Secondaire

11–14

climate change initiative

Dossier de ressources pédagogiques

PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

Guide du professeur et fiches d'activité de l'élève

Traduction et adaptation par le CNES, ESERO France et le SCO

Présentation	page 3
Synthèse des activités	page 4
Climate from Space	page 6
Surveillance de la Terre depuis l'espace : informations générales	page
Activité 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE	page 8
Activité 2 : UN NOUVEAU POINT DE VUE	page 10
Activité 3 : ÉTUDIER LE CLIMAT DEPUIS L'ESPACE	page 12
Fiche d'activité n° 1 de l'élève	page 14
Fiche d'activité n° 2 de l'élève	page 15
Fiche d'activité n° 3 de l'élève	page 17
Fiche d'information n° 1	page 19
Fiche d'information n° 2	page 21
Liens	page 23

Dossier de ressources pédagogiques Climate Change Initiative – PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE (1er cycle du secondaire)
https://climate.esa.int/fr/educate/

Concepts d'activités développés par l'université de Twente (Pays-Bas) et par le National Centre for Earth Observation (Royaume-Uni)

Le Bureau du climat de l'ESA apprécie les retours et commentaires
https://climate.esa.int/helpdesk/

Produit par le Bureau du climat de l'ESA

Copyright © Agence spatiale européenne 2020

Traduction et adaptation par le CNES, ESERO France et SCO France en 2021

PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE : Présentation

En bref

Thème(s) : géographie, sciences, sciences de la Terre

Tranche d'âge : 11 à 14 ans

Type : activités rédactionnelles et informatiques

Difficulté : moyenne à avancée

Temps requis pour la leçon : 4 h

Coût : bas (5 à 20 euros)

Lieu : en intérieur

Implique l'utilisation de : Internet, logiciels standard

Mots clés : spectre électromagnétique, rayonnement, longueur d'onde, infrarouge, canal, bande, capteur, pixel, satellite

Aperçu

Avec cet ensemble d'activités, les élèves découvrent comment les différents types de rayonnements électromagnétiques sont utilisés pour observer l'évolution de notre planète.

La première activité passe en revue les zones du spectre électromagnétique et détaille de quelle manière elles sont utilisées pour l'observation de la Terre.

Dans la deuxième activité, les élèves découvrent les images en fausses couleurs et utilisent les données d'un satellite d'observation de la Terre pour créer des images de ce type afin d'étudier une région en évolution.

Dans la dernière activité, les élèves associent cette technique à des données climatiques d'autres satellites pour produire un rapport détaillé sur une inondation ou une sécheresse majeures.

Résultats d'apprentissage attendus

Au terme de ces activités, les élèves seront capables de :

Dresser la liste des différentes parties du spectre électromagnétique ;

Associer certains de ces types de rayonnements aux aspects du système terrestre qui peuvent être utilisés à des fins de surveillance ;

Expliquer en quoi il est utile de collecter des informations sur ces aspects du système terrestre ;

Décrire comment les images en couleur sont créées en combinant des jeux de

données ; évaluer l'utilité des différentes images en fausses couleurs ;

Utiliser des données satellite pour étudier l'évolution d'une région ;

Utiliser l'application Web Climate from Space pour étudier l'évolution de l'humidité du sol et d'autres variables ;

Associer les informations de différentes sources pour rédiger un rapport sur une catastrophe naturelle récente.

Synthèse des activités

	Titre	Description	Résultat	Apprentissage préalable	Durée
1	Prendre le pouls de la planète	Lecture concernant l'utilisation des différentes longueurs d'onde de la lumière pour surveiller des parties du système climatique	Dresser la liste des différentes parties du spectre électromagnétique. Associer certains de ces types de rayonnements aux aspects du système terrestre utilisables à des fins de surveillance. Expliquer en quoi il est utile de collecter des informations sur ces aspects du système terrestre.	Si les élèves ne sont pas familiers du concept de longueur d'onde, ce dernier doit être expliqué.	30 minutes
2	Voir dans de nouvelles couleurs	Création d'images en fausses couleurs à partir de données satellite et utilisation de ces images pour étudier l'évolution d'une zone.	Décrire comment les images en couleur sont créées en associant des jeux de données. Évaluer l'utilité des différentes images en fausses couleurs. Utiliser des données satellite pour étudier l'évolution d'une région.	Activité 1 Si les élèves ne sont pas familiers de la notion de combinaison des couleurs, cette notion doit être expliquée.	1h30 (30 à 45 mn pour les activités d'introduction)
3	Étudier le climat depuis l'espace	Activité de recherche à l'aide de l'application Web Climate from Space	Utiliser l'application Web Climate from Space pour étudier l'évolution de l'humidité du sol et d'autres variables. Associer des informations de plusieurs sources pour rédiger un rapport sur une catastrophe naturelle récente.	Activité 2	2 heures (30 mn pour les activités d'introduction)

Les durées indiquées couvrent les principaux exercices, en supposant un accès total aux outils informatiques et/ou une répartition des calculs répétitifs et des graphiques entre les élèves de la classe. Elles englobent le partage des résultats mais pas la présentation des conclusions, car celle-ci peut varier en fonction de la taille de la classe et des groupes. Les approches alternatives peuvent prendre plus de temps.

Remarques d'ordre pratique pour les professeurs

Le **matériel nécessaire** pour chaque activité est précisé au début de la section correspondante, avec des remarques relatives à toute préparation requise autre que la photocopie des fiches d'activité et des fiches d'information.

Les **fiches d'activité** sont conçues pour un usage unique et peuvent être photocopiées en noir et blanc.

Les **fiches d'information** peuvent contenir des images plus grandes que vous pouvez insérer dans vos présentations en classe, des informations supplémentaires pour les élèves ou des données sur lesquelles ils peuvent travailler.
Ces ressources ont un meilleur rendu si elles sont imprimées ou photocopiées en couleur, mais elles peuvent être réutilisées.

Les **feuilles de calcul, jeux de données ou documents supplémentaires** requis pour l'activité peuvent être téléchargés en suivant les liens vers ce dossier depuis le site https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/

Des idées et suggestions **complémentaires** à des fins de **différenciation** sont incluses en des points stratégiques de la description de chaque activité.

Les réponses des fiches d'activité et les résultats des activités pratiques sont inclus pour faciliter l'**évaluation**. Les occasions d'utiliser des critères locaux pour évaluer les compétences de base, comme la communication ou le traitement des données, sont indiquées dans la partie concernée de la description de l'activité.

Hygiène et sécurité

Pour toutes les activités, nous avons supposé que vous continuerez d'appliquer vos procédures habituelles relatives à l'utilisation des équipements communs (y compris les appareils électriques, comme des ordinateurs), aux déplacements dans l'environnement d'apprentissage, aux chutes et aux débordements, aux premiers secours, etc. La nécessité de ces procédures est universelle mais leur mise en œuvre varie considérablement, de sorte que nous ne les avons pas détaillées à chaque fois. En revanche, nous avons souligné les dangers propres à chaque activité pratique afin de vous informer de l'évaluation des risques.

Certaines de ces activités utilisent la ressource en ligne Climate from Space ou d'autres sites Web interactifs. Il est possible d'accéder, depuis ces ressources, à d'autres parties du site Web Climate Change Initiative de l'ESA ou à celui de l'organisme hôte, et donc à des sites Web externes. Si vous ne pouvez pas ou ne souhaitez pas limiter les pages que les élèves peuvent consulter, rappelez-leur vos règles locales en matière de sécurité sur Internet.

Climate from Space

Les satellites de l'ESA jouent un rôle important dans la surveillance du changement climatique. Climate from Space (cfs.climate.esa.int) est une ressource en ligne qui utilise des histoires illustrées pour synthétiser certains des changements subis par notre planète et mettre en lumière le travail des scientifiques de l'ESA.

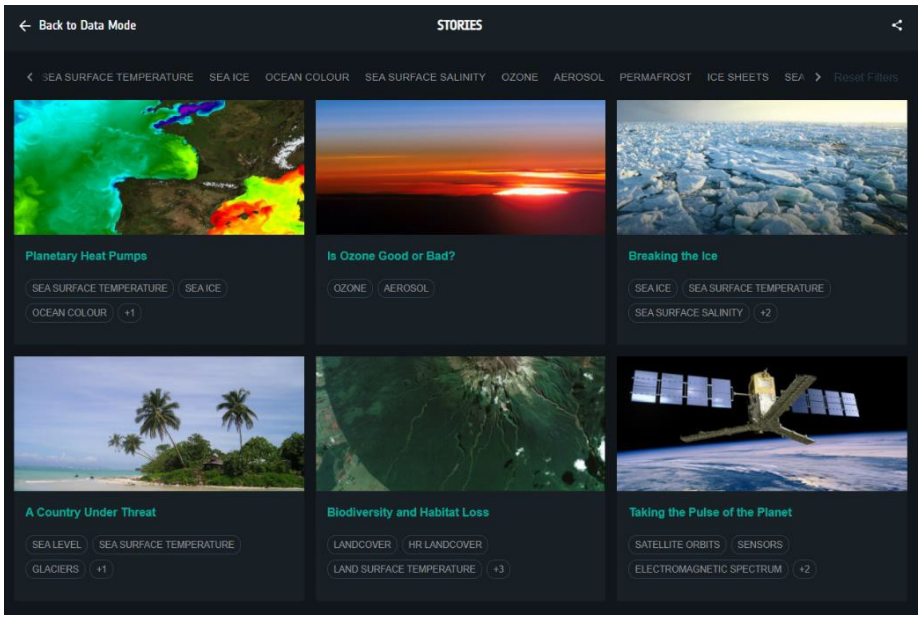


Figure 1 : Histoires de Climate from Space (source : ESA CCI)

Le programme Climate Change Initiative de l'ESA produit des enregistrements globaux fiables de certains des aspects clés du climat appelés variables climatiques essentielles (VCE). L'application Web Climate from Space vous permet d'en apprendre plus sur les impacts du changement climatique en explorant ces données par vous-même.

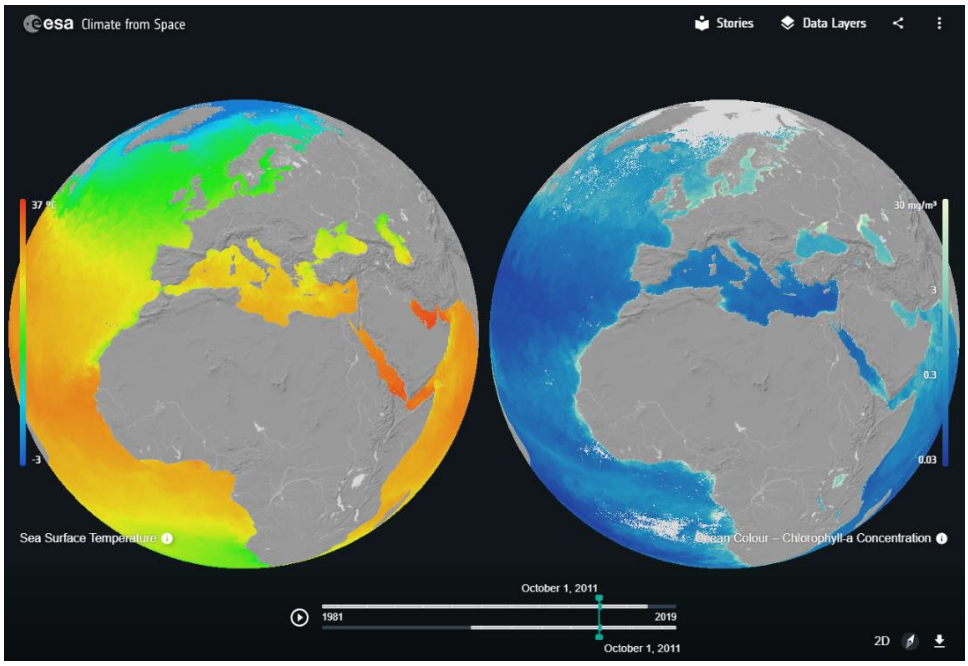


Figure 2 : Comparaison des températures à la surface des océans et des couleurs des océans dans l'application Web Climate from Space (source : ESA CCI)

Surveillance de la Terre depuis l'espace : informations générales

Utilisation du spectre

Nous utilisons les informations collectées sur une grande partie du spectre électromagnétique pour surveiller et mesurer de nombreux aspects du système climatique de la Terre, mais ces utilisations sont rarement mentionnées dans les manuels scolaires.

Les satellites en orbite autour de la Terre sont dotés d'instruments qui peuvent détecter la lumière du soleil réfléchie, de la même manière que nous pouvons la voir. Cependant, tout comme un médecin surveille la santé d'un patient à l'aide d'une gamme d'instruments pour examiner plusieurs paramètres cliniques, les scientifiques utilisent différents capteurs pour « prendre le pouls » de notre planète.

S'ils détectent la lumière visible, les instruments des satellites peuvent aussi être sensibles au rayonnement infrarouge. Ces instruments sont capables de distinguer le rayonnement infrarouge de courtes longueurs d'onde réfléchi par la végétation du rayonnement infrarouge de grandes longueurs d'onde émis par la surface des terres et des océans, ce qui nous informe sur leur température. Les instruments de certains satellites découpent le spectre en centaines de morceaux, réalisant des relevés distincts pour chaque bande étroite de longueurs d'onde, ce qui nous permet de surveiller l'évolution de la composition de l'atmosphère.

Étant donné que différentes surfaces à différents endroits réfléchissent, absorbent et émettent la lumière visible et infrarouge de différentes façons, la combinaison d'informations sur la quantité de rayonnement d'un ensemble particulier de longueurs d'onde atteignant un satellite nous permet de « voir » des détails invisibles à l'œil nu. Ces détails comprennent la teneur en humidité du sol et l'état sanitaire de la végétation.

Nous allons nous concentrer sur le fonctionnement de ces capteurs « passifs », mais il existe aussi des instruments de type radar qui utilisent le rayonnement hyperfréquence de la même manière que le sonar d'un navire utilise le son : ils envoient une impulsion d'ondes et analyse le signal qui revient. Ces capteurs « actifs » nous permettent de « voir à travers » les nuages et de mesurer les altitudes avec une grande précision. Cela signifie qu'ils peuvent être utilisés pour surveiller l'évolution du niveau des océans et des nappes glaciaires, mais aussi pour produire des cartes précises et examiner les effets des tremblements de terre et des volcans.

Avantage des satellites

Naturellement, nous pourrions utiliser ces mêmes instruments sur Terre et de fait, c'est souvent le cas, au moins pour nous assurer que nous comprenons les données fournies par les satellites et pour vérifier que les instruments fonctionnent toujours correctement. Mais les satellites nous permettent de visualiser en une fois une grande partie de la Terre, y compris des lieux inaccessibles, et de renouveler les mesures régulièrement. Les satellites en orbite terrestre basse tournent autour de la Terre de haut en bas (quasiment) en même temps que la planète tourne sous eux, de sorte qu'ils survolent les mêmes endroits aux mêmes moments de la journée à quelques jours d'intervalle.

Comme nous utilisons les satellites depuis plusieurs décennies, nous disposons de mesures à long terme fiables de nombreux indicateurs clés de la santé de notre planète. Ces données sont inestimables pour les scientifiques qui étudient ce qu'il se passe actuellement, mais aussi pour les modélisateurs en climatologie qui tentent de comprendre le système complexe dont nous dépendons tous et de déterminer comment il va évoluer dans le futur.

Activité 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

Dans le cadre de cette activité de compréhension, les élèves étudient l'utilisation de différentes longueurs d'onde de rayonnement pour surveiller certaines composantes du système climatique de la Terre. Cette activité peut constituer une introduction au spectre électromagnétique ou bien être utilisée par la suite pour expliquer l'utilisation des différentes parties du spectre. Les bons lecteurs peuvent réaliser cette activité en autonomie dans le cadre des devoirs à la maison.

Matériel

- Fiche d'information n° 1 (2 pages)
- Fiche d'activité n° 1 de l'élève
- Ressource en ligne Climate from Space : Histoire *Prendre le pouls de la planète* (facultatif)
- Accès Internet pour les recherches (facultatif)

Exercice

1. Lisez la fiche d'information n° 1 à toute la classe ou demandez aux élèves de la lire en groupes.
   Vous pouvez compléter le texte avec des éléments tirés de l'histoire de Climate from Space *Prendre le pouls de la planète*, et plus particulièrement les suivants :
   - La galerie de la diapo 2 est une série de photos historiques de la Terre vue de l'espace qui comprend l'image « Bille Bleue » de la fiche d'activité.
   - La galerie de la diapo 4 montre la Terre « vue » à différentes longueurs d'onde.
   - L'animation de la diapo 7 donne plus de détails sur le lien entre les mesures de la couleur des océans et le climat.

2. Demandez aux élèves de travailler sur la fiche d'activité n° 1 de l'élève. Les trois premières questions peuvent être traitées avec les informations contenues dans l'histoire et ses illustrations, mais la dernière nécessite de faire des recherches supplémentaires.
   Les réponses ci-dessous présentent un tableau renseigné avec les sections du spectre dans l'ordre dans lequel elles apparaissent dans l'histoire, mais vous pouvez demander aux élèves de renseigner le tableau par longueur d'onde croissante ou décroissante.

3. À titre d'activité complémentaire ou de devoir maison facultatifs, attribuez à chaque élève ou groupe d'élèves une partie donnée du spectre électromagnétique et demandez-leur de trouver le nom d'un satellite et d'un capteur qui détecte cette partie, ainsi qu'une image des données produites par l'instrument. Les pages de la section « Projets spatiaux de l'ESA » à la rubrique « Liens » sont un bon point de départ.
   Les élèves peuvent partager les résultats de leurs recherches dans un poster ou une présentation en trois diapos.

Réponses de la fiche d'activité

1.

Type de rayonnement électro-magnétique	Longueurs d'onde	Ce que cela nous permet de surveiller
Lumière visible	380–780 nm	Couverture terrestre Couleur des océans (phytoplancton)
Rayons X Rayons gamma	<10 nm	(Aucune application d'observation de la Terre, mais des élèves peuvent citer des usages médicaux)
Lumière ultraviolette	10–380 nm	Ozone
Proche infrarouge	~1 µm	État sanitaire des plantes (impact des sécheresses sur la productivité agricole)
Infrarouge thermique	~10 µm	Température (de la terre, des océans/du sommet des nuages)
Micro-ondes	en cm	Eau (humidité du sol, glace et neige, vapeur d'eau atmosphérique)

2. Les micro-ondes pouvant pénétrer les nuages, les observations peuvent être faites dans l'obscurité et dans de mauvaises conditions météorologiques.

3. Communications (radio et télévision).

4. Les capteurs actifs émettent une impulsion de rayonnement et détectent son retour et les modifications subies. Les capteurs passifs, tout comme vos yeux, dépendent de la lumière du Soleil réfléchie (ou du rayonnement thermique émis par la Terre et les objets présents à sa surface).

Activité 2 : VOIR DANS DE NOUVELLES COULEURS

Dans cet exercice, les élèves découvrent comment les images satellite en vraies et fausses couleurs sont créées. Ils poursuivent en étudiant une évolution de l'environnement et déterminent quel est le meilleur type d'images en fausses couleurs pour surveiller cette évolution. La tâche de recherche est ouverte et peut être effectuée individuellement à la maison dans la mesure du possible, ou bien en binômes ou en petits groupes en classe.

Matériel

- Accès Internet
- Fiche d'activité n° 2 de l'élève (2 pages)
- Fiche d'information n° 2 (2 pages, la première page doit être en couleur)
- Logiciel de présentation et de traitement des images et/ou de texte auquel les élèves sont habitués
- Fournitures pour créer un poster (facultatif)

Exercice

1. Évaluez la compréhension des élèves concernant la combinaison des couleurs primaires de la lumière.
   Si vous utilisez un écran d'affichage, vous pouvez illustrer votre propos en ouvrant un document, en sélectionnant du texte et en modifiant la couleur des caractères : utilisez alors une combinaison personnalisée en sélectionnant des valeurs pour le rouge, le vert et le bleu.

2. Utilisez la section « Créer une image en couleur » de la fiche d'information n° 2.1 pour expliquer ou illustrer que les images peuvent être considérées comme des données disposées sur une grille (un jeu de données si la photo est en noir et blanc, trois jeux de données si elle est en couleur), et expliquez le terme « canal ».

3. Demandez aux élèves de lire ou lisez-leur la section suivante de la fiche d'information, qui décrit la production d'images en fausses couleurs, puis demandez-leur de répondre aux questions 1 à 3 de la fiche d'activité n° 2.1 de l'élève afin de vérifier qu'ils ont compris le processus. Vous pouvez télécharger une version haute résolution de l'image sur le site https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/05/Southern_Ukraine.

4. Présentez le concept de « bandes », c'est-à-dire des sections du spectre électromagnétique qui sont détectées par des types individuels de capteurs dans une caméra ou un instrument embarqué dans un satellite (voir la fiche d'information n° 2.2).

5. Expliquez aux élèves qu'ils vont étudier quelques combinaisons de bandes à l'aide de Sentinelhub Playground (https://apps.sentinel-hub.com/ , voir les remarques supplémentaires ci-dessous). La fiche d'activité décrit comment accéder aux combinaisons personnalisées et les questions 4 à 6 permettent aux élèves de vérifier qu'ils ont bien compris comment cela fonctionne avant de passer à l'activité plus ouverte.

6. Les élèves peuvent travailler individuellement ou en binômes pour trouver une combinaison de bandes illustrant une évolution et créer un poster (physique ou électronique) présentant cette évolution. La fiche d'activité n° 2.2 sert de guide tout au long de ce processus et permet de consigner le travail effectué si les fichiers dédiés ne contiennent pas toutes données requises.

Vous pouvez attribuer des critères spécifiques aux élèves et/ou suggérer des domaines de recherche. La section Réponses de la fiche d'activité ci-dessous contient des suggestions et des combinaisons de bandes utiles.

7. Les élèves peuvent présenter leur poster au reste de la classe. Les groupes étudiant les mêmes critères ont-ils pris la même décision concernant la meilleure combinaison de bandes à utiliser ?

Sentinelhub Playground

Ce site est plutôt intuitif, mais vous pouvez montrer aux élèves comment il fonctionne ou leur conseiller de regarder l'animation à l'adresse www.sentinel-hub.com/explore/sentinelplayground/ s'ils ont du mal à changer de lieu ou de date, ou encore à obtenir des images relativement sans nuages.

La carte de base utilisée est OpenStreetMap, ce qui signifie que la recherche « Go to Place » ne trouve pas toujours des caractéristiques naturelles. Les élèves peuvent utiliser un atlas ou toute autre source en ligne pour trouver une zone d'intérêt, puis naviguer jusqu'à elle dans Sentinelhub Playground. Cette opération est plus facile s'ils désactivent temporairement la couche de données dans le menu déroulant accessible via l'icône de satellite en haut à droite.

Ils doivent impérativement conserver le jeu de données Sentinel-2 L1C par défaut car l'autre jeu de données a une couverture limitée jusqu'en 2017. (La correction atmosphérique appliquée à l'autre jeu de données Sentinel-2 ne fait pas une grande différence à ce niveau.)

Réponses de la fiche d'activité

Comprendre les images en fausses couleurs

1. Rouge.
2. Algues ou herbes vertes dans un lac verdâtre.
3. Les plantes réfléchissent beaucoup la lumière (proche) infrarouge.
4. L'image est en noir et blanc parce qu'elle ne montre que des informations issues d'une seule bande.
5. Rouge = 4 Vert = 3 Bleu = 2

Étude des combinaisons de bandes

Les zones possibles sont les suivantes :

- Lacs saisonniers, comme le lac Macleod en Australie occidentale
- Villes en Chine
- Forêt tropicale aux abords de l'Amazone
- Forêt à feuilles caduques en zone tempérée (pour la variation saisonnière)
- Région agricole locale (pour la variation saisonnière)
- Glacier Colombia en Alaska

Combinaisons utiles de bandes
(R|V|B) :

- 8|11|4 pour comparer la terre et l'eau
- 12|11|4 pour les zones urbaines
- 8|4|3, 11|8|2 ou 8|11|2 pour la végétation/l'agriculture
- 12|8|3 pour la neige et la glace.

Activité 3 : ÉTUDIER LE CLIMAT DEPUIS L'ESPACE

Dans le cadre de cette activité, les élèves utilisent l'application Web Climate from Space pour étudier les mesures par satellite de l'humidité du sol et leur évolution. Ils utilisent ces données, ainsi que d'autres informations fournies par l'application Web, le site Web utilisé au cours de l'activité précédente mais aussi Internet, pour produire un rapport sur un épisode majeur de sécheresse ou d'inondation.

Matériel

- Accès Internet
- Application Web Climate from Space
- Fiche d'activité n° 3 de l'élève (2 pages)
- Logiciel de présentation et de traitement des images et/ou de texte auquel les élèves sont habitués
- Fournitures pour réaliser un poster (facultatif)

Exercice

1. Présentez l'application Web Climate from Space aux élèves comme un moyen d'étudier des données climatiques fiables. Montrez-leur la couche de données relative au CO2 à titre d'exemple. Les élèves constatent que la résolution est bien plus grossière que sur le site Sentinelhub Playground, chaque pixel représentant plus de 200 km de chaque côté de l'équateur contre quelques dizaines de mètres avec Sentinel-2. Les raisons de cette différence varient en fonction de la superficie observée, mais aussi des écarts de sensibilité des capteurs, de la fréquence de visite d'une zone par les satellites et de la quantité de données requises pour garantir la fiabilité des chiffres fournis. (De la même manière que si vous calculez la hauteur moyenne des élèves de la classe, par ex., un échantillon de 30 élèves donnera un résultat plus précis qu'un échantillon de 2 élèves.)

2. Demandez aux élèves, individuellement ou en binômes, d'utiliser l'application Web Climate from Space pour étudier les données d'humidité du sol, puis d'évaluer le travail d'un autre élève ou binôme en suivant les instructions de la fiche d'activité n° 3.
   Certains élèves peuvent avoir besoin d'une aide supplémentaire pour comprendre les échelles (en particulier celles de la couche de données Soil Moisture – Anomalies) et/ou avec les questions 1 et 3.
   Vous pouvez compléter l'évaluation entre élèves par une discussion en classe.

3. Abordez les problèmes découlant des sécheresses (les plantes ne poussent pas sans irrigation, la terre risque de s'envoler avec le vent, les feux de friches sont favorisés par l'assèchement de la végétation, etc.) et des sols gorgés d'eau ou des inondations (l'eau empêche le bon développement des racines et peut donc tuer des plantes, les glissements de terrain, les inondations perturbent les transports, détruisent les habitations, *etc.*).

4. Demandez aux élèves de rechercher un épisode majeur de sécheresse ou d'inondation survenu entre fin 2015 et fin 2019. (Ces dates reflètent celles pour lesquelles des données Sentinel-2 et relatives à l'humidité du sol sont disponibles au moment de la rédaction de ce document.) Wikipedia répertorie des épisodes majeurs d'inondation et de sécheresse qui peuvent constituer un bon point de départ (voir les liens page suivante) : consultez la liste, l'article correspondant, puis les sources de l'article pour obtenir un document d'actualité approprié.

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_floods#1990%E2%80%932000
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_droughts
Cela peut être fait individuellement, en binôme ou en groupe, et les recherches peuvent être menées en partie ou intégralement sous forme de devoir à la maison dans la mesure du possible.

4. Les élèves doivent produire un rapport, une présentation ou un poster pour présenter les résultats de leurs recherches. La fiche d'activité propose une structure mais n'influe pas sur la nature, la longueur ou le niveau de détails de cette production. Vous pouvez demander aux élèves de tous fournir leur production au même format, de se concentrer sur les mêmes sections et/ou imposer des limites en termes de nombre de mots, de diapos, de schémas ou de taille de poster, selon le délai imparti à la tâche, les aptitudes des élèves et le temps dédié au partage des résultats.

5. Les posters, présentations ou rapports peuvent être partagés avec le reste de la classe et évalués, par vous ou par toute la classe, en fonction de critères locaux concernant les compétences de recherche ou de communication, ou bien en fonction d'une liste de critères pertinents établie en consultation avec la classe.

Réponses de la fiche d'activité

Interprétation des données d'humidité du sol

1. Des idées telles que : le capteur ne peut pas voir à travers les arbres de la forêt tropicale, le sol peut être gelé de façon permanente dans les régions polaires, les sommets montagneux sont de la roche nue (ou couverte de glace/de neige).

2. Question ouverte à soumettre aux élèves.

3. a. L'humidité du sol peut varier d'un mois à l'autre de la même manière chaque année. Une comparaison avec les moyennes annuelles peut ne montrer que cette variation régulière, et la comparaison avec un autre mois peut ne donner aucune information utile. (Prenez un endroit comme l'Inde, qui est très humide de septembre à décembre et bien plus sec d'avril à juin.)

   b. Les plantes (et les bâtiments !) s'adaptent aux niveaux et cycles normaux de l'humidité du sol, de sorte qu'un sol sec ou humide n'est pas un problème en soi. Toutefois, si un endroit est plus humide que la normale, il peut être inondé. De la même manière, s'il est plus sec que la normale, il peut connaître une sécheresse.

4. Question ouverte à soumettre aux élèves.

Fiche d'activité n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

1. Utilise des notions tirées de l'histoire pour renseigner le tableau illustrant comment les différents types de rayonnements électromagnétiques sont utilisés pour surveiller la Terre.

Type de rayonnement électromagnétique	Longueurs d'onde	Ce que cela nous permet de surveiller

2. En quoi les micro-ondes sont-elles particulièrement utiles pour surveiller la Terre ?

_____

_____

3. Le rayonnement électromagnétique de très grandes longueurs d'onde (de l'ordre de plusieurs mètres, voire kilomètres) n'est pas utilisé pour surveiller la Terre. À quoi sert-il ?

_____

Pour approfondir le sujet

4. La plupart des instruments embarqués dans des satellites détectent le rayonnement de la même manière qu'une caméra détecte la lumière. Ce sont des capteurs passifs. Cependant, de nombreux satellites à micro-ondes utilisent des capteurs actifs ? En quoi leur fonctionnement diffère-t-il ?

_____

_____

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Fiche d'activité n° 2 : VOIR DANS DE NOUVELLES COULEURS

Comprendre les images en fausses couleurs

Ces questions concernent l'image du sud de l'Ukraine figurant sur la fiche d'information n° 2.1.

1. De quelle couleur serait la grande zone vert vif dans la vraie vie ?

_____

2. D'après toi, que sont les zones bleu vif en bas à droite ?

_____

_____

3. Dans ce type d'images, la végétation apparaît en rouge.
   Qu'est-ce que cela nous dit des plantes et du rayonnement infrarouge ?

_____

_____

Ouvre Sentinelhub Playground (apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground).

Dans le volet sur le côté gauche, sélectionne ***Custom***.

Tu peux à présent faire glisser des bandes sur les canaux pour créer une variété d'images.

4. Que se passe-t-il si tu fais glisser la même bande sur les trois canaux ?

_____

5. Utilise le tableau des bandes Sentinel-2 de la fiche d'information n° 2.2 pour déterminer quelles bandes correspondent à quel canal pour obtenir une image « en vraies couleurs », qui correspond à ce que nous voyons avec nos yeux.

   Rouge_____Bleu_____Vert _____

Essaie et vérifie si ta proposition est correcte.

6. Utilise la zone de recherche « ***Go to Place*** » (en haut à droite) pour accéder à Kherson, en Ukraine, en conservant la combinaison de vraies couleurs.
   Compare ce que tu vois avec l'image du sud de l'Ukraine figurant sur la fiche d'information n° 2.1.
   Tu peux avoir besoin d'utiliser d'autres paramètres en haut de la page pour modifier les dates et obtenir une image relativement sans nuages et/ou parcourir l'écran ou zoomer un petit peu pour trouver la bonne zone.
   Utilise cet outil pour répondre aux questions 1 et 2.

Étude des combinaisons de bandes

Tu vas essayer de trouver une combinaison de bandes permettant de voir facilement l'évolution d'une caractéristique particulière du paysage.

1. Choisis une caractéristique à étudier.
   Tu peux t'intéresser à un lac, à une ville, à un type de forêt, à une région agricole ou à un glacier.

Caractéristique : _____

2. Trouve une région présentant cette caractéristique et dont tu penses qu'elle va évoluer sur une année ou qu'elle a évolué depuis 2015 (année du lancement de Sentinel-2A).
   Tu peux utiliser un lieu que tu connais ou faire quelques recherches.

Lieu : _____

3. En vraies couleurs pour commencer, accède à cette zone dans Sentinelhub Playground et trouve l'image la plus récente possible où la couverture nuageuse n'est pas trop présente. Télécharge l'image ou fait une capture d'écran.

Date la plus récente : _____

4. À présent, essaie différentes combinaisons de bandes et vérifie le rendu pour ta caractéristique. Télécharge les images ou fait des captures d'écran des deux ou trois meilleures, sans oublier de noter les combinaisons de bandes ici.

   Combinaison 1: Rouge_____Bleu_____Vert_____

   Combinaison 2 : Rouge_____Bleu_____Vert_____

   Combinaison 3 : Rouge_____Bleu_____Vert____

5. Remonte à un mois ou une année où tu penses que la caractéristique était différente et cherche un moment où la zone était relativement sans nuages.
   Télécharge une image ou fais une capture d'écran en vraies couleurs et note la date.

Date plus ancienne : _____

6. Essaie chacune de tes deux ou trois meilleures combinaisons, fais des captures d'écran ou télécharge des copies des images pour les comparer avec les plus récentes. Détermine quelle combinaison montre le mieux l'évolution.

7. Prépare un poster montrant comment la zone étudiée a évolué.
   Tu dois inclure au moins quatre images pour montrer la zone aujourd'hui et à l'autre moment en vraies et en fausses couleurs.
   Ajoute des remarques aux images pour souligner comment les choses ont évolué.
   Tu peux aussi ajouter :
   - plus d'images du même lieu à des moments différents,
   - des images d'un lieu similaire qui n'a pas évolué au cours de la même période,
   - une explication de la combinaison de fausses couleurs que tu as utilisée,
   - des informations expliquant pourquoi cette évolution se produit et/ou ses effets.

Fiche d'activité n° 3 : ÉTUDIER LE CLIMAT DEPUIS L'ESPACE

Ouvre l'application Web Climate from Space (cfs.climate.esa.int).
Clique sur le symbole ***Couches de données*** (en haut à droite) et sélectionne ***Soil Moisture*** dans la liste. Étudie comment les paramètres te permettent de regarder plus en détail des lieux ou des périodes spécifiques.

Interprétation des données d'humidité du sol

1. L'application Web montre une carte grise au lieu d'un carré coloré aux endroits où le satellite n'a pas pu mesurer la teneur en eau du sol pour le mois concerné. Regarde les endroits où aucune mesure n'est jamais prise. Selon toi, pourquoi le satellite ne peut-il jamais obtenir de relevés de ces zones ? (Il y a plusieurs explications possibles.)

_____

_____

2. Choisis un lieu, local ou que tu as étudié au cours de la dernière activité, et estime la valeur de l'humidité du sol à trois dates différentes.

Lieu_____

Date_____Estimation de l'humidité du sol_____m^3/m^3

Date_____Estimation de l'humidité du sol_____m^3/m^3

Date_____Estimation de l'humidité du sol_____m^3/m^3

Clique sur le symbole des ***couches de données*** dans l'application Web Climate from Space.

Cette fois, choisis ***Soil Moisture – Anomalies*** dans la liste.

Cette carte affiche la teneur en eau du sol par rapport à la valeur habituelle **pour cette période de l'année**. Les nuances de bleu indiquent que le sol est plus humide que d'habitude et les nuances de rouge indiquent que le sol est plus sec que d'habitude. Plus la couleur est sombre, plus l'écart est important.

3. a. Pourquoi le texte en gras est-il important ? Trouve un élément pour étayer ta réponse. (CONSEIL : tu peux revenir aux données d'humidité du sol.)

_____

_____

_____

b. Quelles informations peut-on obtenir en observant ces différences que l'on ne peut pas déduire des valeurs d'humidité du sol ?

_____

_____

4. Reviens sur le lieu choisi pour la question 1. Pour chaque date, détermine si le sol est plus humide ou plus sec que d'habitude et dans quelle proportion.

Date_____Plus humide/plus sec que d'habitude de_____l/m^3

Date_____Plus humide/plus sec que d'habitude de_____l/m^3

Date_____Plus humide/plus sec que d'habitude de_____l/m^3

Échange ta fiche avec un camarade pour vérifier et commenter mutuellement vos réponses.

Activité de recherche : sécheresses et inondations

En quantité insuffisante ou trop importante, l'eau dans le sol peut causer des problèmes. Les sécheresses ou les inondations sur de vastes zones font souvent la une des journaux et ont un impact considérable sur les gens et l'environnement qui se ressent souvent encore bien après le départ des journalistes.

1. Choisis un épisode majeur d'inondation ou de sécheresse survenu durant les cinq dernières années. Utiliser l'application Web Climate from Space pour déterminer les niveaux d'humidité du sol au moment de l'événement, mais aussi dans quelle mesure ils différaient des valeurs habituelles.

2. Cherche à en savoir plus sur l'événement, ses causes et ses impacts par le biais des sources suivantes :

    - Autres informations éventuellement pertinentes dans l'application Web Climate from Space. (Nuages ? Couverture terrestre ? Incendie ? Neige ? Pergélisol ?)
    - Autres données satellite issues de Sentinelhub Playground (apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground). Réfléchis aux combinaisons de bandes potentiellement les plus efficaces pour montrer les différences au sein de la zone avant, pendant et après l'événement.
    - Autres informations trouvées sur Internet, comme des données climatiques annuelles, des données économiques et/ou des articles de presse. N'oublie pas d'évaluer la fiabilité de tes sources avant de décider d'intégrer ou non une information.

3. Prépare un rapport, une présentation ou un poster pour parler de l'événement à tes camarades.
   Intègre au moins trois des sections répertoriées ci-dessous, ainsi que des images créées à partir de données satellite.

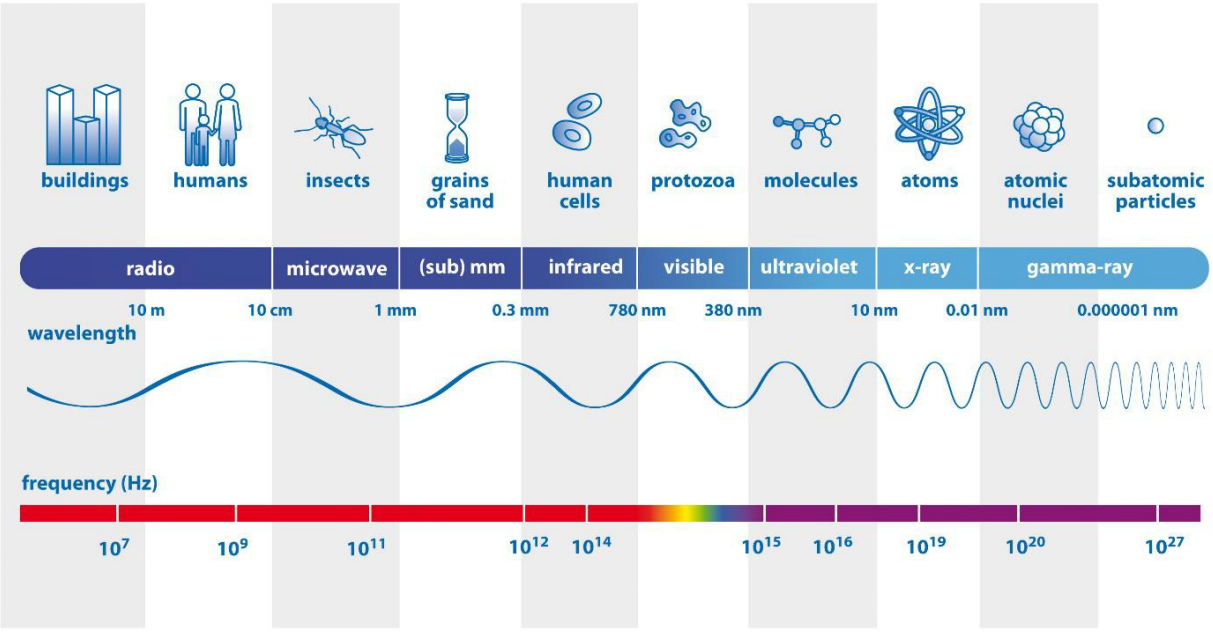
    - Détails relatifs à l'événement : quoi ? quand ? où ?
    - Que sait-on des causes de cet événement ?
    - Quel impact a eu cet événement sur la zone ?
      (tu peux inclure des images avant/après pour illustrer ton propos.)
    - Comment l'événement a-t-il affecté les gens ? Dans quelle mesure ? Sur quelle durée ? Quelles-ont été les mesures d'aide mises en œuvre ?
    - Cela peut-il se reproduire ? Si oui, quelles sont les mesures prises pour limiter l'impact la prochaine fois ?

Fiche d'information n° 1 : PRENDRE LE POULS DE LA PLANÈTE

La célèbre image « Bille Bleue » de la Terre (source : NASA)

La « Bille Bleue » est le nom donné à une photo de la Terre prise par l'équipage d'Apollo 17. C'est l'une des photos les plus reproduites de tous les temps. L'eau bleue des mers et des océans domine l'image, mais si l'on y regarde de plus près, on peut distinguer bien d'autres couleurs : le sable jaune du Sahara, le vert profond des forêts tropicales, le blanc des nuages au-dessus des océans mais aussi la glace et la neige recouvrant l'Antarctique. Les photos comme celle-ci, prises avec des appareils ordinaires, contiennent une grande quantité d'informations. Des images similaires prises de l'espace font désormais partie de notre vie quotidienne, par exemple à la télévision pour les prévisions météorologiques.

La photo de la Bille Bleue montre la Terre telle que nous la voyons à l'œil nu. En détectant la lumière rouge, verte et bleue, l'œil humain perçoit toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. La majorité du rayonnement du Soleil correspond à cette lumière visible. Mais il existe bien d'autres « couleurs » de rayonnement que nous ne pouvons pas voir. Ensemble, elles constituent le spectre électromagnétique. Les différents types de rayonnements électromagnétiques se caractérisent par différentes longueurs d'onde.



Les parties du spectre électromagnétique par longueur d'onde. La ligne supérieure illustre les objets à peu près de la même taille qu'une longueur d'onde du rayonnement. La ligne inférieure indique la fréquence, c'est-à-dire le nombre de vibrations de l'onde à chaque seconde. (source : ESA/AOES Medialab – adaptation ESA CCI)

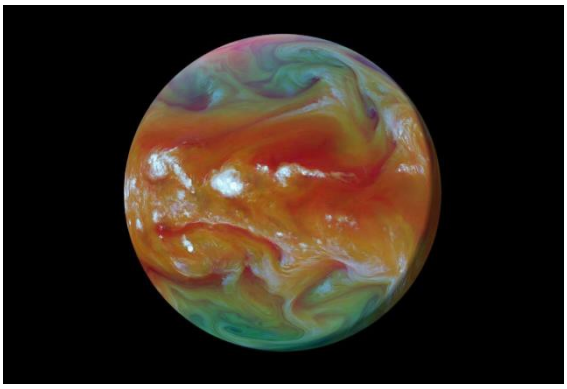
Observer la Terre à différentes longueurs d'onde

La lumière visible est dotée de longueurs d'onde comprises entre 380 nanomètres (violet) et 780 nanomètres (rouge). Le nanomètre (nm) correspond à un milliardième de mètre, soit un millionième de millimètre. Elle est parfaite pour identifier la couverture terrestre lorsque les nuages ne se mettent pas sur sa route ! La surveillance de la couleur des océans nous en dit beaucoup sur le phytoplancton, de minuscules plantes marines qui contribuent à éliminer le carbone de l'atmosphère et produisent 50 % de l'oxygène que nous respirons.

Les rayons X et les rayons gamma utilisés en médecine ont des longueurs d'onde bien plus courtes que la lumière visible (moins de 10 nm), et les satellites d'observation de la Terre n'utilisent pas ces types de rayonnements. Toutefois, il existe des capteurs embarqués à bord de satellites qui détectent la lumière ultraviolette (10–380 nm). Certains d'entre eux ont joué un rôle important dans la découverte du trou dans la couche d'ozone de l'atmosphère au-dessus de l'Antarctique. Ils sont toujours utilisés pour surveiller l'évolution de ce trou.

Les rayonnements électromagnétiques avec une longueur d'onde supérieure à celle que nous pouvons voir avec nos yeux, sont classés en : proche infrarouge pour une longueur d'onde d'environ 1 micromètre [un micromètre (µm) correspond à un millionième de mètre ou un millième de millimètre], infrarouge thermique pour une longueur d'onde d'environ 10 µm, et micro-ondes pour une longueur d'onde de l'ordre de quelques centimètres.

Les capteurs qui détectent les longueurs d'onde dans le proche infrarouge sont sensibles à l'état sanitaire des plantes. Ils peuvent être utilisés pour effectuer le suivi de la productivité agricole et les impacts des sécheresses.



Les caméras à infrarouge thermique montrent la chaleur émise par la Terre et nous montrent les échanges d'énergie dans l'atmosphère
(source : Planetary Visions/ESA)

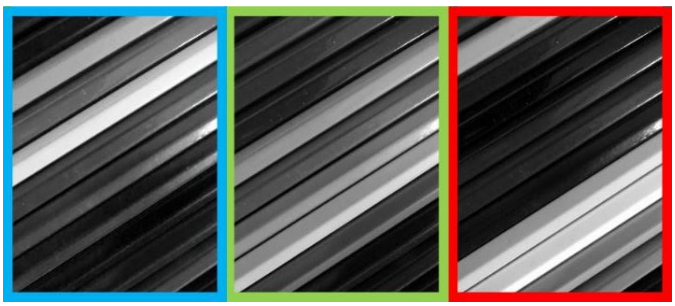
Les capteurs dans l'infrarouge thermique peuvent mesurer la température de la Terre. Ils fonctionnent de la même manière que les caméras utilisées dans les aéroports pour détecter les personnes atteintes de la COVID-19. Utiliser des capteurs embarqués à bord de satellites pour mesurer la température de la surface de la Terre, de la surface des océans et du sommet des nuages nous permet de quantifier les effets du réchauffement climatique sur les océans et l'atmosphère. Cela nous permet aussi d'étudier l'évolution des températures à
l'échelle plus petite des villes et dans les zones inaccessibles, dont Arctique et l'Antarctique.

Les micro-ondes permettent de mesurer l'eau sous toutes ses formes : liquide dans le sol, gelée sous forme de neige et de glace, mais aussi sous forme de vapeur et de gouttelettes dans l'atmosphère. Les micro-ondes peuvent pénétrer au cœur des nuages, de sorte que ces capteurs peuvent fournir des données dans presque toutes les conditions météorologiques ainsi que dans l'obscurité de l'hiver polaire.

La mesure de l'ozone, de la couleur des océans, de la température de la surface de la terre et des océans, de l'humidité du sol, de la neige, de la glace marine, des nappes glaciaires et des glaciers est essentielle pour comprendre le puzzle complexe qu'est le climat de la Terre. Les capteurs embarqués à bord de satellites et dédiés à des parties spécifiques du spectre électromagnétique nous permettent donc de surveiller l'évolution du climat, de prendre le pouls de notre planète, pour ainsi dire.

Fiche d'information n° 2 : VOIR DANS DE NOUVELLES COULEURS

Créer une image en couleur



(source : Catherine

Chaque pixel dans chacune de ces cases peut être décrit par un nombre unique.
Les pixels blancs ont une valeur de 255 et les pixels noirs une valeur de 0.
Chaque image correspond à un ensemble de données sur une grille.

Les images en couleur nécessitent trois nombres pour chaque pixel et sont réalisées en combinant les trois jeux de données :

- Les nombres de la première case définissent la valeur de bleu.
- Les nombres de la deuxième case définissent la valeur de vert.
- Les nombres de la troisième case définissent la valeur de rouge.

On dit que chaque ensemble de données correspond à un **canal** différent : rouge, vert ou bleu.

Voir la lumière invisible

Dans l'exemple ci-dessus, les données utilisées dans chaque canal proviennent de capteurs de caméra ayant détecté la lumière de la même couleur que le canal.

Mais on peut utiliser différentes données pour définir les couleurs dans chaque canal.

Dans cette image :

- Les données d'un capteur infrarouge définissent les valeurs dans le canal rouge.
- Les données relatives à la lumière rouge définissent les valeurs dans le canal vert.
- Les données relatives à la lumière verte définissent les valeurs dans le canal bleu.

Nous voyons donc effectivement la lumière infrarouge en la faisant apparaître en rouge sur notre photo.

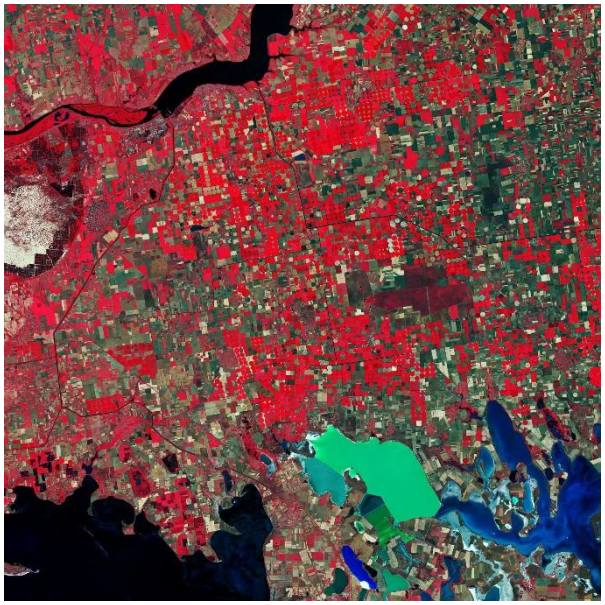


Image en fausses couleurs du sud de l'Ukraine (source : contient des données Copernicus Sentinel modifiées (2019), traitées par l'ESA)

Des images comme celle-ci sont appelées **images en fausses couleurs**.

Les scientifiques spécialisés dans l'observation de la Terre les utilisent souvent pour étudier ou afficher des données de parties du spectre électromagnétique invisibles à l'œil nu.

Diviser le spectre

La caméra d'un smartphone est dotée de trois types de capteurs : un pour la lumière rouge, un pour la lumière verte et un pour la lumière bleue. La section du spectre détectée par chaque capteur s'appelle une **bande**, de sorte qu'une caméra dispose de trois bandes.

Un instrument embarqué à bord d'un satellite peut être muni d'un éventail de capteurs pour détecter différentes parties du spectre électromagnétique. Il peut y en avoir des centaines, chacun sensible à une très petite plage de longueurs d'onde.

Il est possible d'affecter les données de n'importe quelle bande à n'importe quel canal pour produire une variété d'images en fausses couleurs, mais certaines de ces images sont plus utiles que d'autres !

Le tableau ci-dessous présente les bandes dans les instruments à bord des deux Sentinel-2. La principale mission de ces satellites est de suivre l'évolution de notre exploitation des terres emmergées et de surveiller l'état sanitaire des plantes.

N° de bande	Nom de bande	Résolution / m	Longueur d'onde min. / nm	Longueur d'onde max. / nm
B1	Aérosols	60	443,9	442,3
B2	Bleu	10	496,6	492,1
B3	Vert	10	560	559
B4	Rouge	10	664,5	665
B5	Bordure rouge 1	20	703,9	703,8
B6	Bordure rouge 2	20	740,2	739,1
B7	Bordure rouge 3	20	782,5	779,7
B8	NIR	10	835,1	833
B8A	Bordure rouge 4	20	864,8	864
B9	Vapeur d'eau	60	945	943,2
B11	SWIR 1	20	1613,7	1610,4
B12	SWIR 2	20	2202,4	2185,7

La résolution donne la longueur de chaque côté d'un pixel individuel.
1 nm = 10^{-9} m

Image générée par ordinateur de Sentinel-2 en orbite (source : ESA /ATG medialab)

Liens

Ressources

Ressource en ligne Climate from Space https://cfs.climate.esa.int

Climat pour les écoles https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/

Teach with space
http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Pirater une webcam infrarouge
https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Infrared_Webcam_Hack_-_Using_infrared_light_to_observe_the_world_in_a_new_way

Projets spatiaux de l'ESA

Bureau du climat de l'ESA https://climate.esa.int/en/

Space for our climate
http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

Missions d'observation de la Terre de l'ESA
www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Earth Explorers
http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

SMOS monitoring droughts
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/06/SMOS_monitoring_droughts#.X57vUIj7nvA.link

Informations supplémentaires

La Terre vue de l'espace : Sud de l'Ukraine
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/04/Earth_from_Space_Southern_Ukraine

Plus de vidéos de la Terre vue de l'espace
http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change

CNES https://enseignants-mediateurs.cnes.fr

ESERO France esero.fr

SCO France https://www.spaceclimateobservatory.org/fr/sco-france