

BULLETIN DE L'OMM SUR LES AÉROSOLS

OBSERVATIONS INTÉGRÉES SUR LES AÉROSOLS ATMOSPHÉRIQUES

Les aérosols d'origine volcanique

Le secteur aéronautique et les spécialistes de la modélisation du climat portent un grand intérêt aux particules rejetées dans l'atmosphère par les volcans. L'éruption survenue en Islande (figure 1) a mis en relief la nécessité de mieux cerner les modes de dispersion de ces aérosols et l'utilité des avis de nuages volcaniques pour la sécurité aérienne. D'autre part, l'efficacité de l'action engagée au titre de l'Accord de Paris repose en partie sur une connaissance approfondie du système climatique. L'incidence des aérosols sur le climat est très incertaine. Les aérosols d'origine volcanique sont l'une des sources de soufre dans la haute troposphère, dont l'effet éventuel de refroidissement reste à quantifier. Ce troisième numéro du *Bulletin* traite des avancées survenues récemment dans les domaines de la surveillance et de la modélisation des cendres volcaniques et des aérosols apparentés. Il s'appuie sur les travaux menés à bien dans ce domaine par le Programme de la Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM, en étroite collaboration avec l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI) et d'autres partenaires. On y présente le perfectionnement de la technologie lidar, le système d'alerte GALION, l'initiative de comparaison des produits de prévision des cendres volcaniques et le dispositif de veille des volcans le long des voies aériennes internationales.

Bref rappel sur les aérosols d'origine volcanique

Petites particules en suspension dans l'atmosphère, les aérosols sont des constituants importants de cette dernière. Ils influent sur le climat, la santé humaine et l'activité de nombreux secteurs économiques. La recherche sur le changement climatique a ciblé les particules d'origine anthropique (essentiellement dégagées lors de la combustion de matières fossiles), mais il convient d'étudier aussi les aérosols d'origine naturelle (poussière, sel marin et cendres émises par les volcans et les incendies) qui sont souvent présents en grande quantité.

Les éruptions volcaniques augmentent la quantité d'aérosols directement en rejetant des cendres et d'autres particules naturelles, et indirectement en dégagant du soufre qui forme des aérosols sulfatés par condensation. Les cendres ne restent pas longtemps dans l'atmosphère en raison de leur taille; il en va autrement pour les petites



Figure 1. Éruption de l'Eyjafjöll (Islande) le 16 avril 2010.

particules de soufre qui peuvent refroidir nettement le climat, surtout si les gaz volcaniques s'élèvent jusqu'à la basse stratosphère. Faute de nuages et de processus d'élimination à cette altitude, la durée de vie des aérosols sulfatés peut atteindre des années aux basses latitudes.

C'est pourquoi les grandes éruptions volcaniques ont souvent un effet de refroidissement marqué pendant deux ou trois ans – comme ce fut le cas en 1992 et 1993 après l'éruption du mont Pinatubo l'année précédente (Robock, 2000). La libération continue de gaz dans la troposphère abaisse les températures régionales par des mécanismes directs et indirects (les aérosols sulfatés étant d'excellents noyaux de condensation des nuages). La qualité de l'air et la visibilité en sont réduites, tout comme la sécurité de la circulation aérienne.

Observer les aérosols volcaniques au moyen de lidars

La technologie lidar (détection et localisation par la lumière)

Les lidars au sol offrent un excellent moyen de suivre la dispersion des nuages volcaniques dans l'atmosphère. Ils produisent des images à partir d'un faisceau de lumière émis dans l'ultraviolet, le visible ou le proche infrarouge. Ils peuvent être placés près de la source, où ils mesurent principalement la hauteur du panache, ou à grande distance, où ils recueillent des données sur la dispersion du nuage. Les observations présentent un intérêt beaucoup plus grand quand elles proviennent de réseaux qui fonctionnent de manière coordonnée. Les réseaux de lidars sont essentiels pour étudier les aérosols à grande échelle, y compris les phénomènes de transport et de transformation. Complétés par les images de satellites, les relevés coordonnés au sol sont précieux pour suivre le phénomène dans le temps et dans l'espace.

La première mesure des aérosols par lidar a lieu à la fin de l'année 1966, mais la technologie sera peu utilisée en recherche les décennies suivantes. Ce n'est qu'après l'éruption du mont Pinatubo aux Philippines en 1991 que les scientifiques envisageront de s'en servir pour étudier les nuages de cendres volcaniques dans la stratosphère. Les études préliminaires de l'événement entraîneront une multiplication des articles et citations sur l'observation des aérosols par lidars et un élargissement du recours à ces méthodes et données.

De même, la grave perturbation de la circulation aérienne causée en 2010 par l'éruption de l'Eyjafjöll en Islande a sans doute marqué l'ouverture d'une ère nouvelle. L'observation des aérosols par lidar étant alors très au point, les chercheurs ont pu fournir presque sans discontinuer les mesures effectuées au-dessus de l'Europe (maturité de la technologie), transmettre des informations utiles aux décideurs à partir de relevés en temps quasi réel (maturité de la communication) et procurer aux autres utilisateurs scientifiques des produits sur mesure (maturité de la science).

Différents instruments permettent aujourd'hui d'analyser les propriétés des aérosols, du simple lidar à rétrodiffusion élastique aux instruments plus complexes et élaborés que sont le lidar Raman à plusieurs longueurs d'onde ou le lidar à haute résolution spectrale (HSRL). Tous offrent la possibilité de surveiller la répartition spatiale et temporelle des particules rejetées par les volcans jusqu'à la haute troposphère et la basse stratosphère. Ils indiquent les caractéristiques dynamiques et, dans certains cas, microphysiques des aérosols.

Plus la technique employée est élaborée, plus l'information obtenue est complète. Le lidar le plus simple mesure les paramètres géométriques (sommet et base) de la couche d'aérosols et quelques propriétés optiques. Un lidar perfectionné (Raman ou HSRL) procure plus de données quantitatives sur les propriétés optiques des particules (rapport lidar, profils des coefficients de rétrodiffusion et d'atténuation, etc.). Des algorithmes numériques permettent ensuite de déduire les propriétés microphysiques des aérosols (forme, taille, indice de réfraction) à partir des caractéristiques spectrales mesurées par ces appareils.

Les lidars fournissent donc des informations sur les propriétés optiques et microphysiques des aérosols qui sont très utiles à la recherche sur le climat et sur la qualité de l'air.

Le Programme de la VAG a notamment pour objectif d'étudier les aérosols dans les quatre dimensions du temps et de l'espace. D'intenses activités sont menées dans ce cadre afin de déterminer la répartition spatio-temporelle des propriétés des aérosols, en rapport avec le forçage du climat et la qualité de l'air, à des échelles temporelles allant jusqu'à plusieurs décennies. On a estimé que la création d'un réseau mondial de lidars revêtait une importance stratégique pour ce faire. Quoique le réseau au sol d'observation des propriétés des aérosols soit solidement implanté au sein de la VAG et qu'un programme ait été lancé pour coordonner les réseaux d'héliophotomètres qui mesurent les propriétés optiques sur la colonne totale, la composante verticale n'est toujours pas couverte.

Le Réseau d'observation lidar des aérosols relevant de la VAG (GALION) doit donner la capacité d'observer la répartition quadridimensionnelle des principaux paramètres des aérosols à l'échelle du globe (rapport No 178 de la VAG, OMM 2007).

Le réseau GALION procurera la composante verticale grâce à un ensemble mondial de stations au sol dotées d'équipements perfectionnés de télédétection par laser. Il réunit les installations lidars qui alimentent déjà la VAG: Réseau asiatique de lidars d'observation des poussières et des aérosols, Réseau lidar d'Amérique latine, Réseau lidar de surveillance des aérosols et de l'ozone atmosphérique dans les régions de la Communauté d'États indépendants, Réseau européen de lidars de recherche sur les aérosols (EARLINET), Réseau de lidars à micro-impulsions, Réseau de détection des modifications dans

la composition de l'atmosphère, Réseau lidar du Centre coopératif scientifique et technique de télédétection relevant de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA) et Réseau canadien de lidars opérationnels pour l'étude des aérosols.

Observations GALION des particules volcaniques

Les éruptions à caractère explosif sont des événements brusques et imprévisibles qui peuvent avoir des effets jusque dans la haute troposphère et la basse stratosphère sur l'ensemble de la planète. Le système d'alerte GALION a été mis en place afin de signaler ce genre de phénomène aux stations lidars. Il détecte également d'autres conditions particulières, comme les gros nuages de poussière et les feux de forêt de grande ampleur, dans le souci de coordonner l'observation. En 2011, l'éruption du Nabro en Érythrée a donné lieu pour la première fois au suivi coordonné d'un événement précis à l'échelle mondiale. On a pu observer le panache volcanique en mouvement et analyser en détail ses propriétés générales (épaisseur optique des aérosols, etc.) et spécifiques (rapport lidar notamment) (figure 2). Les observations GALION ont été conjuguées aux données du satellite CALIPSO, démontrant l'intérêt d'associer les mesures mondiales au sol et les images satellitaires.

Le rôle des lidars et du réseau GALION en cas d'éruption volcanique

En 2010, l'Europe a été confrontée à des conditions très difficiles qui ont obligé à fermer l'espace aérien de nombreux pays, ce qui a nui aux activités socio-économiques et à la qualité de l'air dans la partie nord-ouest. La phase explosive de l'éruption de l'Eyjafjöll en Islande, pendant laquelle de grands volumes de cendres et de sulfates ont été éjectés dans la troposphère, a débuté le 14 avril (Stohl et al., 2011). Le lendemain, le continent découvrait qu'il n'était pas prêt à affronter ce genre d'événement. L'Union européenne a soutenu par la suite une foule d'initiatives en faveur de la résilience face aux éruptions volcaniques. À l'époque, seuls quelques produits satellitaires étaient fournis régulièrement pour aider à établir les prévisions et à gérer la crise.

Les hauts responsables et organismes concernés ont demandé aux chercheurs d'étudier le comportement du nuage volcanique au-dessus du continent. Le réseau EARLINET, composante européenne de GALION, a observé les aérosols par lidar jusqu'au 21 mai, quand les conditions météorologiques le permettaient, afin de fournir des informations utiles aux décideurs. Le Centre d'avis de cendres volcaniques et l'OMM ont reçu chaque jour un rapport de suivi par les stations EARLINET qui précisait l'altitude du nuage (figure 3).

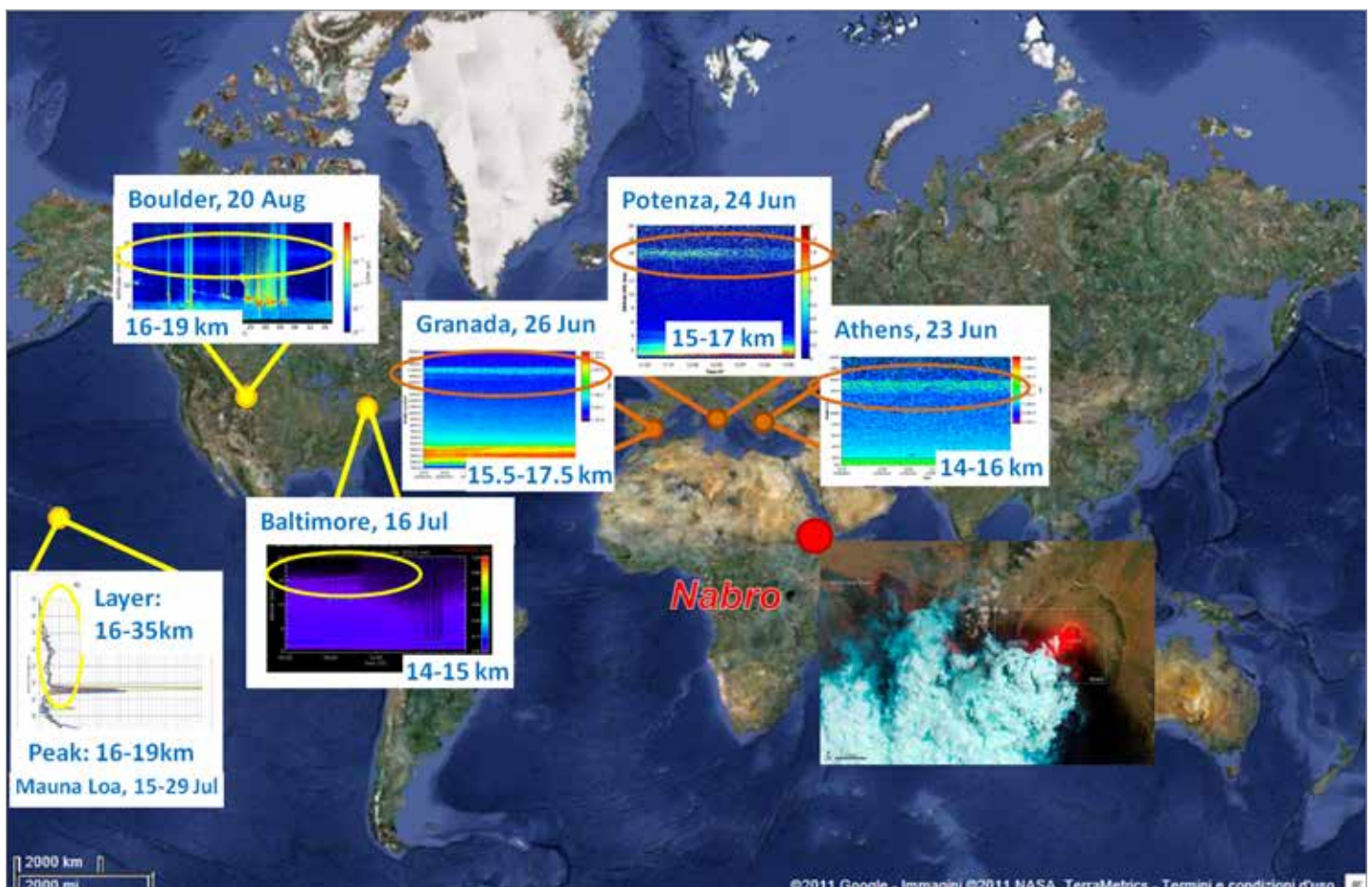


Figure 2. Observations par le réseau GALION du panache émis lors de l'éruption du Nabro pendant l'été 2011. Premier exemple d'observations coordonnées par le réseau à l'échelle planétaire (Sawamura et al., 2013).

Quand la crise a pris fin, EARLINET a mis au point une procédure spéciale pour cet événement. Elle comprenait la description détaillée en quatre dimensions du nuage volcanique au-dessus de l'Europe pendant toute la période. Les données sur les propriétés géométriques offraient une haute résolution verticale (60 à 180 m) pour la base, le sommet et le centre de gravité du nuage. La présence d'autres types d'aérosols (poussière continentale, locale, etc.) mélangés aux particules volcaniques était signalée. Toutes les stations du sud de l'Europe ont détecté de la poussière venant du Sahara, surtout au mois de mai. Les valeurs optiques relevées par le réseau EARLINET pendant l'éruption, dont un ensemble de données relationnelles sur les propriétés géométriques du nuage, ont servi à évaluer les modèles, à valider les données satellitaires et à intégrer les différents éléments.

Les lidars à l'appui de la résilience

La crise de 2010 a montré la nécessité de suivre en temps quasi réel les nuages volcaniques afin d'assurer la sécurité de la circulation aérienne. Elle a aussi confirmé l'utilité des lidars opérationnels pour détecter une éruption et décrire la répartition spatio-temporelle du panache. Les

informations recueillies près de la source sont inestimables pour initialiser les modèles de transport, tandis que les données sur la répartition mondiale des strates verticales, alliées aux observations de satellites et d'aéronefs, sont cruciales pour l'alerte précoce.

Nombre de programmes sont conduits à cette fin dans le monde. Les services météorologiques savent l'importance de continuer à normaliser les systèmes commerciaux de profilage vertical automatique des aérosols. Les célomètres sont les lidars les moins onéreux et les plus simples d'emploi pour ce genre d'application. Il a été établi que, même avec certaines limites et dans certaines conditions, les célomètres sont capables de détecter les panaches denses et, parfois, de fournir leurs caractéristiques quantitatives.

L'intégration des lidars expérimentaux et des célomètres opérationnels est en cours au sein du réseau GALION. La coopération entre la recherche et l'exploitation est le meilleur moyen de communiquer des informations complètes aux décideurs advenant une crise. Les réseaux opérationnels ont besoin des lidars expérimentaux de pointe pour étalonner leurs systèmes. Cela permet, par exemple, d'établir de meilleurs profils des propriétés

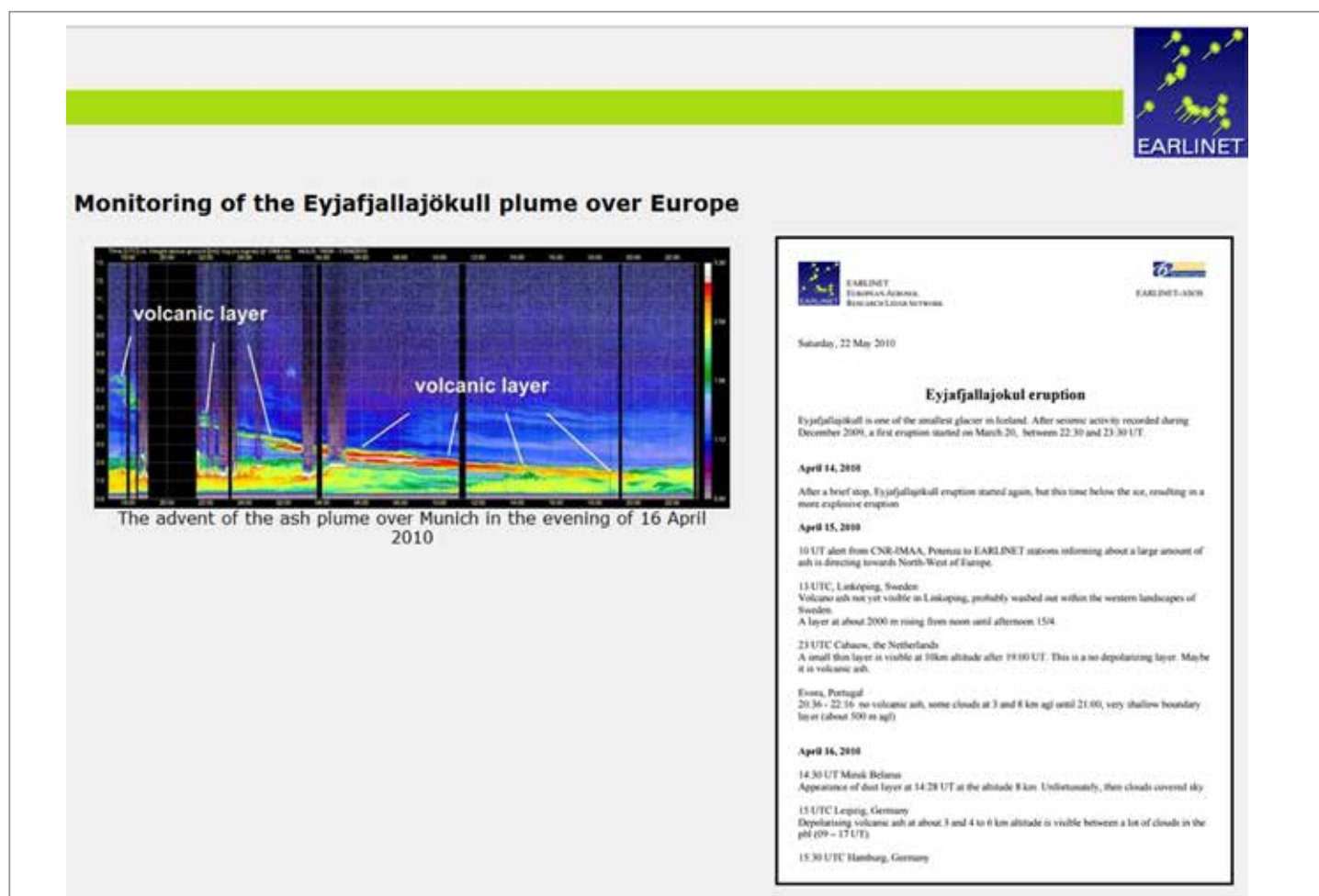


Figure 3. Le réseau EARLINET a effectué une multitude de mesures pendant l'éruption dont les conséquences ont été ressenties en Europe en 2010. Même si le réseau n'était pas encore opérationnel, des analyses rapides ont permis de transmettre des informations utiles aux services publics. Le Centre d'avis de cendres volcaniques et l'OMM ont reçu chaque jour un rapport sur l'observation ou l'absence d'observation du nuage volcanique au-dessus des stations EARLINET. Des images Quick Look ont été rapidement diffusées sur le site Web du réseau (Pappalardo et al., 2013).

optiques et d'analyser la fiabilité des hypothèses nécessaires à l'extraction de ceux-ci.

Vu l'emplacement des systèmes lidars opérationnels (célomètres et appareils commerciaux), la couverture est bonne au-dessus de l'Europe et de l'Amérique du Nord, partielle sur le Japon et l'Amérique du Sud (figure 4). L'Afrique, l'Asie, l'Australie et les régions polaires sont beaucoup moins bien pourvues. Le grand nombre de célomètres et de lidars automatiques actuellement disponibles permettrait d'étendre la couverture spatiale pour le profilage vertical des panaches de cendres ou de poussière et le suivi du transport à grande distance. Les lidars de recherche soutiennent ces activités en procurant des données de référence exemptes de biais.

Comparaison internationale des produits satellitaires portant sur les cendres volcaniques

Les utilisateurs, en particulier le secteur aéronautique, ont besoin de produits quantitatifs de grande qualité sur les nuages volcaniques. La télédétection par satellite a grandement bénéficié du perfectionnement des instruments et des techniques depuis dix ans. Les modèles utilisés pour prévoir la dispersion et le transport des nuages de cendres ont eux aussi évolué et il s'est avéré que les produits satellitaires amélioreraient la prévision.

Une comparaison de produits a été lancée dans un double but: faire le point sur l'extraction de données satellitaires relatives aux nuages de cendres et mieux coordonner les activités de recherche et d'exploitation en rapport avec

la télédétection spatiale dans le monde. La proposition est venue d'un groupe de scientifiques internationaux réunis lors du deuxième Colloque UGGI-OMM sur la prévision de la dispersion des cendres volcaniques et l'aviation civile, tenu à Genève du 18 au 20 novembre 2013. Elle a reçu un caractère officiel par la création d'un projet pilote relevant de l'initiative SCOPE-Nowcasting (traitement suivi et coordonné des données de satellites environnementaux à des fins de prévision immédiate). Cette initiative de l'OMM, exécutée par le Programme spatial, entend faire la démonstration de la production continue et soutenue de produits satellitaires cohérents et détaillés au profit de la prévision immédiate et de la réduction des risques liés aux conditions météorologiques extrêmes.

Le projet pilote de comparaison des produits sur les cendres volcaniques comprend deux phases. La première, achevée en 2015, portait sur les capacités et limites des algorithmes utilisés pour déceler et caractériser les nuages de particules. La composante caractérisation inclut généralement la détermination de la hauteur du sommet du nuage (figure 5) et de la charge de masse (colonne totale, par unité de surface). En tout, 27 jeux de données de télédétection passive par satellite, mettant en jeu 22 méthodes d'extraction, ont été comparés entre eux et confrontés à des «données de validation» indépendantes. Avec l'appui de l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques, les chercheurs du Laboratoire britannique Rutherford Appleton ont procédé à l'analyse comparative des produits; les résultats ont été examinés lors d'une réunion organisée à Madison, dans le Wisconsin (États-Unis), du 29 juin au 2 juillet 2015. Cette première phase a révélé que l'exactitude



Figure 4. Célomètres opérationnels dans le monde (octobre 2017, <https://www.dwd.de/ceilomap>). Les couleurs correspondent à différents fabricants.

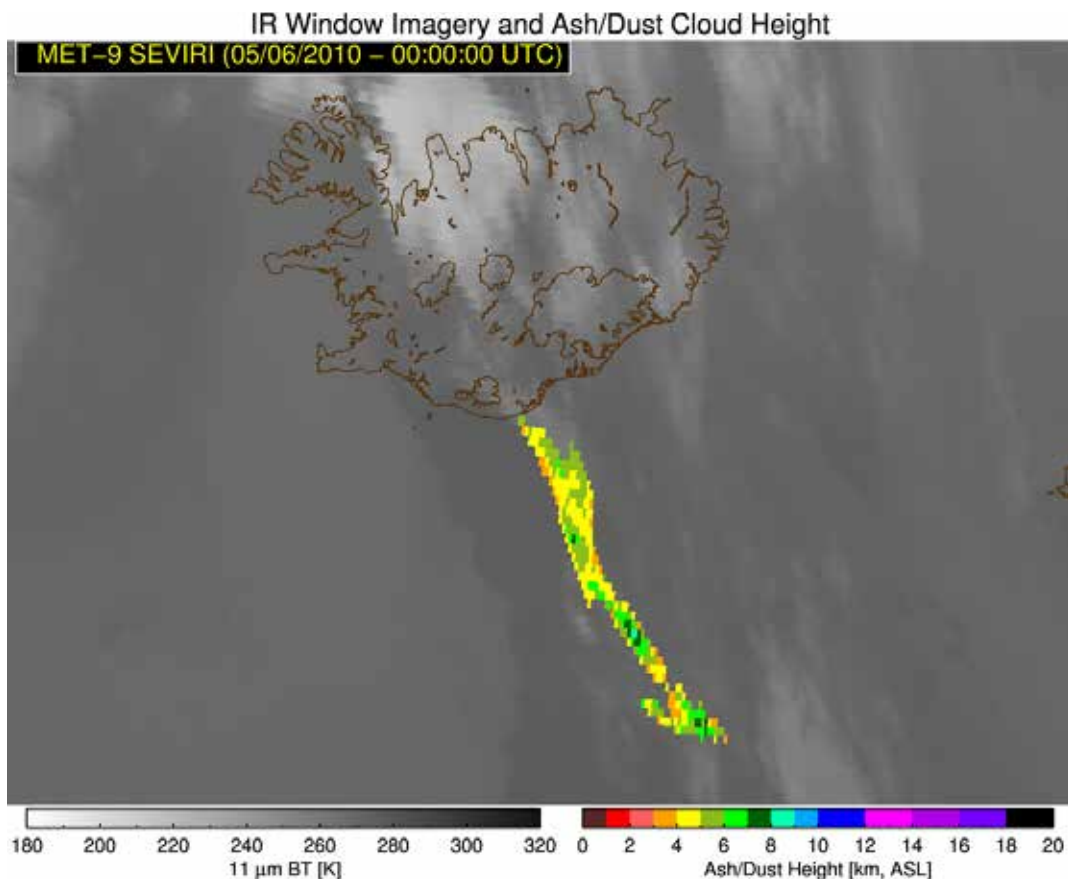


Figure 5. Les données de satellites météorologiques peuvent être utilisées pour évaluer des paramètres essentiels relatifs aux nuages de cendres volcaniques, tels que l'altitude du sommet du nuage. Ici, émissions de cendres le 6 mai 2010, lors de l'éruption de l'Eyjafjöll (Islande). Ces produits, obtenus grâce aux nombreux capteurs embarqués à bord de satellites et à des algorithmes informatisés, ont été évalués et validés dans le cadre du projet pilote relevant de l'initiative SCOPE-Nowcasting.

des produits satellitaires sur les cendres volcaniques dépendait fortement de la méthode d'extraction, de la puissance des capteurs et de la complexité de la scène. Si, pour les trois grandes éruptions étudiées¹, certains domaines font l'objet d'un consensus de la part des spécialistes, il reste néanmoins à éclaircir des différences sur le plan des capacités.

La seconde phase du projet, qui se terminera en 2018, vise surtout à préciser et à comprendre les écarts apparus entre les produits. On évaluera également l'apport des nouveaux moyens satellitaires qui n'étaient pas disponibles au moment de la première phase². Une fois l'analyse achevée, un atelier sera organisé afin de présenter les résultats et de formuler des recommandations pour l'amélioration des capacités de télédétection des particules volcaniques par satellite. L'exercice de comparaison continuera d'encourager la participation de tous les intéressés, tels le Groupe consultatif scientifique mixte OMM-UGGI pour les cendres volcaniques (VASAG), la VAG de l'OMM et les centres d'avis de cendres volcaniques. Grâce à une coordination internationale soutenue, le renforcement des

capacités des satellites dans ce domaine se poursuivra à un rythme accéléré.

Veille des volcans le long des voies aériennes internationales

Des aéronefs ont frôlé la catastrophe en croisant sur leur route les nuages volcaniques rejetés par le Galunggung (Indonésie, 1982), le Redoubt (États-Unis d'Amérique, 1989) et le Pinatubo (Philippines, 1991). La veille des volcans le long des voies aériennes internationales (IAVW) a été mise sur pied en raison de la fréquence de telles situations. La création de ce système d'alerte est le fruit d'une intense collaboration entre l'OMM, l'OACI et le monde de la volcanologie, principalement représentés par l'Association internationale de volcanologie et de chimie de l'intérieur de la Terre, membre de l'UGGI. Au moment de l'ouverture des premiers centres d'avis de cendres volcaniques, dans les années 1990, l'IAVW était en place et le véritable travail d'exploitation pouvait commencer.

Si l'on veut fournir des informations exactes au secteur aéronautique, il faut connaître le plus précisément possible plusieurs éléments:

- Le carbone élémentaire, qui doit être utilisé au lieu du carbone noir, pour les données issues des méthodes qui visent expressément la teneur en carbone des matières carbonées;

¹ Eyjafjöll (Islande) 2010, Grimsvötn (Islande) 2011, Puyehue-Cordón Caulle (Chili) 2011.

² Le satellite Himawari-8 du Service météorologique japonais a été lancé le 7 octobre 2014, le GOES 16 de la NOAA, le 19 novembre 2015 (nouvelle génération de satellites géostationnaires d'exploitation pour l'étude de l'environnement).

- Le moment où un volcan entrera en éruption, si possible à l'heure près;
- La composition du nuage éruptif (à l'avance de préférence) et la masse de ses composants;
- La répartition verticale des constituants du nuage;
- La façon dont les particules de cendres s'agrégeront, les caractéristiques de leur chute vers le sol et la façon dont les substances gazeuses évolueront dans le temps;
- Le moyen le plus efficace de mesurer tous les éléments qui précèdent par la télédétection et de les prévoir par la modélisation.

Les incertitudes attachées à ces facteurs entrent en jeu lorsque se déroule un événement qui risque de porter gravement atteinte à la sécurité et à l'activité économique.

Malgré certains progrès, un rapide survol des points ci-dessus révèle l'ampleur de la tâche qu'il reste à accomplir. La prévision d'une éruption est en soi un vaste champ d'étude. La composition des nuages volcaniques est très variable, leur répartition dans le plan vertical et horizontal peut être extrêmement complexe, comme l'a montré l'éruption de l'Eyjafjöll, et les interactions avec les conditions météorologiques prennent parfois diverses formes.

Pendant une éruption, le personnel d'exploitation recourt à toutes les sources d'informations utiles: satellites de recherche et d'exploitation, lidars ou radars au sol et dans l'espace, plates-formes terrestres et aériennes, etc. Il est rare qu'un responsable technique refuse une information, surtout si son origine est connue.

Après une éruption, la collaboration est utile pour tirer les enseignements de l'événement. Les centres d'avis de cendres volcaniques, qui auront analysé en temps réel la hauteur et l'étendue du nuage, seront sans doute ravis de se joindre à l'analyse rétrospective et de contribuer aux études du phénomène. La ligne de démarcation entre l'exploitation et la recherche est souvent l'une des plus difficiles à franchir, au détriment de la qualité des publications et de l'amélioration des opérations.

De façon plus générale, l'IAVW est l'un des maillons de la chaîne qui doit relier en temps réel la surveillance du solide terrestre et de l'atmosphère et la gestion des dangers et des phénomènes qui chevauchent ces deux domaines. Les éruptions modifient la composition de l'atmosphère, déclenchent des tsunamis, des lahars (coulées de boue volcanique) et des coulées pyroclastiques, affectent l'agriculture et compromettent la santé, entre autres effets. L'analyse de la formation et du déplacement des nuages volcaniques au profit de la sécurité aérienne s'inscrit dans la vaste entreprise qu'est l'étude de l'atmosphère terrestre. La réussite de cette démarche exige une collaboration beaucoup plus étroite entre les différents groupes et acteurs concernés.

Les produits et les services de la VAG

Les observations transmises par les stations au sol, les plates-formes mobiles (aéronefs, par exemple) ou les satellites sont cruciales pour analyser et comprendre la composition de l'atmosphère. Les modèles atmosphériques sont indispensables pour étudier le transport, l'interaction, l'évolution et l'élimination des matières polluantes. Ils offrent aussi la capacité hors pair d'explorer l'environnement dans sa «totalité» et d'anticiper l'état de l'atmosphère. Ce genre de prévisions, qui s'étend sur quelques heures ou des décennies, englobe les variations réelles ou éventuelles, anthropiques ou naturelles, des émissions, des processus en jeu, des facteurs environnementaux et des éléments apparentés.

Quel que soit le domaine, les observations sont nécessaires pour guider l'élaboration d'un modèle, en valider les capacités et vérifier les résultats. En outre, l'intégration des observations et des modèles est la façon la plus sûre de comprendre la composition de l'atmosphère et d'anticiper son évolution.

Les variations à court et long terme de la composition de l'atmosphère ont des répercussions sur la société. Les rejets de gaz et de cendres par les volcans illustrent bien leurs effets immédiats – circulation aérienne, santé, etc. – et leurs effets durables – forçage du climat, etc. Les uns comme les autres présentent une série de défis, mais les premiers exigent des progrès considérables sur le plan de la résolution spatio-temporelle et de la rapidité de collecte des observations. L'importance de recueillir des données en temps quasi réel vaut en fait pour divers impacts; toutefois, cette nécessité n'est pas toujours propice au traitement intense qu'exige la production d'informations fiables sur la composition de l'atmosphère. Il est néanmoins possible de fournir en temps opportun des données qui présentent un immense intérêt pour une diversité d'applications.

Au vu de ces éléments, le Programme de la VAG a estimé qu'il fallait étendre l'appui au développement et à l'utilisation des services et des travaux de recherche sur la prévision de la composition de l'atmosphère et des phénomènes environnementaux qui l'accompagnent. En 2016, il a mis sur pied le Groupe consultatif scientifique pour les applications de la modélisation (SAG-APPs) chargé de rapprocher les exploitants de réseaux d'observation de la VAG, les spécialistes de la modélisation et les utilisateurs finals de données sur les constituants de l'atmosphère. Le Groupe est formé d'experts d'un large éventail de disciplines et comprend des représentants des utilisateurs et des chercheurs. Il œuvre en collaboration avec le Programme mondial de recherche sur la prévision du temps et le Programme mondial de recherche sur le climat.

L'objectif principal du Groupe est d'étendre la gamme des produits et des services de modélisation axés sur la composition de l'atmosphère et, plus précisément, de montrer l'intérêt que présente l'échange en temps

quasi réel de données sur les paramètres chimiques pour la surveillance et la prévision. La modélisation et la surveillance de la qualité de l'air et la prévision des paramètres atmosphériques en vue des interventions d'urgence, lors d'éruptions volcaniques par exemple, sont des domaines cruciaux qui comportent plusieurs défis. Le Groupe coordonne donc ses travaux avec les équipes déjà en place, tel le VASAG pour ce qui concerne les cendres volcaniques, et le [Projet de recherche relevant de la VAG sur la météorologie et l'environnement en milieu urbain](#), pour ce qui concerne la qualité de l'air, dans le but de conduire d'éventuels projets de démonstration et de cerner les possibilités d'échange de savoir.

Remerciements

Ce numéro a été produit par le Groupe consultatif scientifique pour les aérosols (http://www.wmo.int/pages/prog/www/CBS/Lists_WorkGroups/CAS/opag-epac/gaw%20sag%20aerosols). D'importantes contributions ont été apportées par Gelsomina Pappalardo (réseau GALION de l'OMM), Matthew Hort (Groupe consultatif scientifique pour les applications de la modélisation relevant de la VAG de l'OMM), Michael Pavolonis (initiative SCOPE-Nowcasting de l'OMM), Andrew Tupper et Larry Mastin (groupe VASAG de l'OMM et l'UGGI).

Références bibliographiques

OMM, 2007: *GAW Report No. 178. Plan for the Implementation of the GAW Aerosol Lidar Observation Network GALION* (Hamburg, Germany, 27–29 March 2007) (WMO/TD-No. 1443), Genève.

Pappalardo, G. *et al.* (+58), 2013: «Four-dimensional distribution of the 2010 Eyjafjallajökull volcanic cloud over Europe observed by EARLINET», *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13:4429–4450, <https://doi.org/10.5194/acp-13-4429-2013>.

Robock, A., 2000: «Volcanic eruptions and climate», *Review of Geophysics*, 38(2):191–219, doi:10.1029/1998RG000054.

Sawamura, P. *et al.* (+18), 2013: «Stratospheric AOD after the 2011 eruption of Nabro volcano measured by lidars over the Northern Hemisphere», *Environment Research Letters*, 7:034013, doi:10.1088/1748-9326/7/3/034013.

Stohl, A., A.J. Prata, S. Eckhardt, L. Clarisse, A. Durant, S. Henne, N.I. Kristiansen, A. Minikin, U. Schumann, P. Seibert, K. Stebel, H.E. Thomas, T. Thorsteinsson, K. Tørseth et B. Weinzierl, 2011: «Determination of time- and height-resolved volcanic ash emissions and their use for quantitative ash dispersion modeling: the 2010 Eyjafjallajökull eruption», *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11:4333–4351, <https://doi.org/10.5194/acp-11-4333-2011>.

Questions and answers

Qu'est-ce que le <i>Bulletin de l'OMM sur les aérosols</i> ?	Cette publication présente des informations d'ordre général sur le volet de la VAG qui s'intéresse aux aérosols et cible des composantes et des applications précises de la mesure des aérosols au sein de la VAG.
Comment faire partie du réseau de la VAG?	La marche à suivre est décrite sur le site: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/join_GAW.html
Comment obtenir des données?	Des données <i>in situ</i> au sol, des observations par lidar et des valeurs de l'épaisseur optique des aérosols figurent sur le site suivant: http://www.gaw-wdca.org/ ; pour les données provenant de satellites, voir le site: http://wdc.dlr.de/data_products/AEROSOLS/ .
Comment effectuer les mesures?	Les directives de mesure et les procédures normalisées d'exploitation sont décrites dans le rapport No 227 de la VAG, intitulé <i>WMO/GAW Aerosol Measurement Procedures, Guidelines and Recommendations</i> , https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3073 .
Où trouver de plus amples informations?	Pour en savoir davantage sur la VAG, voir le site: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html , sur le Système d'information sur les stations de la VAG, voir le site: https://gawsis.meteoswiss.ch/ , et sur le Groupe consultatif scientifique pour les aérosols, voir le site: http://gaw.tropos.de/index.html . Pour toute question relative au contenu du <i>Bulletin</i> , communiquer avec Alexander Baklanov (abaklanov@wmo.int).