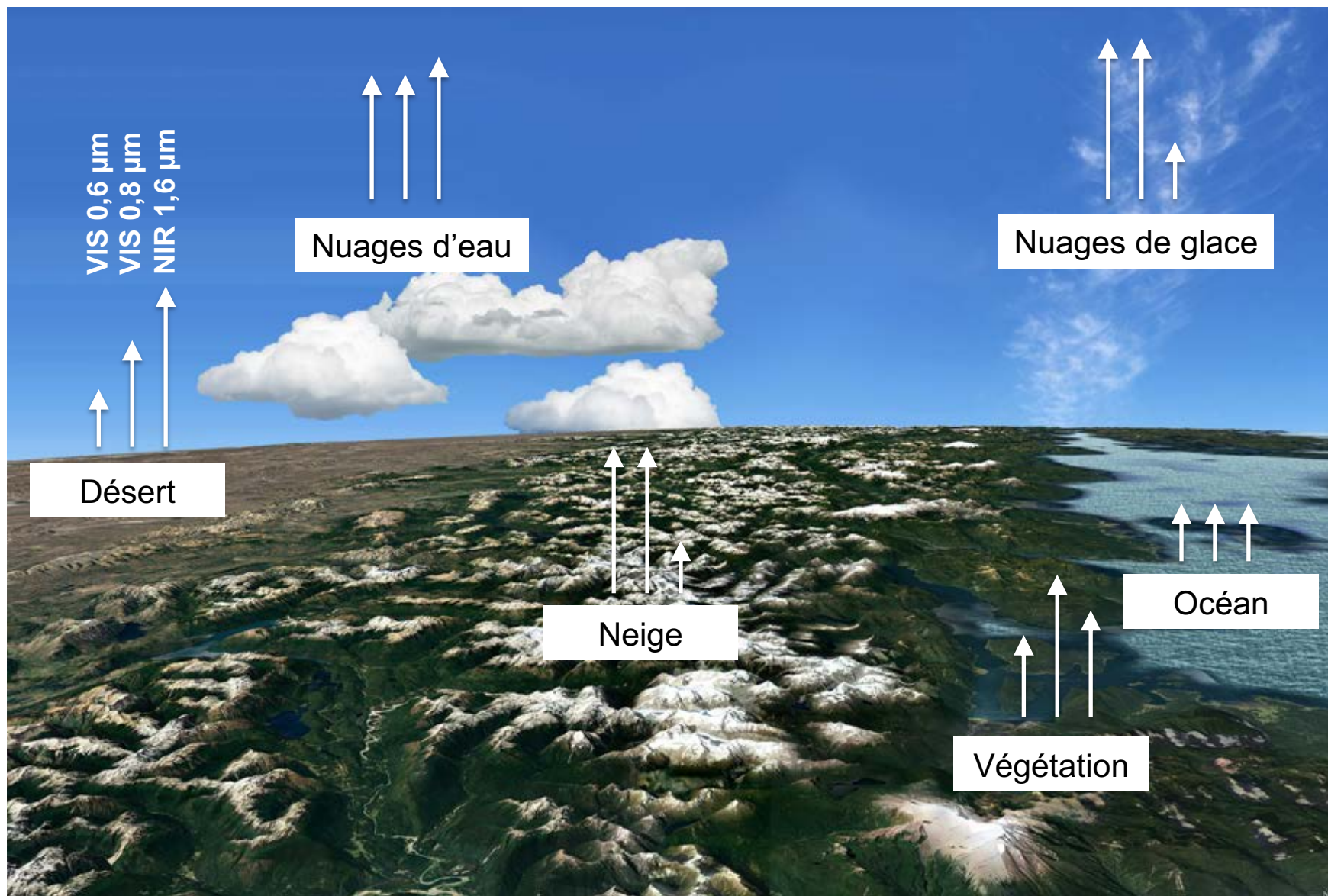


Composition colorée - Imagerie RVB

Pour caractériser les différents paramètres de surface (neige au sol, végétation, océan...), nous allons utiliser les canaux solaires de l'imageur SEVIRI.



Composition colorée - Imagerie RVB



Composition colorée - Imagerie RVB

VIS 0,8 μm

VIS 0,6 μm

NIR 1,6 μm

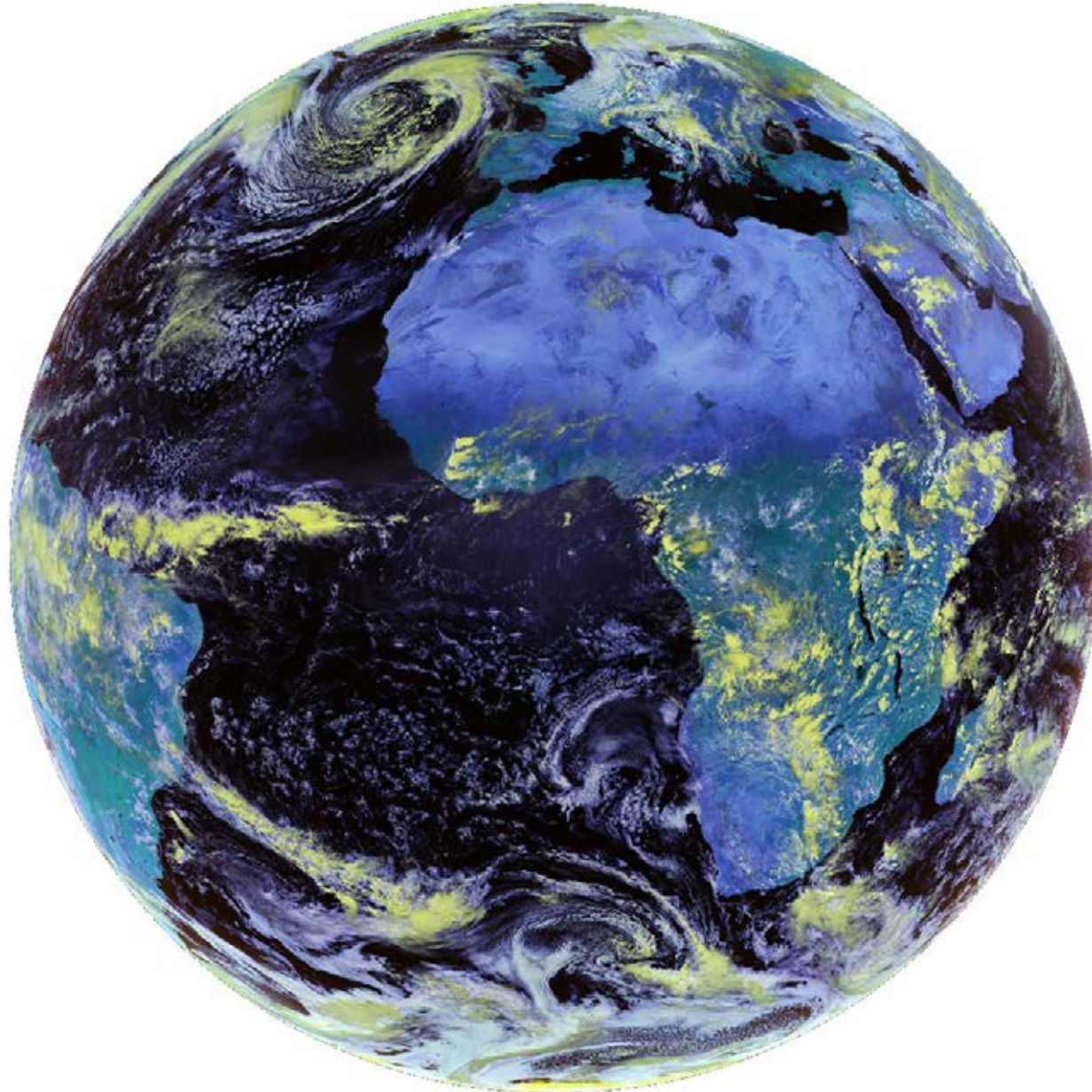


Composition colorée - Imagerie RVB

VIS 0,6 μm

VIS 0,8 μm

NIR 1,6 μm

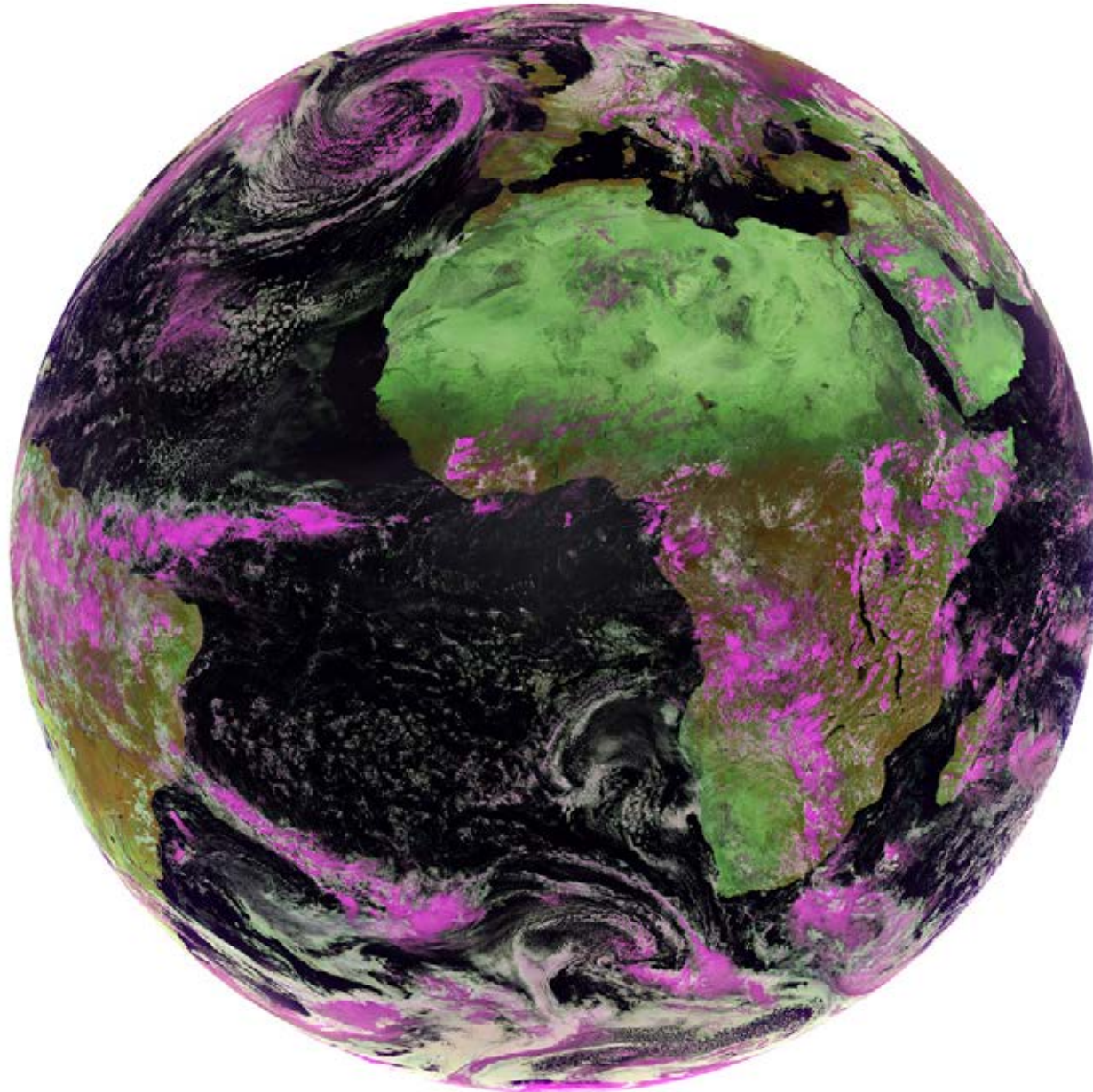


Composition colorée - Imagerie RVB

VIS 0,6 μm

NIR 1,6 μm

VIS 0,8 μm

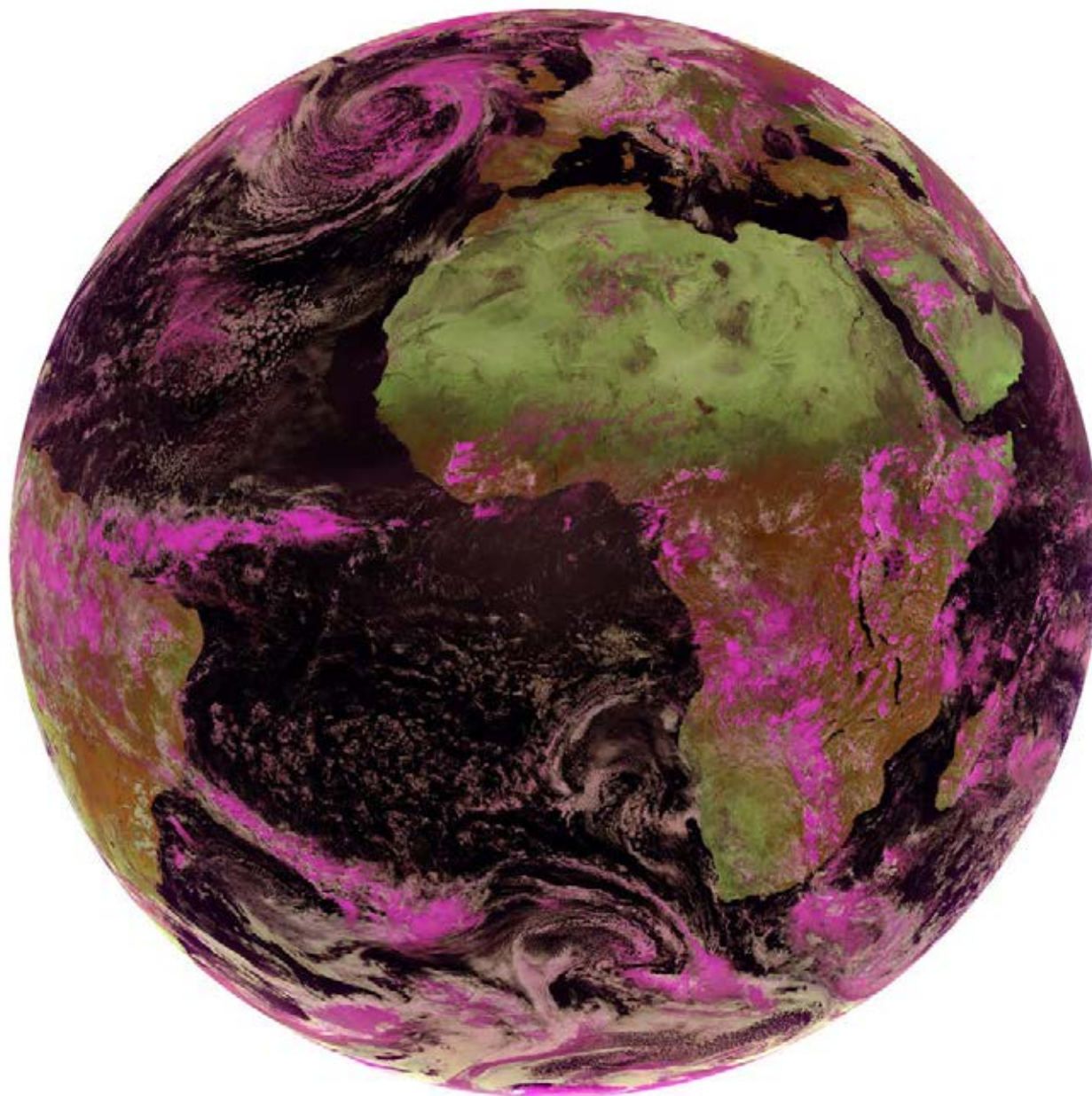


Composition colorée - Imagerie RVB

VIS 0,8 μm

NIR 1,6 μm

VIS 0,6 μm

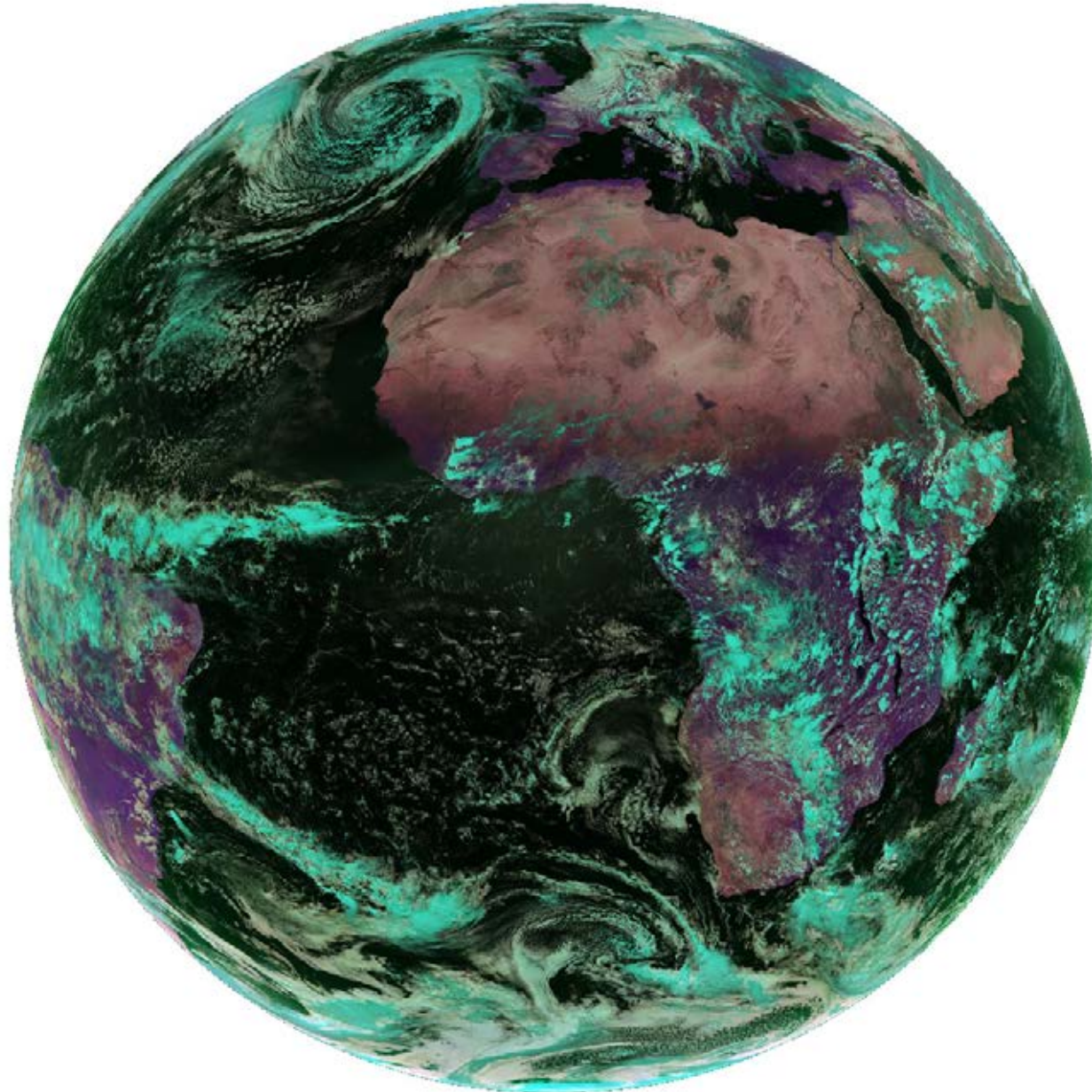


Composition colorée - Imagerie RVB

NIR 1,6 μm

VIS 0,6 μm

VIS 0,8 μm

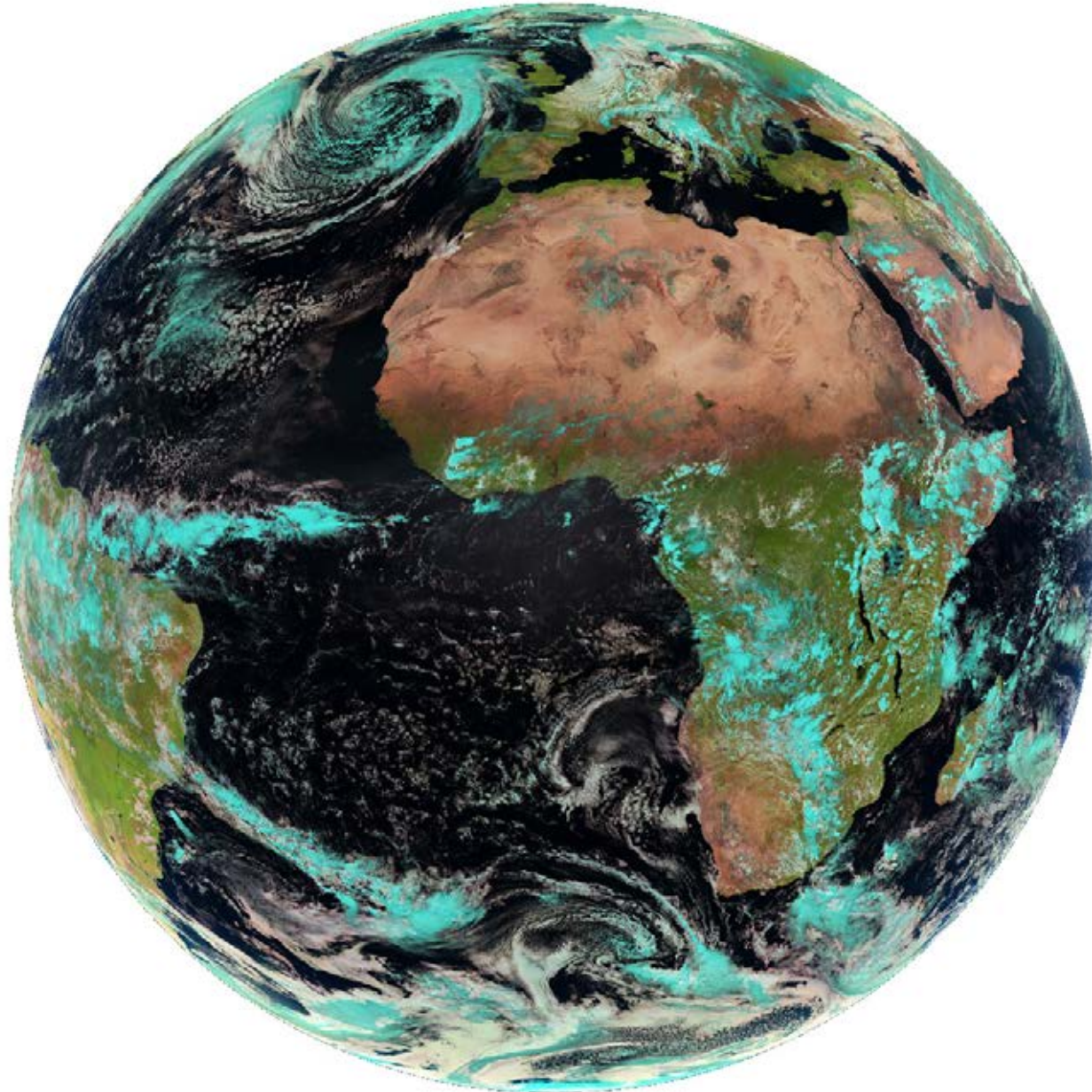


Composition colorée - Imagerie RVB

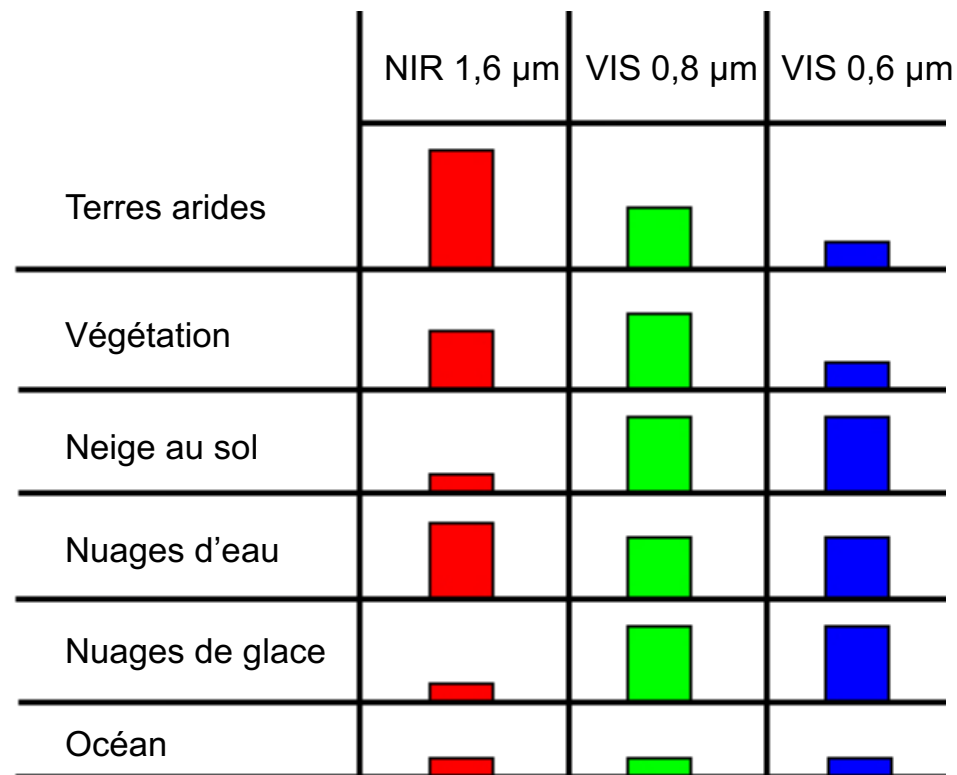
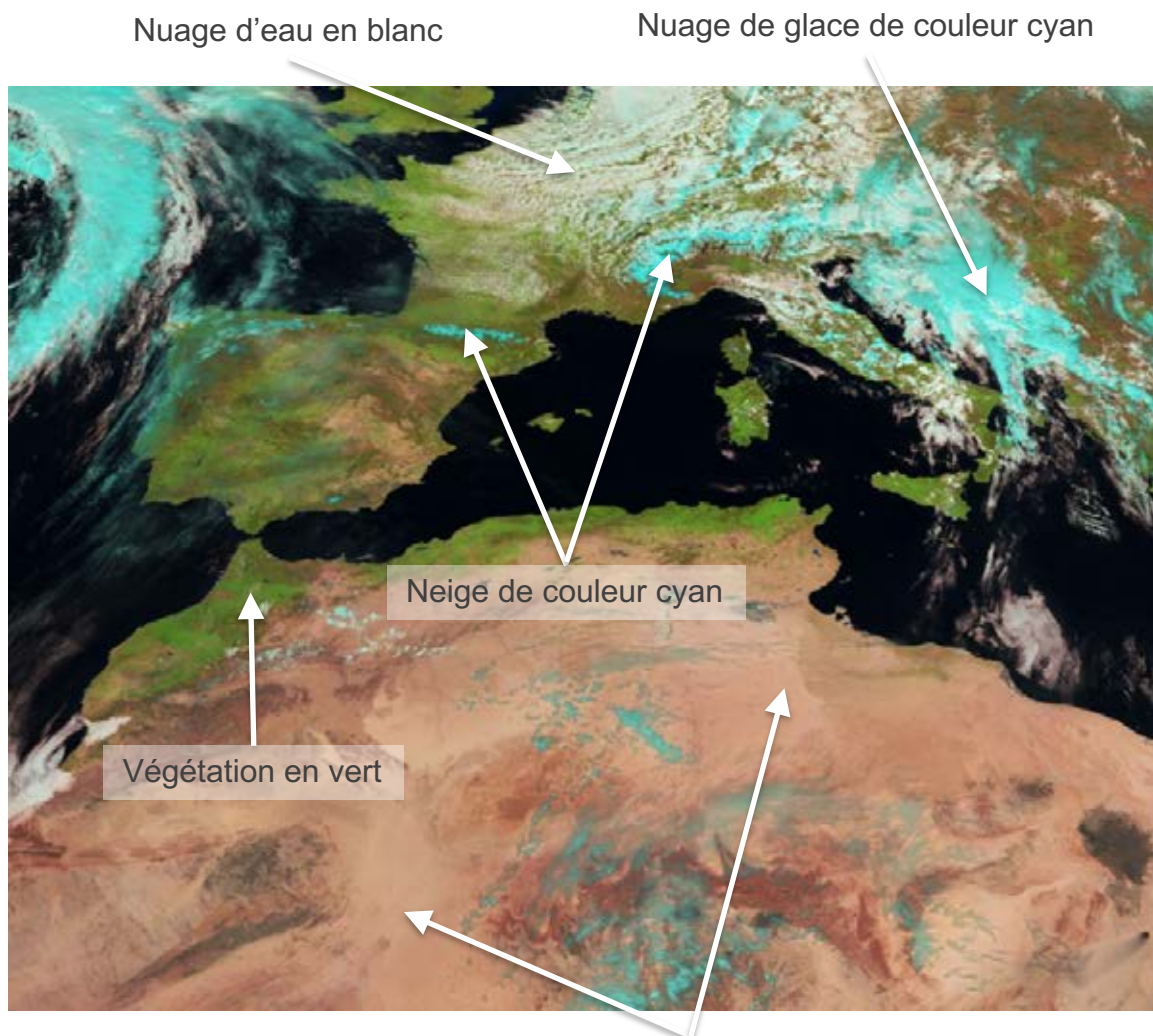
NIR 1,6 μm

VIS 0,8 μm

VIS 0,6 μm



Le produit *Natural colour* d'Eumetsat

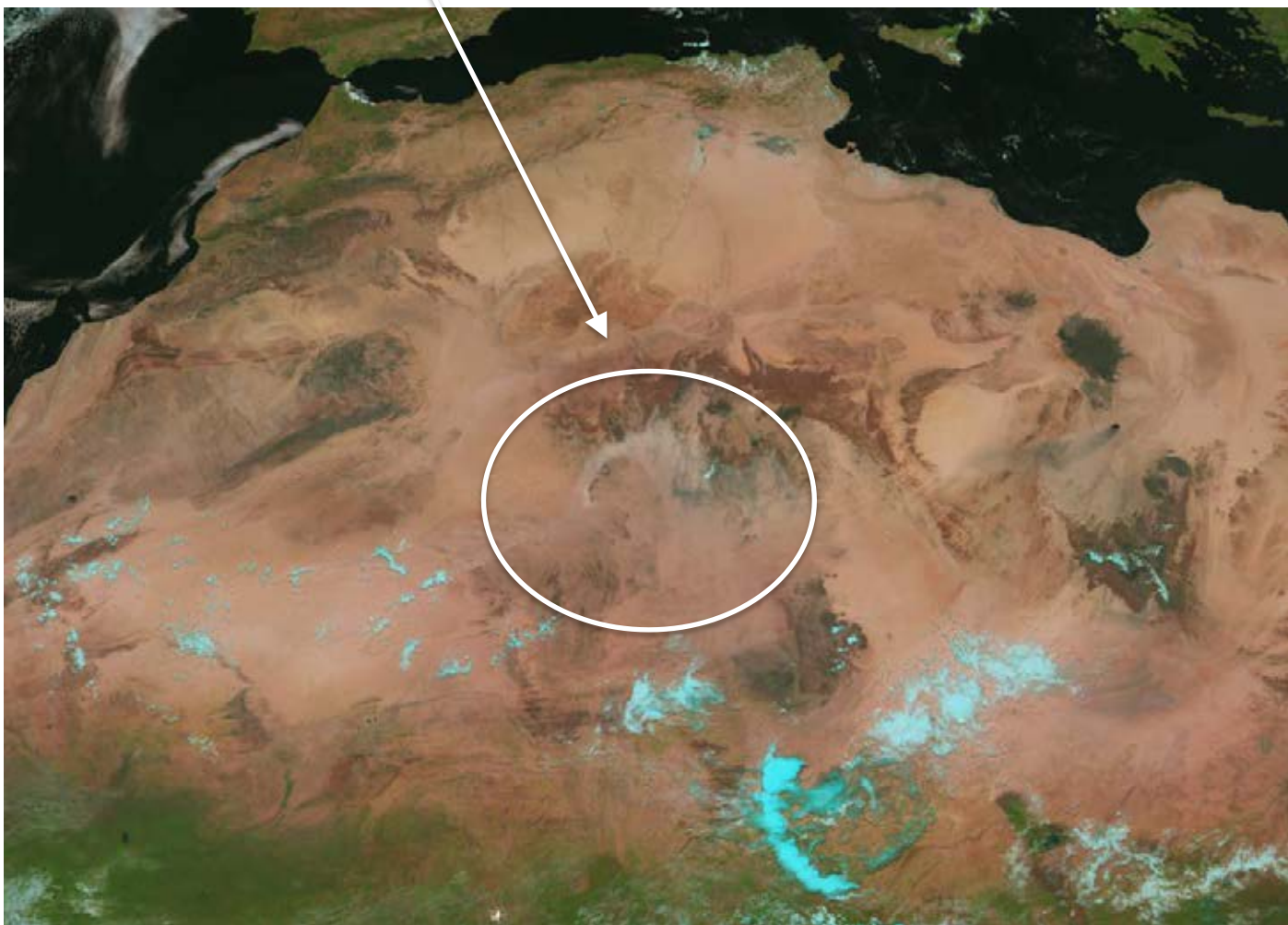


Déserts et sols arides en marron plus ou moins foncé :

- forte contribution du NIR 1,6 μm en rouge
- légère contribution du VIS 0,8 μm en vert
- très faible contribution du VIS 0,6 μm en bleu

Le produit *Natural colour* d'Eumetsat

Cette image *Natural colour* permet difficilement de mettre en évidence la virgule formée par les poussières de sable en suspension sur le sud algérien.



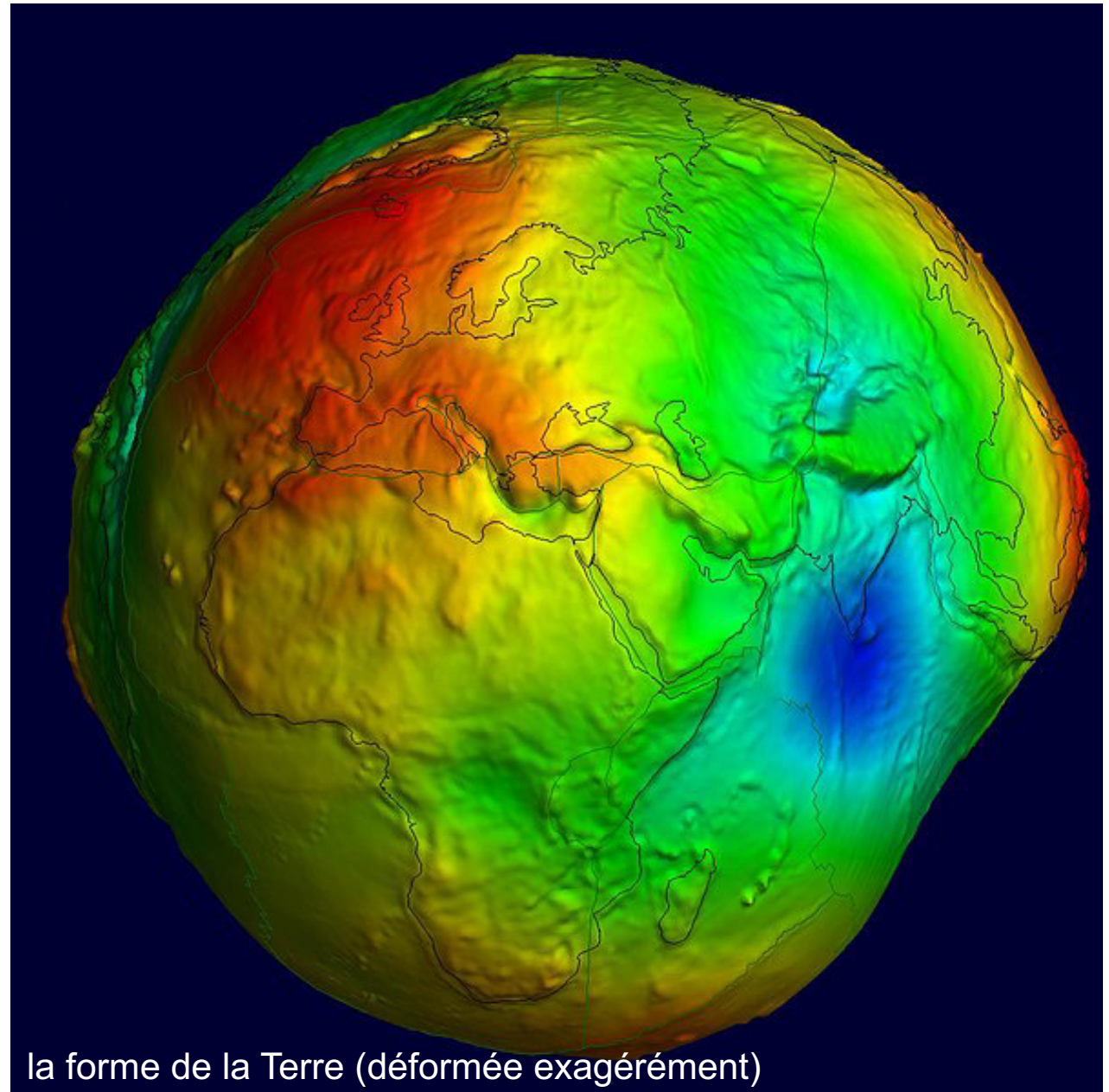
Les projections cartographiques – le géoïde

Non, la Terre n'est pas plate ! Mais elle n'est pas ronde non plus.

Elle ressemble à une patate déformée par les différentes forces d'attraction, de rotation, de densité, de masse...

Il faut donc simplifier le modèle. Plusieurs étapes :

- approche sous forme de géoïde, qui lisse le relief (mesure du champ de pesanteur) ;
- simplification en ellipsoïde (modèle le plus proche du géoïde) voire même sous forme de sphère.



Les projections cartographiques – le système géodésique



La plupart des systèmes géodésiques reposent sur un ellipsoïde de révolution conventionnel (choisi de manière à approcher le géoïde) dont les paramètres sont généralement :

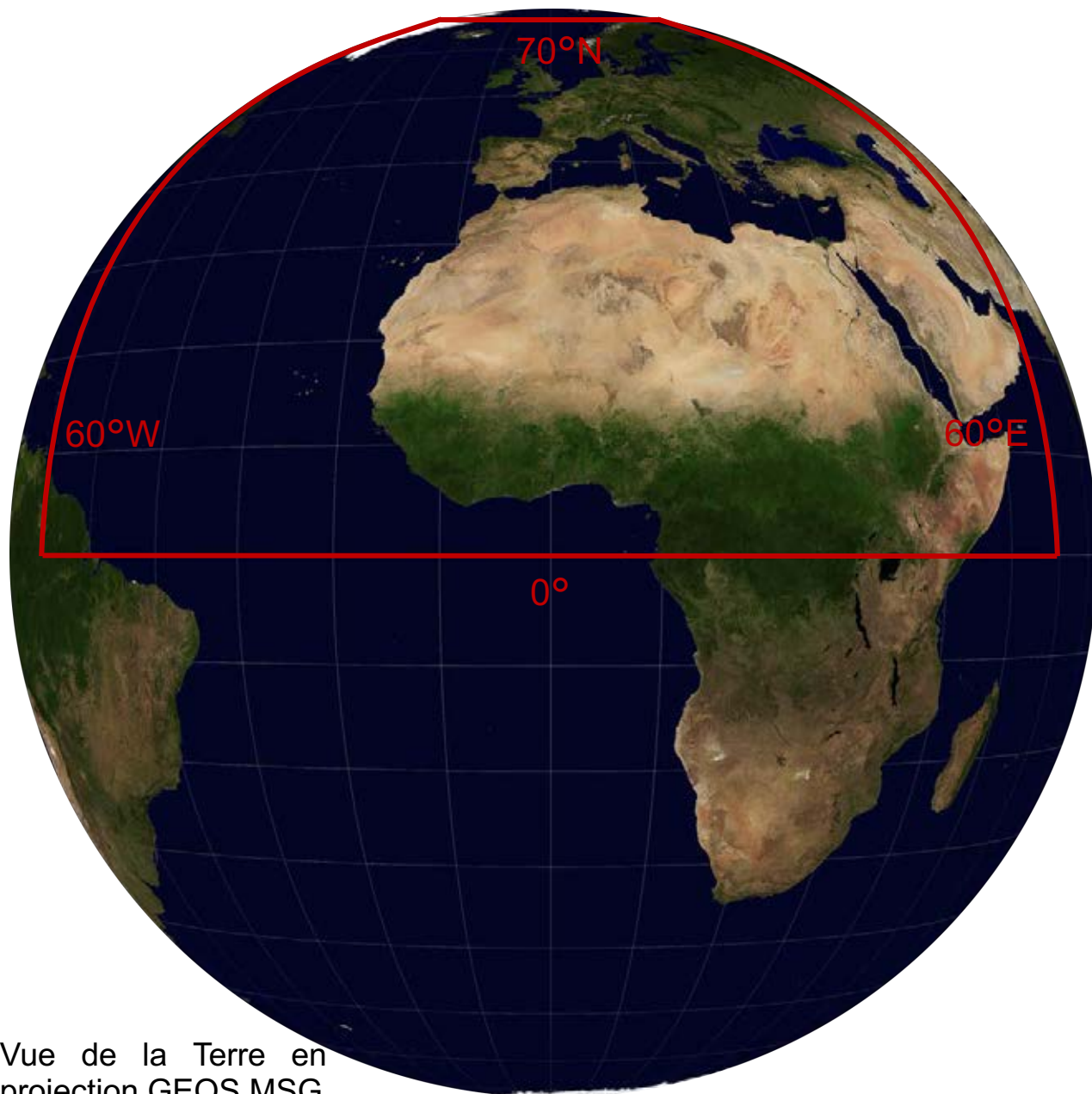
- son centre O ;
- son demi-grand axe a ;
- son aplatissement f .

Dans un système ainsi défini, chaque point est localisé par ses coordonnées géographiques qui peuvent être exprimées en valeur angulaire (latitude, longitude) et en mètre (hauteur).

Le système géodésique le plus utilisé dans le monde est le système WGS84, associé au système de positionnement GPS.

Il existe différents types de coordonnées suivant le système géodésique et la projection utilisés : soit en degrés, soit en mètres.

Les projections cartographiques



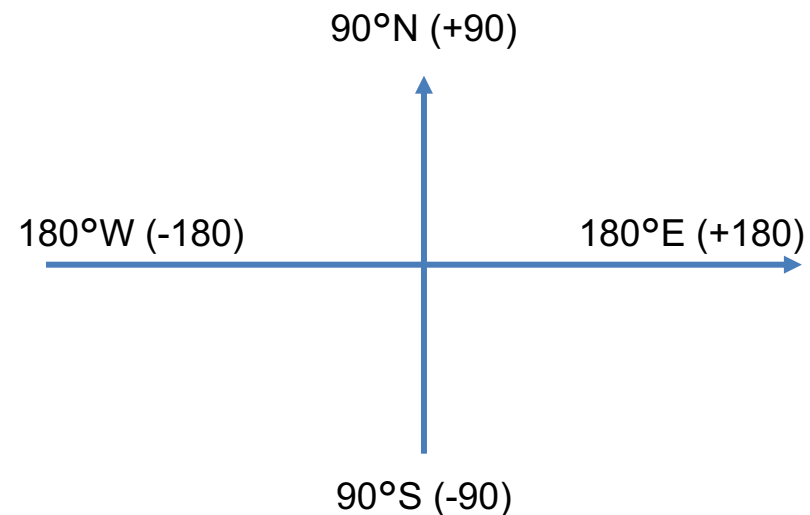
Vue de la Terre en
projection GEOS MSG

La projection consiste à développer un volume pour en faire une représentation à plat.

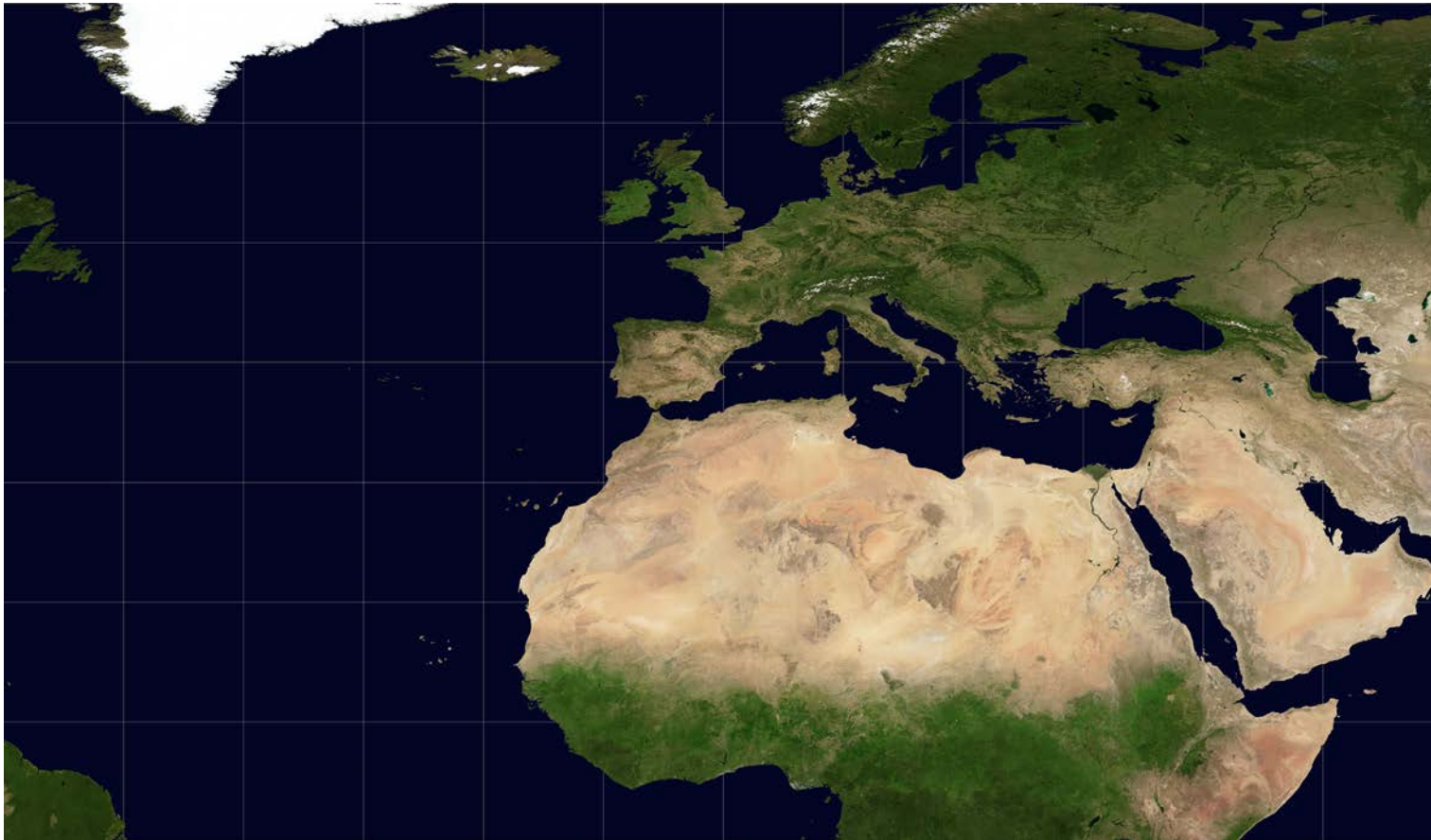
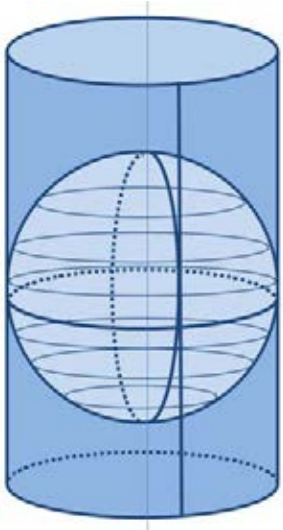
Il existe des projections pour conserver :

- les surfaces (projection équivalente) ;
- les angles (projection conforme) ;
- les distances (projection équidistante).

Convention :

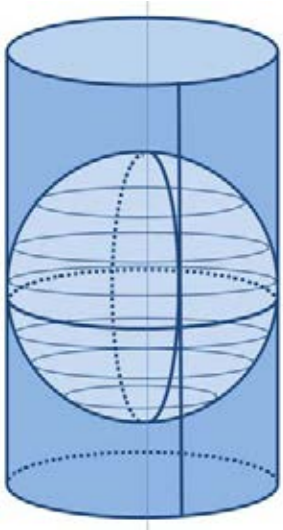


Les projections cartographiques – projection cylindrique



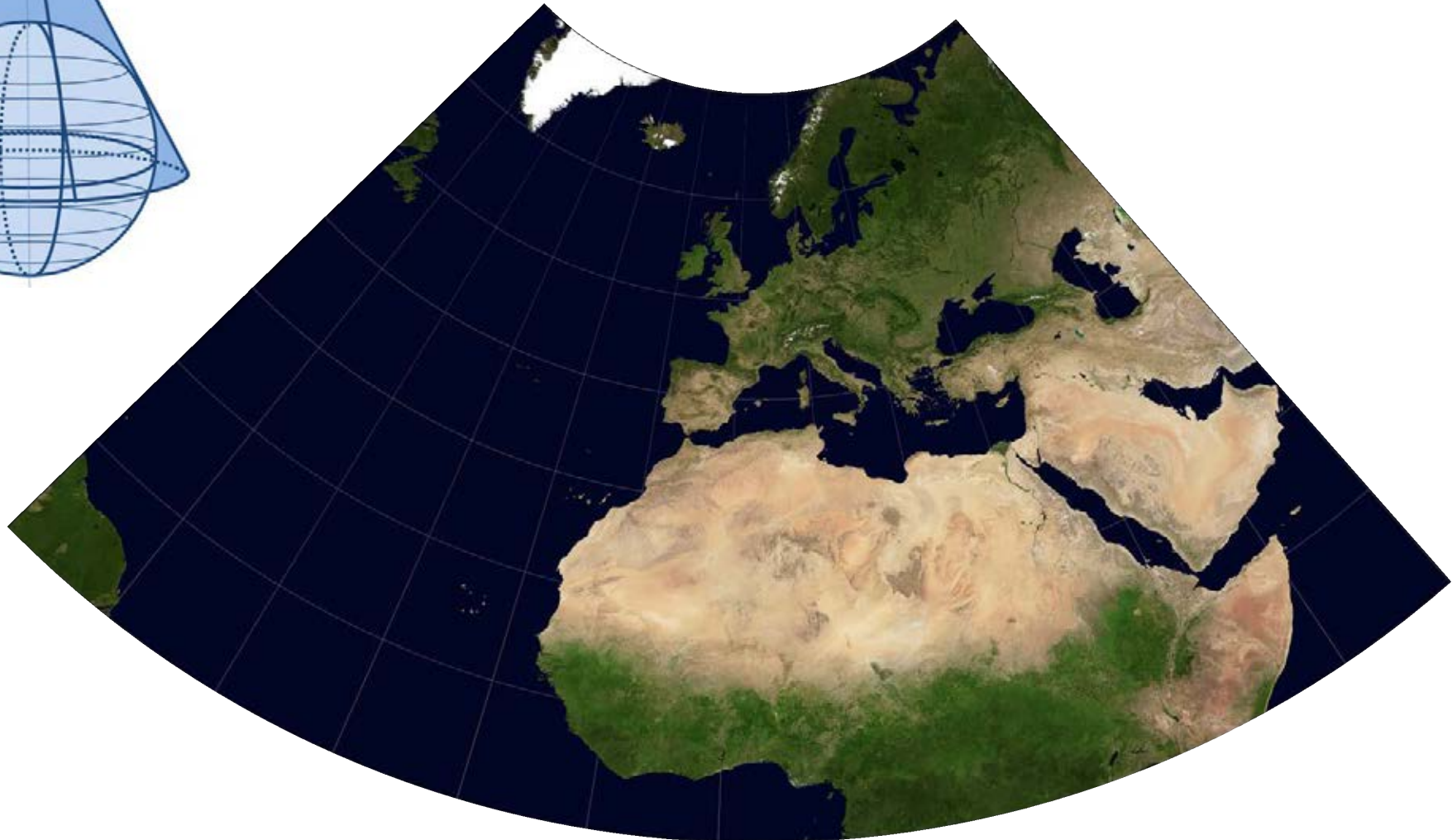
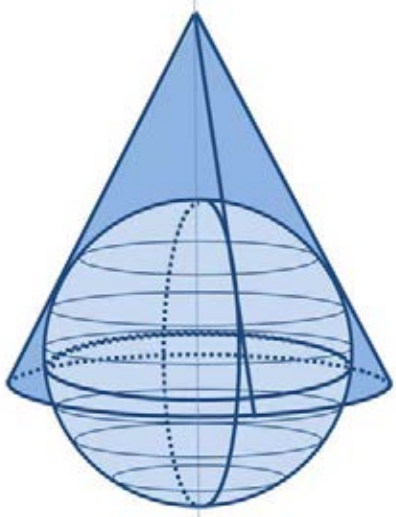
Projection cylindrique équidistante (EPSG:4326), appelée aussi « plate carrée » quand elle est centrée sur l'équateur. Conserve les distances le long des méridiens

Les projections cartographiques – projection cylindrique



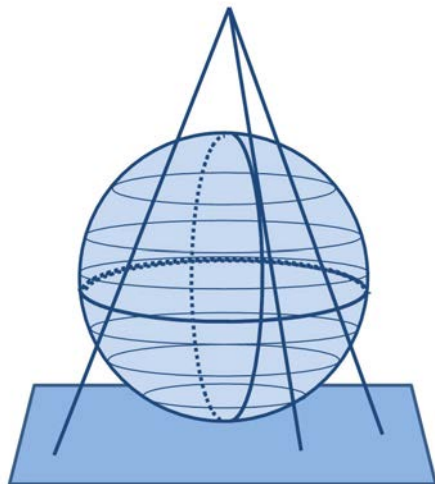
Projection Mercator (EPSG:3395)
conforme (conserve les angles)

Les projections cartographiques – projection conique



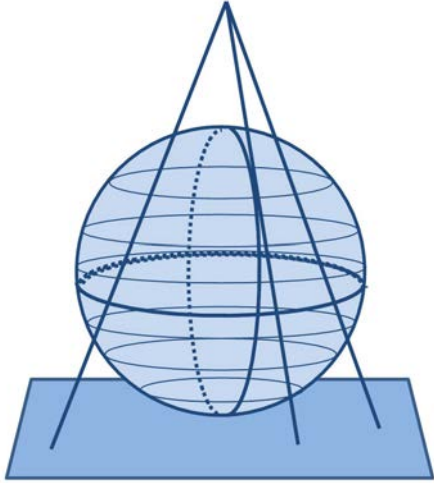
Projection conique conforme de Lambert

Les projections cartographiques – projection azimutale



Projection stéréographique polaire (EPSG:3995)

Les projections cartographiques – projection azimutale



Projection orthographique (exemple pour un plan tangent en lon 0° et lat 45°)

JPSS, AQUA, TERRA...

<https://worldview.earthdata.nasa.gov>

The image shows the NASA WorldView web application interface. The main view is a satellite-style map of the Earth, centered on the Atlantic Ocean, showing cloud cover and landmasses. The interface includes a top navigation bar with the NASA logo and 'WORLDVIEW' text, and a right-side toolbar with icons for home, search, camera, and help. A left sidebar contains a 'Layers' panel with 'OVERLAYS' and 'BASE LAYERS' sections. The 'OVERLAYS' section includes options for Nighttime Imagery, Fires and Thunderstorms, and Orbital Tracks. The 'BASE LAYERS' section includes options for Corrected Reflectance. A bottom timeline shows the date '2017 AUG 23' and navigation controls for time and zoom. A scale bar in the bottom right indicates 1000 km and 1000 mi.

Données Sentinel – EO Browser

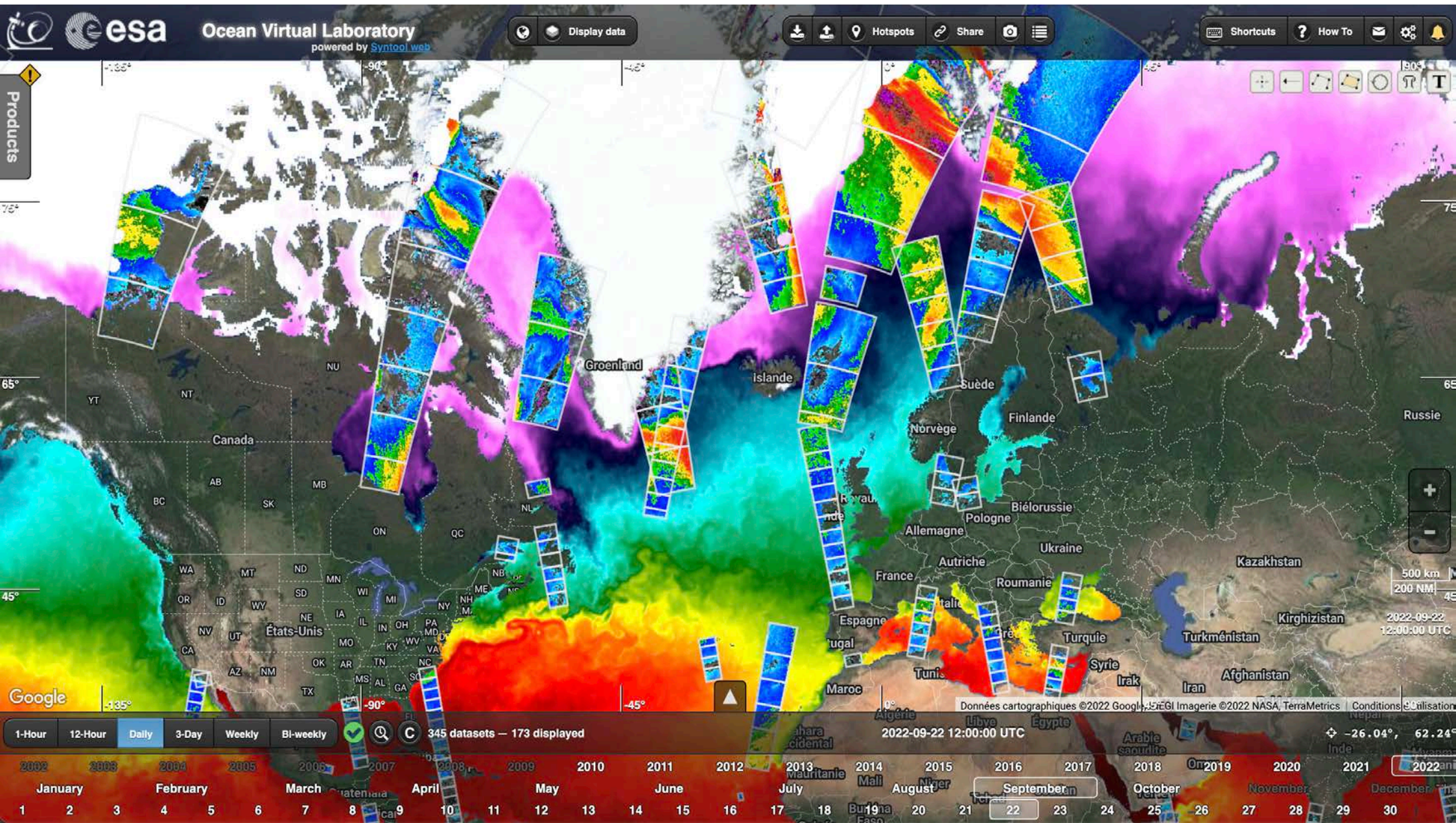
<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

The screenshot displays the EO Browser interface. On the left, a sidebar contains navigation and visualization controls. The top of the sidebar shows the EO Browser logo, a language dropdown set to 'ENGLISH', and a power icon. Below this are tabs for 'Discover', 'Visualize', 'Compare', and 'Pins'. The main section of the sidebar is titled 'Dataset: Sentinel-2 L2A' and includes a 'Show L1C' button. A date selector is set to '2021-10-13' with a 'Timespan' label. Below the date are icons for pinning, layers, comparison, zoom, and sharing. A list of visualization options is provided, including 'True color' (Based on bands 4,3,2), 'False color' (Based on bands 8,4,3), 'NDVI' (Based on combination of bands (B8 - B4)/(B8 + B4)), 'False color (urban)' (Based on bands 12,11,4), 'Moisture index' (Based on combination of bands (B8A - B11)/(B8A + B11)), 'SWIR' (Based on bands 12,8A,4), 'NDWI' (Based on combination of bands (B3 - B8)/(B3 + B8)), 'NDSI' (Based on combination of bands (B3 - B11)/(B3 + B11)), and 'Scene classification map'. At the bottom of the sidebar, it states 'Powered by Sentinel Hub with contributions by ESA v3.10.1'.

The main area of the interface shows a satellite map of a coastal region. The map is overlaid with a 'True color' visualization. Several roads are labeled on the map: 'Bd de la Mer', 'Route de Kernu', 'Rte de Nantouar', 'rte de Kerjeân', 'Rte de Kerhuado', 'Rte de Tréguier', and 'rte de Trélévern'. The map is surrounded by a dark interface with various icons for navigation and data management. At the bottom of the map, there is a status bar showing coordinates: 'Lat: 48.82941, Lng: -3.40482' and a scale of '500 m'.

Données Sentinel – Ocean Virtual Laboratory

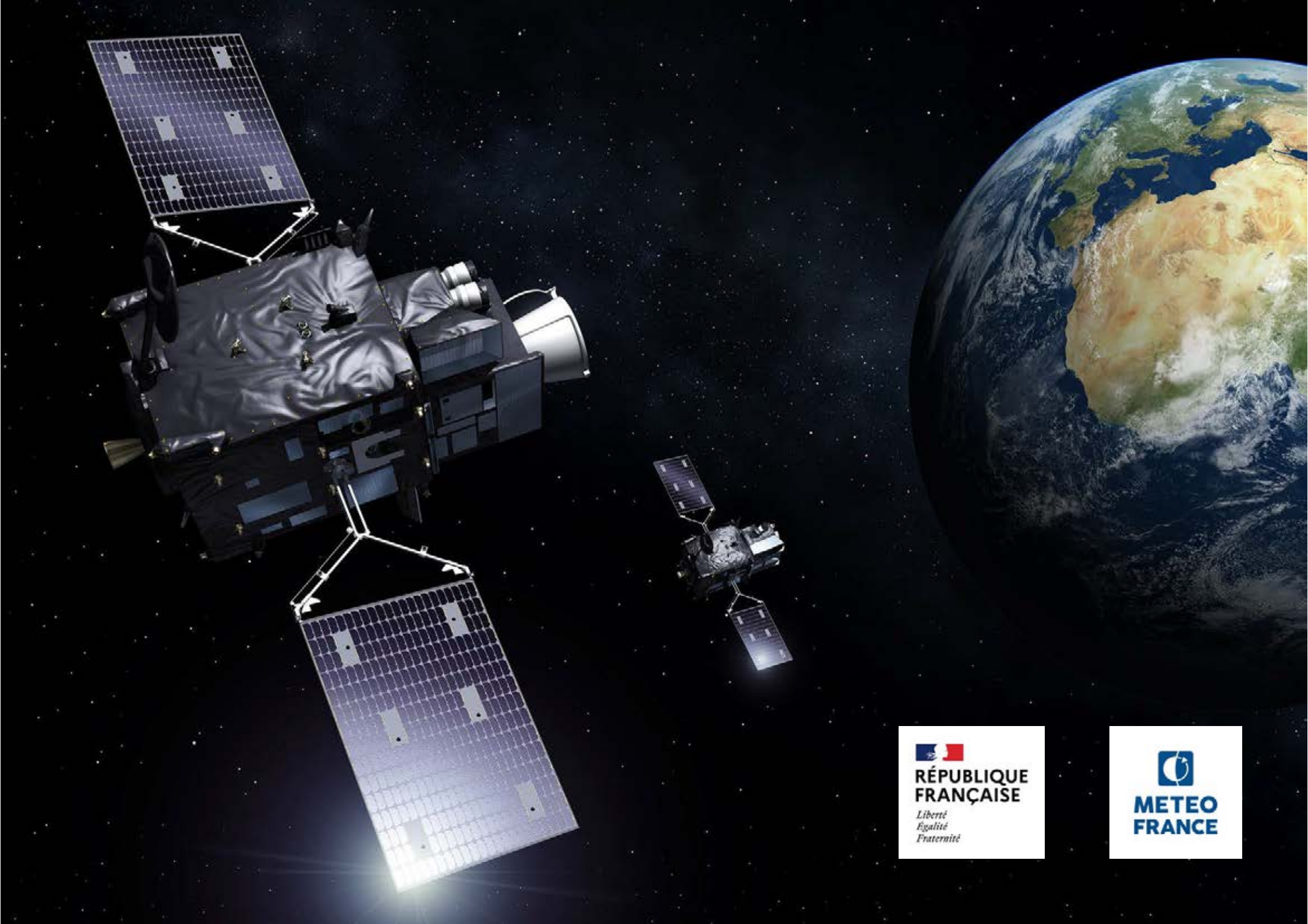
<https://ovl.oceandatalab.com/>



Données Eumetsat – EUMETView

<https://view.eumetsat.int/>

The screenshot displays the EUMETSAT EUMETView web interface. At the top left, the EUMETSAT logo and "DATA SERVICES" are visible. The top right navigation bar includes "API access", "Download queue", "My Views", and a user profile "dpcmsvds". The main content area features a global satellite data map with a color scale from purple (low) to red (high). A left-hand sidebar titled "EUMETView" contains a "Layers" section with two active layers: "Precipitation rate at ground by ..." and "Airmass RGB - MSG - 0 degree". Below the layers are sections for "Overlays", "Basemap", and "Projection" (with options for Geographic, Spherical Mercator, and North Polar). A right-hand sidebar contains map navigation controls like zoom in (+), zoom out (-), and a search icon. At the bottom, a time navigation bar shows the date "October 2022" and time "2022 Oct 11 07 : 45 UTC", with a timeline for the month and a "Days" selector. A scale bar in the bottom right corner indicates "2000 km".




**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**METEO
FRANCE**