



**Programme
des Nations Unies
pour l'environnement**

Distr. générale
29 juillet 2021

Français
Original : anglais

**Douzième réunion de la Conférence des Parties
à la Convention de Vienne pour la protection
de la couche d'ozone, partie II**

En ligne, 23–29 octobre 2021

Point 4 a) de l'ordre du jour provisoire*

**Questions concernant la Convention de Vienne :
rapport de la onzième réunion des Directeurs
de recherches sur l'ozone des Parties à la Convention
de Vienne**

**Recommandations de la onzième réunion des Directeurs
de recherches sur l'ozone des Parties à la Convention de Vienne**

Note du Secrétariat

1. La deuxième partie de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone des Parties à la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone s'est tenue en ligne du 19 au 23 juillet 2021¹. Au cours de cette réunion, les Directeurs de recherches sur l'ozone ont formulé plusieurs recommandations, réparties en cinq catégories :

- 1) Besoins en matière de recherches ;
- 2) Observations systématiques ;
- 3) Recensement des lacunes dans la couverture mondiale de la surveillance atmosphérique des substances réglementées et présentation des moyens susceptibles d'améliorer la surveillance ;
- 4) Archivage et gestion des données ;
- 5) Renforcement des capacités.

2. Les recommandations reproduites dans l'annexe à la présente note ont été légèrement remaniées par le Secrétariat de l'ozone. Elles concernent le débat sur l'état du Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observation systématique au titre de la Convention de Vienne, qui aura lieu à la douzième réunion de la Conférence des Parties à la Convention de Vienne (partie II) au titre du point 4 b) de l'ordre du jour². Le rapport intégral des Directeurs de recherches sur l'ozone mis à la disposition de la Conférence des Parties en tant que document d'information.

* UNEP/OzL.Conv.12(II)/1-UNEP/OzL.Pro.33/1.

¹ La première partie de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone tenue en octobre 2020 a exclusivement porté sur les questions liées aux lacunes dans la couverture mondiale de la surveillance atmosphérique des substances réglementées.

² Seul le budget du Fonds d'affectation spéciale pour la Convention de Vienne pour les exercices 2020 et 2021 a été examiné au cours de la partie I de la douzième réunion de la Conférence des Parties, tenue en novembre 2020.

Annexe

Recommandations de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

I. Besoins en matière de recherches

1. La réalisation de relevés de l'ozone, des substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) et des produits de remplacement de ces dernières continue d'être la pierre angulaire de la recherche sur l'ozone stratosphérique. Elle est nécessaire pour suivre les progrès accomplis dans le cadre du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, analyser les nouvelles influences et étudier les processus d'évolution de la couche d'ozone dans le cadre des changements climatiques. Les connaissances tirées de ces travaux de mesure et études de processus sont essentielles pour mettre en place des modèles atmosphériques, qui constituent les principaux outils d'étude des perspectives en matière d'ozone stratosphérique.

Principales recommandations concernant les besoins en matière de recherches découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

2. Les délégués présents à la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone continuent d'approuver les recommandations générales concernant les besoins en matière de recherches formulées lors de la dixième réunion, qui couvrent les points suivants : a) interactions entre la chimie et le climat, et suivi du Protocole de Montréal ; b) processus qui influent sur l'évolution de la stratosphère et leurs liens avec le climat ; et c) modifications du rayonnement ultraviolet (UV) et autres impacts des changements induits par les SAO. Dans la suite du présent document sont mis en relief une série de thèmes qui demanderont une attention particulière et deviendront des priorités en matière de recherche pendant les trois prochaines années. Les délégués notent que ces thèmes seront abordés en détail dans l'évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone pour 2022, dont le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'organisation météorologique mondiale (OMM) sont en train de préparer la publication.

1. Améliorer la compréhension des émissions mondiales de substances qui appauvrissent la couche d'ozone et de gaz apparentés

- a) Les récentes recherches sur les émissions inattendues de trichlorofluorométhane (CFC-11) montrent combien il est important d'améliorer les estimations des émissions mondiales de SAO. Pour y parvenir, il faudrait i) étendre la capacité d'estimation des émissions descendantes afin de pouvoir couvrir une part beaucoup plus importante de la surface du globe et ii) affiner les estimations des émissions ascendantes aux niveaux mondial et régional tout en améliorant la communication de données relatives à la production. Utilisées ensemble, ces solutions procureront de substantielles améliorations synergiques de la qualité des estimations des émissions pour les SAO et leurs produits de remplacement ;
- b) Une proportion croissante des quantités totales de SAO présentes dans l'atmosphère se compose de substances à plus courte durée de vie, d'origine naturelle ou anthropique. La surveillance et la compréhension de leurs émissions atmosphériques permettront d'obtenir des informations sur lesquelles s'appuyer pour établir toute future stratégie de réglementation visant à réduire leurs concentrations.

2. Hydrofluorocarbones

- a) Les concentrations atmosphériques d'hydrofluorocarbones (HFC) continuent d'augmenter. L'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal limite la production et l'utilisation d'un grand nombre de HFC, contribuant ainsi à la protection du système climatique. Pour évaluer le succès de l'Amendement de Kigali, il faut suivre l'évolution de leurs concentrations atmosphériques. Il est essentiel d'obtenir des mesures systématiques de très bonne qualité avec une bonne couverture géographique pour en déduire des informations sur les émissions régionales par secteur ;
- b) Pour mieux connaître les effets des HFC sur le climat, il sera nécessaire de mener davantage de travaux de recherche et d'évaluation, en étroite coordination avec les travaux entrepris sur des facteurs de forçage climatique autres que le dioxyde de carbone (non-CO₂) comme le méthane (CH₄) ou le protoxyde d'azote (N₂O) qui, tous, auront des effets sur la stratosphère à l'avenir.

3. Ozone stratosphérique – couplage climatique

- a) Il est désormais bien établi que l'évolution de la couche d'ozone stratosphérique dépendra non seulement de la baisse des concentrations de SAO mais aussi de l'influence du climat sur les températures et la circulation dans la stratosphère. Bien que certains modèles prédisent une intensification de la circulation stratosphérique dite de Brewer-Dobson lorsque les concentrations de gaz à effets de serre augmentent, de nouvelles études (notamment de données de suivi) sont nécessaires pour vérifier l'intensification prévue de cette circulation. Le comportement inhabituel de l'oscillation quasi-biennale observé récemment doit également être analysé. Des recherches plus poussées conjuguant des modèles chimie-climat de dernière génération et des données de qualité recueillies en faisant varier l'altitude sont nécessaires. Elles permettront d'expliquer les modifications observées dans le passé et de mieux comprendre, sur une base plus solide, les futures projections de la chimie et du climat ;
- b) Afin de mieux comprendre la variabilité interannuelle et à long terme de la perte et du transport de gaz à longue durée de vie, il faut procéder à des recherches qui permettront de fournir de meilleures estimations des émissions mondiales à ces mêmes échelles ;
- c) Il est essentiel de poursuivre les études régionales sur les processus liés à l'ozone stratosphérique. Les tropiques représentent une région cruciale pour les interactions entre la chimie et le climat, comme le souligne le rapport de la dixième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone¹. Les modifications futures de l'ozone dans cette région dépendront des changements climatiques, qui influent sur l'évolution de la circulation tropicale et les températures dans la tropopause, ainsi que sur la chimie troposphérique. De même, les récents changements enregistrés dans la stratosphère aussi bien en Antarctique qu'en Arctique peuvent témoigner de ces interactions entre la chimie et le climat. Comprendre l'évolution en Arctique reste un des principaux défis à relever. Les travaux de recherche futurs devraient porter sur le rôle que jouent les changements climatiques dans l'évolution de l'ozone stratosphérique polaire. D'autres domaines d'intérêt devraient être définis, comme la variabilité de la couche d'ozone associée aux circulations de mousson ou aux régions montagneuses de l'Asie centrale et de l'Himalaya.

4. Aviation, fusées et géoingénierie climatique

- a) Des changements sont à prévoir dans les concentrations et la distribution de certains gaz traces, ainsi que l'abondance et la composition des particules d'aérosols dans la stratosphère. Ils peuvent être dus à des sources et processus variés, aussi bien naturels qu'anthropiques. Les sources naturelles comprennent les émissions provenant des océans et des régions côtières, les éruptions volcaniques explosives et les grands incendies. Au nombre des sources anthropiques figurent les émissions produites par les futurs avions supersoniques civils et les lancements de fusées utilisant divers systèmes de propulsion, dont on prévoit un accroissement de la fréquence ;
- b) Les propositions de géoingénierie les plus en vue prévoient l'injection d'aérosols ou de précurseurs de ces derniers dans la stratosphère afin d'accroître la réflectivité de la Terre (albedo) et ainsi réduire l'absorption d'énergie solaire et le forçage climatique ;
- c) L'abondance croissante des aérosols et les réactions résultantes sur ou dans les particules sont susceptibles d'aggraver l'appauvrissement de la couche d'ozone à l'échelle mondiale par des processus similaires à ceux qui ont conduit à son amincissement dans les zones polaires.

II. Observations systématiques

3. Les exposés scientifiques présentés à la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone et plusieurs rapports nationaux soulignent le fait que les observations systématiques de la composition atmosphérique restent essentielles pour suivre et comprendre les modifications à long terme de la couche d'ozone ainsi que les modifications de la composition et de la circulation atmosphériques, et du climat. Pour vérifier la reconstitution escomptée de la couche d'ozone endommagée par les SAO et pour comprendre les interactions avec l'évolution du climat, des observations continues des principaux gaz traces et du rayonnement UV ainsi que des paramètres qui caractérisent le rôle des processus chimiques, radiatifs et dynamiques seront nécessaires pendant de nombreuses décennies.

¹ <https://ozone.unep.org/meetings/10th-meeting-ozone-research-managers/report-and-recommendations> (en anglais uniquement).

4. Des observations faites au niveau mondial ont montré que les concentrations de SAO ont commencé à baisser de façon régulière juste après que le Protocole de Montréal a été négocié. Cependant, une hausse inattendue des émissions de CFC-11 s'est produite après 2012, selon des observations de surface. Plusieurs réseaux mondiaux de surveillance (l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère et le réseau AGAGE) ont relié cette hausse à des sources jusque-là inconnues situées dans l'est de la Chine. Les efforts entrepris par les Parties au Protocole de Montréal ont permis de réduire fortement les émissions de CFC-11 en 2019. Ce problème a mis en lumière l'insuffisance des stations de mesure des émissions régionales.
5. D'autres observations montrent que la couche d'ozone s'est reconstituée à un taux équivalent à un tiers de la baisse enregistrée avant l'entrée en action du Protocole de Montréal. Nous sommes dans une période où les effets de la réduction des concentrations de SAO ne sont pas encore clairement visibles et où des gaz autres que les SAO (en particulier le CO₂, le N₂O, le CH₄ et le H₂O) influent aussi sur l'évolution globale de l'ozone stratosphérique. Les futures émissions de ces autres gaz, qui ne sont pas visés par le Protocole de Montréal, sont mal connus. Leurs effets, qui sont complexes et interdépendants, s'exercent à la fois sur le climat et sur la chimie de la stratosphère. Par conséquent, une surveillance robuste à long terme est également essentielle durant cette période pour progresser dans la voie de la reconstitution de la couche d'ozone, qui devrait se produire dans le courant de la deuxième moitié de ce siècle.
6. La surveillance doit aussi être élargie pour inclure de nouvelles espèces et de nouveaux paramètres importants, comme les nouvelles substances de remplacement des SAO, les produits chimiques halogénés à courte durée de vie et les traceurs de la circulation atmosphérique. Les principales régions où des mesures doivent être effectuées sont la haute troposphère et la basse stratosphère, les zones d'échanges stratosphère-troposphère dans les régions extratropicales telles que celles où circule la mousson, ainsi que les pôles et la haute stratosphère.
7. L'arrivée en fin de vie de satellites comme la sonde hyperfréquence du limbe Aura, qui assurent une surveillance de certains SAO, des éléments traces et des profils à haute résolution de la vapeur d'eau, donne lieu à des inquiétudes croissantes. Comme il n'est pas prévu de remplacer dans l'immédiat les instruments satellitaires à haute résolution de mesure au limbe, cette lacune devra être comblée par le recours intensif à des observations au sol. Cependant, les instruments satellitaires en place et nouveaux continueront les observations de l'ozone à haute résolution verticale et spatiale.

A. Principaux résultats des observations systématiques obtenus depuis la dixième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Malgré plusieurs diversions, les mesures au sol et par satellite de l'ozone, des gaz traces les plus pertinents, des températures et des aérosols stratosphériques se sont poursuivies ces dernières années. Le Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observation systématique au titre de la Convention de Vienne a joué un rôle important dans la fourniture d'appui, en particulier aux réseaux mondiaux d'observation au sol, par exemple pour les intercomparaisons, la remise en état et l'expédition des instruments Dobson disponibles et l'utilisation de sondes d'ozone, tout en encourageant la création/l'homologation d'autres instruments. Cependant, plusieurs activités, dont les campagnes d'étalonnage et d'intercomparaison, ont été durement touchées par les restrictions dues à la pandémie de maladie à coronavirus (COVID-19). De plus, l'insuffisance des contributions au Fonds a fortement entravé la mise en œuvre de plusieurs activités utiles et nécessaires. Cette limitation a également eu des effets néfastes sur les activités de renforcement des capacités dans les pays visés au paragraphe 1 de l'article 5 du Protocole de Montréal (« pays visés à l'article 5 », à savoir les pays en développement) et les pays à économie en transition (voir la section « Renforcement des capacités »).
- 2) L'instrument d'observation au limbe de l'OMPS (Ozone Mapping and Profiler Suite) embarqué sur la plateforme Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP), la poursuite prévue de la seconde plateforme du Système conjoint de satellites polaires (JPSS-2), le déploiement de l'instrument d'occultation solaire Stratospheric Aerosol and Gas Experiment III (SAGE III) sur la station spatiale internationale et la mission ALTIUS (Atmospheric Limb Tracker for the Investigation of the Upcoming Stratosphere) ont tous permis de remédier au problème imminent de manque d'instruments de sondage au limbe atmosphérique de l'ozone, des aérosols et de la vapeur d'eau. Toutefois, comme indiqué dans les principales recommandations formulées ci-dessous, une perte significative des capacités de mesure au limbe devrait se produire pour beaucoup d'autres gaz importants.

- 3) Plusieurs instruments Dobson et Brewer ont été remis en état et installés dans des pays visés à l'article 5. Toutefois, certains ne sont pas encore en service continu. Un soutien accru, par exemple via le Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observation systématique au titre de la Convention de Vienne, pourrait y remédier.
- 4) De nouvelles sections efficaces d'absorption de l'ozone dans les UV ont été convenues et sont désormais utilisées dans certaines applications. Des publications récentes ont démontré que les différences principales entre les instruments Dobson et Brewer peuvent être aplanies en appliquant ces nouvelles sections efficaces ainsi que des corrections de température. Cela permet d'obtenir une homogénéisation des relevés obtenus de ces instruments.
- 5) Des progrès substantiels ont été réalisés en matière de compréhension et d'amélioration des relevés antérieurs dans le cadre de l'activité O3S-DQA (évaluation de la qualité des données provenant des sondes d'ozone). Le rapport ASOPOS 2.0 d'évaluation des consignes générales concernant les sondes d'ozone intitulé *Updated Guidelines for Global Ozone Sonde Operations* est en cours d'achèvement et sera publié par l'OMM en 2021.
- 6) Les données mondiales sur les aérosols stratosphériques ont été réévaluées et harmonisées, et l'instrument SAGE III/ISS récemment déployé a fait preuve de son aptitude à poursuivre l'observation mondiale des aérosols volcaniques et des conséquences des incendies sur la stratosphère. De plus, les observations de la suite d'instruments OMPS Limb Profiler fournissent des informations sur les distributions verticales d'aérosols. Cependant, il existe des incertitudes sur la précision de l'enregistrement de l'altitude. Associées à d'autres informations satellitaires, les mesures fournies par OMPS Limb Profiler permettent la détection d'aérosols provenant d'incendies dans la haute troposphère et la basse stratosphère (travaux en cours). L'instrument TROPOMI, lui, est capable de détecter les aérosols provenant d'incendies et déterminer leur altitude maximum d'élévation. Le limbosondeur hyperfréquence Aura a pu détecter des marqueurs d'incendie dans la haute troposphère et la basse stratosphère.
- 7) Des progrès ont été réalisés s'agissant de la collecte en temps utile de données sur l'ozone et de données connexes auprès des stations au sol, et de leur utilisation pour valider des services tels que ceux du Service de surveillance de l'atmosphère Copernicus (CAM5) et des données satellitaires. Ces activités sont allées de pair avec une meilleure appréciation des incertitudes concernant toutes les sources de données, ce qui a permis d'améliorer les pratiques et les normes établies, et donc la qualité des données pour, entre autres : ASOPOS 2.0 ; la campagne et les publications JOSIE (comparaison de sondes d'ozone réalisée à Jülich) ; la livraison rapide de données par le Réseau de détection des modifications dans la composition de l'atmosphère (NDACC) à Copernicus ; l'infrastructure de recherche sur les aérosols, les nuages et les gaz traces (ACTRIS) ; les analyses d'appréciation des erreurs du réseau européen EUBREWNET ; la liaison entre EUBREWNET et le Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet (WOUDC) ; et le réseau SHADOZ (Southern Hemisphere Additional Ozone sondes). De nouveaux progrès dans ce sens sont encouragés.
- 8) De nouveaux types d'instruments plus modernes sont actuellement à l'essai en vue de leur intégration dans les réseaux terrestres. Ils participent à des campagnes d'intercomparaison avec d'autres instruments établis, tels que les instruments Brewer. Au nombre de ces instruments figurent, entre autres, les spectromètres d'absorption optique différentielle, les spectromètres Pandora et Multi-Axis-DOAS (MAX-DOAS) pour mesurer l'ozone et les échantillonneurs d'air embarqués sur ballon-sonde pour les autres gaz traces.
- 9) Des progrès substantiels ont été faits sur le plan de l'évaluation et de l'amélioration de la qualité des relevés satellitaires à long terme des profils de l'ozone. À cette fin, une comparaison de toutes les sources et une amélioration notable des méthodes de fusionnement des données provenant de différents instruments ont joué un rôle déterminant. Plusieurs ensembles de données de meilleure qualité sont désormais disponibles ; toutefois, une évaluation complète de toutes les sources d'incertitude concernant ces relevés à long terme reste nécessaire. Des activités en ce sens sont en cours (par exemple, les activités de l'initiative conjointe de la Veille de l'atmosphère globale et du projet d'étude des processus stratosphère-troposphère et de leur rôle dans le climat (GAW/SPARC), le projet d'étude des tendances et incertitudes à long terme de l'ozone dans la stratosphère (LOTUS), et le projet SPARC de système unifié de signalement des erreurs (TUNER).

- 10) Il est important de noter la diminution régulière du nombre de relevés de profils effectués au moyen de sondes d'ozone depuis la parution du rapport de la dixième réunion des Directeurs de recherche sur l'ozone. Il s'agit là d'un avertissement que la disponibilité d'observations au sol à haute résolution pour la vérification des satellites et des modèles et les analyses de tendance est en train de diminuer.
- 11) Les observations de l'ozone ont montré l'existence de lacunes dans les modèles généraux de circulation utilisés pour prévoir la distribution géographique de la baisse des concentrations d'ozone dans la basse stratosphère, ce qui indique la nécessité de mieux comprendre les processus de la circulation de Brewer-Dobson et la façon dont ils sont représentés dans les modèles.

B. Principales recommandations concernant les observations systématiques découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Les Directeurs de recherche sur l'ozone recommandent d'accroître le financement du Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observation systématique au titre de la Convention de Vienne si on veut pouvoir conserver les stations au sol, en particulier celles produisant des relevés à long terme de l'ozone, des gaz traces et du rayonnement UV. Ces relevés fournissent aux Parties au Protocole de Montréal des informations essentielles pour vérifier que la reconstitution de la couche d'ozone se poursuit, et limiter les changements climatiques qui y sont associés. La diminution constante du nombre de stations, surtout dans les tropiques et l'hémisphère sud, en particulier celles qui effectuent des mesures de profils, compromet le suivi indépendant des tendances et la capture des phénomènes inattendus, ainsi que notre aptitude à valider les données satellitaires. Il est nécessaire que les Parties et la Veille de l'observation globale de l'OMM transmettent leurs encouragements aux organismes scientifiques nationaux, aux agences météorologiques et à d'autres institutions afin de s'assurer que des mesures de première qualité continuent d'être effectuées. Il est nécessaire également d'obtenir le soutien du Fonds d'affectation spéciale.
- 2) Restaurer, voire élargir les activités de surveillance régulière à long terme là où les besoins scientifiques sont clairement définis. Les régions clés sont celles où les échanges entre la troposphère et la stratosphère se produisent, telles que les zones de mousson, l'Asie du Sud-Est, les continents maritimes et les régions montagneuses (par exemple, les Andes, l'Himalaya et l'Asie centrale). Il convient également de cibler les activités de mesure de l'ozone et des UV sur les zones pauvres en données comme l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Asie, et la zone intertropicale afin de détecter de façon précise les modifications de la circulation de Brewer-Dobson et d'autres phénomènes de ce type (voir la liste des recommandations spécifiques dans la rubrique « Besoins en matière de recherches »).
- 3) Continuer d'utiliser de nouveaux instruments d'un bon rapport coût-efficacité afin d'harmoniser les réseaux mondiaux de surveillance de l'ozone et des gaz traces, ainsi que les protocoles de traitement des données. Au nombre des exemples figurent le réseau européen EUBREWNET, les spectromètres Pandora, les spectromètres d'absorption optique différentielle/le Système d'analyse par observations zénithales (SAOZ), Air-Core, les sondes d'ozone, etc. Les partenaires du monde entier devraient appuyer les initiatives régionales d'harmonisation en cours. En outre, les Directeurs de recherches sur l'ozone recommandent que les agences nationales des pays non visés à l'article 5 (pays développés) soient encouragées à faire don des instruments dont elles ne se servent plus afin qu'ils soient reconditionnés et redistribués dans les pays visés à l'article 5 et en transition.
- 4) Continuer les observations au limbe et par occultation solaire dans l'infrarouge à partir de l'espace pour déterminer les profils verticaux de nombreux gaz traces liés à l'ozone et au climat. Sans ces observations, les données assimilées et les services connexes fournis aux décideurs se dégraderont, la détection et l'interprétation des modifications de la circulation atmosphérique seront entravées et des phénomènes comme l'épisode sans précédent de déperdition d'ozone survenue au-dessus de l'Arctique en 2011 ne pourront pas être entièrement compris.
- 5) Poursuivre et étendre, le cas échéant, la surveillance des variables servant à détecter les liens importants entre les changements se produisant dans l'ozone, le climat et le transport atmosphérique, et la circulation à grande échelle. Plus précisément, les changements attendus dans la circulation de Brewer-Dobson globale et méridionale, et les phénomènes comme la rupture de l'oscillation quasi-biennale, exigent une description appropriée des températures, des vents et des profils de gaz traces, en particulier des marqueurs dynamiques comme le N₂O et le SF₆, ainsi que de l'ozone et de la vapeur d'eau. Des observations sont surtout nécessaires

pour analyser et améliorer la circulation de Brewer-Dobson dérivée des systèmes d'assimilation des données.

- 6) Intensifier les efforts de surveillance des profils verticaux des gaz sources, en particulier le N₂O, le CH₄ et la vapeur d'eau dans la troposphère et la stratosphère, afin de mieux comprendre la variabilité de leur flux et d'évaluer leur impact. À mesure que la plupart des concentrations de SAO déclinent, d'autres prennent de l'importance en raison de leurs effets sur la couche d'ozone et les changements climatiques. Vu que les observations par satellite de ces gaz présentent vraisemblablement des lacunes, il faudrait examiner comment les observations terrestres ou les ballons pourraient aider à remédier à ce problème jusqu'à la stratosphère moyenne.
- 7) Observer les caractéristiques des concentrations, les distributions par taille et la composition des aérosols stratosphériques. Ils sont essentiels si l'on veut procéder à des expériences de simulation correctes de la couche d'ozone stratosphérique. Il faut surveiller et comprendre l'évolution des processus naturels qui contribuent à la couche de Junge, ainsi que les volcans et la pyro-convection.
- 8) Garantir la fiabilité des données en recourant à des centres d'étalonnage régionaux et mondiaux, et à des systèmes d'assurance qualité. Cela exige de la part des Parties à la Convention de Vienne qu'elles soutiennent totalement et reconnaissent les programmes de l'OMM/VAG, y compris la mise en place d'un comité de conservation des données en appui au WOUDC, ce qui demande une collaboration active entre les fournisseurs, les archives et les utilisateurs de données.
- 9) Veiller à ce que les réseaux terrestres établis mettent en œuvre de nouvelles sections efficaces d'ozone et des corrections de température. Pour cela, il faut mettre à jour les logiciels opérationnels, assurer le traitement des données et veiller au suivi des versions des données en vue de l'archivage. Il faudra également vérifier les températures de la couche d'ozone et recalculer les données des années précédentes à des fins d'archivage au WOUDC, sous la direction de l'OMM/VAG/UV et des groupes scientifiques consultatifs sur l'ozone. Afin de pouvoir aller de l'avant, il est nécessaire de conserver les données qui permettront d'orienter l'harmonisation et le retraitement des données. Le manuel d'utilisation des spectromètres Dobson doit être soigneusement mis à jour et publié à l'OMM.
- 10) Renforcer la surveillance des émissions en cours afin de vérifier qu'elle est conforme aux exigences du Protocole de Montréal s'agissant des SAO à longue durée de vie et des HFC (voir les recommandations spécifiques sur ce thème dans le chapitre sur le recensement des lacunes dans la couverture mondiale de la surveillance atmosphérique des substances réglementées et la présentation des moyens susceptibles d'améliorer la surveillance).
- 11) Inclure des mesures relatives aux substances halogénées à très courte durée de vie qui présentent un intérêt dans le cadre du Protocole de Montréal (substances à très courte durée de vie et hydrofluoroléfinés, y compris leurs produits de dégradation) dans des programmes de surveillance de base aux niveaux mondial et régional. Des observations systématiques à différentes altitudes devraient être prévues étant donné que le transport des substances à très courte durée de vie et de leurs produits de dégradation halogénés dans la stratosphère n'est pas encore mesuré de façon régulière.

C. Principales recommandations concernant les mesures à prendre sur l'observation et sur les analyses et la conservation des données liées à l'appauvrissement de la couche d'ozone découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Garantir et augmenter le financement des activités afin de pouvoir mener des observations constantes et analyser puis conserver les données.
- 2) Poursuivre les efforts visant à soutenir les observations en cours ou les nouvelles observations relatives à l'ozone, aux gaz à effet de serre, aux SAO, aux HFC, aux substances à très courte durée de vie, aux aérosols, aux composés chimiques connexes et aux paramètres météorologiques aux niveaux national et mondial, en particulier dans les pays visés à l'article 5. Il est nécessaire d'obtenir le soutien du Fonds d'affectation spéciale. Les représentants recommandent donc d'augmenter le financement du Fonds.
- 3) Ouvrir l'accès aux données d'observation (y compris les métadonnées et les informations sur l'étalonnage) afin de pouvoir comparer les réseaux et les analyses de données. Les stations doivent recevoir un appui dans la fourniture de ces données.

- 4) Il est essentiel d'analyser les données afin de pouvoir interpréter les observations, mener de nouvelles recherches et fournir des informations aux décideurs.
- 5) Fournir un appui dans le cadre de la conservation à long terme des données archivées, ce qui demande une collaboration active entre fournisseurs, archives et utilisateurs de données.
- 6) Mettre au point des outils communs, des modèles et un traitement centralisé des données sur l'ozone en temps quasi-réel afin d'améliorer les prévisions.
- 7) Encourager le jumelage de stations d'observation entre les pays visés à l'article 5 et les autres (voir les autres recommandations dans la rubrique « Renforcement des capacités »).
- 8) Recenser des sources financières supplémentaires afin de soutenir l'étalonnage des instruments au niveau régional et les initiatives d'harmonisation des données (par exemple, étalonnage des instruments de Brewer d'Amérique latine, retraitement des données tirées de la sonde d'ozone indienne, mise à jour des logiciels opérationnels).

III. Lacunes dans la couverture mondiale de la surveillance atmosphérique des substances réglementées et moyens susceptibles d'améliorer cette surveillance

8. Le projet de livre blanc intitulé « Closing the Gaps in Top-Down Regional Emissions Quantification: Needs and Action Plan » (Comblant les lacunes de la quantification descendante des émissions régionales : besoins et plan d'action), élaboré par le Groupe de l'évaluation scientifique en consultation avec une large palette de membres de la communauté d'experts de la recherche sur l'ozone et du groupe de l'évaluation scientifique, a été présenté et longuement débattu au cours de la partie I de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone qui s'est tenue en ligne les 7 et 8 octobre 2020. L'exposé détaillé et les discussions qui ont suivi, ainsi que d'autres informations générales, sont inclus dans le rapport des Directeurs de recherches sur l'ozone sur les travaux de leur onzième réunion (UNEP/OzL/Conv.ResMgr/11(I)/2).

9. L'exposé contenait un résumé des méthodes actuelles permettant de mesurer les abondances atmosphériques de substances réglementées par le Protocole de Montréal et de calculer les taux d'émission régionaux à partir des données atmosphériques, en mettant l'accent sur les méthodes qui ont joué un rôle important dans les découvertes récentes et la cartographie des émissions inattendues de CFC-11. Un des éléments clés du livre blanc est une carte mondiale montrant les rares régions à partir desquelles les stations de mesure actuelles peuvent quantifier les émissions à l'échelle régionale. Les coûts et critères d'expansion de ces observations faisant appel à l'échantillonnage en flacons et à des instruments in situ à haute fréquence ont été ensuite présentés, ainsi que les méthodes de modélisation de la sensibilité aux émissions régionales afin de trouver des nouveaux lieux de mesure possibles.

10. Les discussions qui ont suivi en octobre 2020 étaient en grande partie axées sur la portée des méthodes disponibles d'échantillonnage et de mesure de ces substances dans l'atmosphère, ainsi que sur les avantages et inconvénients qu'elles présentaient. Quelques modifications mineures du projet de livre blanc ont été recommandées. Il s'agissait pour la plus importante d'entre elles d'inclure des unités de sensibilité des « empreintes » de modélisation pour les observations prises en compte dans la carte montrant les sensibilités au niveau régional. Le document a ensuite été révisé en conséquence et la version finale (UNEP/OzL/Conv.ResMgr/11(II)/4) a été distribuée pour examen pendant la partie II de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone qui s'est tenue en ligne du 19 au 23 juillet 2021.

11. L'exposé qui a eu lieu pendant la partie II de la onzième réunion portait sur le résumé des progrès réalisés dans le cadre du livre blanc et des avancées qui ont eu lieu dans l'exploration de nouveaux sites potentiels de mesure par le biais d'expériences de simulation de systèmes d'observation (OSSE). M. Ray Weiss (États-Unis) a présenté le premier sujet et M. Ronald Prinn (États-Unis), le second. Trois nouvelles simulations OSSE qui calculaient les cartes des sensibilités en fonction des saisons et du phénomène El Niño-oscillation australe ont été examinées pour vérifier plusieurs nouveaux sites potentiels proposés par les parties intéressées. M. Prinn a présenté une nouvelle façon de trouver des régions qui pourraient être ajoutées à la liste de celles qui recensent des émissions inattendues : il s'agit d'utiliser une méthode d'apprentissage automatique basée sur les activités socioéconomiques. Cette nouvelle méthode peut être appliquée pour évaluer des sites qui pourraient héberger des stations de mesures afin de combler les lacunes du système mondial d'observation des SAO. M. Prinn a également présenté des données d'observation actualisées sur les récentes baisses des émissions de CFC-11 dans l'est de la Chine.

12. Au cours des débats qui ont suivi, M. Stephen Montzka (États-Unis) a demandé 1) si les Parties possédaient des données qui pourraient aider le Groupe de l'évaluation scientifique à choisir les meilleurs sites potentiels d'observation ; et 2) si les Parties pouvaient fournir de plus amples informations sur l'utilisation passée, présente et éventuellement future de substances réglementées, notamment d'hydrofluorocarbones. La seconde question a également été soulevée lors des discussions qui ont eu lieu pendant les dernières séances de la quarante-troisième réunion du Groupe de travail à composition non limitée des Parties au Protocole de Montréal, par suite des exposés du Groupe de l'évaluation scientifique et du Groupe de l'évaluation technique et économique. Étendre les activités de recherche et d'information « ascendantes » à des sujets comme les réserves, les installations de production, l'utilisation des produits et leur retrait de la circulation pourrait aider à affiner le modèle de prévision des émissions du Groupe de l'évaluation technique et économique, et donnerait des indications sur la position des futures stations d'observation. Les Directeurs de recherches sur l'ozone pourraient encourager les Parties à partager ces informations (analyses internes des anciens et futurs marchés, consommation, ventes, durée de vie des appareils, etc.), ce qui permettrait de faire progresser le travail du Groupe de l'évaluation scientifique et du Groupe de l'évaluation technique et économique en matière de recensement et de quantification des lacunes en comparant les émissions atmosphériques « descendantes » relevées à partir d'observations aux modèles de prévision des émissions mis au point par le Groupe de l'évaluation technique et économique. D'autres façons d'améliorer la cartographie des émissions ascendantes ont également été décrites par MM. Philip DeCola et A. Ravishankara (tous deux des États-Unis). Le représentant de la Finlande a suggéré de classer les observations et les lieux par ordre d'importance (par ex., les « points chauds » auxquels il faut s'attendre, les prévisions d'émissions pondérées qui pourraient appauvrir la couche d'ozone ou réchauffer la planète, et les substances susceptibles d'augmenter rapidement). Le représentant du Brésil a, quant à lui, soulevé d'autres points relatifs aux coûts des stations et aux sources de financement, et le représentant de Belgique a demandé si l'observation des colonnes pouvait être utilisée pour estimer les émissions. En réponse aux questions sur les coûts, il a été signalé que leur calcul approximatif a été abordé dans le projet de livre blanc mais que la question des sources de financement dépassait le cadre de la mission confiée aux Directeurs de recherches sur l'ozone. Quant aux estimations des émissions régionales à partir de l'observation des colonnes, elles n'étaient actuellement pas possibles mais il fallait encourager les recherches à ce sujet.

13. Sur la base de ce qui précède, les Directeurs de recherches sur l'ozone ont proposé des recommandations puis en ont discuté avant d'adopter les recommandations finales.

Principales recommandations issues du livre blanc découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

14. Sur la base des discussions relatives au livre blanc (UNEP/OzL/Conv.ResMgr/11(II)4), les Directeurs de recherches sur l'ozone :

- a) Approuvent le livre blanc et le transmettent aux Parties à la Convention de Vienne et au Protocole de Montréal pour examen ;
- b) Notent que les activités et les méthodologies mises en avant dans le livre blanc fournissent une base solide pour combler les lacunes en matière de suivi des substances réglementées ;
- c) Soulignent l'importance de surveiller en permanence les substances réglementées (à savoir les SAO et les HFC) et la nécessité de combler les lacunes en matière de détection précoce des émissions et de leurs sources ;
- d) Précisent que combler les lacunes en matière de surveillance nécessite beaucoup de ressources et un financement important et soutenu ;
- e) Notent que le Secrétariat de l'ozone dirigera un projet pilote financé par la Commission européenne, qu'ils remercient, afin de mettre en œuvre certaines des recommandations contenues dans le livre blanc et que des ressources supplémentaires permettraient d'élargir cette initiative ;
- f) Reconnaittent l'importance des contributions apportées par tous les programmes de surveillance des substances réglementées aux niveaux mondial et régional, et encouragent vivement le partage et l'intégration entre programmes, y compris en matière de normes d'étalonnage, d'accès aux données et d'élaboration de modèles d'émission ;
- g) S'attachent en priorité à repérer tout nouveau site ou tout produit chimique devant être mesuré, en se fondant sur les attentes décrites dans les travaux du Groupe de l'évaluation scientifique, du Groupe de l'évaluation technique et économique et d'autres contributeurs sur la question de savoir quelle substance pourrait être émise dans le futur, en quelles quantités et à quels endroits.

IV. Archivage et gestion des données

A. Principaux résultats obtenus dans le domaine de l'archivage et de la gestion des données depuis la dixième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Les systèmes centraux de traitement des données sont renforcés ou englobés dans plusieurs réseaux de surveillance comme, entre autres, le système EUBREWNET pour certaines données de type similaire à celles du réseau NDACC et pour les données de Pandora dans le cadre de l'infrastructure de recherche ACTRIS, le programme de l'Agence spatiale européenne sur les mesures de points de repère pour les observations de la qualité de l'air à partir de spectromètres d'absorption optique différentielle terrestres (FRM4DOAS) et les projets MEaSUREs de la NASA pour harmoniser l'ensemble des données satellitaires. Ces systèmes garantissent un traitement harmonisé des données, accompagnés de normes d'assurance qualité dans l'ensemble des réseaux ainsi qu'une transmission et des capacités de retraitement des données entièrement traçables. Un nombre croissant de centres de données ont choisi de stocker et de rendre accessibles de multiples versions des données, avec une traçabilité complète (comme le réseau NDACC et EUBREWNET). Il faudrait étendre ces mesures à d'autres réseaux, en ciblant d'autres variables observationnelles. Le Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet nécessite davantage de ressources pour mettre en place un système central de traitement des données. Une méthode similaire à celle appliquée par le système EUBREWNET serait également souhaitable pour le réseau Dobson.
 - Certains chercheurs principaux ont utilisé des ressources pour numériser et retraiter les données historiques selon les techniques les plus avancées mais ces efforts restent isolés en raison du manque de ressources. Le Service Copernicus de surveillance du changement climatique a affecté des ressources à la numérisation de données météorologiques historiques mais les données sur l'ozone atmosphérique et sur les variables qui leur sont associées n'ont pas encore reçu de traitement similaire.
- 2) Des efforts ont été faits pour que les centres de données soient davantage reliés. Le Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet a établi des liens avec plusieurs centres de données reconnus, comme la base de données UV européenne (EUVDB) et d'autres centres mondiaux de données appartenant à l'OMM, avec des recherches par donnée et par centre. Les données du projet SHADOZ ont été formatées et intégrées, et un outil a été mis en place pour pouvoir y accéder librement. Les listes de fichiers appartenant aux réseaux NDACC et EUBREWNET sont indexées dans le système de recherche des données du Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet, les données pouvant être trouvées par le système du Centre puis téléchargées directement depuis les réseaux NDACC et EUBREWNET. Le Centre mondial des données sur l'ozone et le rayonnement ultraviolet continue également de promouvoir l'interopérabilité en faveur d'une administration, de données et de logiciels ouverts afin que les centres de données soient davantage utilisés. Il existe un projet d'interopérabilité des centres de données qui vise à fédérer plusieurs centres de données d'observation afin de partager les informations et d'harmoniser les échanges de métadonnées sans devoir copier les fichiers.
- 3) Les centres de données ont effectué des progrès en fournissant des données sous différents formats normalisés et acceptés. Grâce au soutien du WOUDC en faveur de normes ouvertes et de l'interopérabilité, les données sur l'ozone/les UV peuvent être téléchargées dans des formats et des représentations multiples (CSV, XML, JSON, etc.). Les métadonnées des stations sont également disponibles à travers le Système mondial intégré d'observation de l'OMM. Le WOUDC obtient chaque année la validation du contact des contributeurs, envoi des rappels de présentation des données et fournit des informations en retour sur les données obtenues (confirmation, rapport de traitement des données) ainsi que sur l'amélioration de la qualité des métadonnées. Les formats des données peuvent également fonctionner dans l'autre sens : la plupart des centres de données souhaitent obtenir des données des contributeurs dans le format du centre plutôt que dans celui de l'entité qui la fournit. L'accès aux fonctions de recherche des données, la visualisation et les outils d'échanges de données comme OpenAPI se sont donc améliorés. Il reste cependant difficile d'utiliser des données provenant de différents centres de données car elles sont fournies dans des modèles différents (format, métadonnées).

- Le centre de données du réseau EUBREWNET comprend des données issues de campagnes d'interétalonnage mais ces données sont moins prévalentes lorsqu'il s'agit d'autres activités d'interétalonnage ou de campagnes de mesures. Afin de valider le satellite de Copernicus, un inventaire est en cours d'élaboration. Il se base sur le lieu et les caractéristiques (trouvable, accessible, interopérable, réutilisable et reproductible – FAIR) des ensembles de données de référence, y compris les données des campagnes, qui sont disponibles dans plusieurs centres pour les données provenant des satellites Sentinel. Il pourrait être utile de prendre des mesures similaires s'agissant des données pour la recherche sur l'ozone.
- 4) Les bases de données devraient également pouvoir être préservées sur le long terme. Par exemple, l'hébergeur de données du réseau NDACC est en train de passer progressivement de l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère au centre de recherche de la NASA à Langley. Les données du réseau de recherche TCCON sont également en train de passer du Centre d'analyse des informations sur le dioxyde de carbone au Laboratoire de recherche sur la propulsion. Le réseau EUBREWNET est appuyé par AEMET (le service météorologique national d'Espagne) ; il est intégré au Centre européen d'étalonnage des spectrophotomètres Brewer. Au sein d'Environnement et changement climatique Canada, le WOUDC continue d'être administré par le service météorologique du Canada (pour la gestion des données et leur accès), en collaboration avec le Service de la science et de la technologie (pour l'expertise et les recommandations scientifiques). La version 2.0 du Centre est en train d'être élaborée afin de mettre à jour le site Web et les interfaces de programmation. Une version bêta sera disponible à la fin de l'année 2021 ou au début de 2022. Les efforts d'archivage sur le long terme doivent se poursuivre.
 - 5) Des progrès ont été réalisés dans le cadre de la publication des données associée à un système d'identificateur des objets numériques (DOI), qui est mis en œuvre pour les ensembles de données du WOUDC. Le réseau NDACC et d'autres centres de données ont intégré ce système ainsi que des licences de données à leurs ensembles de données. Les groupes consultatifs scientifiques sur l'ozone et les UV de l'OMM ayant demandé que des DOI soient rattachés aux stations, le WOUDC discute actuellement de ce sujet avec l'équipe d'experts sur la gestion des données sur la composition atmosphérique (ET-ACDM).
 - 6) L'OMM est en train d'élaborer une nouvelle politique en matière de données afin de faire progresser les échanges internationaux de données du système terrestre, y compris la surveillance de la composition atmosphérique et les données de recherche. Il devient intéressant de progresser vers une politique unifiée en faveur de l'accès libre aux données, même si les chercheurs estiment qu'il est également nécessaire de reconnaître le travail des fournisseurs de données.

B. Principales recommandations concernant l'archivage et la gestion des données découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Les représentants réitèrent les recommandations formulées dans le passé concernant la mise en place de systèmes solides de communication automatisée des données, avec traitement centralisé et normalisé si possible, accompagnés de dispositifs d'assurance qualité, pour assurer leur communication aux différents centres de traitement des données en temps utile, voire en temps quasi-réel. Plus particulièrement, toutes les informations nécessaires au traitement et au retraitement des données (comme l'historique de l'étalonnage) devraient être conservées dans le centre de traitement. Une supervision scientifique s'impose. Les données captées au passage du satellite et les métadonnées, accompagnées d'outils permettant de déterminer leur co-localisation avec les programmes au sol ou embarqués sur aéronef, devraient être immédiatement accessibles au centre de données, aux utilisateurs de données et aux fournisseurs de données pour permettre une évaluation initiale de la qualité en temps quasi-réel. Inversement, les données de la station au sol devraient être immédiatement accessibles aux équipes des satellites. Les bases de données devraient à leur tour être configurées de façon à pouvoir conserver de multiples versions pleinement traçables.
- 2) Encourager fortement la conservation complète des données, y compris leur historique. Plus particulièrement, les données conservées devraient contenir toutes les métadonnées et les données auxiliaires. Il est inutile que les utilisateurs conservent les données. De plus, les centres de données doivent travailler en collaboration avec des scientifiques afin de décider de ce qui doit être archivé. Un groupe de travail devrait être créé afin de discuter de la façon dont la conservation des données peut être mise en pratique. Il reviendrait à l'équipe d'experts de

l'OMM sur la gestion des données sur la composition atmosphérique de décider qui devrait diriger ce groupe de travail. Ce thème est également abordé dans les recommandations concernant les observations systématiques.

- 3) Répondre au besoin urgent d'allouer des ressources à la numérisation et à la conservation des données historiques sur l'ozone et les espèces apparentées, ainsi que des données auxiliaires (par exemple, les données spectroscopiques de laboratoire, les informations concernant les stations, etc.) lorsqu'elles sont disponibles et avant que ces informations ne disparaissent, afin de les inclure dans les systèmes de bases de données modernes. Les Parties sont encouragées à demander à leurs organismes de recherche de numériser et de contrôler la qualité des données qu'ils ont obtenues, puis de proposer ces données en libre accès. Il faudrait demander aux stations si elles ont besoin d'aide pour numériser leurs données en vue de créer des jumelages.
- 4) Continuer d'encourager les fournisseurs de données à intégrer ou rattacher celles-ci aux ensembles existants afin d'éviter une prolifération des bases de données et, plus particulièrement, une perte d'information après une mesure, une campagne d'(inter)étalonnage ou un projet, et de permettre le retraitement possible des données.
- 5) Renforcer les liens entre les centres de données. Pour ce faire, ceux-ci doivent davantage coordonner leurs activités et continuer de progresser en matière d'échanges de métadonnées et d'interopérabilité. L'ouverture et la convivialité des formats et de l'accès aux données devraient être encouragées. Les données non accessibles à la communauté devraient être rendues largement disponibles. Différents niveaux de données (L0 à L3 ; séries fusionnées) pourraient s'avérer nécessaires pour différents usagers. Les efforts devraient être poursuivis pour produire des enregistrements à long terme homogènes à partir des sources disponibles.
- 6) Il faudrait que les centres de données soient en mesure de fournir des données sous différents formats normalisés et acceptés. Il devrait incomber aux centres de données de fournir les outils nécessaires pour reformater, lire et visionner les données et, si possible, effectuer une première vérification de la qualité des données communiquées, sous supervision scientifique. Les autres responsabilités des centres de données devraient être clairement définies. Les représentants recommandent que le WOUDC demande aux stations Dobson de recueillir des données « de base » (par exemple, la valeur N pour les instruments de Dobson) à des fins d'archivage et de retraitements centralisés. Le WOUDC recueille les informations sur l'étalonnage provenant des centres d'étalonnage de Dobson afin de l'assortir aux données des stations.

Si des normes communes de formatage des données et de codification des métadonnées étaient adoptées, cela faciliterait l'exploitation de données provenant de différents centres. Plusieurs normes, comme le netCDF-CF ou le Modèle de données commun sont en train d'être créées ; elles sont utilisées par plusieurs spécialistes de l'observation de la Terre (par exemple, les fournisseurs de données par satellite et les chercheurs en modèles climatiques) et sont appuyées par un certain nombre d'outils d'extraction et de visualisation des données. Il faudrait travailler en collaboration avec le Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM ou avec le Comité des métadonnées GEOMS afin de proposer une norme commune et recommander une méthode pour convertir le format des données. Une étude récente a permis de déterminer que les différents formats actuellement utilisés sont les meilleurs possibles, bien qu'il faille toujours essayer de faire mieux. En réponse aux demandes des utilisateurs, les centres de données de l'OMM devraient collaborer avec d'autres centres de données (comme le réseau NDACC) afin de produire des données dans un format commun.

- 7) Créer des portails centraux de données (par exemple, le Centre mondial de données) permettant de faire connaître et de relier entre eux tous les centres de données pertinents pour la recherche sur l'ozone, ce qui donnerait la possibilité d'exploiter toutes les données de façon synergique et, ainsi, d'augmenter l'efficacité et la valorisation des efforts d'acquisition de données.
- 8) Il faut que les organismes de financement continuent à reconnaître que l'archivage à long terme est une activité qui mobilise beaucoup de ressources mais qui est essentielle à tout programme de mesure ou de modélisation. La gestion des données et la succession sont également à envisager. Il faudrait aussi davantage encourager la préservation à long terme des données. Par exemple, les États membres de l'ESA ont réalisé des progrès dans l'appui qu'ils fournissent au programme de préservation à long terme des données de l'agence. Il faudrait chercher d'autres solutions pour assurer la viabilité à long terme des données (par exemple, CDIAC, EUBREWNET).

- 9) Il faut que les données soient disponibles selon les principes FAIR. Cette mesure est appuyée par l'attribution d'un identificateur des objets numériques (DOI) et d'une licence de données aux ensembles de données. La publication de données disposant d'un tel identificateur (par exemple, le système Pangaea ou le journal Earth System Science Data) devrait être encouragée afin de fournir des données à la communauté scientifique et de reconnaître le travail des scientifiques et des organismes de financement dans ce domaine. Cela peut s'avérer être aussi une bonne solution pour l'archivage (y compris la traçabilité) de sorties de modèle ou de donnée unique. Il est recommandé d'appliquer une politique d'accès libre aux données mais en demandant de tenir suffisamment compte de leurs sources. Il faut trouver le moyen de s'assurer que cette reconnaissance a bien lieu car elle est souvent considérée comme un indicateur clé de résultats pour les organismes de financement.
- 10) Soutenir durablement les archives centrales d'ensembles de données satellitaires (par exemple le Centre d'archivage et de distribution actifs de la NASA) reliées par un portail central (comme celui du Comité mondial d'*observation* de la Terre par satellite). Les données captées au passage des satellites et les sous-ensembles qui coïncident avec les stations de réseau au sol doivent être rapidement disponibles. Par exemple, des entités comme le Centre de validation des données d'Aura ou de l'ESA devraient être soutenues.
- 11) Il faudrait que les stations de surveillance qui utilisent des spectrophotomètres Brewer ou d'autres instruments du même type prennent des mesures afin d'augmenter le taux de soumission de données d'indices UV au WOUDC. Il est impératif de garantir la qualité de ces données car leur utilisation est directement liée aux effets des rayonnements UV sur la santé des populations et sur les écosystèmes.

V. Renforcement des capacités

15. Si le renforcement des capacités de surveillance et de recherches sur l'ozone dans les pays en développement et en transition relève des engagements généraux pris au titre de la Convention de Vienne, cet objectif est en lui-même indispensable au succès réel du Protocole de Montréal.

16. L'atmosphère qui enveloppe notre globe ignore les frontières nationales. Des mesures assurant une couverture intégrale du globe sont donc essentielles pour une bonne compréhension scientifique de l'ozone. Pour participer pleinement au Protocole de Montréal, tous les pays doivent être des partenaires dans cette quête scientifique de plus en plus approfondie et apporter leur contribution aux efforts de recherche, en particulier dans les décennies à venir. Ainsi, il existera des experts locaux pouvant communiquer avec les décideurs régionaux et pouvant s'exprimer avec autorité sur l'importance du respect du Protocole de Montréal.

17. L'un des principaux objectifs du renforcement des capacités est la consolidation des réseaux de surveillance de l'ozone tels que celui de la Veille météorologique mondiale et la constitution de communautés scientifiques apportant leur concours à la science globale de l'ozone. Cet objectif peut être atteint moyennant la création de partenariats permettant l'échange de connaissances entre le monde industrialisé et les pays en développement. Les progrès rapides des technologies de communication modernes apportent de nouvelles possibilités d'établir et de mener de tels partenariats.

18. Le paragraphe 3 de la décision X/2 de la Conférence des Parties à la Convention de Vienne dispose qu'il convient « d'accorder la priorité aux activités de renforcement des capacités, en particulier aux projets qui doivent en priorité bénéficier d'un financement du Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observations systématiques au titre de la Convention de Vienne, relatives à l'inter-étalonnage des instruments, à la formation des utilisateurs d'instruments et à l'augmentation de la quantité de données d'observation sur l'ozone, notamment par la relocalisation des instruments Dobson disponibles ».

A. Principaux résultats dans le domaine du renforcement des capacités depuis la dixième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

1. Activités menées à bien grâce au Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'*observations* systématiques au titre de la *Convention* de Vienne

Activité 10 : campagne d'intercomparaison des instruments Dobson pour l'Afrique du Nord à El Arenosillo (Espagne), 4-15 septembre 2017

Activité 11 : stage de formation des opérateurs d'instruments Brewer à Sydney (Australie), 4-9 septembre 2017

Activité 12 : proposition conjointe d'OMM/VAG et du réseau SHADOZ : expériences d'intercomparaison de la sonde d'ozone 2017 à Jülich (Allemagne), 9-20 octobre et 23 octobre-3 novembre 2017

Activité 13a : Kenya : atelier de renforcement des capacités sur la gestion des données et l'étalonnage des instruments, première partie, à Hradec Králové (Tchéquie) ainsi qu'à Payerne, Zürich et Dübendorf (Suisse), 18 juin-6 juillet 2018

Activité 13b : Kenya : atelier de renforcement des capacités sur la gestion des données et l'étalonnage des instruments, seconde partie (Kenya), 18-27 mars 2019

Activité 14 : campagne d'intercomparaison des instruments Dobson pour l'Amérique latine et les Caraïbes à Buenos Aires (Argentine), 4-22 mars 2019

Activité 15 : Équateur : projet ECHOZ à Cumbayá (Équateur), 1^{er} mars 2019-30 avril 2020, puis 30 juin 2021 en raison de retards liés à la COVID-19

Activité 16 : campagne d'intercomparaison des instruments Dobson pour l'Afrique australe à Irene (Afrique du Sud), 7-18 octobre 2019

Activité 18 : Kirghizistan : appui technique et échanges d'information sur la surveillance atmosphérique sur la berge du lac de haute montagne à Issyk-Kul, 22 janvier 2020-31 mars 2024

Activité 19 : Comores : projet d'établissement d'un observatoire de l'ozone aux Comores, 11 mai 2021-30 avril 2022. Les données doivent être fournies au WOUDC le 1^{er} février 2023 au plus tard.

2. Activités prévues

19. Les activités suivantes ont été présentées en vue d'un financement prioritaire à la neuvième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone en 2014. Elles ont été approuvées par le Comité consultatif du Fonds d'affectation spéciale et seront financées par ledit Fonds dès qu'un pays en développement hôte aura été choisi :

Activité 17 : Relocalisation des instruments Dobson disponibles

20. En réponse à l'invitation adressée par le Secrétariat de l'ozone à tous les pays en développement et en transition leur demandant de soumettre des propositions de projet, neuf propositions ont été reçues en 2021 et sont examinées par le Comité consultatif du Fonds d'affectation spéciale en vue d'un financement. Le financement de la proposition A) est en cours de négociation. La mise en œuvre de ces projets va dépendre de la disponibilité de fonds. Le résultat des évaluations du Comité consultatif sont communiquées aux auteurs des projets. Les propositions sont les suivantes :

A) *Bélarus* : Préparer et réaliser des sessions d'intercomparaison de trois instruments en vue de surveiller l'ozone et le rayonnement ultraviolet dans le pays.

Brésil : Réseau latinoaméricain de spectrophotomètres Brewer

Chine : intégration internationale et renforcement des capacités dans le domaine des observations de substances réglementées dans les pays asiatiques en développement

Chine : communications nationales et internationales sur les technologies de surveillance des SAO et des HFC, l'analyse des données et les méthodes de contrôle de la qualité

Équateur : extension de opérations de sondage de l'ozone en Équateur, des Andes aux îles Galapagos : synergie ECHOZ-SHADOZ

Équateur : exposition aux rayonnements ultraviolets et effets dermatologiques sur les personnes liées aux secteurs de production des provinces de Pichincha, Guayas, Manabi, Pastaza et Galapagos, en Équateur

Équateur : mise en place du Centre de recherche sur l'énergie solaire et l'ozone « Mitad del mundo »

Inde : atelier de renforcement des capacités et de sensibilisation en matière de mesures de l'ozone stratosphérique et troposphérique et d'étalonnage des instruments de mesure de l'ozone

Inde : effets des changements des émissions de gaz traces sur la couche d'ozone stratosphérique et sur le climat actuel et futur en Asie du Sud-Est

Mexique : surveillance de la « bande B » de rayonnements ultraviolets solaires en Amérique centrale et aux Caraïbes

B. Principales recommandations concernant le renforcement des capacités découlant de la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone

- 1) Le Fonds d'affectation spéciale destiné à financer des activités de recherche et d'observation systématique au titre de la Convention de Vienne est un mécanisme qui a été spécifiquement créé par les Parties afin de pouvoir organiser des activités de renforcement des capacités partout dans le monde, raison pour laquelle il faut continuer de l'appuyer. Même si les mesures prises par des agences individuelles sont toujours accueillies positivement et se sont avérées bénéfiques, il reste le mécanisme international grâce auquel tous les pays en développement peuvent recevoir de l'aide et le système de surveillance mondial de l'ozone peut être renforcé. Cependant, le nombre de contributions reçues jusqu'à présent ne lui a pas permis d'obtenir les effets escomptés. Même une augmentation légère du financement permettrait aux activités de recevoir l'appui qu'elles méritent et de faire la différence en matière d'impact et de valorisation du potentiel humain. Les deux recommandations suivantes nécessitent son appui durable :
 - a) Conserver la qualité du système mondial d'observation de l'ozone en poursuivant et en élargissant les campagnes périodiques d'étalonnage et d'intercomparaison. La qualité des données recueillies par les réseaux d'observation de l'ozone en dépend. Les campagnes d'étalonnage et d'intercomparaison sont également l'occasion pour les experts des pays développés de partager de nombreuses connaissances avec les responsables des stations des pays en développement. Proposer des cours et des ateliers de formation parallèlement à ces campagnes serait idéal pour former des opérateurs locaux. La dernière campagne JOSIE-SHADOZ en 2017, avec l'appui du Fonds d'affectation spéciale, a été l'occasion de réunir des opérateurs de sondes d'ozone provenant de pays en développement et de leur proposer des formations, des discussions et des intercomparaisons de techniques de mesure. Plusieurs activités d'intercomparaison d'instruments terrestres permettant de mesurer la colonne totale d'ozone (comme Brewer et Dobson) montrent également le succès de telles initiatives ;
 - b) Offrir aux opérateurs des stations locales des pays en développement la possibilité de suivre des formations. L'expérience acquise à cette occasion, à laquelle s'ajoutent des connaissances locales utiles, pourraient alors aider à former d'autres opérateurs dans leurs pays. Les participants à la onzième réunion de Directeurs de recherches sur l'ozone ont exprimé la nécessité de proposer des formations plus poussées aux techniques de mesure de base, à la manipulation des données et aux méthodes d'analyse. Ils ont également demandé que les obstacles à la communication des données soient réduits en suivant des formations aux techniques de traitement des données et à la communication avec les centres d'archives de données. Des supports en ligne, des vidéos, des outils informatiques et des échanges en temps réel avec les formateurs pourraient venir compléter cette formation. Des sessions de formation en ligne devraient également être envisagées car elles permettraient de réduire fortement le coût de ces activités. La pandémie de maladie à coronavirus a montré le caractère pérenne et le succès des réunions en ligne. Par exemple, le réseau SHADOZ a organisé quatre réunions régionales en ligne auxquelles des opérateurs de stations et des cadres de pays en développement ont participé. Si cet exemple est suivi, cela permettra d'améliorer le niveau de compréhension scientifique local, les capacités de collecte de données et l'utilisation de l'assurance qualité. Il est essentiel de fournir un appui sur le long terme, par le biais de jumelages et de points de contact précis avec les experts régionaux.
- 2) Aider et encourager les pays visés à l'article 5 et les pays à économie en transition disposant de ressources limitées à développer leurs capacités scientifiques pour qu'ils puissent participer activement aux activités de recherche sur l'ozone, y compris celles prévues dans le cadre du Protocole de Montréal. Pour mettre en œuvre avec succès les activités de formation à la recherche scientifique, il est essentiel de recenser les points de contact et les parties prenantes concernées dans les pays en développement. Les participants à la onzième réunion des Directeurs de recherches sur l'ozone ont noté, à titre d'exemple à suivre, le succès rencontré par la formation de la NASA sur la télédétection appliquée, grâce à laquelle les nombreux participants issus de pays en développement qui l'ont suivie ont pu exploiter des données satellitaires pour la recherche scientifique.

- 3) L'OMM et le Secrétariat de l'ozone devraient aider à combler l'écart entre les différentes communautés. La collaboration entre les responsables de l'ozone et les agences météorologiques/spatiales nationales devrait être améliorée. Dans beaucoup de pays visés à l'article 5, les deux groupes sont largement déconnectés. Le Secrétariat de l'ozone devrait dresser la liste des instituts de recherche sur l'ozone, le rayonnement UV et le climat de chaque pays pour faciliter la communication.
- 4) Renforcer les activités de renforcement des capacités en trouvant d'autres sources de financement (par exemple, les fabricants, le secteur privé) et en soutenant les activités de développement. Il faudrait nouer des relations avec les chambres de commerce et les institutions économiques locales afin d'encourager la mise en œuvre de programmes de mesures de l'ozone.
- 5) Offrir des bourses pour encourager des étudiants issus de pays en développement à suivre une formation scientifique. Ces étudiants créeront des liens essentiels et aideront à relever le niveau d'engagement et de compréhension dans leurs pays respectifs. Les échanges d'étudiants et les transferts de connaissances entre pays développés et pays en développement (jumelages) sont vitaux pour construire ces relations. Il serait également utile que les pays en développement discutent avec les administrations publiques concernées afin de populariser les matières de spécialisation liées à l'ozone stratosphérique dans le cadre des sciences de l'atmosphère, et d'étudier la possibilité de mettre en place des mécanismes publics de soutien afin de pouvoir compter sur une main-d'œuvre professionnelle suffisante à l'avenir.
