



**ITU**News  
MAGAZINE

No. 6, 2020

# Atteindre les Objectifs de développement durable grâce aux sciences spatiales



# Restez au courant // // Restez informés

Les Nouvelles de l'UIT sont désormais sur une nouvelle plate-forme

## Découvrez MyITU

Votre passerelle d'accès aux contenus de l'UIT qui correspondent à vos domaines d'intérêt  
Retrouvez toute l'actualité dans les derniers articles des Nouvelles de l'UIT.

Pour recevoir le nouveau bulletin d'information hebdomadaire de l'UIT



Articles réguliers  
des Nouvelles de  
l'UIT



Abonnement



ITU News  
Magazine



Rejoignez la communauté en ligne de l'UIT sur le support de votre choix

## Atteindre les Objectifs de développement durable grâce aux sciences spatiales

Par Houlin Zhao, [ITU Secretary-General](#)

■ L'UIT contribue aux activités menées dans le domaine spatial depuis le premier jour. La présente édition des Nouvelles de l'UIT met l'accent sur le rôle que joue l'UIT dans les sciences spatiales, et en particulier dans les domaines de la plus haute importance pour l'humanité et la planète, afin de promouvoir les Objectifs de développement durable (ODD).

Depuis que les ODD ont été adoptés au Sommet des Nations Unies sur le développement durable à New York, en septembre 2015, ils nous guident dans les efforts que nous faisons pour rendre le monde meilleur pour chacun d'entre nous.

Grâce aux travaux de l'UIT et à une collaboration mondiale dans le domaine des sciences spatiales, les technologies de la communication ont fait des progrès fulgurants et les capacités des satellites, uniques en leur genre, ont joué un rôle central dans les initiatives liées aux ODD et se sont révélées être un outil essentiel dans l'observation de la Terre et la lutte contre les changements climatiques.

Les services scientifiques spatiaux sont le sujet d'étude de la Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R). Les Commissions d'études de l'UIT-R établissent des réglementations, des normes et des bonnes pratiques d'application universelle, qui permettent à l'écosystème hertzien de se développer durablement.

Apprenez-en davantage sur la façon dont l'UIT et ses partenariats d'envergure mondiale tirent parti des sciences spatiales pour rendre le monde meilleur et plus inclusif, alors qu'il ne reste que 10 années pour atteindre les ODD. ■



“ Apprenez-en davantage sur la façon dont l'UIT et ses partenariats d'envergure mondiale tirent parti des sciences spatiales pour rendre le monde meilleur et plus inclusif, alors qu'il ne reste que 10 années pour atteindre les ODD. ”

Houlin Zhao

# Atteindre les Objectifs de développement durable grâce aux sciences spatiales

## Editorial

### 1 Atteindre les Objectifs de développement durable grâce aux sciences spatiales

Par Houlin Zhao, ITU Secretary-General

## Les sciences spatiales et l'UIT

### 4 Avant-propos du Directeur

Par Mario Maniewicz, Directeur du Bureau des radiocommunications de l'UIT

### 7 Spectrum management for science services after WRC-19

Par John Zuzek, Président de la Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R)

## Les bienfaits des sciences spatiales

### 13 L'importance des progrès accomplis en matière d'observation de la Terre depuis l'espace pour la protection de la planète

Par Petteri Taalas, Secrétaire général, Organisation météorologique mondiale (OMM)

### 19 L'espace comme facteur de réalisation des Objectifs de développement durable

Par Yasuo Ishii, Vice-Président de l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA)

### 23 Le Centre de météorologie spatiale de Météo-France

Par Sylvain Le Moal, responsable de la division Valorisation des données satellitaires du Centre de météorologie spatiale, Météo-France

### 27 Rôle joué par l'AEE et le Programme Copernicus à l'appui de la politique de l'UE en matière d'environnement et de changements climatiques

Par Andrus Meiner, chef du Groupe des services d'information géospatiale, et Chris Steenmans, chef des Services des données et de l'information au sein de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE)



Atteindre les Objectifs de développement durable grâce aux sciences spatiales



Photos de couverture: Shutterstock

ISSN 1020-4148  
itunews.itu.int  
6 numéros par an  
Copyright: © ITU 2020

Coordonnatrice de la rédaction et rédactrice:  
Nicole Harper  
Concepteur artistique: Christine Vanoli  
Assistante d'édition: Angela Smith

Traduction et mise en page:  
Département des conférences et des publications

Rédaction/Publicité:  
Tél.: +41 22 730 5723/5683  
E-mail: [itunews@itu.int](mailto:itunews@itu.int)

Adresse postale:  
Union internationale des télécommunications  
Place des Nations  
CH-1211 Genève 20 (Suisse)

Déni de responsabilité: les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs des articles et n'engagent pas l'UIT. Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données, cartes comprises, qui y figurent n'impliquent de la part de l'UIT aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les références faites à des sociétés ou à des produits spécifiques n'impliquent pas que l'UIT approuve ou recommande ces sociétés ou ces produits, de préférence à d'autres, de nature similaire, mais dont il n'est pas fait mention.

Sauf indication contraire, toutes les photos sont des photos UIT.

### 30 Télédétection à hyperfréquences des phénomènes terrestres et spectre électromagnétique

Par Paolo de Matthaëis, Président du Comité technique d'attribution de fréquences pour la télédétection (FARS) de la Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) rattachée à l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

### 35 Surveiller l'atmosphère, les océans et le climat depuis l'espace pour transformer notre monde

Par Markus Dreis, responsable de l'Office de gestion des fréquences, Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT)

### 41 En quoi les radiocommunications appliquées aux sciences spatiales me concernent-elles?

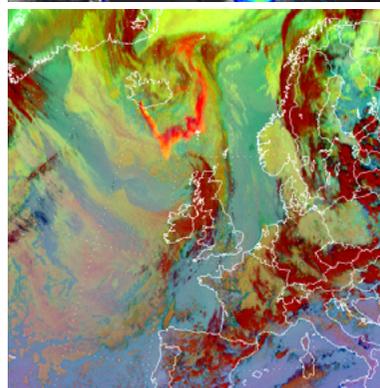
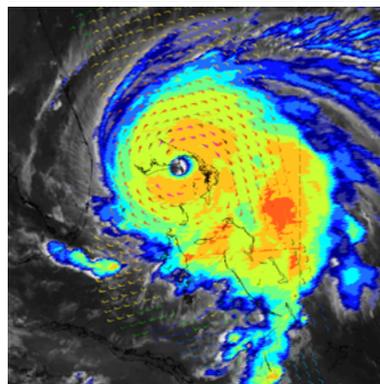
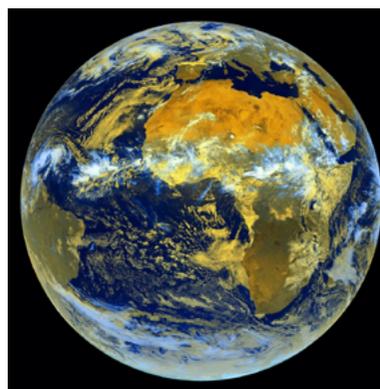
Par Catherine Sham, responsable du spectre pour les programmes de vols spatiaux habités et les programmes lunaires, NASA, et Présidente du Groupe de travail 7B de l'ITU-R

### 44 Copernicus – Earth observation to achieving the Sustainable Development Goals

Par Dominic Hayes, Gestionnaire du spectre, Programme spatial de l'Union européenne, Commission européenne

### 47 Le programme allemand d'observation de la Terre au service du développement durable

Par Helmut Staudenrausch, chef d'équipe des programmes opérationnels, Jens Danzeglocke, administrateur de projets pour les applications d'observation de la Terre au sein du Département de l'observation de la Terre, et Ralf Ewald, administrateur de projets de gestion des fréquences radioélectriques au Département des communications par satellite relevant de l'Administration de l'espace du Centre aérospatial allemand (DLR)



## Avant-propos du Directeur

Par **Mario Maniewicz**, Directeur du **Bureau des radiocommunications de l'UIT**

■ Je me réjouis de vous présenter ce numéro de la revue Nouvelles de l'UIT, qui comprend plusieurs articles et points de vue sur la manière dont les sciences et les technologies spatiales peuvent être mises à profit pour accélérer la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030.

Les biens spatiaux et les technologies connexes peuvent être utilisés pour faciliter la réalisation de bon nombre, voire de l'ensemble, des Objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies. Les données recueillies par les satellites d'observation de la Terre présentent un intérêt capital pour la plupart des dix-sept ODD, car elles peuvent contribuer à suivre les cibles, à planifier les avancées et à évaluer les progrès accomplis, ainsi qu'aider les pays et les organisations à prendre des décisions éclairées et favorables aux ODD afin d'améliorer les conditions de vie sur notre planète.

Les données, images et informations obtenues par satellite sont d'une grande utilité pour faire face à certains des principaux défis mondiaux en matière de développement tels que la sécurité alimentaire, les risques de catastrophes, la prévention des crises humanitaires, le suivi des ressources naturelles et la lutte contre la pauvreté.

On peut lire ce qui suit dans un rapport récent du Bureau des affaires spatiales des Nations Unies: «Pour parvenir à la réalisation effective du Programme de développement durable à l'horizon 2030, l'utilisation des services spatiaux doit devenir la norme. Un partenariat mondial est nécessaire pour faire en sorte que les pays prennent toute la mesure des possibilités offertes par les activités spatiales en termes de mise en œuvre et de suivi des ODD, et pour veiller à ce que les besoins de tous les pays soient pris en compte lors de la conception et de l'exploitation de nouvelles infrastructures spatiales, tout en s'assurant de réduire les écarts existants».



En savoir plus [ici](#).



“  
Les données,  
images et  
informations  
obtenues par  
satellite sont  
d'une grande  
utilité pour faire  
face à certains  
des principaux  
défis mondiaux  
en matière de  
développement.”

Mario Maniewicz



“

*La CMR-19 s'est achevée avec succès il y a à peine plus d'un an; elle a ouvert la voie à de nouvelles façons de connecter le monde, plus innovantes, grâce à l'utilisation des technologies de communication de Terre et spatiales.*

”

Mario Maniewicz

## Des avancées révolutionnaires dans les technologies de la communication

Depuis le lancement du premier satellite en 1957, les avancées révolutionnaires dont nous avons été témoins dans les domaines de la conception, de la construction et des capacités des services de lancement de satellites ont débouché sur d'innombrables possibilités en matière d'observation de la Terre, de prévisions météorologiques, de télédétection, de systèmes mondiaux de localisation, de télévision par satellite, ou encore de communications mobiles.

«La Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR-19) s'est achevée avec succès il y a à peine plus d'un an; elle a ouvert la voie à de nouvelles façons de connecter le monde, plus innovantes, grâce à l'utilisation des technologies de communication de Terre et spatiales.»

La mise à jour régulière du [Règlement des radiocommunications](#) de l'UIT à chaque CMR est essentielle pour faire progresser l'imagerie satellitaire et la surveillance des ressources terrestres, les sciences et les missions spatiales, la météorologie, le transport et la sécurité maritimes et aéronautiques, la protection civile et les systèmes de défense.

Les décisions prises lors de la CMR-19 favoriseront la mise en œuvre de nouvelles technologies ainsi que la protection des services existants, et permettront aux personnes et aux entreprises de tirer parti des progrès accomplis dans le domaine des technologies de radiocommunication.

## Les capacités exceptionnelles des satellites

Les satellites constituent le seul moyen viable de surveiller tous les milieux sur Terre: la surface terrestre, les mers et l'air. Les capacités uniques des satellites comprennent l'observation non intrusive et uniforme (avec un

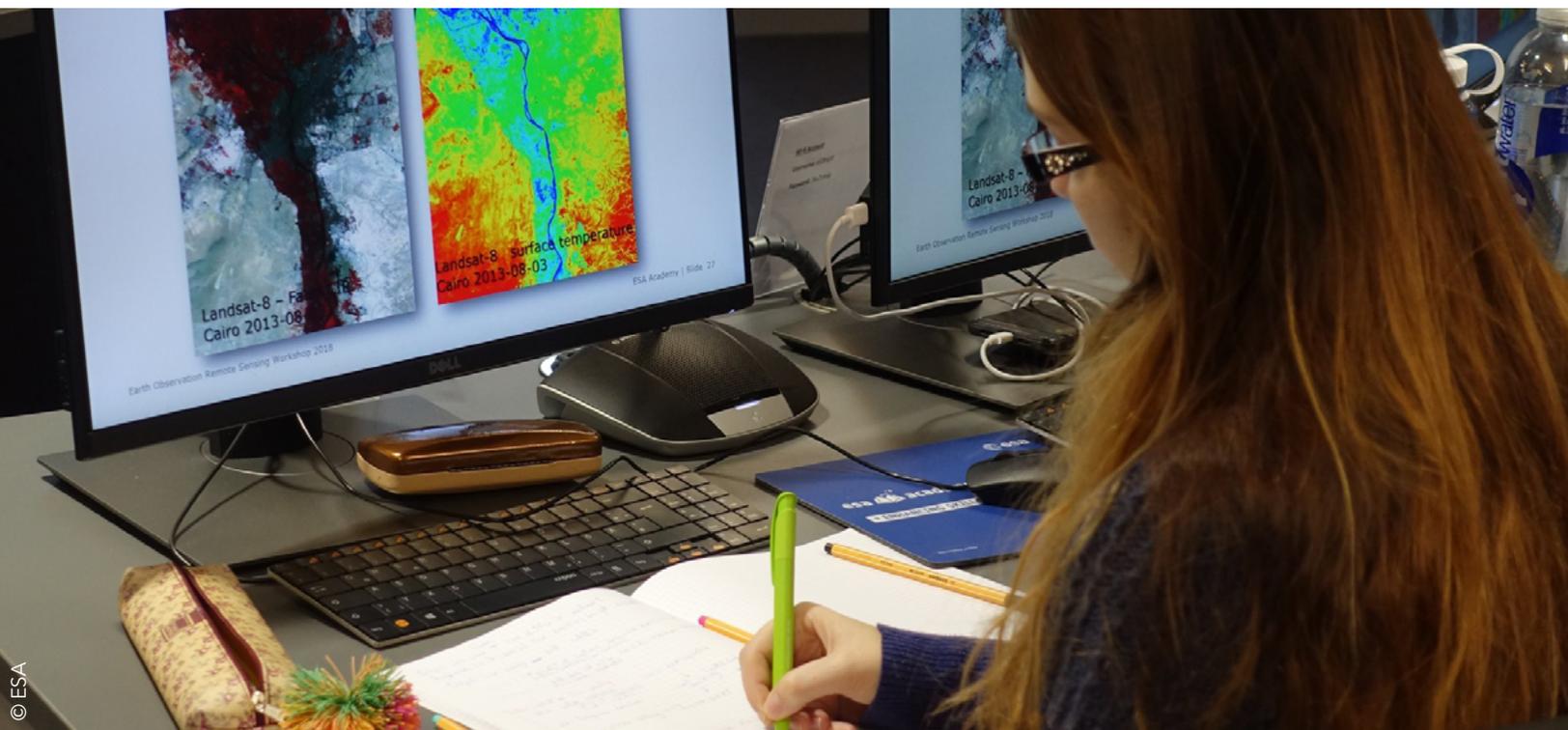
même instrument) de vastes zones, tout en permettant de cibler rapidement un point donné sur la Terre, y compris des endroits isolés et inhospitaliers, et de poursuivre une série d'observations sur une longue période.

Grâce à ces capacités, le service d'exploration de la Terre par satellite profite à l'ensemble de la société, dans le secteur public comme dans le secteur privé.

## La menace des changements climatiques

Les changements climatiques représentent une menace grandissante pour nous tous. Le nombre de catastrophes naturelles (ouragans, tremblements de terre, tempêtes, inondations et incendies) a considérablement augmenté au cours des dernières décennies. Il n'a jamais été aussi urgent de coordonner une action internationale vigoureuse et efficace.

Les applications de technologies à composantes spatiales sont devenues un élément important des stratégies locales, régionales et nationales de réduction des risques de catastrophes, en particulier pour assurer les communications d'urgence et les activités de suivi et de localisation pendant et après les catastrophes naturelles et dans les situations d'urgence humanitaire complexes.



© ESA

Étant donné que des prévisions météorologiques précises doivent être fondées sur la meilleure estimation possible de l'état actuel de l'atmosphère, il est primordial que les météorologues aient accès à des données d'observation précises, en temps réel et à l'échelle mondiale, concernant les phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère terrestre au-dessus des terres et des océans. Bon nombre des solutions seront fondées sur la surveillance mondiale de l'environnement, y compris au moyen de biens spatiaux.

### Des données essentielles aux activités de suivi

En outre, les données recueillies par ces systèmes radioélectriques sont d'une importance cruciale pour suivre les résultats des initiatives liées aux ODD. Ainsi, environ 30 des 232 indicateurs mis au point pour assurer le suivi de la réalisation des ODD sont tributaires de données obtenues par des satellites de télédétection.

En ce qui concerne l'utilisation du spectre radioélectrique, il faut non

seulement garantir l'accès des systèmes concernés aux ressources nécessaires, mais aussi assurer la protection, contre les émissions artificielles, des bandes utilisées dans le monde entier pour analyser les différents paramètres de l'atmosphère et de la surface de la Terre à partir d'émissions radioélectriques naturelles.

Je vous souhaite une agréable lecture des articles de ce numéro. ■

## Spectrum management for science services after WRC-19

Par **John Zuzek**, Président de la Commission d'études 7 du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R)

La Commission d'études 7 (CE 7) du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) s'occupe des services de radiocommunication utilisés dans le cadre d'activités scientifiques. Parmi les services scientifiques spatiaux, on compte les services d'exploration de la Terre par satellite et de météorologie par satellite, y compris les systèmes de télédétection passive et active.

Ces services de radiocommunication nous permettent de recueillir des données importantes sur la Terre et son atmosphère. Les agences spatiales civiles du monde entier utilisent les services de recherche spatiale et d'exploitation spatiale pour explorer et travailler dans l'espace. Leurs activités comprennent des missions robotisées vers d'autres planètes et objets dans l'espace, ainsi que l'exploration humaine de l'espace, de la Lune et bien plus encore.

Actuellement, de nombreux pays concentrent leurs efforts sur l'exploration et la connaissance approfondie de la Lune, tentent de démontrer que les êtres humains peuvent vivre au-delà de l'orbite terrestre et espèrent, à terme, étendre l'exploration humaine à d'autres planètes.

### Points de l'ordre du jour de la CMR-19 directement liés aux sciences spatiales et à la météorologie

Lors de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2019 (CMR-19), trois points de l'ordre du jour étaient directement liés aux sciences spatiales et à la météorologie. Les résultats de l'examen de ces points sont résumés dans le Tableau 1.

#### Point 1.2 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.2 de l'ordre du jour portait sur les limites de puissance dans la bande pour les stations terrestres fonctionnant dans les services mobile par satellite, de météorologie par satellite et d'exploration de la Terre par satellite dans les bandes de fréquences 401-403 MHz et 399,9-400,05 MHz.

Sur la base des études menées par la Commission d'études 7 de l'UIT-R, la CMR-19 a établi des limites de puissance dans la bande en conséquence.



“Plusieurs points de l'ordre du jour de la CMR-19 ont également été source d'inquiétude pour les opérateurs dans les domaines des sciences spatiales et de l'observation de la Terre, en raison de l'incidence négative qu'ils pourraient avoir sur leurs missions.”

John Zuzek

Tableau 1 – Résultats de la CMR-19 au sujet des points de l'ordre du jour relatifs aux services scientifiques

Point de l'ordre du jour de la CMR-19	Résultats
<b>1.2</b> Limites de puissance dans la bande pour les services mobile par satellite, de météorologie par satellite et d'exploration de la Terre par satellite au voisinage des 400 MHz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Limites de puissance imposées aux stations terriennes du service mobile par satellite (399,9-400,02 MHz).</li> <li>■ Aucune limite de puissance pour les opérations de télécommande à plus forte puissance (400,02-400,05 MHz).</li> <li>■ Limites de puissance imposées entre 401 et 403 MHz.</li> </ul>
<b>1.3</b> Relèvement du statut du service de météorologie par satellite (espace vers Terre) et attribution au service d'exploration de la Terre par satellite (espace vers Terre) dans la bande 460-470 MHz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pas de modification.</li> </ul>
<b>1.7</b> Missions de courte durée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 137-138 MHz et 148-149,9 MHz pour une utilisation par des satellites non géostationnaires (non GSO) associés à des missions de courte durée.</li> </ul>

### Point 1.3 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.3 de l'ordre du jour visait à envisager de relever éventuellement le statut de l'attribution à titre secondaire au service de météorologie par satellite (espace vers Terre) pour lui conférer le statut primaire et de faire éventuellement une attribution à titre primaire au service d'exploration de la Terre par satellite (espace vers Terre) dans la bande de fréquences 460-470 MHz. Malheureusement, la CMR-19 n'a pas été en mesure de convenir d'une solution concernant ce point de l'ordre du jour, de sorte que le Règlement des radiocommunications n'a pas été modifié à cet égard.

### Point 1.7 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.7 de l'ordre du jour visait à étudier les besoins de spectre pour la télémessure, la poursuite et la télécommande dans le service d'exploitation spatiale pour les satellites non OSG associés à des missions de courte durée, à évaluer si les attributions existantes au service d'exploitation spatiale convenaient et, au besoin, à envisager de nouvelles attributions dans certaines parties du spectre. La CMR-19 a décidé d'identifier les gammes de fréquences 137-138 MHz et 148-149,9 MHz en vue de leur utilisation par des satellites non OSG associés à des missions de courte durée, sous réserve d'un certain nombre de conditions faisant l'objet d'une résolution.

### Points de l'ordre du jour de la CMR-19 pouvant avoir une incidence négative dans les domaines des sciences spatiales et de l'observation de la Terre

Plusieurs points de l'ordre du jour de la CMR-19 ont également été source d'inquiétude pour les opérateurs dans les domaines des sciences spatiales et de l'observation de la Terre, en raison de l'incidence négative qu'ils pourraient avoir sur leurs missions. Les résultats de l'examen de ces points sont résumés dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Résultats de la CMR-19 au sujet des points de l'ordre du jour problématiques pour les services scientifiques

Point de l'ordre du jour de la CMR-19	Résultats
<p><b>1.6</b> Un cadre réglementaire pour les systèmes non OSG du service fixe par satellite (SFS) dans les bandes 37,5-39,5 GHz (↓) et 47,2-50,2 GHz (↑).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Le résultat est nettement plus satisfaisant que les limites existantes définies dans la Résolution 750 au sujet du service fixe par satellite.</li> <li>■ Les limites définies assurent une parfaite protection des capteurs à balayage nadir fonctionnant dans la bande passive 50,2-50,4 GHz.</li> </ul>
<p><b>1.13</b> Identification de bandes pour les Télécommunications mobiles internationales (IMT) entre 24,25 GHz et 86 GHz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 24,25-27,5 GHz: Niveau de protection satisfaisant.</li> <li>■ 37,0-40,5 GHz: Niveau de protection satisfaisant.</li> <li>■ 47,2-50,2 GHz, 50,4-52,6 GHz, 81,086,0 GHz: Pas de modification à apporter pour ces bandes.</li> </ul>
<p><b>1.14</b> Systèmes utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS) dans les bandes de fréquences des 22 GHz et des 26 GHz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Résultats satisfaisants pour toutes les bandes des services scientifiques.</li> </ul>
<p><b>1.15</b> Identification de fréquences en vue de leur utilisation par les services mobile terrestre et fixe entre 275-450 GHz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ L'identification de bandes pour les applications des services mobile terrestre et fixe n'exclut pas l'utilisation d'autres fréquences et n'établit pas de priorité.</li> <li>■ La protection des applications actuelles et futures d'observation de la Terre est assurée.</li> </ul>

### Point 1.6 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.6 de l'ordre du jour de la CMR-19 portait sur l'élaboration d'un cadre réglementaire pour les systèmes à satellites non OSG du service fixe par satellite fonctionnant dans certaines bandes entre 37,5 et 51,4 GHz. Deux de ces bandes de fréquences (47,2-50,2 GHz et 50,451,4 GHz), utilisées par les transmissions en liaison montante, étaient immédiatement adjacentes de part et d'autre de la bande passive 50,2-50,4 GHz attribuée au service d'observation de la Terre, qui constitue une fenêtre d'étalonnage critique pour

les mesures de la température atmosphérique. Ce point a fait l'objet d'une étude approfondie par la Commission d'études 4 (CE 4 - Services par satellite) et la CMR-19 a adopté des dispositions établissant les limites des émissions hors bande pour les transmissions des stations terriennes des systèmes à satellites OSG et non OSG, afin de protéger ces systèmes de détection atmosphérique.

### Point 1.13 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.13 de l'ordre du jour avait pour but d'identifier

des bandes de fréquences pour le déploiement futur des Télécommunications mobiles internationales (IMT), y compris des attributions additionnelles possibles à titre primaire au service mobile, dans plusieurs bandes entre 24,25 et 86 GHz. Pour les opérateurs des systèmes scientifiques spatiaux, le principal souci était de protéger les stations terriennes existantes fonctionnant dans la bande 25,5-27 GHz tant pour l'observation de la Terre que pour la recherche spatiale sur les liaisons descendantes, ainsi que de garantir le fonctionnement des futures stations terriennes de réception dans cette bande.

La CMR-19 a décidé qu'il conviendrait de faciliter cette protection au moyen d'accords bilatéraux de coordination transfrontalière, selon les besoins. Une deuxième question concernait la protection de certaines bandes essentielles pour les systèmes de télédétection passive du service d'observation de la Terre, telles que les bandes 23,6-24 GHz, 31,331,8 GHz, 50,2-50,4 GHz, 52,654,25 GHz et 86-92 GHz.

La protection de ces bandes contre les brouillages cumulatifs causés par des émissions hors bande est essentielle, dans la mesure où nombre de ces bandes sont utilisées pour obtenir des mesures à l'échelle mondiale qui ne peuvent pas être effectuées autrement.

Pour la plupart de ces bandes, la CMR-19 n'a pas identifié les bandes adjacentes en vue de leur utilisation par les IMT, de sorte qu'il n'a pas été nécessaire de prendre d'autres mesures. Pour la bande 23,6-24 GHz, la CMR-19 a défini des limites initiales pour les émissions hors bande des systèmes IMT, qui migreront vers des limites plus strictes, car on s'attend à ce que les systèmes IMT connaissent un déploiement grandissant à l'avenir.

#### Point 1.14 de l'ordre du jour de la CMR-19

Le point 1.14 de l'ordre du jour portait sur les mesures réglementaires appropriées pour les systèmes utilisant des stations placées sur des plates-formes à haute altitude (HAPS), dans le cadre des

attributions existantes au service fixe. La décision prise par la CMR-19 au titre de ce point de l'ordre du jour permet d'assurer une protection satisfaisante des systèmes utilisant les services scientifiques.

#### Point 1.15 de l'ordre du jour de la CMR-19

Enfin, au titre du point 1.15 de l'ordre du jour, on a envisagé d'identifier des bandes de fréquences destinées à être utilisées par les administrations pour les applications des services mobile terrestre et fixe fonctionnant dans la gamme de fréquences 275-450 GHz. Plusieurs bandes dans cette gamme de fréquences sont utilisées par les systèmes d'observation de la Terre. Sur la base des études de l'UIT-R, à l'exception des bandes 296-306 GHz, 313-318 GHz et 333356 GHz, la portion restante de cette gamme de fréquences a été identifiée en vue de son utilisation par des applications des services fixe et mobile terrestre, et des études futures seront réalisées lorsque des informations supplémentaires sur les systèmes en question seront disponibles.

#### Points de l'ordre du jour de la CMR-23 concernant les sciences spatiales et l'observation de la Terre

La CMR-19 a défini l'ordre du jour de la prochaine Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-23), qui se tiendra en 2023. Ce faisant, la CMR-19 a décidé d'inscrire quatre points à l'ordre du jour qui présentent un

“

*Plusieurs points de l'ordre du jour de la CMR-23 suscitent la préoccupation des groupes de travail de la Commission d'études 7 de l'UIT-R, en raison des répercussions négatives qu'ils pourraient avoir sur les services scientifiques.*

”

John Zuzek

intérêt direct pour les acteurs dans le domaine des sciences spatiales. Ces points sont énumérés dans le Tableau 3.

#### Point 1.12 de l'ordre du jour de la CMR-23

Le point 1.12 de l'ordre du jour de la CMR-23 porte sur la possibilité de faire une attribution à titre secondaire au service d'exploration de la Terre par satellite (active) pour les sondeurs radar spatioportés dans la gamme de fréquences au voisinage de 45 MHz. Cette attribution proposée vise à rendre possible la télédétection depuis une orbite terrestre des inlandsis dans les régions polaires, et la localisation et compréhension des aquifères et des eaux souterraines dans les régions désertiques.

Tableau 3 - Points de l'ordre du jour de la CMR-23 concernant les services scientifiques

Point de l'ordre du jour de la CMR-19		Résultats
1.12	Sondeurs radar au voisinage de 45 MHz.	■ Télédétection active spatioportée pour détecter les nappes phréatiques au-dessous du sol et l'épaisseur de la glace dans les régions polaires.
1.13	Relèvement possible au statut primaire de l'attribution au service de recherche spatiale dans la bande 14,8-15,35 GHz.	■ Les liaisons actuelles du service de recherche spatiale avec des satellites relais de données disposent d'une attribution à titre secondaire et des systèmes futurs auront également besoin d'utiliser cette bande.
1.14	Ajustements des attributions au service d'exploration de la Terre par satellite (passive) dans la gamme de fréquences 231,5-252 GHz.	■ Les opérations de télédétection de la Terre envisagées ne correspondent pas tout à fait aux besoins scientifiques.
9.1 a	Météorologie spatiale.	■ Accorder une reconnaissance réglementaire aux capteurs de météorologie spatiale.

#### Point 1.13 de l'ordre du jour de la CMR-23

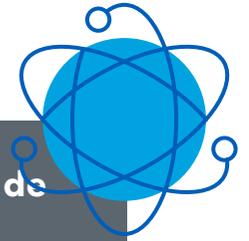
Le point 1.13 de l'ordre du jour de la CMR-23 vise à examiner le relèvement possible au statut primaire de l'attribution existante à titre secondaire au service de recherche spatiale dans la bande de fréquences 14,8-15,35 GHz. Cette bande de fréquences est actuellement utilisée par des satellites relais de données du service de recherche spatiale qui prennent en charge les communications avec des engins spatiaux non OSG de ce service. Elle est également utilisée pour les liaisons de données à haut débit en provenance d'engins spatiaux non OSG du service de recherche spatiale, et devrait aussi être utilisée par des systèmes futurs.

#### Point 1.14 de l'ordre du jour de la CMR-23

Le point 1.14 de l'ordre du jour de la CMR-23 porte sur l'examen des attributions de fréquences utilisées par les capteurs passifs d'observation de la Terre dans la gamme de fréquences 231,5-252 GHz et leur éventuel ajustement aux exigences de ces détecteurs passifs à hyperfréquences en matière d'observation. De tels capteurs devraient servir à étudier les nuages de glace à bord de la prochaine génération de satellites météorologiques polaires. Il s'agit ici de s'assurer que les attributions au service d'exploration de la Terre par satellite (passive), dans la gamme de fréquences en question, correspondent aux exigences applicables en matière d'observation pour ces capteurs.

#### Point 9.1 a) de l'ordre du jour de la CMR-23

Le point 9.1 a) de l'ordre du jour de la CMR-23 traite de la protection des capteurs de météorologie spatiale qui dépendent des systèmes radioélectriques pour fournir des observations, des prévisions à l'échelle mondiale et des alertes. La Commission d'études 7 de l'UIT-R mènera des études à ce sujet et le Directeur du Bureau des radiocommunications en transmettra les résultats à la CMR-23. L'ordre du jour provisoire de la CMR-27 comporte également un point visant à examiner des dispositions réglementaires propres à assurer une reconnaissance appropriée des capteurs de météorologie spatiale dans le Règlement des radiocommunications, compte tenu des résultats des études de l'UIT-R présentés à la CMR-23.



## Préoccupations relatives à l'incidence de la CMR-23 sur les services scientifiques

Pour conclure, plusieurs points de l'ordre du jour de la CMR-23 suscitent la préoccupation des groupes de travail de la Commission d'études 7 de l'UIT-R, en raison des répercussions négatives qu'ils pourraient avoir sur les services scientifiques. La Commission d'études contribuera aux études sur ces points, afin de garantir que les importants travaux des services scientifiques puissent se poursuivre à l'avenir.

Pour assurer la poursuite des travaux essentiels menés dans le cadre des services scientifiques concernant l'étude de l'environnement et l'atténuation des effets des changements climatiques qui menacent la planète entière, les participants de la Commission d'études 7 de l'UIT-R continueront de mener les études nécessaires au fonctionnement et à la protection des services de radiocommunication utilisés pour les activités scientifiques. La protection des systèmes d'observation de l'environnement, du climat et de l'atmosphère de la Terre, et de leurs capteurs, y compris les capteurs de météorologie spatiale, est le meilleur moyen de faire progresser l'étude de notre planète et d'approfondir la connaissance que nous avons de notre fragile demeure dans le cosmos.

## A propos de la Commission d'études 7 de l'UIT-R

Les systèmes dont s'occupe la Commission d'études 7 (CE 7) sont utilisés dans des activités essentielles de notre vie quotidienne, notamment:

- surveillance de l'environnement à l'échelle mondiale - atmosphère (émissions de gaz à effet de serre), océans, surface terrestre, biomasse, etc.;
- prévisions météorologiques, suivi et prévision des changements climatiques;
- détection et suivi de nombreuses catastrophes naturelles ou induites par l'homme (tremblements de terre, tsunamis, ouragans, feux de forêt, marées noires, etc.);
- fourniture d'alertes et d'avertissements;
- évaluation des dommages et planification des opérations de secours.

La CE 7 étudie également les systèmes utilisés pour étudier l'espace extra atmosphérique:

- satellites utilisés pour étudier le soleil, la magnétosphère et tous les éléments de notre système solaire;
- engins spatiaux pour l'exploration habitée et robotisée des corps extraterrestres;
- radioastronomie sur Terre et par satellite pour étudier l'univers et ses phénomènes.

Pour en savoir plus sur la CE 7, cliquez [ici](#).

Nous tentons aussi d'atteindre les étoiles, en étudiant d'autres planètes, qui en définitive aident

l'humanité à connaître sa propre planète et sa place dans l'univers.

## L'importance des progrès accomplis en matière d'observation de la Terre depuis l'espace pour la protection de la planète

Par **Petteri Taalas**, Secrétaire général, Organisation météorologique mondiale (OMM)

■ L'Organisation météorologique mondiale (OMM) est l'institution spécialisée des Nations unies dédiée au temps, au climat, à l'eau et aux questions environnementales connexes. Elle se consacre à la collaboration et à la coopération internationales en ce qui concerne l'état et l'évolution de l'atmosphère terrestre, mais aussi à son interaction avec la terre et les océans, au temps et au climat qu'elle engendre et à la répartition des ressources en eau qui en résulte.

La météorologie a fait d'énormes progrès sur le plan de la qualité et de la diversité des services de prévision météorologique depuis le lancement des premiers satellites météorologiques en 1957 et 1958, qui a donné naissance au programme de la Veille météorologique mondiale (VMM) en 1963. Mais pour relever les défis sociétaux actuels liés aux effets des changements climatiques, il est nécessaire de continuer à faire évoluer le réseau d'observation de la Terre en mettant à niveau les systèmes mondiaux d'observation depuis l'espace et en surface, et en adoptant une nouvelle approche intégrée qui tienne compte des progrès scientifiques et techniques récents.

### Améliorer la compréhension du système terrestre

Le Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS), qui comprend les observations spatiales et de surface, aide à mieux comprendre le système terrestre et facilite l'élaboration de services et de produits météorologiques et climatiques en fournissant des observations plus nombreuses et de meilleure qualité. Les réseaux d'observation mis en œuvre par les Membres de l'OMM constituent l'ossature du système WIGOS et les informations qu'ils permettent de recueillir sont cruciales pour la communauté mondiale.



“ Pour relever les défis sociétaux actuels liés aux effets des changements climatiques, il est nécessaire de continuer à faire évoluer le réseau d'observation de la Terre. ”

Petteri Taalas

Le système WIGOS contribue à assurer la sécurité des vies et des biens et, à plus long terme, à mettre en œuvre les programmes mondiaux en matière de développement, tels que le [Programme de développement durable à l'horizon 2030](#), l'Accord de Paris sur le climat et le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe<sup>1</sup>.

Les capacités d'observation à partir de l'espace se sont considérablement améliorées depuis le lancement des premiers satellites météorologiques au début des années 60. Aujourd'hui, les instruments d'observation produisent des données ultra-précises sur un large éventail de paramètres et constituent une ressource essentielle pour les modèles de prévision numérique du temps à l'échelle du globe, qui soutiennent les services de tous les Membres de l'OMM et contribuent à protéger la vie et les biens. Cela nous permet non seulement de surveiller le temps, le climat et l'eau, mais aussi d'évaluer l'état de l'environnement et la durabilité des activités humaines.

### **Analyse et prévisions: des progrès récents remarquables**

Les données fournies par la composante spatiale du WIGOS et l'intégration des observations spatiales dans les modèles numériques sont, dans une large mesure, à l'origine des progrès impressionnants qui ont été accomplis ces dernières années en

matière d'analyse et de prévisions météorologiques, hydrologiques et climatiques, y compris les alertes de phénomènes météorologiques dangereux (fortes pluies, tempêtes, cyclones) qui touchent les populations et les économies du monde entier. La télédétection spatiale de la surface et de l'atmosphère de la Terre continuera de jouer un rôle de plus en plus important dans la météorologie opérationnelle et expérimentale et dans la surveillance des catastrophes, mais aussi dans la compréhension scientifique, le suivi et la prévision des changements climatiques et de leurs effets, ainsi que des émissions anthropiques - qui constituent un aspect essentiel de la mise en œuvre de l'[Accord de Paris](#).

Des études ont montré que l'observation de la Terre pourrait contribuer à la mesure d'environ 34 des indicateurs liés aux 17 Objectifs de développement durable (ODD). Le Programme spatial de l'OMM travaille en étroite collaboration avec les opérateurs de satellites au sein du Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS) et du Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS), afin de fournir les données et les produits nécessaires aux résolutions spatiales et temporelles requises par les utilisateurs finals. Il donne également des orientations pour le développement de futurs systèmes d'observation à partir de l'espace, qui s'appuient sur les [Perspectives pour le Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM à l'horizon 2040](#). Ce document décrit les

capacités des systèmes d'observation spatiale qu'il serait souhaitable de déployer d'ici à 2040 pour répondre aux besoins en matière d'observation et à la demande des utilisateurs.

D'après les données de l'outil d'analyse et d'examen de la capacité des systèmes d'observation à partir de l'espace de l'OMM ([OSCAR-Espace](#)), en octobre 2020, 288 plateformes opérationnelles d'observation par satellite participaient à cet effort, et dans les années à venir, des satellites de prochaine génération toujours plus évolués se rajouteront. Au cours de la pandémie actuelle de COVID-19, on a constaté que les systèmes d'observation depuis l'espace, généralement très automatisés, se sont montrés jusqu'à présent plus résistants que les systèmes d'observation in situ (pour en savoir plus, cliquez ici).

### **Bandes de fréquences: une ressource naturelle importante pour la télédétection spatiale**

La télédétection spatiale utilisée par les applications météorologiques s'effectue dans des bandes de fréquences spécifiques. Ces bandes se caractérisent par des propriétés physiques immuables (résonance moléculaire), qui ne peuvent pas être modifiées, ignorées ou transposées dans d'autres bandes de fréquences. Elles constituent donc une ressource naturelle importante.

Même de faibles niveaux de brouillage peuvent porter atteinte à la qualité des données et dans la plupart des cas, les détecteurs ne sont pas capables de faire la différence entre les rayonnements d'origine naturelle et les rayonnements d'origine anthropique.

Le Tableau d'attribution des fréquences du [Règlement des radiocommunications](#) internationales dispose que «toutes les émissions sont interdites» dans les bandes de fréquences les plus importantes pour la télédétection passive, ce qui permet en principe de déployer et d'exploiter les capteurs avec un maximum de fiabilité. Pourtant, dans certains cas, l'expérience a montré que cette protection est mise à mal d'une part par des dispositifs à courte portée, non réglementés et parfois à grande diffusion, dont certains pays autorisent le fonctionnement dans ces bandes, et d'autre part, par des rayonnements non désirés provenant de bandes adjacentes qui ne sont pas correctement réglementées. Cette situation fait peser une pression croissante sur les bandes de fréquences à usage météorologique, ce qui pourrait avoir pour conséquence de limiter les applications météorologiques et autres applications connexes.

### Les observations au sol et leur dépendance à l'égard de certaines bandes de fréquences

Aux observations spatiales s'ajoutent les radars météorologiques et les radars profileurs de vent, qui sont des instruments de surface importants pour l'observation météorologique. Les réseaux de radars météorologiques sont, dans les stratégies d'alerte en cas de catastrophe, la ligne de défense principale contre les pertes humaines et matérielles lorsque surviennent des crues soudaines ou de fortes tempêtes, tels que les événements tragiques survenus récemment. Comme pour les instruments spatiaux, ces observations au sol reposent sur des bandes de fréquences données.

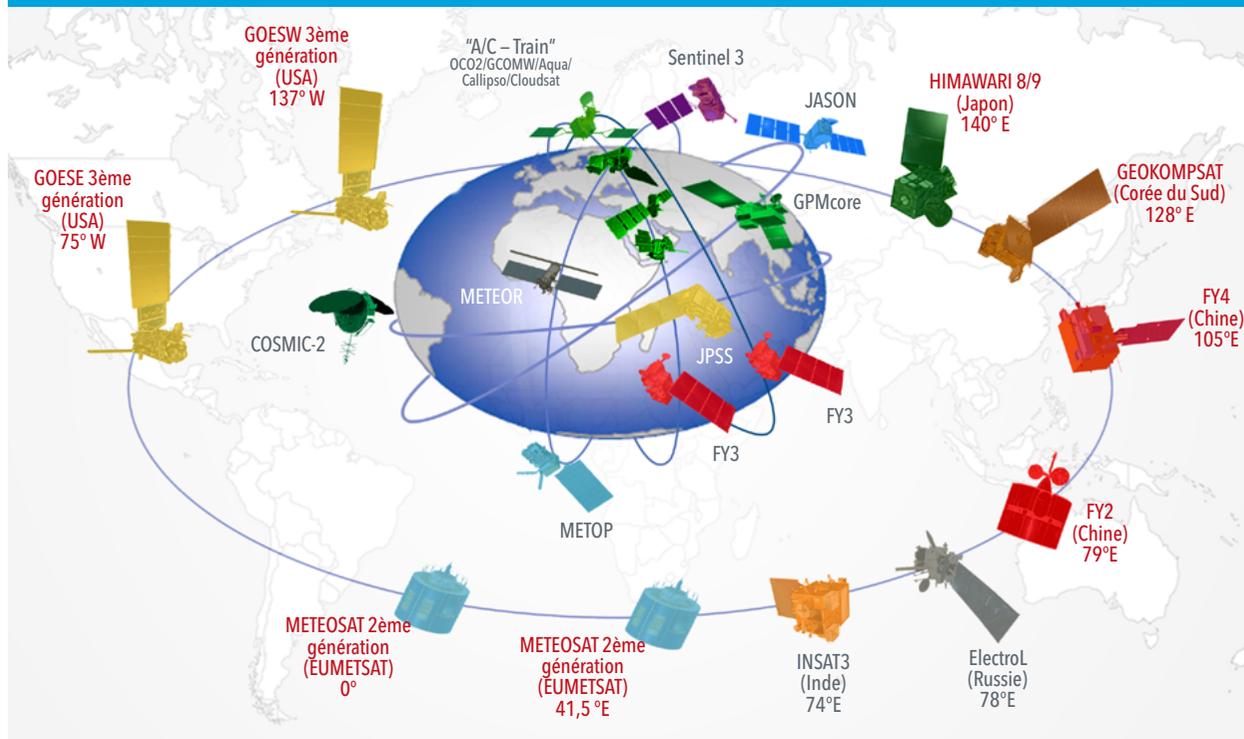
Les fréquences radioélectriques sont donc essentielles dans le cadre de la télédétection, tant pour les observations au sol que pour celles effectuées dans l'espace. Cependant, un autre facteur décisif est la disponibilité de fréquences suffisantes et bien protégées pour le relais de données de certaines observations au sol, comme les radiosondes, ainsi que pour la télémétrie ou télécommande dans le contrôle des satellites et la transmission des données collectées par liaison descendante.

Dans ce contexte, il est reconnu dans la Résolution 673 de la Conférence mondiale des

radiocommunications 2012 de l'Union internationale des télécommunications (UIT) ([CMR12](#), tenue à Genève, en Suisse) que les données d'observation de la Terre revêtent une grande importance pour l'ensemble de la communauté internationale, et qu'elles sont tributaires des fréquences radioélectriques. Aux termes de cette Résolution, il a en outre été décidé:

- de continuer de reconnaître que l'utilisation de fréquences pour les applications liées à l'observation de la Terre présente un intérêt social et économique considérable;
- de prier instamment les administrations de tenir compte des besoins de fréquences radioélectriques pour l'observation de la Terre et, en particulier, de la protection des systèmes d'observation de la Terre fonctionnant dans les bandes de fréquences connexes;
- d'encourager les administrations à tenir compte de l'importance de l'utilisation et de la disponibilité de fréquences pour les applications liées à l'observation de la Terre, avant de prendre des décisions susceptibles d'avoir des incidences négatives sur le fonctionnement de ces applications.

Figure 1: Certains des satellites fournissant actuellement des observations aux Membres de l'OMM pour contribuer à la réalisation des Objectifs de développement durable



Par conséquent, il est essentiel que la communauté d'observation de la Terre travaille en collaboration avec le Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) en suivant une approche tournée vers l'avenir en matière de fréquences radioélectriques. L'OMM reste résolue à contribuer aux travaux de l'UIT et, par l'intermédiaire de son Équipe d'experts pour la coordination des radiofréquences (ET-RFC), elle collabore étroitement avec ses membres pour soutenir l'UIT

dans sa mission d'attribution du spectre radioélectrique mondial. L'OMM prend également une part active aux Conférences mondiales des radiocommunications (CMR), comme lors de la CMR-19, tenue en novembre 2019. L'équipe ETRFC est également en train d'élaborer la position de l'OMM relative à l'ordre du jour de la CMR-23, qui sera précisée dans les années précédant la conférence.

La protection du spectre radioélectrique aux fins d'observation de la Terre constitue une priorité absolue pour l'OMM et ses membres. L'OMM se réjouit de poursuivre son étroite collaboration avec l'UIT afin de faire en sorte que l'on dispose des observations nécessaires pour favoriser le développement durable et la réalisation des ODD (voir la Figure 1).

## Comment les satellites contribuent à protéger l'environnement et à atténuer les risques

Voici quelques exemples de la façon dont les satellites contribuent à la protection de l'environnement et à l'atténuation des risques à l'appui des ODD:

La prévision numérique du temps (PNT) à l'échelle du globe sert de base à la plupart des domaines d'application dans le cadre d'une approche de modélisation du système terrestre qui comprend tous les milieux, y compris l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et les terres. L'étude continue des besoins de l'OMM et les Perspectives à l'horizon 2040 de l'OMM pour le Système mondial d'observation (SMO) donnent des orientations et définissent les exigences applicables aux observations essentielles effectuées au sol, in situ et par satellite, pour un système de PNT de pointe. Aujourd'hui, les données satellitaires provenant de la composante spatiale du SMO de l'OMM représentent 90 pour cent des données activement assimilées pendant la phase d'initialisation des modèles de PNT; elles ont donc une grande incidence sur la qualité des prévisions numériques du temps.

Le service Copernicus de surveillance de l'atmosphère (CAMS) mis en œuvre par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) au nom de l'Union européenne produit des informations sur la qualité de l'air en s'appuyant sur

des observations par satellite et au sol, ainsi que sur des modèles numériques avancés. Il surveille également l'ozone et les rayonnements UV, et observe la fumée émanant des feux de forêt. Ce service a également permis d'évaluer les effets du COVID-19 sur la qualité de l'air en Europe et dans le monde.

Le Programme de réduction des risques de catastrophes de l'OMM aide les Membres de l'Organisation à élaborer et à fournir des services en vue de protéger les vies humaines, les moyens de subsistance et les biens contre les risques naturels, de manière efficace sur le plan des coûts, systématique et durable. Par exemple, il est bien établi que les phénomènes météorologiques à grand impact et les phénomènes climatiques extrêmes, tels que le déclenchement rapide d'une crue soudaine, ont des effets dévastateurs dans le monde entier. Le système mondial d'observation à partir de l'espace, dirigé par les agences spatiales CGMS et CEOS, fournit des données pour les produits et les informations relatifs à la carte mondiale des inondations et contribue ainsi à détecter les inondations et à évaluer leur étendue. Pour répondre au besoin de diffuser des alertes précoces en cas de crue soudaine, l'OMM, en collaboration avec ses partenaires, le Service météorologique national des États-Unis, le Bureau d'aide aux victimes de catastrophes à l'étranger des États-Unis et le Centre de recherche hydrologique, a élaboré et mis en œuvre un système d'alerte précoce pour la prévision

de crues soudaines (Flash Flood Guidance System - FFGS) en vue de son application dans le monde entier. Cela revêt une importance particulière lorsque les pressions climatiques, qui entraînent des précipitations beaucoup plus importantes et une élévation du niveau des océans, génèrent des crues soudaines et des inondations côtières plus fréquentes et plus répandues.

Les satellites fournissent également des informations et des outils d'appui à la gestion des feux de forêt à différentes échelles géographiques ainsi qu'à l'évaluation des conséquences des incendies au niveau mondial (voir la Figure 2). Récemment, la chaleur exceptionnelle et prolongée enregistrée en Sibérie a causé des feux arctiques sans précédent, accompagnés d'émissions de carbone élevées, aggravant d'autant plus la situation climatique déjà complexe. Ici encore, c'est le CAMS qui intègre les observations des feux de forêt provenant des instruments MODIS embarqués par les satellites Terra et Aqua de la NASA dans son Système mondial d'assimilation des feux (GFAS) pour surveiller les incendies et estimer la pollution émise. Un autre service chargé de la surveillance des feux de forêt est l'Équipe de mise en œuvre de l'observation des feux (GOFC Fire IT) au sein du Programme d'observation mondiale du couvert forestier et de la dynamique des terres (GOFC-GOLD), qui contribue au Système mondial d'information sur les feux de forêt (GWIS).

Figure 2 - Les images prises par le satellite européen Sentinel 3 en juillet 2020 ont montré que les feux de forêt qui touchaient la Sibérie, à l'intérieur et à l'extérieur du cercle arctique, s'étendaient sur une largeur d'environ 800 kilomètres



Les pays de la région Asie-Pacifique sont de plus en plus touchés par les cyclones tropicaux. L'Administration météorologique chinoise (CMA) et l'Agence météorologique japonaise (JMA) fournissent ce qu'on appelle des observations régionales à haute fréquence sur demande, qui peuvent également apporter des informations utiles dans le cas d'autres phénomènes extrêmes comme des pluies fortes, une convection importante, des incendies de forêt ou de prairie, ou des tempêtes de sable et de poussière. Ces services d'observation sont fréquemment sollicités par les centres météorologiques régionaux de l'OMM spécialisés dans les cyclones tropicaux et par les centres d'avis de cyclones

tropicaux de l'OMM, par exemple, pour suivre la trajectoire des cyclones au-dessus des eaux libres.

### **Le rôle central des satellites dans le suivi des changements climatiques touchant les océans**

Les satellites jouent également un rôle majeur dans le suivi des effets des changements climatiques sur nos océans. à ce jour, les données climatiques spatiales couvrent 37 des 54 variables climatiques essentielles définies par le Système mondial d'observation du climat (SMOC) – un programme coparrainé par l'OMM, la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, le

Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et le [Conseil international pour la science](#). Dans ce cadre, une série de missions d'altimétrie par satellite nous a permis de suivre l'évolution de l'[élévation du niveau moyen des mers](#) au cours des dernières décennies.

Les observations depuis l'espace évoquées dans les exemples ci-dessus emploient des instruments actifs et passifs qui mesurent des variations infimes dans des bandes précises du spectre radioélectrique. Il est donc primordial que ces bandes soient protégées et demeurent exemptes de tout brouillage. ■

## L'espace comme facteur de réalisation des Objectifs de développement durable

Par Yasuo Ishii, Vice-Président de l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA)

■ L'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) est l'agence nationale de recherche et de développement chargée de soutenir l'ensemble des activités aérospatiales menées par le Gouvernement japonais. Elle participe à un large éventail d'initiatives, allant de la recherche et du développement aérospatial de base, à l'utilisation de l'espace.

Le nouveau Plan de base du Japon en matière de politique spatiale, adopté en juin 2020, a défini la résolution des problèmes mondiaux, y compris la contribution à la réalisation des Objectifs de développement durable (ODD), comme étant l'un des buts principaux des activités spatiales du Japon.

La science, les technologies et l'innovation spatiales offrent des possibilités considérables pour faire progresser les ODD. Grâce à ses multiples compétences et ressources, la JAXA est bien placée pour appuyer les projets internationaux et nationaux en la matière.

Les satellites d'observation ou d'exploration de la Terre, en particulier, constituent des technologies de pointe pouvant avoir une incidence déterminante pour la réalisation des ODD. Les satellites produisent des informations essentielles pour notre vie quotidienne sur Terre, notamment en ce qui concerne la gestion des risques de catastrophes et les activités agricoles. L'observation sur le long terme et l'accumulation de données archivées peuvent améliorer les perspectives mondiales liées aux changements climatiques. Ainsi, l'observation de la Terre par satellite peut renforcer la préservation de notre planète, y compris la viabilité de la société.

Plusieurs programmes d'observation de la Terre conduits par la JAXA ont contribué à certains ODD dans le cadre de partenariats menés avec diverses parties prenantes à travers le monde. Voici quelques exemples des efforts déployés à ce titre.



*La science, les technologies et l'innovation spatiales offrent des possibilités considérables pour faire progresser les ODD.*



ISHII Yasuo

## Vie sur Terre et action pour le climat

Le premier exemple de partenariat concerne la vie sur Terre et l'action pour le climat. En collaboration avec l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA), la JAXA exploite depuis 2016 le Système d'alerte précoce pour les forêts JICA-JAXA (JJ-FAST), afin de surveiller les données relatives aux forêts. Cet outil en ligne offre un accès simple et gratuit aux informations sur la déforestation et l'évolution des forêts des régions tropicales dans le monde.

Les données du satellite ALOS-2 de la JAXA, doté d'un radar à synthèse d'ouverture en bande L, sont utilisées pour observer la surface de la Terre de jour comme de nuit, quelles que soient les conditions météorologiques. Il observe aujourd'hui des forêts tropicales dans 77 pays et a détecté à ce jour plus de 308 000 variations de la couverture forestière depuis son lancement.

Le système JJ-FAST est un outil précieux pour la gestion durable des forêts, la lutte contre le réchauffement climatique et la préservation de la biodiversité.

## Gestion durable de l'eau, villes résilientes et action en faveur du climat

Un autre exemple est le système mondial de surveillance des précipitations appelé GSMaP, qui contribue à œuvrer en faveur de la gestion durable de l'eau, des villes résilientes et de l'action pour le climat.

Toutes les heures, la JAXA fournit une carte actualisée des précipitations mondiales en intégrant diverses données satellitaires et de capteurs provenant d'un satellite de météorologie japonais (Himawari), de radars de précipitations (PR, DPR) et du radiomètre à hyperfréquences à balayage avancé (AMSR-2), ainsi que celles des États-Unis et de l'Europe. À l'heure actuelle, les agences météorologiques et les organisations de gestion des catastrophes de 133 pays du monde entier utilisent les données du système GSMaP. Cet outil apporte une aide considérable aux pays de la région Asie-Pacifique qui sont victimes de typhons et de pluies dangereuses en leur fournissant des informations essentielles difficiles à obtenir par des radars au sol. Nous sommes heureux et honorés du soutien efficace que le système GSMaP représente pour la stabilité et la résilience de la région.

“

*En travaillant de concert, nous pensons que les agences spatiales peuvent jouer un rôle fondamental en favorisant une prise de décision sérieuse et éclairée, favorable à une action sur le climat plus efficace.*

”

ISHII Yasuo

## Tableau de bord d'observation de la Terre spécifique au COVID-19

La réponse à la pandémie de COVID-19 est un autre exemple de partenariat, plus récent. Trois agences spatiales (la JAXA, la NASA et l'ESA) ont uni leurs forces pour mettre au point un tableau de bord des données satellitaires montrant les effets environnementaux et économiques de la pandémie de COVID-19. Cette plate-forme témoigne de la capacité des satellites d'observation de la Terre à fournir des images synoptiques et scientifiques depuis l'espace, en dépit des difficultés causées dans le monde entier par l'épidémie du coronavirus.

## Les satellites JAXA au service de l'ODD 15 - Surveillance des forêts



Par exemple, on a pu observer la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub> pendant le confinement à partir des données fournies par les séries de satellites d'observation des gaz à effet de serre respectives de chaque organisation, notamment le satellite **GOSAT** (satellite d'observation des gaz à effet de serre), l'Observatoire du carbone en orbite 2 (**OCO-2**), et le satellite **Sentinel**.

Ces données satellitaires devraient contribuer au bilan mondial prévu dans l'**Accord de Paris** (voir la figure).

En travaillant de concert, nous pensons que les agences spatiales peuvent jouer un rôle fondamental en favorisant une prise de décision sérieuse et éclairée, favorable à une action sur le climat plus efficace.

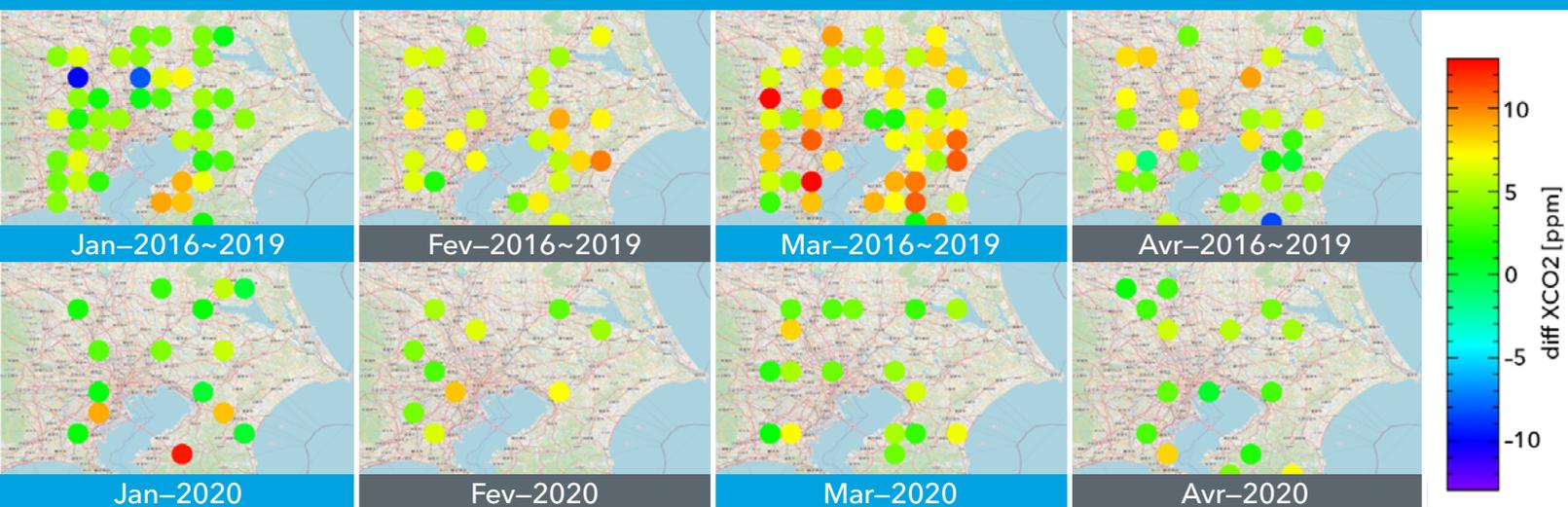
### **KiboCUBE: un partenariat en faveur de l'éducation, de l'industrie, de l'innovation et des infrastructures**

La contribution de la JAXA aux ODD ne se limite pas au domaine de l'observation de la Terre. Dans le cadre de l'initiative de partenariat **KiboCUBE**, mise en œuvre en collaboration avec le Bureau des affaires spatiales des Nations Unies, la JAXA apporte également son soutien aux pays émergents et en développement en leur offrant la possibilité de déployer des **CubeSats** à partir du module japonais à vocation scientifique «**Kibo**» de la Station spatiale internationale, ainsi qu'en dispensant des programmes de formation et de renforcement des capacités en matière de technologies par satellite.

Le programme KiboCUBE vise à «bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation qui profite à tous et encourager l'innovation» dans les pays participants en soutenant une éducation de qualité dans des domaines de compétences technologiques de haut niveau. Le Kenya et le Guatemala ont déjà mis leurs premiers satellites en orbite grâce à KiboCUBE, ce qui leur permet de renforcer leurs compétences en matière de technologie spatiale et leur donne accès à des données satellitaires.

Parallèlement à la promotion des technologies aérospatiales qui font progresser la société, la JAXA encourage activement la coopération et les partenariats internationaux pour bâtir une société où personne ne sera laissé pour compte.

Figure - Carte des augmentations mensuelles de CO<sub>2</sub> dans la basse troposphère au-dessus de Tokyo, de janvier à avril 2020, par rapport aux conditions climatiques mensuelles de la période 2016-2019 (Les observations ciblées de GOSAT sont indiquées par des cercles de couleur représentant un champ de vision de 10 km de diamètre.) Analysé par JAXA/EORC



## Satellites d'observation de la Terre de la JAXA et Objectifs de développement durable

ALOS-2 de la JAXA

GCOM-W, GPM/DPR et ALOS-2 de la JAXA

ALOS-2, GCOM-W, GPM/DPR, GOSAT et GCOM-C de la JAXA

ALOS-2, GCOM-W, GPM/DPR et GOSAT de la JAXA

Afin de tirer le meilleur parti des technologies spatiales, en particulier de l'observation de la Terre, pour résoudre les problèmes mondiaux et atteindre les ODD, il est indispensable d'assurer la durabilité des activités spatiales à l'avenir; nous prévoyons à cette fin de lancer plusieurs nouveaux satellites et capteurs, par exemple ALOS-3/4, AMSR3 (GOSAT-GW) et EarthCARE (radar profileur de nuages).

Il est essentiel de garantir la disponibilité des fréquences radioélectriques utilisées par les capteurs et les satellites d'observation de la Terre, et de les protéger contre les brouillages; la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR) de l'UIT peut jouer un rôle important à cet égard. Nous espérons que ces points

essentiels seront dûment pris en considération lors de la prochaine CMR, en 2023, afin de renforcer les efforts déployés au service de nos citoyens.

Le monde d'aujourd'hui présente un certain nombre de défis et d'opportunités, dont témoignent les ODD. Comme nous l'avons vu, les technologies aérospatiales peuvent permettre de construire un avenir meilleur et plus durable pour tous. La JAXA poursuit ses efforts en vue de contribuer à la réalisation des ODD au moyen de missions innovantes et de partenariats mondiaux.

Agissons ensemble pour avoir un réel impact sur la société et sur la Terre! ■

## Le Centre de météorologie spatiale de Météo-France

Par **Sylvain Le Moal**, responsable de la division Valorisation des données satellitaires du Centre de météorologie spatiale, [Météo-France](#)

■ Le 1er avril 1960, trois ans à peine après le lancement du satellite Spoutnik, les États-Unis ont envoyé dans l'espace le premier satellite météorologique, TIROS-1, dont le lancement sur orbite a eu lieu depuis Cap Canaveral en Floride. Bien que TIROS-1 ait cessé de fonctionner après 78 jours en raison d'un défaut électrique, au cours de ses deux mois et demi de fonctionnement, il a envoyé 22 952 images vers la Terre.

«Pour la première fois, l'homme a pu avoir une vue d'ensemble de la météo, sur une grande partie de la surface de la Terre», explique Francis Reichelderfer, ancien responsable du Weather Bureau des États-Unis. «Il aurait fallu envoyer mille ou 10 000 bateaux dans le Pacifique pour avoir des informations équivalentes à celles qu'on a obtenues avec ces quelques clichés de TIROS».

En 1963, la Direction de la météorologie nationale - (désormais Météo-France) a créé le Centre de météorologie spatiale à Lannion en Bretagne. La première image d'un segment de l'orbite 45 de TIROS-8 a été reçue juste à temps pour Noël, vers 12 h 30 UTC le 24 décembre 1963.

Le Centre de météorologie spatiale était le premier en Europe à recevoir une image d'un satellite météorologique. Les images satellite sont interprétées par des spécialistes connus sous le nom de néphanalystes, qui créent des représentations des données relatives aux nuages sur des cartes, et notent en particulier les contours des zones nuageuses, le niveau de couverture nuageuse et les symboles utilisés pour classer les types de nuages.



“  
Le Centre de  
météorologie  
spatiale joue un  
rôle essentiel  
dans l'utilisation  
des données  
produites par  
des satellites  
d'observation  
de la Terre.  
”

Sylvain Le Moal

## Le rôle du Centre de météorologie spatiale

Le Centre de météorologie spatiale joue un rôle essentiel dans l'utilisation des données produites par des satellites d'observation de la Terre et s'appuie sur 60 ans d'expérience au cœur de l'information météorologique pour Météo-France. Le Centre supervise l'intégralité de la chaîne de production des données satellitaires, de l'acquisition de données brutes à leur utilisation pour la météorologie, l'océanographie et les études climatiques. Il dispose d'une vaste gamme d'outils techniques, qui sont utilisés pour l'acquisition de données satellitaires et pour le suivi des déplacements des satellites; il possède en outre une grande capacité informatique et de stockage des données permettant de les consulter ultérieurement.

Le Centre joue un rôle vital à l'international, dans différents domaines:

- Il contribue à [Copernicus](#), le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne, dans le cadre de son suivi de l'environnement marin et des services liés aux changements climatiques.
- Il dirige le SAF (centre d'applications satellitaires) Océans et glaces de mer de l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques ([EUMETSAT](#)) et coordonne l'activité

satellitaire liée à la surface des océans pour les services météorologiques danois, norvégiens et néerlandais, ainsi que pour l'Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer ([IFREMER](#)).

- Le Centre se voit confier de nouveaux projets, tels que la télédétection d'algues sargasse dans l'océan Atlantique, en vue d'améliorer les prévisions d'échouement de ces algues sur les plages des Caraïbes et de l'Amérique du Sud.
- Il met en place un outil mondial pour l'estimation des précipitations au moyen de données satellitaires, dans l'objectif d'empêcher les inondations, en particulier dans des pays qui ne disposent pas de leurs propres radars, dans le cadre de la contribution de l'Agence spatiale européenne au projet d'analyse des risques d'inondation (projet COSPARIN).

Le site de Lannion, qui emploie 65 personnes, se concentre en premier lieu sur la recherche, en particulier pour élaborer et valider des algorithmes visant à restaurer des paramètres géophysiques à partir de mesures météorologiques satellitaires effectuées dans les domaines suivants:

- Propriétés microphysiques et macrophysiques des nuages.

- Paramètres liés à la surface des océans.
- Sondage atmosphérique.

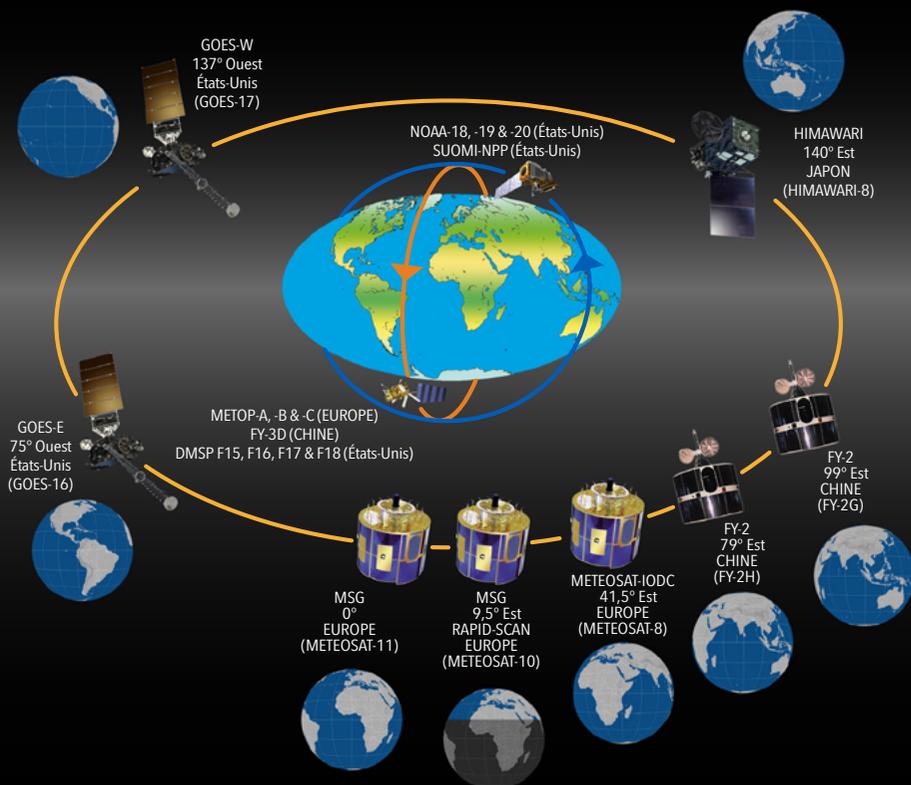
## Satellites météorologiques

EUMETSAT dirige les satellites géostationnaires Meteosat et les satellites en orbite MetOp. L'Organisation météorologique mondiale ([OMM](#)) facilite les échanges entre les agences spatiales, les opérateurs de satellites et les services météorologiques nationaux, et donne accès en temps réel à des données météorologiques provenant de satellites notamment américains, chinois ou encore japonais.

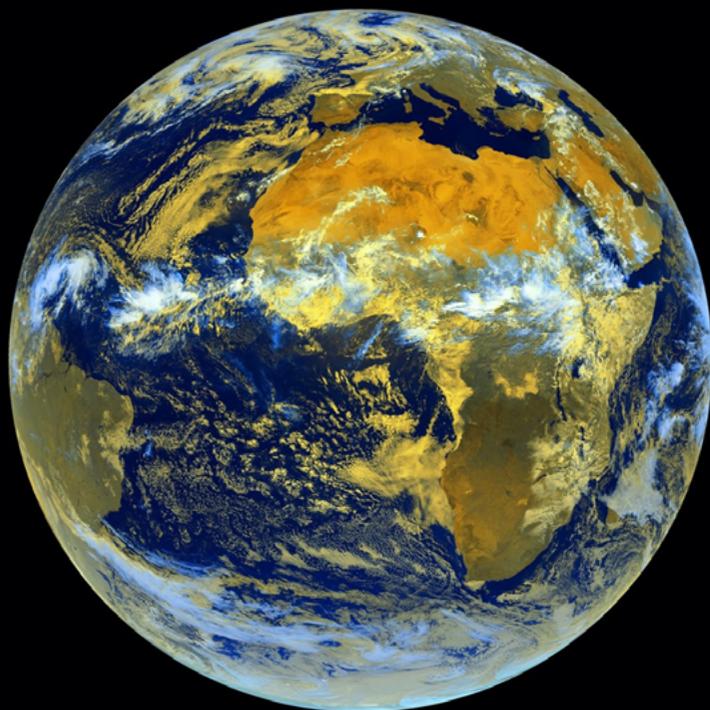
## Fournir des informations utiles à l'ensemble de la planète: des données pour les modèles de prévisions numériques du temps, aux images pour les météorologues

Le Centre reçoit des données brutes provenant de satellites météorologiques et produit, en temps réel, des images et des données destinées à être utilisées, entre autres, par les météorologues et dans les modèles de prévisions numériques du temps.

## Satellites météorologiques utilisés par Météo-France © Météo-France/Centre de météorologie spatiale



Meteosat-11, image composite en couleur, prise le 28 juillet 2020 à 12 heures UTC  
© Météo-France/Centre de météorologie spatiale



La majorité (plus de 90%) des données d'observation utilisées dans les modèles de prévisions numériques du temps proviennent de satellites. Les données satellitaires sont utilisées en particulier pour compenser le manque de mesures conventionnelles concernant les «déserts météorologiques» que constituent par exemple les vastes étendues d'océan, de désert ou de montagne.

Des images sont créées pour répondre aux besoins de différents utilisateurs, tels que:

- Météo-France, pour ses besoins internes;
- Meteo France International, pour les besoins extérieurs de Météo-France;
- laboratoires de recherche, universités et établissements supérieurs;
- entreprises;
- médias et principaux utilisateurs de l'imagerie satellitaire en France métropolitaine et dans ses territoires ultra-marins;
- défense nationale, pour laquelle l'utilisation de données satellitaires ne cesse de croître;
- manifestations sportives;
- particuliers.

“

*La plupart des données recueillies par les satellites d'observation de la Terre à l'échelle du globe proviennent de bandes de fréquences appropriées dont les propriétés physiques uniques et précises ne peuvent être modifiées ni reproduites dans d'autres bandes de fréquences.*

”

Sylvain Le Moal

La plupart des données recueillies par les satellites d'observation de la Terre à l'échelle du globe proviennent de bandes de fréquences appropriées dont les propriétés physiques uniques et précises ne peuvent être modifiées ni reproduites dans d'autres bandes de fréquences. L'OMM et l'Union internationale des télécommunications (UIT) ont par conséquent renouvelé leur accord de coopération relatif à la protection et à l'utilisation optimale des fréquences qui sont d'une importance cruciale pour l'observation de la Terre et de l'atmosphère terrestre.

## L'avenir des satellites européens

Les programmes Meteosat troisième génération (MTG) et MetOp deuxième génération (MetOpSG) prendront le relais de missions satellites actuelles, les premiers satellites de chaque programme devant être envoyés en orbite respectivement en 2022 et en 2023.

Le programme MTG compte six satellites géostationnaires: quatre satellites d'imagerie MTG-I et deux satellites de sondage MTG-S. En plus de comporter de nouveaux radiomètres d'imagerie avancés, les satellites MTG seront équipés de moyens de sondage par infrarouge et de détection des orages.

Les satellites MetOp-SG seront aussi plus performants que les satellites MetOp actuels en orbite et auront à leur bord des instruments plus perfectionnés, en particulier des outils d'imagerie hyperfréquences qui serviront à l'étude des précipitations.

Le lancement des premiers satellites MTG et MetOp-SG constituera une autre avancée majeure pour la météorologie européenne, l'une de celles qui ont lieu une fois tous les vingt ans. ■

## Satellites Meteosat troisième génération (MTG) © Agence spatiale européenne (ASE)



## Rôle joué par l'AEE et le Programme Copernicus à l'appui de la politique de l'UE en matière d'environnement et de changements climatiques

Par **Andrus Meiner**, chef du Groupe des services d'information géospatiale, et **Chris Steenmans**, chef des Services des données et de l'information au sein de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE).

■ L'Agence européenne pour l'environnement (AEE) est une agence de l'Union européenne (UE) située à Copenhague qui a vu le jour en 1990. Sa mission première est de fournir des informations fiables et indépendantes sur l'environnement et de compter parmi les principales sources d'information pour les personnes qui contribuent à élaborer, adopter, mettre en œuvre et évaluer la politique environnementale, ainsi que pour le grand public. Elle bénéficie de l'appui du Réseau européen d'information et d'observation pour l'environnement (**Eionet**), composé d'environ 350 organisations partout en Europe par l'intermédiaire desquelles des données et des informations relatives à l'environnement sont collectées et diffusées. L'Agence compte 32 pays membres. Le mandat de l'AEE consiste à aider la Communauté européenne et les pays membres et coopérants à prendre des décisions en connaissance de cause en vue d'améliorer l'environnement, d'intégrer des considérations environnementales dans les politiques économiques

et de s'orienter vers la durabilité. L'Agence coordonne en outre le réseau Eionet.

### État de l'environnement et perspectives en Europe

L'AEE contribue à améliorer de manière significative et quantifiable l'environnement en Europe et soutient le développement durable, notamment en établissant régulièrement un rapport sur l'état de l'environnement et les perspectives en Europe.

En décembre 2019, l'AEE a présenté son rapport intitulé «L'environnement en Europe - État et perspectives 2020» (**SOER**), qui détaille l'ampleur et l'urgence sans précédent des problèmes auxquels l'Europe fait face en matière d'environnement, de climat et de durabilité. De nouvelles difficultés systémiques viennent aggraver un grand nombre d'anciens problèmes qui persistent, ce à quoi s'ajoutent des inconnues, des incertitudes et des conflits d'intérêts (voir le rapport et la vidéo associée).



Andrus Meiner



Chris Steenmans

“  
De nouvelles difficultés systémiques viennent aggraver un grand nombre d'anciens problèmes qui persistent.  
”

Andrus Meiner et  
Chris Steenmans



## L'environnement en Europe - État et perspectives 2020: connaissances pour l'avènement d'une Europe durable

L'Europe n'atteindra pas ses objectifs pour 2030 si aucune mesure impérieuse n'est prise au cours des 10 prochaines années pour faire face au rythme alarmant de l'appauvrissement de la biodiversité, aux effets de plus en plus marqués des changements climatiques et à la surconsommation des ressources naturelles. Dans son dernier rapport sur l'état de l'environnement, l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) indique que l'Europe fait face à des problèmes environnementaux d'une ampleur et d'une urgence sans précédent.

Voir le [rapport complet](#).



## L'Agence européenne pour l'environnement présente une analyse approfondie de l'état de l'environnement en Europe.

Voir la [vidéo](#).

## Le pacte vert pour l'Europe

Le pacte vert pour l'Europe (EGD) adopté par la nouvelle Commission européenne en décembre 2019 est la réponse apportée par l'Europe face à ces problèmes systémiques. Il fournit un cadre concernant les mesures ambitieuses à prendre pour mettre assurément l'Europe sur la voie de la durabilité et prouver que durabilité et prospérité sont des objectifs compatibles. Le pacte reconnaît à leur juste valeur les travaux menés par l'AEE pour souligner l'ampleur et l'urgence des problèmes qui se posent et définit une feuille de route comprenant environ 50 grandes politiques et mesures à appliquer pour régler ces problèmes.

Parmi les mesures proposées, le pacte prévoit notamment d'adopter un programme d'action général de l'Union pour l'environnement à l'horizon 2030, le 8ème Programme d'action pour l'environnement (PAE), afin de contribuer à assurer la mise en œuvre, l'application et la réalisation effective des politiques et de la législation en matière d'environnement et de climat. En outre, un nouveau mécanisme de suivi doit voir le jour. L'AEE et le réseau Eionet auront un rôle clé à jouer s'agissant d'appuyer les mesures du pacte et de mettre en œuvre le 8ème PAE.

## La nouvelle stratégie AEE-Eionet pour la période 2021-2030

Dans cette optique, une nouvelle stratégie AEE-Eionet a été élaborée pour la période 2021-2030.

Cette stratégie souligne le rôle des données et de la compréhension des données dans la décennie charnière à venir. Elle définit la manière dont l'AEE et le réseau Eionet collaboreront avec d'autres fournisseurs de connaissances au niveau européen et au sein des pays membres du réseau Eionet pour promouvoir les objectifs environnementaux et climatiques de l'Europe.

La proposition de la Commission européenne visant à adopter un 8ème PAE fixe des conditions propices à la réalisation des objectifs prioritaires du programme. Ceux-ci prévoient notamment de «tirer parti des possibilités offertes par les technologies numériques et fondées sur les données pour soutenir la politique environnementale tout en réduisant autant que possible leur empreinte environnementale». Plus précisément, il est demandé à l'AEE d'aider la Commission à améliorer la disponibilité et la pertinence des données et des connaissances, notamment en «intégrant des données sur les incidences environnementales, sociales et économiques, et en exploitant pleinement d'autres données disponibles, telles que celles fournies par Copernicus».

“

*Si la mise en œuvre des services Copernicus a beaucoup progressé, il est de plus en plus urgent d'aider les utilisateurs de ces services et de leurs ensembles de données à s'en servir.*

”

Andrus Meiner et  
Chris Steenmans

## Le programme Copernicus

Créé en 2014 par un règlement de l'Union européenne (UE), le programme Copernicus soutient les politiques de l'Union relatives à l'environnement et au climat grâce à des services d'information basés sur des données de satellites et des données in situ. Il compte notamment le Service de surveillance de l'environnement marin (CMEMS), le Service de surveillance terrestre (CLMS), le Service des changements climatiques (C3S), le Service de surveillance de l'atmosphère (CAMS) et, pour certains cas précis, le Service de gestion des urgences (CEMS).

Par ce même règlement, l'AEE a pris un engagement formel, réaffirmé dans le programme spatial de l'UE et dans un nouveau règlement applicable à la période

2021-2027. Elle est liée par un nouvel accord de contribution passé avec la Commission européenne, afin de mettre en œuvre un service de surveillance terrestre et de coordonner la composante in situ du Programme Copernicus. En outre, elle continue de faire fond sur les autres services susmentionnés, par exemple pour mettre au point un indice de la qualité de l'air, des indicateurs de surveillance des écosystèmes terrestres et marins et une plate-forme opérationnelle d'adaptation aux changements climatiques, entre autres nombreux cas d'utilisation.

Si la mise en œuvre des services Copernicus a beaucoup progressé, il est de plus en plus urgent d'aider les utilisateurs de ces services et de leurs ensembles de données à s'en servir. L'adoption de ces services par les utilisateurs de l'AEE et du réseau Eionet est d'ailleurs expressément mentionnée dans la Stratégie AAE-Eionet pour la période 2021-2030. Le nouveau règlement de l'UE relatif à l'espace prévoit également d'associer différents services Copernicus, ce qui nécessitera une coopération et une coordination entre les acteurs de l'AEE et du réseau Eionet, qui sont en lien avec Copernicus.

Les nouvelles initiatives politiques mises en place dans le cadre du pacte vert pour l'Europe comprennent de nouvelles demandes d'informations terrestres en ce qui concerne la biodiversité et les écosystèmes, la lutte contre les effets des changements climatiques et l'adaptation à ceux-ci, ainsi que l'objectif «pollution

zéro» et les aspects pertinents de l'économie circulaire (par exemple, un environnement bâti durable). Au niveau mondial, les Objectifs de développement durable (ODD) tiennent compte de la dégradation des sols. La cible 15.3 relative aux informations sur l'utilisation des sols sous-tend plusieurs autres objectifs, dont l'ODD 11 sur les villes durables.

Le lien entre les priorités du pacte et les produits du Service CLMS est explicitement indiqué dans le 8ème PAE. C'est pourquoi l'AEE s'attache à mettre en place une plate-forme d'information sur les politiques générales qui fournira des outils transparents et faciles d'utilisation permettant de récupérer des données et des informations à partir des produits du Service CLMS.

La nouvelle Stratégie AEE-Eionet pour la période 2021-2030 met l'accent sur des connaissances étayées par des données (évaluations, indicateurs et analyses des progrès au regard des objectifs) tirées du plus grand ensemble de données régulièrement collectées en Europe en matière d'environnement et de climat.

L'un des objectifs stratégiques prévoit d'exploiter pleinement le potentiel des données, des technologies et du passage au numérique pour adopter de nouvelles technologies, les mégadonnées et l'intelligence artificielle et soutenir l'observation de la Terre (Programme Copernicus), l'objectif étant de faciliter la prise de décisions. ■

## Téledétection à hyperfréquences des phénomènes terrestres et spectre électromagnétique

Par Paolo de Matthaeis, Président du Comité technique d'attribution de fréquences pour la téledétection (FARS) de la Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) rattachée à l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

■ La téledétection consiste à recueillir à distance des informations sur un objet ou un phénomène, sans contact physique. Pour ce qui est des sciences de la Terre, des capteurs spatiaux ou aéroportés sont utilisés pour obtenir des données relatives à l'atmosphère ou à la surface terrestre ou océanique. Pour la téledétection à hyperfréquences, il s'agit de mesurer les rayonnements électromagnétiques à des fréquences allant de moins de 45 MHz jusqu'à un térahertz, voire plus.

La téledétection à hyperfréquences peut être passive ou active. Les capteurs passifs mesurent les rayonnements provenant des objets observés. Il peut s'agir de rayonnements émis directement par les objets ou de l'énergie du soleil renvoyée par ces objets. La téledétection à hyperfréquences concerne principalement les premiers et les rayonnements émis sont mesurés à l'aide d'instruments appelés radiomètres. Quant aux instruments actifs, ils transmettent des signaux et mesurent le rayonnement réfléchi ou diffusé par une zone éclairée.

### Utilisation à des fréquences radioélectriques spécifiques

Les capteurs à hyperfréquences utilisés pour les sciences de la Terre fonctionnent à des fréquences radioélectriques spécifiques choisies en fonction des caractéristiques d'émission, de réflexion ou d'absorption du rayonnement électromagnétique de l'objet observé. Les fréquences spécifiques pour ces observations sont déterminées par les caractéristiques physiques immuables de l'objet et il n'est pas possible d'utiliser d'autres fréquences.



“ Les fréquences spécifiques pour ces observations sont déterminées par les caractéristiques physiques immuables de l'objet et il n'est pas possible d'utiliser d'autres fréquences. ”

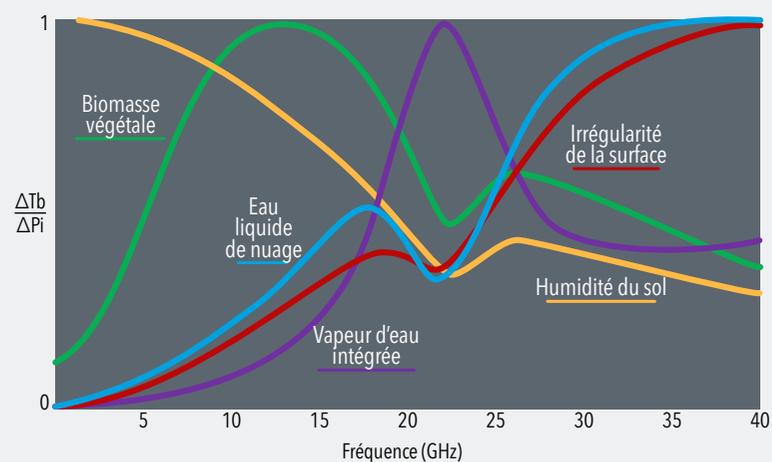
Paolo de Matthaeis

Outre qu'une fréquence spécifique soit nécessaire, il convient de noter que, généralement, l'utilisation d'une plus grande largeur de bande pendant la mesure de la caractéristique voulue permet d'être plus précis. Une largeur de bande plus étroite peut être utilisée, mais il faut alors que le récepteur soit plus sensible si l'on veut obtenir la même précision.

La sensibilité des caractéristiques des rayonnements électromagnétiques des principaux sujets de la télédétection océanique et terrestre présentant un intérêt pour les sciences de la Terre sont illustrées respectivement dans les Figures 1 et 2, qui couvrent la plage 0-40 GHz. Par exemple, les estimations concernant l'humidité du sol sont les plus précises lorsque les mesures sont effectuées à basse fréquence, où la sensibilité est très élevée (Figure 1); par conséquent, la fréquence de fonctionnement des capteurs conçus à cet effet est de 1,4 GHz.

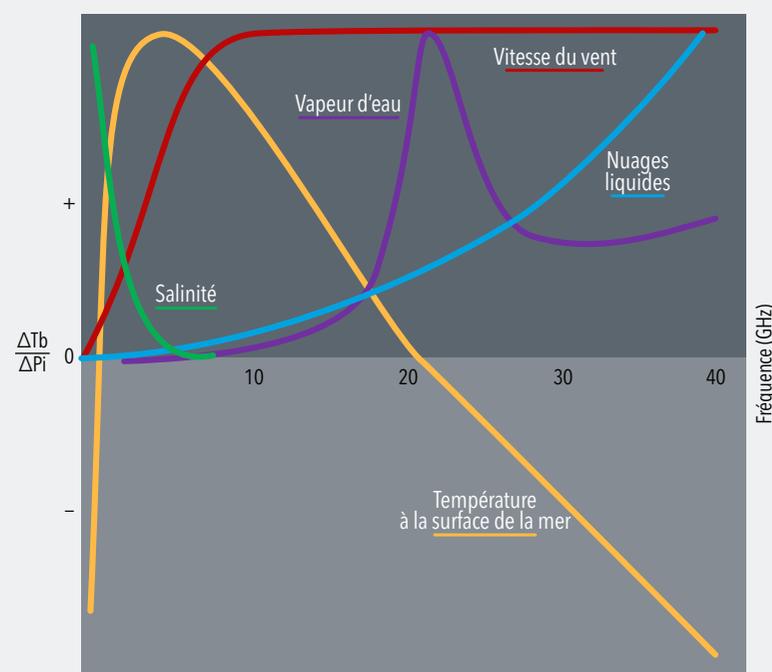
Les divers paramètres physiques d'un rayonnement sont interdépendants. Pour faire une estimation correcte d'un de ces paramètres physiques, il est donc souvent nécessaire de recueillir des mesures à plusieurs fréquences, afin de pouvoir corriger les rayonnements non souhaités.

Figure 1 - Sensibilité relative de la température de brillance par rapport aux paramètres géophysiques à la surface terrestre en fonction de la fréquence.



Source: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Handbook of Frequency Allocations and Spectrum Protection for Scientific Uses, Deuxième édition, Washington, DC, 2015.

Figure 2 - Sensibilité relative de la température de brillance par rapport aux paramètres géophysiques au-dessus des océans en fonction de la fréquence



Source: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Handbook of Frequency Allocations and Spectrum Protection for Scientific Uses, Deuxième édition, Washington, DC, 2015.

Par exemple, il est nécessaire d'observer le pic d'absorption de la vapeur d'eau à deux fréquences différentes, généralement autour de 18 GHz et 23 GHz, afin d'évaluer la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère (Figure 2).

### Intérêt pour la société

La télédétection spatiale permet de recueillir des données à l'échelle mondiale, y compris dans des zones dangereuses ou inaccessibles. La télédétection trouve des applications notamment dans la surveillance de la déforestation dans des zones telles que le bassin amazonien, le relevé des caractéristiques glaciaires dans les régions arctiques et antarctiques, ainsi que le sondage des profondeurs côtières et océaniques.

En outre, la télédétection complète, voire remplace, les activités lentes et coûteuses de collecte de données au sol, ce qui évite de perturber certaines zones ou certains objets.

Les plates-formes orbitales collectent des données dans différentes bandes du spectre électromagnétique et les transmettent, ce qui donne aux chercheurs, qui s'appuient également sur des mesures et des analyses aériennes ou terrestres à grande échelle, suffisamment d'informations pour surveiller des phénomènes naturels à long terme et à court terme comme El Niño.

Les sciences de la Terre sont utiles notamment dans la gestion

des ressources naturelles, l'agriculture, par exemple l'utilisation et la conservation des terres, la détection et la surveillance des marées noires, ainsi que dans la sécurité nationale et la collecte de données aériennes, terrestres et à une distance de sécurité dans les zones frontalières.

La valeur économique de ces observations en sciences de la Terre atteindrait facilement plusieurs centaines de milliards de dollars, montant nettement supérieur au coût des programmes qui permettent d'exploiter les systèmes de collecte des données en la matière.

### Bandes de fréquences et brouillages

Du fait de l'accroissement de la demande en fréquences électromagnétiques, en particulier dans le cas des applications commerciales, de nombreux services doivent partager des bandes de fréquences ou utiliser des bandes contiguës.

En conséquence, de nombreux systèmes radioélectriques subissent les effets de signaux artificiels non désirés, connus sous le nom de brouillages radioélectriques, qui perturbent et dégradent leur fonctionnement. La télédétection à hyperfréquences n'est pas à l'abri de ce problème: la télédétection passive est d'ailleurs particulièrement touchée car elle fait intervenir des rayonnements électromagnétiques naturels très faibles et des instruments sensibles dans des bandes d'observation

“

*Du fait de l'accroissement de la demande en fréquences électromagnétiques, en particulier dans le cas des applications commerciales, de nombreux services doivent partager des bandes de fréquences ou utiliser des bandes contiguës.*

”

Paolo de Matthaëis

étroites. Les opérations de télédétection dans les bandes de fréquences inférieures à 20 GHz subissent depuis des décennies des brouillages dus à l'exploitation d'autres services.

Toutefois, les opérations de télédétection effectuées dans les bandes supérieures à 20 GHz devraient subir des brouillages radioélectriques ubiquitaires et encore plus graves en raison de l'utilisation de ces fréquences par d'autres services, par exemple ceux qui prennent en charge la 5G et l'Internet large bande dans les avions et les navires ou dans des endroits éloignés.

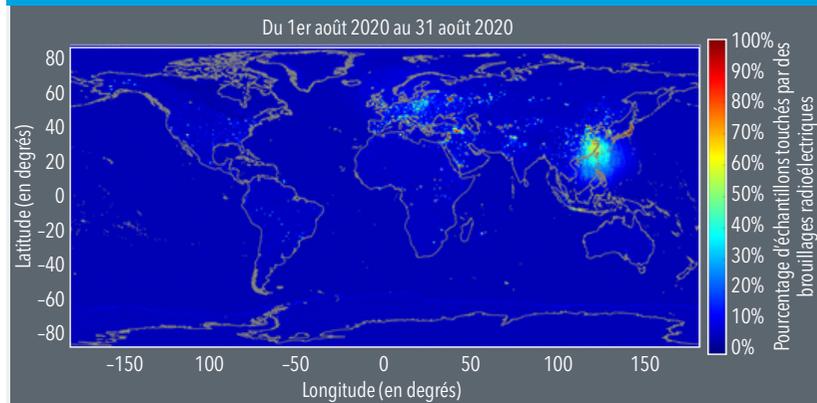
On trouvera dans les Figures 3 et 4 des exemples de brouillages observés par des capteurs passifs fonctionnant respectivement à la fréquence 1,4 GHz et à la fréquence 18,7 GHz, tandis que la Figure 5 montre les brouillages détectés par un instrument actif à la fréquence 5,405 GHz.

### Comité technique d'attribution de fréquences pour la télédétection de la GRSS/IEEE

Le Comité technique d'attribution de fréquences pour la télédétection de la Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) rattachée à l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) a été créé en 2000 pour faire le lien entre la communauté de la télédétection et le milieu de la réglementation des fréquences radioélectriques.

Le Comité s'efforce de sensibiliser toutes les parties concernées en donnant aux régulateurs de fréquences une vision centrée sur la télédétection et un aperçu technique et en fournissant aux scientifiques et ingénieurs du domaine de la télédétection une assistance concernant les questions de gestion du spectre.

Figure 3 – Brouillages radioélectriques observés par le radiomètre de détection active et passive de l'humidité du sol (SMAP) dans la bande de fréquences 1 400-1 427 MHz au cours du mois d'août 2020



Source: Centre de vol spatial Goddard (NASA).

Figure 4 – Niveaux maximums de brouillages radioélectriques observés aux États-Unis, en 2019, par l'imageur à hyperfréquences de mesure des précipitations à l'échelle mondiale dans la bande de fréquences 18,6-18,8 GHz

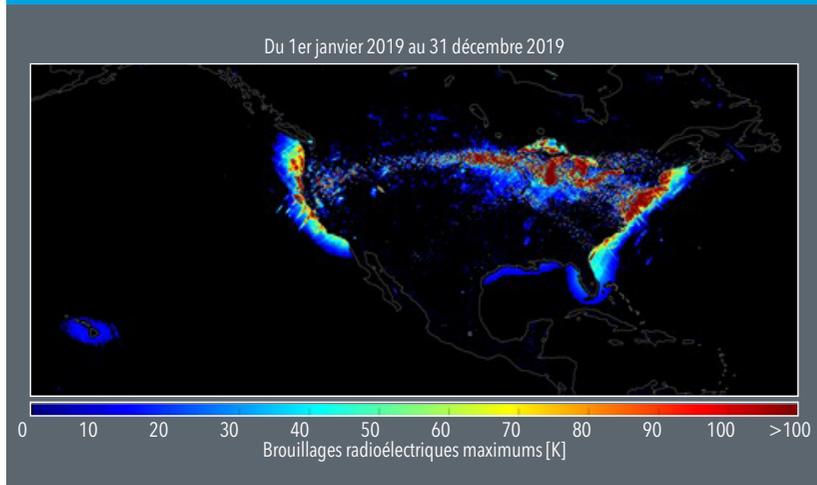
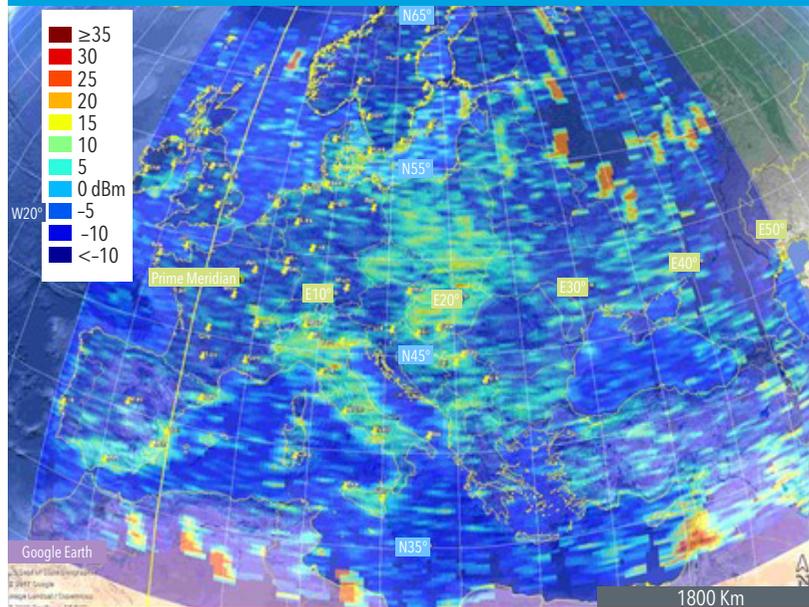


Figure 5 - Carte de la puissance des brouillages radioélectriques en bande C touchant les mesures du radar à ouverture synthétique Sentinel-1, avec superposition des emplacements des radars météorologiques



Source: A. Monti-Guarnieri, D. Giudici, et A. Recchia, "Identification of C-Band Radio Frequency Interferences from Sentinel-1 Data", Remote Sensing, vol. 9, N° 11, p. 1183, novembre 2017.

Le Comité encourage le développement des technologies de détection et d'atténuation des brouillages radioélectriques en organisant des réunions techniques lors de conférences, d'ateliers et d'autres manifestations pertinentes consacrées aux processus, questions et technologies susmentionnés.

Le Comité s'attache en outre à élaborer une base de données en ligne sur les brouillages radioélectriques observés par les capteurs de télédétection. Dans toutes ces activités, il favorise l'échange d'informations entre chercheurs de différents domaines, par exemple les domaines de la télédétection, de la radioastronomie et des télécommunications, dans le but commun de réduire autant que possible les brouillages préjudiciables entre les systèmes. ■

## Surveiller l'atmosphère, les océans et le climat depuis l'espace pour transformer notre monde

Par Markus Dreis, responsable de l'Office de gestion des fréquences, Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT)

■ En septembre 2015, l'Assemblée générale des Nations unies a adopté le texte intitulé «Transformer notre monde: le Programme de développement durable à l'horizon 2030». Il s'agit d'un plan d'action comportant 17 Objectifs de développement durable articulés autour de l'élimination de la pauvreté, en tant que condition indispensable au développement durable.

Ces objectifs ambitieux sont composés de 169 cibles et guident l'action sur une période de 15 ans, dans des domaines revêtant une importance cruciale pour l'humanité et la planète. Ils témoignent de l'interdépendance entre la recherche de la paix et de la prospérité, la promotion de la santé et de la dignité des personnes, l'utilisation durable des ressources de notre planète et la nécessité de prendre des mesures urgentes pour faire face aux changements climatiques, ainsi que de l'importance de forger des partenariats efficaces pour faire de ces objectifs une réalité.

### Observation mondiale de la Terre depuis l'espace: un élément décisif pour atteindre les Objectifs de développement durable

Notre société est de plus en plus tributaire des conditions météorologiques et climatiques. Les données des satellites d'observation de la Terre et de météorologie sont devenues cruciales pour prévoir le temps à toutes les échelles, surveiller le climat et produire rapidement des alertes et d'autres informations destinées à faciliter la prise de décision par le secteur public et le secteur privé, en faveur du bien-être social et économique et du développement durable.

Ainsi, l'exploitation de satellites d'observation de la Terre et de météorologie contribue directement à la mise en œuvre du Programme 2030 en fournissant des observations mondiales, précises, cohérentes et opportunes des conditions météorologiques, environnementales et climatiques depuis l'espace.



“ Notre société est de plus en plus tributaire des conditions météorologiques et climatiques. ”

Markus Dreis



L'utilisation des données générées par ces activités permet de sauver des vies, d'éviter des pertes économiques et de favoriser le développement durable et l'innovation. Le fait de remplir ces objectifs contribue de manière pratique et tangible à la réalisation de nombreux ODD.

Pour relever le défi du développement durable dans la prochaine décennie et au-delà, et pour répondre aux attentes des gouvernements, des citoyens et des industries en matière de prévisions et d'alertes avancées de phénomènes météorologiques à hauts risques, il est nécessaire de garantir la disponibilité d'un réseau mondial de satellites d'observation de la Terre et de météorologie.

### Rôle d'EUMESTAT et des autres agences spatiales

Les satellites de météorologie et d'observation de la Terre sont dotés d'imageurs dans le visible et l'infrarouge ainsi que de sondeurs. Les données recueillies par ces instruments servent à calculer une multitude de paramètres météorologiques et environnementaux. Les satellites en orbite polaire ont également à leur bord des instruments de télédétection hyperfréquences active et passive, qui fournissent par exemple les profils verticaux de la température et de l'humidité de l'atmosphère ainsi que des informations à l'échelle mondiale sur la distribution des nuages, la couverture nuageuse et la couverture glaciaire ainsi que les températures et les vents à la surface

“

*Les prévisions météorologiques favorisent également la croissance économique, dans la mesure où nos pays très développés, ainsi que de nombreux domaines de notre vie quotidienne, sont très sensibles aux conditions météorologiques.*

”

Markus Dreis

des océans. Il est admis que ces variables atmosphériques jouent toutes un rôle important dans les prévisions météorologiques et la surveillance à long terme des changements climatiques.

L'objectif premier de l'organisation intergouvernementale EUMETSAT est de mettre en place, d'entretenir et d'exploiter des satellites météorologiques, en tenant compte, dans la mesure du possible, des recommandations de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Cette mission est menée en étroite collaboration avec toutes les autres agences spatiales exploitant des satellites météorologiques, avec l'intention commune de maintenir un réseau mondial de satellites de météorologie, dans le cadre du Groupe de coordination

pour les satellites météorologiques (CGMS).

Dans le prolongement du Plan d'action mondial pour le climat, un autre objectif consiste à faire en sorte que ce réseau mondial de systèmes de satellites d'observation de la Terre et de météorologie contribue à la surveillance opérationnelle du climat et à la détection des changements climatiques. La mise en œuvre de l'Architecture mondiale de surveillance du climat à partir de l'espace est coordonnée par le Groupe de travail conjoint sur le climat créé par la CGMS et par le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CSOT).

### Conditions météorologiques à hauts risques

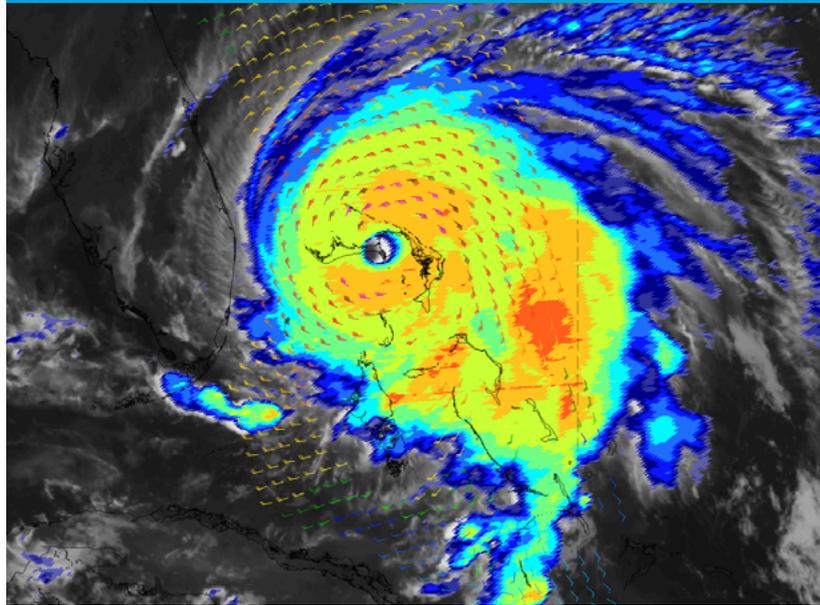
Les observations des satellites météorologiques géostationnaires et non géostationnaires sont employées par les Services météorologiques et hydrologiques nationaux (SMHN) du monde entier dans leurs efforts pour protéger la vie et prévenir les pertes économiques lorsque surviennent des catastrophes météorologiques et hydrologiques. Les données satellitaires en temps réel sont soit utilisées directement pour la prévision à très court terme de conditions météorologiques à hauts risques, soit intégrées dans les modèles de prévision numérique qui sous-tendent les prévisions à différentes échelles, allant de quelques jours à plusieurs saisons.

En outre, il existe un réseau mondial de systèmes de collecte de données à bord de satellites météorologiques qui permet de recueillir et de retransmettre des observations in situ en temps réel à partir de plates-formes automatisées déployées au-dessus des continents et des océans; par exemple, au-dessus de l'océan Indien, dans le cadre du système mondial d'alerte rapide aux tsunamis.

À partir de ces prévisions, les systèmes NMHS publient des alertes avancées qui contribuent à réduire le nombre de victimes des catastrophes et les pertes économiques qui en découlent. Lorsqu'elles sont utilisées pour établir des prévisions du temps, les observations météorologiques depuis l'espace contribuent également à la sécurité et au bon fonctionnement des transports, au développement durable et à l'agriculture, à la gestion des ressources en terre et en eau, et à la protection de la santé publique, par exemple en cas de vagues de chaleur exacerbées par des îlots de chaleur dans les mégapoles.

Les prévisions météorologiques favorisent également la croissance économique, dans la mesure où nos pays très développés, ainsi que de nombreux domaines de notre vie quotidienne, sont très sensibles aux conditions météorologiques. C'est notamment le cas des secteurs des transports, de l'énergie, de l'agriculture, du tourisme, de l'alimentation et de la construction. Par conséquent, les avantages socio-économiques des prévisions et leur amélioration constante sont proportionnels au PIB d'un pays ou d'une région.

L'ouragan Dorian, qui a battu tous les records en septembre 2019, a touché terre à Elbow Cay, aux Bahamas, avec des vents de 295 km/h observés par un certain nombre d'instruments depuis différents satellites (Metop-A, Sentinel-3B, GOES-17). Les divers instruments à bord des satellites peuvent être utilisés pour étudier les différentes caractéristiques des ouragans et leurs conséquences, comme dans cet exemple.

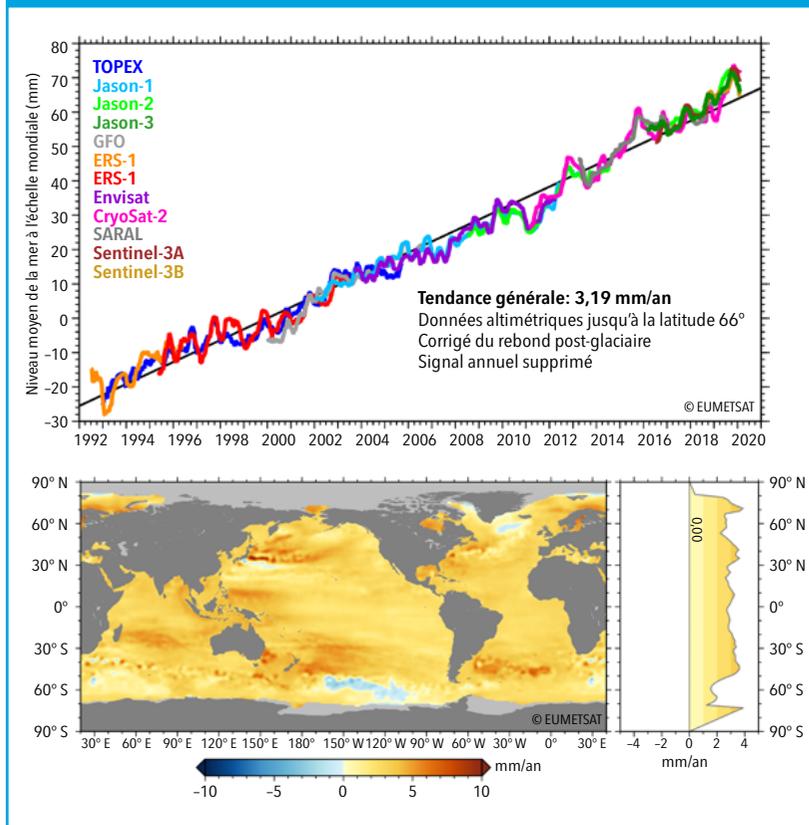


## Nos océans

La surveillance des océans est un domaine essentiel. Le flux de données marines intégrées qui découle de ces activités fournit des informations sur les courants océaniques, les vents à la surface des océans, l'état des mers, la glace de mer, la température superficielle de la mer et la couleur des océans. Ces données sont utilisées directement et traitées par les modèles de prévisions météorologiques et océaniques pour générer des informations cruciales pour la sécurité en mer, l'exploitation des infrastructures maritimes, le secteur de la pêche, l'utilisation durable des ressources marines et la protection des écosystèmes marins et côtiers vitaux.

L'élévation moyenne du niveau de la mer est à la fois une conséquence et un indicateur sensible des changements climatiques, dont les retombées sont particulièrement importantes pour les zones côtières et les petits États insulaires. La disponibilité de mesures fiables et très précises concernant le niveau moyen de la mer (voir les deux chiffres correspondants) sera de ce fait primordiale pour atteindre les objectifs fondamentaux de l'Accord de Paris de 2015. Ces objectifs visent à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques, ainsi que la capacité d'adaptation des pays à leurs effets.

## Élévation du niveau de la mer observée par 12 satellites sur une période de 28 ans (en haut) et carte des tendances régionales du niveau de la mer (en bas)



## Composition de l'atmosphère

La surveillance de la composition de l'atmosphère depuis l'espace constitue un autre élément important; elle est menée à bien au moyen de satellites géostationnaires et sur orbite polaire, et le sera à l'avenir grâce à des instruments Sentinel supplémentaires spécialisés, fournis par le [programme européen Copernicus](#).

Ces observations par satellite fournissent des données essentielles pour les prévisions relatives à la

qualité de l'air des grandes zones urbaines, à la couche d'ozone et aux rayonnements ultraviolets nocifs, ainsi qu'aux tempêtes de sable et de poussière, en particulier en Afrique. La santé publique tire parti de l'utilisation de ces informations pour réguler le trafic ou d'autres activités économiques, et pour prévenir d'éventuels problèmes respiratoires. Les données et l'imagerie sont également employées pour prévoir la dispersion et le transport des pollutions accidentelles et pour surveiller les feux de forêt et les panaches d'aérosols et de gaz qu'ils génèrent.

(Voir les images montrant les anomalies de NO<sub>2</sub>.)

L'observation des panaches de cendres volcaniques et de SO<sub>2</sub> est également cruciale pour assurer la sécurité de l'aviation et optimiser la capacité de gestion du trafic aérien en cas d'éruption (voir les images des panaches de cendres).

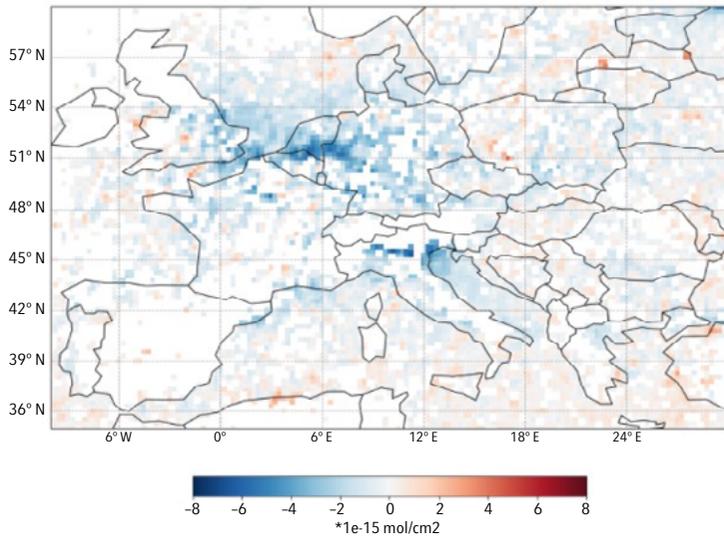
## Évolution du climat

Les satellites offrent un potentiel inégalé pour l'observation mondiale et systématique de 31 des 50 variables climatiques essentielles (VCE) recensées par le Système mondial d'observation du climat (SMOC) de l'OMM.

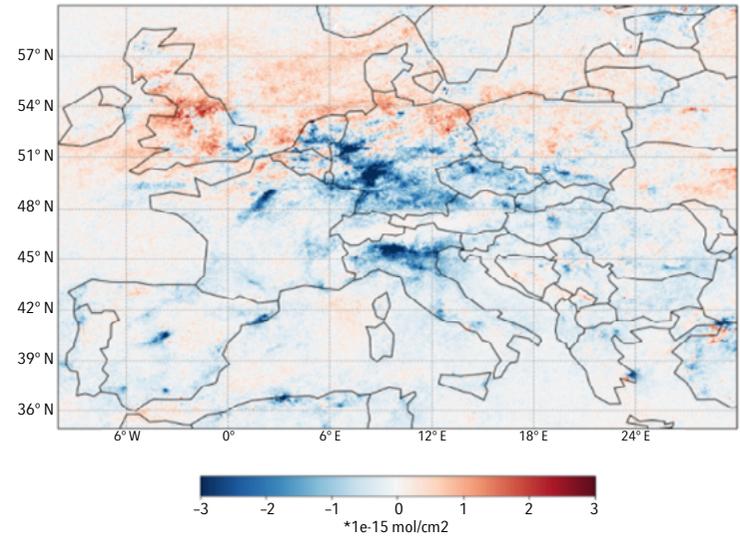
Avec près de 40 ans de données météorologiques par satellite (provenant par exemple des satellites Meteosat) et les engagements pris pour les 30 ans à venir en ce qui concerne la collecte d'observations issues des satellites actuels et de prochaine génération, EUMETSAT, tout comme ses agences spatiales partenaires dans le monde, apporte une contribution essentielle à l'Architecture mondiale de surveillance du climat à partir de l'espace, qui est coordonnée conjointement par le Groupe de coordination pour les satellites météorologiques (CGMS) et le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CSOT).

Moyennant des procédés tels que la récupération des données, le recalibrage systématique des données historiques et le retraitement de longues séries de données à l'aide des derniers algorithmes

## Anomalie de la densité de la colonne de NO<sub>2</sub> troposphérique enregistrée en mars - basée sur la moyenne à long terme (2007-2018)



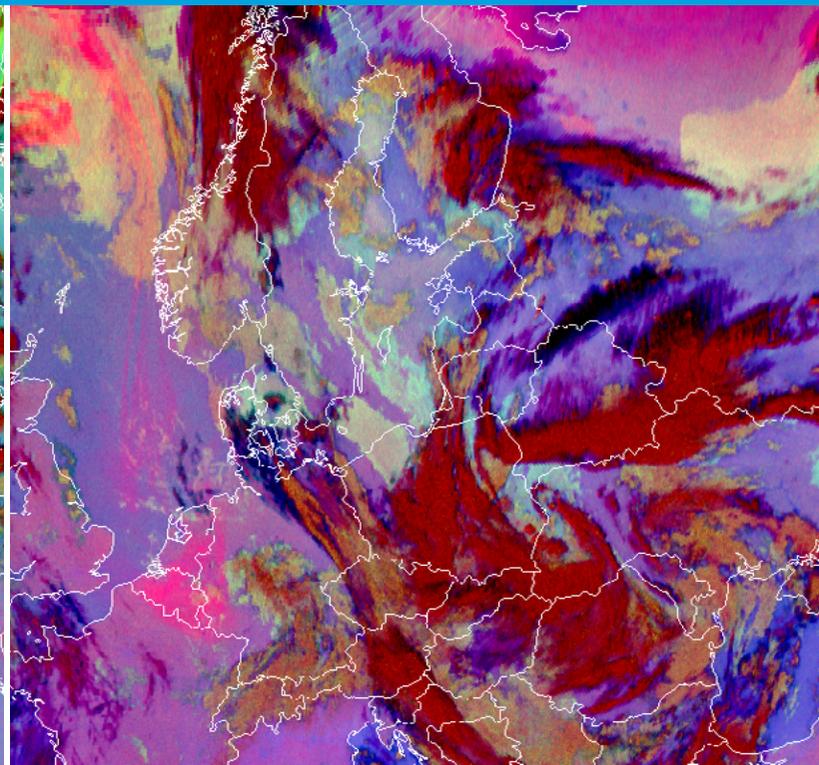
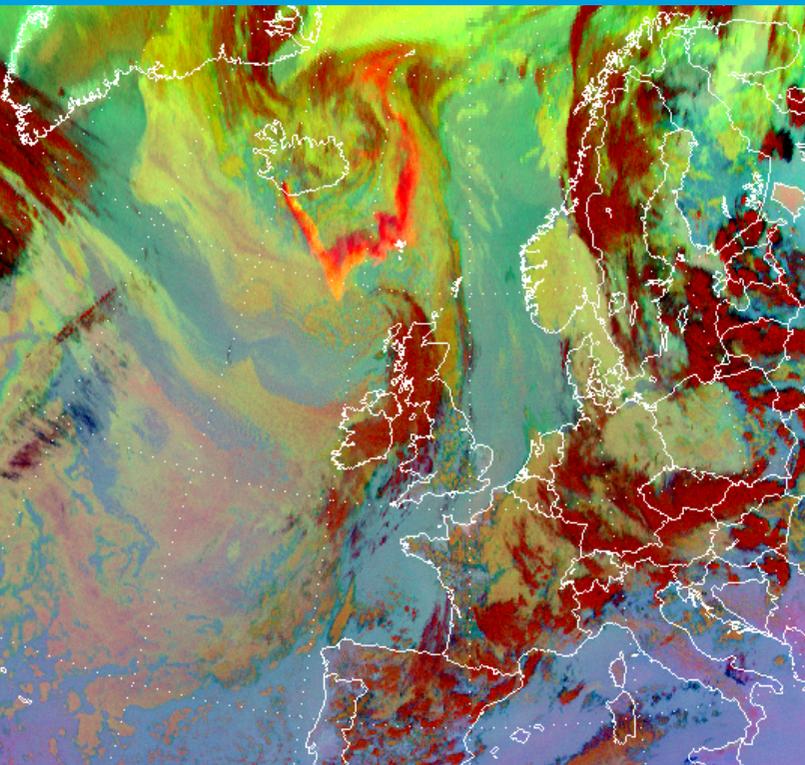
Anomalie de la colonne totale de NO<sub>2</sub> enregistrée en mars par Metop-A et B GOME2. Période de référence: 2007-2018.



Anomalie enregistrée en mars 2020 par Sentinel 5p TROPOMI NO<sub>2</sub>. La période de référence est 2019, en raison du laps de temps limité couvert par l'instrument.

Lors du confinement de mars 2020 en Europe, bien que les niveaux de restriction aient différé selon les pays, on a constaté une nette diminution des émissions de NO<sub>2</sub>, qui était plus prononcée dans les régions les plus polluées (Vallée du Pô, Ruhr-Rhin, Bénélux, Londres et Paris). On a constaté une diminution moyenne des émissions de NO<sub>2</sub> d'environ 30 à 50 pour cent par rapport aux années précédentes.

Le panache de cendres de l'éruption de l'Eyjafjallajökull vu depuis le satellite Meteosat-9 survolant les îles Britanniques et les pays du Bénélux le 13 mai 2010 (à gauche), puis la Belgique, les Pays-Bas et l'Allemagne le 18 mai 2010 (à droite). Ce panache de cendres a eu des répercussions considérables sur l'aviation civile dans le monde entier.



en date, EUMETSAT a déjà, à elle seule, produit de nombreux relevés climatiques portant sur 15 variables climatiques essentielles. Elle prévoit en outre de fournir davantage de relevés de données, d'une qualité supérieure, pour traiter des autres VCE relatives à l'atmosphère, à l'océan et aux milieux terrestres.

### **Prévisions météorologiques et production d'énergie**

Les liens d'interdépendance entre l'énergie, les conditions météorologiques et le climat s'accroissent. Dans la mesure où la demande d'énergie reste dépendante de la température, la météo détermine désormais l'approvisionnement de la partie renouvelable du bouquet énergétique. Par conséquent, les prévisions météorologiques influencent les décisions quotidiennes en matière de production d'énergie, tandis que les données climatiques constituent des informations essentielles pour la prise de décisions éclairées sur les investissements stratégiques à consentir dans le secteur de l'énergie, en particulier dans les sources d'approvisionnement privilégiées et dans la capacité de production.

La contribution des observations provenant des satellites météorologiques est double: d'une part, ces données améliorent la performance des prévisions météorologiques, et d'autre part, elles sont utilisées pour produire des relevés climatiques sur des paramètres du rayonnement solaire pouvant informer la prise de décision concernant les installations d'énergie solaire.

### **Disponibilité des ressources spectrales nécessaires: une condition préalable**

L'exploitation de ces satellites météorologiques et d'observation de la Terre dépend de la disponibilité des ressources de fréquences nécessaires, exempte de brouillages (ce que garantissent les dispositions pertinentes du [Règlement des radiocommunications](#)). Cela revêt une grande importance pour la commande des satellites, l'exploitation d'un certain nombre d'instruments de télédétection hyperfréquences active et passive, et la distribution en temps voulu des données fournies directement depuis les satellites, ou pour d'autres

moyens de distribution des données utilisant d'autres services de radiocommunication.

Ce large éventail d'usages des fréquences suppose que les ressources radioélectriques attribuées aux services de radiocommunication correspondants dans le Règlement des radiocommunications restent disponibles et continuent de bénéficier d'une protection contre les brouillages sur le long terme. Cet aspect est déterminant pour les instruments de télédétection hyperfréquences passive qui, en raison de leur sensibilité, nécessitent une reconnaissance particulière dans le Règlement des radiocommunications.

La surveillance du temps et du climat est un défi mondial, qui suppose des investissements stratégiques, pour le bien de la société, dans les infrastructures mondiales nécessaires, dans l'espace et au sol. Le soutien des administrations chargées des radiocommunications dans le monde entier est donc d'une importance capitale pour protéger ces ressources radioélectriques essentielles. ■

## En quoi les radiocommunications appliquées aux sciences spatiales me concernent-elles?

Par Catherine Sham, responsable du spectre pour les programmes de vols spatiaux habités et les programmes lunaires, NASA, et Présidente du Groupe de travail 7B de l'UIT-R

■ Un satellite recueille des signatures radioélectriques à distance tandis que ses antennes passives sont orientées vers la Terre. Le radar actif d'une sonde spatiale détecte les changements de température et d'humidité du sol.

On peut dire sans hésiter qu'aucune de ces deux situations n'était un sujet de conversation habituel avant la pandémie.

Mais aujourd'hui, il est important de rappeler que ces mêmes systèmes de radiocommunication par satellite sont un exemple parmi tant d'autres des avancées que la science a rendues et continuera de rendre possibles, dans notre intérêt à tous; ces technologies pourraient d'ailleurs même contribuer à limiter les effets de la pandémie. En dépit du COVID-19, l'attribution minutieuse du spectre des fréquences radioélectriques et les accords à valeur de traité de la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR) du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) ont permis d'assurer la continuité des activités se rapportant aux radiocommunications spatiales.

En dépit du COVID-19, l'attribution minutieuse du spectre des fréquences radioélectriques et les accords à valeur de traité de la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR) du Secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R) ont permis d'assurer la continuité des activités se rapportant aux radiocommunications spatiales.

Les technologies de télédétection actives et passives et les missions météorologiques emploient ces fréquences radioélectriques pour produire en retour des données continues et évolutives sur les variations des systèmes terrestres.

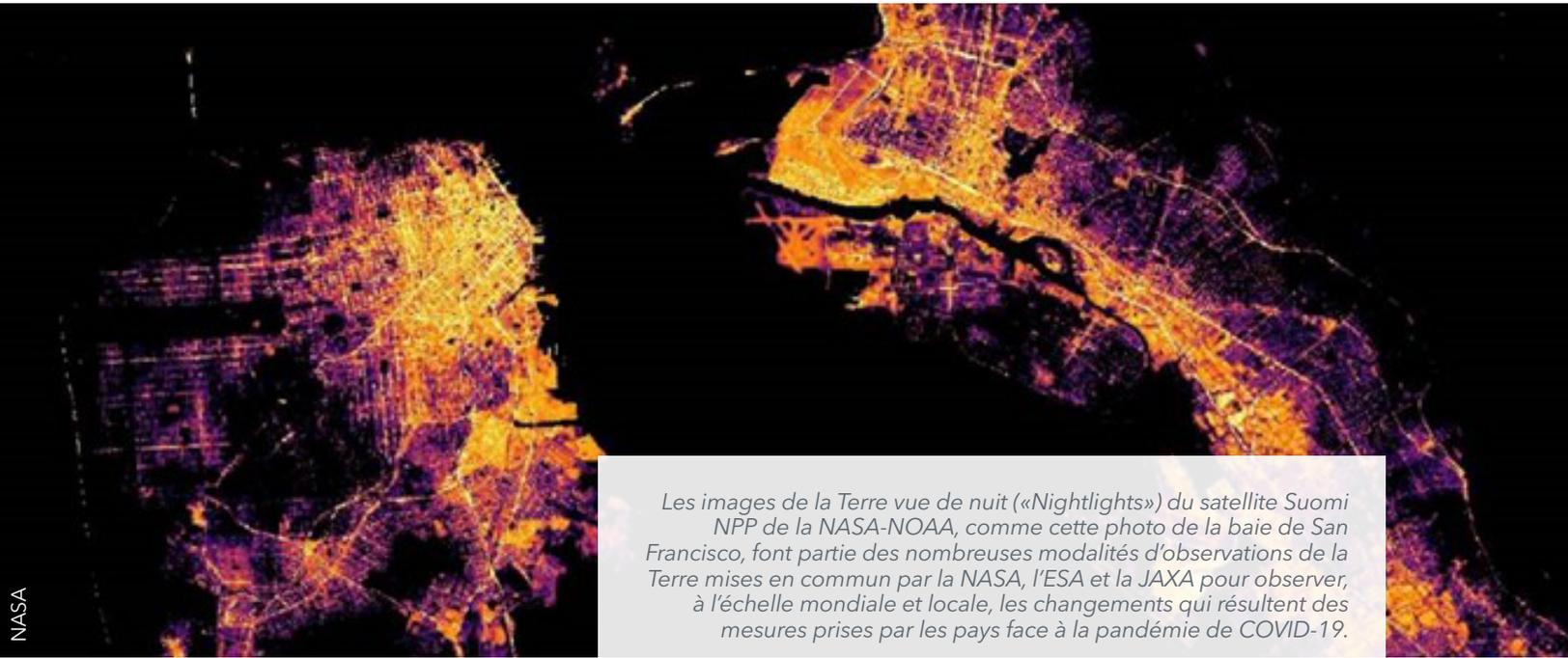


“

*Aujourd'hui, il est important de rappeler que ces mêmes systèmes de radiocommunication par satellite sont un exemple parmi tant d'autres des avancées que la science a rendues et continuera de rendre possibles, dans notre intérêt à tous.*

”

Catherine Sham



*Les images de la Terre vue de nuit («Nightlights») du satellite Suomi NPP de la NASA-NOAA, comme cette photo de la baie de San Francisco, font partie des nombreuses modalités d'observations de la Terre mises en commun par la NASA, l'ESA et la JAXA pour observer, à l'échelle mondiale et locale, les changements qui résultent des mesures prises par les pays face à la pandémie de COVID-19.*

## S'adapter à un nouvel environnement de travail

La NASA et ses organisations partenaires ont rapidement adapté leurs environnements de travail et le rythme de leurs missions à la nouvelle normalité. À bord de la Station spatiale internationale, les restrictions de voyage et les injonctions de rester à domicile ont été un mode de vie pour les nombreux astronautes et cosmonautes qui y ont vécu et travaillé depuis le lancement de la mission Expedition 1, le 31 octobre 2000. Sans parler de ceux d'entre nous qui, depuis la Terre, poursuivons nos activités à distance grâce aux fréquences radioélectriques, à savoir contrôler et commander les engins spatiaux, surveiller les équipements, gérer les vols, communiquer avec nos collègues dans l'espace et assurer leur sécurité.

## Des données accessibles pour suivre les changements climatiques et réduire les risques

Les technologies de télédétection actives et passives et les missions météorologiques emploient ces fréquences radioélectriques pour produire en retour des données continues et évolutives sur les variations des systèmes terrestres. Face à la pandémie, la NASA, l'ESA (Agence spatiale européenne) et la JAXA (Agence japonaise d'exploration aérospatiale) ont utilisé leur capacité collective d'observation de la Terre par satellite pour mettre au point un tableau de bord d'observation de la Terre spécifique au COVID-19 accessible au public. Dans ce cadre, certaines données obtenues par satellite ont permis de suivre, depuis le début de la pandémie, l'évolution de la qualité de l'air et de l'eau, des changements climatiques, de l'activité économique et de l'agriculture.

Parmi les observations récentes, on peut noter une réduction de la production agricole due à des perturbations sur les chaînes d'approvisionnement et une amélioration de la qualité de l'air et de l'eau liée à la réduction des activités humaines (industrie et obligation de rester à domicile).

Toutes ces données peuvent aider les dirigeants des secteurs public et privé du monde entier à redonner de la vitalité à l'économie mondiale.

Des données supplémentaires pour mieux comprendre et limiter les menaces qui pèsent sur notre sécurité sont disponibles sur EOSDIS, la base de données et d'informations du système d'observation de la Terre de la NASA. Cette plate-forme offre à la communauté mondiale des utilisateurs un accès direct à toutes les données scientifiques provenant des satellites de la NASA.

Ces données peuvent notamment permettre de donner l'alerte en cas de phénomènes météorologiques dynamiques potentiellement dévastateurs ou de risques de précipitations, d'inondations et d'incendies, ainsi que de surveiller la croissance et l'état des cultures sur le long terme.

### Comment les technologies spatiales améliorent notre vie quotidienne

Bien entendu, les activités spatiales continuent d'avoir des retombées sur la terre ferme: certains produits élaborés aux fins de leur utilisation par les astronautes dans l'espace contribuent ainsi à améliorer nos conditions de vie sur Terre (par exemple, la mousse à mémoire de forme, les lunettes de soleil résistantes aux rayures, ou encore les aspirateurs sans fil). L'une des retombées récentes venue fort à propos est sortie au printemps dernier, au cœur de la première vague de COVID-19. Les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA ont mis au point et présenté, en 37 jours seulement, un ventilateur spécialement conçu pour les patients atteints du coronavirus.

Après avoir obtenu une autorisation d'utilisation d'urgence auprès de la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis, l'équipe du JPL a gratuitement mis son prototype à disposition de certains fabricants.

### Avancées scientifiques et technologiques: une lueur d'espoir pour l'avenir de l'humanité

Nous savons qu'à long terme, l'ingéniosité et les investissements consentis dans le domaine de la recherche et du développement continueront à faire progresser la science et la technologie. Et le fait de savoir que ces avancées amélioreront la vie quotidienne sur Terre, tout en facilitant la poursuite de l'exploration spatiale par l'être humain, est à son tour source d'espoir et d'inspiration pour l'avenir de l'humanité.

Cependant, dans ce contexte actuel de pandémie, les perspectives à court terme semblent inspirer bien peu d'optimisme.

“

*À long terme, l'ingéniosité et les investissements consentis dans le domaine de la recherche et du développement continueront à faire progresser la science et la technologie.*

”

Catherine Sham

N'oublions pas que la poursuite des activités dans le domaine des sciences spatiales et l'exploitation des satellites permettent de maintenir et de rétablir l'accès à des produits d'usage quotidien, dont nous n'avions sans doute jamais questionné l'existence auparavant. Cette prise de conscience devrait suffire à nous apporter l'espoir et la motivation nécessaires pour entrevoir la lumière au bout de ce tunnel - même si la traversée s'annonce plus longue que prévue. ■

## Copernicus – Earth observation to achieving the Sustainable Development Goals

Par Dominic Hayes, Gestionnaire du spectre, Programme spatial de l'Union européenne, [Commission européenne](#)

■ Depuis les temps les plus reculés, les humains rêvent de voler comme des oiseaux, de prendre de la hauteur pour regarder la terre au loin. Il est peu probable que les civilisations préhistoriques aient ne serait-ce qu'imaginé qu'on puisse prendre place à bord d'un vol motorisé ou obtenir une image du monde qui nous entoure grâce à des caméras. Il y a encore un siècle, alors que l'aviation et la photographie étaient déjà relativement développées, il était impensable de «prendre des photos» de la Terre depuis l'espace.

### La Terre vue par satellite aujourd'hui

Aujourd'hui, si l'on interroge le grand public à propos des satellites qui observent la Terre, la plupart des personnes évoqueront sans doute les satellites espions utilisés pour photographier des bases secrètes. Bien que certains satellites spécialisés – qui sont d'ailleurs les précurseurs des satellites modernes d'observation de la Terre (EOS) – continuent d'effectuer ces activités, les scientifiques préfèrent maintenant regarder la Terre par le prisme d'un large spectre de fréquences radioélectriques dépassant de loin les capacités sensorielles de tout être vivant.

Les images optiques traditionnelles fournissent des informations limitées sur le monde; la plupart des caractéristiques utiles (humidité du sol, densité du CO<sub>2</sub>, niveau des eaux, concentration des particules atmosphériques, etc.) ne peuvent être perçues qu'à l'aide des fréquences radioélectriques.

Les satellites EOS sont équipés de différents types de capteurs dont les fonctionnalités s'appuient la plupart du temps sur des phénomènes naturels spécifiques, tels que l'absorption de la vapeur d'eau juste en dessous de 24 GHz. Il est particulièrement utile d'observer cette fréquence, car elle indique la teneur en humidité de l'atmosphère – donnée qui permet à son tour de modéliser et de prévoir la formation de tempêtes et de cyclones tropicaux. La vapeur d'eau compte également parmi les gaz à effet de serre qui ont une incidence majeure.



*En cas de catastrophe, le service Copernicus de gestion des urgences peut être activé par les pays faisant face à des sinistres naturels, des situations d'urgence d'origine humaine ou des crises humanitaires.*



Dominic Hayes

Pour en savoir plus sur Copernicus, cliquez [ici](#).



Les mesures sont relevées de manière passive en observant les interactions infinitésimales de ces petites molécules d'eau lorsqu'elles entament leur danse de la pluie au voisinage de 24 GHz. Il est alors impératif de maintenir cette fréquence exempte de tout brouillage, sans quoi les mesures seraient de moins bonne qualité, voire impossibles à effectuer. Pour ce faire, la gamme de fréquences en question figure en tant que bande passive dans le Règlement des radiocommunications, c'est-à-dire qu'aucune émission n'est autorisée sur cette partie du spectre et que les brouillages hors bande doivent être réduits au minimum.

L'ordre du jour de la Conférence mondiale des radiocommunications de 2023 (CMR-23) comprend plusieurs points qui pourraient avoir une incidence sur les relevés des satellites EOS. Les régulateurs devront donc évaluer les répercussions, positives ou négatives, de toutes les propositions de modification d'ordre réglementaire, en particulier si l'on envisage d'exploiter des systèmes de Télécommunications mobiles internationales (IMT) sur des fréquences proches des attributions au service d'exploration de la Terre par satellite (SETS), en particulier le service d'exploration passive.

## Le système Copernicus de l'Union européenne

Le système européen Copernicus est un système d'observation de la Terre qui scrute notamment la fréquence 24 GHz, moyennant l'un des nombreux instruments installés sur ses satellites. En janvier 2021, Copernicus avait huit satellites Sentinel en orbite; chaque type de satellite est équipé d'un ensemble particulier de capteurs permettant de suivre les variations de différentes caractéristiques de la Terre (ils utilisent les attributions aux services actifs et passifs du SETS entre 5 GHz et 37 GHz, et pourraient à l'avenir utiliser les fréquences de la bande L). Et il est vrai que certains satellites sont dotés d'instruments de prise d'images optiques fonctionnant à des résolutions de 10 à 20 m et 300 m.

Le huitième satellite du programme Copernicus a été lancé en novembre 2020. Le «Sentinel6 Michael Freilich» porte le nom de l'ancien Directeur de la Division des Sciences de la Terre de la NASA, pionnier dans son domaine, qui est décédé en août 2020; ce satellite mesure les variations du niveau de la mer avec une grande précision. Le programme Copernicus ne comprend pas uniquement les satellites Sentinel

de l'Union européenne; il consiste en un système de systèmes, qui collecte des données provenant de nombreuses autres missions spatiales d'observation de la Terre menées dans le monde entier, ainsi que des infrastructures au sol. En vertu de certains accords, ces systèmes ont un accès direct, illimité et gratuit aux données du programme Copernicus (16 To par jour), qui viennent s'ajouter à leurs propres données. Copernicus bénéficie en retour d'un accès aux données recueillies par les capteurs de ces systèmes, élargissant de ce fait la couverture et la fiabilité de ses services. Ces différents ensembles de données sont ensuite intégrés dans une gamme de six services offerts gratuitement à travers le monde. Oui, vous avez bien lu, gratuitement.

## Six domaines de services thématiques

Ces services s'articulent autour de six grandes thématiques: terres, milieu marin, atmosphère, changement climatique, gestion des urgences et sécurité. Ils offrent de multiples applications dans des domaines tels que la protection de l'environnement, la gestion des zones urbaines, la planification régionale et locale.

### Services Copernicus



Atmosphère



Milieu marin



Terres



Changement climatique



Sécurité



Gestion des urgences

En cas de catastrophe, le service Copernicus de gestion des urgences (Copernicus EMS) peut être activé par les pays faisant face à des sinistres naturels, des situations d'urgence d'origine humaine ou des crises humanitaires. Cela entraîne la libération de toute une série de données supplémentaires visant à aider les organisations concernées à avoir la meilleure compréhension possible des événements à mesure qu'ils se déroulent. À ce jour, ce processus a été déclenché plus de 400 fois à travers le monde, dans des pays développés et en développement.

### Les données: un outil essentiel pour atteindre les ODD

Les données du système Copernicus sont également exploitées par d'autres acteurs dans le cadre de nombreuses applications courantes que nous considérons normales, comme les prévisions météorologiques télévisées ou sur Internet; elles constituent également un outil essentiel dans le cadre des objectifs de développement durable (ODD). Les données des satellites d'observation de la Terre revêtent une grande utilité pour la plupart des dixsept ODD, car elles peuvent contribuer à suivre l'état d'avancement des cibles et à planifier et recenser les progrès, ainsi qu'aider les pays et les organisations à prendre des décisions éclairées et propices

à la réalisation des ODD. Divers organismes internationaux tels que le Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) et le Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS) ont été créés pour promouvoir et coordonner la mise en place de techniques d'observation de la Terre favorables aux politiques environnementales et à l'amélioration de la vie quotidienne sur notre planète.

### Contre la crise du COVID-19

Pour aider à contre la crise actuelle du COVID-19, le système Copernicus a fourni des données visant à soutenir le Groupe GEO et le Comité CEOS dans leurs efforts pour mieux comprendre la situation et y faire face. La Commission européenne et l'Agence spatiale européenne (ESA) ont également élaboré conjointement une «Action rapide contre le COVID-19».

Le tableau de bord d'observation de la Terre spécifique au COVID-19 est le fruit de la collaboration entre l'ESA, l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA) et la NASA.

En outre, la Commission européenne, ses partenaires et les membres de l'écosystème Copernicus ont créé une page web consacrée au programme spatial européen qui rassemble leurs différentes initiatives.

Le système Copernicus est coordonné et géré par la Commission européenne, en partenariat avec les États membres de l'Union européenne (UE), l'ESA, l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT), les agences de l'UE et Mercator Ocean. ■

Visionner la [vidéo](#) sur l'action rapide contre le COVID-19



Visionner le [tutoriel vidéo](#) sur le tableau de bord d'observation de la Terre spécifique au COVID-19



## Le programme allemand d'observation de la Terre au service du développement durable

Par **Helmut Staudenrausch**, chef d'équipe des programmes opérationnels, **Jens Danzeglocke**, administrateur de projets pour les applications d'observation de la Terre au sein du Département de l'observation de la Terre, et **Ralf Ewald**, administrateur de projets de gestion des fréquences radioélectriques au Département des communications par satellite relevant de l'Administration de l'espace du Centre aérospatial allemand (DLR).

■ Aujourd'hui, nous en savons beaucoup plus sur notre planète que la génération précédente. Les changements à l'échelle mondiale, le développement durable de notre habitat, l'utilisation prudente des ressources, le fait de garantir la mobilité et la place que nous occupons dans la course internationale aux technologies de pointe, l'adaptation aux situations de crise et la réduction des risques liés aux menaces technologiques et criminelles sont autant de défis majeurs.

L'observation de la Terre par satellite contribue à relever ces défis. Aujourd'hui, elle revêt une importance stratégique pour les pouvoirs publics, l'économie et les citoyens. En effet, la stratégie spatiale allemande, mise en œuvre par l'Administration de l'espace du Centre aérospatial allemand (DLR), fait de la durabilité l'un de ses principes directeurs, et l'observation de la Terre joue un rôle majeur à cet égard.

### Les capacités des technologies satellitaires modernes

Les technologies satellitaires modernes permettent d'identifier des objets d'un diamètre inférieur à un mètre depuis une altitude de 800 kilomètres. En outre, des paramètres tels que la composition de l'atmosphère, les étendues d'eau et l'état des cultures agricoles et des forêts peuvent être observés. Même les mouvements du sol, tels que l'affaissement de zones ou de bâtiments et le gonflement des volcans, peuvent être déterminés avec une précision au millimètre près.



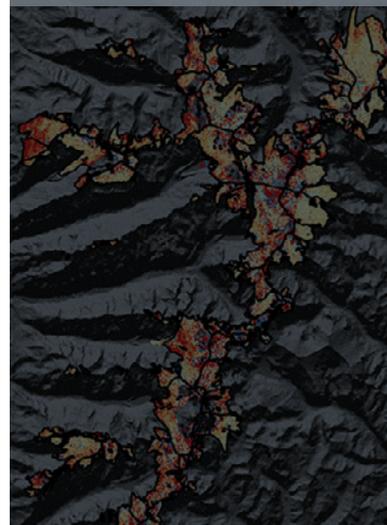
Helmut Staudenrausch



Jens Danzeglocke



Ralf Ewald



“

*Même les mouvements du sol, tels que l'affaissement de zones ou de bâtiments et le gonflement des volcans, peuvent être déterminés avec une précision au millimètre près.*

”

Helmut Staudenrausch,  
Jens Danzeglocke  
et Ralf Ewald

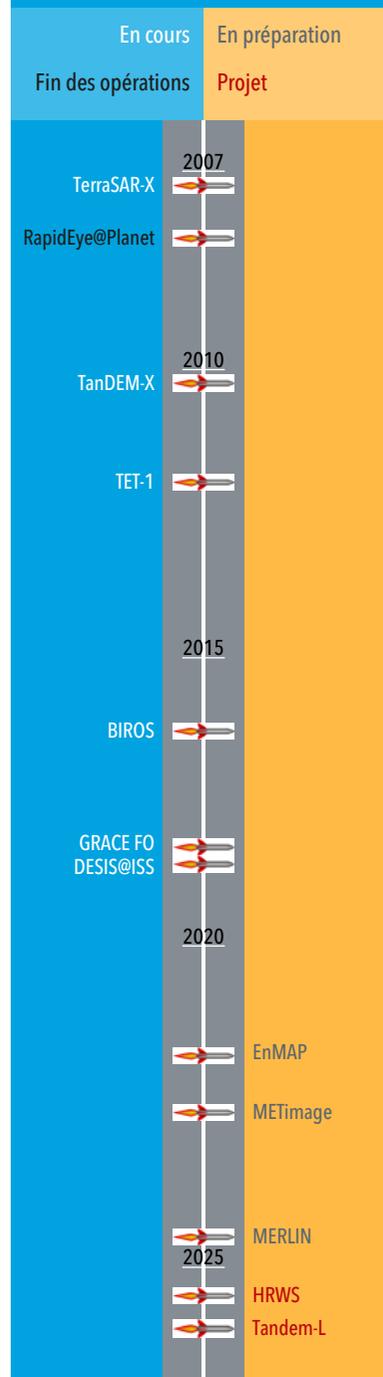
Le programme allemand d'observation de la Terre porte sur l'intégralité de ces capacités. À l'échelle mondiale, les satellites TerraSAR-X et TanDEM-X sont des pionniers dans le domaine des radars spatiaux fonctionnant dans la bande X: grâce à leur capacité inégalée de vol en formation, ils pourraient générer un ensemble mondial de données 3D sur la surface de la Terre d'une qualité jamais atteinte.

La bande X jouera également un rôle essentiel dans la nouvelle mission d'exploration d'une zone

étendue à haute résolution (HRWS) dans la mesure où elle garantira la continuité de l'imagerie radar à haute résolution et une meilleure précision sur une plus grande zone. Nous disposons en outre d'importantes technologies novatrices de télédétection optique: la mission EnMAP est équipée d'un spectromètre imageur (UV-SWIR) capable de mesurer depuis l'espace les propriétés de la végétation, du sol et des eaux de surface avec une précision sans précédent. Quant à la mission MERLIN, fruit d'une coopération avec l'organisme spatial français (CNES), elle est équipée d'un instrument LIDAR, permettra de mesurer la quantité de méthane dans l'atmosphère et contribuera à surveiller les gaz à effet de serre à l'échelle mondiale.

Notre programme national d'observation de la Terre (voir la Figure 1) s'inscrit dans le cadre d'une coopération avec nos partenaires européens, avec lesquels nous collaborons au sein de l'Agence spatiale européenne, afin de concevoir des satellites de pointe affectés à l'étude de la Terre et du climat ainsi que des technologies connexes. Notre projet METimage contribue directement à la nouvelle génération de satellites météorologiques en orbite polaire mis au point par l'Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques (EUMETSAT).

Figure 1 – Missions du programme allemand d'observation de la Terre



## Observer la Terre de manière fiable et durable

Dans le cadre du programme Copernicus, nous travaillons avec nos partenaires de l'Union européenne pour observer la Terre de manière fiable et durable. Dans cette optique, plusieurs satellites ont été successivement déployés, ce qui a permis d'analyser chaque point à la surface de la Terre à plusieurs reprises et suffisamment de fois pour détecter les changements ou les menaces pesant sur les forêts, les terres agricoles, l'air et l'eau en Allemagne, en Europe et dans le reste du monde.

L'Allemagne fait en outre partie d'initiatives et de réseaux internationaux, grâce auxquels des ensembles de données coordonnées sont mis à disposition dans le monde entier pour fournir une assistance en cas de catastrophe naturelle majeure (Charte internationale «Espace et catastrophes majeures»), pour soutenir le processus d'inventaire mondial prévu dans le cadre de l'Accord de Paris et pour contribuer à protéger les forêts humides tropicales (Initiative mondiale pour l'observation des forêts, GFOI) et à garantir la sécurité alimentaire mondiale (Initiative du Groupe GEO pour le suivi mondial de l'agriculture, GEOGLAM).

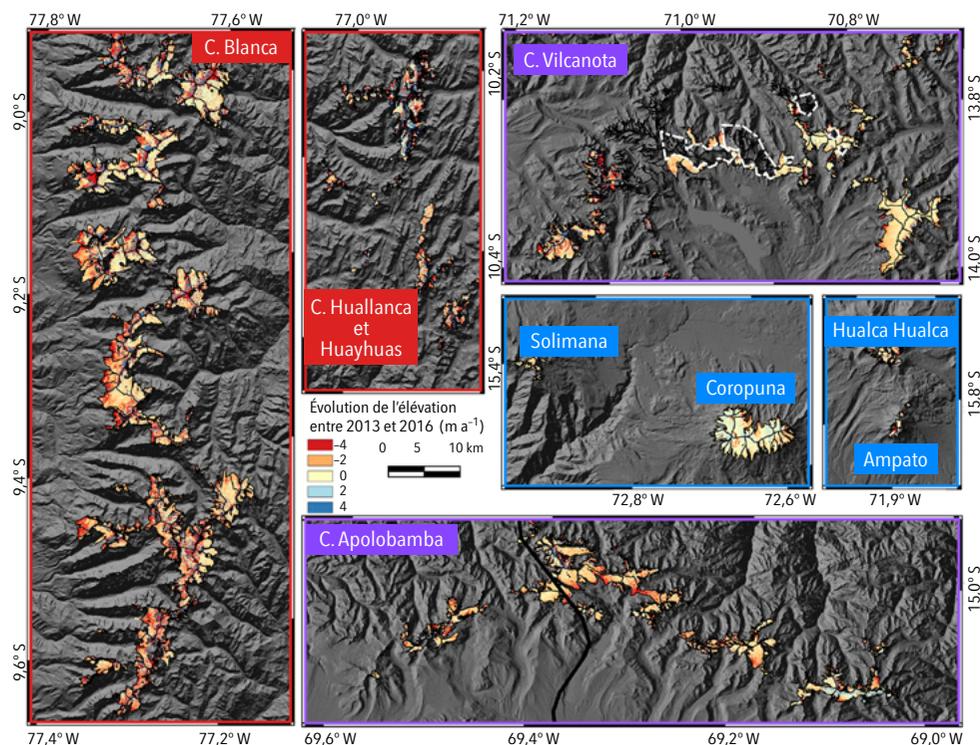
## Observation de la Terre et ODD

Notre programme d'observation de la Terre facilite la mise au point d'applications innovantes. La mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 adopté par l'Organisation des Nations Unies constitue un axe important cet égard. Les 17 Objectifs de développement durable (ODD) ont créé des besoins en matière de suivi qui nécessitent d'énormes quantités d'informations spatiales, dont beaucoup peuvent être obtenues

à partir d'images satellites. Des projets financés dans le cadre de notre programme national ont par exemple permis de quantifier l'évolution des glaciers à l'échelle continentale et de mesurer l'ampleur de ce phénomène (voir la Figure 2), d'analyser l'état et l'intensité d'utilisation des zones humides tropicales et de modéliser le risque de feu de forêt dans les latitudes septentrionales à partir des données recueillies grâce à l'observation de la Terre.

Figure 2 - L'évolution de l'élévation calculée à partir des données des satellites TerraSAR-X et TanDEM-X indique que les surfaces glaciaires des Andes tropicales (Pérou et Bolivie) ont fortement diminué entre 2013 et 2016.

Ces résultats, obtenus dans le cadre du projet «GEKKO», constituent non seulement des informations importantes pour mieux comprendre les changements climatiques régionaux et mondiaux, mais ils posent aussi les fondements de la future gestion de l'eau dans les régions et les sociétés concernées, qui utilisent l'eau des montagnes (Seehaus et coll. 2019).



“

*Pour être en mesure de mieux comprendre et gérer ces risques, les autorités et les organisations des Nations Unies ont besoin d'informations objectives recueillies dans l'espace.*

”

Helmut Staudenrausch,  
Jens Danzeglocke  
et Ralf Ewald

### Le projet Co-Exist en Afrique subsaharienne

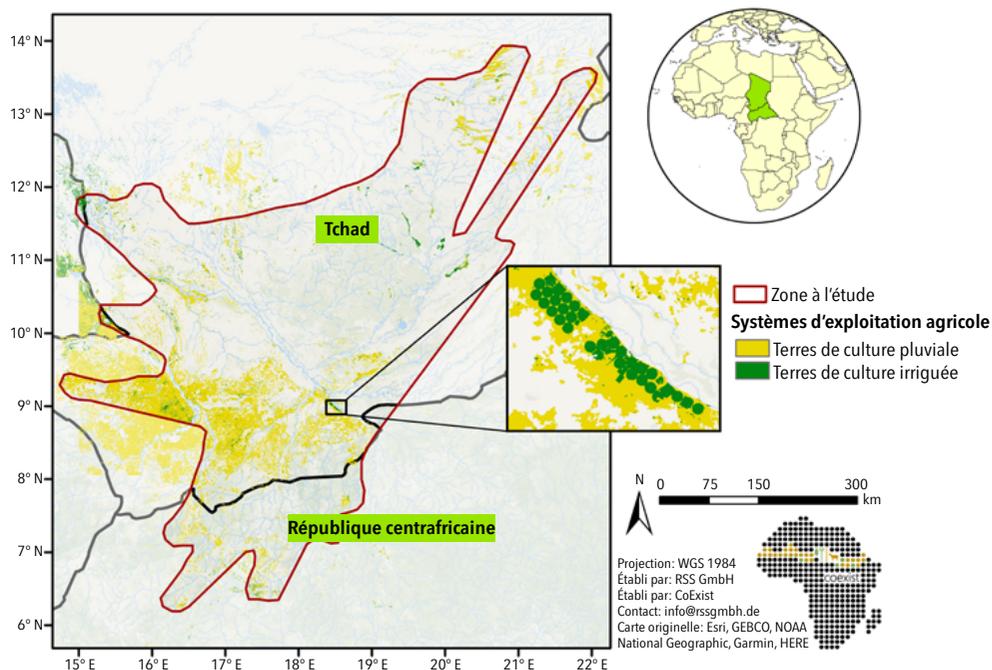
Le projet en cours «CoExist» porte sur les facteurs environnementaux des schémas de transhumance en Afrique subsaharienne. L'évolution des routes migratoires empruntées par les éleveurs nomades, l'accroissement de la population et certains facteurs environnementaux tels que la pénurie d'eau peuvent entraîner des conflits entre agriculteurs et nomades, lesquels peuvent à leur tour provoquer des déplacements de population forcés et des flux migratoires importants (voir la Figure 3).

Pour être en mesure de mieux comprendre et gérer ces risques, les autorités et les organisations des Nations Unies ont besoin d'informations objectives recueillies dans l'espace.

### L'importance des données et informations géospatiales

Les exemples susmentionnés montrent que les données et informations géospatiales sont d'une grande importance lorsqu'il s'agit de comprendre les phénomènes et les risques terrestres. L'observation par satellite est désormais une source indispensable d'informations de ce type. Le programme allemand d'observation de la Terre a été conçu pour apporter une contribution considérable en la matière et pour engendrer des retombées sociales non seulement en Allemagne, mais dans le monde entier. ■

Figure 3 - Carte satellite des cultures pluviales et irriguées dans le sud du Tchad et dans une région du nord de la République centrafricaine. La zone à l'étude est définie par les zones de migration des nomades plus ou moins connues dans cette région (© Remote Sensing Solutions 2020).



# Restez au courant // // Restez informés

## Inscrivez-vous:

// Tendances essentielles sur les TIC partout dans le monde //

// Réflexions de spécialistes éclairés des TIC //

// Informations les plus récentes sur les manifestations et initiatives de l'UIT //



//  
Chaque mardi  
//



//  
Blogs réguliers  
//



//  
Six numéros par an  
//



//  
Écoutez des podcasts  
//



//  
Recevez les informations  
les plus récentes  
//

Rejoignez la communauté  
en ligne de l'UIT sur votre  
média préféré