



---

**Commission économique pour l'Europe**

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

**Quarante-deuxième session**

Genève, 12-16 décembre 2022

Point 5 de l'ordre du jour provisoire

**Examen du caractère suffisant et efficace du Protocole relatif à la réduction  
de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique  
(Protocole de Göteborg), tel qu'amendé en 2012**

**Informations techniques pour l'examen du Protocole  
de Göteborg**

**Document présenté par le Groupe de l'examen du Protocole  
de Göteborg**

*Résumé*

Le présent document a été établi par le Groupe de l'examen du Protocole de Göteborg à partir des informations fournies par les équipes spéciales relevant du Groupe de travail des stratégies et de l'examen. Il complète le rapport sur l'examen du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, tel que modifié en 2012 (ECE/EB.AIR/2022/3) par des informations utiles pour l'élaboration des politiques, et est officieusement appelé « annexe II ».

L'Organe exécutif est invité à prendre note des éléments contenus dans le présent document.



## I. Introduction

1. Le présent document a été établi par le Groupe de l'examen du Protocole de Göteborg à partir des informations fournies par les équipes spéciales<sup>1</sup> relevant du Groupe de travail des stratégies et de l'examen, dans le cadre de l'examen du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg), tel que modifié en 2012, demandé par l'Organe exécutif dans sa décision 2019/4<sup>2</sup>. Le présent document donne des informations techniques supplémentaires utiles pour l'élaboration des politiques qui complètent le rapport sur l'examen du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (ECE/EB.AIR/2022/3).
2. Le document présente des scénarios allant jusqu'en 2050 et des études de cas portant sur les solutions technologiques choisies par certains pays d'Europe de l'Est et du Sud-Est, du Caucase et d'Asie centrale ; il fait également le point sur les obstacles à la mise en œuvre, l'adéquation des articles clés du Protocole de Göteborg, les solutions permettant de réduire les émissions d'azote et de méthane (CH<sub>4</sub>) et la coopération internationale en matière de pollution atmosphérique.

## II. Scénarios stratégiques

3. Les scénarios ont été élaborés par le Centre pour les modèles d'évaluation intégrée (CMEI) à partir des projections établies par les Parties et des organisations internationales telles que l'Agence internationale de l'énergie et le Centre commun de recherche de la Commission européenne. Les concentrations atmosphériques et les niveaux de dépôt ont été calculés par le CMEI en coopération avec le Centre de synthèse météorologique-Ouest (CSM-O). L'évaluation des effets sur la santé est fondée sur les relations exposition-réponse mises au point par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Les effets sur les matériaux et sur les écosystèmes, y compris les lacs et les cultures, ont été calculés par les centres des programmes internationaux concertés du Groupe de travail des effets.

### Plans de réduction actuels

4. Les plans de réduction actuels en Europe se traduisent par des réductions des émissions d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) relativement faibles par rapport aux réductions prévues pour les émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de matières particulaires (PM) primaires. On prévoit que les taux de dépôt régionaux de soufre et d'azote évolueront de la même manière que les émissions régionales de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et d'ammoniac. La baisse des émissions de particules primaires et des précurseurs des aérosols inorganiques secondaires devrait entraîner une réduction des concentrations de PM<sub>2,5</sub> à l'horizon 2030. Malgré cela, la cible intermédiaire 3 pour les PM<sub>2,5</sub> (10 µg/m<sup>3</sup>) qui figure dans la mise à jour de 2021 des Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air devrait encore être dépassée dans certaines régions (nord de l'Italie, certaines zones des Balkans occidentaux et en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale). À plus long terme, certains processus pourraient conduire à une nouvelle augmentation des niveaux de particules : par exemple, des températures plus élevées sont susceptibles d'entraîner une augmentation des émissions biogènes de composés organiques volatils (et donc la formation d'aérosols organiques secondaires) et l'augmentation des émissions d'oxydes d'azote et d'ammoniac provenant des sols pourrait également stimuler la formation de particules secondaires. Les calculs du modèle d'interaction et de synergie entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS) montrent que la limite annuelle pour les PM<sub>2,5</sub> définie dans les Lignes directrices de l'OMS de 2021 sera dépassée dans de vastes zones à l'horizon 2030 pour le scénario correspondant à la mise en œuvre et à l'application de la législation environnementale actuelle.

<sup>1</sup> L'Équipe spéciale des questions technico-économiques, l'Équipe spéciale de l'azote réactif, l'Équipe spéciale de la coopération internationale dans la lutte contre la pollution atmosphérique et l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée.

<sup>2</sup> Toutes les décisions de l'Organe exécutif auxquelles il est fait référence dans le présent document sont disponibles à l'adresse suivante : <https://unece.org/decisions>.

### Solutions permettant de réduire davantage les émissions

5. Dans la région de la Commission économique pour l'Europe (CEE), il est possible de réduire davantage les émissions d'ammoniac issues de l'agriculture, les émissions de particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) provenant de la combustion domestique de combustibles solides et du brûlage de déchets agricoles, ainsi que les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) provenant du traitement des déchets ménagers, du secteur des combustibles fossiles et de l'agriculture. Au-delà des solutions techniques, des changements structurels dans les systèmes énergétiques, de transport et alimentaires peuvent également entraîner des réductions d'émissions.

6. Dans les pays d'Europe orientale et d'Europe du Sud-Est, du Caucase et d'Asie centrale, il est possible de limiter davantage les émissions en faisant appel aux meilleures techniques disponibles, notamment dans les domaines des centrales à charbon, de l'utilisation de solvants, des transports et de la gestion des déchets. On estime qu'il est possible de réduire encore les émissions dans le secteur des transports maritimes internationaux, par exemple en appliquant les accords de l'Organisation maritime internationale (OMI) sur les zones de contrôle des émissions<sup>3</sup> ou grâce aux initiatives des autorités portuaires visant à encourager l'utilisation de navires propres et à raccorder les bateaux à quai au réseau électrique terrestre.

### Améliorations apportées au modèle d'interaction et de synergie entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS) par le Centre pour les modèles d'évaluation intégrée

7. Le domaine de modélisation GAINS a été étendu à tous les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale. Les émissions de NO<sub>x</sub> provenant du sol sont incluses, les données sont cohérentes avec les rapports nationaux et avec le Guide des inventaires des émissions de polluants atmosphériques élaboré conjointement par le Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP) et l'Agence européenne pour l'environnement (AEE)<sup>4</sup>, publié en 2019. Les émissions de COVNM provenant des effluents d'élevage, des cultures et des prairies sont prises en compte dans le modèle GAINS selon la méthodologie du guide EMEP/AEE. L'acidification du lisier a été ajoutée dans la liste des solutions permettant de réduire les émissions d'ammoniac. Le modèle du secteur de la gestion des déchets a été remanié et inclut systématiquement les incidences des solutions de réduction des émissions sur divers polluants (y compris les émissions de méthane). La base de données sur les charges critiques de 2021 est intégrée dans le modèle GAINS, en coopération avec le Centre de coordination pour les effets (CCE). Les méthodes d'évaluation des effets sur la santé font l'objet de discussions avec l'Équipe spéciale mixte des aspects sanitaires de la pollution atmosphérique. De nouveaux scénarios mondiaux suivront à l'été-automne 2022. De nouveaux coefficients source-récepteur ont été élaborés conjointement avec le CSM-O, ils incluent les interactions entre les zones urbaines et rurales. Les résultats provisoires, y compris une représentation intrinsèquement cohérente de la fraction condensable des particules, sont disponibles<sup>5</sup>. Un résumé des scénarios d'émissions est illustré à la figure 1 ci-après.

### Scénarios d'interactions et de synergies entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS)

8. Le scénario de référence simule les émissions de polluants atmosphériques (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, carbone noir, NH<sub>3</sub>, COV) ainsi que les émissions de CH<sub>4</sub> jusqu'en 2050 et table sur une application effective de la législation actuelle. Les données historiques ont été mises à jour et validées à l'aide des émissions déclarées au niveau national en 2021, en collaboration avec le Centre des inventaires et des projections des émissions (CIPE) de l'EMEP. Pour les PM<sub>2,5</sub>, les scénarios de référence présentent un tableau mitigé en ce qui concerne l'inclusion

<sup>3</sup> Voir l'annexe VI de la Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par le Protocole de 1978 y relatif, et telle que modifiée ultérieurement par le Protocole de 1997.

<sup>4</sup> Disponible à l'adresse suivante : [www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019).

<sup>5</sup> De nouveaux scénarios mondiaux suivront à l'automne 2022.

des émissions de particules condensables provenant du chauffage domestique. Les politiques et mesures récentes ainsi que les progrès et les plans de mise en œuvre nationaux ont été pris en compte. Dans le cas de l'Union européenne, on suppose que les politiques énergétiques et agricoles respectent les objectifs de réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 et de neutralité carbone à l'horizon 2050. Il convient de noter que cette hypothèse conduit à une image plus optimiste que les projections d'émissions pour 2030 communiquées au niveau national (voir la section V. A du rapport sur l'examen). De nouveaux scénarios énergétiques et agricoles ont été élaborés pour les Balkans occidentaux, la République de Moldova, la Géorgie et l'Ukraine. Pour les pays de l'Association européenne de libre-échange (AELE), la Türkiye et les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, les projections d'activité ont été établies à partir des données du World Energy Outlook<sup>6</sup> de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les récents événements survenus dans la région de la CEE n'ont pas été pris en compte, et les scénarios ont été exécutés avant l'invasion de l'Ukraine par la Fédération de Russie.

9. Le scénario de référence montre de fortes réductions des émissions de polluants atmosphériques sur la période 2005-2030 (SO<sub>2</sub> : 80 % ; NO<sub>x</sub> : 50 à 80 %, PM<sub>2,5</sub> : 25 à 70 %) dans l'Union européenne, en Amérique du Nord et également dans les pays des Balkans occidentaux, grâce aux accords de la Communauté de l'énergie<sup>7</sup> qui comportent des engagements visant à réduire fortement les émissions provenant de sources fixes au cours des prochaines décennies. La consommation de combustibles fossiles continuera à augmenter dans les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, mais les progrès techniques devraient permettre de réduire progressivement les émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) d'environ 40 % et 20 % respectivement sur la période 2005-2030.

10. Les émissions de méthane ne diminuent que dans l'Union européenne (scénario Pacte vert pour l'Europe) dans le scénario de référence. En Amérique du Nord, on observe une augmentation des émissions liées au secteur pétrolier et gazier. Le modèle GAINS retient des coefficients d'émission plus élevés (documentés) pour l'exploration de gisements de gaz non conventionnels que l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis.

11. Le scénario de réduction maximale techniquement réalisable utilise les mêmes données sur les activités (scénario énergétique et agricole) que le scénario de référence et explore le potentiel de réduction supplémentaire des émissions offert par la mise en œuvre mondiale des meilleures techniques disponibles (MTD). Ces techniques éprouvées sont caractérisées par des coefficients d'émission qui sont les plus faibles que l'on puisse actuellement atteindre. Parmi les meilleures techniques disponibles, on peut citer les systèmes très efficaces de traitement en aval utilisés dans les secteurs industriels (filtres, épurateurs, mesures primaires), des transports et de la combustion domestique (poêles à combustion propre, poêles et chaudières à granulés), les mesures mises en œuvre dans l'agriculture (nouveaux bâtiments d'élevage à faibles émissions, avec traitement de l'air extrait le cas échéant, stockage couvert des effluents d'élevage, épandage efficace ou avec enfouissement immédiat des effluents d'élevage et utilisation d'inhibiteurs d'uréase), la substitution des solvants, la recherche de fuites sur les systèmes de production et les réseaux de distribution de pétrole et de gaz. Il convient de noter que ce scénario ne tient pas compte des contraintes de coût ou du manque de ressources financières qui peuvent limiter les investissements nécessaires. Il se concentre sur le potentiel de réduction technique. Toutefois, le scénario intègre des contraintes relatives à l'applicabilité de la technologie dans certains secteurs et utilise des informations sur l'ancienneté des équipements. Il ne prévoit ni une fermeture accélérée des installations ni une mise au rebut précoce des véhicules ou des chaudières. Par conséquent, il est clair que le potentiel de réduction augmente vers 2050.

12. Pour le dioxyde de soufre (à l'exception de l'Europe orientale, du Caucase et de l'Asie centrale), la majeure partie du potentiel de réduction supplémentaire est déjà prise en compte dans le scénario de référence. Il est essentiel de veiller à l'application de la loi à cet égard. Pour les oxydes d'azote, il existe d'autres mesures de réduction. Les données de télédétection (et les mesures des dépôts d'azote) montrent que les inventaires d'émissions ont surestimé la

<sup>6</sup> Voir [www.iea.org/topics/world-energy-outlook](http://www.iea.org/topics/world-energy-outlook).

<sup>7</sup> Voir [www.energy-community.org/legal/treaty.html](http://www.energy-community.org/legal/treaty.html).

baisse des émissions au cours de la dernière décennie. Le potentiel de réduction dépendra dans la pratique de la baisse des émissions réelles.

13. Les politiques actuelles de réduction des émissions d'ammoniac sont très modestes. Des possibilités de réduction supplémentaires existent dans toutes les régions (à l'exception de certains pays où les politiques sont plus avancées). Toutefois, dans l'ensemble, le potentiel de réduction technique des émissions d'ammoniac est moindre que pour les autres polluants atmosphériques.

14. Le potentiel de réduction des émissions de particules primaires PM<sub>2,5</sub> est important sauf dans les pays de l'Union européenne et de l'AELE, et notamment dans l'industrie et le chauffage domestique dans les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale et dans les Balkans occidentaux. Le chauffage domestique est la principale source d'émissions dans de nombreuses villes d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, tandis que le secteur de la production d'électricité est largement responsable des concentrations de fond locales.

15. Le scénario à faibles émissions tient compte des évolutions des données sur les activités résultant des politiques mondiales d'atténuation des changements climatiques, notamment une importante transformation du secteur agricole se traduisant par une forte diminution du cheptel, en particulier bovin et porcin, qui est liée aux changements de régime alimentaire des populations. Cela entraîne des réductions supplémentaires importantes des émissions d'ammoniac et de méthane. La réduction supplémentaire estimée par rapport au scénario de réduction maximale techniquement réalisable est de 20 à 40 %. Le scénario à faibles émissions repose sur la mise en œuvre dans toutes les régions de politiques climatiques visant à réduire fortement le recours aux combustibles fossiles et à augmenter simultanément l'utilisation des biocarburants et des énergies renouvelables (éolien, solaire, etc.). Les trajectoires d'utilisation des combustibles fossiles, ainsi que la structure de l'utilisation de l'énergie en général, diffèrent selon les régions. Pour l'Union européenne, le scénario de référence intègre déjà une forte réduction du recours aux combustibles fossiles et cette projection énergétique est donc également utilisée dans le scénario à faibles émissions.

16. En ce qui concerne le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le scénario de référence montre une réduction importante des émissions dans la plupart des régions (et dans une moindre mesure en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale), ce qui signifie que le potentiel de réduction supplémentaire est limité. Toutefois, en termes relatifs, les émissions du scénario à faibles émissions peuvent être inférieures de 50 % à celles du scénario de réduction maximale techniquement réalisable. Pour l'ammoniac, la situation est différente en ce que le scénario de référence ne fait apparaître aucune réduction significative, mais que, dans toutes les régions, les changements structurels et comportementaux du scénario à faibles émissions offrent un potentiel de réduction supplémentaire important et auront également des retombées positives en ce qui concerne le méthane.

## Résultats<sup>8</sup>

17. Les calculs effectués avec le modèle GAINS montrent que les concentrations annuelles moyennes de PM<sub>2,5</sub> en 2015 étaient supérieures aux valeurs figurant dans les Lignes directrices de l'OMS de 2005 (10 µg/m<sup>3</sup>) dans plusieurs régions. La majeure partie de la population de l'aire géographique de l'EMEP (la région de la CEE à l'exclusion de l'Amérique du Nord) vit dans des zones où les concentrations de PM<sub>2,5</sub> sont supérieures à la valeur moyenne annuelle actuellement recommandée par l'OMS, à savoir 5 µg/m<sup>3</sup>. Le scénario de référence fait état d'une baisse des concentrations, et la valeur limite actuellement en vigueur dans l'Union européenne (25 µg/m<sup>3</sup>) y sera respectée en 2030. Malgré cela, les

<sup>8</sup> Des informations supplémentaires comprenant des tableaux sur les émissions, la proportion de la population de chaque pays exposée à des niveaux de pollution atmosphérique supérieurs aux valeurs figurant dans les Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, les années de vie perdues, les décès prématurés dus à l'exposition à l'ozone, la proportion d'écosystèmes présentant des dépassements de charges critiques d'acidification et d'azote en 2015, les scénarios de référence pour 2030 et 2050, les scénarios de réduction maximale techniquement réalisable pour 2030 et 2050 et les scénarios à faibles émissions pour 2030 et 2050 seront mis à disposition sous la forme de documents informels publiés sur la page Web de la session à l'adresse suivante : <https://unece.org/info/Environmental-Policy/Air-Pollution/events/367824>.

concentrations restent élevées dans les pays des Balkans occidentaux, d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale (voir fig. 2). Les niveaux globaux restent supérieurs à la valeur recommandée dans les Lignes directrices de l'OMS dans de grandes parties de la région de l'EMEP en 2030. Le scénario de réduction maximale techniquement réalisable pour 2030 ne met en évidence qu'une faible réduction du nombre de personnes exposées à des valeurs dépassant le niveau recommandé par l'OMS, bien que les concentrations et les impacts sanitaires associés diminuent. Le scénario de réduction maximale techniquement réalisable et le scénario à faibles émissions ne produisent pas encore tous leurs effets en 2030 en raison du peu de temps qui reste pour mettre en œuvre pleinement les mesures de réduction ou les transformations prévues dans le scénario à faibles émissions.

18. Le scénario de référence pour 2050 fait apparaître de nouvelles améliorations, mais les niveaux recommandés par l'OMS ne seraient atteints que pour un tiers de la population. Le scénario de réduction maximale techniquement réalisable révèle des améliorations à grande échelle, également dans les Balkans occidentaux, car il reste suffisamment de temps pour mettre en place d'autres mesures techniques. Enfin, le scénario à faibles émissions donne des concentrations encore plus faibles. À l'horizon 2050, plus de 60 % de la population de la région de l'EMEP serait exposée à des concentrations de PM<sub>2,5</sub> inférieures à la recommandation des Lignes directrices de l'OMS de 2021 (plus de 80 % dans les pays de l'Union européenne, de l'AELE et dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, mais seulement 30 % en Europe orientale, dans le Caucase et en Asie centrale ainsi qu'en Türkiye, où près de 30 % des personnes sont également exposées à des concentrations supérieures à 10 µg/m<sup>3</sup>) (voir la figure 3 ci-après).

### Effets sur la santé

19. On estime que l'exposition à des concentrations de PM<sub>2,5</sub> supérieures à la valeur recommandée dans les Lignes directrices de l'OMS de 2021 est responsable d'environ 128 500 décès prématurés dans l'Union européenne à 27 en 2020. Ce chiffre est inférieur à l'estimation de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) de 307 000 cas, qui tient également compte des impacts de l'exposition à des concentrations inférieures à la valeur recommandée par l'OMS<sup>9</sup>. L'exposition au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) a provoqué environ 21 200 décès prématurés. L'AEE estime que le nombre de décès prématurés dus à une exposition à l'ozone supérieure à 70 µg (somme des concentrations moyennes d'ozone supérieure à 35 parties par milliard, ou ppb) était de 16 800 en 2019 ; ce chiffre est comparable aux estimations du modèle GAINS pour 2015, à savoir 21 000 cas, et diminue pour atteindre environ 16 250 cas dans le scénario de référence pour 2030. Il convient de noter qu'additionner les chiffres relatifs aux PM<sub>2,5</sub> et au dioxyde d'azote se traduirait par un double comptage des décès prématurés.

20. Les estimations du modèle GAINS pour l'Union européenne à 27 montrent que, entre 2020 et 2030, le scénario de référence entraînera déjà une diminution d'environ 55 % de la mortalité prématurée due à une exposition (excessive) aux PM<sub>2,5</sub><sup>10</sup>. La mortalité prématurée due à une exposition (excessive) au dioxyde d'azote devrait diminuer de plus de 80 %. Le scénario de réduction maximale techniquement réalisable pour 2030 entraînerait une réduction de la mortalité prématurée de 80 % en ce qui concerne l'exposition aux PM<sub>2,5</sub> et de 85 % dans le cas du dioxyde d'azote. En 2050, le scénario de réduction maximale techniquement réalisable se traduirait par une réduction de 90 % par rapport à 2020 du nombre de décès prématurés dus aux PM<sub>2,5</sub>, et par une réduction de 97 % dans le cas du dioxyde d'azote.

### Pollution atmosphérique dans les villes

21. Le modèle GAINS a été perfectionné pour prendre en compte la contribution des sources locales et régionales de polluants à la pollution atmosphérique des villes. Les données existantes, bien que rares en dehors de l'Union européenne, confirment les résultats du

<sup>9</sup> Voir [www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution](http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/health-impacts-of-air-pollution).

<sup>10</sup> Commission européenne, Direction générale de l'environnement, « Second Clean Air Outlook report: Full implementation of clean air measures could reduce premature deaths due to air pollution by 55 per cent in 2030 », 8 janvier 2021.

modèle GAINS selon lesquels de nombreuses villes de la région sont confrontées à des concentrations de PM<sub>2,5</sub> bien supérieures aux normes actuelles, qu'il s'agisse des normes nationales ou de celles de l'Union européenne. Les analyses déjà menées pour les Balkans occidentaux, l'Europe orientale, le Caucase et l'Asie centrale montrent que la combustion domestique est une source locale de pollution importante ou prépondérante dans de nombreuses villes (dans les Balkans occidentaux, le chauffage domestique peut être à l'origine de 50 % ou plus des émissions), la production d'électricité étant une source importante au niveau régional. Il est important de souligner que la combustion domestique représente également une source régionale pertinente, même si sa contribution varie évidemment d'une ville à l'autre en fonction du poids du chauffage urbain. Le chauffage urbain doit être mieux pris en compte dans le modèle, en particulier dans certaines régions d'Europe centrale et orientale, du Caucase et d'Asie centrale. Les niveaux de pollution restent élevés dans certaines villes et nécessiteraient de mettre en place de nouvelles politiques fondées sur des évaluations de la contribution locale, régionale et transfrontière. Même dans les cas où le scénario de référence met en évidence une réduction des émissions, les niveaux de pollution futurs restent bien supérieurs aux valeurs figurant dans les Lignes directrices OMS. Il est donc nécessaire d'élaborer d'autres stratégies de réduction portant à la fois sur les sources locales, régionales et transfrontières pour réduire de manière significative l'impact de la pollution atmosphérique dans les villes.

### **Carbone noir et carbone organique**

22. En moyenne, les émissions de PM<sub>2,5</sub> sont composées de carbone élémentaire à hauteur de 10 à 15 %, et contiennent 40 à 50 % de carbone élémentaire et de carbone organique. De manière générale, la réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> permettrait également de réduire ces émissions carbonées. La contribution des particules carbonées varie fortement d'une source à l'autre et d'une région à l'autre. Par exemple, il est bien connu que les moteurs diesel, la combustion de résidus agricoles et le chauffage au bois sont responsables d'une grande partie du carbone élémentaire et du carbone organique présents dans les émissions de particules. Concentrer la lutte contre les émissions de PM<sub>2,5</sub> sur ces secteurs permettrait donc de réduire au maximum les émissions d'aérosols carbonés et, éventuellement, de générer des retombées positives pour le climat. En outre, les COV, qui sont également émis par une combustion incomplète, se condensent sous la forme de particules lorsque les gaz de combustion refroidissent. Cette fraction condensable des particules augmente considérablement les émissions totales de PM<sub>2,5</sub>, en particulier pour les installations domestiques de chauffage au bois à faible rendement, et n'a pas été systématiquement prise en compte dans les inventaires d'émissions antérieurs. Les premières estimations ont été réalisées pour le chauffage au bois domestique, en appliquant un ensemble de coefficients d'émission harmonisés tenant compte de la fraction condensable. Les premiers résultats montrent que pour certains pays, par exemple l'Autriche et l'Allemagne, cette prise en compte pourrait se traduire par une augmentation des émissions totales de PM<sub>2,5</sub> d'environ 40 %, et le nombre de personnes exposées à des concentrations de PM<sub>2,5</sub> supérieures à 10 µg/m<sup>3</sup> dans ces pays augmenterait de 10 à 20 %.

### **Protection des écosystèmes**

23. Pour l'Union européenne, la proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement des charges critiques d'acidification (en pourcentage de la surface totale) passera d'environ 9 % en 2015 à 3 % en 2030 et 2 % en 2050 dans le scénario de référence. Dans le scénario à faibles émissions, ce chiffre pourrait tomber en dessous de 1 % à l'horizon 2050. Pour les pays non membres de l'Union européenne qui font partie de la région de l'EMEP, la proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement (en pourcentage de la surface totale) passera d'environ 4 % en 2015 à 2 % dans le scénario de référence pour 2050 et à moins de 0,5 % dans le scénario à faibles émissions (voir fig. 4 et 5 ci-après).

24. La proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement des charges critiques d'eutrophisation (en pourcentage de la surface totale) dans l'Union européenne passera d'environ 80 % en 2015 à 70 % en 2030 et 65 % en 2050 dans le scénario de référence. Dans le scénario à faibles émissions, ce chiffre ne descendra pas en dessous de 35 %, même en 2050. Pour les pays non membres de l'Union européenne qui font partie de la région de l'EMEP, la proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement (en pourcentage de la

surface totale) passera de 50 % en 2015 à environ 43 % dans le scénario de référence pour 2050 et à 15 % dans le scénario à faibles émissions (voir fig. 6 ci-après).

### Lacs

25. Selon les calculs du CSM-O, les dépôts de soufre et d'azote sur tous les sites du Programme international concerté d'évaluation et de surveillance des effets de la pollution atmosphérique sur les cours d'eau et les lacs (PIC-Eaux) diminueront, mais plus lentement que pendant la période 2000-2020. Le PIC-Eaux pense que les concentrations de sulfates et de nitrates continueront probablement à diminuer jusqu'en 2030 et 2050, mais n'atteindront pas les niveaux d'avant l'acidification dans les régions touchées. Dans les sites sensibles, seule une partie des dépôts acides est neutralisée par l'échange d'ions avec les cations basiques présents dans les sols du bassin versant, et la capacité de neutralisation de l'acide restera inférieure aux niveaux existants avant l'acidification. Les effets des changements climatiques et de la variabilité annuelle du climat sur la capacité de neutralisation de l'acide augmentent à mesure que les dépôts acides diminuent ; cette tendance, dont les conséquences sur la régénération biologique sont inconnues, devrait se poursuivre.

### Mer Baltique

26. Les apports atmosphériques d'azote dans différentes régions de la mer Baltique contribuent au dépassement de l'apport maximal admissible défini par la Commission pour la protection de l'environnement marin de la Baltique, qui vise à garantir le bon état écologique de cette mer du point de vue de la limpidité de l'eau, des niveaux naturels de concentration de nutriments et d'oxygène ainsi que de la présence naturelle de plantes, y compris d'algues, et d'animaux. Le Centre de coordination pour les effets (CCE) a calculé le dépassement cumulé moyen de l'apport atmosphérique critique pour les sous-bassins de la Baltique en utilisant les projections de dépôts du CSM-O. Le dépassement cumulé moyen sur l'ensemble du bassin ne semble pas élevé par rapport à celui des écosystèmes terrestres. Le dépassement le plus important est observé dans la partie sud-ouest de la Baltique. Les dépôts pris en compte dans le scénario de référence pour 2030 se traduisent par une réduction de 60 % du dépassement cumulé moyen dans les sous-bassins où les dépassements sont les plus importants. Dans le scénario de réduction maximale techniquement réalisable, la réduction pour ces sous-bassins sera de 80 % par rapport à la situation de 2019. Il faut néanmoins souligner que le dépassement est plus important dans certaines parties, en particulier le long des côtes.

### Ozone

27. Le scénario GAINS de référence, comme le scénario de réduction maximale techniquement réalisable, repose sur l'hypothèse que les émissions mondiales de méthane continueront à augmenter entre 2005 et 2050. Seuls les pays de l'Union européenne et de l'AELE ainsi que le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord devraient voir une diminution (supérieure à 40 %) de ces émissions grâce aux mesures prises dans le secteur de l'énergie et des déchets. On estime que les émissions de méthane resteront constantes en Europe orientale, dans la région du Caucase et de l'Asie centrale et dans les Balkans occidentaux. Les émissions de méthane au Canada et aux États-Unis d'Amérique devraient augmenter. Elles sont liées à l'exploration de gisements de gaz non conventionnels. Il existe des différences, documentées, entre les coefficients d'émission utilisés par le modèle GAINS et ceux de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (les pertes sont plus élevées dans le modèle GAINS). L'augmentation des émissions mondiales de méthane devrait compenser la diminution de l'ozone troposphérique résultant de la réduction des émissions d'oxydes d'azote et de COVNM en Europe et en Amérique du Nord (voir le document informel sur les synergies et interactions avec d'autres volets des politiques publiques<sup>11</sup>).

28. Le scénario à faibles émissions permet de réduire les émissions de méthane en Amérique du Nord, en Europe orientale, dans le Caucase, en Asie centrale et dans les Balkans

<sup>11</sup> Disponible à l'adresse suivante : [https://unece.org/sites/default/files/2022-09/Synergies\\_and\\_interactions\\_with\\_other\\_policy\\_areas\\_13\\_Aug\\_final.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-09/Synergies_and_interactions_with_other_policy_areas_13_Aug_final.pdf).

occidentaux, conformément à l'objectif de réduction de 30 % en 2030 pour les pays qui ont adhéré au Pacte mondial sur le méthane<sup>12</sup>. Si l'on ajoute à cela les politiques régionales visant à réduire les émissions des autres précurseurs de l'ozone (NO<sub>x</sub> et COVNM) menées en Europe et en Amérique du Nord, ainsi que la réduction des émissions des oxydes d'azote provenant de la navigation maritime, la diminution des concentrations estivales d'ozone pourrait atteindre 5 parties par milliard (ppb) en Europe en 2030, ce qui serait bénéfique pour la santé, la production agricole et les écosystèmes. Cela permettra également de limiter l'augmentation des températures. La poursuite de la baisse des émissions de méthane au-delà de 2030 dans le scénario à faibles émissions se traduira par une diminution supplémentaire des concentrations d'ozone en 2050<sup>13</sup>.

29. Le Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur la végétation naturelle et les cultures (PIC-Végétation) prévoit qu'en Europe, la perte moyenne de rendement du blé liée à la pollution par l'ozone passera de 9,3 % en 2015 à 7,8 % en 2050 dans le scénario de référence (calculs effectués pour la dose d'ozone phytotoxique POD<sub>3</sub>IAM). Dans le scénario à faibles émissions (qui suppose des mesures de réduction des émissions très efficaces, une transformation des politiques climatiques et énergétiques et un changement de régime alimentaire), la perte de rendement moyenne ne sera plus que de 6,7 % en 2050. En ce qui concerne les forêts de feuillus, la perte moyenne de biomasse dans les 25 pays européens où la couverture forestière est constituée en majorité de feuillus devrait passer de 18,6 % en 2015 à 16,5 % en 2050 dans le scénario de référence et à 14,7 % dans le scénario à faibles émissions (voir la figure 7 ci-dessous).

30. En 2015, les pertes totales de production de blé liées à la pollution par l'ozone étaient estimées à 23,8 millions de tonnes pour l'Europe, soit plus que la production annuelle de l'Ukraine (21,8 millions de tonnes). À l'horizon 2050, ces pertes devraient avoir diminué de 7 millions de tonnes pour le scénario à faibles émissions, soit l'équivalent de la production actuelle de blé de la Pologne. Toutefois, dans l'ensemble, les résultats montrent que même le scénario le plus rigoureux se traduirait par des pertes importantes de production de blé, qui sont estimées à 16,8 millions de tonnes pour l'Europe en 2050 dans le cas du scénario à faibles émissions.

### **Domages causés aux matériaux**

31. Tous les scénarios montrent que, d'ici à 2030, on aura atteint les objectifs de qualité de l'air permettant d'éviter la corrosion de l'acier au carbone et la perte de masse du calcaire. Pour ce qui est de l'encrassement du verre moderne, l'objectif de protection est atteint pour presque tous les sites dans le cas des édifices contemporains, mais ne l'est pas pour 30 % des 23 sites étudiés s'agissant du patrimoine culturel. Ce sont les particules qui contribuent le plus à l'encrassement. Même si les données issues des modèles montrent que la plupart des objectifs sont atteints, on constate que les tendances à la baisse ne sont pas toujours confirmées par les mesures. Il est donc important d'améliorer les fonctions dose-effet pour lesquelles les écarts observés sont les plus importants afin d'être sûr que les objectifs de protection seront atteints.

### **Conclusion**

32. Les plans de réduction existants permettront, au cours des prochaines décennies, d'améliorer la qualité de l'air et se traduiront par une acidification et une eutrophisation moindres qu'avec les obligations actuelles en matière de réduction des émissions pour 2020 et au-delà prévues par le Protocole de Göteborg. Par ailleurs, l'analyse des scénarios montre qu'il existe des solutions techniques et non techniques pour réduire davantage les émissions. Toutefois, il restera difficile d'atteindre les objectifs à long terme de la Convention en matière de protection de la santé et des écosystèmes. Même le scénario le plus optimiste pour 2050, qui suppose des transformations structurelles et comportementales assez radicales à l'échelle de la région, montre que 30 % de la population de l'aire géographique de l'EMEP sera encore exposée à des concentrations de PM<sub>2,5</sub> supérieures à la valeur recommandée dans les Lignes

<sup>12</sup> Voir [www.globalmethanepledge.org/](http://www.globalmethanepledge.org/).

<sup>13</sup> Les résultats du CSM-O seront mis à disposition après la soumission du présent document.

directrices de l'OMS de 2021 et que la proportion d'écosystèmes dans lesquels on observera encore un dépassement de la charge critique d'azote représentera 25 % de leur surface totale.

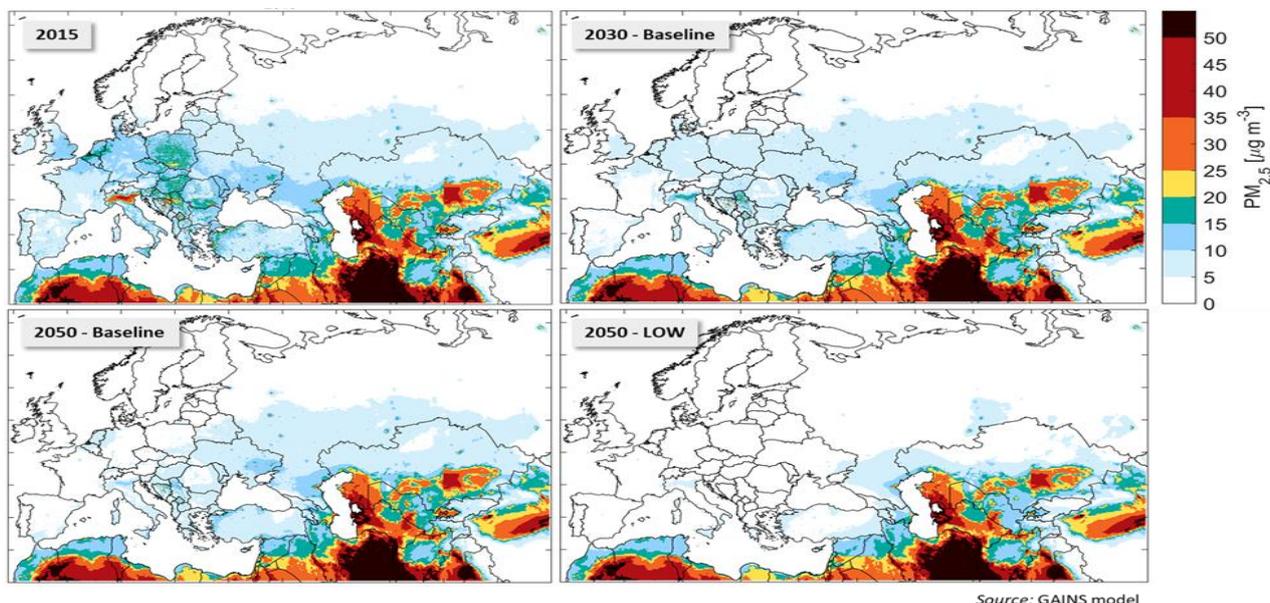
Figure 1

Évolution des émissions dans les scénarios de référence (CLE), de réduction maximale techniquement réalisable (MTFR) et à faibles émissions (Low)<sup>14</sup>



<sup>14</sup> Les figures 1 à 6 du présent document ont été produites par le CMEI sur la base du modèle GAINS.

Figure 2  
**Concentrations de PM<sub>2,5</sub> en 2015, dans le scénario de référence (Baseline) en 2030 et 2050 et dans le scénario à faibles émissions (Low) en 2050**



Source: GAINS model

Figure 3  
**Exposition de la population aux PM<sub>2,5</sub> dans la région de la Commission économique pour l'Europe, à l'exclusion de l'Amérique du Nord**

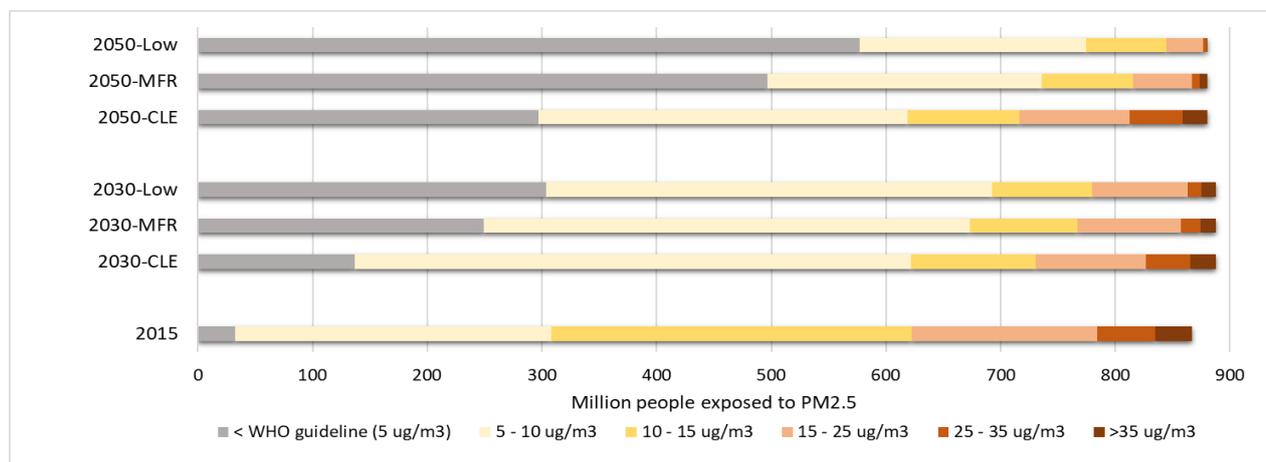


Figure 4  
**Dépassement des charges critiques d'acidification et d'eutrophisation en Europe**

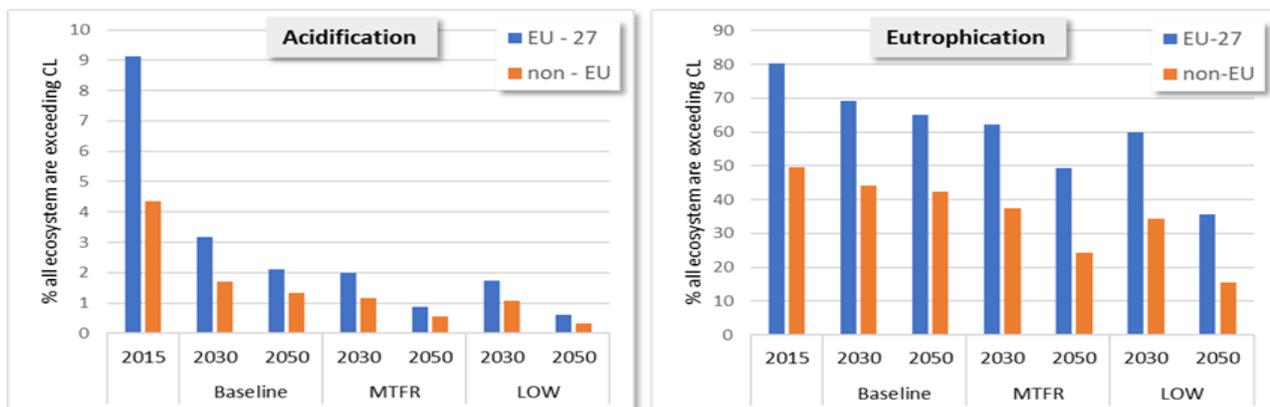
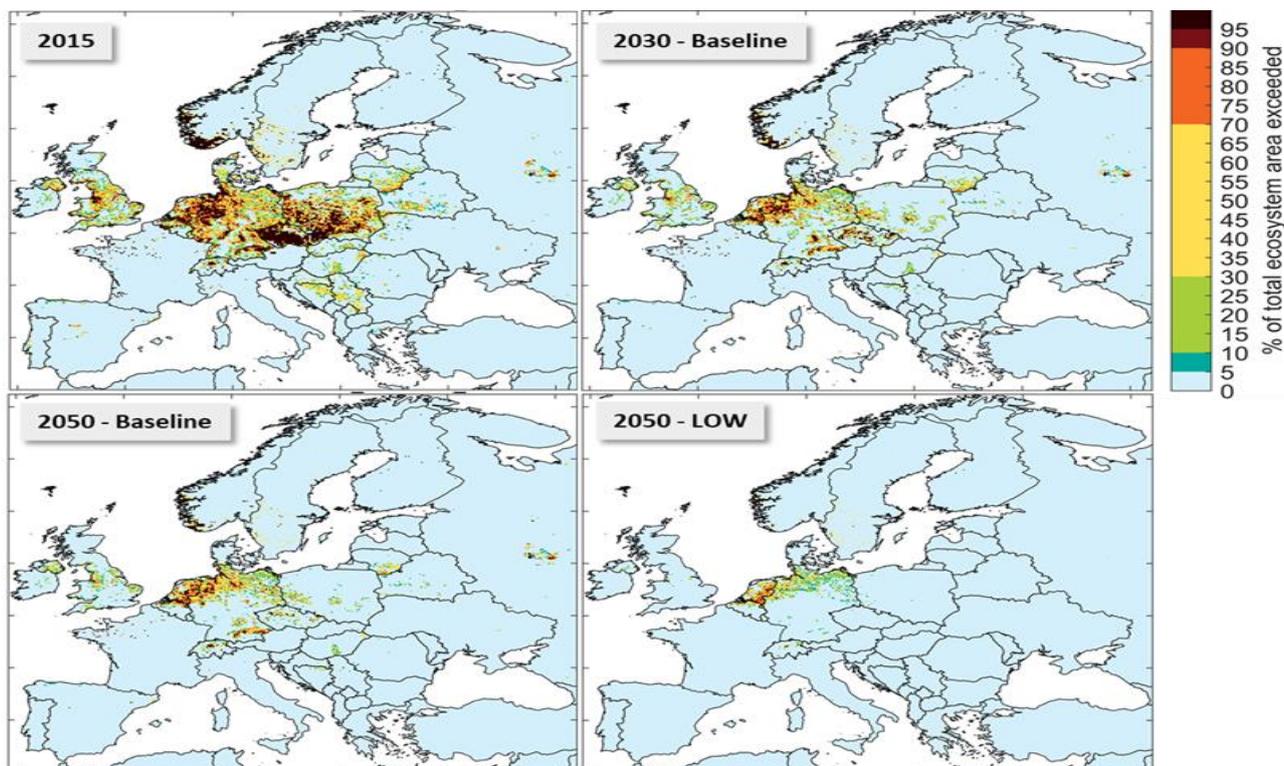


Figure 5

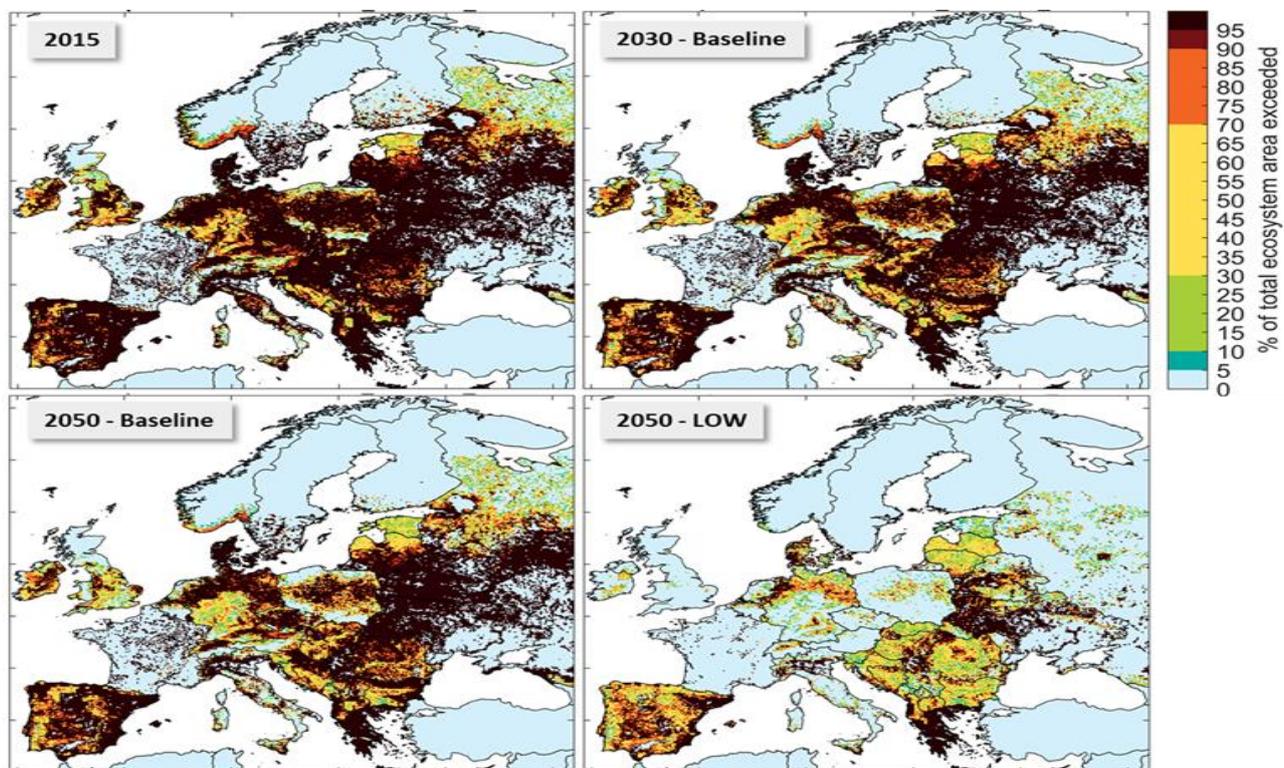
Acidification : proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement des charges critiques (en % de la surface totale)



Source: GAINS model

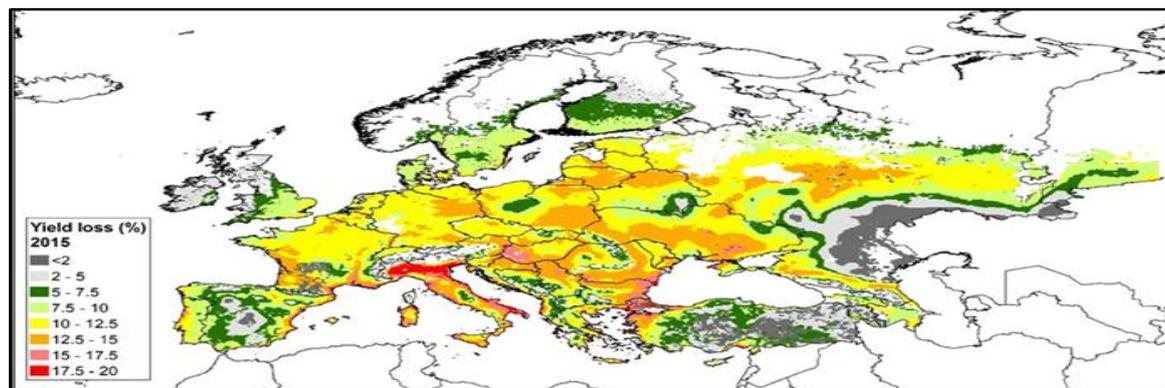
Figure 6

Eutrophication : proportion d'écosystèmes touchés par un dépassement des charges critiques (en % de la surface totale)

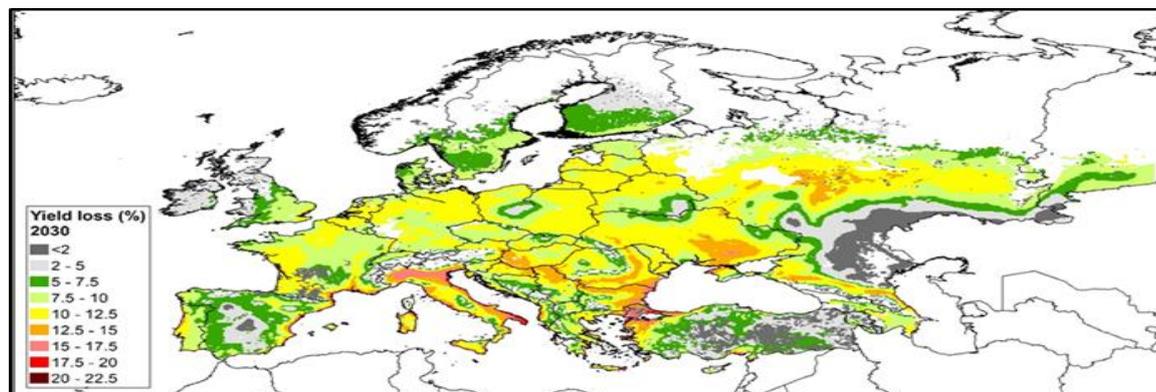


Source: GAINS model

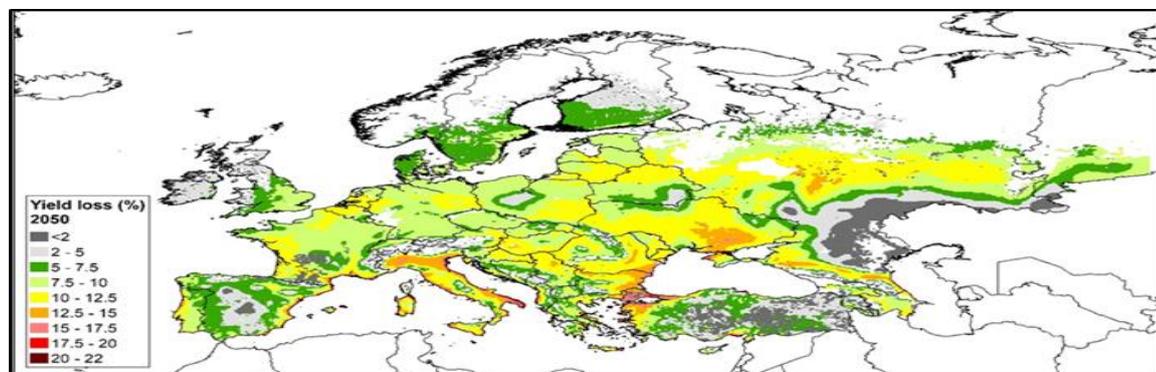
Figure 7  
 Perte de rendement du blé due à la pollution par l’ozone (calculs effectués pour la dose d’ozone phytotoxique  $POD_3IAM$ )



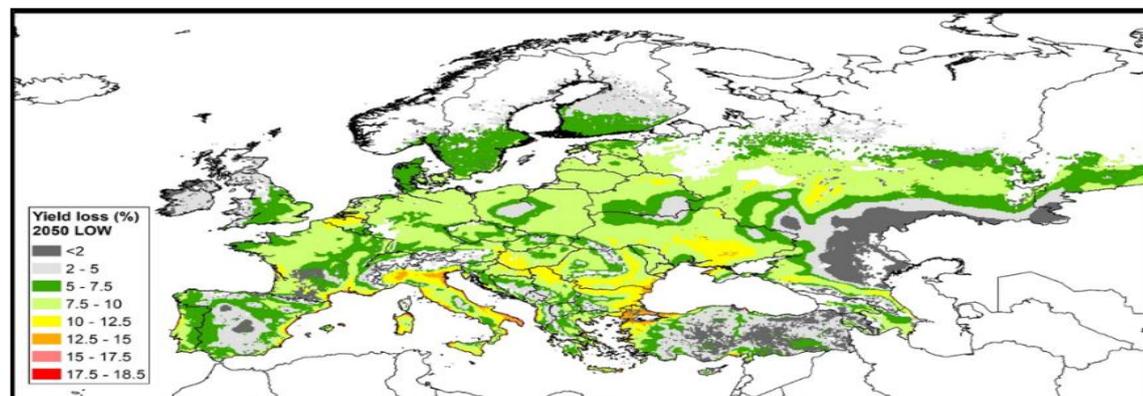
2015



Scénario  
de référence pour 2030



Scénario  
de référence pour 2050



Scénario à  
faibles émissions

Source : PIC-Végétation

Abréviations : EECCA, Europe orientale, Caucase et Asie centrale ; EU, Union européenne ; UK, Royaume-Uni.

### III. Solutions technologiques permettant de ratifier le Protocole de Göteborg tel que modifié : études de cas portant sur quatre pays d'Europe orientale et du Sud-Est, du Caucase et d'Asie centrale

33. L'Équipe spéciale des questions technico-économiques a mené des études de cas afin d'explorer les solutions technologiques permettant de ratifier le Protocole de Göteborg, tel qu'amendé en 2012, dans certains pays d'Europe orientale et du Sud-Est, du Caucase et d'Asie centrale, en vue de la session thématique sur les obstacles à la ratification et à la mise en œuvre, prévue dans le cadre de la quarante-deuxième session de l'Organe exécutif. Le rapport complet sera soumis en tant que document informel à la quarante-deuxième session de l'Organe exécutif<sup>15</sup>. Les conclusions concernant la Géorgie, la Serbie, la République de Moldova et le Kazakhstan sont présentées ci-dessous.

#### Géorgie

34. En Géorgie, l'air ambiant est surveillé au moyen de huit stations et de campagnes de mesure par tubes passifs. En 2019, les plus fortes concentrations de particules fines PM<sub>2,5</sub> ont été observées dans les villes les plus industrialisées du pays. Les concentrations annuelles moyennes de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) étaient supérieures à la valeur limite annuelle à Tbilissi et dans d'autres villes.

35. Pour ce qui est de la législation actuelle, la Directive de l'Union européenne concernant la qualité de l'air ambiant<sup>16</sup> et la quatrième Directive fille de l'Union européenne sur la qualité de l'air (arsenic, cadmium, mercure, nickel et hydrocarbures aromatiques polycycliques)<sup>17</sup> sont appliquées. Dans le cadre d'un projet financé par l'Union européenne, la Géorgie améliore ses propres systèmes d'autorisation et de contrôle des émissions provenant de sources industrielles et élabore un cadre juridique pour transposer la Directive de l'Union européenne relative aux émissions industrielles<sup>18</sup>. Une nouvelle loi sur les émissions industrielles, fondée sur la directive de l'Union européenne relative aux émissions industrielles, devrait être adoptée en septembre 2022, et entièrement mise en œuvre d'ici à 2031. Des projets de règlements relatifs aux grandes installations de combustion, assortis d'une autorisation intégrée fondée sur les MTD, et aux utilisations de solvants organiques, sont en cours d'élaboration et d'application.

36. En Géorgie, les principaux responsables de la pollution aux oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) sont le secteur des transports (43 % des émissions en 2019) et le secteur agricole (32 %), et dans une bien moindre mesure les procédés industriels (10 %), la combustion industrielle (6 %) et la production d'électricité (2 %). Bien qu'on observe une diminution significative des émissions ces dernières années, les activités industrielles (telles que la production de fer et d'acier) restent la principale source d'émissions d'oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>). En 2019, le secteur résidentiel est responsable de 77 % des émissions de particules, contre 13 % pour la combustion et les procédés industriels.

37. La mise en œuvre de la loi sur les émissions industrielles devrait permettre à la Géorgie de respecter les dispositions des annexes IV à VI et X du Protocole de Göteborg tel que modifié, y compris pour les grandes installations industrielles et de combustion, vraisemblablement à l'horizon 2031-2035. Toutefois, dans le cas de l'annexe VI du Protocole, le respect des valeurs limites pour les émissions de COV (phase II) pourrait nécessiter plus de temps.

38. Parmi les techniques dont la mise en œuvre est recommandée, on peut citer les suivantes :

a) Annexe V du Protocole : optimisation de la combustion ; combinaison de techniques primaires, par exemple, combustion étagée (air/combustible), recirculation des

<sup>15</sup> Voir <https://unece.org/info/Environmental-Policy/Air-Pollution/events/367824>.

<sup>16</sup> Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj>.

<sup>17</sup> Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj>.

<sup>18</sup> Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>.

gaz de combustion, brûleurs à faibles émissions de NO<sub>x</sub> ; réduction non catalytique sélective ; réduction catalytique sélective ;

b) Annexe X du Protocole : pour les procédés industriels, filtres à manches et dépoussiéreurs électrostatiques correctement dimensionnés. Dans le domaine du chauffage domestique, nouveaux appareils optimisés à faibles émissions. Application du Code de bonnes pratiques pour l'utilisation du bois de chauffage et les petites installations de combustion (ECE/EB.AIR/2019/5).

### Serbie

39. La Serbie a défini trois catégories de qualité de l'air, la catégorie III correspondant au niveau de pollution le plus élevé. En 2019, 43 % de la population vivait dans des zones de catégorie III.

40. La Serbie a commencé à harmoniser ses politiques et réglementations en matière de qualité de l'air avec la législation de l'Union européenne il y a plusieurs années. Elle a considérablement progressé à cet égard, et le processus devrait être achevé d'ici à 2025, notamment en ce qui concerne :

a) La Directive relative aux émissions industrielles ;

b) La Directive concernant la phase I de la récupération des vapeurs d'essence et la Directive concernant la phase II de la récupération des vapeurs d'essence<sup>19</sup> ;

c) La Directive concernant la qualité des carburants<sup>20</sup> ;

d) La Directive concernant une réduction de la teneur en soufre de certains combustibles liquides<sup>21</sup>.

41. En Serbie, le premier secteur responsable de la pollution au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), aux oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et aux particules est celui de la production d'électricité et de chaleur, et les principales sources d'émissions de PM<sub>2,5</sub> et de COV sont la combustion domestique de biomasse (chauffage) et les procédés industriels.

42. La mise en œuvre des directives susmentionnées devrait en principe permettre à la Serbie de respecter les dispositions des annexes IV à VI et X du Protocole à l'horizon 2030-2035. La mise en œuvre des techniques suivantes est recommandée :

a) Annexe IV du Protocole : injection de sorbant dans le foyer, injection de sorbant sec, absorbeur-sécheur par pulvérisation, épurateur à sec à lit fluidisé circulant, désulfuration des gaz de combustion par voie humide, éventuellement associée à l'utilisation de combustibles (solides ou liquides) à faible teneur en soufre ;

b) Annexe V du Protocole : optimisation de la combustion ; combinaison de techniques primaires, par exemple, combustion étagée (injection d'air ou de combustible), recirculation des gaz de combustion, brûleurs à faibles émissions de NO<sub>x</sub> ; réduction non catalytique sélective ; réduction catalytique sélective.

### République de Moldova

43. En République de Moldova, la qualité de l'air est actuellement surveillée à l'aide d'un réseau de 17 stations fixes déjà anciennes. Elles ne sont pas reconnues au niveau international et leurs résultats ne sont pas intégrés dans le système de données européen.

44. La République de Moldova a commencé à harmoniser ses politiques et réglementations avec la législation de l'Union européenne il y a plus de dix ans. À ce jour, les directives suivantes ont été transposées :

a) La Directive concernant la qualité de l'air ambiant ;

<sup>19</sup> Respectivement disponibles aux adresses suivantes : <http://data.europa.eu/eli/dir/1994/63/oj> et <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/126/oj>.

<sup>20</sup> Disponible à l'adresse suivante : <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/30/oj>.

<sup>21</sup> Disponible à l'adresse suivante : <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/802/oj>.

- b) La quatrième Directive fille sur la qualité de l'air (arsenic, cadmium, mercure, nickel et hydrocarbures aromatiques polycycliques) ;
- c) La Directive sur la teneur en COV de certains vernis et peintures<sup>22</sup> ;
- d) La Directive concernant la phase I de la récupération des vapeurs d'essence ;
- e) La Directive concernant une réduction de la teneur en soufre de certains combustibles liquides.

45. La Directive relative aux émissions industrielles et la Directive concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques<sup>23</sup> sont en cours de transposition.

46. La combustion domestique de combustibles solides et liquides utilisés pour le chauffage est la principale source d'émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), de particules PM<sub>2,5</sub> et de COV, dont elle est responsable à hauteur de 73 %, 89 % et 24 % respectivement. Les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) sont essentiellement liées au transport routier (51 %). Les émissions provenant de sources industrielles sont moins importantes en raison du petit nombre d'installations et du large recours au gaz naturel. Les rares grandes installations de combustion existantes utilisent du gaz naturel.

47. La mise en œuvre des directives susmentionnées devrait en principe permettre à la République de Moldova de respecter la plupart des dispositions des annexes IV à VI et X du Protocole à l'horizon 2030-2035. La mise en œuvre des techniques suivantes est recommandée, l'accent étant mis sur le contrôle des émissions de particules :

a) Annexe X du Protocole : pour les procédés industriels, filtres à manches et dépoussiéreurs électrostatiques correctement dimensionnés. Dans le domaine du chauffage domestique, nouveaux appareils optimisés à faibles émissions. Adoption du Code de bonnes pratiques pour l'utilisation du bois de chauffage et les petites installations de combustion ;

b) Annexe V du Protocole : optimisation de la combustion ; combinaison de techniques primaires, par exemple, combustion étagée (injection d'air ou de combustible), recirculation des gaz de combustion, brûleurs à faibles émissions de NO<sub>x</sub> ; réduction non catalytique sélective ; réduction catalytique sélective.

### **Kazakhstan**

48. Au Kazakhstan, la pollution atmosphérique est responsable de 6 000 à 9 360 décès prématurés chaque année. Le réseau de stations de surveillance est assez étendu. Les valeurs limites d'émission sont régulièrement dépassées.

49. Le Kazakhstan a élaboré une feuille de route et un plan d'action national en vue de la ratification des trois Protocoles les plus récents de la Convention, bien que ceux-ci n'aient pas encore été approuvés par l'autorité compétente. Le Kazakhstan a commencé à harmoniser en partie ses politiques avec la Directive de l'Union européenne relative aux émissions industrielles par le jeu du nouveau Code de l'environnement de 2021, qui crée des permis environnementaux intégrés fondés sur les MTD à partir de 2025 ; des documents de référence sur les MTD propres au pays sont en cours de préparation.

50. La production d'électricité et de chaleur est la principale source d'émissions de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote (32 % et 29 %, respectivement), suivie par le raffinage du pétrole et les usines sidérurgiques. Le chauffage domestique est responsable de 33 % des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de 20 % des émissions de COVNM, tandis que la production de fer et d'acier représente 25 % des émissions de PM<sub>2,5</sub>. Les grandes installations de combustion de charbon sont les principales sources d'émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de particules.

51. La mise en œuvre du nouveau Code de l'environnement et la définition des MTD permettraient au Kazakhstan de respecter certaines des dispositions concernant les sources industrielles énoncées dans les annexes IV, V et X du Protocole, tel que modifié. Toutefois,

<sup>22</sup> Disponible à l'adresse suivante : <http://data.europa.eu/eli/dir/2004/42/oj>.

<sup>23</sup> Disponible à l'adresse suivante : <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/2284/oj>.

cela n'est possible que si le niveau d'émission réalisable avec les MTD est le même que celui qui est indiqué dans les annexes du Protocole. Les objectifs en matière de conformité pourraient être atteints vers 2032-2035. La mise en œuvre des techniques suivantes est recommandée :

a) Annexe IV du Protocole : injection de sorbant dans le foyer, injection de sorbant sec, absorbeur-sécheur par pulvérisation, épurateur à sec à lit fluidisé circulant, désulfuration des gaz de combustion par voie humide, éventuellement associée à l'utilisation de combustibles (solides ou liquides) à faible teneur en soufre ;

b) Annexe V du Protocole : optimisation de la combustion ; combinaison de techniques primaires, par exemple, combustion étagée (injection d'air ou de combustible), recirculation des gaz de combustion, brûleurs à faibles émissions de NO<sub>x</sub> ; réduction non catalytique sélective ; réduction catalytique sélective.

## IV. Obstacles à la mise en œuvre

52. Le Groupe de l'examen du Protocole de Göteborg, sur la proposition du Groupe de travail des stratégies et de l'examen, a préparé un document informel sur les obstacles à la ratification et à la mise en œuvre du Protocole de Göteborg, tel que modifié, y compris les solutions qui permettraient de les surmonter<sup>24</sup> ; le Groupe de travail a accueilli ce document avec satisfaction à sa soixantième session (Genève, 11-14 avril 2022). Le document informel de la quarante-deuxième session de l'Organe exécutif classe selon différentes catégories les obstacles (politiques, financiers, institutionnels, réglementaires, techniques ou liés à un manque de capacité) recensés à ce jour et, pour chaque type d'obstacle, les solutions possibles. Il fournit également des informations sur les risques, les avantages et les inconvénients des solutions proposées, ainsi que sur les premières constatations et conclusions. Ce document pourra être utilisé par les pays non parties comme point de départ pour répertorier et faire connaître les obstacles liés au Protocole qui leur sont propres ainsi que leurs suggestions pour les surmonter. Les premières conclusions de l'analyse du document informel sont résumées ci-dessous.

53. Ces dernières années, les pays d'Europe orientale, du Caucase, d'Asie centrale et des Balkans occidentaux ont fait de réels progrès sur la voie de la ratification et de la mise en œuvre du dernier Protocole tel qu'amendé, notamment grâce au large soutien continu apporté par de nombreuses Parties, les organes techniques et le secrétariat de la Convention sous la forme d'activités de sensibilisation, de renforcement des capacités, de formation et autres. De nombreuses initiatives ont été lancées et les efforts destinés à aider ces pays à aller de l'avant se poursuivent. Cependant, il est clair qu'il faut en faire davantage. Les pays d'Europe orientale, du Caucase, d'Asie centrale et des Balkans occidentaux n'avancent pas tous à la même vitesse, n'ont pas tous les mêmes besoins et n'ont pas tous la même perception de la complexité et des problèmes liés à l'application du Protocole tel que modifié.

54. Une assistance supplémentaire, adaptée à leurs besoins spécifiques, donnerait la possibilité aux pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale, ainsi qu'aux autres pays non parties, de prendre les mesures complémentaires nécessaires. Les besoins en matière de ratification et d'application diffèrent selon les pays non parties, il est donc difficile d'élaborer des solutions qui conviennent à tous. Il peut être intéressant d'adopter une approche sur mesure, mais cela comporte inévitablement des risques.

55. S'il est difficile d'identifier les principaux obstacles communs à la ratification, qui varient d'un pays à l'autre, l'analyse montre que la plupart des pays non parties font face à un manque de ressources financières, auquel s'ajoutent la complexité technique et la nature exigeante du Protocole de Göteborg modifié. Dans ce contexte, les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale ont déjà exprimé leur inquiétude quant à une éventuelle révision du Protocole de Göteborg modifié, qui accroîtrait encore son ambition et sa complexité et compromettrait davantage les ratifications.

<sup>24</sup> ECE/EB.AIR/WG.5/128, par. 20.

56. L'adoption de nouvelles modalités de flexibilité, de nouvelles approches ou d'autres instruments afin d'aider les pays non parties à ratifier et à appliquer le Protocole peut comporter des risques (diminution du niveau d'ambition se traduisant par une divergence des engagements, une augmentation des ressources nécessaires, etc.). Pour ce qui est des solutions permettant de surmonter les obstacles liés au Protocole de Göteborg modifié, dont l'étude pourrait faire l'objet d'une prochaine étape une fois achevé l'examen du Protocole de Göteborg modifié, on peut envisager (sans exprimer de préférence à ce stade) les pistes suivantes :

a) Rechercher des solutions sans réviser ou modifier le Protocole de Göteborg modifié : apporter des améliorations opérationnelles aux modalités de flexibilité actuelles et se concentrer sur le renforcement des capacités et les obstacles qui ne sont pas liés au Protocole ;

b) Rechercher des solutions dans le cadre du Protocole de Göteborg modifié : recourir à la procédure d'amendement accélérée conformément aux alinéas 6 et 7 de l'article 13 *bis* du Protocole afin d'adopter les amendements aux annexes techniques IV à XI, nonobstant le fait que trois Parties ont déclaré ne pas être liées par cette procédure. Les nouveaux amendements à ces annexes techniques peuvent inclure des solutions ciblées, la modification des délais, de nouveaux assouplissements ou l'adoption de dispositions spécifiques pour les pays d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale et d'autres pays non parties à ces annexes techniques ;

c) Rechercher des solutions dans le cadre d'une révision de l'ensemble du Protocole de Göteborg modifié, nécessitant d'appliquer la procédure de ratification classique par les Parties ;

d) Rechercher des solutions dans le cadre d'une nouvelle approche (nouvel instrument à caractère contraignant ou volontaire, autre type d'action, etc.) ;

e) Rechercher des solutions associant plusieurs approches pour répondre aux différents besoins des Parties à la convention.

## V. Pertinence des articles clefs du Protocole de Göteborg

57. Comme indiqué au paragraphe 88 du rapport principal, le présent document contient une évaluation de la pertinence des obligations en matière de réduction des émissions prévues par le Protocole de Göteborg modifié. L'évaluation d'autres articles clefs du Protocole (par exemple, sur les définitions, l'échange d'informations et l'établissement de rapports) devrait tenir compte des priorités de la stratégie à long terme au titre de la Convention pour 2020-2030 et au-delà (décision 2018/5, annexe) et des constatations et conclusions de l'examen du Protocole de Göteborg et s'en inspirer. La question se pose de savoir si ces articles permettent d'inclure de manière adéquate des sujets tels que la gestion intégrée de l'azote, les émissions de méthane ou la coopération internationale dans les travaux futurs. Bien qu'un certain nombre d'articles restent pertinents, certains pourraient être réexaminés. Tous les articles devraient être évalués afin de déterminer s'ils contribuent encore de manière efficace, dans leur ensemble, à la réalisation des objectifs du Protocole ou à une meilleure prise de décision dans le cadre de la Convention, compte dûment tenu des obstacles à la ratification. Une évaluation globale de la cohérence interne des articles et de la cohérence avec d'autres volets des politiques publiques serait également utile.

58. Parmi les priorités à long terme figure la nécessité d'élaborer de nouvelles stratégies pour réduire les émissions d'ammoniac et de carbone noir et de limiter davantage les émissions de précurseurs de l'ozone troposphérique, y compris le méthane<sup>25</sup>. D'autres articles devraient être modifiés pour tenir compte des possibilités d'approches intégrées et de synergies avec d'autres domaines d'action tels que l'air et le climat, ainsi que pour englober les problématiques des cycles de l'azote aux niveaux mondial et régional et des effets de la pollution atmosphérique à longue distance sur la pollution atmosphérique locale, l'objectif étant de mettre l'accent sur une coopération accrue entre les différents niveaux des pouvoirs

<sup>25</sup> Décision 2018/5, annexe, par. 28 et 50.

publics. Ils devraient également faire référence aux écosystèmes marins ou aux transports maritimes, selon ce qui conviendra. D'autres mesures liées à la mise en œuvre adéquate de certains articles (obligations) du Protocole de Göteborg modifié devraient également être prises en compte. Il s'agit notamment de réviser les décisions de mise en œuvre de l'Organe exécutif qui sont obsolètes et de vérifier que toutes les orientations dont le Protocole prévoit l'adoption par l'Organe exécutif ont été effectivement mises en œuvre au moyen de décisions.

## VI. Solutions permettant de réduire les émissions d'azote

59. Les Parties disposent d'un large éventail de mesures pour respecter leurs engagements nationaux de réduction des émissions d'ammoniac. Il s'agit notamment de mesures concernant les bâtiments d'élevage, le stockage des effluents d'élevage, l'épandage de fumier, de lisier et d'urée et d'autres engrais inorganiques, ainsi que de mesures visant à promouvoir la récupération et la réutilisation de l'azote et d'autres ressources, l'accent étant mis sur la réduction de la pollution et le développement de l'économie circulaire associés à des possibilités d'innovation. La confiance dans les mesures de contrôle des émissions d'ammoniac s'est considérablement accrue depuis que ces mesures ont été envisagées pour la première fois dans le cadre de la Convention dans les années 1990. L'incertitude des débuts s'est considérablement estompée, et la disponibilité de mesures de réduction des émissions d'ammoniac fiables et d'un bon rapport coût-efficacité est désormais largement reconnue.

60. Les émissions d'ammoniac constituent aussi un sujet de préoccupation pour le Canada et les États-Unis d'Amérique, et des évaluations supplémentaires sont nécessaires pour en quantifier les effets. L'atelier sur l'ammoniac organisé par le Canada (Ottawa, 10 octobre 2018), qui a réuni des participants du Canada, des États-Unis d'Amérique et d'Europe, a permis de formuler un certain nombre de messages clefs concernant les effets de l'ammoniac sur la santé et l'environnement, ainsi que sur les outils et les approches disponibles pour les atténuer.

61. Le contrôle des émissions d'ammoniac est désormais considéré comme un élément d'une stratégie plus large visant à réduire l'énorme quantité de ressources précieuses en azote réactif qui est actuellement gaspillée. Les activités menées dans le cadre du système international de gestion de l'azote ont permis d'appeler l'attention sur les pertes d'azote réactif au niveau mondial, dont la valeur est estimée à 200 milliards de dollars É.-U. par an, et sur la possibilité de « réduire de moitié les déchets azotés » d'ici à 2030<sup>26</sup>, ce qui permettrait d'économiser 100 milliards de dollars É.-U. par an à l'échelle mondiale<sup>27</sup>, comme le prévoient les plans d'action nationaux adoptés dans le cadre de la Déclaration de Colombo sur la gestion durable de l'azote.

62. L'annexe IX est extrêmement courte et contient peu d'éléments contraignants. Il existe de nombreuses possibilités de réviser l'annexe IX, comme souligné pendant l'examen et la révision du Protocole de Göteborg entre 2008 et 2012<sup>28</sup>. Depuis l'adoption de

<sup>26</sup> Par « quantité totale de déchets azotés », on entend la quantité totale d'azote réactif (N<sub>r</sub>) perdue sous forme de pollution de l'air et de l'eau et par dénitrification (retransformation en diazote N<sub>2</sub>), qui constitue également un gaspillage des ressources en azote réactif (voir Mark A. Sutton et al., « The nitrogen decade: mobilizing global action on nitrogen to 2030 and beyond », *One Earth*, vol. 4, No. 1 (janvier 2021), p. 10 à 14 ; la trajectoire de réduction de moitié des déchets azotés a été définie en prenant comme référence les pertes de 2020).

<sup>27</sup> Mark A. Sutton, Nandula Raghuram et Tapan Kumar Adhya, « The Nitrogen Fix: From nitrogen cycle pollution to nitrogen circular economy », in *Frontiers 2018/19: Emerging Issues of Environmental Concern*, Bartłomiej Kolodziejczyk et Natalie Kofler (Nairobi, Programme des Nations Unies pour l'environnement, 2019).

<sup>28</sup> Les informations relatives à la révision de l'annexe IX sont contenues dans les documents suivants : ECE/EB.AIR/WG.5/2008/10, par. 31 à 32 ; ECE/EB.AIR/WG.5/2009/12, annexe ; ECE/EB.AIR/WG.5/2010/4, par. 5 à 74 et annexe I ; ECE/EB.AIR/WG.5/2010/5 ; ECE/EB.AIR/WG.5/2010/13, par. 9 à 16 et 33 et annexe ; ECE/EB.AIR/WG.5/2010/14 ; Groupe de travail des stratégies et de l'examen, quarante-septième session, document informel n° 2. Disponible à l'adresse suivante : <https://unece.org/environmental-policy/events/working-group>

l'annexe IX, de nouvelles connaissances sur le cycle de l'azote dans son ensemble ont montré que la gestion intégrée des émissions d'ammoniac et d'oxydes d'azote présentait de nombreux avantages<sup>29</sup>. Les émissions d'oxydes d'azote provenant des sols sont actuellement exclues du Protocole de Göteborg tel que modifié (annexe II du Protocole, tableau 3), alors que, en raison de la baisse constante des émissions d'oxydes d'azote dues à la combustion, les émissions provenant des sols pourraient représenter jusqu'à 25 % des émissions totales d'oxydes d'azote pour certaines Parties à l'horizon 2030. Aucune annexe au Protocole de Göteborg ne comporte actuellement de mesures ou de prescriptions relatives au contrôle des flux d'oxydes d'azote émis par les sols. Ces émissions sont liées à la fois à la production agricole et aux modifications anthropiques des sols naturels (par exemple, les modifications découlant de l'augmentation des dépôts atmosphériques d'azote). Le contrôle des émissions d'oxydes d'azote provenant des sols offre la possibilité d'aller plus loin dans la réduction des émissions totales d'oxydes d'azote, et devrait être considéré comme un élément des stratégies visant à réduire les pertes totales de ressources azotées, ce qui aurait des retombées positives en ce qui concerne le climat, l'ozone stratosphérique et la qualité de l'eau<sup>30</sup>. Il est donc d'autant plus nécessaire de réduire de manière coordonnée les émissions d'ammoniac et d'oxydes d'azote provenant des terres agricoles que cela permettrait de limiter simultanément les émissions d'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O) et de diazote (N<sub>2</sub>) ainsi que le lessivage des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et d'autres formes d'azote réactif dans le cadre d'une gestion plus efficace du cycle de l'azote.

63. Plusieurs Parties à la Convention ont enregistré de nouveaux progrès en ce qui concerne leurs engagements visant à réduire les émissions d'ammoniac, notamment au titre de la Directive révisée de l'Union européenne sur les engagements nationaux de réduction des émissions. Cette directive décrit les engagements en matière de réduction des émissions par rapport à 2005 pour la période 2020-2030 et après, et contient une série de mesures consacrées à la réduction des émissions d'ammoniac<sup>31</sup>.

64. Si la majorité des émissions d'ammoniac en Europe sont liées à l'élevage et à l'agriculture, les activités humaines sont responsables d'un très large éventail de sources supplémentaires, comme les moteurs à combustion interne, la combustion de biomasse, la digestion anaérobie et les eaux usées ; les possibilités de réduction des émissions sont donc nombreuses.

65. Il est nécessaire de revoir les principales mesures de réduction des émissions d'ammoniac de l'annexe IX telles que définies en 2011 par l'Équipe spéciale de l'azote réactif (sur la base de leur applicabilité dans la région de la CEE, de leur coût, de leur contribution à la réduction des émissions et du renforcement des capacités nécessaire). Les mesures prioritaires concernaient l'adoption : a) de techniques d'épandage du lisier et du fumier à faible taux d'émission ; b) de stratégies d'alimentation animale qui visent à réduire l'excrétion d'azote ; c) de techniques à faible taux d'émission pour tous les nouveaux stockages de lisier de bovins et de porcins et de fumier de volaille ; d) de stratégies destinées à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'azote et à réduire les excédents d'azote ; et e) de techniques à faibles émissions dans les bâtiments d'élevage de volailles et de porcins neufs ou en grande partie reconstruits<sup>32</sup>. Cette liste de priorités ayant maintenant plus de dix ans, il

[strategies-and-review-forty-seventh-session](#).

ECE/EB.AIR/WG.5/2011/3, par. 23 à 32 ;

ECE/EB.AIR/WG.5/106, par. 35 à 38 ;

ECE/EB.AIR/2012/11 (Projet d'annexe IX révisée, texte proposé sans l'appui de l'Équipe spéciale de l'azote réactif) ; et

ECE/EB.AIR/WG.5/2012/3, par. 9.

<sup>29</sup> Mark A. Sutton et al., « The European Nitrogen Assessment 6 years after: What was the outcome and what are the future research challenges? », in *Innovative Solutions for Sustainable Management of Nitrogen: Conference proceedings*, Tommy Dalgaard et al., éd. (Tjele, Danemark, Aarhus University/dNmark Research Alliance, 2017).

<sup>30</sup> ECE/EB.AIR/2020/6–ECE/EB.AIR/WG.5/2020/5 ; Sutton, « The European Nitrogen Assessment ».

<sup>31</sup> La Directive de l'Union européenne fixant des plafonds d'émissions nationaux de 2001 ne comportait aucune annexe technique concernant l'ammoniac et reflétant dans une certaine mesure l'annexe IX du Protocole de Göteborg.

<sup>32</sup> ECE/EB.AIR/WG.5/2011/16, par. 16.

conviendrait de la revoir en fonction de l'évolution des coûts, des innovations et des principaux enseignements tirés de l'expérience acquise. Cependant, ces mesures restent essentielles à tout plan de réduction des émissions d'ammoniac.

66. Il apparaît que de nombreuses Parties n'ont pas pleinement mis en œuvre les prescriptions de l'annexe IX concernant les mesures de réduction des émissions d'ammoniac, bien que cela ne soit pas complexe sur le plan technique<sup>33</sup>. Cela semble indiquer que l'application incomplète de l'annexe IX est liée à des obstacles sociaux ou politiques, les Parties n'ayant pas accordé la priorité à ces mesures. Néanmoins, l'annexe IX doit être mise à jour et élargie, car elle a été établie il y a plus de vingt ans (1999) et ne correspond plus à l'état actuel des connaissances. Les questions de l'alimentation animale, des bâtiments d'élevage, du stockage des effluents d'élevage, du traitement et de la récupération des nutriments organiques, du pâturage du bétail et les autres aspects relatifs aux cultures n'y sont actuellement pas abordés. Il convient d'actualiser les mesures concernant les bâtiments d'élevage (porcins, volailles et autres animaux) ainsi que le stockage connexe des effluents d'élevage, l'épandage du fumier, du lisier, d'urée, de nitrate d'ammonium et d'autres engrais azotés. L'annexe IX actuelle n'exploite pas les possibilités offertes par la gestion durable de l'azote, notamment la réduction des pertes totales de ressources azotées résultant des émissions d'ammoniac, d'oxydes d'azote, d'oxyde de diazote et de diazote et du lessivage des nitrates et d'autres formes de l'azote, qui permettrait de mettre progressivement en place des systèmes plus circulaires utilisant l'azote de manière plus efficace. Elle ne tient pas non plus compte des « solutions fondées sur la nature » liées à l'utilisation des terres et à la gestion des paysages, qui sont susceptibles de réduire les pertes d'azote.

67. Les documents d'orientation suivants relatifs à l'ammoniac et au cycle de l'azote dans son ensemble doivent être mis à jour :

a) Le Document d'orientation pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant des sources agricoles (ECE/EB.AIR.120), dont la dernière révision remonte à 2012, devrait être mis à jour d'ici à 2024 ;

b) Le Projet de Code-cadre révisé de bonnes pratiques agricoles pour réduire les émissions d'ammoniac de la Commission économique pour l'Europe (ECE/EB.AIR/129), dont la dernière révision remonte à 2015, devrait être mis à jour d'ici à 2026 ;

c) Le Document d'orientation sur les bilans d'azote nationaux (ECE/EB.AIR/119), adopté par l'Organe exécutif en 2012, devrait être révisé d'ici à 2024.

68. La révision du Document d'orientation sur la gestion durable intégrée de l'azote (ECE/EB.AIR/149), qui a été adopté en 2020, n'est pas actuellement une priorité.

69. Les politiques plus globales en matière d'agriculture et de gestion intégrée des nutriments offrent un grand potentiel de réduction des émissions d'ammoniac et de la pollution azotée au sens large ; ainsi, la réforme des mécanismes de financement de l'agriculture (par exemple, la politique agricole commune) peut faire varier les émissions d'ammoniac et d'autres formes d'azote en agissant sur la taille du cheptel et en fixant des exigences relatives à l'utilisation de technologies à faible taux d'émission, y compris les modes de financement. Plusieurs Parties, dont l'Union européenne, adhèrent à l'objectif de « réduire de moitié les déchets azotés d'ici à 2030 », tel que formulé dans la Déclaration de

<sup>33</sup> S'agissant de la création au niveau national d'un code indicatif de bonnes pratiques agricoles pour lutter contre les émissions d'ammoniac (voir le Protocole de Göteborg de 1999, annexe IX, par. 3), bien que le Protocole initial soit entré en vigueur en 2005, l'analyse menée par l'Équipe spéciale de l'azote réactif en 2010 (ECE/EB.AIR/WG.5/2010/13, par. 33) a montré que très peu de Parties avaient donné un titre à ce code. Un examen ultérieur a permis de constater que ce nombre augmente lentement, mais dans l'ensemble, il semble que de nombreuses Parties n'aient pas tenu compte de cette exigence du Protocole. À quelques exceptions notables près, les bilans azote nationaux introduits par le Protocole de Göteborg révisé n'ont été que peu utilisés (voir art. 7, par. 3, al. a) à d)). Les principaux obstacles semblent être le caractère facultatif de ces bilans et le peu de ressources allouées au calcul des bilans nationaux expérimentaux et à la sensibilisation aux avantages que présente une telle approche. Il est prévu que le système international de gestion de l'azote, avec l'aide du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)/Fonds pour l'environnement mondial (FEM), crée un répertoire des bilans azote nationaux, y compris dans la région de la CEE.

Colombo. Les politiques en faveur de la nature peuvent également avoir une influence majeure sur la pollution azotée, comme l'illustre la « crise de l'azote » aux Pays-Bas, provoquée par les prescriptions de la Directive européenne concernant la conservation des habitats naturels (Directive Habitats)<sup>34</sup>, qui vise à lutter contre les effets néfastes de l'azote. De même, les négociations menées au titre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) permettent de générer des retombées positives en ce qui concerne le climat, la qualité de l'air, l'eau, la biodiversité et l'économie, comme l'illustre l'initiative #Nitrogen4NetZero<sup>35</sup>.

70. Dans le cas de l'agriculture, un changement de comportement se traduisant par une baisse de la consommation de viande et de produits laitiers serait un moyen efficace de réduire les émissions d'ammoniac et de méthane. Une transformation structurelle favorisant une agriculture moins intensive pourrait également contribuer à ces réductions d'émissions (voir également le rapport 2017 de l'International Institute for Applied Systems Analysis sur les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique d'origine agricole)<sup>36</sup>. Un changement de régime alimentaire pourrait grandement contribuer à réduire les pertes d'azote dans l'environnement, notamment sous la forme d'ammoniac, d'oxydes d'azote, d'oxyde de diazote et de diazote. En Europe, la consommation de viande et de produits laitiers dépasse les besoins alimentaires, ce qui contribue pour beaucoup à la pollution et au gaspillage des ressources en azote. Le rapport « Nitrogen on the Table » a montré qu'une réduction de moitié de la consommation de viande et de produits laitiers (scénario « demitarien ») permettrait de réduire les émissions de NH<sub>3</sub> de 40 %<sup>37</sup>. Il ressort des différents scénarios qu'il est possible de doubler l'efficacité de l'utilisation de l'azote dans la chaîne alimentaire, qui passerait de 20 % à 40 %, tout en libérant une surface considérable de terres actuellement destinées à l'alimentation du bétail, qui pourraient donc être utilisées à d'autres fins, comme des activités d'écologisation ou l'augmentation des exportations de cultures vivrières. Le rapport met également en évidence une baisse des importations d'aliments pour animaux et une réduction des émissions de méthane.

71. Les travaux menés par le Groupe d'experts de l'azote et de l'alimentation de l'Équipe spéciale de l'azote réactif montrent qu'il existe un lien étroit entre azote et alimentation, y compris en ce qui concerne les possibilités de modification du régime alimentaire et les retombées positives pour la santé. Les résultats montrent qu'un changement de régime alimentaire permettrait de réduire considérablement les émissions d'azote réactif, et qu'il serait difficile, voire impossible, d'atteindre des objectifs ambitieux en matière de climat, de qualité de l'air et de durabilité sans un tel changement. Un résumé préliminaire est fourni en annexe du rapport que l'Équipe spéciale a présenté au Groupe de travail des stratégies et de l'examen (ECE/EB.AIR/WG.5/2021/2). Le Groupe d'experts établira la version finale du rapport spécial sur l'évaluation de l'azote en Europe en 2022<sup>38</sup>. Ses travaux ont jusqu'à présent entièrement dépendu des contributions en nature des experts.

72. Il existe de nombreuses politiques visant à modifier la demande alimentaire (directives alimentaires, règles de passation des marchés publics, étiquetage des aliments, programmes d'éducation scolaire et autres, stratégies de commercialisation, normes alimentaires, taux de taxation différenciés, etc.) ; elles doivent toutefois être renforcées pour être plus efficaces et intégrées dans des ensembles de mesures complets (système alimentaire)<sup>39</sup>.

<sup>34</sup> Disponible à l'adresse suivante : <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj>.

<sup>35</sup> Voir [www.inms.international/nitrogen4netzero](http://www.inms.international/nitrogen4netzero).

<sup>36</sup> Markus Amman et al., « Measures to Address Air Pollution from Agricultural Sources » (s.l., International Institute for Applied Systems Analysis, 2017).

<sup>37</sup> H. Westhoek et al., *Nitrogen on the Table: The influence of food choices on nitrogen emissions and the European environment – Special Report of the European Nitrogen Assessment* (Edinburgh, Centre for Ecology and Hydrology, 2015).

<sup>38</sup> Voir [www.clrtap-tfrn.org/content/epnf#Publications](http://www.clrtap-tfrn.org/content/epnf#Publications).

<sup>39</sup> Voir ECE/EB.AIR/2021/7 et le point 4 b) de l'ordre du jour du document informel n° 1 de la quarante et unième session de l'Organe exécutif (Genève (mode hybride), 6-8 décembre 2021), disponible à l'adresse suivante : <https://unece.org/environmental-policy/events/executive-body-forty-first-session>.

## VII. Solutions permettant de réduire les émissions de méthane

73. Même si le Protocole est pleinement mis en application, les niveaux de fond de l'ozone continueront à augmenter sous l'effet des émissions de méthane, d'oxydes d'azote et de COV hors de la région de la CEE. Il est techniquement possible de limiter davantage les émissions de précurseurs de l'ozone dans la région de la CEE, ce qui permettrait de réduire les concentrations d'ozone et leurs effets dans la région. Les principales sources anthropiques d'émissions de méthane sont l'agriculture (le bétail étant prédominant dans la région de la CEE), la production de combustibles fossiles et le traitement des déchets. Il existe des solutions techniques financièrement rationnelles pour réduire les émissions de méthane provenant du traitement des déchets et de la production de pétrole et de gaz<sup>40</sup>. Les solutions techniques permettant de réduire les émissions de méthane dues au bétail sont moins nombreuses. Ces mesures portent principalement sur le changement de régime alimentaire des ruminants et reposent sur les principes d'atténuation suivants, qu'il convient de mettre en œuvre en fonction des caractéristiques de l'exploitation : a) améliorer la qualité des aliments et leur ingestion (digestibilité des matières organiques, valeur nutritionnelle) ; b) diminuer la quantité d'aliments fibreux peu digestibles ; c) nourrir les animaux avec de l'herbe précoce (valeur nutritionnelle élevée) ; d) nourrir les animaux avec des cultures fourragères ou des aliments à faible teneur en azote pour contrôler l'excrétion et les émissions d'azote ; e) donner aux animaux des compléments réduisant les émissions de méthane (amidon, matières grasses) ; f) créer des prairies biodiversifiées ; et g) donner aux animaux des compléments alimentaires tels que des acides gras ou des matières grasses spécifiques ou des inhibiteurs de méthanogénèse. Certaines de ces mesures pourraient entraîner une augmentation des émissions d'ammoniac<sup>41</sup>. Un changement de comportement conduisant à une baisse de la (sur)consommation de viande et de produits laitiers pourrait avoir des effets synergiques sur la santé, le climat, la formation d'ozone et la pollution par l'azote<sup>42</sup>.

<sup>40</sup> Voir Lena Höglund-Isaksson et al., « Technical potentials and costs for reducing global anthropogenic methane emissions in the 2050 time frame – results from the GAINS model », *Environmental Research Communications*, vol. 2, No. 2 (février 2020) ; Agence de protection de l'environnement des États-Unis, « Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gas Emissions Projections and Mitigation », disponible à l'adresse [www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases](http://www.epa.gov/global-mitigation-non-co2-greenhouse-gases) ; et PNUE/Coalition pour le climat et la qualité de l'air, *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions* (Nairobi, 2021).

Les mesures pour les pays de l'Union européenne sont incluses dans la note sur la stratégie de l'Union européenne sur le méthane, axée sur la réduction des émissions de méthane dans les secteurs de l'énergie, de l'agriculture et des déchets. Voir [https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/methane-emissions\\_en#:~:text=The EU methane strategy COM,the fight against climate change sa feuille de route et les documents connexes https://ec.europa.eu/info/events/workshop-strategic-plan-reduce-methane-emissions-energy-sector-2020-mar-20\\_fr](https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/methane-emissions_en#:~:text=The EU methane strategy COM,the fight against climate change sa feuille de route et les documents connexes https://ec.europa.eu/info/events/workshop-strategic-plan-reduce-methane-emissions-energy-sector-2020-mar-20_fr) et Mathijs Harmsen et al., « The role of methane in future climate strategies: mitigation potentials and climate impacts », *Climatic Change*, vol. 163 (2020), p. 1409 à 1425, disponible à l'adresse suivante : <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-019-02437-2>.

<sup>41</sup> A. Bannink et al., « Applying a mechanistic fermentation and digestion model for dairy cows with emission and nutrient cycling inventory and accounting methodology », *Animal*, vol. 14, Supplement 2, p. s406 à s416 ; et Équipe spéciale de l'azote réactif, « Methane and Ammonia Air Pollution », disponible à l'adresse suivante : [www.clrtap-tfrn.org/content/methane-and-ammonia-air-pollution](http://www.clrtap-tfrn.org/content/methane-and-ammonia-air-pollution).

<sup>42</sup> En ce qui concerne la culture du riz, il a été établi que le moyen le plus efficace pour réduire de manière cohérente les émissions de méthane provenant des rizières est de modifier la gestion de l'eau. La vidange à mi-saison et l'irrigation intermittente réduisent de manière significative les émissions de méthane. La technique consistant à alterner mise en eau et mise à sec est également considérée comme l'une des solutions les plus prometteuses pour limiter les émissions de méthane dues à la riziculture, mais elle peut réduire l'efficacité de l'utilisation de l'azote et augmenter les pertes d'azote. Voir R. Wassmann et al., « Chapter 2 Climate change affecting rice production: The physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies », *Advances in Agronomy*, vol. 101 (2009), p. 59 à 122 ; et Nicholas Cowan et al., « Experimental comparison of continuous and intermittent flooding of rice in relation to methane, nitrous oxide and ammonia emissions and the implications for nitrogen use efficiency and yield », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 319 (octobre 2021).

74. Différentes solutions permettent de réduire les émissions de méthane en tant que précurseur de l’ozone au titre de la Convention. Leurs niveaux d’ambition et leurs statuts juridiques varient. La liste figurant dans le document informel intitulé « Potential options for addressing methane as an ozone precursor under the Air Convention »<sup>43</sup> n’est pas exhaustive. Ces solutions devront faire l’objet d’une évaluation plus approfondie en fonction du mécanisme de réduction des émissions de méthane qui sera éventuellement retenu. Il convient de noter que les organes techniques relevant de la Convention se préoccupent déjà du rôle du méthane en tant que précurseur de l’ozone. La lutte contre les effets transfrontières de l’ozone dans la région de la CEE fait partie des objectifs du Protocole (voir art. 2, par. 1). Il est important de noter que la question du méthane est abordée dans une certaine mesure par la CCNUCC. Toutefois, la finalité de la CCNUCC étant de limiter le réchauffement de la planète, on considère généralement que le méthane fait partie d’un groupe de gaz à effet de serre interchangeable, les émissions étant exprimées en équivalent dioxyde de carbone. La CCNUCC n’a pas été conçue pour prendre en compte les avantages pour la santé de la réduction des émissions de méthane, et elle ne prévoit pas d’engagements quantitatifs visant le méthane en tant que précurseur de l’ozone.

75. Le rôle du méthane dans la formation de l’ozone et ses incidences sur la santé et l’environnement sont mis en évidence dans les éléments scientifiques du document intitulé *Towards Cleaner Air: Scientific Assessment Report 2016*<sup>44</sup>, la suite qui lui a été donnée (ECE/EB.AIR/WG.5/2017/3 et Corr.1), et les informations présentées jusqu’à présent dans le cadre de l’examen, notamment les conclusions de l’évaluation mondiale du méthane<sup>45</sup>. Selon cette évaluation, les mesures ciblées concernant le méthane qu’il est possible de prendre, associées à des mesures supplémentaires contribuant à la réalisation des objectifs de développement prioritaires, permettent de réduire les émissions anthropiques de méthane de 45 %, soit 180 millions de tonnes par an d’ici à 2030. Le rapport spécial du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC) sur les conséquences d’un réchauffement planétaire de 1,5 °C<sup>46</sup> montre que, pour limiter ce réchauffement à 1,5 °C sur le long terme, sans dépassement, il faut réduire les émissions de méthane (et de carbone noir) d’au moins 35 % par rapport aux niveaux de 2010 d’ici à 2050. Il devient donc de plus en plus pertinent de s’intéresser au méthane, à la fois comme facteur de forçage climatique et comme précurseur de l’ozone. On estime que la région de la CEE est responsable de 20 % des émissions mondiales de méthane. Il convient de retenir les solutions qui permettent de réduire les émissions provenant aussi bien de la CEE que de l’extérieur de la région.

76. Un certain nombre d’instances internationales s’emploient à lutter contre les émissions de méthane, parmi lesquelles le Pacte mondial sur le méthane (engagements volontaires), l’Initiative mondiale sur le méthane (partage d’informations et renforcement des capacités), la Coalition pour le climat et la qualité de l’air et la Convention-cadre sur les changements climatiques (communication des données sur les émissions). Les mesures de réduction des émissions de méthane prises au titre de la Convention sur la pollution atmosphérique doivent tenir compte de deux aspects essentiels : le moment où la volonté politique se manifeste ainsi que le niveau d’ambition et l’échelle géographique.

77. Les solutions, dont les niveaux d’ambition varient, sont réparties en quatre thèmes : maintien du statu quo, nouvelles mesures ou nouveaux engagements, gestion des données et volontariat. On peut par exemple :

- a) Conserver les activités actuelles et ne prendre aucune mesure supplémentaire (statu quo) ;

<sup>43</sup> Disponible à l’adresse suivante : <https://unece.org/environmental-policy/events/meeting-heads-delegation-clrtap-wgsr>.

<sup>44</sup> ECE (Gylling, Danemark, Narayana Press, 2016).

<sup>45</sup> A. R. Ravishankara et al., *Global Methane Assessment: Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions* (Nairobi, Programme des Nations Unies pour l’environnement, 2021).

<sup>46</sup> Valérie Masson-Delmotte et al., éd., *Global Warming of 1,5 °C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (Cambridge and New York, Cambridge University Press, 2018).

- b) Soutenir le Pacte mondial sur le méthane ;
- c) Adopter des objectifs nationaux de réduction des émissions ou des engagements nationaux ou régionaux optimisés de réduction des émissions de méthane ;
- d) Fixer des valeurs limites d'émissions de méthane pour certaines activités ;
- e) Collecter, examiner et améliorer les données sur les émissions de méthane ;
- f) Fixer des exigences minimales en matière de surveillance et de communication des données ;
- g) Élaborer des documents d'orientation ou des recommandations sur les mesures de réduction des émissions de méthane ou les meilleures pratiques dans ce domaine.

78. La contribution du méthane aux effets transfrontières de l'ozone est suffisamment importante pour qu'on envisage de prendre des mesures au titre de la Convention sur la pollution atmosphérique. Les travaux actuels sur le rôle du méthane en tant que précurseur de l'ozone, menés par un certain nombre d'organes scientifiques et techniques relevant de la Convention, devraient se poursuivre. L'Organe exécutif pourrait souhaiter inclure la poursuite des discussions sur le choix du mécanisme de réduction des émissions de méthane dans le plan de travail 2022-2023 du Groupe de travail des stratégies et de l'examen. On trouvera de plus amples informations à ce sujet dans le document informel intitulé « Potential options for addressing methane as an ozone precursor under the Air Convention ».

## VIII. Coopération internationale dans la lutte contre la pollution atmosphérique

79. La pollution atmosphérique, en particulier la pollution à l'ozone, affecte la totalité de l'hémisphère ; il est donc nécessaire de mettre en place une coopération avec des pays, organisations et instances en dehors de la CEE afin de faciliter et de favoriser la réduction des émissions au-delà de la région de la CEE. Les modalités d'une telle coopération devraient être étudiées, notamment dans le cadre des travaux de l'Équipe spéciale de la coopération internationale dans la lutte contre la pollution atmosphérique, dans les limites de son mandat (décision 2021/5).

80. L'Organe exécutif, à sa quarante et unième session (Genève (mode hybride), 6-8 décembre 2021), a adopté le mandat de l'Équipe spéciale de la coopération internationale dans la lutte contre la pollution atmosphérique, et s'est félicité de l'offre de la Suède et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord de la diriger. L'Équipe spéciale encouragera la collaboration internationale en vue de prévenir et de réduire la pollution atmosphérique afin d'améliorer la qualité de l'air au niveau mondial. Elle entend être une base d'informations techniques et un lieu de rencontre entre les pays et les organisations, visant à renforcer la coopération en matière de lutte contre la pollution atmosphérique.

81. Les fonctions de l'Équipe spéciale sont les suivantes :

- a) Servir de plateforme internationale qui facilite l'apprentissage mutuel et la collaboration en matière de lutte contre la pollution atmosphérique ;
- b) Favoriser la réduction des émissions de polluants atmosphériques par l'échange d'informations sur les meilleures pratiques et les politiques à adopter ;
- c) Faciliter le partage d'informations sur les possibilités de financement et le renforcement des capacités techniques ;
- d) Promouvoir une approche de la gestion de la qualité de l'air fondée sur des données factuelles ;
- e) S'employer à sensibiliser le public aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé et l'environnement<sup>47</sup>.

<sup>47</sup> Décision 2021/5, par. 4, et annexe, par. 1 et 3.

82. Les travaux énumérés ci-dessus seront menés grâce à la coordination, la coopération et la collaboration avec les organes subsidiaires de la Convention, ainsi qu'avec les organisations internationales, les organismes multilatéraux et les activités scientifiques internationales connexes. Les événements organisés par l'Équipe spéciale favoriseront le partage d'informations et stimuleront la participation des États non parties à la Convention afin d'aider tous les pays et toutes les régions à lutter contre la pollution atmosphérique.

---