



HAL
open science

Enjeux socio-économiques et géopolitiques des observations depuis l'espace du sondeur atmosphérique IASI

Camille Viatte

► **To cite this version:**

Camille Viatte. Enjeux socio-économiques et géopolitiques des observations depuis l'espace du sondeur atmosphérique IASI. *L'Espace Politique*, 2024, 51-52. insu-04713453

HAL Id: insu-04713453

<https://insu.hal.science/insu-04713453v1>

Submitted on 29 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'Espace Politique

Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique

51-52 | 2023-3/2024-1

Géopolitique de l'espace extra-atmosphérique + Varia

Géopolitique de l'espace extra-atmosphérique

Espace(s) de la géopolitique

Enjeux socio-économiques et géopolitiques des observations depuis l'espace du sondeur atmosphérique IASI

The socio-economic and geopolitical implications of space-based observations of the IASI atmospheric sounder

CAMILLE VIATTE

Résumés

Français English

Les données spatiales, comme celle du sondeur infrarouge IASI, sont non seulement utilisées dans les études en sciences exactes mais peuvent aussi offrir des applications au-delà de la recherche fondamentale. Elles peuvent être exploitées pour suivre les panaches des volcans et fournir des informations en temps quasi réel pour l'aviation civile. Elles permettent également de surveiller les événements extrêmes comme les vagues de froid accompagnées de dommages agricoles, ou les canicules et les feux associés. Les événements extrêmes impactent la composition atmosphérique et ont une incidence sur la qualité de l'air à l'échelle locale, régionale et globale selon leur intensité. Les panaches de feux ou d'émissions volcaniques peuvent faire le tour du monde et bloquer le trafic aérien comme dans l'ensemble de l'Europe dans le cas du volcan Eyjafjallajökul en Islande en 2010, ou impacter la qualité de l'air, avec des risques sanitaires pour les populations dans le cas des feux notamment.

Les mesures de IASI sont également utilisées pour vérifier et améliorer les inventaires d'émissions de polluants qui sont parfois très incomplets, notamment pour l'ammoniac. L'amélioration de ses inventaires d'émissions permettent de mettre en place des réglementations plus efficaces concernant la réduction des émissions de polluants.

Cet article illustre les performances du sondeur IASI, embarqué sur les satellites de la série Metop depuis 2006, pour surveiller l'atmosphère terrestre en temps quasi réel afin d'apporter des informations utiles pour l'analyse de l'espace politique.

Space-based data, such as the IASI infrared sounder, used in physical science studies have applications beyond fundamental research. They can be used to track volcano plumes and provide near-real-time information for civil aviation. They can also be used to monitor extreme events such as cold spells accompanied by agricultural damage, or heatwaves and associated fires. Extreme events impact atmospheric composition and affect air quality on a local, regional and global scales, depending on their intensity. Plumes from fires or volcanic emissions can travel around the world and block air traffic, as in the case of the Eyjafjallajökul volcano in Iceland in 2010, or impact air quality, with health risks for populations in the case of fires in particular.

IASI measurements are also used to verify and improve pollutant emission inventories, which are sometimes very incomplete, particularly for ammonia. Improved emission inventories enable more effective regulations to be put in place to reduce pollutant emissions.

This article illustrates the performance of the IASI sounder, which has been on board Metop satellites since 2006, in monitoring the Earth's atmosphere in near-real time, providing useful information for geopolitical analysis.



Entrées d'index

Mots-clés : observations satellitaires, IASI, événements extrêmes, éruption volcaniques, feux, ammoniac
Keywords: satellite observations, IASI, extreme events, volcanic eruptions, fires, ammonia

Texte intégral

Introduction : l'instrument satellitaire IASI

- IASI est un Interféromètre Atmosphérique de Sondage dans l'Infrarouge¹ dédié à la météorologie opérationnelle² et la surveillance de la chimie atmosphérique et du climat³. C'est un instrument conçu par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et embarqué à bord de 3 satellites EUMETSAT de la série Metop. EUMETSAT est l'agence européenne de surveillance par satellite de la météorologie, du climat et de l'environnement depuis l'espace. Un premier instrument IASI a été lancé en 2006 à bord de Metop-A, puis un deuxième en 2012 à bord de Metop-B et un troisième a été lancé en 2018 à bord de Metop-C (Figure 1a). Les instruments IASI gravitent autour de la terre avec une orbite héliosynchrone à 817 km d'altitude pour réaliser des mesures de l'atmosphère partout dans le monde avec 14 orbites en une journée et un passage à 9h30 du matin et un vers 21h30 environ. Grâce à un balayage transversal toutes les 8 secondes de 48° par rapport à la trace du satellite, IASI a un champ de vision instantané d'environ 50 km x 50 km au nadir réalisé par une matrice de 2 x 2 pixels. Chaque pixel correspond à une empreinte au sol d'environ 12 km de diamètre au nadir (Figure 1b), ce qui est plus petit que les 14 km de son homologue américain AIRS (Atmospheric InfraRed Sounder) lancé en 2002 à bord du satellite Aqua.

Figure 1a. Orbites des 3 instruments IASI embarqués à bord de la série Metop

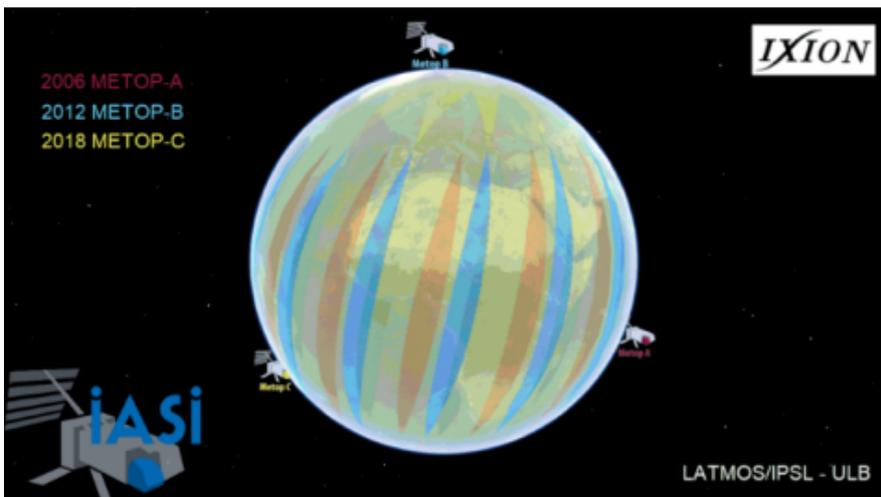
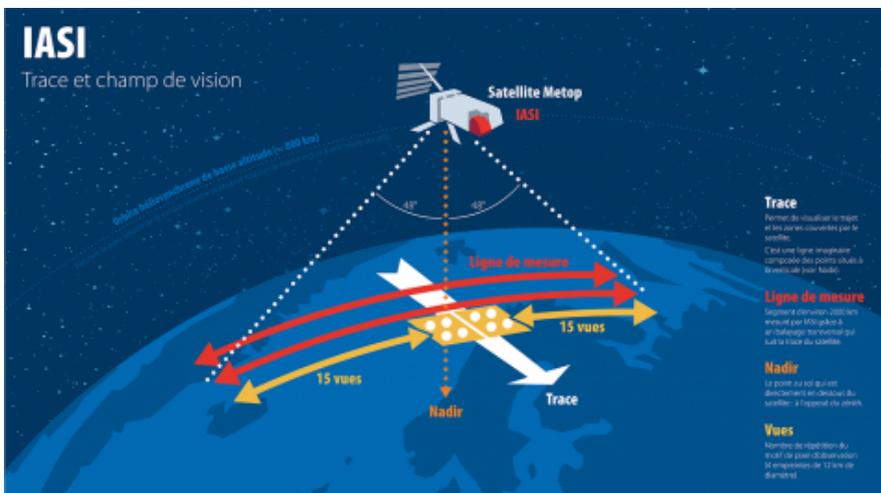


Figure 1b. Trace et champs de vision de IASI. crédit Gaëlle Katchourine



- Les instruments IASI ont été conçus, à l'origine, pour restituer les paramètres météorologiques de l'atmosphère avec une précision inégalée : précision relative de 10 % pour l'humidité relative et avec une précision absolue de 1 Kelvin (K) pour la température avec une résolution verticale de 1 km. Il a été établi que IASI est le meilleur sondeur météorologique jamais développé. Grâce à la



grande stabilité des radiances de IASI sur le long terme, il est devenu l'instrument de référence dans le système mondial d'inter-étalonnage des instruments satellitaires⁴ (Global Space-based Inter-Calibration System – GSICS). IASI mesure l'atmosphère partout dans le monde en une journée, ce qui constitue un grand jeu de données globales ; tandis que les stations sol et radiosondage vont fournir des mesures précises mais en quelques points du globe seulement. C'est pour cela que les données IASI représentent la principale source d'information pour élaborer les prévisions météorologiques en permettant d'affiner la localisation des zones pluvieuses et de mieux anticiper l'évolution des tempêtes, par exemple⁵.

3 Plus tard, les scientifiques se sont rendu compte qu'il était également possible de resituer la composition chimique de l'atmosphère à partir de ces observations. En effet, IASI permet de mesurer les concentrations atmosphériques de plus de 33 espèces chimiques impliquées dans les phénomènes de pollution et dans le changement climatique. On peut ainsi observer les concentrations des gaz émis par les industries, le trafic routier, l'agriculture, les volcans, et les feux de biomasses, entre autres.

4 La Terre émet naturellement du rayonnement infrarouge qui est modifié par l'absorption ou la diffusion des molécules et des particules présentes dans l'atmosphère. IASI mesure ce rayonnement infrarouge modifié sous formes de spectres. Chaque molécule présente dans l'atmosphère possède une signature spectrale spécifique résultant des transitions rotation-vibration lors de l'interaction rayonnement-matière. Dans ces spectres, chaque gaz a donc une signature propre : il absorbe toujours l'énergie de la même manière et est toujours à la même place dans le spectre, c'est comme leur empreinte digitale. Ces raies d'absorption peuvent être analysées pour en déduire la concentration du gaz présent dans l'atmosphère à l'instant de la mesure. Chaque instrument IASI réalise plus de 1 million de spectres soit 15 GB de données par jour.

5 IASI fournit des informations en quasi temps réel (moins de 3 heures après le passage du satellite), avec une excellente couverture géographique et avec une résolution spatiale assez bonne (12 km). Ces observations sont utilisées par les scientifiques pour étudier les concentrations et les variabilités de diverses molécules atmosphériques impliquées à la fois dans les phénomènes de pollution et dans le changement climatique. Les scientifiques qui suivent ces données en temps réel peuvent donc donner des alertes en cas d'évènement extrême.

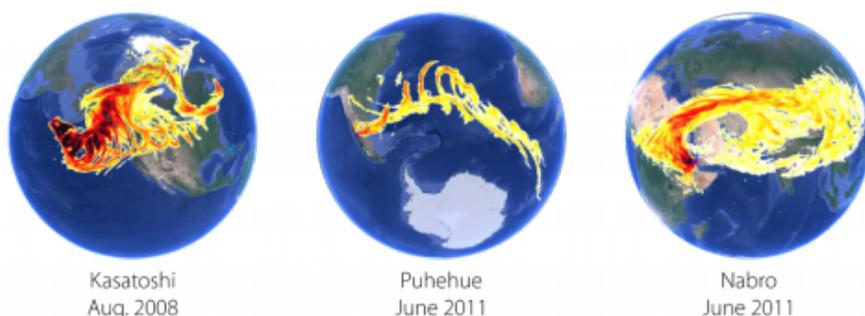
6 Les observations IASI (cartes et données) sont fournies au lendemain de la mesure, et sont accessibles à tous publiquement via le site de AERIS⁶.

Cet article se concentre sur les applications concrètes des observations IASI, notamment en termes de suivi d'éruptions volcaniques, de surveillance de l'ammoniac dans l'atmosphère, et d'évènements extrêmes comme les vagues de froid ou les feux de forêts associés aux vagues de chaleur.

Suivi des éruptions volcaniques

7 Les volcans constituent une source importante de dioxyde de soufre (SO₂) et de cendres dans l'atmosphère. Les fines particules de cendres émises lors des éruptions sont susceptibles d'endommager les moteurs et l'électronique des avions et de réduire la visibilité des pilotes^{7,8}. L'instrument satellitaire IASI mesure les concentrations de SO₂ ainsi que les cendres dans les fumées des volcans afin de permettre une alerte rapide aux avions qui sont amenés à croiser les panaches. Environ 60 des 550 volcans actifs entrent en éruption chaque année⁹. Les éruptions explosives qui injectent des aérosols dans la stratosphère, où ils stationnent longtemps, font plusieurs tours de la Terre et induisent rapidement (quelques semaines) une distribution planétaire.

Figure 2. Suivi des panaches de SO₂ issues d'éruptions volcaniques



Crédit Maya George et Lieven Clarisse.

La figure 2 montre des exemples de panaches des éruptions volcaniques majeures qui ont eu lieu

en août 2008 et en juin 2011 à différents endroits (Kasatoshi aux Etats-Unis, Puhehue au Chili, et Nabro en Erythrée) et qui ont pu être cartographiés grâce aux mesures de IASI. Avec son passage deux fois par jour au même endroit, il est possible de visualiser en quasi temps réel l'évolution spatio-temporelle des panaches volcaniques qui peuvent parfois être transportés loin de leurs zones géographiques d'origine.

9 En avril 2010, le volcan islandais Eyjafjallajökull entre en éruption et cloue au sol un grand nombre de vols en Europe. Le suivi des déplacements du nuage de SO₂ et de cendres a permis de délimiter les zones à risque pour l'aviation. Par conséquent, le Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales (LATMOS)¹⁰, en collaboration avec l'Université Libre de Bruxelles (ULB), a développé des outils pour exploiter les radiances de IASI dans le but de surveiller les activités volcaniques aussi bien de jour que de nuit, et ainsi assurer le suivi temporel des panaches volcaniques tout autour du globe. Le but étant de mettre en place un système d'alerte rapide afin de réduire les risques induits par ces panaches pour l'aviation (dommages sur les moteurs et les équipements de l'avion, et réduction de la visibilité pour les pilotes).

10 Lorsqu'il y a une signature significative de SO₂ dans les spectres de IASI qui s'apparente à une éruption, une alerte comprenant les informations nécessaires (latitude, longitude, et heure de la mesure) est automatiquement envoyée. Ces alertes sont transmises aux Centres d'information sur les cendres volcaniques (VAAC - Volcanic Ash Advisory Centers), de Toulouse et à celui de Londres¹¹. Ces centres sont intégrés à l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)¹² qui établit la faisabilité des vols. Ces alertes sont répertoriées et disponibles publiquement sur le site Web de l'Université libre de Bruxelles (ULB)¹³.

11 Cependant, les éruptions volcaniques peuvent entraîner des conséquences non seulement pour la sécurité aérienne, mais l'exposition à cette pollution atmosphérique peut avoir aussi des effets néfastes sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, ainsi que d'autres effets tels que l'irritation oculaire et cutanée¹⁴. Les panaches volcaniques peuvent imposer des évacuations et des confinements de populations à cause de la toxicité des gaz émanant comme en décembre 2021 aux Canaries lors de l'éruption longue du volcan Cumbre Vieja.

La surveillance continue et automatique des panaches volcaniques par les observations satellitaires constitue une application déterminante pour la sécurité aérienne et les enjeux sanitaires.

Surveillance de l'ammoniac dans l'atmosphère

12 L'ammoniac est un polluant principalement émit par le secteur agricole. Il est également un précurseur mal connu de particules fines, nocives pour la santé humaine¹⁵. Ce gaz contribue également aux changements climatiques, à l'acidification et l'eutrophisation des écosystèmes, en retombant au sol avec la pluie. Cependant c'est un gaz difficile à mesurer et les observations sont encore peu nombreuses actuellement.

13 Grâce aux mesures de IASI, les sources d'émissions locales d'ammoniac ont pu être cartographiées pour la première fois depuis l'espace¹⁶. En tout, 240 sources locales réparties dans 170 régions ont été identifiées à travers le monde. Les émissions d'ammoniac calculées à partir des observations satellitaires de IASI ont été comparées avec celles issues des inventaires d'émission. Ces travaux ont montré que les émissions provenant de ces sources étaient considérablement sous-estimées dans les inventaires actuels, et que deux tiers des sources ponctuelles identifiées par les observations IASI étant totalement absentes des inventaires. Cela montre qu'il est nécessaire de réévaluer les inventaires d'émissions d'ammoniac avec les mesures satellitaires disponibles pour contribuer à une meilleure évaluation des impacts environnementaux et atmosphériques et à la mise en place de stratégies efficaces de réduction des émissions de ce polluant.

14 Les mesures d'ammoniac de IASI peuvent également mettre en évidence des changements des sources locales dues à une modification de l'usage des sols, provoquée, par exemple, par le déplacement des populations lors de conflits, comme dans le cas de la guerre en Syrie¹⁷. La guerre civile syrienne a débuté en mars 2011 et a provoqué des bouleversements sociaux, politiques, économiques et environnementaux sur l'ensemble du pays. L'agriculture a été massivement touchée, ce qui a également affecté directement l'économie du pays. La crise a provoqué un déplacement massif de 13,2 millions de personnes à l'intérieur de la Syrie et vers d'autres pays. Naturellement, cela a entraîné des changements dans l'utilisation des terres, l'abandon ou l'expansion des terres cultivées et un effet direct sur les activités industrielles liées à l'agriculture, comme la production des engrais azotés.

15 Les observations satellitaires d'ammoniac de IASI ont permis d'examiner les changements survenus dans la région pendant le conflit. En outre, les effets de la guerre sur la variabilité habituelle de l'ammoniac dans l'atmosphère ont été évalués. Alors que le conflit est responsable de

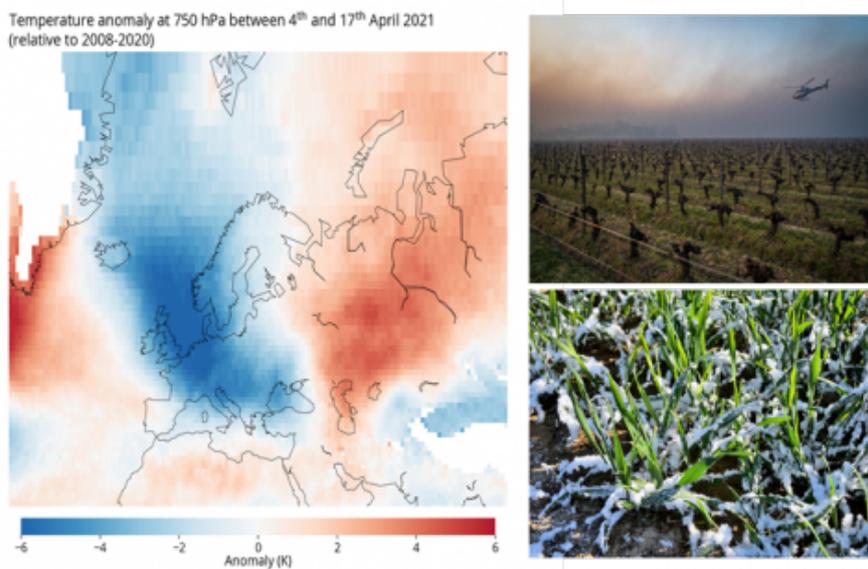


la réduction drastique des émissions d'ammoniac de certaines usines de production d'engrais, il est également responsable d'une augmentation des concentrations d'ammoniac dans le nord-est de la Syrie. En effet, la présence de l'État Islamique dans cette région entre 2013 et 2015 a modifié les pratiques agricoles et a contraint les agriculteurs à intensifier l'exploitation de leurs terres. Les données d'ammoniac acquises depuis l'espace peuvent aider non seulement à la surveillance, mais aussi à l'évaluation des changements socio-écologiques à différentes échelles comme l'illustre ce dramatique épisode de mutation de l'espace politique.

Vagues de froid, canicules, et épisodes de feux associés

- 16 Les mesures satellitaires de IASI permettent de suivre depuis l'espace à la fois l'évolution des températures atmosphériques et les épisodes de feux qui ravagent des régions entières. D'après le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le réchauffement climatique mène à l'augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée des événements extrêmes¹⁸. La détection d'événements extrêmes, comme les vagues de froid, les canicules et les épisodes de feu associés est cruciale pour évaluer et appréhender les impacts du changement climatique sur notre environnement.
- 17 En 2021, une vague de froid est apparue tardivement en avril en Europe de l'Ouest, ce qui a engendré beaucoup de dégâts, notamment dans le domaine de l'agriculture où la plupart des bourgeons déjà éclos ont été brûlés par le gel. Cet épisode a été reconnu « calamité agricole » par le ministère de l'Agriculture en France. En effet, les agriculteurs et viticulteurs ont dû mettre en place des actions fortes (feux, canons à chaleur, hélicoptères) afin de lutter contre cet épisode de gel d'avril le plus froid depuis 1947 (Figure 3). On voit sur cette figure qu'en Europe de l'Ouest et en Europe centrale, les températures enregistrées par IASI à cette période étaient 6 degrés plus basses comparativement à la même période moyennée entre 2008-2020. En revanche, en Europe de l'Est, les températures étaient supérieures de 3 ou 4 degrés par rapport aux années précédentes.

Figure 3. Anomalie de température observée par IASI à 750 hPa (environ 3 km d'altitude) en Europe entre le 4 et le 17 avril 2021, par rapport à la moyenne 2008-2020



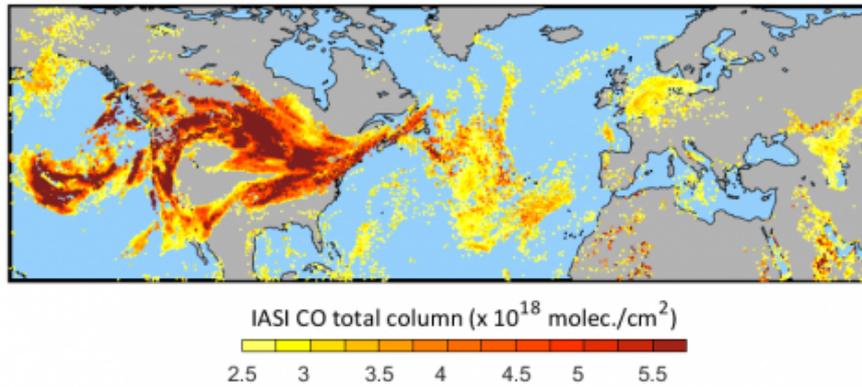
Credit Marie Bouillon.

- 18 La canicule survenue en août 2020 a engendré des feux intenses qui ont ravagé plus de 3 000 kilomètres carrés de terre en Californie. Grâce à IASI, on peut mesurer les concentrations de monoxyde de carbone (CO) qui est un bon traceur de feu et qui permet de suivre les fumées des feux tout autour du globe. La Figure 4 montre les concentrations de monoxyde de carbone (CO) mesurées le 14 septembre 2020 à partir desquelles nous pouvons déterminer les démarrages des feux en Californie et le transport des panaches de fumée au-dessus des Etats-Unis et même de l'océan Atlantique. La détérioration de la qualité de l'air due aux incendies en Californie a provoqué la mort directe de 3 000 personnes.

Figure 4. Concentrations de monoxyde de carbone (CO) issues des observations de IASI le 14 septembre 2020 lors des incendies de Californie



CO 2020 09 14 day+night

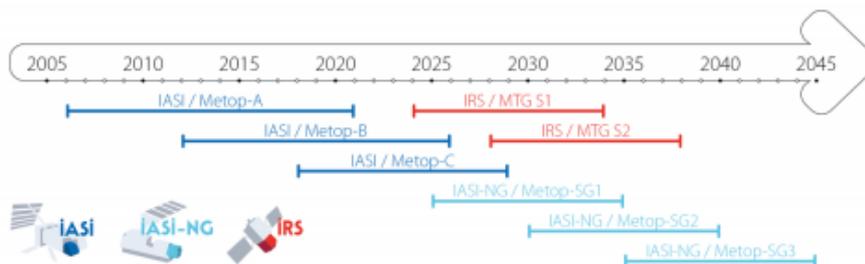


Crédit Maya Georges.

Conclusions et perspective

- 19 Les satellites ont apporté une contribution déterminante pour la surveillance des événements extrêmes. La mission IASI, qui perdure depuis 2006, permet de surveiller les paramètres météorologiques, ainsi que la composition chimique de l'atmosphère tout autour de la Terre. Avec l'analyse des variabilités spatio-temporelles des 33 gaz et aérosols observés avec IASI, la constitution de longues séries temporelles de plusieurs variables climatiques essentielles (températures, humidité,...) et de polluants permet de quantifier la pollution atmosphérique et étudier le changement climatique.
- 20 Des applications directes existent dans le domaine socio-économique telles que la détection automatique de panache volcaniques, le suivi des fumées de feux, la surveillance d'évènements extrêmes et l'évaluation des inventaires d'émissions. L'analyse des mesures de IASI en quasi temps réel permet de fournir des informations utiles aux politiques publiques afin d'éviter les dangers des éruptions volcaniques pour l'aviation civile, d'évaluer l'impact du changement climatique sur l'occurrence et l'intensité des événements extrêmes, d'évaluer l'impact des changements de l'usage des sols sur les émissions de polluants, et de mettre en place des réglementations efficaces de réductions d'émissions de polluants.

Figure 5. Calendrier des missions satellitaires IASI, IASI-NG, et IRS entre 2005 et 2045



Crédit Gaëlle Katchourine

- 21 La continuité de la mission IASI est assurée avec les instruments IASI-Nouvelle Génération (IASI-NG) et IRS (InfraRed Sounder) dont les lancements sont prévus à partir de 2024 sur les satellites Metop de deuxième génération (METOP-SG) et Météosat troisième génération (MTG) (Figure 5). Ses instruments auront une résolution spectrale plus fine (divisée par deux pour IASI-NG par rapport à IASI), un excellent rapport signal sur bruit (facteur deux pour IASI-NG par rapport à IASI), et d'une meilleure résolution spatio-temporelle de IRS (mesures toutes les 30 minutes au-dessus de l'Europe pour IRS au lieu de deux fois par jour pour IASI, avec un pixel de 4 km x 4km pour IRS au lieu de 12 km pour IASI). L'analyse des mesures de ces sondeurs produira plus de 40 ans d'observations homogènes de l'atmosphère, ce qui permettra d'enrichir les recherches scientifiques et de développer davantage les applications concrètes des observations satellitaires sur les enjeux socio-économiques.

Bibliographie



Blumstein, B., et al.: IASI instrument: technical overview and measured performances, Proc. SPIE 5543, Infrared Spaceborne Remote Sensing XII, <https://doi.org/10.1117/12.560907>, 2004.

Coopmann, O., et al.: Update of Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) channel selection with correlated observation errors for numerical weather prediction (NWP), *Atmos. Meas. Tech.*, 13, 2659–2680, <https://doi.org/10.5194/amt-13-2659-2020>, 2020.

Clerbaux, C., et al. : : Monitoring of atmospheric composition using the thermal infrared IASI/MetOp sounder, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 6041–6054, <https://doi.org/10.5194/acp-9-6041-2009>, 2009.

Hewison, T. J., Wu, X., Yu, F., Tahara, Y., Hu, X., Kim, D., & Koenig, M. (2013). GSICS inter-calibration of infrared channels of geostationary imagers using Metop/IASI. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(3), 1160–1170. <https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2238544>

Guidard, V., Fourrié, N., Brousseau, P. and Rabier, F. (2011), Impact of IASI assimilation at global and convective scales and challenges for the assimilation of cloudy scenes. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137 : 1975-1987. <https://doi.org/10.1002/qj.928>

<https://iasi.aeris-data.fr>

RIVET F. : « 14 au 21 avril 2010 : fermeture de l'espace aérien européen », *Outre-Terre*, 2013/1-2 (n° 35-36), p. 61-76. DOI : <https://doi.org/10.3917/oute.035.0061>. URL : <https://www.cairn.info/revue-outre-terre4-2013-1-page-61.htm>

Chen, W. R. and Zhao, L. R.: Review – Volcanic Ash and its Influence on Aircraft Engine Components, *Procedia Eng.*, 99, 795–803, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.604>, 2015.

Schmincke, HU. (2004). Volcanic Hazards, Volcanic Catastrophes, and Disaster Mitigation. In: *Volcanism*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-18952-4_13

LATMOS (UMR 8190 CNRS/UVSQ/Sorbonne Université) <https://www.latmos.ipsl.fr/index.php/fr/>

Site du VAAC Toulouse : <http://vaac.meteo.fr>

https://www.icao.int/about-icao/pages/fr/foundation-of-icao_fr.aspx

<http://cpm-ws4.ulb.ac.be/Alerts/index.php>

Stewart, C., Damby, D.E., Horwell, C.J. et al. Volcanic air pollution and human health: recent advances and future directions. *Bull Volcanol* 84, 11, <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01513-9>, 2022.

Sutton, M. A., Oenema, O., Erisman, J. W., Leip, A., Grinsven, H., & Winiwarter, W.: Too much of a good thing. *Nature*, 472 (7342), 159–161. <https://doi.org/10.1038/472159a>, 2011.

Van Damme, M., Clarisse, L., Whitburn, S., Hadji-Lazaro, J., Hurtmans, D., Clerbaux, C. and Coheur, P.-F.: Industrial and agricultural ammonia point sources exposed, *Nature*, 564(7734), 99–103, doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0747-1>, 2018.

Rimal Abeed, Cathy Clerbaux, Lieven Clarisse, Martin van Damme, Pierre-François Coheur, et al., A space view of agricultural and industrial changes during the Syrian civil war. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2021, 9 (1), pp.0043. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.000041>. insu-0349427

Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Eds Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>.

Notes

1 Blumstein, B., et al.: IASI instrument : technical overview and measured performances, *Proc. SPIE* 5543, *Infrared Spaceborne Remote Sensing XII*, <https://doi.org/10.1117/12.560907>, 2004.

2 Coopmann, O., et al.: Update of Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) channel selection with correlated observation errors for numerical weather prediction (NWP), *Atmos. Meas. Tech.*, 13, 2659–2680, <https://doi.org/10.5194/amt-13-2659-2020>, 2020.

3 Clerbaux, C., et al. : : Monitoring of atmospheric composition using the thermal infrared IASI/MetOp sounder, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 6041–6054, <https://doi.org/10.5194/acp-9-6041-2009>, 2009.

4 Hewison, T. J., Wu, X., Yu, F., Tahara, Y., Hu, X., Kim, D., & Koenig, M. (2013). GSICS inter-calibration of infrared channels of geostationary imagers using Metop/IASI. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(3), 1160–1170. <https://doi.org/10.1109/tgrs.2013.2238544>

5 Guidard, V., Fourrié, N., Brousseau, P. and Rabier, F. (2011), Impact of IASI assimilation at global and convective scales and challenges for the assimilation of cloudy scenes. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137 : 1975-1987. <https://doi.org/10.1002/qj.928>

6 <https://iasi.aeris-data.fr>

7 RIVET F. : « 14 au 21 avril 2010 : fermeture de l'espace aérien européen », *Outre-Terre*, 2013/1-2 (n° 35-36), p. 61-76. DOI : <https://doi.org/10.3917/oute.035.0061>. URL : <https://www.cairn.info/revue-outre-terre4-2013-1-page-61.htm>

8 Chen, W. R. and Zhao, L. R.: Review – Volcanic Ash and its Influence on Aircraft Engine Components, *Procedia Eng.*, 99, 795–803, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.604>, 2015.

9 Schmincke, HU. (2004). Volcanic Hazards, Volcanic Catastrophes, and Disaster Mitigation. In: *Volcanism*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-18952-4_13

10 LATMOS (UMR 8190 CNRS/UVSQ/Sorbonne Université) <https://www.latmos.ipsl.fr/index.php/fr/>

11 Site du VAAC Toulouse : <http://vaac.meteo.fr>

12 https://www.icao.int/about-icao/pages/fr/foundation-of-icao_fr.aspx

13 <http://cpm-ws4.ulb.ac.be/Alerts/index.php>



14 Stewart, C., Damby, D.E., Horwell, C.J. *et al.* Volcanic air pollution and human health: recent advances and future directions. *Bull Volcanol* 84, 11, <https://doi.org/10.1007/s00445-021-01513-9>, 2022.

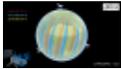
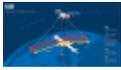
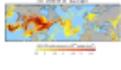
15 Sutton, M. A., Oenema, O., Erisman, J. W., Leip, A., Grinsven, H., & Winiwarter, W.: Too much of a good thing. *Nature*, 472 (7342), 159–161. <https://doi.org/10.1038/472159a>, 2011.

16 Van Damme, M., Clarisse, L., Whitburn, S., Hadji-Lazaro, J., Hurtmans, D., Clerbaux, C. and Coheur, P.-F.: Industrial and agricultural ammonia point sources exposed, *Nature*, 564(7734), 99–103, doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0747-1>, 2018.

17 Rimal Abeed, Cathy Clerbaux, Lieven Clarisse, Martin van Damme, Pierre-François Coheur, et al., A space view of agricultural and industrial changes during the Syrian civil war. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 2021, 9 (1), pp.0043. <https://doi.org/10.1525/elementa.2021.000041>. insu-0349427

18 Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Eds Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>.

Table des illustrations

| | |
|---|--|
|  | Titre Figure 1a. Orbites des 3 instruments IASI embarqués à bord de la série Metop |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-1.png |
| | Fichier image/png, 202k |
|  | Titre Figure 1b. Trace et champs de vision de IASI. crédit Gaëlle Katchourine |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-2.png |
| | Fichier image/png, 528k |
| | Titre Figure 2. Suivi des panaches de SO ₂ issues d'éruptions volcaniques |
|  | Crédits Crédit Maya George et Lieven Clarisse. |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-3.png |
| | Fichier image/png, 683k |
| | Titre Figure 3. Anomalie de température observée par IASI à 750 hPa (environ 3 km d'altitude) en Europe entre le 4 et le 17 avril 2021, par rapport à la moyenne 2008-2020 |
|  | Crédits Credit Marie Bouillon. |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-4.png |
| | Fichier image/png, 649k |
| | Titre Figure 4. Concentrations de monoxyde de carbone (CO) issues des observations de IASI le 14 septembre 2020 lors des incendies de Californie |
|  | Crédits Crédit Maya Georges. |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-5.png |
| | Fichier image/png, 144k |
| | Titre Figure 5. Calendrier des missions satellitaires IASI, IASI-NG, et IRS entre 2005 et 2045 |
|  | Crédits Crédit Gaëlle Katchourine |
| | URL http://journals.openedition.org/espacepolitique/docannexe/image/12657/img-6.png |
| | Fichier image/png, 88k |

Pour citer cet article

Référence électronique

Camille Viatte, « Enjeux socio-économiques et géopolitiques des observations depuis l'espace du sondeur atmosphérique IASI », *L'Espace Politique* [En ligne], 51-52 | 2023-3/2024-1, mis en ligne le 20 septembre 2024, consulté le 29 septembre 2024. URL : <http://journals.openedition.org/espacepolitique/12657>

Auteur

Camille Viatte

Physicienne, chercheuse à Sorbonne Université au Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales
Camille.viatte@latmos.ipsl.fr



Droits d'auteur



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

