

teach with space

USER



GUIDE

Copernicus Browser GUIDE DE DÉMARRAGE

Observation de la Terre à faire vous-même en classe



Observation de la Terre à faire vous-même en classe

Qu'est-ce que Copernicus Browser ?

Copernicus Browser est un outil développé par l'agence spatiale européenne (ESA), accessible gratuitement sans limite de temps, donnant accès aux observations hautes résolutions effectuées par les satellites Sentinel du programme européen Copernicus. Il est ainsi possible d'accéder aux observations faites avec les satellites Sentinel 1, 2, 3 et 5 depuis 2015 partout dans le monde. Ces satellites étant en orbite basse, ils repassent au-dessus du même endroit très régulièrement (entre 1 et 16 jours), ce qui permet d'obtenir un très bon suivi des phénomènes climatiques, de la végétation ou encore des glaciers. Grâce aux différentes couches disponibles donnant accès à des combinaisons prédéfinies de bandes spectrales (vraies ou fausses couleurs, NDVI, NDWI, etc.), il est possible de mettre en évidence la couverture au sol et/ou certains phénomènes, et de télécharger vos images en haute résolution.

Comment utiliser Copernicus Browser dans l'enseignement ?

Copernicus Browser permet de rechercher des images satellites sur l'ensemble de la surface terrestre (une ville, un glacier, un lac ou encore un volcan en activité). En plus des images prises dans le domaine visible (la partie du spectre lumineux observable par nos yeux), cet outil donne également accès à des images obtenues dans d'autres parties du spectre, comme l'infrarouge, et retravaillées pour faire ressortir certaines surfaces ou phénomènes. Les images peuvent être également téléchargées dans différents formats. Il est ainsi possible d'étudier la santé de la végétation ou encore la concentration en chlorophylle des masses d'eau en sélectionnant l'un des nombreux indices utilisés par les scientifiques.

Les données satellites s'étalant sur près d'une décennie avec des observations régulières d'un même endroit, cela permet d'étudier les changements survenus sur Terre et notamment de les analyser via la fonction de comparaison ou en créant un timelapse (série temporelle). Cela permet d'explorer l'évolution du paysage selon les saisons, de mesurer la taille d'une zone déboisée ou d'étudier les conséquences d'une éruption volcanique.

Enfin, les données disponibles permettent de suivre l'évolution de l'atmosphère et de la pollution de l'air et même d'observer la Terre à travers les nuages grâce aux images radars. Copernicus Browser permet également de réaliser des activités interdisciplinaires et peut servir de support à des cours et projets STIM (Sciences Technologie Ingénierie Mathématiques) en classe, tels que le projet éducatif [Climate Detectives](#) de l'ESA coordonnée en France par le CNES.

A. Bien débuter sur [Copernicus Browser](#)

Avant de commencer, notez qu'une formation en ligne est disponible sur le site de la [vidéothèque du CNES](#) pour vous aider à bien débuter sur l'outil.

Créer un compte Copernicus Browser (facultatif)

1. *Optionnel* : Si le site est en anglais, vous pouvez modifier la langue en cliquant sur le bouton à droite du logo Copernicus.
2. En haut à droite du menu principal, cliquez sur le bouton **Connexion**.
3. Cliquez ensuite sur **Register** et créez votre propre compte utilisateur gratuit ou rentrez votre email et votre mot de passe si vous êtes déjà inscrit.

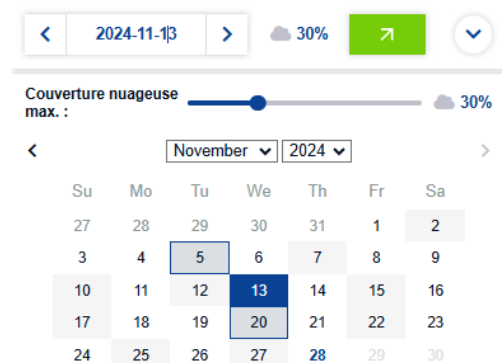


REMARQUE : Vous pouvez toujours utiliser Copernicus Browser et télécharger des images satellites sans avoir de compte utilisateur. Mais pour débloquer certaines fonctions de la barre d'outils, telles que le timelapse, et pour sauvegarder vos signets, vous devez être connecté !

B. Trouver l'image satellite de votre choix

Recherche d'images

1. Recherchez le lieu qui vous intéresse en faisant défiler la carte à l'aide de la souris ou en saisissant le nom du lieu dans la barre de recherche située à droite de votre écran **(1)**.
2. Sélectionnez une **configuration (2)** prédéfinie (la fonction par défaut est très utile pour découvrir l'outil) puis choisissez les satellites dont vous voulez obtenir les données dans l'onglet **collections de données (3)**. Vous trouverez une brève description de chaque satellite et de leurs principales caractéristiques en cliquant sur l'icône du point d'interrogation **(4)**.



3. La dernière étape pour trouver une image consiste à sélectionner la **Plage horaire (5)**. Vous pouvez saisir la date ou la sélectionner dans le calendrier (voir ci-dessus).

CONSEIL

Pour trouver une bonne image satellite – claire et sans nuages – vous pouvez modifier le pourcentage de **Couverture nuageuse max.** Une couverture de 20% maximum permet généralement d'assurer une bonne image. Les dates correspondant à ce pourcentage apparaîtront en gris foncé.

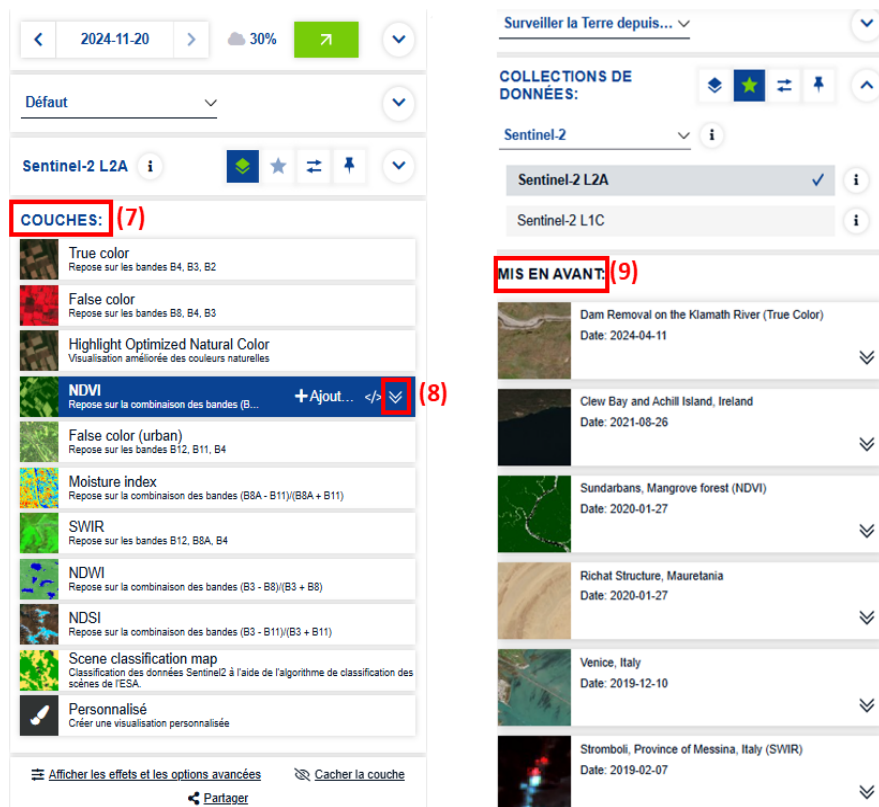


4. Pour terminer, la dernière étape consiste à choisir une option de visualisation* en sélectionnant la **couche** (7) la plus appropriée à votre recherche : étude de la végétation avec le NDVI, fonte des glaciers avec le NDSI, suivi des incendies avec le SWIR... Le détail de chacune des couches est accessible en cliquant sur la flèche de droite (8).

Note : Il est possible d'effacer le menu en cliquant sur la flèche en haut à droite (6).

CONSEIL

Lorsque vous choisissez un thème pré-défini, la rubrique **Mis en avant** (9), donne accès à une présélection de lieux intéressants en rapport avec le thème choisi, qui peuvent vous inspirer pour la suite de votre exploration.



*Qu'est-ce qu'une visualisation ?

Les satellites embarquent des capteurs qui font des prises de vue de la Terre dans différentes gammes du spectre électromagnétique. Aucun capteur n'est sensible à toutes les longueurs d'onde du spectre électromagnétique. Les longueurs d'onde enregistrées sont désignées sous le nom de bandes (spectrales). Pour afficher une image satellite dans le navigateur, les différentes bandes sont souvent associées à une couleur rouge, bleue ou verte.

La visualisation en vraies couleurs – utilisant les bandes du spectre visible : rouge, vert et bleu – ressemble à ce que nos yeux voient naturellement. Mais les satellites enregistrent également des longueurs d'onde que nos yeux ne peuvent pas voir ! D'autres visualisations (autres combinaisons de bandes spectrales) peuvent donc nous fournir des informations supplémentaires. Une visualisation en fausses couleurs utilise au moins une longueur d'onde non visible. L'une des combinaisons de bandes les plus courantes pour les compositions en fausses couleurs utilise le proche infrarouge, le rouge et le vert. Elle s'avère très utile pour évaluer la santé de la végétation, car les plantes réfléchissent le proche infrarouge et la lumière verte, tandis qu'elles absorbent le rouge.

C. Visualiser et télécharger l'image satellite de votre choix

Une fois l'image satellite sélectionnée, il est possible de modifier certains paramètres et surtout de la télécharger.

1. Fonctionnalités supplémentaires pour explorer l'image plus en détail :

- Il est possible d'effectuer un **zoom avant ou arrière** sur l'image à l'aide des touches plus (+) et moins (-) dans le coin inférieur droit **(1)** ou en utilisant la roulette de la souris ou le pad de l'ordinateur.
- Sélectionnez les options avancées comme la **méthode d'échantillonnage** ou appliquez différents effets comme le **contraste (gain)** et la **luminance (gamma)** en cliquant sur l'icône « **Afficher les effets et les options avancées** » **(2)**.
- Cachez ou montrez la couche de l'image satellite en cliquant sur l'icône « **Cacher la couche** » **(3)**.

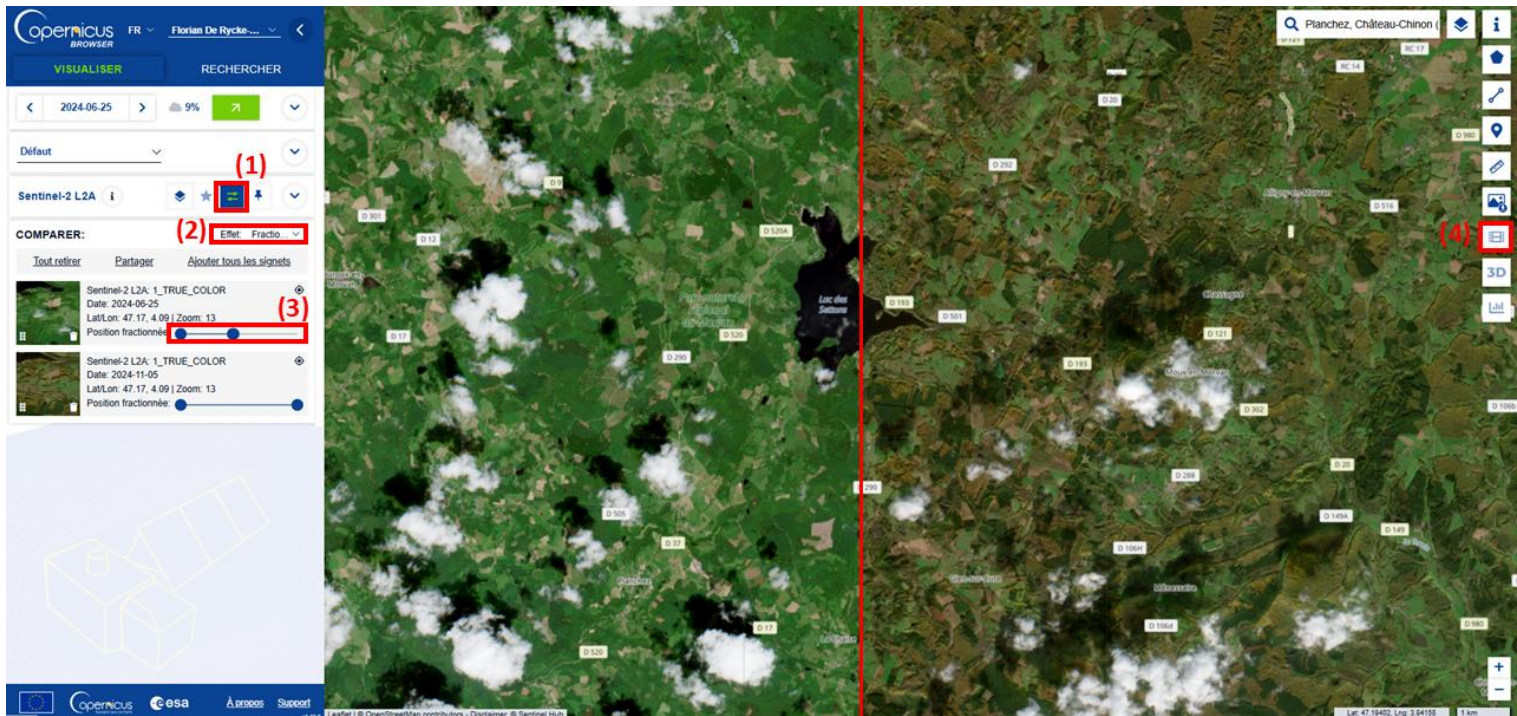
2. Pour télécharger l'image sur laquelle vous travaillez, allez dans la barre d'outils de la carte (à droite de votre écran) et sélectionnez **Télécharger l'image** **(4)**. Les images peuvent être téléchargées dans différents formats de fichier. Si vous n'avez pas de compte, vous pouvez uniquement télécharger les images au format JPG ou PNG.

CONSEIL

Après avoir téléchargé une image satellite, vous pouvez partager le lien vers cette image avec la même vue et le même niveau de zoom en cliquant sur le bouton **Partager** **(5)** dans le menu principal ou en copiant le lien dans la barre de recherche du navigateur.

D. Comparaison d'images et Timelapse

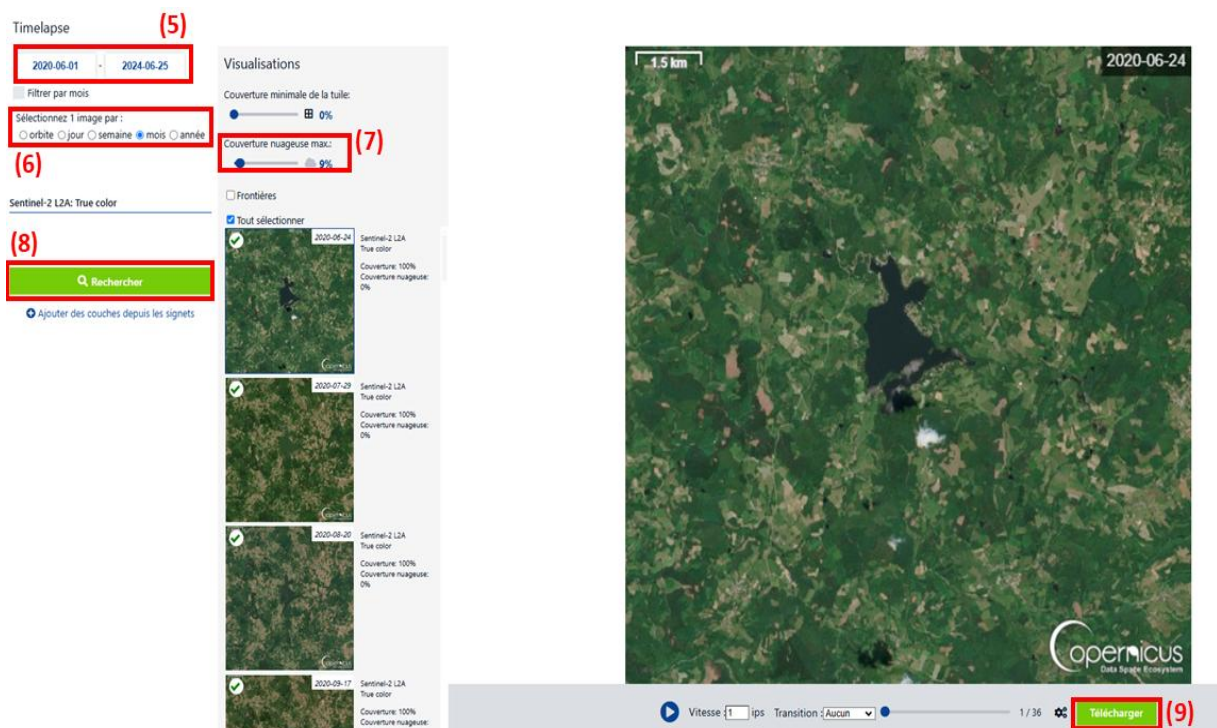
1. Afin de ne pas perdre son travail, il est possible de sauvegarder une image en cliquant sur l'icône du **signet** **(6)**. Vous pouvez ainsi récupérer et utiliser l'image à nouveau à tout moment. Il est cependant nécessaire d'être connecté pour que cela fonctionne.
2. L'outil de comparaison permet ensuite de comparer les différentes images sélectionnées. Pour cela, il faut ouvrir le menu de la couche en cliquant sur « **Ajouter à** » **(7)**. Pour ajouter l'image à l'outil de comparaison, il suffit ensuite de cliquer sur « **ajouter à l'outil de comparaison** » **(8)**.
3. Pour démarrer la fonction **Comparer**, il est nécessaire d'ajouter au moins **deux images satellites différentes** dans l'onglet comparer. Elles peuvent provenir de périodes différentes ou utiliser différentes couches, mais elles doivent avoir la même localisation. Une fois les images à comparer choisies, il faut maintenant ouvrir l'onglet de comparaison **(1)**.



4. Deux modes sont disponibles : le mode **Opacité** et le mode **Fractionner (2)**. Les **curseurs (3)** permettent ensuite de voir la comparaison de vos images. L'option **Fractionner** permet de comparer deux images côte à côte (exemple ci-dessous).

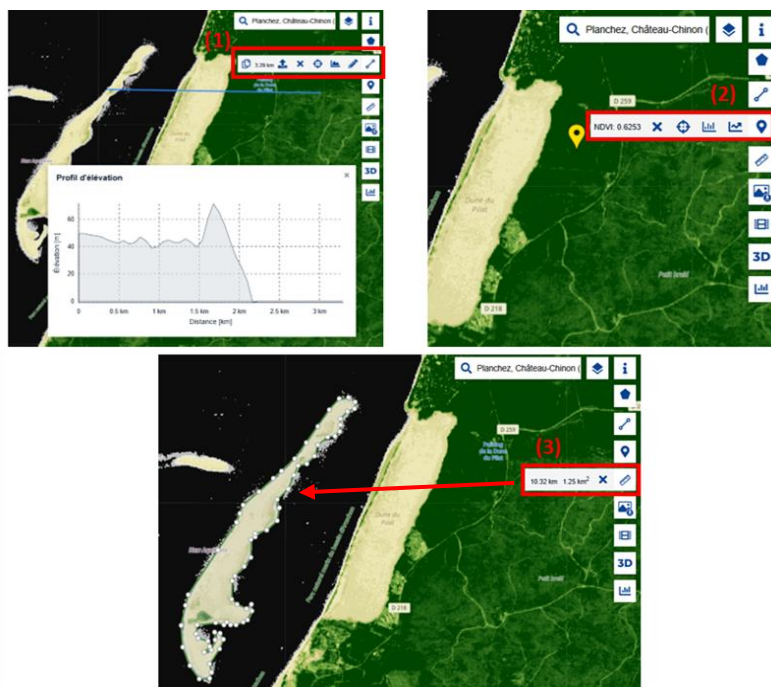
5. Pour comparer plusieurs images sur une grande période temporelle, il peut être plus intéressant de créer un **Timelapse (4)**. Il est ainsi possible de récupérer l'ensemble des images disponibles sur une période donnée (5) et avec une périodicité donnée (6). Pour une bonne qualité d'image, il est important de sélectionner une couverture nuageuse faible (7).

6. Après avoir lancé la **recherche (8)**, il faut ensuite sélectionner les images que l'on souhaite conserver pour le timelapse puis cliquer sur **Télécharger (9)** pour créer un gif animé contenant l'ensemble des images satellites.



E. Les outils d'analyse d'image

1. Copernicus Browser permet également d'obtenir d'autres données en plus des informations visuelles disponibles avec l'image seule. Notamment, en dessinant une ligne sur l'image, il est possible de récupérer les **données topographiques (1)** de l'image.
2. Certaines couches donnent également accès à des informations supplémentaires. C'est notamment le cas des différents indices (NDVI, NDWI, NDSI) calculés à partir des données spectrales du satellite Sentinel-2 ou encore des cartes de température de surface obtenues avec le satellite Sentinel-3. **Marquer un point d'intérêt (2)** permet ainsi d'obtenir la valeur de l'indice ou de la température à un endroit précis et même d'étudier sa variation sur plusieurs années.
3. Enfin, l'outil **Mesurer (3)** permet, comme son nom l'indique de mesurer une surface et le contour d'une zone donnée.



F. En savoir plus sur les satellites d'observations

Comme son nom l'indique, l'outil Copernicus Browser donne accès aux données obtenues avec les satellites d'observation du programme de l'agence spatiale européenne Copernicus. Ce programme, démarré en 2014, vise à placer en orbite basse près de 30 satellites d'observation de la Terre. Fin 2024, 10 satellites de la série Sentinel ont déjà été envoyés dont 9 sont encore parfaitement opérationnels.

La position de ces satellites permet une observation à haute résolution de la Terre et de son atmosphère avec une résolution spatiale minimale de 5 m. L'orbite polaire de ces satellites (orbite passant au-dessus des pôles terrestres) permettent également d'obtenir une cartographie complète de la Terre très régulière avec une périodicité allant de 1 à 16 jours, donnant ainsi un suivi extrêmement régulier de l'évolution de la surface, de l'atmosphère et des différents phénomènes climatiques ou humains.

Ainsi, Copernicus Browser permet l'accès aux données obtenues avec les satellites Sentinel 1, 2, 3 et 5 et à des informations allant de l'état de la végétation à la température des océans en passant par le taux de monoxyde de carbone (CO) dans l'atmosphère.

Sentinel-1

La constellation Sentinel-1 se compose de trois satellites : Sentinel-1A, lancé en 2014, Sentinel-1B, lancé en 2016, et Sentinel-1C, lancé en 2024 et prévu pour remplacer Sentinel-1B. Ces trois satellites de plus de deux tonnes sont équipés d'un radar à synthèse d'ouverture qui observe activement la surface dans le domaine des micro-ondes. Cela signifie que les satellites envoient une onde qui va se réfléchir à la surface avant d'être interceptée à nouveau par l'instrument. C'est un fonctionnement différent des satellites à observation passive qui captent la lumière du soleil réfléchi par la surface ainsi que celle émise directement par la Terre. Cela permet aux satellites Sentinel-1 d'observer la Terre de nuit comme de jour et même lorsque des nuages sont présents, car les ondes radios n'interagissent pas avec les nuages.



Selon le mode d'observation de l'instrument C-SAR, il est ainsi possible d'obtenir des images radars avec des pixels pouvant atteindre une résolution de 5x5 m. Il fournit des informations précises sur la structure du sol. En effet, les surfaces planes réfléchissent à angle droit le signal envoyé par l'instrument, ce qui produit un motif sombre, car aucun signal ne revient. À l'inverse, les cibles structurellement plus complexes telles que les forêts apparaîtront plus lumineuses, puisque l'interaction du signal avec les feuilles, les branches ou les troncs entraînera une plus grande proportion du signal réfléchi vers le capteur. La présence d'eau dans le sol ou dans la végétation entraîne également une réflectivité plus importante (et donc des surfaces plus sombres) ce qui permet d'avoir des informations sur la santé des plantes ou encore de localiser des zones inondées.

L'instrument permet également d'obtenir des informations sur la polarisation de la lumière réfléchi (vulgairement, l'orientation de l'onde lumineuse) ce qui donne des informations sur « l'épaisseur » du sol notamment. Par exemple, la lumière réfléchi par une forêt « épaisse » aura une polarisation différente de celle réfléchi par la mer « plane ». Cela est très utile par exemple pour identifier les types de cultures observées et surveiller leur état, pour estimer la biomasse d'une forêt ou encore pour identifier la banquise.

L'outil Copernicus Browser permet d'accéder aux données obtenues dans trois modes différents : SM (plan large), IW (Interférométrie à large bande) et EW (Bande extra-large). Le mode principalement utilisé pour l'observation de la surface continentale, est le mode IW avec une polarimétrie VV+VH (l'instrument envoie un signal polarisé verticalement et peut recevoir un signal polarisé verticalement ou horizontalement). Il s'agit généralement du mode le plus complet qui permet de couvrir le plus grand nombre de domaines d'étude. C'est généralement le mode utilisé par défaut sur Copernicus Browser.

Sentinel-2

Comme pour Sentinel-1, la constellation Sentinel-2 se compose de trois satellites : Sentinel-2A, lancé en 2015, Sentinel-2B, lancé en 2017, et Sentinel-2C, lancé en 2024 et prévu pour remplacer Sentinel-2A. Un quatrième, Sentinel-2D doit être lancé en 2025 pour remplacer Sentinel-2B. Ces trois satellites pesants un peu plus d'une tonne sont équipés de l'instrument MSI qui est un imageur multispectral fonctionnant dans treize bandes spectrales allant du bleu (442,7 nm) à l'infrarouge moyen (2202,4 nm). Les images fournies par l'instrument et disponibles sur Copernicus Browser sont obtenues à partir de quatre de ces bandes (bleu (490 nm), vert (560 nm), rouge (670 nm) et proche infrarouge (850 nm) et permettent d'obtenir une

résolution de 10 m.

Contrairement au radar, le MSI est un capteur passif qui va analyser la lumière du soleil réfléchi par la Terre ainsi que celle émise par cette dernière. Ainsi, en observant dans le visible et l'infrarouge, Sentinel-2 est limité par la couverture nuageuse et le cycle jour/nuit car, dans ces bandes spectrales, la lumière est bloquée par les nuages. Une faible couverture nuageuse sera donc nécessaire pour obtenir des images de la surface de bonne qualité. Pour optimiser la qualité des images, les orbites des satellites sont héliosynchrones ce qui permet aux satellites de repasser au-dessus d'un même lieu à une heure solaire fixe et ainsi garantir que l'angle de la lumière du soleil sur la surface de la Terre soit maintenu de manière constante. Outre de petites variations saisonnières, l'ancrage de l'orbite des satellites à l'angle du soleil minimise l'impact potentiel des ombres et des niveaux d'éclairage au sol.



Ces satellites ont ainsi pour objectif de permettre l'étude, avec une grande régularité, de l'état de la végétation, de l'agriculture, des forêts, d'aider à lutter contre les catastrophes naturelles et humaines, de soutenir les opérations de secours et d'effectuer une cartographie des risques.

L'outil Copernicus Browser donne accès à deux jeux de données pour les satellites Sentinel-2. Le jeu de données Sentinel-2 L1C comprend des données obtenues depuis 2015 sans correction des effets atmosphériques. Le jeu L2A donne quant à lui accès à des données obtenues depuis 2017 en haute résolution et avec une correction des perturbations atmosphériques.

Sentinel-3

Sentinel-3 est une constellation de satellites destinée principalement à l'étude des océans et composée de deux orbiteurs : Sentinel-3A, lancé en 2016, et Sentinel-3B, lancé en 2018. Le lancement de Sentinel-3C est prévu pour 2026. D'un peu plus d'une tonne, ces satellites en orbite basse héliosynchrone sont équipés de trois instruments : un spectromètre imageur (OLCI) d'une résolution de 300 m, un radiomètre imageur (SLSTR) d'une résolution allant de 400 m à 1 km et d'un radar altimètre (SRAL) d'une précision altimétrique de 3 cm.

Le spectromètre imageur dispose de 5 caméras couvrant ainsi une large zone de plus de 1200 km de large et observant dans 21 canaux spectraux allant de 400 nm à 1020 nm. Il sert essentiellement à étudier la couleur de l'océan, en particulier la luminance sortant de l'eau et à étudier les courants, la vie marine ainsi que la pollution des zones côtières. Il peut également être utilisé pour étudier la couleur des terres émergées.



L'instrument SLSTR permet quant à lui d'obtenir des mesures de la température de surface des océans et des terres dans le but d'étudier l'impact du changement climatique sur les températures, surtout en ce qui concerne les océans. Il observe dans 11 canaux spectraux allant de 550 nm à 12 000 nm (Infrarouge moyen). Copernicus Browser donne accès aux données obtenues grâce à l'ensemble de ces canaux (S1-9, F1 et F2) dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Canaux spectraux	Longueur d'onde (nm)	Résolution (m)	Fonction
S1	554,27	500	Suivi des nuages et surveillance de la végétation et des aérosols
S2	659,47		Surveillance de la végétation et des aérosols
S3	868,0		Marquage des nuages
S4	1374,8		Détection de cirrus
S5	1613,4		Détection de neiges et de glaces et surveillance de la végétation
S6	2255,7		Étude de la végétation et de l'éclaircissement des nuages
S7	3742,0	1000	Mesure de la température des océans et de la terre
S8	10854,0		
S9	12022,5		
F1	3742,0		Étude des feux actifs
F2	10854,0		

Enfin, le radar altimétrique SRAL permet d'obtenir des mesures topographiques de la surface et en particulier des eaux (océans, lacs, banquises...), son objectif principal étant de mesurer le niveau moyen des océans.

Sentinel-5p

Sentinel-5p est un satellite destiné à l'étude de l'atmosphère lancé en 2017. Il s'agit du plus petit satellite présenté ici avec un poids de « seulement » 900 kg. Son objectif principal est d'étudier la composition atmosphérique et en particulier l'évolution de la concentration de gaz à effet de serre. Il sera remplacé en 2025 par le satellite Sentinel-5A.

Il est équipé d'un spectromètre imageur (TROPOMI) qui permet de mesurer les quantités d'ozone, de méthane, de formaldéhyde, d'aérosols, de monoxyde de carbone, de NO₂ et de SO₂ dans la troposphère, la plus basse couche de l'atmosphère (entre 0 et 10 km environ). Ces gaz jouent un rôle important dans la qualité de l'air et l'évolution de la couche de l'ozone et des processus climatiques. Cet instrument permet d'observer dans une gamme de longueur d'onde allant de l'UV à l'infrarouge moyen (270 nm à 2 385 nm) avec une résolution de 7 km. Cette résolution paraît faible comparée à celle des autres instruments, mais les gaz se dispersant très rapidement dans l'atmosphère, une mesure à haute résolution spatiale n'est pas nécessaire pour effectuer un suivi de la concentration de ces composants à l'échelle de l'atmosphère.



Sur Copernicus Browser, il est ainsi possible d'étudier les mesures faites avec l'instrument TROPOMI pour la majorité des gaz à effet de serre. Les concentrations sont données en mol/m² ce qui correspond à un nombre d'atomes par m² (une mole correspondant à 6,02x10²³ atomes ou molécules). Si la résolution spatiale rend difficile le suivi d'un gaz à l'échelle d'un quartier ou même d'une petite ville, ces données permettent de suivre l'évolution temporelle des concentrations et d'étudier l'impact des saisons ou de certains épisodes climatiques sur ces concentrations.

G. Les outils Copernicus dérivés des données Sentinel

Pour terminer, en plus des mesures satellites, l'outil Copernicus Browser donne accès à des données supplémentaires dérivées des mesures Sentinel ainsi que des modèles numériques. Il est ainsi possible d'utiliser :

- **Copernicus DEM** (Digital Elevation Model) qui est une carte topographique à l'échelle de la planète et qui permet d'obtenir l'élévation d'un lieu à partir de différents modèles numériques. Cette carte est disponible avec une résolution de 30 m ou 90 m.
- **Copernicus Snow & Ice** permet d'étudier la couverture de neige ou de glace sur la planète à partir des observations Sentinel-2. Cet outil donne accès à différentes couches permettant de mettre en évidence différents paramètres du manteau neigeux comme la superficie de neige persistante ou de neige humide ou encore la superficie de glace d'eau douce ou de mer.
- **Copernicus vegetation** permet de produire des cartes pour suivre l'état de la végétation à partir des données collectées dans le cadre du Copernicus Land Monitoring Service, dérivées notamment des observations Sentinel-2. Il est ainsi possible d'étudier l'évolution de la végétation à travers différents indices de phénologie et de productivité ainsi qu'un suivi saisonnier.
- **Global Land Cover** permet de suivre la couverture et l'utilisation des sols. Cela permet par exemple de mettre en évidence l'impact de l'agriculture, de l'industrialisation ou encore du changement climatique sur l'occupation des sols. Cette couche présente une classification de l'occupation des sols avec 23 classes comme végétation, terres cultivées, plans d'eau ou encore neige et glace.

→ Liens

Projets de l'ESA

Missions d'observation de la Terre de l'ESA :

[www.esa.int/Our Activities/Observing the Earth/ESA for Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Projet éducatif Climate Detectives : <https://climatedetectives.esa.int/>

En France : <https://esero.fr/projets/climate-detectives/>

Copernicus Browser

Copernicus Browser : <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

En France : <https://esero.fr/outils/copernicus-browser/>

Le programme Copernicus : <https://cnes.fr/projets/copernicus>

SentiWiki : <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentiwiki>

Tutoriels

Formation Copernicus Browser :

https://videotheque.cnes.fr//index.php?urlaction=doc&id_doc=40231&rang=1&id_panier=