



Commission économique pour l'Europe

Organe exécutif de la Convention sur la pollution
atmosphérique transfrontière à longue distance

**Organe directeur du Programme concerté de surveillance
continue et d'évaluation du transport à longue distance
des polluants atmosphériques en Europe**

Groupe de travail des effets

Cinquième session commune

Genève, 9-13 septembre 2019

Point 3 de l'ordre du jour provisoire

**État d'avancement des activités du Programme concerté de surveillance
continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants
atmosphériques en Europe en 2019 et travaux futurs**

**Rapport commun de 2019 sur les conclusions scientifiques
utiles à l'élaboration de politiques***

**Note établie par les Présidents de l'Organe directeur du Programme
concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport
à longue distance des polluants atmosphériques en Europe et du
Groupe de travail des effets, en coopération avec le secrétariat**

Résumé

Le présent rapport a été élaboré par le Bureau élargi du Groupe de travail des effets¹ et par celui de l'Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP)², en coopération avec le secrétariat de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Le bilan des données scientifiques récentes a été établi d'après les renseignements fournis par les pays chefs de file et les centres des programmes internationaux concertés (PIC), conformément au Plan de travail pour 2018-2019 relatif à la mise en œuvre de la Convention (ECE/EB.AIR/140/Add.1).

* La version originale du présent document n'a pas été revue par les services d'édition.

¹ Composé des membres du Bureau du Groupe de travail, des présidents des équipes spéciales des Programmes internationaux concertés (PIC), de l'Équipe spéciale mixte des aspects sanitaires de la pollution atmosphérique et du Groupe mixte d'experts de la modélisation dynamique, ainsi que de représentants des centres des programmes PIC.

² Composé des membres du Bureau de l'Organe directeur, des présidents des équipes spéciales de l'EMEP et de représentants des centres de l'EMEP.



Table des matières

	<i>Page</i>
I. Introduction	3
II. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé	3
III. Effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux	4
IV. Effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes	5
A. Forêts : la pollution atmosphérique menace toujours les éléments sensibles	5
B. Bassins versants forestiers	6
C. Tendances temporelles des concentrations de métaux lourds et d'azote dans les mousses ..	7
V. Effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes aquatiques	7
VI. Charges et niveaux critiques	8
A. Charges critiques : Modélisation dynamique	9
B. Niveaux critiques : effets de l'ozone sur la végétation	10
VII. Émissions	11
A. Améliorer les inventaires d'émissions	11
B. Demandes d'ajustement aux inventaires des émissions	14
VIII. Stratégie de surveillance	14
IX. Établissement d'une corrélation entre les échelles	15
A. Le projet de sites jumelés	15
B. Transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère	16

I. Introduction

1. Le présent rapport a été établi par les Présidents de l'Organe directeur du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP) et du Groupe de travail des effets conformément au Plan de travail pour 2018-2019 relatif à la mise en œuvre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (ECE/EB.AIR/140/Add.1). Ce rapport, qui rend compte des résultats obtenus en 2018 et en 2019, a été élaboré avec l'appui des organes subsidiaires scientifiques. Il s'agit du quatrième rapport commun portant sur les travaux menés par l'EMEP et le Groupe de travail des effets et reflétant la nouvelle organisation des deux organes, qui tiennent des sessions conjointes intégrées suivant un ordre du jour commun. Il convient de considérer les rapports communs, qui concrétisent une meilleure intégration des travaux scientifiques menés au titre de la Convention, comme un signe du renforcement des bases scientifiques des politiques élaborées au titre de la Convention.

II. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

2. L'Équipe spéciale mixte des aspects sanitaires de la pollution atmosphérique, un organe commun à l'Organe exécutif et à l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) dirigé par le Centre européen pour l'environnement et la Santé de l'OMS (Bonn, Allemagne), est chargée d'évaluer les effets sur la santé de la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance et de fournir des informations nécessaires dans ce domaine.

3. Lancée en 2016, la mise à jour mondiale des Lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air se poursuit. Ce projet a pour objectif de fournir des valeurs numériques de concentration actualisées et, dans la mesure du possible, des précisions sur la forme de la courbe concentration-effet, pour un certain nombre de polluants atmosphériques ambiants, pour des temps moyens correspondants et en lien avec les résultats sanitaires essentiels. Les polluants atmosphériques concernés sont les suivants : matières particulaires (PM_{2,5} et PM₁₀), dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃), dioxyde de soufre (SO₂) et monoxyde de carbone (CO). Cinq études systématiques des effets de la pollution atmosphérique sur la santé, commanditées en 2017, ont été menées à bien et font actuellement l'objet d'un examen par des pairs. Elles portent sur :

a) L'exposition de longue durée aux matières particulaires, à l'ozone (O₃) et au dioxyde d'azote (NO₂), ainsi que sur la mortalité totale et par cause ;

b) L'exposition de courte durée à l'ozone, au dioxyde d'azote et au dioxyde de soufre (SO₂), ainsi que sur les admissions aux services d'urgences ou à l'hôpital pour asthme ;

c) L'exposition de courte durée aux matières particulaires, au dioxyde d'azote (NO₂) et à l'ozone (O₃), ainsi que sur la mortalité totale et par cause ;

d) L'exposition de courte durée au monoxyde de carbone (CO) et les admissions aux services d'urgences ou à l'hôpital pour cardiopathies ischémiques.

4. Maintenant que sont achevés les examens systématiques des données et la majeure partie des adaptations méthodologiques, la deuxième phase de la mise à jour mondiale des Lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air va bientôt commencer. Elle consistera à calculer les valeurs des limites d'exposition à prescrire, à fixer des cibles intermédiaires et à formuler des recommandations. La troisième réunion du Groupe d'élaboration des lignes directrices, en juin 2019, a été l'occasion d'évaluer les examens systématiques et d'examiner la méthode de calcul des valeurs des limites d'exposition à prescrire, ainsi que d'établir des cibles intermédiaires.

5. En 2019, le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe a convoqué une réunion d'experts en vue de renforcer la base de connaissances sur les questions essentielles qui se posent en ce qui concerne l'évaluation de l'impact sur la santé du dioxyde d'azote dans le contexte européen, en tenant compte des nouveaux travaux de recherche et de l'expérience

acquise par les États membres en Europe. Les experts ont examiné ces questions dans le contexte plus large de la mise à jour de la méthode de calcul de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé et de la prise en compte du dioxyde d'azote dans les évaluations des incidences sur la santé. Les résultats de cette réunion contribueront aux travaux visant à réviser les relations concentration-effet et les méthodes d'évaluation des incidences sur la santé en Europe.

III. Effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux

6. Les activités du Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux, y compris ceux des monuments historiques et culturels (PIC-Matériaux) sont actuellement menées dans le cadre de l'appel lancé en octobre 2015 pour la communication de données relatives à l'inventaire et à l'état des biens menacés dans les sites inscrits sur la liste du patrimoine culturel mondial de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) et qui concerne l'Allemagne, la Croatie, l'Italie, la Norvège, la Suède et la Suisse. Les premiers résultats ont été compilés dans le rapport n° 83 du PIC-Matériaux³.

7. Les principaux facteurs de risque (polluants) pour les différents risques (corrosion et encrassement) sont résumés dans le tableau 1. Les matières particulaires (PM₁₀) ont été relevées comme facteur de risque à la fois pour la corrosion et l'encrassement du calcaire, tandis que l'acide nitrique (HNO₃) a été retenu seulement pour la corrosion. L'effet combiné du SO₂ et de l'O₃ a été relevé comme facteur de risque pour le cuivre, et les PM₁₀ et le NO₂ ont été relevés comme facteurs de risque pour l'encrassement du verre. Le SO₂ reste un facteur de détérioration important pour certains matériaux utilisés dans le patrimoine culturel, mais il n'est plus le facteur dominant. De plus, l'acidité des précipitations semble avoir un faible impact sur la dégradation des matériaux dans les conditions actuelles.

Tableau 1

Facteurs de risque (polluants) relatifs à différents risques pour les matériaux constituant les éléments de patrimoine (+ impact faible ; ++ impact moyen ; +++ impact élevé). Une case vide indique qu'une combinaison risque/polluant particulière n'a pas été incluse dans la fonction dose-effet utilisée, et que l'incidence ne pouvait donc pas être estimée.

Risque	SO ₂	NO ₂	HNO ₃	SO ₂ *O ₃	PM ₁₀	pH
Corrosion du calcaire	+/++		++/+++		++	+
Corrosion du grès	+/++					+
Corrosion du cuivre				++/+++		+
Corrosion du bronze	+				++	+
Encrassement du calcaire					+++	
Encrassement du verre	+/++	++/+++			++/+++	

8. Aux concentrations actuelles de polluants atmosphériques, la récession des surfaces calcaires, la corrosion du cuivre et l'encrassement des éléments non transparents (calcaire) et transparents (verre) pourraient poser problème pour plusieurs monuments historiques et culturels. Les taux estimés de récession des surfaces calcaires et de corrosion du cuivre après un an d'exposition étaient nettement supérieurs au taux de corrosion de fond (3,2 µm/an pour le calcaire et 0,32 µm/an pour le cuivre) et généralement proches de l'objectif fixé par le PIC-Matériaux pour 2050 (le double du taux de corrosion de fond) ou même supérieurs. Dans certains cas, ces valeurs sont proches des objectifs fixés pour 2020

³ Rapport n° 83 du PIC-Matériaux : Appel à données « Inventory and Condition of Stock of Materials at UNESCO World Cultural Heritage Sites – 2015-2017 ». Partie II (Évaluation des risques).

(2,5 fois le taux de corrosion de fond). L'encrassement du calcaire et des éléments en verre semble inacceptablement élevé.

9. À la trente-cinquième réunion de l'Équipe spéciale du PIC-Matériaux (Paris, 24-26 avril 2019), l'évaluation du coût prévu des dommages dus à la pollution atmosphérique a été examinée. Sur la base de données préliminaires, le coût annuel des dommages imputables à la pollution atmosphérique, en fonction du niveau de pollution et des conditions météorologiques et climatiques, pour les 21 biens culturels évalués, varie de 3,1 à 20 euros par mètre carré (€/m²/an) pour la récession des surfaces calcaires, de 5,1 à 9,8 €/m²/an pour la corrosion du cuivre, de 0 à 52,1 €/m²/an pour l'encrassement des surfaces calcaires et de 0 à 11,7 €/m²/an pour l'encrassement du verre. Ces coûts s'ajoutent à ceux des zones de fond, estimés à 4,4 €/m²/an, 3,5 €/m²/an, 25 €/m²/an et 6,8 €/m²/an, respectivement, pour la récession des surfaces calcaires, la corrosion du cuivre, l'encrassement du calcaire et l'encrassement du verre.

IV. Effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes terrestres

A. Forêts : la pollution atmosphérique menace toujours les éléments sensibles

10. Entre 2000 et 2014, les concentrations d'ozone ont sensiblement diminué, de 0,63 parties par milliard par an (ppb/an), sur les sites du Programme international concerté d'évaluation et de surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les forêts (PIC-Forêts). La concentration moyenne à long terme d'ozone pendant la saison de croissance (avril à septembre) au cours de cette période était de 36,2 ppb. Les valeurs allaient de 14,5 ppb à 70,1 ppb et reflétaient un gradient nord-sud marqué dans toute l'Europe, les concentrations les plus élevées étant observées en Italie, en Suisse méridionale, en Tchéquie, en Slovaquie, en Roumanie et en Grèce. Malgré la réduction des concentrations d'ozone, les niveaux d'ozone dépassent encore la valeur seuil pour les effets nocifs dans 13 des 15 pays. Les effets directs de l'exposition à l'ozone se manifestent par des symptômes visibles sur les feuilles et ont été observés sur des espèces végétales ligneuses dans toute l'Europe. Toutefois, la relation entre l'exposition à l'ozone et les symptômes visibles n'est pas évidente, mais dépend de la sensibilité propre à chaque espèce, des apports nutritifs, de la disponibilité de l'eau et du climat.

11. La répartition spatiale des dépôts annuels de nitrates et d'ammonium par égouttement de la frondaison recueillis dans 248 placettes de niveau 2 du PIC-Forêts et 49 placettes de SWETHRO (le réseau suédois de surveillance des eaux d'égouttement de la frondaison) en Europe en 2017 montre une variabilité spatiale marquée des dépôts atmosphériques. Toutefois, à plus grande échelle, on observe des tendances régionales dans les dépôts par égouttement. Dans le cas des nitrates, des dépôts par égouttement importants ont été observés principalement en Europe centrale (Allemagne, Suisse, Tchéquie, Autriche et Flandres), tandis que des valeurs inférieures à 4 kg N/ha/an ont été observées principalement en Finlande, Suède, Norvège, Hongrie, Bulgarie, Roumanie, Lettonie et Estonie. La zone d'Europe centrale où les dépôts par égouttement d'ammonium sont élevés est plus étendue : elle inclut également le nord de l'Italie, le sud-ouest du Royaume-Uni, le sud de la Roumanie et l'ouest de la Pologne. Des valeurs inférieures à 4 kg N/ha/an ont été relevées en Norvège, Suède, Finlande, Bulgarie, Lettonie et Estonie, mais aussi dans certaines régions de France, d'Autriche et de Slovaquie. Il est à noter que les dépôts totaux de nitrate et d'ammoniac dans la forêt peuvent être plus élevés que les dépôts par égouttement, en raison de phénomènes d'échange qui se produisent dans la canopée. Les composés azotés (N) ont deux effets sur les écosystèmes : ce sont d'importants éléments nutritifs qui influent fortement sur le métabolisme des plantes, sur tous les processus forestiers et sur la biodiversité, mais ils peuvent aussi renforcer l'acidification des sols. Il est bien connu que l'accroissement des dépôts d'azote, l'enrichissement en dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique ainsi que la hausse des températures et l'allongement des saisons de croissance ont stimulé la croissance des arbres dans de nombreuses régions

d'Europe. Ces augmentations de la croissance des arbres entraînent une augmentation de la demande en éléments nutritifs. La question de savoir si l'excès d'azote entraîne des déséquilibres en nutriments, et si oui dans quelle mesure, est actuellement à l'étude. C'est à cette fin qu'est analysé l'ensemble de données à long terme du PIC-Forêts (469 placettes dans 26 pays) sur la teneur en éléments nutritifs du feuillage des arbres.

B. Bassins versants forestiers

12. On sait depuis longtemps que les forêts sont des systèmes dynamiques à toutes les phases de succession, et que les perturbations de différents ordres de grandeur jouent un rôle clef dans leur développement. Étant donné que la fréquence et la gravité des perturbations naturelles devraient augmenter dans des conditions de changement planétaire, il est urgent de mieux comprendre comment les effets combinés des perturbations anthropiques de fond et des cycles de perturbations naturelles peuvent avoir un impact sur des écosystèmes jusque-là résistants. Le Programme international concerté de surveillance intégrée des effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes (PIC-Surveillance intégrée) a donc procédé à une analyse documentaire sur la résilience des écosystèmes forestiers à différents facteurs de perturbation⁴.

13. Toutes les forêts, même les forêts semi-naturelles non gérées, sont sujettes à des perturbations anthropiques diffuses telles que l'eutrophisation et l'acidification par les dépôts atmosphériques d'azote et de soufre (S) et les changements climatiques, qui peuvent entraîner une perte de biodiversité et des changements dans la composition des communautés végétales, réduisant la résistance des forêts aux perturbations⁵. Si des progrès importants ont été réalisés dans la réduction des émissions de soufre liées aux pluies acides dommageables, les dépôts d'azote restent constamment élevés et constituent une préoccupation écologique croissante. La question reste donc ouverte de savoir si les forêts peuvent continuer à faire preuve de résilience face aux perturbations naturelles lorsqu'elles sont soumises à de tels facteurs de perturbation anthropiques diffus, et si oui, pendant combien de temps.

14. Il ressort de l'analyse documentaire approfondie que les régimes de perturbation et les schémas connexes de régénération et de succession sont des éléments importants de la dynamique forestière et peuvent contribuer à favoriser la biodiversité et la résilience. Cependant, les pressions supplémentaires exercées sur les écosystèmes forestiers par les impacts anthropiques diffus ont pour effet de réduire cette résilience. De nombreuses études expérimentales ont montré que les apports d'azote peuvent provoquer des changements majeurs dans la végétation forestière et certaines études récentes ont démontré que les dépôts continus d'azote modifient effectivement la végétation de sous-bois et affectent la croissance de la canopée. Les effets combinés des dépôts d'azote sont donc susceptibles d'entraîner une moindre résilience des forêts dans les écosystèmes qui doivent simultanément faire face à une augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des perturbations naturelles, notamment les dommages causés par les tempêtes et les infestations par des scolytes. De telles interactions entre différents facteurs de perturbation peuvent avoir des conséquences imprévisibles et surprenantes qui n'ont pas encore été suffisamment étudiées, et les sites qui ont connu de graves perturbations combinées peuvent montrer des signes de changements de régime. Une surveillance et des recherches à long terme seront donc nécessaires pour documenter des schémas aussi complexes.

⁴ James Weldon, « Post disturbance vegetation succession and resilience in forest ecosystems – a literature review », dans Sirpa Kleemola et Martin Forsius, éd., *27th Annual Report 2018 : Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems*, Reports of the Finnish Environment Institute, No. 20 (Helsinki, 2018), p. 39 à 52, disponible à l'adresse <http://hdl.handle.net/10138/238583>.

⁵ Thomas Dirnböck *et al.*, « Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe », in *Global Change Biology* 20 (2014) : 429-440. <https://doi.org/10.1111/gcb.12440>.

C. Tendances temporelles des concentrations de métaux lourds et d'azote dans les mousses

15. D'après les activités de surveillance menées dans le cadre du Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur la végétation naturelle et les cultures (PIC-Végétation), entre 1990 et 2015 les concentrations de plomb et de cadmium dans les mousses ont diminué respectivement de 81 % et 64 %. Les concentrations d'autres métaux lourds (arsenic, chrome, cuivre, fer, nickel, vanadium et zinc) ont également diminué, les baisses allant de 9 % pour le chrome à 58 % pour le vanadium. Toutefois, les concentrations de mercure dans les mousses n'ont pas changé depuis 1995. Les concentrations d'azote n'ont pas non plus évolué de façon significative entre 2005 et 2015. En 2015, les concentrations de métaux lourds étaient généralement les plus élevées en Europe de l'Est et du Sud-Est, tandis que les concentrations d'azote les plus élevées étaient généralement observées en Europe centrale, notamment en Allemagne, en Roumanie et en Slovaquie.

V. Effets de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes aquatiques

16. Les résultats préliminaires du rapport 2019 sur l'évolution hydrochimique des eaux de surface, à paraître, ont montré que les cations sulfatés et basiques ont diminué tandis que la capacité de neutralisation des acides (CNA), le pH et le carbone organique dissous (COD) ont augmenté dans plusieurs sites depuis 1990. Les tendances pour les nitrates ont été plus mitigées. Pour l'Europe, la plupart des points d'inflexion pour les sulfates, les cations basiques et la CNA ont été détectés juste avant 2000, tandis que pour le COD, ils sont apparus presque dix ans plus tard. Le rapport décrira également les tendances concernant la gravité des événements ainsi que les effets de l'utilisation des terres sur la régénération. Ces rapports réguliers sur les tendances sont importants, car ils permettent de déterminer où et pour quels paramètres la régénération après acidification est ou n'est pas satisfaisante.

17. Une étude portant sur deux lacs voisins dans le Lake District du Royaume-Uni fait ressortir l'importance du pouvoir tampon pour la régénération après une acidification. Dans le sud de la Finlande, la foresterie et l'activité des castors ont influé sur les tendances hydrochimiques à long terme dans les petits lacs boréaux. En Tchéquie, les données de surveillance à long terme et la modélisation dynamique ont montré que, bien qu'une attaque majeure du scolyte ait entraîné un arrêt à court terme de la régénération après acidification, la décomposition de la biomasse et la repousse de la végétation ont accéléré la régénération du sol et de l'eau à long terme. L'utilisation des terres et les événements extrêmes peuvent donc avoir des conséquences contrastées et surprenantes, et il est important de mieux comprendre les effets de ces facteurs confondants sur la régénération après acidification.

18. Le rapport de 2018 sur l'ampleur actuelle de l'acidification en Europe et en Amérique du Nord⁶ a souligné l'absence d'une approche harmonisée de l'évaluation de l'acidification chimique, y compris dans le contexte de la directive-cadre sur l'eau de l'Union européenne. Dans les pays nordiques, un projet de classification des sites de Finlande, de Norvège et de Suède selon les différents systèmes nationaux a montré des divergences marquées, notamment pour les cours d'eau. Dans une expérience menée en parallèle pour établir les corrélations entre les paramètres d'acidification et les données sur les invertébrés benthiques, l'indicateur d'acidification le plus prometteur a semblé être la CNA corrigée des acides organiques. L'harmonisation des systèmes nationaux d'évaluation de l'acidification des eaux de surface aiderait à améliorer la cohérence des évaluations de l'acidification des eaux de surface, mais il faut veiller à ne pas provoquer de perte d'exactitude par rapport aux différents systèmes d'évaluation.

⁶ Austnes *et al.*, 2018. « Regional assessment of the current extent of acidification of surface waters in Europe and North America ». Rapport NIVA SNO 7268-2018. Rapport du PIC-Eaux 135/2018.

19. Les communautés d'invertébrés benthiques de nombreuses eaux douces européennes se régénèrent actuellement à la suite de la réduction des dépôts acides. Des changements intervenus dans la composition des espèces peuvent modifier les traits fonctionnels des communautés biologiques. Ceux-ci ont des conséquences directes sur la santé des écosystèmes et sur les services écosystémiques, tels que la décomposition des déchets, la filtration de l'eau et la spirale des nutriments.

20. La base de données sur le mercure (Hg) présent dans la chair des poissons, constituée dans le cadre du Programme international concerté d'évaluation et de surveillance de l'acidification des cours d'eau et des lacs (PIC-Eaux), constitue une source précieuse d'informations pour la surveillance continue des effets du mercure sur l'environnement. Les lacs qui sont principalement touchés par du mercure d'origine atmosphérique seront particulièrement utiles pour collecter des données sur les effets de la réduction de la pollution de l'air sur le mercure présent dans les poissons. Dans les lacs où le mercure provient principalement de la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, des diminutions constantes du mercure (de 3 à 7 % par an) ont été observées pour la perche et le brochet en Fennoscandie boréale et subarctique, ce qui suggère l'existence de mécanismes de régulation environnementale communs. Le futur plan d'échantillonnage pour la surveillance du mercure dans les poissons devrait comprendre des échantillonnages répétés et la collecte de données sur les antécédents de pollution, les caractéristiques hydrochimiques, l'âge des poissons et les isotopes stables afin de permettre l'évaluation des politiques de réduction des émissions^{7, 8}.

21. La Géorgie étend son réseau de surveillance des lacs et des rivières et dispose d'un nouveau laboratoire d'analyse hydrochimique. La principale pression sur les eaux de surface provient des eaux usées non traitées, mais l'agriculture et l'industrie posent également des défis aux ressources en eau de la Géorgie. Une étude réalisée dans la région de Valday, en Fédération de Russie, a montré que les concentrations de métaux lourds dans les précipitations étaient plus élevées dans les zones forestières que dans les zones ouvertes.

VI. Charges et niveaux critiques

22. Le Programme international concerté de modélisation et de cartographie des charges et niveaux critiques ainsi que des effets, des risques et des tendances de la pollution atmosphérique (PIC-Modélisation et cartographie) a connu une période de transition en 2018 à la suite du changement de pays hôte pour le Centre de coordination pour les effets (CCE) et de la prise de fonctions de sa nouvelle présidente. Le CCE est maintenant basé en Allemagne, et la présidence du PIC-Modélisation et cartographie est toujours assurée par la France.

23. L'appel à soumission de données concernant les charges critiques pour l'acidification, l'eutrophisation et la biodiversité (prévu de 2015 à 2017) a été prolongé jusqu'en février 2019. Cet appel a permis aux Parties de mettre à jour leurs données dans la base de données européenne sur les charges critiques. Quatorze États Parties à la Convention, tous membres de l'Union européenne, ont soumis des charges critiques actualisées pour l'acidification et l'eutrophisation, et six Parties ont entamé un processus de compilation et de soumission de charges critiques pour la biodiversité. Les centres nationaux de liaison (CNL) ont fourni la majeure partie des données relatives aux « boisements, forêts et autres habitats boisés » (catégorie G de la classification EUNIS – Système européen harmonisé d'information sur la nature), puis aux « prairies, terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens » (catégorie E de la classification EUNIS). Le CCE a également entamé le processus de reconstitution et de mise à jour de la base de données de référence européenne. L'ensemble européen de données sur les charges critiques pour la période 2015-2017, qui peut être utilisé pour

⁷ Braaten *et al.*, 2019. Improved Environmental Status: 50 Years of Declining Fish Mercury Levels in Boreal and Subarctic Fennoscandia. *Environmental Science & Technology*, 53, (4), 1834-1843.

⁸ Programme des Nations Unies pour l'environnement (2019). Évaluation mondiale du mercure – 2018. Programme des Nations Unies pour l'environnement, Service des produits chimiques et de la santé, Genève. ISBN 978-92-807-3744-8.

appuyer les politiques européennes de réduction de la pollution atmosphérique, reste valable et disponible pour la suite des travaux tant que le nouveau CCE n'aura pas achevé le nouvel ensemble (sur la base des contributions apportées par les centres nationaux de liaison en 2019) et tant que celui-ci n'aura pas été approuvé pour utilisation par le PIC-Modélisation et cartographie et par le Groupe de travail des effets. De plus, le CCE travaille à la mise en place d'un service de cartographie en ligne afin de rendre les cartes des charges critiques accessibles sur sa page d'accueil. Un nouveau site Web a déjà été lancé, qui fournit des informations générales sur le PIC-Modélisation et cartographie, des données et modèles, des publications, ainsi que la première et la dernière version du Manuel de cartographie. On le trouve à l'adresse suivante : https://www.umweltbundesamt.de/en/Coordination_Centre_for_Effects.

24. De nouvelles informations scientifiques sur les effets de l'azote, devenues disponibles ces dernières années, ont été présentées à la trente-cinquième réunion de l'Équipe spéciale. Elles permettent au PIC-Modélisation et cartographie d'actualiser davantage la modélisation de l'état d'équilibre et les charges critiques pour les méthodes d'analyse de la biodiversité. Un examen des charges critiques empiriques sera lancé. D'autres travaux méthodologiques seront menés en collaboration avec le Groupe mixte d'experts de la modélisation dynamique, d'autres PIC, l'EMEP, des experts et des groupes de suivi extérieurs à la Convention. Le calendrier des activités du PIC-Modélisation et cartographie sera, dans la mesure du possible, adapté au calendrier de l'examen du Protocole modifié relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg, 2022).

A. Charges critiques : Modélisation dynamique

25. Les bases de données et cartes de charges critiques européennes ont été très utiles dans les négociations des protocoles à la Convention fondés sur les effets. Cependant, comme le concept de charge critique repose sur celui d'état d'équilibre, il faut des modèles dynamiques pour estimer la durée des effets des changements dans les émissions de polluants atmosphériques et le temps de régénération. Les interactions avec les changements dans les variables climatiques revêtent également une importance primordiale. Il est prévu que le réchauffement climatique actuel se maintienne au cours des prochaines décennies, et les dépôts élevés d'azote pourraient se stabiliser, contrairement aux dépôts de soufre, qui ont sensiblement diminué. L'échelle de temps pendant laquelle ces améliorations affecteront les écosystèmes est toutefois incertaine. Ces pressions diffèrent d'une région à l'autre et leurs effets sur les écosystèmes varient en fonction des caractéristiques du site.

26. Afin d'évaluer les avantages de la réduction mandatée par la législation des dépôts d'azote sur la végétation des sous-étages forestiers, 23 sites forestiers européens appartenant aux réseaux du PIC-Surveillance intégrée, du PIC-Forêts et du réseau eLTER (Recherche à long terme sur les écosystèmes en Europe) et produisant des données de grande qualité sur les dépôts, le climat, la chimie des sols et la végétation des sous-étages ont été étudiés. Un modèle dynamique des sols (VSD+) couplé à un modèle statistique des niches d'espèces végétales (PROPS) a été appliqué au climat et aux dépôts sur les sites⁹. La diminution attendue des dépôts d'azote conformément aux objectifs de réduction des émissions jusqu'en 2030 fixés par la législation actuelle n'a pas entraîné d'inversion de la tendance à l'eutrophisation.

27. On peut donc conclure que les sites de recherche et de surveillance à long terme sont des systèmes de référence pour l'élaboration et la validation de modèles écologiques. Les politiques environnementales pourraient de plus en plus tirer parti de ressources telles que l'infrastructure du PIC-Surveillance intégrée et les moyens de recherche du réseau

⁹ Thomas Dirnböck *et al.*, « Currently legislated decreases in nitrogen deposition will yield only limited plant species recovery in European forests », dans *Environmental Research Letters* 13 (2018) 125010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf26b>.

eLTER¹⁰, ¹¹, ainsi que des modèles d'écosystèmes intégrés qu'elles permettent d'élaborer. Les résultats ont également montré que les réductions des émissions d'oxydes d'azote devaient être considérablement plus importantes pour permettre la régénération dans des zones ayant subi des dépôts d'azote chroniquement élevés. Les efforts législatifs devraient également porter sur la limitation de la saturation en azote dans certaines parties du monde ayant jusqu'à présent évité les quantités extrêmes de dépôts cumulés d'azote qui ont été relevées dans de vastes régions d'Europe.

B. Niveaux critiques : effets de l'ozone sur la végétation

Impacts de l'ozone sur le rendement du blé en Europe : tendances modélisées pour 1990-2010

28. En collaboration avec le Centre thématique européen sur la pollution atmosphérique et l'atténuation des changements climatiques de l'Agence européenne pour l'environnement, le PIC-Végétation a contribué à une évaluation des tendances en matière d'impact de l'ozone sur le rendement du blé en Europe entre 1990 et 2010, en utilisant des mesures de concentration (AOT40¹²) et de flux (POD₆SPEC¹³).

29. Sur la base de l'AOT40 modélisé, les pertes de rendement de blé calculées ont diminué de manière significative, passant de 18,2 % à 10,2 % entre 1990 et 2010, alors que d'après les mesures métriques fondées sur les flux, elles n'ont pas changé de manière significative : elles étaient respectivement de 14,9 % et 13,3 % en 1990 et 2010. Par rapport aux données mesurées par l'EMEP, la tendance à la baisse de l'AOT40 est surestimée par les modèles (ensemble Eurodelta-Trends de six modèles de transport chimique), en particulier pour la décennie 1990-2000. Un changement intervenu dans le profil de l'ozone entre 1990 et 2010 (avec des pics plus faibles et des concentrations de fond plus élevées) contribue à l'écart constaté dans la modélisation des tendances. Les modèles semblent mieux rendre compte du POD₆SPEC que de l'AOT40.

Impacts de l'ozone sur le rendement mondial du blé : prévisions pour 2030 selon la législation actuelle

30. En collaboration avec l'EMEP/Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O), le PIC-Végétation a évalué l'impact sur le rendement en blé en 2010 et 2030 de l'application intégrale de la législation actuelle sur la qualité de l'air. Les données relatives aux émissions de 2010 et 2030 du projet ECLIPSE de l'Union européenne ont été utilisées pour calculer la dose d'ozone phytotoxique (POD₃IAM) et les pertes de rendement du blé dues à l'ozone, en prenant pour hypothèse que le climat et la production de blé ne changent pas entre 2010 et 2030.

31. Les pertes annuelles de rendement du blé dues à l'ozone étaient similaires pour 2010 et 2030, en raison de la hausse des émissions de méthane et de la stabilité des émissions d'oxydes d'azote entre 2010 et 2030. Le pourcentage le plus élevé de pertes de rendement a été estimé pour l'Asie du Sud et de l'Est (pertes de rendement de 9,2 % et 9,0 %, pertes de production de 28,9 et 28,3 millions de tonnes en 2010 et 2030 respectivement), suivie par l'Europe orientale, le Caucase et l'Asie centrale (pertes de rendement de 7,8 % et 7,2 %, pertes de production de 8,2 et 7,5 millions de tonnes respectivement en 2010 et en 2030). La perte de rendement en pourcentage était semblable en Europe et en Amérique du Nord

¹⁰ Maria Holmberg *et al.*, « Modelling study of soil C, N and pH response to air pollution and climate warming using European LTER site observations », in *Science of the Total Environment* 640 et 641 (2018) : 387 à 399. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.299>.

¹¹ Michael Mirtl *et al.*, « Genesis, goals and achievements of Long-Term Ecological Research at the global scale: A critical review of ILTER and future directions », in *Science of the Total Environment* 626 (2018): 1439 à 1462. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.001>.

¹² L'AOT40 est la somme des écarts entre la concentration horaire moyenne d'ozone (en ppb) et une valeur seuil de 40 ppb pendant la journée, accumulée sur une période de temps donnée.

¹³ POD₆SPEC (« dose d'ozone phytotoxique ») est l'absorption (flux) accumulée d'ozone pour le blé de l'espèce cultivée (« SPEC ») au-dessus d'un seuil de 6 nmol m⁻² s⁻¹ pendant une période de croissance donnée.

(environ 6,6 % et 5,5 % respectivement en 2010 et 2030), mais la perte de production était environ deux fois plus élevée en Europe (12,8 et 10,8 millions de tonnes en 2010 et 2030 respectivement).

VII. Émissions

A. Améliorer les inventaires d'émissions

32. Les conclusions de l'examen technique ont été communiquées aux experts désignés au niveau national, dans le cadre des rapports de situation propres à chaque pays. On trouvera une synthèse des conclusions des examens menés au titre des deux premières étapes dans le rapport d'examen des inventaires établi conjointement par le Centre des inventaires et des projections des émissions (CIPE) et l'Agence européenne pour l'environnement en 2019¹⁴, qui pourra être consulté sur le site Web du CIPE. Un examen approfondi de 6 pays (Albanie, Fédération de Russie, Géorgie, Norvège, Serbie, Turquie) a été effectué d'avril à juillet. Tous les pays sauf la Géorgie ont communiqué avec les équipes d'examen. Les rapports nationaux seront affichés sur le site Web du CIPE avant la cinquième session conjointe (en septembre 2019).

33. Il est important de mentionner un problème récurrent : certains pays qui procèdent à un examen d'inventaire ne répondent pas du tout, ou ne répondent que de façon très minimale, aux questions soulevées par l'équipe d'experts. Vu l'ampleur des ressources utilisées au sein de l'EMEP (et les contributions en nature apportées par des Parties) pour mener à bien le processus d'examen et le fait que ces pays sont généralement ceux qui pourraient bénéficier le plus de cet exercice destiné à renforcer les capacités, il est important de comprendre les raisons des non-réponses et de voir comment les éviter dans les prochains examens (d'autant plus qu'a priori ces pays devraient faire l'objet d'examens plus fréquents dans le cadre des nouvelles procédures).

34. Enfin, les experts de l'Équipe spéciale des inventaires et des projections des émissions ont estimé qu'il fallait mettre en place un mécanisme plus solide pour veiller à ce que des méthodes simples, de niveau 1, ne soient pas utilisées pour les sources dont il est déterminé qu'elles appartiennent à de grandes catégories, conformément aux principes énoncés dans les Directives pour la communication des données d'émission et les projections des émissions au titre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Directives pour la communication d'informations – ECE/EB.AIR/125). Il a été proposé de supprimer toutes les méthodes de niveau 1 du Guide d'orientation EMEP/AEE pour l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques (Guide EMEP/AEE)¹⁵, mais la prise d'une telle décision est encore en discussion (étant donné que le Guide est également utilisé par un certain nombre de Parties qui n'ont peut-être pas ratifié un protocole mais souhaitent encore faire une première estimation des émissions en utilisant les méthodes de niveau 1).

35. Une question importante concerne la qualité des inventaires des émissions qui sont susceptibles d'être utilisés à l'appui de l'élaboration des politiques. En effet, le modèle d'interaction et de synergie entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (modèle GAINS), mis au point par le Centre pour les modèles d'évaluation intégrée (CMEI), pourra être utilisé pour examiner le Protocole de Göteborg modifié et évaluer dans quelle mesure les objectifs à long terme seront atteints (en 2020-2030-2050), une fois que les annexes techniques du Protocole modifié auront été intégralement mises en œuvre. Comme les données officielles sur les émissions sont parfois incomplètes, l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée recommande d'utiliser des estimations d'experts dans de tels cas pour garantir l'égalité de traitement des pays.

¹⁴ Marion Pinteris *et al.*, Examen des inventaires 2019 : Examen des données d'émission communiquées dans le cadre de la Convention PATLD et de la Directive NEC – rapport conjoint du CIPE et de l'AEE, Rapport technique du CIPE 4/2019 (Vienne, Agence autrichienne pour l'environnement, 2019) (à paraître).

¹⁵ Voir <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>.

Émissions par maille utilisées pour la modélisation

36. Ces dernières années, le CIPE a mis au point et amélioré un système de maillage comprenant une résolution de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (longitude/latitude), qui utilise différentes variables spatiales de substitution pour la désagrégation spatiale des données ayant subi un traitement de comblement des lacunes, au niveau des secteurs définis dans la nomenclature GNFR14 (Gridded Nomenclature for Reporting – nomenclature maillée pour la notification de données). En 2019, des données par maille sur les principaux polluants (oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), ammoniac (NH_3), oxydes de soufre (SO_x), monoxyde de carbone (CO) et matières particulaires ($\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , particules grossières)) pour toute la série chronologique 1990-2017 ont été établies pour la première fois à cette nouvelle résolution. Les données par maille pour les métaux lourds (cadmium (Cd), mercure (Hg) et plomb (Pb)) et les polluants organiques persistants (POP) (Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Indeno(1,2,3-cd)pyrène, dioxines et furannes (PCDD/F) et hexachlorobenzène (HCB)) ont été établies pour 2017. Pour la première fois, des données par maille sur les émissions de carbone noir ont été établies en résolution $0,1 \times 0,1$ (longitude/latitude) (données de 2017).

37. Lorsque les chiffres communiqués n'étaient pas suffisants ou que des données devaient être remplacées, les lacunes ont été comblées en faisant appel à des estimations d'experts, issues par exemple du modèle GAINS, de l'inventaire des émissions du projet TNO-MACC-II financé par le service Copernicus de surveillance de l'atmosphère (CAMS), de données au format du cadre commun de présentation (CRF) provenant du mécanisme pour la surveillance des émissions de gaz à effet de serre de l'Union européenne (UE 2013), de l'ensemble de données CAMS-REG-AP-v2.2 (ECCAD 2019), de la Base de données relative aux émissions pour la recherche atmosphérique mondiale (EDGAR), de l'évaluation mondiale du mercure 2013, du projet balte POPCYCLING ou de l'inventaire mondial des émissions d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les émissions des régions maritimes ont été calculées à l'aide de l'ensemble de données mondiales du CAMS sur les navires pour les années 2000 à 2017 (Finnish Meteorological Institute, 2019), fournies via ECCAD (CAMS_GLOB_SHIP). Cette approche a été rendue possible par la bonne coopération établie par le PIEC avec d'autres initiatives européennes et internationales d'inventaire des polluants atmosphériques.

38. Le CSM-O et le Centre de synthèse météorologique-Est (CSM-E) ont contribué à l'examen et à l'évaluation des données d'émission par maille, puisque celles-ci sont principalement utilisées comme données d'entrée pour les modèles de transport des produits chimiques. Une trentaine de pays ont déclaré des émissions EMEP dans le nouveau maillage (résolution de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$). Les calculs du modèle EMEP/CSM-O, effectués à l'aide de ces nouvelles données, ont été comparés aux observations de l'EMEP et des stations de la base de données européenne relative à la qualité de l'air ainsi qu'aux simulations sur modèle utilisant un autre ensemble de données d'émissions européennes largement utilisé, élaboré par la communauté des chercheurs pour le programme Copernicus (CAMS-REG-AP, fondé sur des données européennes, non nationales). Les résultats indiquent que, pour la plupart des pays, l'utilisation des données d'émission par maille nationales améliore la corrélation spatiale des résultats du modèle (pour le NO_2 en particulier) par rapport aux observations. Il est encourageant de constater que la qualité des données d'émission par maille soumises pour de nombreux pays semble plutôt élevée par rapport à 2017.

La problématique des particules condensables

39. La modélisation des matières particulaires (PM) et le recours à des experts pour les émissions de particules primaires (PPM) donnent fortement à penser que les émissions de PM en Europe sont actuellement sous-estimées et que les PM condensables¹⁶ provenant du secteur de la combustion résidentielle, en particulier le chauffage au bois, sont une source clef de ces émissions manquantes. À l'heure actuelle, le traitement des particules condensables dans les inventaires des émissions communiqués par l'EMEP varie d'un pays

¹⁶ Le composant condensable de la matière particulaire est libéré sous forme de gaz, mais forme des particules lorsqu'il est dilué et refroidit.

à l'autre et d'une source d'émission à l'autre, mais, dans une large mesure, la composante condensable fait défaut dans les estimations des émissions. Cette absence a non seulement pour effet de provoquer une sous-estimation des particules modélisées, elle peut aussi fortement influencer sur les cartes des concentrations de la pollution atmosphérique et les matrices des récepteurs sources utilisées dans les modèles d'évaluation intégrée.

40. L'an dernier, l'Organe directeur de l'EMEP a demandé aux Parties de documenter dans leur rapport d'inventaire (IRR) comment elles traitent la partie condensable des émissions de particules qu'elles déclarent, secteur par secteur. Le CIPE a mis à jour le modèle d'IRR pour faciliter ce travail. Dix-sept Parties ont fourni des informations sur l'inclusion de la composante condensable dans les facteurs d'émission des PM₁₀ et PM_{2,5} (Allemagne, Autriche, Belgique, Croatie, Espagne, Estonie, Finlande, France, Lettonie, Pays-Bas, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse)¹⁷ pour la première fois en 2019. Cette communication de renseignements est une première étape vers une meilleure compréhension des données sur les particules dont il est rendu compte dans les rapports. Toutefois, les rapports de 2019 ont montré que, dans de nombreux cas, les Parties ne disposent pas des informations permettant de dire si leurs données sur les émissions de particules d'une catégorie de sources particulière comprennent ou non le composant condensable. C'est surtout pour les émissions du transport routier que le statut d'inclusion ou d'exclusion est connu. On s'attend à ce que les rapports s'améliorent au cours des prochaines années, avec un plus grand nombre de Parties communiquant l'information et qualité croissante de l'information fournie.

41. Le CSM-O a effectué une série de simulations sur modèle (pour cinq pays d'essai, à savoir la Belgique, l'Italie, la Norvège, la Pologne et les Pays-Bas) fondées sur des données d'experts sur les émissions, comprenant ou non la composante condensable, afin d'illustrer l'effet quantitatif possible de ce phénomène. L'effet de l'inclusion des condensables varie d'un pays à l'autre (en fonction, par exemple, de la quantité de condensables dans ce pays). Parmi les 5 cas d'essai, l'effet a été le plus important en Pologne, où la réduction des particules primaires est d'environ 40 % plus efficace pour la concentration absolue de PM_{2,5} lorsque les condensables sont inclus (l'inclusion des condensables augmente d'environ 40 % la contribution des particules primaires aux PM_{2,5}). Pour les autres pays, l'effet a été moindre, voire presque négligeable dans certains cas. En résumé, l'inclusion des condensables affectera probablement les matrices de récepteurs sources de manières très différentes pour différents pays.

Émissions de carbone noir

42. Le CIPE a continué de contribuer au projet Action de l'Union européenne sur le carbone noir dans l'Arctique pour 2018-2020 (European Union Action on Black Carbon in the Arctic – EUA-BCA)¹⁸. Ce projet, dirigé par le Secrétariat du Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique, est l'initiative de l'Union européenne destinée à soutenir l'action internationale visant à réduire les émissions de carbone noir. Le rapport technique intitulé « Review of Reporting Systems for National Black Carbon Emissions Inventories » (Examen des systèmes de notification des inventaires nationaux des émissions de carbone noir) a été achevé au printemps 2019, le CIPE y ayant largement contribué par ses données sur les émissions ainsi que par un examen des méthodes d'inventaire du carbone noir recommandées dans le Guide AEE/EMEP et du niveau actuel de notification des émissions de carbone noir au titre de la Convention.

43. Les données relatives aux émissions de carbone noir sont recueillies volontairement par les Parties à la suite de la procédure d'établissement de rapports. Bien qu'un grand nombre de Parties déclarent volontairement des émissions de carbone noir, l'examen a révélé un certain nombre de lacunes et a conduit à la formulation de recommandations. Il a par exemple été proposé d'améliorer le Guide EMEP/AEE en ce qui concerne la disponibilité de méthodes d'inventaire du carbone noir de niveau supérieur, et recommandé de rendre obligatoire la communication de données sur le carbone noir. Une version

¹⁷ État au 30 avril 2019.

¹⁸ <https://eua-bca.amap.no/>.

préimprimée du rapport est déjà disponible en ligne¹⁹, la version finale devant être publiée sur le site Web du projet EUA-BCA à l'été 2019.

B. Demandes d'ajustement aux inventaires des émissions

44. Toutes les demandes d'ajustement, nouvelles ou déjà approuvées, ont été évaluées par l'équipe d'experts chargée de l'examen. Les Pays-Bas ont présenté de nouvelles demandes d'ajustement en 2019 et sept parties (Allemagne, Belgique, Danemark, Espagne, Hongrie, Finlande, France, Luxembourg et Royaume-Uni) ont soumis l'annexe VII après avoir obtenu l'approbation de leur demande. Les recommandations adressées à l'Organe directeur de l'EMEP sont présentées dans un rapport d'étape sur les ajustements²⁰. Les ajustements approuvés qui sont présentés dans l'annexe VII ont été incorporés dans l'outil en ligne, où toutes les informations peuvent être consultées et comparées facilement²¹.

VIII. Stratégie de surveillance

Révision de la stratégie de surveillance

45. Le Centre de coordination pour les questions chimiques (CCQC), en collaboration avec les experts de l'Équipe spéciale des inventaires et des projections des émissions, a établi comme prévu la proposition de révision de la stratégie de surveillance de l'EMEP. Il a été tenu compte des progrès faits récemment dans d'autres initiatives pertinentes telles que le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique, le programme Veille de l'atmosphère globale de l'OMM, les directives de l'Union européenne, la Convention de Minamata et la Convention de Stockholm. Les experts ont mis la dernière main au texte à la réunion annuelle de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation.

46. Aucun changement majeur n'est proposé pour la nouvelle stratégie de surveillance par rapport à la précédente. Elle sera toujours organisée en trois niveaux, le niveau 1 étant obligatoire pour les Parties et le niveau 3 n'ayant qu'un caractère volontaire (sur la base de programmes scientifiques internationaux ou nationaux). Il est par exemple proposé de faire passer du niveau 2 au niveau 1 la mesure du carbone élémentaire et du carbone organique dans les PM₁₀ ainsi que les mesures heure par heure du dioxyde d'azote. Il est également suggéré de s'aligner sur le programme Veille de l'atmosphère globale et sur l'infrastructure de recherche ACTRIS de l'Union européenne. Le texte définitif sera examiné pour adoption à la cinquième session conjointe de l'Organe directeur de l'EMEP et du Groupe de travail des effets, en septembre 2019.

47. Il convient de rappeler que la dernière campagne sur le terrain de l'EMEP visait principalement à acquérir une meilleure connaissance des composés carbonés (et du carbone noir) dans les particules et de leur source au moyen d'appareils en ligne à résolution temporelle élevée, tels que les aethalomètres à longueurs d'ondes multiples. Le réseau a aussi été doté de moyens d'analyse chimique de traceurs pertinents, par exemple le lévoglucosane. L'hiver (décembre 2017-mars 2018) a été choisi pour mettre en évidence la contribution de la combustion de la biomasse pendant les épisodes hivernaux d'émission de particules. Vingt-deux pays ont participé à cette campagne sur le terrain et 57 sites ont fait l'objet d'une surveillance. Le CCQC a rassemblé toutes les données, qui seront désormais utilisées par les équipes de modélisation du CSM-O et du CSM-E et par les experts nationaux pour évaluer les performances des modèles actuels dans la reproduction des concentrations de composés carbonés en Europe. Un nouvel exercice de comparaison de modèles sera lancé sous l'égide de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation, dans le cadre du suivi des initiatives Eurodelta.

¹⁹ <https://eua-bca.amap.no/news/2019/eua-bca-technical-report-review-of-reporting-systems-for-national-black-carbon-emissions-inventories>.

²⁰ Voir http://www.ceip.at/adjustments_gp/adj_country_data/.

²¹ Voir http://webdab1.umweltbundesamt.at/adjustments_GP.

IX. Établissement d'une corrélation entre les échelles

48. D'après l'analyse de l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée, la comparaison des plans nationaux pour la qualité de l'air a montré que les pays n'examinaient que les incidences nationales de leur plan mais pas les avantages transfrontières (tout en tenant compte des avantages des mesures prises dans d'autres pays). Même dans les méthodes nationales d'analyse coûts-avantages des projets ou des mesures des pouvoirs publics, les impacts transfrontières sont omis dans la plupart des pays. L'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée recommande d'utiliser tous les coûts externes dans l'analyse coûts-avantages et de rendre compte également des réductions des dommages transfrontières à la santé et aux écosystèmes.

49. À l'échelle des villes, si l'accent est mis sur les dépassements des valeurs limites dans certaines rues, cela conduit les pouvoirs publics à prendre d'autres types de mesures que lorsque l'accent est mis sur la réduction de l'exposition moyenne et l'amélioration maximale de la santé. La deuxième approche serait plus rentable, mais exige davantage de coopération régionale ou (inter)nationale. L'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée conseille de prendre en compte les deux approches et de faire des compromis entre efficacité et équité.

A. Le projet de sites jumelés

50. Afin d'établir des preuves scientifiques des corrélations entre les échelles locale et régionale en matière de pollution atmosphérique et de les caractériser, l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation a lancé en 2017 un nouveau projet de sites jumelés qui vise à étudier des données recueillies dans des stations de surveillance par diverses méthodes, ainsi que par des expériences de modélisation.

51. La méthode de surveillance est coordonnée par des experts nationaux espagnols et fait appel à un triple dispositif constitué de stations de surveillance urbaines/périurbaines/rurales en Allemagne, en Espagne, en France, aux Pays-Bas et en Suisse.

52. Les méthodes de modélisation reposent sur plusieurs outils. La méthode du modèle GAINS élaborée par le Centre pour les modèles d'évaluation intégrée peut être utilisée pour définir les contributions locales et non locales à la pollution atmosphérique. En outre, des experts français ont étudié la capacité du modèle de l'EMEP et des modèles multiéchelles de transport de substances chimiques à saisir les gradients urbain-rural observés dans le total des PM₁₀ et les espèces chimiques uniques utilisées dans les analyses des sites jumelés.

53. Des experts espagnols ont évalué une méthode fondée sur des sites jumelés pour évaluer à partir d'observations la contribution locale et non locale de la pollution atmosphérique à l'air urbain. Cette approche repose sur la décomposition incrémentale (l'approche dite de Lenschow) appliquée à la décomposition par factorisation matricielle positive de la caractérisation chimique fine des aérosols. Elle a été appliquée à des observations sur des sites jumelés ou triplés, en Allemagne, en Espagne, en France, aux Pays-Bas et en Suisse. Dans l'ensemble, l'accroissement urbain se situe entre 18 et 35 %, ce qui met en évidence l'importance de la contribution de la pollution atmosphérique à longue distance, même dans les zones urbaines. Les conclusions du projet des sites jumelés seront publiées en 2019.

54. Le CSM-E a procédé à une évaluation sur modèle de la pollution par les métaux lourds et les POP dans les pays de l'EMEP. Les résultats de la modélisation opérationnelle comprennent des informations sur les concentrations, les dépôts et le transport transfrontières du plomb, du cadmium, du mercure, des hydrocarbures aromatiques polycycliques, des PCDD/F, des PCB et de l'hexachlorobenzène. En outre, pour contribuer aux travaux du Groupe de travail des effets, des produits d'information complémentaires, tels que des données sur les dépôts propres aux écosystèmes ou les charges atmosphériques dans les bassins hydrographiques, ont été élaborés.

55. Les activités de recherche ont été menées conformément aux priorités définies dans la stratégie à long terme de la Convention. Un nouveau mécanisme de photoréduction du mercure dans l'atmosphère a notamment été mis à l'essai et évalué. De plus, une expérience de réduction d'échelle (passage de l'échelle régionale à l'échelle nationale) pour les mesures de la pollution par les métaux lourds a été lancée dans le cadre d'une étude portant sur l'Allemagne. L'évaluation des principaux processus du benzo(a)pyrène, de sa dégradation et de ses propriétés de partage particules-gaz, s'est poursuivie en étroite coopération avec des experts nationaux français et espagnols. L'analyse des incertitudes dans les modèles en ce qui concerne l'accumulation de l'hexachlorobenzène dans les milieux et sa réémission dans l'atmosphère a commencé.

56. Le CSM-E a également contribué aux travaux de l'Équipe spéciale des questions technico-économiques visant à promouvoir la ratification des protocoles à la Convention par les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale. Une attention particulière a été accordée à la coopération avec les organisations internationales, notamment le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique, la Convention de Stockholm, la Convention de Minamata et la Commission pour la protection du milieu marin dans la zone de la mer Baltique.

B. Transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère

57. L'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère a achevé la publication d'un numéro spécial de la revue *Atmospheric Chemistry and Physics*²², qui comprend 48 articles s'appuyant sur les résultats de récentes expériences mondiales et régionales de modélisation de l'ozone et des particules fines coordonnées avec l'Initiative internationale d'évaluation des modèles de qualité de l'air et l'étude sur la comparaison entre modèles pour l'Asie (Model Intercomparison Study-Asia). Les auteurs des articles étaient originaires de pays qui sont Parties à la Convention, ainsi que de Chine, d'Inde, du Japon et de Corée du Sud.

58. Les récentes conclusions de l'Équipe spéciale du transport des polluants atmosphériques à l'échelle de l'hémisphère confirment des analyses antérieures montrant que la sensibilité des niveaux annuels d'ozone en Europe aux variations des émissions qui surviennent en dehors de l'Europe est égale ou supérieure à la sensibilité aux variations des émissions qui surviennent en Europe. Toutefois, des résultats récents suggèrent que la sensibilité varie entre différentes mesures de l'ozone : la somme des concentrations horaires de plus de 35 ppb (SOMO35), axée sur la santé, est moins sensible aux émissions hors Europe que la moyenne annuelle. En outre, la sensibilité des concentrations d'ozone dans les modèles régionaux dépend des conditions limites utilisées pour estimer le transport de l'ozone du domaine régional dans la troposphère libre (c'est-à-dire au-dessus de la couche homogène). Il faut poursuivre les recherches pour améliorer l'évaluation des modèles mondiaux afin de fournir des conditions limites à appliquer aux modèles régionaux.

²² https://www.atmos-chem-phys.net/special_issue390.html.