

Rapport annuel

Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB)



2021-2022



Colophon

Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB)

Avenue Circulaire, 3 - 1180 Bruxelles - Belgique
www.aeronomie.be

Editeur responsable

Martine De Mazière

Coordination et édition finale

Karolien Lefever

Traduction

Stéphanie Fratta - Lucie Lamort

Concept et réalisation

Adaptation de C-Company par Florian Moreau / Stéphanie Fratta
Image de couverture: peinture par Noel C. Baker / Instagram: [noel.c.baker](https://www.instagram.com/noel.c.baker)

Dépôt légal

D/2023/678/2

Publication

Novembre 2023

Table des matières

4	Préface
8	Physique spatiale
13	Impact de polluants à courte durée de vie sur la qualité de l'air et le climat
20	Impact de polluants à longue durée de vie sur la qualité de l'air et le climat
23	Échanges entre la biosphère et la troposphère
26	Composition stratosphérique et climat
29	Aéronomie planétaire
31	Développement de missions spatiales : science et technologie
35	Développement d'instruments au sol et aéroportés : science et technologie
37	Belgian Radiometric Characterization Laboratory
39	Belgian User Support and Operations Centre
41	Dissémination de connaissances, communications et éducation
45	L'IASB en chiffres

Martine De Mazière

« L'IASB peut présenter d'excellents résultats scientifiques en 2021-2022, comme le montre clairement ce rapport qui ne met en lumière que les réalisations les plus importantes. En particulier, nous sommes fiers que deux nouvelles expériences avec des contributions significatives de l'IASB à bord de futures missions de l'ESA aient été sélectionnées pour un développement ultérieur. »



Chères lectrices, chers lecteurs,

Si 2021 a succédé à 2020 avec la poursuite de la pandémie de COVID-19 et des espoirs pour l'avenir de la Politique scientifique fédérale, 2022 a été une année de changements.

4 Nous avons heureusement pu sortir sereinement de la crise sanitaire au cours de l'année 2022, mais celle-ci a laissé des traces, notamment avec l'accélération digitale. Le retour sur le lieu de travail s'est accompagné d'un développement du télétravail, et les nombreux déplacements pour participer aux réunions et aux colloques scientifiques ont été remplacés par une alternance de réunions en présentiel, en ligne ou hybrides. L'IASB s'est adapté en douceur à ce nouveau style de travail. Il est clair que le retour (partiel) au travail était indispensable pour certains, soit pour leur santé mentale et leur engagement social, soit pour ne pas perdre leur motivation au travail, soit pour ces deux raisons.

La guerre qui a éclaté en Ukraine en février 2022 a également affecté l'IASB en tant qu'établissement, pour certains membres

du personnel dans leurs collaborations avec des collègues russes et/ou ukrainiens, pour d'autres dans leur vie privée. Pour l'IASB, les effets les plus importants sont les retards des missions spatiales prévues à cause de la suspension de la coopération avec la Russie pour les lancements de satellites, les retards et les augmentations des coûts pour la fourniture d'équipements (instruments ou leurs composants, équipement informatique, etc.), et bien sûr l'augmentation des prix de l'énergie et les effets de l'inflation sur les salaires du personnel. Malgré des subventions bienvenues du gouvernement fédéral pour absorber partiellement ces coûts accrus, nous sommes confrontés à une réduction significative des ressources disponibles. Si cette réduction se poursuit, le niveau actuel des activités scientifiques se verra forcément diminué à court et à moyen terme.

Malgré tous ces aléas, l'IASB peut présenter d'excellents résultats scientifiques en 2021-2022, comme le montre clairement ce rapport qui ne met en lumière que les réalisations les plus importantes. En particulier, nous sommes fiers que deux nouvelles

expériences avec des contributions significatives de l'IASB à bord de futures missions de l'ESA aient été sélectionnées pour un développement ultérieur, à savoir l'instrument Venspec-H à bord d'EnVision, et les sondes Sweeping-Langmuir proposées par l'IASB pour la mission Comet Interceptor. Les contributions de l'IASB au développement, à la validation et à l'exploitation de la mission Sentinel-5P fournissent un ensemble de résultats importants et internationalement reconnus concernant la qualité de l'air, l'ozone et le climat, et rendent l'IASB encore plus fort pour sa participation aux futures missions atmosphériques Sentinel-4 et -5. Entretemps, l'IASB s'est également profilé dans la première mission géostationnaire coréenne dédiée à la recherche sur la qualité de l'air et dans la future mission CO2M dirigée par EUMETSAT, la première mission européenne entièrement axée sur la détection et la quantification des émissions de dioxyde de carbone et de méthane, dont le lancement est prévu pour 2026.

L'IASB joue également un rôle important dans le programme ESA Climate Change Initiative, le Copernicus Atmosphere Monitoring

Service (CAMS) et le Climate Change Service (C3S) ; l'intégration du modèle de l'IASB pour la chimie stratosphérique dans les modèles CAMS conduira à une amélioration significative des produits CAMS. L'IASB continue bien sûr à jouer son rôle de leader dans les réseaux internationaux de surveillance de la composition de l'atmosphère, partiellement intégrés dans les infrastructures de recherche européennes ICOS (Integrated Carbon Observation System) et ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace gases Research InfraStructure). Dans le domaine de la météorologie spatiale, l'IASB a pris en charge la coordination du réseau européen de météorologie spatiale (SWESNET).

Les décideurs politiques, les citoyens et les étudiants n'ont pas été oubliés : non seulement nous leur offrons des informations et des formations, mais nous les impliquons aussi directement dans un certain nombre de projets de recherche.

Une étape importante à partir de 2022 est l'ancrage du Belgian User Support and Operations Centre (B.USOC) –

précédemment géré par BELSPO – au sein de l'IASB, assurant ainsi l'avenir du B.USOC après la fin de ses missions de support aux expériences à bord de la Station spatiale internationale. Une deuxième initiative importante est la création du Centre de Climat fédéral en novembre 2022: l'IASB a fourni un effort important dans les groupes de travail et les comités qui ont développé la vision, la mission et la structure de gestion de ce Centre. Troisièmement, nous avons mis le Laboratoire belge de caractérisation radiométrique (B.RCLab) sur la carte en Belgique.

C'est donc avec une certaine fierté que j'ose affirmer que nous avons, en tant qu'Institut, miraculeusement survécu aux deux récentes crises majeures, même si cela a été une période difficile pour de nombreux membres du personnel.

Malgré ces excellents résultats scientifiques, même en temps de crise, et malgré le fait que l'IASB soit fort d'un groupe soudé de collaborateurs dynamiques et motivés, j'envisage l'avenir avec une certaine méfiance, voire une certaine crainte. En

2021, il y avait l'espoir d'une relance de la politique scientifique fédérale et d'une plus grande efficacité et autonomie dans la gestion des Établissements Scientifiques Fédéraux. Fin 2022 - début 2023, je dois malheureusement constater le contraire. La bureaucratisation ne cesse d'augmenter, tout comme l'alourdissement des procédures et la multiplication des contrôles. Il n'y a guère de signes de simplification administrative ; ce n'est pas parce que certains processus sont numérisés qu'ils sont plus simples et/ou plus efficaces ! Notre autonomie est de plus en plus réduite. Le fonctionnement de la Politique scientifique fédérale ne s'est pas encore sensiblement amélioré. Même la rénovation urgente de nos bâtiments est toujours retardée.

Il semble que les activités scientifiques doivent être sacrifiées au profit d'une charge administrative et procédurale accrue. À mon avis, et conformément à notre mission, la première priorité de l'IASB devrait être le progrès du travail scientifique, et c'est également l'ambition du personnel que nous recrutons à cette fin. Une bonne gestion de l'Établissement est importante, mais elle doit avant tout viser à soutenir efficacement ce travail scientifique.

Si la gestion passe en premier et que le travail scientifique doit être relégué au second plan, nous faisons fausse route.

J'espère que mes craintes concernant un changement de priorités et de ressources qui leur sont allouées ne sont pas fondées et que, dans deux ans, nous pourrons présenter des résultats scientifiques tout aussi beaux et nombreux, grâce à une équipe motivée et dynamique, et pas à nos dépens !

Enfin, je tiens à remercier et à féliciter l'ensemble du personnel de l'IASB pour les magnifiques résultats que nous sommes en mesure de présenter aujourd'hui en tant qu'établissement, et que nous souhaitons partager avec vous, chères lectrices, chers lecteurs, dans ce rapport et dans la version en ligne plus complète qui l'accompagne.

Martine De Mazière
Directeur Général a.i.

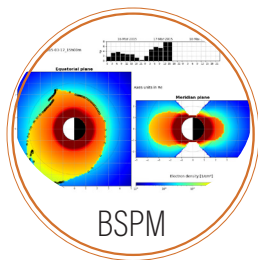


Physique spatiale



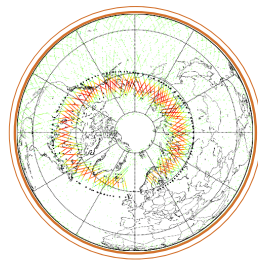
Au plus près du Soleil, Parker Solar Probe observe le vent solaire

La mission Parker Solar Probe (PSP), lancée par la NASA le 12/08/2018, a achevé sa 14^e orbite solaire en décembre 2022. Elle a atteint son périhélie sous 15 rayons solaires, là où aucun engin spatial n'avait pu voler auparavant. Cette proximité avec le Soleil a permis un nouvel éclairage inestimable sur les mécanismes fondamentaux de l'accélération du vent solaire grâce aux modèles cinétiques développés par l'équipe « Vent solaire » de l'IASB. Cette mission a confirmé la présence d'électrons suprathermiques à des distances radiales très faibles, mais elle a aussi détecté, pour la première fois, des ondes électrostatiques à large bande dans le vent solaire proche du Soleil.



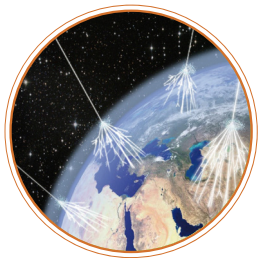
Amélioration du modèle de la plasmasphère

Le Modèle Belge de la Plasmasphère (BSPM) a été développé à l'IASB pour simuler l'environnement de plasma froid de la magnétosphère interne de la Terre. Récemment, il a été amélioré, principalement grâce à l'utilisation des données des sondes Van Allen pour compléter la plasmatrough (la région en dehors de la plasmasphère) et à l'analyse du processus de remplissage après les tempêtes. Il est disponible sur différentes plateformes.



Les ceintures de radiation observées par PROBA-V/EPT

Grâce à l'EPT (Energetic Particle Telescope), un détecteur développé à l'IASB avec l'UCLouvain et QinetiQ Space et lancé sur le satellite PROBA-V en 2013, nous mesurons les flux d'électrons et de protons énergétiques à 820 km depuis plus de 9 ans déjà. Cet instrument, toujours actif actuellement, fournit des observations exceptionnelles simultanément à celles fournies par les sondes Van Allen Probes de la NASA. Ces mesures nous ont permis de préciser la dynamique des ceintures de radiation pendant les tempêtes géomagnétiques et de comparer leurs limites à celles de la plasmopause et de l'ovale auroral.



Interaction entre les particules spatiales et l'atmosphère

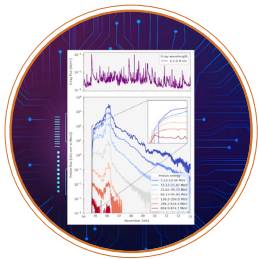
10

Les particules de haute énergie interagissent avec l'atmosphère et contribuent à la dose de radiation à basse altitude, présentant un danger potentiel pour les membres d'équipages des compagnies aériennes. De plus, les radiations spatiales causent l'ionisation de l'atmosphère, qui joue un rôle important dans la chimie de l'atmosphère. En utilisant des observations satellites, nous étudions la dynamique des particules de haute énergie proches de la Terre. La dose de radiation et le taux d'ionisation atmosphérique sont étudiés à l'aide d'AtRIS (Atmospheric Radiation Interaction Simulator) et d'un modèle du champ géomagnétique.



Un imageur pour la polarisation des aurores boréales

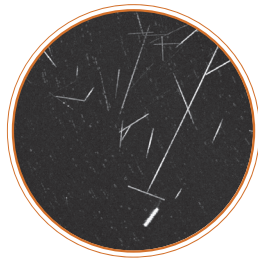
L'IASB est impliqué dans l'étude des aurores boréales depuis très longtemps, tant au niveau des observations que de la modélisation, ce qui a permis de mieux comprendre les processus physiques en jeu lors de la formation des aurores et le couplage complexe entre la magnétosphère et l'ionosphère. Récemment, nous avons étudié la polarisation des aurores boréales au moyen de l'instrument PLIP, un imageur dédié à la mesure de la polarisation des 3 raies spectrales principales sur un large champ de vision.



Comment les prévisions de météorologies spatiales peuvent-elles bénéficier de l'apprentissage automatique ?

12

L'apprentissage automatique occupe une place de plus en plus importante dans la société en raison de son potentiel à améliorer les capacités des ordinateurs pour faire des prédictions. Afin d'étudier comment les prévisions de météo spatiales peuvent bénéficier de ces techniques, l'équipe « Space Weather » de l'IASB a mené une étude bibliographique des approches existantes. L'équipe a aussi conçu 2 modèles de prévision utilisant l'apprentissage automatique. Ces modèles couvrent 2 domaines différents de sciences physiques afin de pouvoir établir des lignes directrices pour les développements des modèles futurs.



Réseau BRAMS : des données pour déterminer la trajectoire et la vitesse d'un météoroïde

BRAMS est un réseau belge utilisant la réflexion des ondes radio sur les traînées ionisées de météores pour détecter les météoroïdes qui entrent dans l'atmosphère. Pour reconstruire avec précision la trajectoire et la vitesse des météoroïdes au moyen des données BRAMS, nous avons développé une méthode utilisant les détails temporels entre l'apparition des échos de météores enregistrés à différentes stations de réception. Les résultats obtenus ont été comparés aux observations optiques du réseau CAMS-BeNeLux. Une deuxième méthode qui utilise des données complémentaires provenant de l'interféromètre radio situé à Hainaut améliore fortement la précision de la reconstruction.

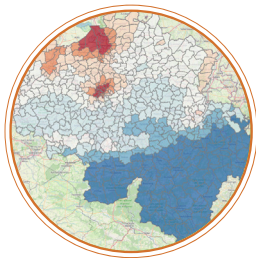


Impact de
polluants à
courte durée
de vie sur la
qualité de l'air
et le climat



Composition atmosphérique à haute résolution sur la Belgique

Les centres industriels autour d'Anvers causent une forte pollution au NO_2 , observée par des instruments au sol et dans l'espace. Un modèle à haute résolution (WRF-Chem) est utilisé pour évaluer la cohérence des mesures de NO_2 entre les différentes observations, et pour évaluer la fiabilité des inventaires d'émissions. Les résultats suggèrent une légère sous-estimation des colonnes de NO_2 de l'instrument satellitaire TROPOMI, en accord avec les études précédentes, ainsi qu'une sous-estimation des émissions de NO_x au-dessus des villes de Bruxelles et Anvers.



Veille du dioxyde d'azote (NO_2) en Belgique avec Sentinel-5p

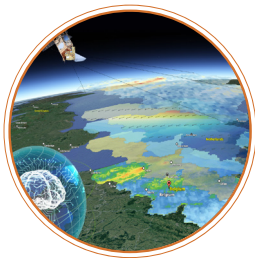
14

Les politiques environnementales en matière de qualité de l'air nécessitent une évaluation objective de leurs effets. À cette fin, le système LEGO-BEL-AQ fournit un service de veille du dioxyde d'azote atmosphérique dédié aux différentes entités administratives belges, tant au niveau fédéral et régional que communal. LEGO-BEL-AQ intègre les observations du satellite Sentinel-5p traitées par l'IASB et les mesures de surface collectées par la Cellule Interrégionale de l'Environnement (IRCEL-CELINE).



Mesures de dioxyde d'azote à Bruxelles en vélo

Dans les grandes villes comme Bruxelles, des dépassements de la réglementation européenne sur les concentrations de NO_2 , un des principaux polluants atmosphériques affectant la qualité de l'air, sont régulièrement signalés. Nous avons équipé le vélo speed pedelec de l'IASB d'un système de mesure du NO_2 composé de deux instruments complémentaires permettant de mesurer simultanément la colonne intégrée de NO_2 et sa concentration à la surface. Ce système a été déployé durant l'été 2022 pour caractériser la variabilité spatiale du NO_2 dans différentes parties de Bruxelles. Les résultats ont également été utilisés pour interpréter les observations de l'instrument satellite TROPOMI.



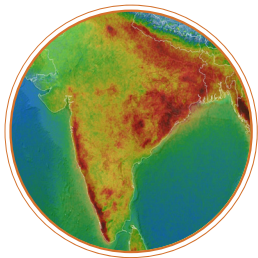
Apprentissage automatique pour déterminer les concentrations de surface du dioxyde d'azote

De par son impact sur la qualité de l'air et la santé, le dioxyde d'azote (NO_2) de surface est une source de préoccupation. Par apprentissage automatique il est possible d'établir avec grande précision une correspondance non linéaire entre les distributions de NO_2 en surface et certains prédicteurs géophysiques. Cependant, l'application de l'apprentissage automatique pour générer un produit opérationnel de NO_2 de surface avec une quantification réaliste de son incertitude reste un défi. Nous poursuivons l'exploration d'une approche systématique pour la génération d'un produit NO_2 de surface stable basé sur l'intelligence artificielle (IA).



Ouvrir la voie aux observations spatiales de l'azote réactif

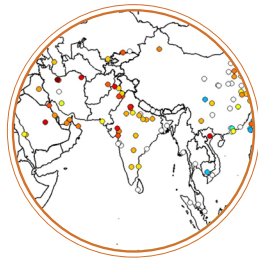
Les campagnes NITROCAM, financées par l'ESA et coordonnées à l'IASB sont dédiées à la mesure simultanée des deux principaux composés de l'azote réactif dans l'atmosphère: le dioxyde d'azote (NO_2) et l'ammoniac (NH_3). Ces deux molécules sont à l'origine d'une série de problèmes environnementaux. Les campagnes NITROCAM préparent NITROSAT, un satellite dédié à l'observation à haute résolution (500 m) des sources de pollution azotées, en compétition pour devenir la 11e mission spatiale Earth Explorer de l'ESA.



Surveillance des émissions de composés hydrocarbonés depuis l'espace avec TROPOMI

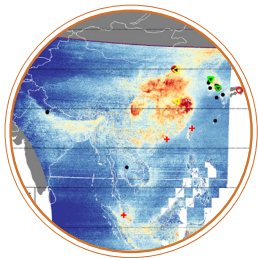
16

Les composés hydrocarbonés présents dans l'atmosphère jouent un rôle essentiel dans la qualité de l'air et la formation d'ozone troposphérique. A l'IASB, nous contribuons à leur surveillance globale en développant des méthodes d'observations spatiales pour le formaldéhyde (HCHO) et le glyoxal (CHOCHO). Ces deux espèces fournissent des informations importantes sur les émissions de composés hydrocarbonés d'origine naturelle ou humaine. Les performances de TROPOMI ont conduit à une amélioration de la précision des observations, permettant d'identifier les sources d'émission localisées et de détecter les événements exceptionnels.



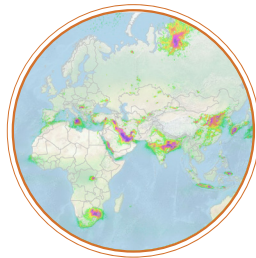
Les satellites révèlent des tendances significatives d'émissions anthropiques dans les villes asiatiques

Les données satellitaires à long terme (2005-2019) du formaldéhyde mesuré avec le capteur OMI à bord de la charge utile Aura révèlent de fortes augmentations au Moyen-Orient (3.6%/an) et sur le sous-continent indien (2.4%/an), où la réglementation des émissions de composés volatils organiques (COV) provenant des activités humaines est actuellement limitée. Des augmentations plus faibles sont observées dans les villes chinoises, où de telles réglementations ont été introduites récemment. Des tendances majoritairement négatives sont observées au-dessus des villes situées à Taiwan et au Japon, où la législation est en vigueur depuis le début des années 2000.



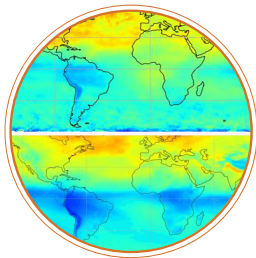
L'instrument GEMS: pionnier dans la surveillance géostationnaire de la qualité de l'air

Depuis son lancement en 2020, GEMS contribue à la surveillance de plusieurs gaz en traces et aérosols en Asie de l'Est, dont leur variation diurne à l'échelle d'une ville. L'IASB participe à la validation des produits L2 opérationnels et accompagne les équipes coréennes dans le développement de la récupération des gaz en traces tels que NO_2 , HCHO , CHOCHO , SO_2 et O_3 . Ce travail est pionnier et prépare les prochaines missions américaine TEMPO et européenne Sentinel-4 (qui seront lancées respectivement en 2023 et 2024) qui formeront une constellation géostationnaire.



Détection des panaches de dioxyde de soufre par TROPOMI à bord de Sentinel-5P

Les émissions de SO_2 peuvent avoir un impact important sur la qualité de l'air et le climat, et constituer une menace pour les avions lors d'éruptions volcaniques entraînant l'injection de particules soufrées dans la haute atmosphère. Le groupe «UV-visible observations» développe de nouveaux algorithmes pour l'instrument à haute résolution Sentinel-5P TROPOMI qui permet de déterminer la colonne et la hauteur de SO_2 avec un niveau de détail et de sensibilité sans précédent.



Le défi de la mesure par satellite des colonnes d'ozone troposphérique

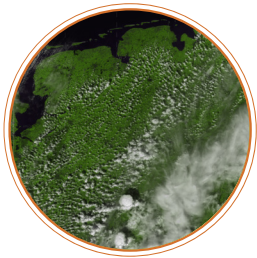
18

En absorbant une grande partie du rayonnement solaire qui est nocif dans l'ultraviolet, la couche d'ozone de la distante stratosphère protège la vie en surface. L'ozone troposphérique, en revanche, est une molécule toxique qui nuit à la santé humaine, à l'agriculture et aux écosystèmes. Il faut donc surveiller les deux couches séparément et à l'échelle mondiale, mais la mesure de l'ozone troposphérique depuis l'espace reste un véritable défi. L'IASB continue d'investir son expertise dans les techniques de validation et d'assimilation de données pour aider à résoudre ce défi.



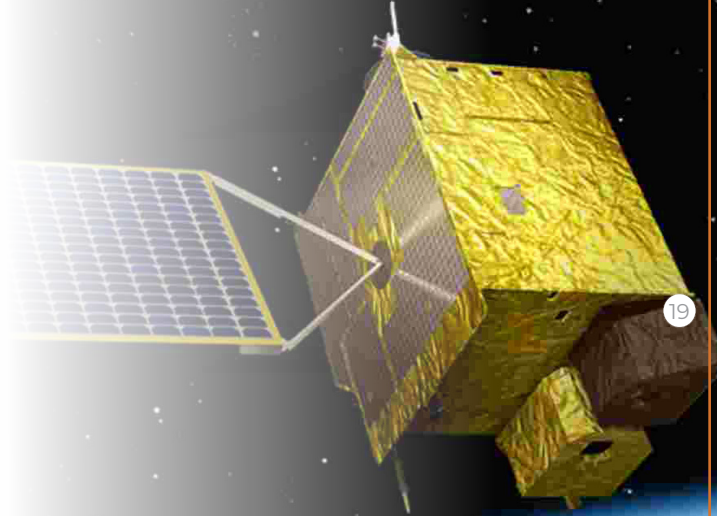
Évaluation internationale de l'ozone troposphérique

Plusieurs équipes de recherche de l'IASB contribuent au rapport d'évaluation de l'ozone troposphérique (TOAR-II), initié en février 2020. Ces contributions comprennent la collecte et l'harmonisation des données d'ozone troposphérique et de ses précurseurs (les oxydes d'azote: NO_x , les composés organiques volatiles: VOCs, le monoxyde de carbone: CO et le méthane: CH_4) pour les satellites et les réseaux sol, ainsi que l'évaluation de la distribution et des tendances de ces espèces. Dans la mesure du possible, les tendances de l'ozone troposphérique sont attribuées aux changements des précurseurs, aux échanges stratosphère-troposphère, aux échanges inter-hémisphériques, etc.

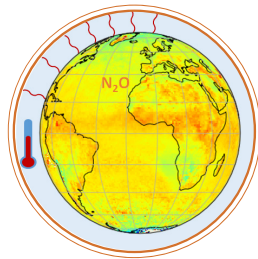


Impact des nuages sur la mesure des gaz en traces

Les nuages ont une forte influence sur la mesure satellitaire des gaz en trace dans la troposphère. Les effets tridimensionnels liés à l'hétérogénéité spatiale des nuages augmentent lorsque la résolution spatiale de l'instrument d'observation se rapproche des dimensions caractéristiques des nuages. C'est le cas pour des instruments comme TROPOMI et les futurs capteurs Sentinel-4 et Sentinel-5, qui sont conçus pour résoudre les structures horizontales égales ou supérieures à $7 \times 7 \text{ km}^2$. C'est pourquoi nous avons étudié à l'aide d'un modèle de transfert radiatif tridimensionnel l'influence des nuages sur la mesure des gaz en trace, en particulier le NO_2 .

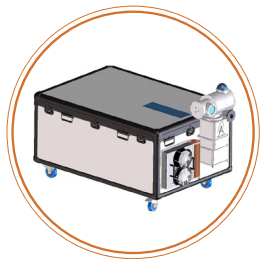


Impact de polluants à longue durée de vie sur la qualité de l'air et le climat



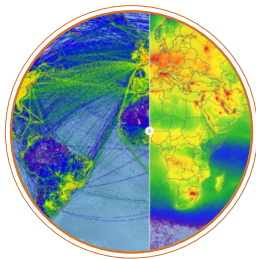
Protoxyde d'azote, un gaz à effet de serre moins connu, maintenant monitoré depuis l'espace

Le protoxyde d'azote, N₂O, est, en terme de contribution au forçage radiatif, le 3e gaz à effet de serre anthropogénique (après le dioxyde de carbone, CO₂, et le méthane, CH₄). Cela est dû à son temps de vie dans l'atmosphère d'environ 120 ans et à sa concentration atmosphérique en croissance continue depuis les années 1970. Ces dernières années, nous avons développé une méthode pour obtenir la concentration en N₂O au départ d'observations par satellite dans l'infrarouge thermique. L'instrument IASI nous permet d'obtenir des données globales deux fois par jour depuis 2006, lesquelles nous permettront de calculer et analyser les tendances de N₂O à long terme.



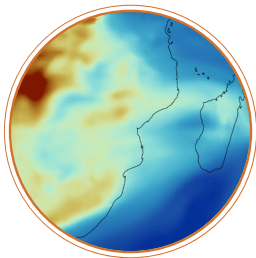
Évaluation de nouvelles plates-formes de télédétection pour les mesures de référence des Gaz à effet de Serre

Les spectromètres infrarouges à transformée de Fourier à haute résolution constituent la base des mesures de haute qualité, obtenues par télédétection, des Gaz à Effet de Serre (GES) et contribuent aux réseaux TCCON et NDACC-IRWG. L'IASB codirige le projet FRM4GHG, financé par l'ESA, qui vise à évaluer de nouvelles plates-formes compactes de télédétection pour la mesure des gaz à effet de serre. Ces instruments sont essentiels pour combler les lacunes des réseaux existants et pour couvrir les régions critiques de sources d'émission où les instruments standard à haute résolution ne peuvent pas être déployés.



Zoom sur les émissions à l'origine des données satellitaires

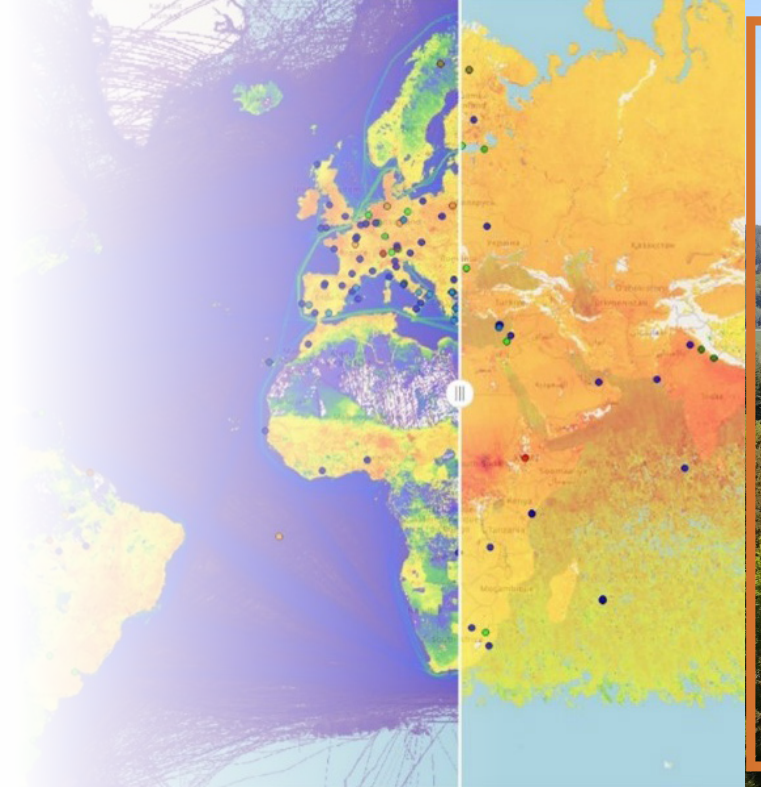
Réduire les émissions des gaz à effet de serre et des polluants pour atténuer le changement climatique et les problèmes de santé causés par la mauvaise qualité de l'air est une priorité en Belgique, au niveau européen et mondial. Il est primordial de suivre les progrès réalisés en matière de réduction des émissions, d'identifier les sources inconnues, de surveiller régulièrement les émissions, de les rapporter et de les vérifier. Dans le cadre d'un contrat EUMETSAT, l'IASB a développé un service qui fournit aux utilisateurs des outils pour visualiser diverses données satellitaires ainsi que des données d'inventaire d'émissions.



Gaz à effet de serre à La Réunion : d'où viennent-ils ?

22

Dans le cadre des réseaux internationaux de surveillance de l'atmosphère, l'IASB mesure des séries temporelles de concentrations atmosphériques de CO_2 , CH_4 et CO à l'île de La Réunion. Pour comprendre les causes sous-jacentes et la variabilité de ces concentrations, nous les comparons à celles simulées à l'aide du modèle de transport atmosphérique régional WRF-GHG. Il en ressort que les observations près du sol sont dominées par les émissions locales et les processus dynamiques (vitesse et la direction du vent), tandis que les observations dans la colonne sont influencées par des mécanismes à plus grande échelle comme la combustion de la biomasse d'Afrique ou d'Amérique du Sud.



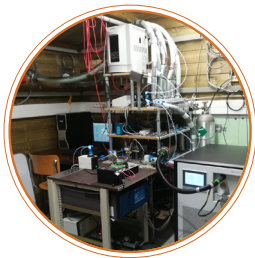


Échanges entre la biosphère et la troposphère



Répartition des sources de COV à l'observatoire du Maïdo

Au cours des deux années du projet OCTAVE, un spectromètre de masse à réaction par transfert de protons à haute résolution a été utilisé pour mesurer les concentrations d'une sélection de composés organiques volatils (COV) à l'observatoire du Maïdo. Observatoire situé à haute altitude sur l'île de la Réunion dans l'hémisphère sud. La détermination des sources de ces COV a montré que les activités humaines sur l'île sont leur source la plus importante, plus que les conditions atmosphériques de fond, les sources d'incendie lointaines, ou encore les émissions des écosystèmes spécifiques à l'île.



Mesures des COV dans une forêt à Vielsalm en Belgique

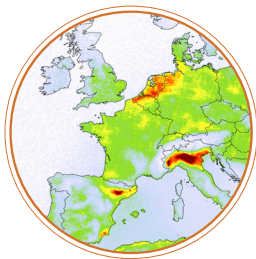
24

Les composés organiques volatils (COV) sont des précurseurs clés de la qualité de l'air et des composantes liées au climat. Pour étudier les échanges de COV entre les forêts et l'atmosphère, l'IASB et l'ULiège ont mis en place une nouvelle infrastructure de recherche sur le site ICOS de Vielsalm afin de mesurer les flux de gaz en trace réactifs et les profils verticaux à l'aide d'instruments et de méthodologies de pointe.



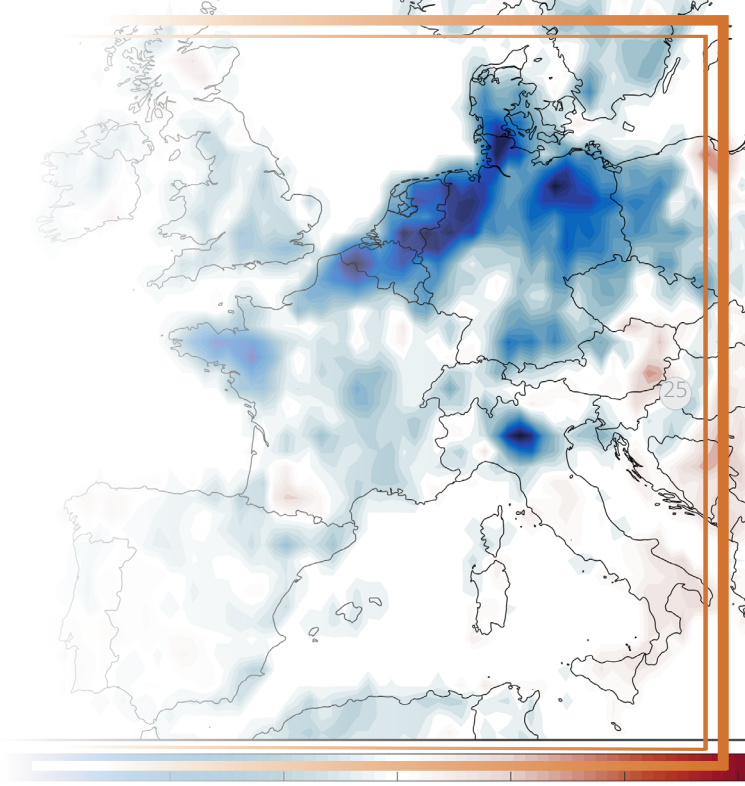
Effets des pressions anthropiques et de la sécheresse sur les émissions d'hydrocarbures par la végétation

Le projet ALBERI, mené par l'IASB, l'UGent et l'UCI, visait à comprendre et à quantifier la réponse des émissions d'isoprène aux changements de l'occupation du sol et au stress de la sécheresse. Les données satellitaires à long terme sur l'occupation et l'humidité des sols, complétées par des modèles d'émissions biogéniques et des simulations de chimie atmosphérique, révèlent des tendances négatives en matière d'émissions dans les forêts tropicales en raison de la déforestation, ainsi qu'une réduction progressive de la capacité d'émission biogénique en cas de sécheresse grave ou prolongée, en raison de la réduction de la photosynthèse.

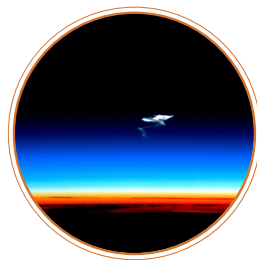


Cycle hebdomadaire de l'ammoniac détecté par satellite au-dessus de l'Europe

Alors que le cycle hebdomadaire des émissions de dioxyde d'azote a été largement documenté, il n'a jamais été identifié à grande échelle pour l'ammoniac. Nous démontrons ici pour la première fois la présence d'une influence du week-end dans les colonnes totales d'ammoniac mesurées par le sondeur satellitaire IASI au-dessus des principales régions agricoles d'Europe. Les mesures au sol du réseau national de surveillance néerlandais corroborent nos résultats. L'effet week-end identifié présente une forte saisonnalité due aux activités agricoles et aux réglementations associées.



Composition stratosphérique et climat



Mieux comprendre les
changements dans la
circulation atmosphérique
de Brewer-Dobson

Dans la stratosphère, la circulation de Brewer-Dobson (CBD) consiste en un mouvement ascendant au niveau des tropiques, suivi par une migration des masses d'air vers les pôles et une subsidence à haute latitude. La CBD détermine la distribution des traceurs chimiques dans la stratosphère (ozone et vapeur d'eau). Tout changement dans la CBD provoque des changements dans la distribution des traceurs atmosphériques. Nous avons évalué ces changements au cours de la dernière décennie à partir de mesures satellitaires et de mesures au sol, en utilisant des simulations numériques pour le protoxyde d'azote (N_2O), un traceur à longue durée de vie.



Traduire le rôle complexe des aérosols en jeux de données climatiques

Les aérosols sont un acteur-clé du climat car leur capacité à diffuser ou à absorber la lumière affecte la température de l'atmosphère. Alors que jusqu'ici, le volcanisme était la principale source d'aérosols dans la stratosphère, l'importance grandissante des feux de biomasse due au réchauffement climatique change la donne. Les observations par satellite nous aident à identifier les aérosols et à comprendre leur rôle, mais leur signature nécessite d'être correctement dérivée de ces mesures. L'IASB étudie ce problème depuis de nombreuses années et fournit des données climatiques relatives aux aérosols à la communauté scientifique.



Quand modèle et observations se rejoignent pour étudier la composition de la stratosphère

IFS, le modèle atmosphérique européen du service CAMS, fournit des analyses et des prévisions de la composition atmosphérique de manière opérationnelle. L'IASB contribue à cette activité en intégrant son propre module de chimie stratosphérique BASCOE dans IFS, et en participant à l'extension du module aérosols de IFS, initialement limité à la troposphère, jusqu'à la stratosphère. Un des principaux objectifs de cette extension est de pouvoir fournir des prévisions concernant l'évolution de larges phénomènes produisant des aérosols, tels que des éruptions volcaniques ou de gros feux de biomasse.



Vers une validation opérationnelle des constellations de satellites mesurant la composition atmosphérique

28

Le programme européen Copernicus met en œuvre une constellation de sondeurs satellitaires de nouvelle génération, les Sentinelles, destinée à la veille systématique de la qualité de l'air, des variables climatiques essentielles, des émissions de polluants et de gaz à effet de serre, de l'ozone stratosphérique et des risques environnementaux majeurs. Valorisant trois décennies d'expertise en validation satellitaire et en métrologie, l'IASB développe des services opérationnels pour l'évaluation objective de la qualité des données atmosphériques des Sentinelles, l'interopérabilité des différents sondeurs de la constellation et l'alerte précoce en cas d'anomalie.



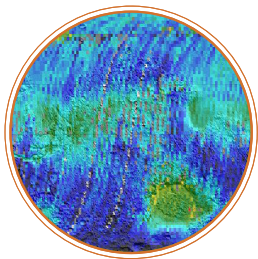


Aéronomie planétaire



ExoMars NOMAD révèle de nouvelles informations sur l'atmosphère de Mars

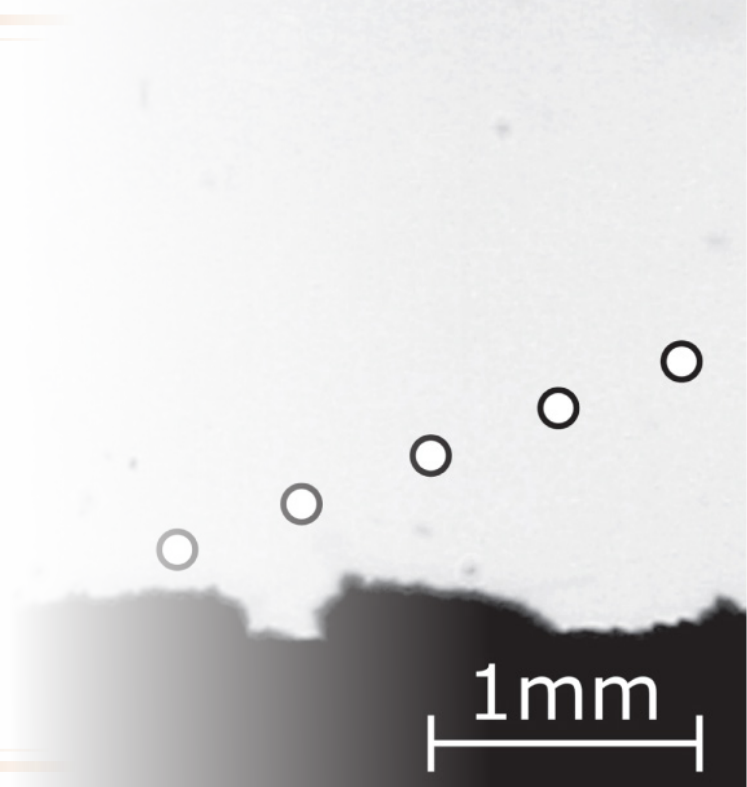
NOMAD, un instrument embarqué à bord de l'ExoMars Trace Gas Orbiter, a été lancé en 2016 et mesure l'atmosphère de Mars depuis 2018. Récemment, les scientifiques de l'équipe NOMAD ont publié 16 articles, présentant de nouveaux résultats portant sur un large éventail de sujets : la température et la densité atmosphérique; des mesures de quantité de poussière et d'aérosols ; mesures de conditions propices aux nuages de glace de CO_2 ; des concentrations de vapeur d'eau, d'ozone, de monoxyde de carbone et des rapports isotopiques ; mesures de luminescence nocturne du ciel ; et des observations de givre et de glace en surface.



Comprendre le rôle de la poussière dans l'atmosphère martienne

30

Les poussières jouent un rôle majeur dans la détermination des conditions météorologiques sur Mars. En combinant les observations de la composition de l'atmosphère mesurées depuis l'orbite et des mesures réalisées ici sur Terre en laboratoire en utilisant des analogues du sol martien, nous en apprenons davantage sur cet important composant climatique. Parmi les questions sur lesquelles nous travaillons, citons la manière dont les poussières se retrouvent en suspension et sont transportées, leur rôle dans la formation des nuages et la manière dont elles diffusent et absorbent la lumière du Soleil.





TIME LINE
Space mission
with BIRA-IASB



BIRA-IASB contribution



BIRA-IASB contribution

The International Geophysical Year means the onset of the Space Age and the birth of "aeronomy" as a research domain.

Sputnik-1

1957

Développement
de missions
spatiales : science
et
technologie



La naissance d'une mission
scientifique spatiale

En 2021, l'ESA a lancé un appel pour de nouvelles missions scientifiques spatiales. Ceci est très important car la moisson scientifique qui sera recueillie à l'aide de ces missions nourrira une nouvelle génération de chercheurs. L'IASB est impliqué dans 2 missions sur les 5 qui ont été présélectionnées :

- Plasma Observatory propose une constellation de plusieurs satellites afin d'étudier la magnétosphère de la Terre.
- M-MATISSE a pour but d'observer les effets du vent solaire sur la magnétosphère et l'ionosphère de Mars.

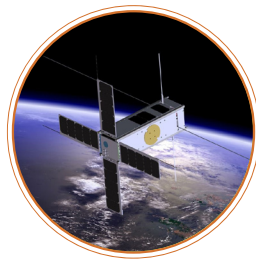
L'ESA examinera ces candidatures en détails dans un futur proche.



ALTIUS: La mission belge O₃ dans les starting-blocks!

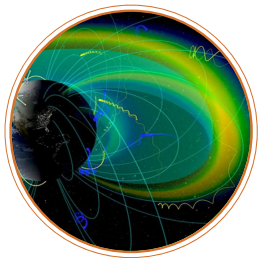
32

ALTIUS est une future mission satellite de surveillance de la couche d'ozone (O₃), le bouclier de notre planète contre les rayons UV nocifs. Ce bouclier est encore loin de se remettre des dommages causés par les émissions de CFC. ALTIUS mesurera l'abondance de l'O₃ depuis l'espace en observant la lumière du Soleil et d'autres étoiles absorbée par l'atmosphère. La mission est en phase de mise en œuvre dans le cadre du programme « Earth Watch » de l'ESA. L'IASB est responsable du développement des processeurs de «niveau 2» : les algorithmes qui récupèrent les informations sur l'O₃ à partir des données d'observation brutes.



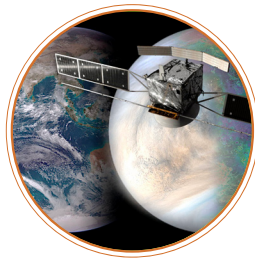
PICASSO: Adieu au CubeSat doré

PICASSO, la première mission CubeSat de l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique, s'est terminée en 2022. Elle a démontré la faisabilité de la télédétection atmosphérique et de la mesure in situ du plasma ionosphérique à l'aide d'un CubeSat et nous a apporté de précieux enseignements sur cette nouvelle technologie.



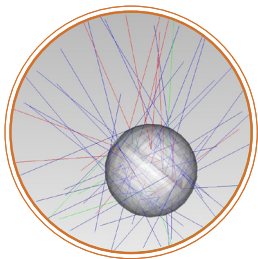
En haut, en bas, devant,
derrière, à gauche, à
droite ...
des particules chargées
partout

PROBA-3 est une mission de l'ESA (lancement prévu en 2024) qui consiste en deux satellites qui effectueront un vol en formation. 3DEES est un spectromètre à électrons embarqué à bord de l'un de ces satellites. La conception, la fabrication et le traitement de surface de la structure de l'instrument, ainsi que la qualification structurelle de cet instrument très compact ont été confiés au service Engineering de l'IASB.



L'ingénierie contribue
à ouvrir les fenêtres
nocturnes de Vénus

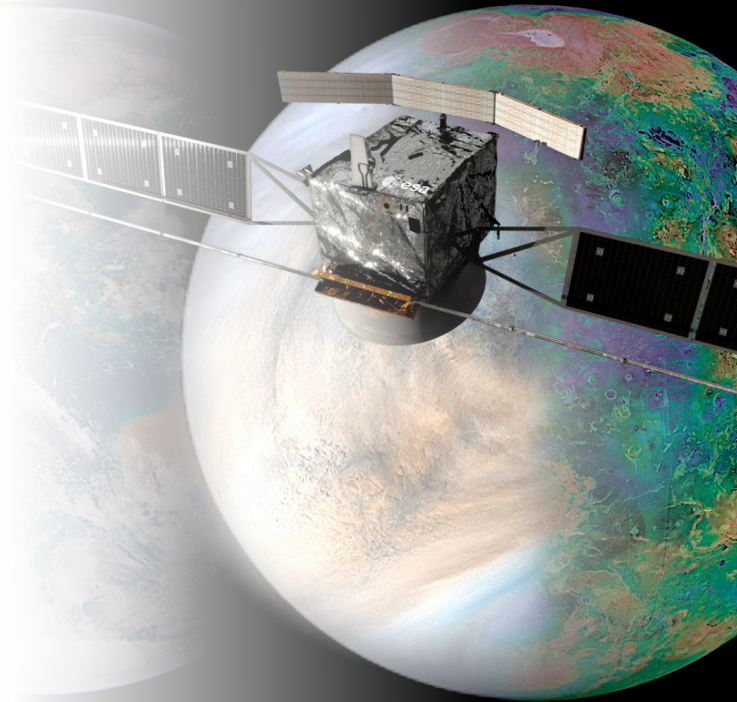
EnVision, le satellite de l'ESA qui partira en 2031, étudiera la planète Vénus depuis sa surface jusqu'à sa haute atmosphère. A son bord se trouve VenSpec-H, un spectromètre dont le développement est dirigé par l'IASB. VenSpec-H utilisera des fenêtres spectrales qui ne s'ouvrent que pendant la nuit, pour sonder la basse atmosphère de Vénus à travers les nuages. La basse atmosphère de Vénus est dominée par un effet de serre très prononcé, mais on ne connaît pas beaucoup de détails sur les processus atmosphériques qui s'y déroulent. Les scientifiques espèrent également trouver des parallèles avec l'effet de serre sur Terre.



Analyse de rayonnement pour l'instrument VenSpec-H de la mission EnVision

34

L'IASB développe un spectromètre pour Vénus à haute résolution (VenSpec-H) dans le cadre de la mission de l'ESA à destination de Vénus, EnVision. Pour ce faire, les scientifiques ont évalué l'impact des rayonnements sur l'instrument VenSpec-H en utilisant SPENVIS, le système d'information sur l'environnement spatial développé à l'IASB.



Développement
d'instruments au
sol et aéroportés :
science et
technologie



Suivre le Soleil... mais le faire
de façon compacte

«Suivre le Soleil» est un leitmotiv courant dans la recherche atmosphérique. La lumière du Soleil est donc cruciale pour étudier la composition de l'atmosphère avec un spectromètre optique. Au cours des deux dernières décennies, plusieurs pointeurs solaires ont été conçus, construits et exploités par l'IASB. La première génération doit maintenant être remplacée. Un mini pointeur solaire de deuxième génération est prêt à prendre la relève. Beaucoup plus compact et, surtout, plus apte à faire son travail dans les conditions climatiques difficiles qu'il va rencontrer.



La caméra NO₂

36

Il n'est pas rare que des technologies spatiales soient transférées à des applications terrestres ; la caméra NO₂ (dioxyde d'azote) en est un exemple. ALTIUS a fourni le concept instrumental, qui a été optimisé pour l'observation du NO₂ dans les panaches de fumées industrielles ou au-dessus des zones urbaines. La particularité de notre caméra NO₂ réside dans la combinaison de la télédétection et de l'imagerie. L'intérêt pour cette technologie augmente maintenant dans la communauté des scientifiques qui étudient la qualité de l'air. Un financement de l'ESA pour démontrer les capacités supplémentaires de cet instrument innovant a été obtenu.



Cartographie aérienne régulière du NO₂ au-dessus de Berlin et de Bucarest

L'IASB a équipé des avions de recherche en Allemagne et en Roumanie avec plusieurs versions de son instrument d'imagerie SWING. Nous avons utilisé ces dispositifs aéroportés pour produire des cartographies régulières du NO₂ au-dessus de Berlin et de Bucarest en 2021 et 2022. Ces mesures révèlent les émissions urbaines de NO_x à une haute résolution spatiale, permettant de distinguer certaines sources ponctuelles, telles que les centrales électriques, des sources plus diffuses du trafic et du chauffage, d'étudier les variations annuelles des flux de NO_x, et de valider le satellite de qualité de l'air TROPOMI.

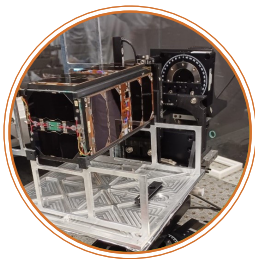


Belgian Radiometric Characterization Laboratory



Le projet MAJIS/JUICE, pour
l'observation de Jupiter et de
ses lunes glacées

Le Moons And Jupiter Imaging Spectrometer (MAJIS) est un instrument franco-italien embarqué à bord de la mission JUICE de l'ESA (lancement en avril 2023). Il est conçu pour étudier, de façon détaillée, l'atmosphère de Jupiter et de ces lunes glacées. MAJIS dispose de deux canaux, mesurant dans le VIS-NIR (visible et proche infrarouge) et l'IR (infrarouge). En 2021, le laboratoire belge de caractérisation radiométrique (B.RCLab) intégré à l'IASB a réalisé, avec succès, la caractérisation du détecteur de réserve (le « spare model », SM) à l'aide d'une installation radiométrique et de vide thermique très performante.



La caractérisation radiométrique d'INSPIRE-SAT 7, un nano-satellite français pour l'observation de la Terre et du Soleil

38

INSPIRE-SAT 7 est un nano-satellite français à 2 unités, faisant partie du programme INSPIRE (International Satellite Program In Research and Education). Il est entre autres dédié à l'observation en orbite de variables climatiques essentielles telles que l'éclairement solaire et le rayonnement réfléchi par la Terre. Il mesurera ainsi le bilan radiatif de la Terre. Un banc d'étalonnage radiométrique a été conçu par le Belgian Radiometric Characterization Laboratory (B.RCLab) intégré à l'IASB et utilisé en 2022 afin de caractériser les différents capteurs de INSPIRE-SAT 7.



A large background image showing an astronaut in a brown shirt and green pants working on a complex array of cables and equipment inside the International Space Station. The astronaut is wearing blue gloves and a watch. The equipment has various labels, including 'ESA' and 'NASA'.

Belgian User Support and Operations Centre



Un nouvel emplacement pour l'instrument ASIM

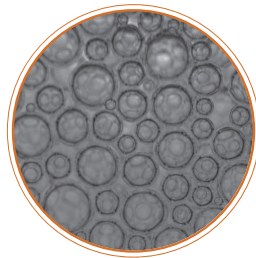
En décembre 2021, il était prévu que la mission de l'Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM) prenne fin et qu'elle cède sa place à une autre charge utile à l'extérieur du module Columbus à bord de la Station spatiale internationale (ISS). Mais grâce à ses excellentes performances scientifiques dans l'observation des charges électriques dans la haute atmosphère (sprites rouges ou jets bleus), l'ESA a décidé de la déplacer plutôt que de l'enlever. En très peu de temps, les équipes au sol ont surmonté tous les obstacles techniques et transformé la charge utile d'observation au nadir en une charge utile d'observation au limbe, produisant ainsi de nouvelles données scientifiques.



Gestion du Space Weather Service Network de l'ESA

40

Les conditions météorologiques solaires peuvent avoir, directement ou indirectement, des conséquences potentiellement dangereuses et soudaines pour certaines activités humaines dans l'espace ou sur Terre. Pour faciliter l'évaluation et l'atténuation de ces impacts, l'ESA a commencé à mettre en place un réseau de services de météorologie spatiale en 2008 afin de fournir des informations fiables et opportunes sur la météorologie spatiale à diverses communautés d'utilisateurs. Depuis février 2021, le B.USOC dirige un consortium de 52 équipes à travers l'Europe qui collaborent pour exploiter, développer et améliorer ce réseau.



Essais et problèmes du FSL et de ses conteneurs d'expérience

Ces dernières années, le Laboratoire des sciences des fluides à bord de l'ISS a enregistré de nombreux échanges d'échantillons et a vu défiler de nombreux conteneurs d'expériences. Début 2021, le conteneur d'expérience RUBI a été remplacé par le conteneur d'expérience SMD. Ce conteneur a étudié des échantillons de CompGran et de Foam-C, tous deux pour leur deuxième installation. Plus tard dans l'année, des problèmes de laser que même des coups de marteau bien placés n'ont pu résoudre ont entraîné une interruption des activités scientifiques pendant cinq mois. Les opérations ont pu reprendre en mars 2022 avec l'installation d'un nouveau conteneur et d'échantillons PASTA.



Dissémination
de connais-
sances, com-
munications et
éducation



A Touch of Space Weather:
projet de sensibilisation
pour les élèves malvoyants

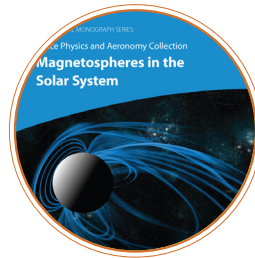
A Touch of Space Weather met la science de la météorologie spatiale entre les mains et les oreilles des élèves aveugles et malvoyants. Grâce à des ateliers et à un site web, les élèves peuvent explorer le Soleil, l'atmosphère et le champ magnétique de la Terre, les aurores boréales et d'autres sujets liés à la météorologie spatiale par le toucher et les sons. Le projet a développé des images tactiles pour les ateliers destinés aux enfants afin que ces derniers puissent visualiser la météo spatiale par le toucher. Il fournit également des tutoriels en ligne sur le site web et proposera bientôt des livrets audio.



MOMSTER, une station mobile de détection des météores pour l'éducation et la sensibilisation

42

L'IASB étudie les débris et les poussières qui proviennent de l'espace et qui pénètrent dans l'atmosphère terrestre. En collaboration avec la KU Leuven, le Planétarium de l'Observatoire royal de Belgique et l'International Polar Foundation, nous avons mis en place un projet éducatif appelé MOMSTER. Dans le cadre de ce projet, des élèves âgés de 16 à 18 ans font le travail de scientifiques en analysant sur ordinateur des images contenant des signaux radio provenant de météores. Avec leur professeur, ils étudient ainsi le système solaire, et plus particulièrement la poussière qu'il contient.



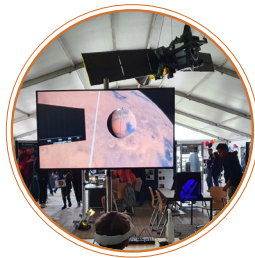
Un nouveau livre sur les magnétosphères de notre système solaire publié par Wiley

Un livre sur les magnétosphères de notre système solaire a été publié par Wiley pour l'American Geophysical Union. Les 47 chapitres de ce livre, édité par notre collègue de l'IASB Romain Maggiolo, présentent l'état actuel des connaissances sur les magnétosphères du système solaire. Il donne un aperçu complet des connaissances actuelles et des orientations futures de la recherche en physique magnétosphérique, depuis la mini-magnétosphères de Mercure jusqu'aux magnétosphères géantes de Jupiter et de Saturne.



Portes ouvertes à l'aéronomie : de l'espace pour le climat

Le dernier week-end de septembre 2022, le Pôle Espace a ouvert ses portes. Le thème de cette année, « De l'espace pour le climat », était une occasion de mettre en avant les recherches liées au climat, sans oublier les autres recherches menées dans notre institut. Les membres du personnel ont accueilli les visiteurs de tous âges, transmettant leur savoir et leur motivation pour les sciences de la Terre et de l'espace. Lors de ces portes ouvertes, une de nos scientifiques, Noel C. Baker, a réalisé une fresque en direct, qui illustre ce rapport annuel.



Atteindre tous nos publics

La diversité scientifique se reflète dans la diversité de nos publics et des sujets abordés. Au cours des deux dernières années, nous avons organisé un événement de réseautage pour l'industrie spatiale belge, une session académique pendant la Belgian Space Week et l'ouverture du Centre belge du climat. Les citoyens et les étudiants ne sont pas oubliés: nous leur proposons des informations et des formations; et nous les impliquons aussi directement dans de nombreux projets de recherche. Nous gardons toujours à l'esprit que tout le monde n'a pas facilement accès à la science.



Objectifs de l'Open Science et diffusion de l'Open Data

44 Conformément à la politique de l'UE en matière d'Open Science (rendre la science accessible à tous) et aux protocoles belges d'Open Data (rendre les données accessibles à tous), le département IT de l'IASB a développé une boîte à outils de visualisation qui améliore l'accessibilité aux données produites par notre institut. Celle-ci est utilisée dans les portails de données prototypes des contributions belges aux infrastructures de recherche de l'UE. En outre, l'IASB a développé une interface de programmation d'application basée sur la spécification OpenAPI, qui constitue la base des programmes de distribution de données financée par l'UE. L'API permet une distribution sans ambiguïté des données, en mettant l'accent sur la distribution de machine à machine.



**OPEN SCIENCE
DATA CATALOGUE**



L'IASB en chiffres (*)

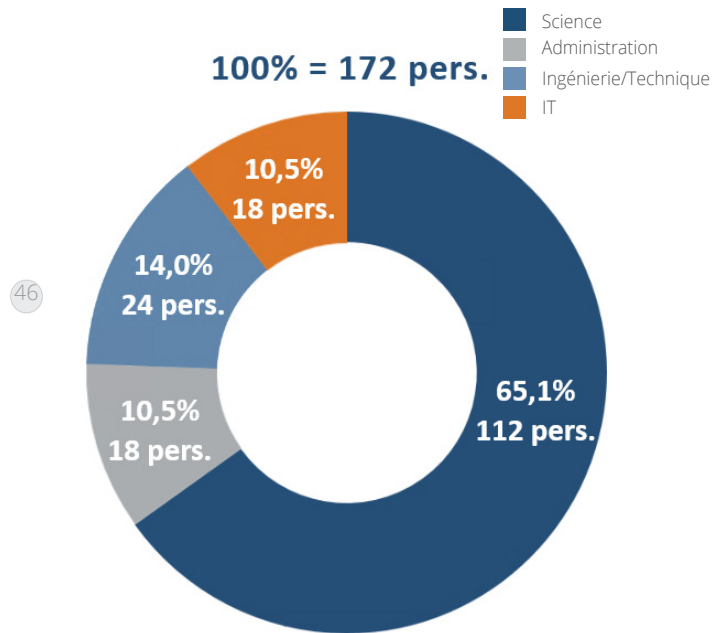
Entre 2020 et 2022 (soit depuis notre précédent rapport annuel), l'Institut n'a cessé de croître. Au 31 décembre 2022, un total de 172 collaborateurs (soit 160,95 ETP) travaillaient à l'Institut royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique. Nous pouvons les répartir en 4 grandes catégories : sciences (65%), administration (10,5%), ingénierie & technique (14%), et informatique (10,5%). En particulier, le nombre de doctorants a considérablement augmenté, passant de 8 fin 2020 à 15 fin 2022.

Outre les 172 employés mentionnés, de nombreuses autres personnes ont contribué au travail effectué à l'institut au cours de la période 2021-2022. Il s'agit de personnes sous contrat extérieur, comme par exemple 3 informaticiens sous contrat Egov, 2 personnes sous contrat FNRS et des scientifiques invités, ou encore des personnes ayant quitté l'institut au cours de ces 2 ans. Ils n'ont pas été inclus dans nos graphiques, mais vous trouverez leurs noms dans la liste p 56-58.

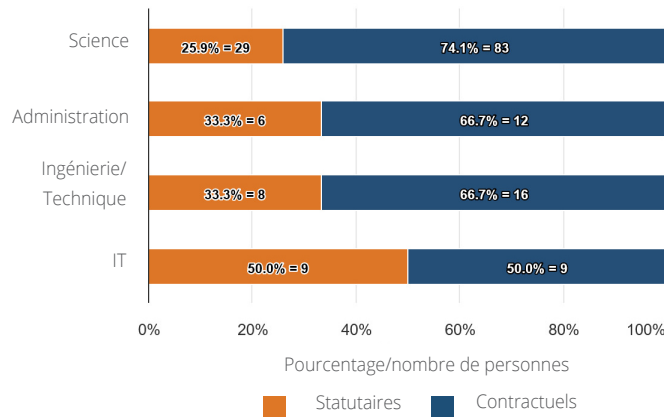
Plus d'informations peuvent être trouvées dans la version en ligne de ce rapport annuel.

** Toutes les statistiques de ce rapport d'activité sont calculées au 31 décembre de l'année concernée et sont basées sur les effectifs et non sur les ETP (équivalents temps plein).*

Répartition du personnel par catégorie (2022)

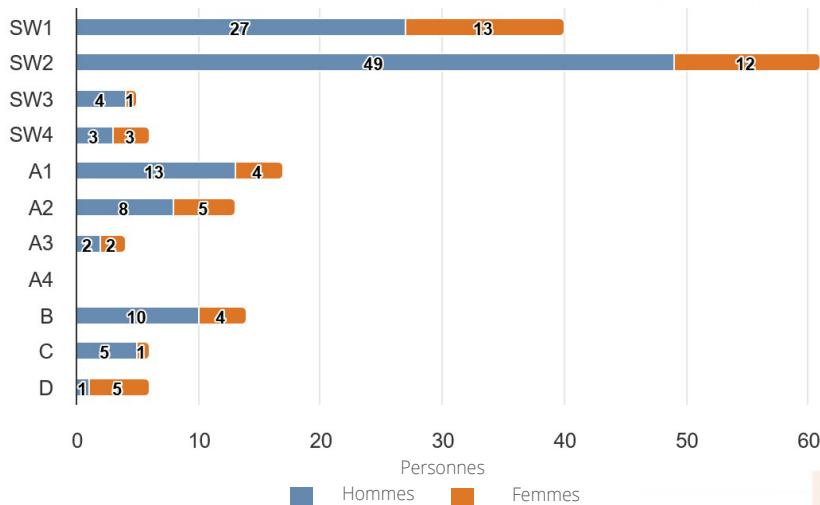


Répartition du personnel contractuel entre les différentes catégories (2022)

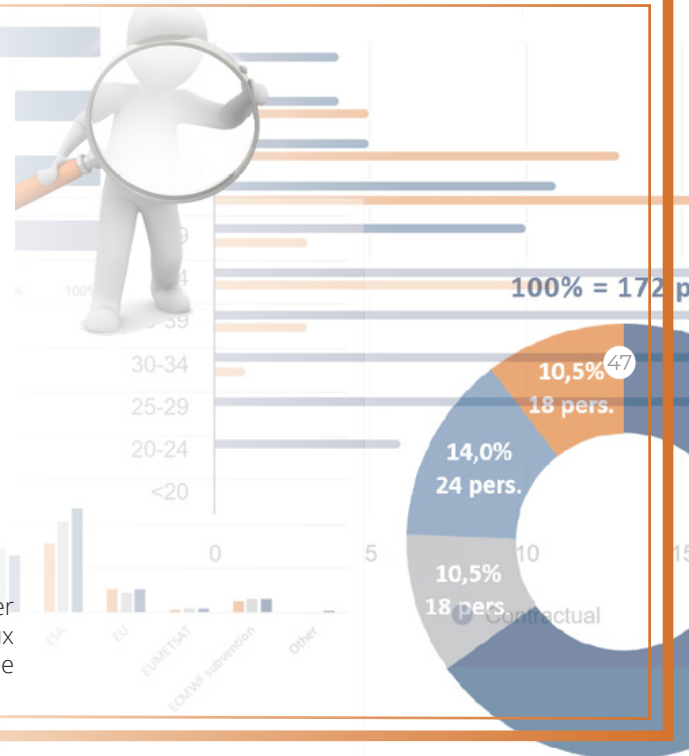


La proportion de personnel contractuel à l'IASB est en légère hausse. La part des contractuels est particulièrement importante parmi les scientifiques et atteint près de 75% : une hausse de 2%, passant de 72,1% fin 2020 à 74,1% fin 2022.

Répartition du personnel par niveau (2022)



Le personnel de l'IASB se compose à 85% de niveaux A et SW (niveau master ou supérieur), seulement 8% de niveau B (niveau bachelor) et 7% de niveaux inférieurs (C et D). Cette situation est directement liée aux missions de base de l'IASB, qui sont essentiellement axées sur la recherche et le développement.



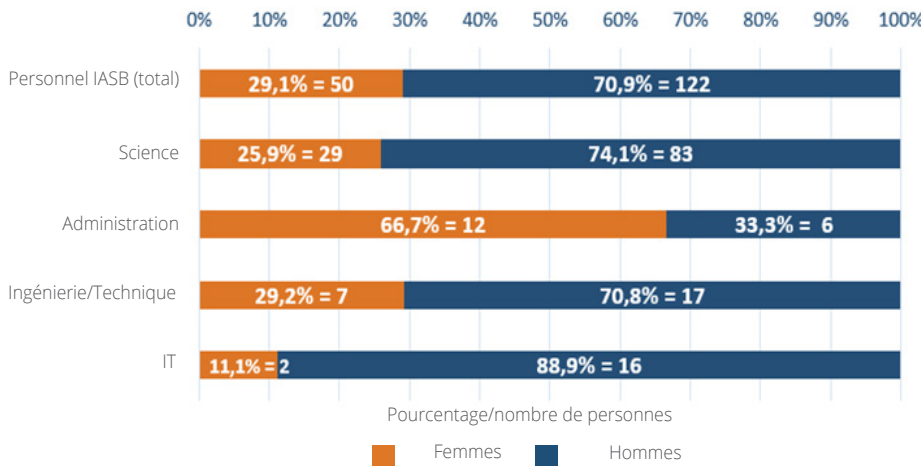
Diversité

A l'IASB, nous voulons promouvoir la sensibilisation à la diversité et encourager les mesures visant à ce que chacun d'entre nous se sente à l'aise et respectueux de la diversité sous toutes ses formes.

Genre

En réponse aux récentes règles européennes et fédérales, l'IASB a publié un Plan pour l'égalité des genres (GEP) assorti d'un plan d'action portant sur l'équilibre entre vie professionnelle et vie privée, le leadership, la progression de carrière, la recherche et l'enseignement, ainsi que sur les éventuelles violences sexistes en interne. Une équipe «genre et diversité» a été créée au sein de l'Institut pour mettre en œuvre ce plan d'égalité des sexes, mais aussi pour traiter d'autres aspects de la diversité.

Répartition du personnel par genre (2022)



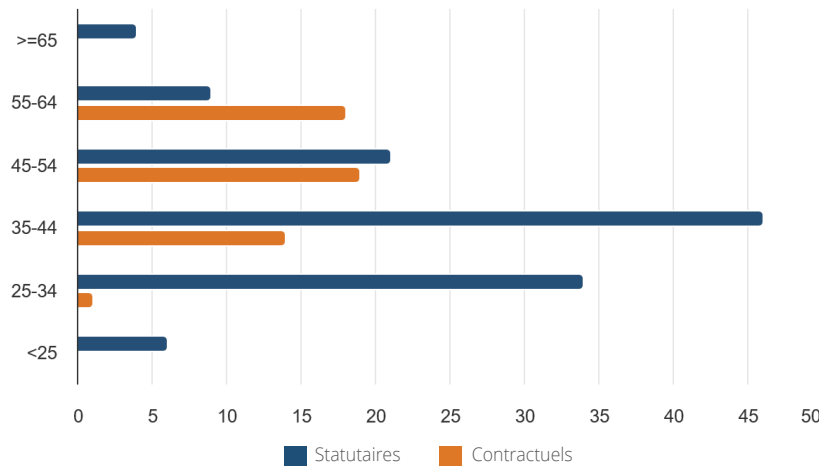
Nationalités

L'IASB est fier de sa reconnaissance internationale et de son environnement de travail. Les pays de naissance du personnel de l'institut donnent une bonne indication de la diversité des personnes que nous trouvons parmi nos collaborateurs : 49 des 172 membres du personnel sont d'origine étrangère. Ils sont nés dans 31 pays différents, représentés dans l'illustration. Certains vivent depuis longtemps en Belgique et ont même obtenu la nationalité belge. Fin 2022, 21% de notre personnel, soit 36 personnes avaient encore une nationalité étrangère, alors qu'il y a 10 ans, ce chiffre n'était que de 18% (28 personnes). Fin 2022, l'Institut accueillait 18 nationalités différentes (dont la nationalité belge).



Age

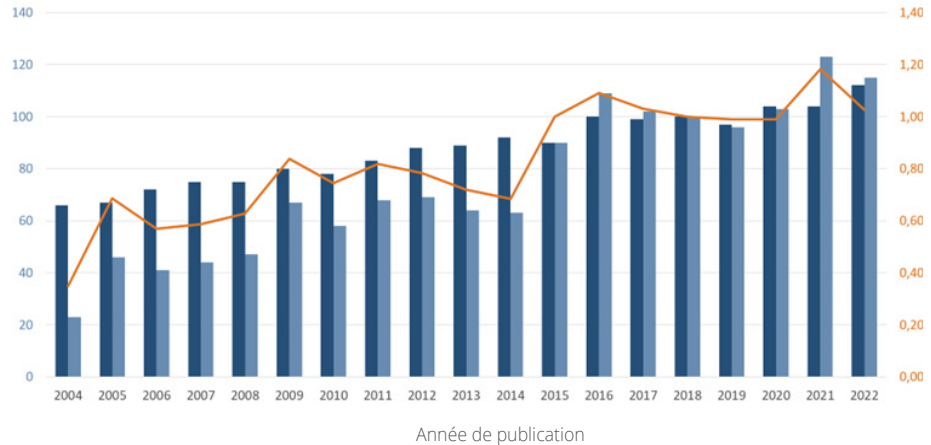
Le nombre croissant de doctorants au sein de IIASB entraîne un rajeunissement de la population ; toutefois, ce rajeunissement est limité au personnel contractuel. Le manque de ressources pour recruter du personnel statutaire entraîne une prédominance de personnes âgées de plus de 45 ans dans le personnel statutaire. L'essentiel du personnel (statutaire et contractuel confondus) se situe dans la tranche d'âge 35-44 ans, qui comprend principalement le personnel contractuel. Seule la tranche d'âge 55-64 ans est dominée par le personnel statutaire.



PUBLICATIONS

Sur la période 2021-2022, le personnel de l'IASB a (co-)signé 238 articles évalués par des pairs (123 en 2021 et 115 en 2022), ce qui correspond à une moyenne de plus d'une publication par scientifique et par an. Ce graphique montre la croissance significative du nombre de publications évaluées par les pairs par membre du personnel depuis 2004. Toutes les publications sont stockées dans le dépôt institutionnel fédéral en libre accès, Orfeo: <https://orfeo.belnet.be/>

- Nombre de scientifiques
- Nombre de publications peer-reviewed
- Publications peer-reviewed / scientifique



PROJETS ET BUDGETS DE RECHERCHE

L'IASB atteint un nombre record de projets de recherche en cours

52

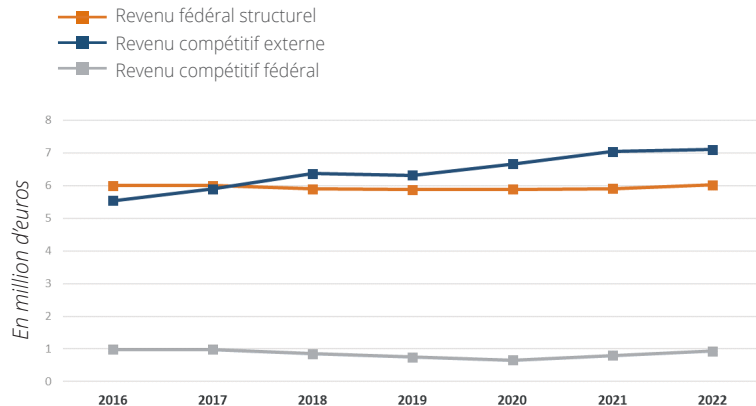
Le fait que la recherche de haute qualité soit primordiale à l'IASB est prouvé par la liste la plus récente des projets accomplis. Pas moins de 45 nouveaux projets ont été lancés au cours des deux dernières années (23 en 2021 et 22 en 2022). Là où certaines sources de financement ont disparu (FNRS, FWO), quelques nouveaux financeurs ont fait leur apparition : FPS VVVL, LOTTO, EURAMET. Une belle reconnaissance des efforts accomplis.

Source de financement	2020	2021	2022
Dotation	-	-	-
STCE	-	-	-
Revenu commercial	-	-	-
ESA	33	31	32
FNRS	3	2	0
PRODEX	12	14	15
Subvention fédérale	16	17	15
EU	10	11	10
EUMETSAT	2	2	3
ECMWF	5	8	4
FED-tWIN	1	3	5
FPS VVVL	0	1	1
LOTTO	0	1	1
EURAMET	0	0	1
TOTAL	82	90	87

Evolution lissée des revenus, moyens courants sur 4 ans

Les chercheurs de l'IASB déploient des efforts considérables pour obtenir des financements externes. Les ressources de recherche sont rares et la concurrence dans les appels à projets de R&D est féroce. Néanmoins, les chercheurs de l'IASB ont réussi à obtenir un budget de recherche record en 2021-2022. La position de nos chercheurs est ainsi renforcée et reconnue au niveau national et international.

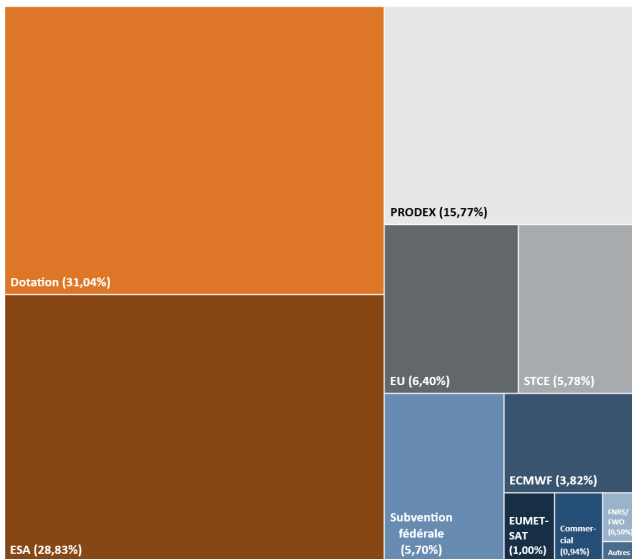
Comme nous travaillons avec des projets pluriannuels et les dépenses et revenus qui y sont liés, il est dangereux de comparer l'évolution des budgets sur une base annuelle. C'est pourquoi nous avons choisi de présenter des moyennes mobiles sur 4 ans, 4 ans étant la durée typique d'un projet de recherche, c'est-à-dire que 2022 représente ici le revenu moyen sur la période 2019-2022, 2021 la moyenne sur la période 2018-2021, etc. Il en va de même pour les chiffres sur les pages 54 et 55.



Sources de revenus (crédits de liquidation ; moyennes sur 4 ans)

Nous pouvons dire que le financement structurel du gouvernement, constitué de la dotation et du Centre d'excellence Soleil-Terre (STCE), représente environ un tiers de notre budget, et que le financement de l'ESA en représente un autre tiers. Le tiers restant du budget se compose pour moitié du financement PRODEX et pour moitié du financement de divers projets de R&D nationaux et européens. Hormis quelques variations annuelles, cette répartition reste relativement stable au fil des ans.

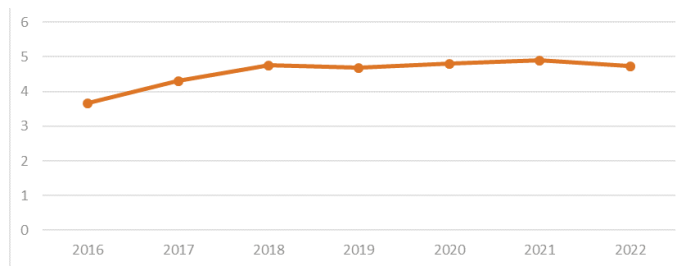
Répartition des sources de financement (moyenne 2019-2022)



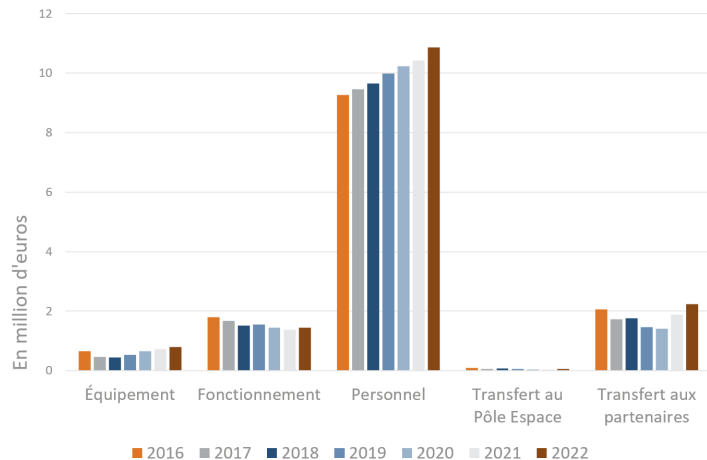
Dépenses

La grande majorité de nos dépenses (> 70 %) est consacrée au personnel. Ce coût augmente chaque année et provient de plus en plus de notre source structurelle de financement fédéral qui, comme nous l'avons vu plus haut, n'a pas augmenté en conséquence. Cela laisse moins de place pour l'engagement de personnel statutaire et nuit au fonctionnement de base de l'Institut.

Rapport entre la masse salariale et les coûts d'exploitation et d'équipement



Dépenses par catégorie en coûts absolus (moyenne mobile de 4 ans pour 2016-2022)



A background photograph of an outdoor social gathering with people seated at tables. An orange circle with a white border is centered on the page, containing the word 'Merci!'. A small white circle with the number '56' is located on the left side of the image.

Merci!

Alonso Tagle Maria Luisa
Amelynck Crist
Anciaux Michel
Aoki Shohei
Arijs Yenn Michel
Aubry Aurélien
Bacchini Fabio
Baker Noel Catherine
Balis Joachim
Bauwens Maïte
Beeckman Bram
Berkenbosch Sophie
Berthelot Antonin
Bevernaegie Jessica
Billot Pierre
Bingen Christine
Bjorklund Robin
Bogaert Pieter
Bogaerts Brigitte
Bolsée David
Bonnewijn Sabrina
Bosse Léo
Botek Edith

Brassine Ansje
Brenot Hugues
Brouckmans Kristien
Brun Nicolas
Bulcke Johan
Calders Stijn
Calegaro Antoine
Callewaert Sieglinde
Cardoen Pepijn
Cessateur Gael
Chabanski Sophie
Chabrillat Simon
Chakraborty Debdutta
Cierkens Jana
Cisneros Miriam
Clairquin Roland
Compernelle Steven
Counerotte Frédéric
Crosby Norma Bock
Cüneyt Nerovali
Da Pieve Fabiana
Daerden Frank
Darrouzet Fabien

De Brouwer Benedicte
De Cock Roderick
De Donder Erwin
De Grave Charlotte
de Harenne Christina
De Keyser Johan
De Mazière Martine
De Pauw Samuel
De Rudder Anne
De Smedt Isabelle
Debosscher Jonas
Dekemper Emmanuel
Demoulin Philippe
Depiesse Cédric
Desmet Filip
Dhooghe Frederik
Dierckxsens Mark
Dils Bart
Dimitropoulou Ermioni
Dohogne Yves
Dos Santos Pereira Nuno
Drochmans Philippe
Echim Marius

Egerickx Tom
Errera Quentin
Erwin Justin Tyler
Fabris Lorenzo
Fayt Caroline
Flimon Zachary
Floru Tom
Fonteyn Dominique
Franssens Ghislain
Fratta Stéphanie
Friedrich Martina
Fussen Didier
Gaffé Dominique
Gerard Pierre
Geunes Yves
Granville José
Gray Tramaine
Haumont Etienne
Helderweirt Anuschka
Hemerijckx Geert
Hendrick François
Hermans Christian
Heymans Carine

Hubert Daan
Iterbeke Philippe
Jacobs Lars
Kalb Nathalie
Keppens Arno
Kindarkhedia Dhiren Arvindkumar
Kruglanski Michel
Kumps Nicolas
Lambert Jean-Christopher
Lamort Lucie
Lamy Hervé
Langerock Bavo
Leclere Fabienne
Lefebvre Arnaud
Lefever Karolien
Lerot Christophe
Letocart Vincent
Liber Corentin
Litefti Karim
Maes Jeroen
Maggiolo Romain
Mahieux Arnaud
Martinez Tarin Ana

Massano Santos Cristina
Mateshvili Nina
Merlaud Alexis
Messios Neophytos
Mettepenningen Gytha
Mezhoud Sami
Michel Alice
Middernacht Michael
Minganti Daniele
Minion Jean Louis
Miron Octavian
Moreau Didier
Muller Alexis
Müller Jean-François
Nay Maité
Neary Lori
Neefs Eduard
Noel Christian
Oomen Glenn-Michael
Ooms Tim
Opacka Beata
Pauwels Dirk
Pawlak Jordan

Piccialli Arianna
Pieck Gerry
Piens Matthias
Pieroux Didier
Pierrard Viviane
Pinardi Gaia
Poraicu Catalina
Queirolo Claudio
Ranvier Sylvain
Rasoanaivo Aina
Rasson Olivier
Ristic Bojan
Robert Charles
Robert Séverine
Sall Massamba
Santos Branca Claudia
Sathiyananthan Viththakhan
Sayyed Umar
Schoon Niels
Sfendla Yasmine
Sha Mahesh Kumar
Simoni Rachel
Somers Tim

Sotiriadis Sotiris
Soumaré Ablaye
Stavrakou Trissevgeni
Sun Wenfu
Szabo Peter
Tack Frederik
Teunissen Jos
Theys Nicolas
Thomas Ian
Trompet Loïc
Van Damme Martin
Van Gent Jeroen
Van Laeken Lionel
Van Roozendaal Michel
Vandaele Ann Carine
Vandenbussche Sophie
Vanhamel Jurgen
Vanhellemont Filip
Vasquez Michel
Verbracke Fabian
Verhoelst Tijl
Verreyken Bert
Vervaelcke Sarah

Vigouroux Corinne
Viscardy Sébastien
Vispoel Bastien
Vlietinck Jonas
Voytenko Yuriy
Willame Yannick
Winant Alexandre
Yu Huan
Zhou Minqiang
Zychova Lenka





Cette brochure montre en un coup d'œil les projets passionnants dans lesquels l'IASB a participé en 2020-2021. Nous vous invitons à explorer ces sujets et à en apprendre davantage sur l'institut sur notre site internet :

www.aeronomie.be/rapportannuel



@bira_iasb



@IASB.BIRA



BIRA_IASB Aeronomy



@BIRA_IASB

This annual report is also available in English.

Dit jaarverslag is eveneens beschikbaar in het Nederlands.

