

CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#74

Novembre 2017

CLIMAT

« ONE PLANET SUMMIT »



cnes

CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES



SOMMAIRE



06



13



16

05 ÉDITORIAL

06 L'ESSENTIEL

Cfosat, Iasi, Trishna... Le point sur ces missions spatiales et leurs données qui aident à comprendre le climat

12 #COMMUNAUTÉ

Les followers du CNES s'expriment sur le rôle de l'espace dans la lutte contre le changement climatique

13 GRAND ORAL

Nicolas Hulot, ministre de la Transition écologique et solidaire

16 EN IMAGES

Ballon et avion, ces investigateurs du ciel

18 EN CHIFFRES

Espace et climat, les chiffres clés

19 LE CNES EN ACTIONS

Comment le CNES fédère les acteurs mondiaux du climat

27 MATIÈRE

MicroCarb, vigie du carbone

28 INSTANTS T

Merlin, la mission franco-allemande qui traque le méthane

30 RENCONTRES

- Cathy Clerbaux, directrice de recherche CNRS
- Gilles Boeuf, président du conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité.
- Sophie Coutin-Faye, responsable des filières Altimétrie et Argos au CNES

33 ESPACE ÉTHIQUE

Des humeurs et des hommes, par Jacques Arnould

34 EN VUE

Les manifestations, les expos et les ouvrages réalisés ou soutenus par le CNES

36 TRANSFERT

Une météo personnalisée grâce aux données spatiales

PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 8 et 21 la CNSA, l'agence spatiale chinoise; p. 11 et 30 Eumetsat, l'organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques; p. 11 et 21 l'ISRO, l'agence spatiale indienne; p. 10 le centre de topographie des océans et de l'hydrosphère de Legos; p. 9,10,11 et 26 la NASA, agence spatiale américaine; p. 10 et 21 l'ISA, l'agence spatiale israélienne; p. 11 et 18 la société CLS (Collecte Localisation Satellites); p. 26 la NOAA, l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique; p. 26 l'université canadienne d'Alberta; p.28-29 le DLR, l'agence spatiale allemande, et le laboratoire des sciences du climat et de l'environnement.

En couverture : L'ouragan Matthew de 400 km de large, à ce jour le plus meurtrier, était à 200 km au nord-ouest de Miami Beach (Floride, États-Unis) lorsque l'image Sentinelle-3A a été prise le 07/10/2016 © Copernicus Sentinel data (2017) - ESA.



WWW.CNES.FR

Découvrez les contenus en ligne de ce nouveau numéro sur cnes.fr/cnesmag



CNESfrance



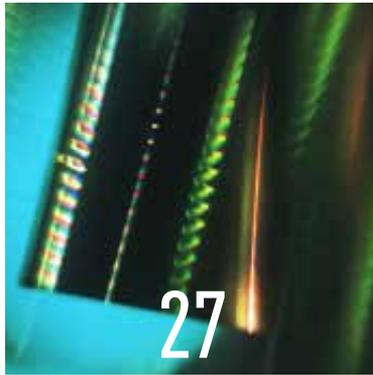
@CNES



CNES



19



27



36

P. 27
ROYAUME-UNI

La mission MicroCarb, menée avec le Royaume-Uni, va cartographier les flux de carbone.

P. 28-29
ALLEMAGNE

Le projet Merlin a pour objectif la mesure et la restitution des flux de méthane contenus dans l'atmosphère.

P. 24-25
EUROPE

Estimant que les questions liées au climat et à ses conséquences engageaient leur responsabilité, l'Union européenne et l'ESA ont mis en place le programme Copernicus.

P. 10 ET 21
ISRAËL

Vénus, démonstrateur scientifique développé en coopération franco-israélienne, étudie le comportement de la végétation face au changement climatique.



P. 09-10-11-26
ÉTATS-UNIS

Mesurer le niveau des océans pour en connaître les fluctuations, c'est le défi qu'ont relevé ensemble les agences spatiales française et américaine dès le début des années 1990.

P. 11 ET 21
INDE

Le climat est le fil rouge qui unit depuis 15 ans le CNES et l'ISRO. Un nouvel accord ouvre, avec la mission Trishna, des perspectives d'analyse sur les transferts d'eau dans les écosystèmes.

P. 08 ET 21
CHINE

Le satellite Cfosat, réalisé avec la Chine, va étudier les interactions entre l'océan et l'atmosphère.



CONTRIBUTEURS



JULIETTE LAMBIN

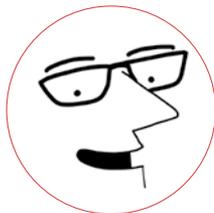
Responsable du programme « Terre, environnement, climat » du CNES, Juliette Lambin est à la tête de l'équipe de thématiciens qui anime dans ce domaine la prospective du CNES, formule les besoins en nouvelles missions, établit les partenariats scientifiques et internationaux, ou encore qui s'assure de la valorisation des données satellitaires. Sollicités, chacun d'entre eux a contribué à nourrir ce numéro avec des informations inédites et essentielles.



PASCALE ULTRÉ-GUÉRARD

Avec Pascale Ultré-Guérard, nous avons ensemble inauguré la formule thématique du magazine.

À la veille de la COP21, le climat s'était en effet imposé comme thème du numéro 65. Deux ans plus tard, Pascale Ultré-Guérard est devenue directrice adjointe de la programmation, de l'international et de la qualité au CNES. À ce titre, elle nous a éclairés sur le leadership international du CNES pour coordonner une lutte efficace au niveau spatial contre le réchauffement climatique.



FRANÇOIS FOYARD

Illustrateur, François Foyard aborde notre actualité avec un regard décalé. Malgré des problématiques exposées souvent complexes, il trouve et tire toujours le petit fil caché qui en donnera une vision drolatique ou poétique. Partenaire des débuts, il sait nous surprendre à chaque numéro. Sur le climat, il a remis l'humain au centre des enjeux.



MARIE-CLAIRE FONTEBASSO

Documentaliste-iconographe, c'est à elle que l'on doit les univers graphiques de chaque numéro.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, rechercher et choisir une iconographie mobilisatrice sur la question cruciale du dérèglement climatique n'est pas aisé. Pour éviter l'écueil des images catastrophes, elle a pris le parti de mettre en avant des données satellitaires certes esthétiques mais surtout éloquentes.

CNES MAG

CNESmag, le magazine d'information du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18 avenue Édouard Belin. 31401 Toulouse cedex 9. Tél. : +33 (0)5 61 27 40 68. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : <https://cnes.fr/reabonnement-cnesmag>

Directeur de la publication : Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction** : Céline Arnaud. **Rédaction** : Liliane Feuillerac, Sophie Lherm, Brigitte Alonzo-Thomas. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo** : p. 04 CNES/P. Lalby, CNES/F. Maligne, Photon/B. Michaud ; p. 06 ESA/NASA, p. 07 haut Getty-Images/Piyaset ; p. 07 bas CNES ; p. 08 haut Getty-Images Inhauscreative ; p. 08 bas CNES/E. Grimault ; p. 09 haut NASA ; p. 09 bas CNES/D. Ducros, O. Sattler ; p. 10 haut CNES/AVISO - Mira Productions ; p. 10 bas CNES, p. 11 haut Naturagency/S. Bernert ; p. 11 droite Van Damme (ULB)/M. George (LATMOS) ; p. 13 AFP/S. de Sakutin ; p. 14 MTES-DICOM/A. Bouissou ; p. 16 CNES/E. Grimault ; p. 17 Météo France/Getty-Images ; p. 19 Getty-Images/M. Klum ; p. 20 Getty-Images/Petes photography ; p. 22 haut droite M. Georges/C. Clerbaux (LATMOS) & C. Crevoisier (LMD) ; p. 22 bas gauche CNES/Mira Production ; p. 23 ESA/Copernicus Sentinel ; p. 24 haut Naturagency/T. Crocetta ; p. 24 bas ESA/Copernicus Sentinel ; p. 25 CNES/AIRBUS DS ; p. 26 Naturagency/LL. Klein & ML. Hubert ; p. 27 CNES/D. Sarraute ; p. 33 I. Amould, p. 35 CNES/E. Grimault ; p. 36 Richard Hodder/Emirates Team New Zealand. **Illustrations** : François Foyard (p. 04 et 07), Robin Sarian (Idix) (p. 28-29), Jean-Marc Pau (p. 05-30-31-32). **Web master** : Sylvain Charrier, Mélanie Rarnel. **Réseaux sociaux** : Mathilde de Vos. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press - Camille Aulas, Stéphane Boumendil, David Corvaisier, Alexandra Roy. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Benoit Boissin, Fabienne Casoli, Selma Cherchali, Meritxell Clanet, Catherine Clerbaux, Philippe Cocquerez, Sophie Coutin-Faye, Christine Correcher, Carole Deniel, Emeline Deseez, Danièle Destercke, Gérard Dibarboure, Thierry Guinle, Juliette Lambin, Anne Lifermann, Fabienne Lissak, Véronique Mariette, Miora Mandea, Éric Médaille, Jean-Gabriel Parly, Mireille Paulin, Amélie Proust, Sophie Roelandt, Pierre Tabary, Pascale Ultré-Guérard.



ÉDITORIAL



2017 restera associée aux cyclones qui ont frappé notre planète avec une violence inconnue jusqu'alors. Harvey au Texas, Irma à Saint-Martin, Maria sur l'arc antillais sont entrés dans l'histoire avec leurs records de précipitations, de vitesses de vent et de destructions. Et ils ont mis en évidence le rôle incontournable des satellites pour observer le climat. Ce sont les satellites qui ont détecté la température anormalement élevée de l'océan, 31 °C au lieu des 26 °C habituels, responsable de l'emballement de la machine climatique. Ce sont les satellites qui ont prévenu de l'arrivée des intempéries et permis d'évacuer les populations. Et ce sont les satellites, pilotés par la charte « Espace et catastrophes majeures », qui ont guidé les secours vers les zones sinistrées. Parce que 26 des 50 variables climatiques essentielles qui décrivent le climat ne peuvent être observées que depuis l'espace : pour mettre en évidence le réchauffement de notre planète, pour mesurer l'augmentation du niveau des océans de 3,2 millimètres par an ou pour contrôler les émissions de gaz à effet de serre. C'est pour cela que le CNES a fait de la lutte contre le changement climatique sa priorité, en coopérant avec ses partenaires internationaux pour développer des outils toujours plus performants, et surtout en organisant une véritable coordination entre toutes les agences spatiales du monde entier. À cet égard, le « One Planet Summit », voulu par le Président de la République, va nous permettre d'accélérer cette prise de conscience et de créer un véritable observatoire spatial du climat. Parce que nous n'avons qu'une seule planète et qu'elle le vaut bien...

JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

A satellite image of Hurricane Irma, showing a well-defined eye and a dense, swirling cloud structure over the Caribbean Sea. The surrounding ocean is dark, and some landmasses are visible on the left side of the frame.

Vue météorologique du cyclone Irma qui a ravagé les îles Saint-Martin et Saint-Barthélemy (Petites Antilles) le 7 septembre 2017. Avec des vents de 300 km/h, cet ouragan préfigure les cyclones du futur, particulièrement intenses mais pas forcément plus fréquents.

ÉVÉNEMENTS

La diplomatie au service du climat

Après la COP23, qui s'est déroulée à Bonn en novembre, le Président de la République a invité les chefs d'États signataires de l'accord de Paris à se retrouver le 12 décembre pour le « One planet summit ». Objectif : engager de nouvelles actions en faveur du climat. À cette occasion, le CNES organise un « dîner des agences spatiales ». À la clé : le renforcement de leurs interactions afin de créer, à terme, un observatoire spatial du climat. De son côté, le COPUOS¹ invitera le thème du climat à Unispace+50 en juin 2018 à Vienne. L'Agenda 2030 des Nations unies définit 17 objectifs de développement durable dont une cible le climat. Le CNES ajoutera, pour sa part, l'hydrologie et le renforcement de la charte internationale « Espace et catastrophes majeures ».

1. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (comité des Nations unies)



L'ESSENTIEL



VARIABLES CLIMATIQUES ESSENTIELLES DÉCORTIQUER LA MACHINE CLIMATIQUE

Température globale ou niveau de la mer : le changement climatique est souvent résumé à un seul paramètre. Pourtant, la machine climatique est en réalité beaucoup plus complexe. Son suivi s'effectue au travers d'un grand nombre de variables caractérisant tous les compartiments du système Terre, à savoir atmosphère, océan et terres émergées. Pour assurer ce suivi sur le long terme, 50 variables climatiques, dites essentielles, ont été identifiées dans le cadre du GCOS¹ et baptisées ECV (Essential Climate Variables). Leur mesure est subtile puisque basée sur des données effectuées dans des lieux et à des dates différentes, au moyen d'instruments divers. Sur ces 50 ECV, il apparaît que 26, soit plus de la moitié, sont observables uniquement depuis l'espace : la vitesse du vent, la couleur de l'océan ou encore la couverture neigeuse, par exemple. Leur observation nécessite une collaboration et des échanges internationaux étroits. Tous les 5 ans, le GCOS établit un rapport sur l'évolution de ces variables dans le cadre d'un système mondial d'observation du climat.

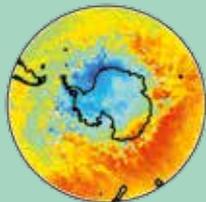
1. Global Climate Observing System



INITIATIVE UNE SUITE CONTINUE DE DONNÉES

L'ESA intervient pour étudier plus finement les variables climatiques essentielles grâce au programme Climate Change Initiative (CCI). Comment ? D'abord en utilisant le plus grand nombre de données satellitaires existantes et archivées, ensuite en faisant évoluer les algorithmes pour renforcer la qualité ou la précision d'observation. Toutes les phases (acquisition, étalonnage et validation, maintenance de l'algorithme à long terme, conservation des informations et retraitement) sont concernées. Ces initiatives permettent de produire une suite continue de données, cohérente et régulièrement mise à jour. 14 ECV ont été étudiées lors d'une première phase décidée à la conférence ministérielle de 2008. Elle a été étendue à 9 nouvelles variables en 2016. Sur le long terme, cette suite sera mise à disposition à l'échelle mondiale par le service « Changement climatique » de Copernicus.

2017



0,1°C

Des changements infimes peuvent affecter l'ensemble des variables climatiques essentielles : une décroissance de l'ozone stratosphérique de 1% en dix ans ou la hausse de la température moyenne globale de 0,1°C par décennie, notamment.

CFOSAT

DU VENT ET DES VAGUES

Les interactions entre l'océan et l'atmosphère régulent le climat de notre planète. Il est donc essentiel de bien comprendre les phénomènes à l'œuvre à la surface des océans. En effet, c'est là que les vagues et le vent allient leurs forces pour faciliter les échanges de chaleur, d'oxygène ou encore de gaz carbonique. L'agence spatiale chinoise (CNSA) et le CNES, qui entretiennent une coopération depuis 2006, lanceront en 2018 Cfosat¹. Ce satellite va caractériser ces processus d'une façon plus complète que jamais auparavant. Avec le radar Swim, le CNES surveillera les vagues ; avec l'instrument Scot, la CNSA observera les vents. Les données recueillies permettront de réaliser des prévisions plus fiables de l'état de la mer.

1. China France Oceanography SATellite

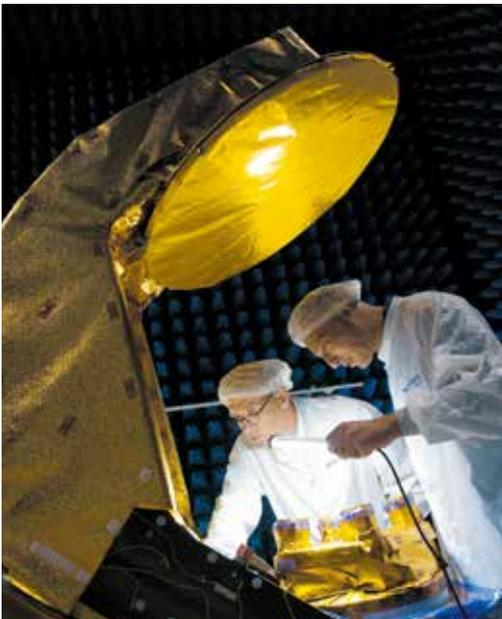


ATMOSPHÈRE

GAZ SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Il ne sont pas moins de 32 agences spatiales à travers le monde qui siègent au CEOS¹, une instance internationale de coordination. Toutes développent des programmes d'observation de la Terre depuis l'espace. En juin 2017, à Paris, le groupe « composition atmosphérique » s'est penché sur la préparation d'un livre blanc. L'objectif est d'élaborer une feuille de route internationale définissant un système de mesure global, durable et précis des émissions de gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane). Cette dernière doit préciser les caractéristiques clés d'une organisation globale pour les mesures du carbone depuis l'espace, et anticiper les besoins engendrés par l'observation de leur composition ou de leur flux. Cette feuille de route va inclure d'autres éléments : les projets déjà connus des agences mais aussi les modalités de validation nécessaires pour obtenir un système global cohérent et optimal en termes de design et de combinaisons d'observations.

1. Committee on Earth Observation Satellites

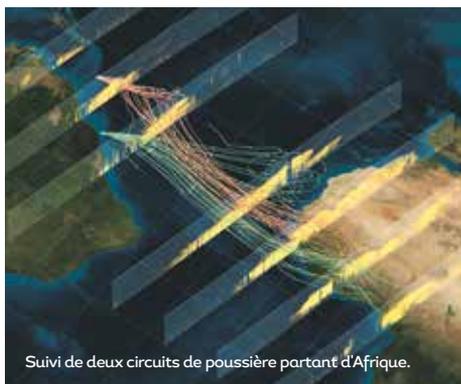




L'ESSENTIEL

CALIPSO

DIX ANS LA TÊTE DANS LES NUAGES



Suivi de deux circuits de poussière partant d'Afrique.

En 2016, des deux côtés de l'Atlantique, les dix ans de la mission Calipso étaient dignement fêtés. Lancé en 2006, ce satellite franco-américain fait partie de l'A-Train, ce « train international de satellites » dont les données sont citées dans les derniers rapports du

GIEC¹ et du GCOS. Elles ont contribué à améliorer la compréhension du rôle des nuages et des aérosols dans la machine climatique et leur impact sur le bilan radiatif de la Terre. Récemment, elles ont même servi à l'étude du cycle annuel du phytoplancton des régions polaires. Au vu de ces résultats exceptionnels, le CNES et la NASA ont décidé de poursuivre l'exploitation de la mission jusqu'en 2020 afin d'étendre la série de données et de favoriser un recouvrement avec de futures missions lidar (notamment avec Aeolus et Earth-Care, de l'ESA). Depuis 2015, les deux agences se penchent sur un nouveau projet de mission commune, Mescal, qui améliorera encore les observations des nuages et des aérosols par lidar spatial.

1. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

3,29 MM

Suivie de façon continue depuis 1993 par les satellites Topex-Poséidon et Jason (1,2,3), la hausse du niveau moyen des mers est estimée à 3,29 mm/an. Les missions Saral, Envisat, ERS-1 et 2 confirment ce chiffre.

40 %

Le défi est de taille mais les États européens sont décidés à le relever : ils poursuivent l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % d'ici 2030. À plus long terme, ils préconisent une réduction totale de 50 % à l'horizon 2050 et une "neutralité carbone" d'ici 2100.

x 4

Selon une nouvelle étude menée par des scientifiques du centre national pour la recherche atmosphérique (NCAR) et de l'académie chinoise des sciences, le réchauffement des océans a été quatre fois plus rapide pendant la période 1992-2015 par rapport à la période 1960 à 1991. Et la chaleur a gagné ses couches les plus profondes.

LES COOPÉRATIONS AU SERVICE DU CLIMAT

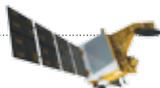
2014



SENTINELLE

- Satellites d'observation de la Terre du programme Copernicus
- 10 satellites thématiques seront lancés entre 2014 et 2029
- Coopération ESA-Eumetsat

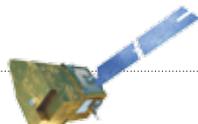
2018



CFOSAT

- Sera dédié à l'étude des vents et des vagues.
- Lancement prévu en 2018
- Coopération France-Chine (CNSA)

2020



MICROCARB

- Cartographiera les sources et les puits du carbone.
- Lancement prévu en 2020
- Coopération France-Royaume-Uni (USKA)

2021



SWOT

- Établira la topographie des océans, des eaux de surface, des lacs et cours d'eau, et les débits des rivières.
- Lancement prévu en 2021
- Coopération France-États-Unis-Royaume-Uni

2021



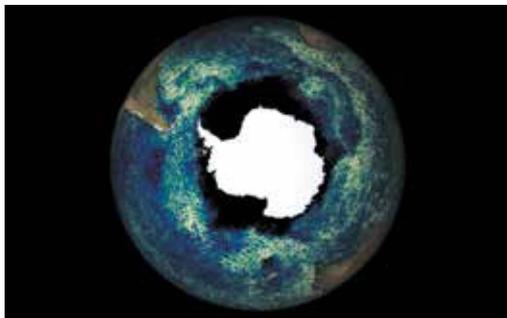
MERLIN

- Prendra la mesure précise de la concentration de méthane atmosphérique.
- Lancement prévu en 2021
- Coopération France-Allemagne (DLR)



L'ESSENTIEL

Données altimétriques du courant circumpolaire Antarctique. Il charrie 150 millions de mètres cubes par seconde, soit 150 fois le débit de tous les fleuves du monde.



AVISO+ LA MINE D'OR

Aviso est LA bibliothèque numérique historique de l'altimétrie. Le site est né en 1998 du projet Salp¹ du CNES. Depuis, il a absorbé les contributions du Centre de topographie des océans et de l'hydrosphère (CTOH) du Legos. En miroir, la NASA a créé son propre centre d'archives : PO.DAAC². Devenu Aviso+ en 2014, il agrège d'autres thématiques que l'océanographie : le littoral, l'hydrologie, la glace. Son catalogue est un vrai capital pour les recherches sur le climat. Dépositaire des produits du CNES, du CNRS et du CTOH, Aviso+ s'alimente auprès de Jason-3, Sentinelle-3, Saral, Cryosat et demain Swot, Cfosat ou Jason-CS/Sentinelles-6. Sur la forme, Aviso+ est un portail intuitif, largement ouvert à divers utilisateurs – scientifiques, institutionnels ou privés – auxquels il propose données historiques, publications, actualités, guide et outils d'utilisation.

1. Service d'altimétrie et de localisation précise

2. Physical Oceanography – Distributed Active Archive Centers

5000

Aviso+ est devenu une référence pour les communautés internationales en océanographie et en altimétrie. Plus de 5000 groupes utilisateurs sont enregistrés.

VENUS

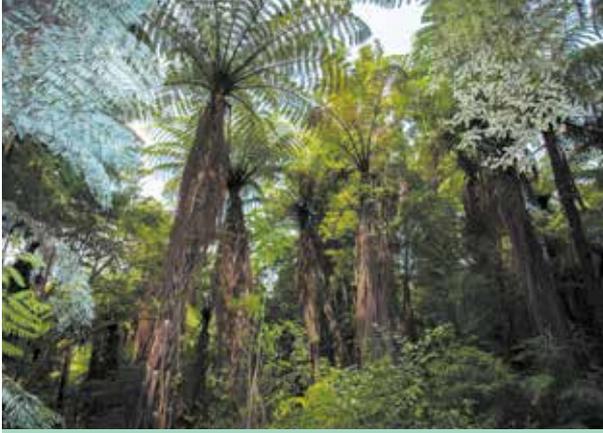
UNE QUESTION DE CULTURES

Dans la nuit du 1^{er} au 2 août 2017, Paris et Tel Aviv vivaient le lancement de Venus¹. Micro par sa masse (seulement 250 kg), le satellite est grand par sa condition : premier satellite de recherche dédié à l'environnement continental, il inaugure la lignée des Merlin (cf. Instants T p. 28-29) et MicroCarb. Venus cible 110 sites répartis sur plusieurs continents à raison d'une image tous les deux jours. Il évaluera les flux de carbone et suivra la gestion de la végétation et des ressources hydriques, marqueurs des changements climatiques. Acquisés par le CNES entre le 17 et le 19 août, les premières images ont révélé une résolution exceptionnelle capable d'éclairer la communauté scientifique mondiale sur l'impact de la sécheresse sur les cultures, la régression ou l'évolution des forêts, la fonte des glaces du cercle polaire ou l'assèchement des rivières. Mais Venus a une autre particularité. Il a permis au CNES et à l'ISA, l'agence spatiale israélienne, de signer une première collaboration à implication égale.

1. Vegetation and Environment monitoring on a New Micro Satellite.



Cultures irriguées observées par le satellite Venus le 17 août 2017, à proximité de Phoenix (Arizona, États-Unis).



TRISHNA DE LA FORÊT À LA VILLE

Avec Topex-Poséidon, le CNES et la NASA ont révolutionné l'altimétrie. Loin de se reposer sur ce succès, le CNES innove toujours. Et parce que l'on manque encore d'indicateurs sur l'évapotranspiration, c'est cette fois avec l'agence spatiale indienne (ISRO) que le CNES signe un accord de coopération autour de la mission Trishna. Son objectif : quantifier les transferts d'eau dans les écosystèmes afin de mieux éclairer les choix en matière de gestion de l'eau et des espaces végétalisés. Avec sa haute résolution spatiale et sa grande répétitivité, Trishna assurera un suivi précis des changements spatio-temporels. Elle évaluera aussi l'importance des îlots de chaleur urbains car ces microclimats artificiels provoqués par la densité et l'activité humaine sont, eux aussi, une composante importante du réchauffement climatique.

HYDRONES AGIR FACE AUX INONDATIONS

Comment suivre une inondation, évaluer le risque pour les populations ou encore décider de la marche à suivre quand toutes les procédures classiques sont épuisées ? Réponse : avec un drone ! HyDrones, un service proposé par CLS¹, s'appuie sur une double innovation : la miniaturisation de la technologie altimétrique (instrument de 500 g totalement autonome) et son embarquement à bord de tout type d'aéronef pilotable depuis la Terre. Les instruments innovants développés par cette filiale du CNES collectent ainsi les données de hauteur d'eau, de bathymétrie et de champs d'expansion des crues avec une précision centimétrique. Ces données sont couplées à un système de traitement sur mesure et transmises en temps réel aux utilisateurs en charge de la gestion des eaux.

1. Collecte Localisation Satellites

IASI LE CHAMPION DE LA MÉTÉO



Sa vocation première était de mesurer la température et le taux d'humidité de l'air pour améliorer les prévisions météorologiques... Aujourd'hui, l'interféromètre Iasi est considéré comme le « meilleur sondeur infrarouge météorologique ». Conçu dans le cadre d'une coopération entre le CNES et Eumetsat¹, il a largement contribué à la surveillance du climat et à l'étude de la composition de l'atmosphère. Et pour cause : Iasi permet de détecter ou quantifier plus de 25 composants atmosphériques importants. Embarqués sur le satellite météorologique européen Metop, les deux premiers exemplaires sont en orbite depuis respectivement 2006 et 2012. Un troisième sera lancé en 2018. Après plus de 10 ans, le bilan de cette mission est impressionnant en termes de retour scientifique comme de retombées sociétales. C'est pourquoi le CNES et Eumetsat développent actuellement l'instrument Iasi-NG (nouvelle génération), un Iasi amélioré pour assurer la continuité des mesures avec des performances encore meilleures. Il constituera un élément clé des trois futurs satellites de la série Metop-SG-A dont les lancements sont prévus en 2021, 2028 et 2035.

1. Organisation intergouvernementale composée de 30 États membres européens.



#COMMUNAUTÉ

Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous.
Vous nous faites part de vos réflexions ou questions. Rejoignez la conversation!;



@ESA_EO

Earth observation @ESA, keeping an eye on #Earth from #space. News: <http://www.esa.int/eo> - Data: <http://earth.esa.int/> Often tweeting about #FutureEO



.@CNES President @jy_legall: Cooperation is essential to "Invent the Future of Space" together: twitter.com/CNES/status/881439578548084736 ... - @ESA @CopernicusEU



@CNES

L'actu du CNES, le Centre National d'Études Spatiales



#Proxima @Thom_astro : "La Terre 🌍 est un vaisseau spatial avec des ressources limitées et un équipage: vous tous." bit.ly/2qb9D46



@JY_LEGALL

Président du @CNES, Président du Conseil de l'@ESA et Président de l'@IAFastro



Depuis décembre 2011, les satellites #Pléiades ont pris plus de 2 millions d'images : le spatial au service de la planète #Climat #COP23 🌍🌍



@THOM_ASTRO

Européen Français, pilote de vaisseau spatial à l'ESA de retour de 6 mois de mission sur l'ISS



Tellement de neige sur cette photo qu'on dirait de la crème ! Luttons contre le changement climatique pour protéger l'équilibre de la nature

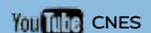
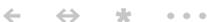


@_JCBALES

#Entrepreneur | #Positive #digital #acceleration | #digitaltransformation #TransfoNum | @ToulouseBS | #JamaisSansElles | #marathon



#BrandcastFR17 Sur scène, T. #Pesquet On se rend compte de la fragilité de la #terre vue de l'#espace > on a pas de plan B pour sauver la 🌍





GRAND ORAL

NICOLAS HULOT

MINISTRE D'ÉTAT, MINISTRE DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE et éternel défenseur
de l'environnement, Nicolas Hulot revient sur le défi mondial
que représente le changement climatique et souligne le rôle
central du secteur spatial en la matière.



GRAND ORAL

QUELS SONT, SELON VOUS, LES GRANDS CHANTIERS DES DÉCENNIES À VENIR FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Nicolas Hulot : Il nous faut évidemment commencer par mettre en œuvre l'accord de Paris. Depuis la COP21, la France est, à travers cet accord, la gardienne de la responsabilité universelle que représente la lutte contre le changement climatique. Cet héritage, nous le cultivons, par exemple avec le Plan Climat que j'ai présenté le 6 juillet dernier, à la demande du président de la République. Ce plan, qui repose sur deux éléments indissociables, l'ambition et la solidarité, vise à mobiliser l'ensemble du gouvernement, et plus largement tous les Français, pour accélérer la transition énergétique et climatique. Cette ambition est matérialisée par de nouveaux objectifs que nous nous assignons pour les années et décennies à venir. En effet, la division par 4 de nos émissions de gaz à effet de serre, prévue jusqu'à présent, n'est manifestement pas assez ambitieuse si nous voulons respecter les objectifs de l'accord de Paris. Il nous faut dès à présent viser la neutralité carbone à l'horizon 2050. Je pense que cette perspective est volontariste, mais qu'elle est tout à fait atteignable si nous engageons dès maintenant les chantiers nécessaires.

QUELLE PLACE PEUT AVOIR LA FRANCE FACE À LA DIMENSION MONDIALE DES ENJEUX CLIMATIQUES ?

N. H. : Au-delà de la COP21, la France doit continuer son action



NICOLAS HULOT

MINISTRE D'ÉTAT, MINISTRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

« SI NOUS VOULONS RESPECTER LES OBJECTIFS DE L'ACCORD DE PARIS, IL NOUS FAUT DÈS À PRÉSENT VISER LA NEUTRALITÉ CARBONE À L'HORIZON 2050. »

de pédagogie et d'exemplarité à l'international. Notre action est reconnue et nous oblige à poursuivre inlassablement notre mission de conviction de l'intérêt de l'accord de Paris. La France veut non seulement encourager la mobilisation internationale des travaux scientifiques, mais aussi de toutes les initiatives des entreprises, des ONG sur la lutte contre le dérèglement climatique et notre adaptation à ces évolutions. C'est tout le sens de l'appel formulé par le Président de la République autour de l'initiative « Make Our Planet Great Again ». Par ailleurs, la France s'attache à conforter la diplomatie climatique avec l'ensemble de ses partenaires européens et internationaux. Avec le ministre de l'Europe et

des Affaires étrangères, nous accordons une importance toute particulière à l'accompagnement des pays en développement. Nous avons un impératif de solidarité envers tous ceux qui sont victimes du climat. Pour cela, la France mobilisera 5 milliards d'euros par an en 2020 pour le climat, dont un pour aider les victimes de ces catastrophes.

DANS CE CONTEXTE, COMMENT VOYEZ-VOUS LE SOMMET DE PARIS SUR LE CLIMAT ?

N. H. : Ce sommet se tiendra deux ans jour pour jour après l'adoption de l'accord de Paris; il y a donc une dimension symbolique dans cette réunion de mobilisation planétaire; mais il s'agira avant tout d'engager de nouvelles actions pour le climat, en particulier sur la question des financements, évidemment cruciale. Nous chercherons ainsi à identifier les projets qui avancent concrètement, et qui pourront être financés. Pour cela, au-delà des nombreux chefs d'État qui viendront rappeler leur engagement, nous allons accueillir à Paris des porteurs de projets et des acteurs de la finance, et ainsi tisser des liens entre eux qui permettront de réorienter sans plus tarder les flux financiers vers des projets verts et favorables au climat. Il s'agira aussi de réaffirmer un message de solidarité à destination des populations les plus vulnérables face au changement climatique.

QU'ATTENDEZ-VOUS DU SECTEUR SPATIAL POUR L'ÉTUDE DU CLIMAT ?

N. H. : Sans les satellites, sans l'observation spatiale, nous



GRAND ORAL

« JE COMPTE SUR LE CNES POUR SOUTENIR RÉSOLUMENT L'OBSERVATION DE LA TERRE DANS TOUTES LES INSTANCES EUROPÉENNES ET INTERNATIONALES, ET LE DÉVELOPPEMENT DE CES MOYENS SPATIAUX EN VUE D'ASSURER LE SUIVI DE L'ACCORD DE PARIS. »

n'aurions pas pu comprendre la menace climatique. L'observation de notre planète de loin, grâce aux satellites, a tout changé, tant pour les prévisions météorologiques que pour l'étude de l'évolution du climat. Associée aux données de terrain, l'observation depuis l'espace permet d'étudier le système Terre dans sa globalité. Le secteur spatial contribue au suivi et à la mise en évidence des grands changements que subit notre planète, tels que l'évolution du niveau des mers, avec les satellites Jason, de la température des océans, de la fonte des glaces, avec Cryosat, de la déforestation, avec Sentinelle-2 et Pléiades, ou encore de l'évolution de la température au travers des programmes météorologiques. Le service changement climatique du programme européen Copernicus me paraît mériter une attention particulière, car il mettra à disposition de tous les citoyens des données objectives et validées sur l'évolution du climat, y compris sur des sujets aussi essentiels que l'évolution du niveau des océans. J'attends aussi que le secteur spatial nous aide à suivre de façon opérationnelle la mise en œuvre de l'accord de Paris, en mesurant les émissions anthropiques des gaz à effet de serre, ou en observant la reforestation qui a fait l'objet d'engagements pris par les États. À ce titre, j'espère

que la future constellation de satellites, Copernicus inclura, avec Sentinelle-7, le suivi du gaz carbonique anthropique et un service performant de suivi des émissions de gaz carbonique. Nous devons aussi continuer à partager les informations que nous recueillons, avec nos partenaires internationaux. Les pays les plus pauvres ont besoin de ce partage pour comprendre le climat, se préparer aux impacts du changement climatique, être alertés en cas de cyclone par exemple. C'est impensable, mais au XXI^e siècle il y a encore des endroits où l'on ne peut pas prévenir correctement les populations en cas d'arrivée de catastrophe climatique. Il faut renforcer nos efforts dans ce sens.

DANS CE CONTEXTE, QUEL RÔLE DOIT JOUER UN ÉTABLISSEMENT PUBLIC COMME LE CNES ?

N. H. : Avec le satellite MicroCarb qui est soutenu par mon ministère, le CNES est directement impliqué dans le développement du progrès sur la connaissance des puits et des sources de carbone naturels. Plus généralement, je compte sur le CNES pour soutenir résolument l'observation de la Terre dans toutes les instances européennes et internationales, et le développement de ces moyens spatiaux en vue d'assurer le suivi de l'accord de Paris. Je vois

également le CNES comme porteur d'innovation et soutien de la recherche dans le domaine spatial. Le CNES apporte son expertise pour traduire les attentes des parties prenantes en mesures spatiales, puis pour assurer le transfert vers les applications et services, qui constituent la finalité des programmes spatiaux.

PLUS PERSONNELLEMENT, EST-CE QUE LE SPATIAL VOUS A AIDÉ À VOUS FORGER UNE CONVICTION EN MATIÈRE DE PROTECTION DE NOTRE PLANÈTE ?

N. H. : La conquête spatiale a évidemment eu un impact sur mon rapport à la protection de notre planète au même titre que mes déplacements à travers le monde.

Profil

1990

Crée la Fondation Ushuaïa, rebaptisée Fondation pour la nature et l'homme (FNH)

2007

Fait signer son « Pacte écologique » aux candidats à l'élection présidentielle

2012

Nommé « envoyé spécial pour la protection de la planète » par François Hollande, il sillonne la planète pour préparer la COP 21

2017

Devient Ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire dans le gouvernement constitué par Emmanuel Macron



EN IMAGES



LÂCHER DE BALLONS

Les ballons pressurisés stratosphériques font partie du domaine d'excellence historique du CNES. Ils sont d'excellents véhicules pour étudier les phénomènes climatiques. Pourquoi ?

Parce qu'ils recueillent des données dans des régions sinon inaccessibles. La campagne internationale Stratéole 2 mobilise des laboratoires français, américains et italiens.

Elle déploiera des flottilles de ces gros ballons qui voleront pendant trois mois à 20 km d'altitude le long de l'équateur. Objectif : étudier la dynamique de la stratosphère et les échanges avec la troposphère. Respectivement, 5, puis 20 et encore 20 ballons seront lâchés depuis les Seychelles au cours de trois campagnes (2018, 2020 et 2023). Les données seront utilisées pour améliorer les prévisions météorologiques en temps réel pendant les campagnes.



EN IMAGES

VIDÉO



Embarquement
immédiat à Francorail



AVION D'INVESTIGATION

S'ils « reniflent », c'est pour la bonne cause : les trois avions de Safire¹ assurent des missions particulières en basse, moyenne et haute troposphère (microphysique des nuages, chimie atmosphérique, rayonnements). Avec leurs sondes externes et une large gamme d'instruments, ils constituent une infrastructure unique pour étudier le système climatique. Cette unité mixte de services, dont le CNES est tutelle avec Météo-France et le CNRS-Insu, a été créée en 2005.

Ce service compte sur le développement de synergies entre les pays membres pour élargir les outils à disposition des chercheurs. Devenir opérateur de drones capables d'embarquer des charges utiles supérieures à 5 kg est également un de ses objectifs stratégiques.

1. Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement



EN CHIFFRES

El Niño

En temps normal, les alizés repoussent les eaux de surface du Pacifique vers l'Australie et les Philippines. Ils créent un réservoir d'eau chaude à l'ouest du Pacifique. Et quand les alizés faiblissent (voire s'inversent) et que ce réservoir reflue vers l'est, alors El Niño se réveille ! Anomalie du système océan-atmosphère, ce phénomène avait fait 22 000 victimes en 1997-1998. La même année, un satellite (Topex-Poséidon) observait pour la première fois ses premières manifestations : la propagation d'une « bosse » d'eau chaude surélevée de 20 à 30 cm au-dessus de l'océan. Depuis, tous les 3 à 7 ans, rien n'arrête El Niño. Mais heureusement, des modèles océan-atmosphère fiables sont établis ; les mesures de protection des populations sont prises 6 à 9 mois à l'avance. El Niño n'est pas la seule anomalie océanique à grande échelle : son inverse est La Niña, qui se caractérise par une température anormalement basse des eaux de surface. Acteurs de la surveillance, les missions altimétriques Jason, Saral/Altika, Sentinelle-3 poursuivent sans relâche l'observation de ces événements climatiques.

40

C'EST LE NOMBRE DE PROJETS MENÉS PAR SAFIRE (cf. En images p. 17) pour l'année 2016. 20% des heures de vol sont dédiées au spatial. Ce sont environ 22 publications scientifiques qui sont produites chaque année grâce à l'activité de la flotte.

2%

LE TRAFIC MARITIME INTERNATIONAL EST RESPONSABLE DE 2 % DES ÉMISSIONS TOTALES DE GAZ À EFFETS DE SERRE. Or, chaque émission compte. Alors pour détecter les tourbillons, déduire la vitesse des courants et déterminer la trajectoire la plus favorable, CLS utilise les données altimétriques. Les navires optimisent ainsi leur rendement et la planète reçoit moins de gaz polluant.

HYDROWEB

0,65 %... Les eaux continentales ne représentent qu'une goutte d'eau dans l'eau totale présente sur Terre. Elles ont pourtant un impact important sur la vie terrestre, les usages domestiques et la variabilité climatique. Le projet Hydroweb, mis en œuvre par le Legos dans le cadre du pôle thématique Theia, va enregistrer des séries temporelles de hauteurs d'eau sur 80 grands lacs et 300 points de mesures. Utilisées conjointement avec d'autres mesures et modèles hydrologiques, ces données d'altimétrie spatiale vont contribuer à affiner l'étude du cycle de l'eau et la quantification des ressources en eau.

Villes

L'expansion urbaine est un facteur aggravant du réchauffement climatique. Spécialisée dans la surveillance environnementale, CLS, filiale du CNES, vient de compléter son offre de services en rachetant la société SIRS (Systèmes d'information à référence spatiale), ajoutant ainsi à son catalogue des produits de cartographie optique au service des agglomérations pro-climat.





LE CNES EN ACTIONS

EN ORDRE DE MARCHÉ POUR LE CLIMAT

DANS LA CONNAISSANCE DU CLIMAT, LES DONNÉES SPATIALES SONT CAPITALES. AVEC À SON ACTIF 40 ANS DE MISSIONS FRUCTUEUSES D'OBSERVATION DE LA TERRE, LE CNES EST UNE RÉFÉRENCE EN LA MATIÈRE. MAIS PARCE QUE LA LUTTE CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE EST UN DÉFI MONDIAL ET QUE L'EXPERTISE INDIVIDUELLE NE SUFFIRA PAS, L'AGENCE SPATIALE FRANÇAISE FÉDÈRE, RASSEMBLE ET IMPLIQUE TOUS LES ACTEURS AUTOUR D'OBJECTIFS COMMUNS.

Déforestation dans l'état de Sarawak (Malaisie orientale), situé sur l'île de Bornéo, qui recèle la plus ancienne forêt du globe. Dans la lutte contre le changement climatique, la déforestation représente 20 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.



LE CNES EN ACTIONS

A

près l'échec du protocole de Kyoto en 1997, il aura fallu du temps, trop sans doute, pour atteindre un consensus réellement marquant dans la lutte contre le réchauffement climatique. Historique parce qu'il est le premier à être « universel », l'accord de Paris qui stipule « la volonté de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C » a été ratifié par pas moins de 195 délégations. Certes, le 4 août, la Terre a tremblé sur le terrain diplomatique. L'annonce du désistement fâcheux des États-Unis est passée comme une ombre sur la communauté internationale; seul l'avenir dira s'il s'agissait d'un simple nuage.

UNE APPROCHE GLOBALE UNIQUE

Si la COP21 reste un tournant majeur pour le climat, elle l'est aussi pour le spatial. En effet,

elle aura mis en évidence les progrès technologiques et scientifiques réalisés ces dernières décennies, ainsi que l'approche globale des dérèglements climatiques observés. Couplées à des mesures *in situ*, les données spatiales sont incontournables. « Pour étudier, comprendre et analyser les phénomènes climatiques, il faut un outil capable de les observer de façon homogène, instantanée, répétitive et continue. Seuls les satellites répondent à un tel niveau d'exigence », explique Juliette Lambin, responsable des programmes d'observation de la Terre au CNES.

Depuis 40 ans, le CNES a mis à disposition son expertise, multiplié les missions d'observation de la Terre et développé des domaines d'excellence en lien avec l'étude du climat. La météorologie en fait partie, et l'interféromètre lasi y est pour quelque chose. Acteur incontestable et reconnu de l'amé-





LE CNES EN ACTIONS

COP21

RÉUNIR, FÉDÉRER, AGRÉGER

En décembre 2015, la COP21 a montré tout le dynamisme d'une politique spatiale française. Pour preuve, le CNES y a organisé expositions, rencontres scientifiques et manifestations pour tous les publics. Dans le même temps, il annonçait le développement de deux satellites de suivi des émissions de gaz à effet de serre, Merlin et Microcarb. Revendiquant son rôle de « référent dans la surveillance du climat », le CNES a usé de stratégie pour réunir, fédérer, agréger tous les États autour du spatial. Il a notamment souhaité donner à des pays



émergents et aux grandes puissances l'opportunité de se côtoyer. « Certains pays n'ont pas les moyens de se doter de satellites alors qu'ils sont

soumis aux mêmes catastrophes climatiques, voire plus, que les grandes puissances. La COP21 leur a permis de rencontrer des experts et d'entrevoir des solutions », fait remarquer Pascale Ultré-Guéard, directrice adjointe de la programmation, de l'international et de la qualité (DPI) au CNES. Fort de son expertise, le CNES se fait inlassablement l'ambassadeur des solutions spatiales comme alliées incontournables dans l'étude du climat, et médiateur pour une mutualisation des efforts.

lioration des prévisions météorologiques (cf. L'essentiel p. 11), ce sondeur a fourni, pour la première fois, des profils verticaux de l'atmosphère d'une extrême précision qui garantissent aujourd'hui des séries temporelles longues, indispensables à l'étude du réchauffement climatique. Cyclones, tempêtes, inondations... Si observer les phénomènes ne suffit pas pour s'en prémunir, l'amélioration des prédictions a néanmoins fait avancer les politiques publiques, permettant d'anticiper les catastrophes et de protéger au mieux les populations.

Topex-Poséidon puis Jason ont, quant à eux, donné naissance à l'océanographie opérationnelle et mis en évidence les anomalies de température des océans en relation avec les phénomènes climatiques extrêmes tels El Niño ou La Niña (cf. En chiffres p. 18). Les très bons résultats obtenus ont débouché sur l'euro-péanisation de la filière altimétrique, via le programme Copernicus adossé aux satellites Sentinelle-3, Sentinelle-6 et aux services



Création

du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Sa mission : poser un diagnostic, expliquer scientifiquement le fonctionnement du système climatique et les impacts de son dérèglement, et suggérer de possibles solutions afin d'aider les responsables politiques dans leur prise de décision.

CMEMS¹. L'altimétrie a aussi contribué à prouver l'existence de certains dérèglements climatiques. L'élévation du niveau moyen des mers constatée par Topex, puis par Jason 1 à 3 a notamment été utilisée par le GIEC comme une des preuves du changement climatique.

UNE COLLABORATION INTERNATIONALE QUI PERDURE

Le changement climatique ne s'arrête pas aux frontières. Même si, dans des régions du globe mal échantillonnées, les certitudes manquent encore, la tendance au réchauffement est globale. Il est impossible, pour une nation ou même pour l'Europe, d'agir seule. Lors d'un sommet tenu à Mexico en septembre 2015, les chefs d'agences spatiales ont reconnu « l'importance de la coopération internationale et l'apport des satellites, deux aspects essentiels pour l'observation du changement climatique ». La coopération internationale ? Encore une spécialité du CNES qui a été conçu comme « une agence souple, ouverte, cultivant un esprit de coopéra-

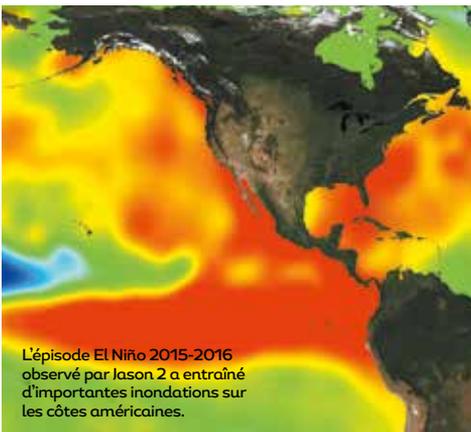


LE CNES EN ACTIONS

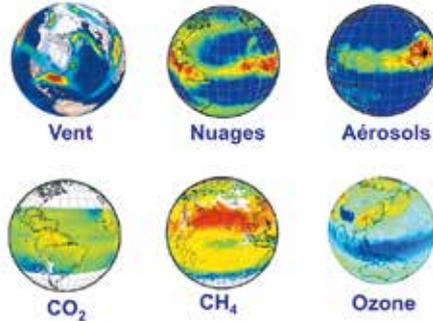
tion totale ». Cet esprit, il le met en pratique dans ses programmes.

Fédératrice, la question du climat amène de nouveaux partenariats ou de nouvelles coopérations. Megha-Tropiques, développé avec l'agence spatiale indienne (ISRO), aide l'Inde à décrypter les phénomènes de mousson. Le programme bilatéral Cfosat, mené avec la Chine, va éclairer l'impact des vagues et des vents sur le climat. Venüs, démonstrateur scientifique réalisé dans le cadre d'un projet franco-israélien, va étudier le comportement de la végétation dans un climat qui se modifie. La COP21 comme la COP22 ont été le théâtre d'échanges avec le Maroc, l'Inde ou le Japon, notamment afin de mettre en place de nouvelles coopérations en matière de traitement des données et de projets innovants. Pour la seule année 2015, l'agence spatiale française a signé 12 accords internationaux. Et si le CNES est aux avant-postes pour partager son savoir-faire, il est aussi moteur dans de grandes organisations internationales ou européennes. Pour rappel, il a été l'un des fondateurs et reste le principal contributeur de l'Agence spatiale européenne. Il est représenté dans de nombreuses instances comme le CEOS (cf. L'essentiel. p. 8), et prend une part active dans les grands programmes européens comme Copernicus (cf. p. 24) ou internationaux comme Globe (cf. p. 26).

1. Copernicus Marine Environment Monitoring Service



L'épisode El Niño 2015-2016 observé par Jason 2 a entraîné d'importantes inondations sur les côtes américaines.



Une trentaine de variables climatiques essentielles (ECV) et de composés atmosphériques sont étudiés par Iasi. Echantillon des six plus représentatifs.

PÔLES DE DONNÉES

DES OUTILS AU SERVICE D'UNE APPROCHE GLOBALE

Mission après mission, le patrimoine des données spatiales s'enrichit. Afin de faciliter leur recoupement et leur comparaison, processus par lesquels les données prennent tout leur sens, le CNES crée des outils spécifiques et initie des dynamiques collectives.



Les satellites du CNES, de l'ESA ou du programme Copernicus de l'Union européenne produisent d'immenses volumes de données à un rythme de plus en plus rapide. Ces données peuvent désormais être comparées aux observations *in situ* apportées par les ballons, stations météo ou navires océanographiques. Le CNES a donc créé des plateformes pour faciliter l'accès à ce vaste catalogue.

DES PÔLES DE DONNÉES ET DE SERVICES

Historiquement, les fonctions de production, validation, archivage, diffusion et valorisation des données d'observation de la Terre étaient organisées par mission ou campagne de mesures. Or, une fois répertoriées, centralisées, combinées et intercalibrées, ces observations présentent une grande valeur. Elles peuvent



LE CNES EN ACTIONS

former de longues séries temporelles, notamment. Pour la compréhension des phénomènes climatiques, ces approches globales sont capitales. Le CNES s'est donc associé aux partenaires institutionnels de la recherche pour structurer des « pôles de données et services » par grandes thématiques. Quatre ont été créés. Bien qu'organisés à l'échelle nationale, ces pôles sont acteurs de la dynamique européenne autour de l'observation de la Terre. Ils sont alimentés par les réseaux mondiaux et participent activement aux groupes de travail internationaux du domaine.

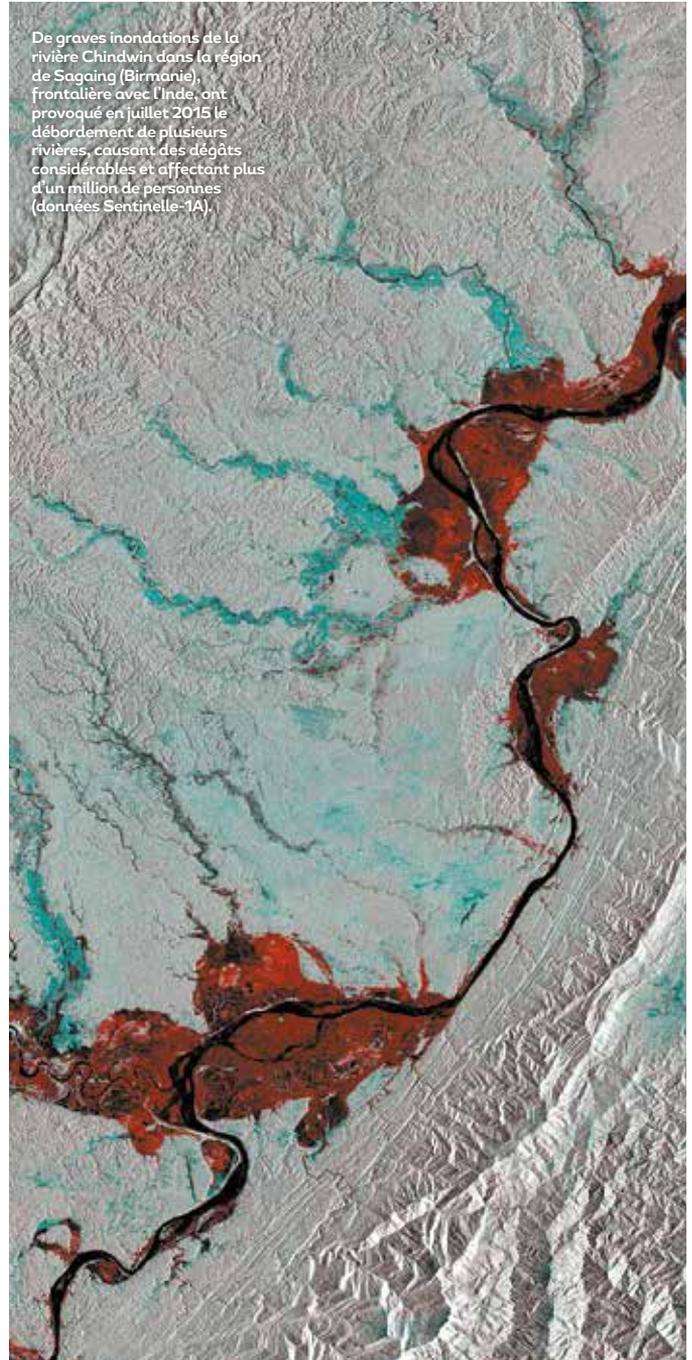
UNE INFRASTRUCTURE NATIONALE DE RECHERCHE

Rappelons que pour comprendre le fonctionnement de la planète Terre, il faut l'appréhender comme un système unique dont toutes les parties interagissent : par exemple, le cycle du carbone fait intervenir l'atmosphère, les couches superficielles du sol et celles des océans. Les informations sur la biosphère, voire sur l'intérieur de la Terre, peuvent être nécessaires si on considère des échelles de temps très longues. Il en est de même du cycle de l'eau. Il faut donc être en capacité de mettre en relation les données des quatre pôles thématiques. C'est la mission confiée à l'infrastructure de recherche « Système Terre ». Il s'agit d'un projet labellisé par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, porté par le CNES et le CNRS aux côtés de plusieurs dizaines d'autres partenaires.

4

pôles thématiques

alimentent la plateforme : Aeris, pour l'atmosphère, Odatis pour l'océanographie, Theia pour les surfaces continentales et Form@ter pour la Terre solide.



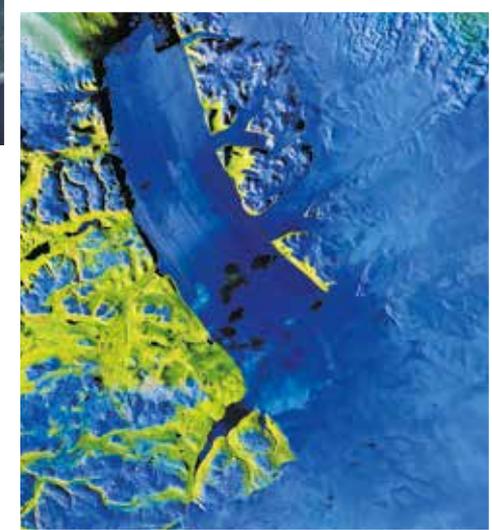
De graves inondations de la rivière Chindwin dans la région de Sagaing (Birmanie), frontalière avec l'Inde, ont provoqué en juillet 2015 le débordement de plusieurs rivières, causant des dégâts considérables et affectant plus d'un million de personnes (données Sentinelles-1A).



LE CNES EN ACTIONS



La fonte du glacier Petermann s'est accélérée ces dernières années. Les scientifiques estiment que si Petermann s'effondre complètement, le niveau de la mer augmenterait d'environ 30 cm. (Sentinelle-2, août 2017)



COPERNICUS

UNE FLOTTE PROPRE, UN OBJECTIF PARTAGÉ

Estimant que les questions liées au climat et à ses conséquences engageaient leur responsabilité, l'Union européenne et l'ESA ont mis en place le programme Copernicus. Aujourd'hui, ses réalisations dépassent de loin ses objectifs initiaux.



Créé en 2012, Copernicus est le programme phare de l'Union européenne en matière d'observation de la Terre. Son objectif était de rationaliser les informations satellitaires et *in situ*, de les croiser pour se donner la capacité de se projeter sur l'avenir, notamment en matière de changement climatique¹. Aujourd'hui, Copernicus engrange des millions d'informations grâce aux données provenant de satellites comme Spot,

556

Depuis sa création

la charte a été activée 556 fois. 75 % des activations sont dues à des phénomènes hydro-météorologiques.

Jason et Pléiades. Mais cet effort collaboratif ne suffit pas. Pour compléter son « fonds de commerce », Copernicus crée progressivement sa propre flotte de satellites, les Sentinelles. Depuis 2014, six satellites ont déjà été mis en service, chacun doté d'instruments spécifiques selon sa mission : scruter les terres émergées, la couleur de l'eau, la chimie de l'atmosphère ou encore l'altimétrie. À terme, ces Sentinelles remplaceront aussi les anciennes missions d'observation de la Terre lorsque leur temps sera venu.



LE CNES EN ACTIONS

VIDÉO



Comment sauver des vies grâce aux satellites ?

UNE CONSULTATION LARGEMENT OUVERTE

Mais l'infrastructure ne se contente pas de recevoir et stocker ces données. L'intérêt est de les exploiter afin d'extraire l'information adéquate pour chacun des 6 services thématiques : Terres émergées, Milieu marin, Atmosphère, Changement climatique, Urgences et Sécurité. Au-delà des experts, des autorités publiques et des décideurs, le catalogue de Copernicus offre également un accès total et gratuit aux citoyens et aux entreprises. C'est son originalité et sa richesse. Sur la page d'accueil du site www.copernicus.eu, la pastille « Climat » va guider l'utilisateur, selon son statut et son degré d'implication. De nouvelles applications ou des services aval innovants développés par des start-up vont contribuer à faire naître une « économie Copernicus ». Déjà les initiatives se multiplient.

Weather4D, par exemple, est une application téléchargeable sur smartphone conçue par ATP4Nav, une start-up toulousaine. Elle propose, à la demande, des indicateurs météo grand public ou des services de navigation et météo-routage pour les professionnels. Stevenson Astrosat, une PME écossaise, a développé quant à elle l'application WaveCERT pour surveiller et sonder le potentiel d'énergie houlomotrice et marémotrice n'importe où dans le monde.

2020 marquera la fin de la première période budgétaire; l'avenir de Copernicus doit être défendu dans le cadre de la préparation des prochaines perspectives financières de l'Union européenne (2021-2027). Par ailleurs, la prochaine conférence ministérielle de l'ESA, fin 2019, proposera la mise en œuvre des nouvelles observations spatiales pour compléter les Sentinelles actuels et mieux répondre à l'évolution des besoins des utilisateurs. Ces prochaines échéances sont décisives pour l'avenir du programme européen.

1. Outre le climat, Copernicus développe un volet sécurité et un volet environnement.

CATASTROPHES



LES SOLUTIONS VENUES DE L'ESPACE

Harvey, Irma, Maria... la charte « Espace et catastrophes majeures » a été activée à plusieurs reprises au mois de septembre 2017. L'idée d'utiliser les satellites d'observation de la Terre en tant qu'outils d'aide à la décision et à la gestion des catastrophes a été émise dès 1999. Le CNES, l'ESA et l'agence spatiale canadienne donnaient naissance à la charte un an plus tard. Depuis, treize autres agences spatiales ont intégré ce dispositif. Quelle que soit la nature

de la catastrophe, la charte est déclenchée par l'un de ses utilisateurs autorisés. Les seize agences membres envoient gratuitement le plus rapidement possible des images des zones sinistrées aux services de protection civile et autorités gouvernementales des pays touchés. Les derniers événements climatiques de septembre ont mobilisé plus de vingt satellites dont les « jumeaux » activés par le CNES, Pléiades-1A et Pléiades-1B.



LE CNES EN ACTIONS

GLOBE

PRÉPARER LES GÉNÉRATIONS FUTURES

Lutter contre le réchauffement climatique, c'est aussi le défi que devront relever nos enfants. Avec son appétit naturel pour l'éducation, le CNES s'engage pour former la jeunesse.

En 2004, le climat était déjà une problématique dans l'air du temps. Sur le pas de tir, la mission Calipso, dédiée à l'étude de l'atmosphère, était fédératrice. Dans son sillage, le CNES a créé Caliph'Air, son pendant pédagogique. Et le programme s'inscrit parfaitement dans les orientations de Globe, le programme éducatif mondial conçu dix ans plus tôt par la NASA et la NOAA¹. Globe est un projet qui réunit des élèves, des professeurs et des scientifiques autour de l'observation et de la collecte de données environnementales. Chaque année, au printemps et à l'automne, un millier d'élèves et leurs enseignants mènent des campagnes de mesures locales qu'ils intègrent dans la base de données Globe. Ces mesures sont ensuite comparées à des données satellites et utilisées pour finaliser les projets scolaires. Pérenne, le programme Globe cumule aujourd'hui 22 ans de données à l'échelon international, un vrai « trésor » pour les classes.

L'OURS POLAIRE COMME EXEMPLE

Hors Globe, le CNES met aussi en œuvre d'autres programmes scientifiques pour sensibiliser les jeunes générations à la question climatique. ArgoNautica et son volet ArgoNimaux en font partie. « Les jeunes sont très sensibles au sort des animaux. Les modifications que subissent leur habitat et leur alimentation, la disparition de certaines espèces, tout cela les amène à la question du climat », commente Danielle Destaerke, en charge du secteur jeunesse. Équipés de balises Argos, les animaux sont suivis en direct par les satellites, et leurs déplacements sont corrélés avec les données

130 000

Depuis 2004, le programme Caliph'Air a concerné une cinquantaine d'établissements chaque année. On estime entre 130 000 et 150 000 le nombre de collégiens qui ont participé à ce programme scientifique.

de satellites comme Jason. En chef de file : l'ours polaire, qui a en effet les faveurs des jeunes. Les classes d'ArgoNimaux sont donc invitées à « adopter » un ours équipé d'une balise Argos pour suivre ses déplacements au cours du temps. À l'instar des scientifiques, les élèves pratiquent une véritable démarche d'investigation sur des problématiques reliant l'ours à son environnement et, plus globalement, au changement climatique. À cette initiative s'ajoute une petite touche internationale grâce à la coopération avec l'université canadienne d'Alberta, qui équipe et étudie les ours polaires. En parallèle, le CNES démarre un projet autour de l'hydrologie en lien avec le futur satellite Swot, ArgoHydro.

1. National Oceanic and Atmospheric Administration est l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique.





MATIÈRE

VIGIE DU CARBONE

LA NÉCESSITÉ DE DISPOSER DE DONNÉES FIABLES ET GLOBALES concernant les flux de carbone n'a jamais été aussi forte. L'objectif de la mission MicroCarb, prévue pour 2020, est justement de cartographier, à l'échelle planétaire, les flux du principal gaz à effet de serre : le gaz carbonique. Il s'agit plus précisément de quantifier et de localiser les principaux puits de carbone de notre planète – à savoir les océans et les forêts – ainsi que les sources d'émissions, et de les suivre dans le temps. Embarqué sur une plateforme issue de la filière Myriade du CNES, l'instrument se distingue par sa compacité et sa méthode. Le principe de la mesure, lui, se base sur une analyse du spectre solaire, rétrodiffusé par la surface terrestre, et transmis à travers l'atmosphère. Microcarb sera équipé d'un spectromètre capable de mesurer des teneurs en gaz carbonique avec une grande précision. Il intègre aussi un imageur pour détecter des nuages, dont la présence biaise les mesures.



INSTANTS T



ÉTAT DES LIEUX MÉTHANE, LE SECOND SUR LA LISTE

Qui est-il ? Moins abondant que le gaz carbonique dans l'atmosphère, il a un pouvoir calorifique 28 fois plus puissant.

D'où vient-il ? Il est produit naturellement par les zones inondées (marécages) ou par les termites. Il est aussi fortement lié aux activités humaines, au premier rang desquelles on compte l'agriculture intensive, l'élevage bovin et les décharges à ciel ouvert. Que fait-il ? L'accroissement de sa concentration ces dernières années questionne ses transformations chimiques ou changements de sources. Sa durée de vie dans l'atmosphère n'est que de dix ans contre cent ans pour le gaz carbonique, un levier intéressant.

ACTION UN PROGRAMME FRANCO-ALLEMAND

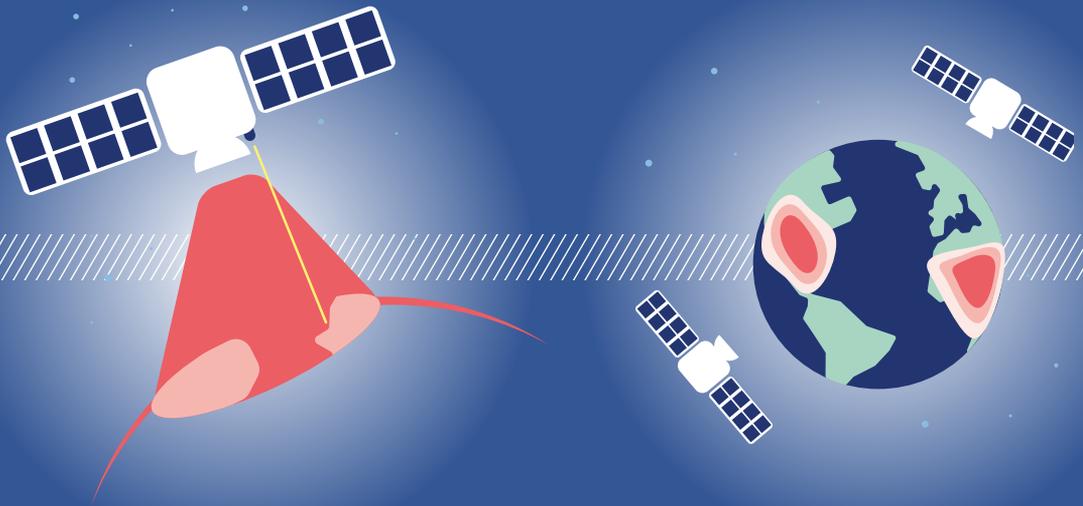
En 2009, après la COP 15, la France et l'Allemagne expriment une volonté commune : agir ensemble pour le climat. Les deux pays disposent d'une communauté scientifique de pointe avec le LSCE¹ pour la France et l'institut Max-Planck pour l'Allemagne. Leur expertise est également reconnue en matière de technologie lidar. Les mécanismes d'émission et de transformation du méthane étant mal connus à l'échelle globale, les deux agences spatiales ont décidé de consacrer une mission dédiée, aujourd'hui en développement. Dénommée Merlin, elle volera en même temps que MicroCarb qui, elle, étudiera les concentrations atmosphériques de gaz carbonique.

1. Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement



INSTANTS T

SI LE GAZ CARBONIQUE EST LE PRINCIPAL RESPONSABLE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE, LA DEUXIÈME PLACE REVIENT AU MÉTHANE. MAIS COMMENT EST-IL PRODUIT ? POUR LE SAVOIR, MERLIN, UNE MISSION INNOVANTE CONÇUE PAR LE CNES ET L'AGENCE SPATIALE ALLEMANDE (DLR) TRAQUERA SES SOURCES D'ÉMISSION DÈS 2021.



RÉACTION

UN PANEL D'INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

Si la communauté scientifique attend beaucoup de Merlin, le CNES et le DLR aussi.

Les deux agences vont relever des défis technologiques majeurs car la mission va signer un certain nombre de « premières ».

L'instrumentation sera fournie par l'Allemagne.

Merlin sera le premier système lidar en orbite : son laser mesurera la concentration de méthane grâce à deux longueurs d'ondes judicieusement choisies, de jour comme de nuit. Ce lidar sera embarqué sur l'une des premières plateformes de la nouvelle gamme des microsatellites Myriade Évolution.

PROJECTION ET APRÈS ?

Prévue pour 2021, la mission devrait durer trois ans.

Le traitement des données et leur diffusion vers la communauté scientifique seront assurés par le CNES et le DLR. Ces observations depuis l'espace seront uniques aussi bien en termes de précision que d'échantillonnage. Grâce à elles, les scientifiques pourront mieux quantifier et localiser les émissions de méthane sur l'ensemble de la planète et suivre leur évolution. Elles viendront compléter un panel d'autres mesures acquises par des instruments déjà à l'œuvre sur des missions comme Iasi, Iasi-NG ou bientôt Sentinelle-5P de Copernicus.

Des informations précieuses pour affiner le bilan carbone de notre planète.



RENCONTRES

CATHY CLERBAUX

Directrice de recherche CNRS (Latmos/IPSL, Université Pierre-et-Marie-Curie).

« À l'époque, les données pour surveiller la composition atmosphérique étaient américaines. Aujourd'hui ce sont eux qui viennent chercher les nôtres ! »



Cathy Clerbaux a joué un rôle essentiel dans l'avènement de la filière lasi, une mission sur la série de satellites météorologiques Metop, conçue par le CNES et lancée par Eumetsat. L'interféromètre est le seul instrument qui mesure simultanément, deux fois par jour, en tout point du globe et en temps réel, une vingtaine de composés atmosphériques. **Avec son équipe du Latmos, Cathy Clerbaux a démontré le potentiel des sondeurs infrarouges** pour surveiller les pics de pollution, les grands feux de biomasse, les panaches de cendres volcaniques que les avions doivent éviter, les émissions d'ammoniac associées à l'agriculture intensive ou encore la formation du trou dans la couche d'ozone.

Pourtant, à l'origine, c'est à la recherche fondamentale qu'elle se destine. **Elle soutient sa thèse en 1993, dans le domaine de la spectroscopie. Mais elle juge rapidement son domaine de recherche trop déconnecté de la vie réelle** et trouve difficile de ne pas pouvoir expliquer ses travaux aux autres. Elle se dirige alors vers la spectroscopie appliquée aux mesures de la composition atmosphérique et obtient une bourse CNES de post-doc pour préparer la mission satellite lasi. « Si j'avais su que j'y consacrerai la moitié de ma vie ! Et qu'il s'écoulerait treize ans entre le moment où j'ai commencé à travailler sur ce sondeur et le lancement du premier Metop... Mais cela m'a permis de voir la situation s'inverser. À

l'époque, les données pour surveiller la composition atmosphérique étaient américaines. Aujourd'hui ce sont eux qui viennent chercher les nôtres ! **Et après vingt-cinq ans, j'apprécie toujours autant de travailler avec les équipes du CNES.** Notre fonctionnement est très souple, basé sur la confiance », ajoute celle qui partage son temps entre Paris et Bruxelles, où elle donne un cours sur le changement atmosphérique et le climat. Iasi lui, a tant amélioré la prévision que certains services météorologiques le considèrent comme « le meilleur sondeur météorologique jamais développé ». Cathy Clerbaux fait aujourd'hui partie du Comité de programme scientifique du CNES comme expert en sciences de l'atmosphère.



RENCONTRES

GILLES BOEUF

Ex-président du Muséum national d'histoire naturelle, professeur à l'université Pierre-et-Marie Curie, à Paris, président du conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité.

« Les observations satellitaires sont extraordinairement précieuses »



En 2015, le rôle clé de l'océan dans la lutte contre le réchauffement climatique est pour la première fois reconnu grâce à la signature, par 197 pays, de l'accord de Paris. **Gilles Boeuf fut l'un des acteurs de cette petite révolution.** Aujourd'hui professeur de biologie marine à l'Université Pierre-et-Marie Curie, auparavant président du Muséum national d'histoire naturelle pendant sept ans, Gilles Boeuf a également passé vingt ans à l'Ifremer et deux comme conseiller scientifique auprès de la ministre de l'Environnement Ségolène Royal lors de la préparation de la COP21. Enthousiaste et volubile, il rappelle : « De la réunion de plus de 2 000 scientifiques en juillet 2015 à Paris, jusqu'au Bourget,

il fallait marteler ce message : l'océan est le principal régulateur du climat. Il le fait parce qu'il est vivant, et aujourd'hui il est malade ! Le climat change, et non seulement il affecte l'océan (hausse de la température de l'eau, élévation du niveau de la mer, acidification, etc.), mais l'impact de l'activité humaine sur l'océan lui-même fait aussi, en retour, changer le climat. La surpêche réduit la capacité de l'océan à absorber le gaz carbonique. » Depuis, l'élection de Donald Trump aux États-Unis a pu refroidir le volontarisme de certains. **Gilles Boeuf préfère, lui, mettre en avant les avancées obtenues.** « Le GIEC a placé l'océan au cœur de ses pré-occupations et est en train de lui

consacrer un rapport spécial. Les grands acteurs privés sont aujourd'hui d'accord pour revoir le coût énergétique du transport maritime international. Les créations d'aires marines protégées augmentent... Pour mieux comprendre et agir, les observations satellitaires sont extraordinairement précieuses – pour mesurer la couleur de l'océan, la dissémination des espèces, ou la destruction du littoral. » « De toute façon, ajoute le biologiste, **même si l'on est réactif sur le climat, il faut aussi s'attaquer aux six autres plaies écologiques** que sont l'effondrement de la biodiversité, le productivisme agricole, le gaspillage de l'eau, la surexploitation des stocks, la déforestation, et la pollution ! »



RENCONTRES

SOPHIE COUTIN-FAYE

Responsable des filières Altimétrie et Argos au CNES.

« En 1992, avec Topex-Poséidon, on a vu plus de choses en dix jours qu'en un siècle de mesures sur des bateaux. »



La vie ne manque pas d'ironie. Sophie Coutin-Faye en est convaincue : « Tout ce que je ne voulais pas, c'est être ingénieur. » Par soif d'apprendre, elle voulait juste « aller aussi loin que possible ». Le plus loin possible sera pour elle l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) après un diplôme d'ingénieur Arts et Métiers. **Après sa thèse de géophysique, elle fait ses premières armes dans la mesure du champ magnétique terrestre.** Elle croise la route de Claude Allègre, alors directeur de l'IPGP, qui voulait ouvrir l'institut aux outils et méthodes de géophysique et de géodésie spatiale.

Entrée au CNES, elle tisse son premier lien avec l'espace. « Ma chance a été d'approcher le spatial via le système

Doris. Ses performances sont encore saluées aujourd'hui. C'était forcément exaltant. » La suite ne la décevra pas.

Avec Topex-Poséidon, puis la filière Iason, elle participe à la naissance puis à l'essor de l'altimétrie satellitaire. « En 1992, avec Topex-Poséidon, on a vu plus de choses en dix jours qu'en un siècle de mesures sur des bateaux. S'il reste des points à éclaircir dans la compréhension de la circulation océanique, on peut se féliciter de contribuer à l'observation de phénomènes comme El Niño (cf. En chiffres p. 18) ou la montée continue du niveau des océans ».

Sophie Coutin-Faye est habitée par le souci de transmission : « Notre expertise, les utilisateurs doivent en bénéficier ; les accompagner est une

volonté qui m'anime. » Enfin, ce qu'elle apprécie aussi c'est la cohésion d'équipe qui transite au-delà des frontières. Délicat voire crucial à l'origine, le partenariat franco-américain s'est révélé une richesse. De part et d'autre de l'Atlantique, équipe scientifique et équipe projet ont travaillé main dans la main. Et l'aventure continue avec Swot. Quant à Sophie Coutin-Faye, ingénieur à son corps défendant, elle vit depuis vingt-cinq ans entre deux avions et plusieurs continents et partage son temps entre l'altimétrie et la filière Argos, autre grande contributrice à l'étude du climat. Ravie, elle ne regrette pas que la vie l'ait déviée de sa trajectoire : « Je n'ai jamais cessé de vouloir être au service de la science. »

Historien des sciences
et théologien,
Jacques Arnould
est chargé de mission
pour les questions
éthiques au CNES.



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

DES HUMEURS ET DES HOMMES

*Depuis soixante ans, l'espace offre à l'humanité des vues singulières de la Terre.
Et un diagnostic souvent inquiétant. Il nous revient de remédier aux menaces,
aux changements globaux, sans oublier de respecter chaque être humain.*



« **F**ulte d'humeur, nos choux sont morts en nos jardins par seicheresse. » Il est révolu, le temps où Olivier Basselin, un poète normand du XV^e siècle, pouvait user d'un même mot, celui d'humeur, pour désigner l'humidité du sol, les fluides du corps et les tempéraments de l'être humain. Cet usage trouvait ses lettres de noblesse dans le riche terroir philosophique de l'Antiquité : tout le traité « *Des airs, des eaux, des lieux* » rédigé par Hippocrate au V^e siècle avant notre ère, puis les travaux postérieurs de Galien au II^e siècle de notre ère et, plus généralement, la conception du monde défendue par Aristote. La principale idée en était simple : l'homme et le cosmos entretiennent entre eux une telle relation d'analogie, de ressemblance, qu'il convient de parler respectivement d'un microcosme et d'un macrocosme. Entre eux, il n'existe qu'une différence d'échelle. Certes, les sciences modernes ont vigoureusement bousculé cet esprit philosophique, sans pourtant contredire Jean-Jacques Rousseau, lorsqu'il explique combien « *les climats, les saisons, les couleurs, l'obscurité, la lumière, les éléments, les aliments, le bruit, le silence, le mouvement, le repos... tout agit sur notre machine et sur notre âme.* »

UNE QUESTION D'ÉCHELLE

Nous savons désormais que les changements relevés par l'étude des climats de notre planète ne sont pas

de simples sautes d'humeur (!), mais les marques d'évolutions globales, à la fois dans l'espace et dans le temps. Nous nous en inquiétons. Nous nous dotons de moyens pour mieux les observer, les suivre et les comprendre, pour tenter aussi d'y remédier ou de nous y adapter. Les techniques spatiales apportent de singulières capacités, en particulier celles d'une observation macroscopique. Il faut effectivement apprendre à penser globalement et à agir de même, malgré les freins et les obstacles qui viennent de nos particularités sociales et culturelles, de nos intérêts nationaux et économiques. L'humanité n'a pas fini d'apprendre à se penser comme un macrocosme dépendant d'un macrocosme plus grand encore. Mais nous ne devons pas pour autant oublier l'échelle du microcosme : le changement climatique touchera et touche déjà par endroits « l'humeur » de chacun des êtres humains.

Souvenons-nous du mot de Carl Sagan, devant une image de la Terre prise par la sonde Voyager : « *Regardez encore ce petit point. C'est ici. C'est notre foyer. C'est nous. Sur lui se trouvent tous ceux que vous aimez, tous ceux que vous connaissez, tous ceux dont vous avez entendu parler, tous les êtres humains qui y aient jamais vécu.* » Grandeur et petitesse de notre humanité que nous ne devrions jamais oublier.



EN VUE

MARDIS DE L'ESPACE

Tout savoir sur Copernicus



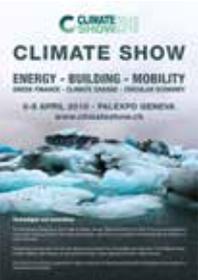
Tous les 3^{es} mardis de chaque mois, le CNES, en partenariat avec l'association Bar des Sciences, organise les Mardis de l'espace, soirées gratuites, ouvertes à tous, de 19h30 à 21h30, dans un bar parisien. Ces soirées s'articulent autour d'un thème spatial. Un journaliste fait alors le lien entre les intervenants et les questions du public. Un pianiste ponctue la soirée d'intermèdes musicaux.

À cette occasion, vous pouvez dialoguer avec les experts du CNES et d'autres organismes scientifiques et institutions sur des sujets très variés. Le rendez-vous du 11 avril portera sur Copernicus, le grand programme européen de surveillance de la Terre. Véronique Mariette, du CNES, expliquera en quoi il est un acteur majeur pour suivre l'évolution de notre climat.

PLUS D'INFOS : CNES.FR

COLLOQUE

LE CLIMAT A BESOIN D'ESPACE



En octobre, l'Académie de l'air et de l'espace a organisé, au centre Météo France de Toulouse, une rencontre baptisée « Le climat a besoin d'Espace ». Plus d'une centaine de personnes présentes ont reconnu unanimement le caractère incontournable de l'outil spatial pour mesurer les paramètres essentiels du changement climatique. Les participants ont souligné le besoin de travailler en synergie entre scientifiques et

ingénieurs pour dimensionner les instruments de façon optimale, d'utiliser plusieurs types de données, spatiales et non spatiales de façon concomitante, et de penser les systèmes de demain en intégrant le Newspace. Par ailleurs, la coopération internationale a été jugée indispensable pour coordonner les activités des agences, améliorer l'inter-étalonnage des capteurs et tendre vers un observatoire spatial du climat, qui sera à l'ordre du jour d'une réunion des chefs d'agences du monde entier organisée la veille du Sommet du climat.

TERR'IMAGE

ÉDUCATION TRÈS HAUTE RÉOLUTION



Depuis le lancement des satellites Pléiades, le service Éducation Jeunesse du CNES accompagne et favorise la diffusion de ces images à très haute résolution dans le cadre scolaire grâce à Terr'Image. Ce projet éducatif est un outil ergonomique et gratuit pour une utilisation simplifiée des données satellitaires. Des formations académiques et nationales (telles que l'université d'été Espace Éducation organisée tous les deux ans) le valorisent en accompagnant des centaines d'enseignants dans la construction de séquences pédagogiques pour leurs élèves. La COP 21 a donné lieu à la conception de fiches d'études de cas directement utilisables par les enseignants et regroupées dans une mallette Climat. En abordant des domaines aussi variés que la gestion environnementale, l'évolution du littoral, la biodiversité, la gestion des risques, l'aménagement des territoires, chacun peut mesurer les enjeux liés aux évolutions climatiques.



EN VUE



AGENDA

18-23 MARS

8^e Forum mondial
de l'eau
Brasília, Brésil

6-8 AVRIL

Salon international
du climat 2018
Genève, Suisse

11 AVRIL

Madrids de l'espace
sur Copernicus
Paris, France



MAPATHON

EXERCICE PRATIQUE ET HUMANITAIRE

Le 12 octobre dernier, au CNES à Toulouse, l'heure était aux travaux pratiques et ludiques : les salariés intéressés ont été sensibilisés, lors de deux sessions de deux heures, à une situation de crise humanitaire déclenchée par une catastrophe naturelle.

Grâce aux images des satellites Pléiades, ils ont participé à un « mapathon » pour renseigner les cartes de Madagascar, l'un des pays les plus exposés aux sautes d'humeur du climat. Chaque année, pendant la saison des pluies, l'île subit des cyclones violents, avec des conséquences humanitaires et économiques dramatiques :

150 000 personnes sont déplacées dans des conditions souvent difficiles. En reportant sur une base de données OpenStreetMap les informations détaillées et identifiées (habitations, réseaux routiers, points d'intérêts, etc.), les participants ont cartographié des zones qui ne l'étaient pas encore. Dès qu'elles seront validées, ces informations constitueront une carte opérationnelle pour l'ONG Pompiers humanitaires français qui accompagne, depuis 2005, la protection civile de la région. Une animation originale au plus près de l'information spatiale.

800

C'est le nombre de jeunes réunis chaque année autour des projets éducatifs du CNES. La sensibilisation et l'éducation sont des moyens privilégiés pour apporter une véritable conscience citoyenne aux générations futures. Tous les ans, des élèves de la France entière se retrouvent lors de rencontres organisées avec des scientifiques pour présenter leurs projets : rencontres Météo Espace (projets Calisph'Air et Globe France) le 17 mai 2018 au CNES Toulouse; Rencontres ArgoNautica à La Rochelle du 23 au 25 mai 2018; Rencontres ArgoNimaux (partenariat avec le Muséum de Toulouse) le 7 juin 2018 (Journée mondiale des océans) au CNES, à Toulouse.



TRANSFERT

DONNÉES MÉTÉO PERSONNALISÉE

Le CNES avait misé sur cette start-up : elle vient de gagner l'America's Cup ! En effet, les algorithmes de la société EXWEXs ont offert à l'équipe d'Emirates Team New Zealand des prévisions de vents extrêmes avec une précision inédite. Tout a commencé avec PEPS, la plateforme du CNES...



Le 26 juin 2017, aux Bermudes, les Kiwis remportaient la 35^e Coupe de l'America. Une success story à laquelle le CNES a participé... très en amont, grâce à PEPS, sa plateforme d'exploitation des produits Sentinelles. Ouverte en 2015, PEPS offre un accès libre et gratuit aux données de ces satellites d'observation de la Terre. Objectif : stimuler leur utilisation. Un appel à idées a ensuite été lancé¹, dans lequel le CNES offrait un accès direct aux données, une capacité de traitement et de stockage gratuite - sans besoin de les télécharger - ainsi qu'un support technique. Christophe Messenger, créateur de la société EXWEXs (Extreme Weather Expertises), a profité de l'occasion pour proposer sa chaîne de traitement des données météorologiques déjà bien rodée. Et il a été sélectionné.

Associés à la plateforme PEPS, ses algorithmes vont aujourd'hui lui permettre d'étendre sa chaîne de traitement à l'ensemble des données Sentinelles. « Nous sommes très fiers de cette victoire ! Notre système est capable de fournir des prévisions météo mises à jour toutes les heures, en incluant la variabilité du vent, le tout intégré au système de bord. Les produits spatiaux restent la seule solution pour accéder à des données à haute résolution et démarrer une prévision par une bonne connaissance de l'instant présent. » La base de lancement de Kourou a justement besoin de prédire finement les conditions météorologiques, paramètre crucial lors d'un lancement. Une idée à creuser !

¹. Cette expérience va être relancée, à plus grande échelle, en 2018. Avis aux amateurs !

FR

3

3 millions de produits sont disponibles sur PEPS, ce qui représente un flux quotidien de 13 téraoctets.

2500

2500 personnes utilisent PEPS, qui compte par ailleurs une centaine de nouveaux inscrits chaque mois.