



Commission économique pour l'Europe
Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance
Vingt-huitième session

Genève, 13-17 décembre 2010

Point 5 de l'ordre du jour provisoire

État d'avancement des activités de base
Noir de carbone
Rapport des Coprésidents du Groupe d'experts du noir de carbone

Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
Résumé et principales recommandations	1–10	2
I. Introduction.....	11–17	4
II. Raison d'être de l'action à mener.....	18–30	6
III. Inventaires des émissions.....	31–32	12
IV. Réductions du noir de carbone grâce à la législation actuelle.....	33–37	12
V. Possibilités de réductions supplémentaires	38–52	14
VI. Options envisageables pour d'éventuelles révisions du Protocole de Göteborg	53–71	17

Résumé et principales recommandations

1. Avec le concours des Parties et des observateurs auprès de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, le Groupe d'experts du noir de carbone, coprésidé par les États-Unis d'Amérique et la Norvège, a évalué les informations disponibles concernant le noir de carbone pour, entre autres choses, énoncer les raisons pour lesquelles les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur les changements climatiques au niveau régional et en Arctique sont traités en même temps que les effets sur la santé et les écosystèmes dans le cadre de la Convention. Rien dans le présent rapport ne devrait être interprété comme réfutant la nécessité de réduire considérablement et simultanément les gaz à effet de serre à longue durée de vie.

2. D'après les informations existantes, la réduction des émissions de noir de carbone est manifestement bénéfique pour l'environnement. Compte tenu de ce fait et du succès des négociations menées dans le cadre de la Convention, qui ont abouti à une réduction réelle des émissions de polluants atmosphériques, l'Organe exécutif devrait s'attacher à examiner les possibilités d'action exposées dans le présent rapport. Considérés ensemble, les effets sur le climat régional et les bienfaits notoires pour la santé qui découleraient dans la région de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE) de la réduction des émissions de particules sont autant de raisons pour lesquelles l'Organe exécutif devrait examiner les possibilités de réduire le noir de carbone en tant qu'élément présent dans les particules lorsqu'il révisera le Protocole de 1999 relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg).

3. Le noir de carbone est un aérosol carboné absorbant fortement la lumière produit par une combustion incomplète de divers combustibles. Il est généralement reconnu que la réduction des émissions de noir de carbone aura une incidence régionale positive grâce à une diminution des dépôts dans les régions recouvertes de neige et de glace. Il se dégage aussi un consensus général sur le fait que la réduction des émissions de particules primaires sera bénéfique pour la santé publique, mais des incertitudes subsistent quant à la direction et à l'ampleur du forçage radiatif mondial conjugué aux émissions de noir de carbone, en grande partie parce que les mécanismes d'interaction entre le noir de carbone et les nuages sont peu connus.

4. Plus que d'autres régions, l'Arctique, tout comme les régions alpines, pourrait tirer avantage de la réduction des émissions de noir de carbone, substance qui réchauffe l'atmosphère et dont le dépôt aggrave la fonte de la neige et de la glace. Le noir de carbone contribue à la rétroaction de l'albédo de la neige, qui peut modifier l'équilibre radiatif mondial. Les processus climatiques propres à l'Arctique ont des effets considérables à l'échelle planétaire. Il y a près de dix ans, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) avait déjà observé des changements, notamment la fonte des glaciers, des glaces de mer et du pergélisol. Des mesures doivent donc être prises à très court terme pour réduire le taux de réchauffement.

5. L'Organe exécutif devrait réfléchir à l'intérêt qu'il y aurait à appliquer des politiques intégrées dans le domaine de la qualité de l'air et du climat. Le climat et la qualité de l'air sont inextricablement liés et les stratégies mises au point pour un domaine auront probablement une incidence sur l'autre. Par exemple, les stratégies de gestion de la qualité de l'air qui ont permis de réduire les émissions des précurseurs secondaires du noir de carbone (comme le soufre et les oxydes d'azote), aux fins de la protection de la santé publique et de l'écosystème, se sont essentiellement traduites par un phénomène de réchauffement. Les aérosols sulfatés ayant principalement un effet de refroidissement, la réduction de ces émissions a révélé les changements climatiques anthropiques qui seraient intervenus en leur absence. Il est impératif de poursuivre la tâche importante qui consiste à

améliorer la santé publique en purifiant l'air, tout en procédant d'une manière qui soit également utile pour le climat.

6. S'il est manifeste que la réduction des émissions de noir de carbone devrait avoir d'importantes retombées bénéfiques pour la santé et le climat, il est encore possible d'approfondir substantiellement les connaissances relatives aux émissions et à leurs effets. Les incertitudes des scientifiques tiennent essentiellement à l'absence de données sur les émissions. Actuellement, aucun pays n'applique un programme de grande envergure pour mesurer et notifier les émissions et les concentrations ambiantes de noir de carbone (et d'autres aérosols carbonés). Pour permettre l'élaboration de stratégies et de politiques efficaces, il faudrait intensifier les travaux techniques concernant le noir de carbone menés au titre de la Convention. L'Organe exécutif devrait donc envisager de confier à des organes existants de la Convention la mission de recommander les moyens les plus constructifs de recueillir et de partager les données nécessaires. On pourrait envisager une collaboration avec des groupes d'étude du noir de carbone opérant hors du cadre de la Convention.

7. Les émissions de noir de carbone dans la région de la CEE devraient diminuer entre 2000 et 2020 d'environ un tiers suite à l'application de la législation actuelle en matière de contrôle des émissions, principalement dans le secteur des transports. Ces réductions ne sont possibles que si la législation existante est pleinement mise en œuvre, ce qui n'est pas forcément garanti. Par ailleurs, bien que l'on s'attende à une diminution des émissions globales de noir de carbone, la quantité de cette substance produite dans certains secteurs pourrait notablement augmenter. Les mesures existantes pourraient réduire les émissions de noir de carbone d'une proportion supplémentaire de 40 % d'ici à 2020.

8. Le rapport présente plusieurs options permettant d'inclure la question du noir de carbone dans la révision du Protocole de Göteborg, depuis l'établissement d'objectifs environnementaux pertinents jusqu'à l'adoption de mesures visant à réduire les émissions. Pour les engagements de réduction des émissions, diverses options ont été recensées, par exemple l'application de plafonds nationaux d'émissions et de valeurs limites d'émission propres à chaque source. Les domaines importants où il est encore possible de réduire les émissions après l'application de la législation actuelle sont ceux de la combustion domestique, des machines mobiles non routières, des transports routiers et de la combustion à l'air libre. Le type d'engagement de réduction des émissions pourrait être défini dans le cadre d'une collaboration entre de nombreuses équipes spéciales créées au titre de la Convention, les centres relevant du Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP) et des groupes d'experts.

9. Les recommandations présentées constituent un sous-ensemble des recommandations figurant dans le rapport, dans lequel on trouvera de plus amples détails. Outre l'incorporation de la question du noir de carbone dans la révision du Protocole de Göteborg, l'Organe exécutif devrait envisager la mise en œuvre des recommandations ci-après dans son projet de plan de travail de 2011:

a) L'amélioration des inventaires des émissions permettra aux Parties de choisir les politiques de contrôle optimales et de déterminer les sources qui pourraient ne pas être toutes déclarées ou ne pas figurer dans les inventaires connus. Il est indispensable d'évaluer minutieusement les données relatives aux émissions puisque des différences très importantes peuvent exister pour des secteurs particuliers en raison de la disparité entre les coefficients d'émission ou les démarches méthodologiques. L'Équipe spéciale des inventaires et des projections des émissions devrait donner la priorité aux travaux visant les principes directeurs à appliquer pour les inventaires des émissions de noir de carbone, l'accent étant mis sur les réductions pouvant être obtenues avec les mesures ou techniques de contrôle existantes;

b) L'Organe exécutif devrait appuyer l'initiative de l'EMEP visant à identifier les caractéristiques pertinentes du noir de carbone qui doivent être surveillées et notifiées, et devrait encourager la mise en œuvre dans les meilleurs délais de la stratégie de surveillance de l'EMEP pour 2010-2019;

c) Si l'Organe exécutif décide d'inclure la question du noir de carbone dans les révisions du Protocole de Göteborg, il souhaitera peut-être envisager de confier au Groupe d'experts ou à un autre organe de la Convention les tâches suivantes:

i) Étudier de façon plus détaillée les possibilités d'incorporer dans le Protocole de Göteborg révisé des dispositions obligatoires et/ou facultatives relatives au noir de carbone;

ii) Rassembler davantage d'informations sur les techniques de contrôle du noir de carbone existantes ou nouvelles;

iii) Élaborer des mécanismes additionnels qui permettraient aux Parties n'ayant pas encore ratifié un protocole révisé de progresser dans la réalisation d'un objectif environnemental déclaré;

d) Les émissions de noir de carbone provenant des transports maritimes en Arctique peuvent doubler ou tripler d'ici à 2050, ce qui pourrait avoir de graves conséquences environnementales dans cette région. Cette question est actuellement à l'examen au sein de l'Organisation maritime internationale (OMI). Bien que les émissions dues aux transports maritimes internationaux ne fassent pas partie des travaux menés dans le cadre de la Convention, l'Organe exécutif pourrait envisager de faire part à l'OMI de ses préoccupations concernant les effets des émissions du noir de carbone en Arctique.

10. L'Organe exécutif devrait aussi examiner les recommandations ci-après en vue d'une mise en œuvre à plus long terme:

a) Instaurer des prescriptions obligatoires pour la surveillance et la notification des émissions de noir de carbone et de carbone organique;

b) Étudier la question de savoir comment assurer l'application de toute prescription convenue, y compris l'examen des ressources requises;

c) Compte tenu de la rapide évolution des connaissances ayant trait au noir de carbone, arrêter un calendrier pour un examen progressif des travaux et des engagements qui pourraient être pris au sujet de cette substance;

d) Mener éventuellement des activités de sensibilisation (par exemple, renforcement des capacités et coopération dans le domaine de la surveillance, de l'établissement des inventaires des émissions, et des mesures de réduction des émissions) à l'intention des pays non membres de la CEE, des pays en transition et des pays se préparant à ratifier le Protocole de Göteborg.

I. Introduction

11. Le Groupe d'experts du noir de carbone a été créé en décembre 2009 par l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Il a pour mandat de déterminer si et de quelle façon l'Organe exécutif pourrait envisager de traiter la question des émissions de noir de carbone d'une manière favorable pour la santé publique tout en réduisant les effets sur le climat, en particulier dans les régions recouvertes de neige et de glace. Il a été spécifiquement demandé au Groupe d'experts de présenter des options envisageables pour d'éventuelles révisions du Protocole de Göteborg qui

permettraient aux Parties de réduire le noir de carbone en tant qu'élément présent dans les particules.

12. Le présent rapport a été élaboré par les Coprésidents en collaboration avec des experts des Parties à la Convention et d'autres experts invités. Le Groupe d'experts comprenait des représentants de l'Allemagne, de la Belgique, du Canada, du Danemark, de l'Espagne, de l'Estonie, des États-Unis d'Amérique, de la Fédération de Russie, de la Finlande, de la France, de l'Irlande, de l'Italie, de la Norvège, des Pays-Bas, du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, de la Slovaquie, de la Suède, de la Suisse et de l'Union européenne (UE). Étaient également présents des représentants du secrétariat de la CEE et du Bureau européen de l'environnement, des experts des centres de l'EMEP (Centre de coordination pour les questions chimiques, Centre de synthèse météorologique-Ouest, Centre de synthèse météorologique-Est et Centre pour les modèles d'évaluation intégrée), de l'Équipe spéciale des mesures et de la modélisation de l'EMEP, de l'Équipe spéciale des inventaires et des projections des émissions de l'EMEP, de l'Équipe spéciale du transport hémisphérique des polluants atmosphériques et du Groupe d'experts des questions technico-économiques, ainsi que des observateurs de plusieurs organisations non gouvernementales.

13. Les principaux objectifs du rapport sont au nombre de cinq: a) énoncer les raisons pour lesquelles les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur les changements climatiques au niveau régional et en Arctique sont traités en même temps que les effets sur la santé et les écosystèmes dans le cadre de la Convention; b) résumer les travaux sur le noir de carbone et le carbone organique que réalisent actuellement les Parties au titre de la Convention; c) évaluer les informations sur les émissions de noir de carbone et de carbone organique dont les Parties à la Convention disposent actuellement, s'agissant en particulier de domaines de première importance; d) recenser les solutions prioritaires en matière de réduction des émissions de noir de carbone dans la région de la CEE ainsi que les coûts correspondants, la viabilité de leur mise en œuvre et leurs éventuelles retombées bénéfiques pour la santé, les écosystèmes et le climat considéré à court terme; et e) recenser les conditions scientifiques et techniques ainsi que les mesures autres que techniques nécessaires à la mise en œuvre des options de réduction des émissions de noir de carbone et évaluer les progrès réalisés au fil du temps.

14. Le noir de carbone et le carbone organique sont produits par une combustion incomplète de divers combustibles. Le noir de carbone est un aérosol carboné absorbant fortement la lumière et provoque, par tonne, un réchauffement bien plus important que le refroidissement causé par le carbone organique^{1, 2}. En raison de ses propriétés d'absorption de la lumière, le noir de carbone contribue notablement au réchauffement planétaire en absorbant directement la lumière solaire et au réchauffement régional en assombrissant la neige et la glace. Le réchauffement direct causé par le noir de carbone est considérable à l'échelle planétaire, mais la faible connaissance que l'on a des autres effets climatiques (par exemple les interactions entre le noir de carbone et les nuages) ne permet pas de déterminer avec certitude les effets nets sur le climat mondial^{3, 4}. En raison de sa finesse et de sa

¹ Saathoff, H., K.-H. Naumann, M. Schnaiter, W. Schöck, O. Möhler, U. Schurath, E. Weingartner, M. Gysel, et U. Baltensperger. 2003. Coating of soot and (NH₄)₂SO₄ particles by ozonolysis products of α -pinene. *Journal of Aerosol Science* 34, (10): 1297-1321.

² Lesins, G., P. Chylek, et U. Lohmann. 2002. A study of internal and external mixing scenarios and its effect on aerosol optical properties and direct radiative forcing. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres* 107, (9-10): 5-1.

³ V. Ramanathan et G. Carmichael, *Global and regional climate changes due to black carbon*, 1 *Nature Geoscience* 221-22 (23 mars 2008).

composition chimique, le noir de carbone a des incidences négatives sur la santé, qui sont également largement reconnues.

15. Une réduction des émissions de noir de carbone peut être immédiatement bénéfique pour le climat en raison de sa courte durée de vie dans l'atmosphère et de sa forte absorption. Il est généralement reconnu que la réduction des émissions de noir de carbone aura une incidence régionale positive grâce à une diminution des dépôts dans les régions recouvertes de neige et de glace, même si l'on n'est pas sûr de bien connaître les effets à l'échelle de la planète. Mais il ne faut pas pour cela minimiser la nécessité de mener des activités visant à réduire les émissions à court terme.

16. Les particules proviennent de deux processus distincts. Elles peuvent être émises directement et sont alors désignées sous le nom de particules primaires ou bien elles peuvent se former dans l'atmosphère à partir d'émissions de précurseurs (oxydes de soufre et oxydes d'azote, par exemple) et il s'agit alors de particules secondaires. Le noir de carbone est un composant des émissions de particules primaires. Comme il est émis en quantités variables avec d'autres polluants qui ont également des effets sur le climat et la santé publique (par exemple d'autres aérosols comme le carbone organique, les particules et les précurseurs d'ozone, les gaz à effet de serre et les polluants atmosphériques toxiques), les mesures visant à réduire les émissions de noir de carbone doivent être évaluées d'une façon qui reconnaisse la palette complète des effets des polluants conjointement émis. Les mesures axées sur la réduction des particules secondaires peuvent réduire ou ne pas réduire les émissions de noir de carbone.

17. De nombreux termes sont utilisés, souvent de façon interchangeable, pour décrire le sous-ensemble de particules à forte absorption de lumière. Les termes «suie», «carbone élémentaire», «carbone réfringent» et «noir de carbone» sont tous utilisés, mais il n'y a aucune définition universelle ni aucun moyen de déterminer exactement quel sous-ensemble de particules d'aérosols est concerné lorsque l'on étudie les changements climatiques. Aux fins du présent rapport, l'expression «noir de carbone» est synonyme de «carbone élémentaire». Selon des études récentes, il existe probablement un plus grand groupe d'aérosols – parfois dénommé «carbone brun» ou «carbone absorbant la lumière» – qui pourrait avoir des effets sur le climat et la santé publique⁵. Les travaux nécessaires pour définir et établir des techniques de mesure pour toute la série d'aérosols absorbant la lumière vont au-delà du domaine d'étude du Groupe d'experts, mais devraient être encouragés ou prescrits par l'Organe exécutif.

II. Raison d'être de l'action à mener

18. Le contrôle des émissions de noir de carbone sera bénéfique pour la santé et le climat, en particulier dans des régions sensibles comme l'Arctique. On ne connaît pas bien l'ampleur des effets nets du forçage radiatif direct et indirect du noir de carbone sur le climat planétaire; cependant, on s'accorde de plus en plus à reconnaître l'incidence du noir de carbone dans les régions recouvertes de neige et de glace^{6, 7, 8, 9}. Considérés ensemble, les

⁴ Jacobson, M. Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature* 409, 695-697 (2001).

⁵ M. O. Andreae et A. Gelencsér: Black carbon or brown carbon? *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3131–3148, 2006 www.atmos-chem-phys.net/.

⁶ Qian, Y., *et al.* (2009), Effects of soot-induced snow albedo change on snowpack and hydrological cycle in western United States based on Weather Research and Forecasting chemistry and regional climate simulations, *J. Geophys. Res.*, 114.

effets sur le climat régional et les bienfaits notoires pour la santé qui découleraient dans la région de la CEE de la réduction des émissions de particules sont autant de raisons pour lesquelles l'Organe exécutif devrait examiner les possibilités de réduire le noir de carbone en tant qu'élément présent dans les particules lorsqu'il révisera le Protocole de Göteborg. S'il est manifeste que la réduction des émissions de noir de carbone devrait avoir d'importantes retombées bénéfiques pour la santé et le climat, il est encore possible d'approfondir substantiellement les connaissances relatives aux émissions et à leurs effets.

19. *Effets sur le climat à l'échelle mondiale.* Aucun consensus n'existe dans les milieux scientifiques au sujet des effets globaux du noir de carbone sur le climat planétaire. Au moment de l'élaboration du présent rapport, des initiatives étaient en cours pour décrire plus systématiquement ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas sur l'éventail complet des effets. Les décisions de l'Organe exécutif devraient s'inspirer des initiatives ci-après: initiative de l'International Global Atmospheric Chemistry visant à limiter le rôle du noir de carbone dans le domaine du climat – initiative conjointe sur la chimie atmosphérique et le climat; et initiative du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) concernant le noir de carbone et l'ozone troposphérique (possibilités de limiter les changements climatiques à court terme):

a) *Forçage radiatif direct du noir de carbone.* Le noir de carbone influe sur le climat, entre autres, en absorbant directement le rayonnement solaire, ce qui déséquilibre le bilan radiatif terrestre. Les estimations de cet effet, connu sous le nom de «forçage radiatif» sont variables, mais on peut parler de réchauffement;

b) *Forçage radiatif indirect du noir de carbone.* Les aérosols ont d'autres effets sur le forçage radiatif de par leur incidence sur les nuages car le dépôt de noir de carbone sur les champs recouverts de glace et de neige réduit l'albédo de la surface. Les estimations de ces effets sont variables mais restent très incertaines.

20. *Effets en Arctique.* Il y a près de dix ans, le GIEC avait déjà observé des changements en Arctique. Le phénomène se poursuit et se traduit par la fonte des glaciers, des glaces de mer et du pergélisol, ainsi que par des changements intervenus dans les schémas des précipitations et des chutes de neige, l'écoulement de l'eau douce et le développement des forêts et de la toundra. Les conséquences sont un bouleversement dans la structure des migrations des animaux sauvages, une modification des stocks de poissons et des zones agricoles, et une augmentation des incendies de forêts.

21. Combiné à l'ozone troposphérique et au méthane, le noir de carbone peut contribuer au réchauffement de l'Arctique à un degré comparable aux effets du dioxyde de carbone (CO₂), bien qu'il subsiste de grandes incertitudes quant à l'ampleur de leurs effets¹⁰. En raison du double rôle joué par le noir de carbone dans le climat de l'Arctique (réchauffement atmosphérique et effet d'assombrissement et de fonte de la neige et de la glace), la réduction des émissions de noir de carbone offre un moyen d'atténuer les effets précités. La présente section montre les incidences en Arctique, mais les régions alpines connaissent le même phénomène à l'intérieur et au-delà de la région de la CEE.

⁷ Hadley et al. (2010), Measured black carbon deposition on the Sierra Nevada snow pack and implication for snow pack retreat Atmos. Chem. Phys., 10, 7505–7513.

⁸ Xu, Baiqing et al. (2009), Black Soot and the Survival of Tibetan Glacier, Proc. Natl. Acad. Sci. Early Edition (2009).

⁹ Flanner, M.G., et al., (2009), Springtime warming and reduced snow cover from carbonaceous particles, Atmos. Chem. Phys., 9, 2481.

¹⁰ AMAP/Quinn et al., 2008. The Impact of Short-Lived Pollutants on Arctic Climate. AMAP Technical Report No. 1 (2008), Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (AMAP), Oslo, Norvège.

a) *Modification de l'albédo.* Le dépôt de noir de carbone réduit la réflectivité de la neige et de la glace en Arctique. L'albédo change également lorsque les glaces de mer fortement réfringentes fondent et sont remplacées par les eaux sombres des mers, qui, à leur tour, absorbent davantage d'énergie solaire et aggravent le réchauffement. Le noir de carbone contribue à ce phénomène, connu sous le nom de rétroaction de l'albédo de la neige et peut modifier l'équilibre radiatif mondial. Ses effets sont particulièrement importants au printemps;

b) *Taux de réchauffement.* L'Arctique continue de se réchauffer plus rapidement que la plupart des autres parties du globe. Son taux de réchauffement est significatif, car cela veut dire que des mesures doivent être prises à très court terme pour le réduire par rapport à celui d'autres régions de la planète. Lors des délibérations de l'Organe exécutif, il est primordial de prendre en considération la période pendant laquelle le phénomène se produit, la vitesse à laquelle les changements devraient intervenir à l'avenir et l'effet immédiat que produira probablement une réduction des émissions de noir de carbone. La réduction des émissions de gaz à effet de serre à longue durée de vie est d'une extrême importance, mais ses bienfaits ne se font sentir que sur une période bien plus longue. À long terme, il sera nécessaire de réduire les émissions de gaz à effet de serre à longue durée de vie parce que, même si le noir de carbone est éliminé, l'Arctique continuera de se réchauffer à un rythme notablement supérieur à la moyenne mondiale, en raison des émissions persistantes de ces gaz¹¹;

c) *Étendue des glaces de mer.* L'étendue et le volume des glaces de mer diminuent régulièrement depuis plusieurs décennies à un rythme sans précédent depuis des milliers d'années¹². Si ce phénomène se poursuit, il n'y aura plus de glaces de mer en été en Arctique dès 2040¹³. Ce changement a des conséquences sur l'effet de l'albédo de la neige, mais entraînera aussi une intensification des transports maritimes et d'autres activités, ce qui peut accroître les émissions dans la région;

d) *Changements intervenant au-delà de l'Arctique.* Les processus climatiques propres à l'Arctique ont des effets considérables sur le climat mondial car les changements en cours interviennent au-delà de la région arctique. À titre d'exemples, on peut citer l'élévation du niveau de la mer causée par la fonte des glaciers de l'Arctique et un réchauffement accru de la planète dû à la plus grande absorption de l'énergie solaire en Arctique;

e) *Populations indigènes.* Ces changements mettent en danger les populations indigènes qui sont tributaires de la chasse et de la cueillette de subsistance. Les risques encourus sont notamment l'insécurité alimentaire causée par le déclin des espèces marines et terrestres, la baisse de qualité des autres sources d'alimentation telles que les baies sauvages et le poisson, un bouleversement du trafic terrestre causé par l'endommagement des infrastructures suite à la fonte du pergélisol, et des réinstallations forcées à cause d'une aggravation de l'érosion côtière¹⁴;

f) *Émissions en Arctique.* Une action internationale visant à réduire les GES à longue durée de vie ne peut pas empêcher ces changements spectaculaires de se produire à

¹¹ Holland, M. M. et C. M. Bitz, 2003: Polar amplification of climate change in coupled models. *Clim. Dynam.*, 21, 221-232.

¹² Polyak et al., *History of Sea Ice in the Arctic*, Quaternary Science Reviews, 2010.

¹³ Holland, M. M., Bitz C. M. and Tremblay B., "Future abrupt reductions in the summer Arctic sea ice" *Geophys. Res. Lett.*, 33 . L23503 (2006).

¹⁴ ACIA *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press, 2004. Accessible à l'adresse suivante: <http://www.acia.uaf.edu>.

court terme en Arctique¹⁵ et il faudrait donc concevoir des stratégies à court terme complémentaires;

i) Des études récemment menées montrent que les émissions de noir de carbone en Arctique et à proximité de cette région ont des effets plus importants sur le réchauffement et la fonte des glaces en Arctique que les émissions observées à l'extérieur de la région^{16, 17};

ii) Sur des surfaces très réfringentes comme la glace et la neige, même une petite quantité de noir de carbone mélangée à du carbone organique et à des aérosols sulfatés peut avoir un effet de «réchauffement» car ce mélange est moins réfringent que la surface recouverte. Par conséquent, certaines sources et certains mélanges d'aérosols qui pourraient avoir un effet de refroidissement dans d'autres régions entraînent un réchauffement en Arctique¹⁸;

iii) Selon un récent rapport du Comité de la protection du milieu marin de l'OMI, les émissions de noir de carbone causées par les transports maritimes en Arctique peuvent doubler ou tripler d'ici à 2050. Le noir de carbone constituant entre 5 et 15 % des émissions de particules provenant des transports maritimes¹⁹, il s'agit là d'une catégorie de sources qui mérite une plus grande attention.

22. *Autres effets sur le climat.* Les effets des aérosols sur le climat (notamment mais pas exclusivement le noir de carbone) ne sont pas limités aux effets sur la température mais sont aussi les suivants: contribution aux variations des schémas pluviométriques et à la suppression des précipitations; réduction de l'évaporation des eaux de surface; modification des propriétés des nuages; et création d'une boucle de rétroaction positive qui aggrave les épisodes de pollution atmosphérique. Ce dernier effet est observé lorsque le noir de carbone réchauffe la basse atmosphère, réduisant ainsi la quantité de rayonnement solaire qui atteint la surface terrestre (phénomène parfois appelé «atténuation de la luminosité surfacique»). Le réchauffement de la basse atmosphère et l'atténuation de la luminosité surfacique ont pour effet de stabiliser la couche limite, ce qui aggrave les épisodes de pollution atmosphérique et peut influencer sur les précipitations. L'atténuation de la luminosité surfacique peut aussi avoir des incidences négatives pour l'agriculture²⁰.

23. *Effets sur la santé.* Il faut prendre en considération les émissions conjointes de polluants pour comprendre toute la palette des effets sur le climat, mais aussi pour comprendre les conséquences pour la santé publique. Il existe un large consensus parmi les scientifiques sur le fait que les particules fines sont liées à des effets défavorables notables sur la santé. De nombreuses études scientifiques ont établi un lien entre le niveau PM_{2,5} et

¹⁵ AMAP/Bluestein et al., 2008. Sources and Mitigation Opportunities to Reduce Emissions of Short-term Arctic Climate Forcers. AMAP Technical Report No. 2 (2008), Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (AMAP), Oslo, Norvège.

¹⁶ Quinn, P. K., Bates, T. S., Baum, E., Doubleday, N., Fiore, A. M., Flanner, M., Fridlind, A., Garrett, T. J., Koch, D., Menon, S., Shindell, D., Stohl, A., et Warren, S. G.: Short-lived pollutants in the Arctic: their climate impact and possible mitigation strategies, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 1723-1735, 2008.

¹⁷ Hirdman, D., Sodemann, H., Eckhardt, S., Burkhart, J. F., Jefferson, A., Mefford, T., Sharma, S., Strom, J., et Stohl, A. (2010a) Source identification of short-lived air pollutants in the Arctic using statistical analysis of measurement data and particle dispersion model output. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 669-693.

¹⁸ Flanner et al., "Springtime warming and reduced snow cover from carbonaceous particles", *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 2481-2497, 2009, www.atmos-chem-phys.net/9/2481/2009/.

¹⁹ Lack, D., et al. (2009) "Particulate emissions from commercial shipping: chemical, physical and optical properties." *J. Geophysical Research*, 114, D00F04.

²⁰ V. Ramanathan et G. Carmichael, *Nature Geoscience* 1, 221 - 227 (2008).

PM₁₀ des particules et de nombreux effets graves sur la santé, y compris une élévation de la morbidité et de la mortalité causée par les conditions cardiovasculaires et respiratoires et le cancer des poumons. L'état actuel des connaissances ne permet pas de quantifier avec précision ou de classer de façon définitive les effets sur la santé des émissions de particules provenant de différentes sources ou d'éléments de particules déterminés. Les études existantes n'imputent pas les effets sur la santé observés à une caractéristique bien précise des particules (autre que la masse). S'il est difficile d'associer un seul composant d'une particule à un effet bien précis sur la santé, il a été reconnu lors d'un atelier de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) que les preuves disponibles concernant le caractère nocif des particules liées à la combustion (provenant de sources mobiles ou immobiles) étaient plus cohérentes que les preuves relatives aux particules provenant d'autres sources²¹. On sait, par exemple, que les hydrocarbures aromatiques polycycliques, une variété de polluants organiques persistants, et d'autres matières toxiques sont le produit inévitable d'une combustion incomplète des combustibles carbonés. Un lien a été établi entre le noir de carbone, polluant primaire et bon indicateur des particules liées à la combustion, et les effets respiratoires²² et cardiovasculaires²³.

24. Les preuves concernant les effets sur l'homme montrent que la suie de diesel – constituée en grande partie de noir de carbone – représente un risque de cancer des poumons en cas d'exposition professionnelle. On peut raisonnablement supposer que le risque existe aussi en cas d'exposition environnementale. L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis d'Amérique juge convaincantes les preuves générales établissant que l'inhalation chronique de suie de diesel représente un risque de cancer pour l'homme, même s'il ne s'agit que d'hypothèses et que des incertitudes subsistent²⁴ et elle estime que l'inhalation de suie de diesel a probablement un effet carcinogène sur l'homme.

25. *Incidence des stratégies actuellement appliquées dans le domaine de la qualité de l'air et du climat.* Le climat et la qualité de l'air sont inextricablement liés et les stratégies mises au point pour un domaine auront probablement une incidence sur l'autre. Par exemple, les stratégies concernant la qualité de l'air qui ont privilégié la réduction des émissions de précurseurs sulfatés, à cause de l'importance de ce polluant pour la protection de la santé publique et des écosystèmes, se sont essentiellement traduites par un phénomène de réchauffement. Les aérosols sulfatés ayant principalement un effet de refroidissement, la réduction de ces émissions a révélé les changements climatiques anthropiques qui seraient intervenus en leur absence. De même, l'utilisation de la biomasse s'intensifie dans certains pays en partie en raison du désir de réduire les émissions de CO₂ provenant des combustibles fossiles. Ce phénomène peut entraîner un relèvement des niveaux locaux et régionaux de noir de carbone. La communauté mondiale doit impérativement poursuivre la tâche importante qui consiste à améliorer la santé publique en purifiant l'air, mais elle doit aussi le faire maintenant d'une façon qui soit également utile à court terme pour le climat. L'Organe exécutif devrait réfléchir à l'intérêt qu'il y aurait à appliquer des politiques intégrées dans le domaine de la qualité de l'air et du climat. Plus précisément, il devrait poursuivre ses efforts pour protéger la santé en réduisant les émissions de polluants à effet de «refroidissement du climat» (sulfates, par exemple) tout en cherchant à réduire les

²¹ Health relevance of particulate matter from various sources. Report on a WHO workshop Bonn, Allemagne, 26 et 27 mars 2007. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe 2007.

²² N. Kulkarni et al., *N Engl J Med* 355, 21–30 (2006).

²³ A. Peters et al., *Epidemiology*, 1, 11–17 (2000).

²⁴ USEPA Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, D.C., EPA/600/8-90/057F, 2002.

émissions de polluants à effet de «réchauffement du climat» (noir de carbone, par exemple)^{25, 26, 27}.

26. Après son émission, le noir de carbone se mélange à d'autres polluants et vieillit dans l'air. C'est surtout dans le domaine de la connaissance de cette chimie complexe et de son incidence sur le climat mondial et régional qu'il existe des incertitudes concernant la réduction des émissions de noir de carbone et les changements climatiques. La connaissance limitée que l'on a actuellement des mélanges et de leurs effets montre qu'il est nécessaire de disposer de meilleures données sur les mesures et d'investir dans des activités visant à déterminer les caractéristiques des émissions. Il est généralement reconnu que la réduction des émissions de noir de carbone aura une incidence régionale positive grâce à une diminution des dépôts dans les régions recouvertes de neige et de glace, même si l'on n'est pas sûr de bien connaître les effets à l'échelle de la planète. Mais il ne faut pas pour cela minimiser la nécessité de mener une action à court terme.

27. *Séjour de courte durée dans l'atmosphère.* Le fait que le noir de carbone séjourne dans l'atmosphère pendant une période allant de quelques jours à plusieurs semaines signifie que sa concentration dans l'atmosphère peut être rapidement réduite, à la différence des gaz à longue durée de vie. La réduction des émissions de noir de carbone ne doit pas l'emporter sur la nécessité de réduire considérablement les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre. La réduction des émissions de noir de carbone, de méthane et d'ozone constitue par contre le meilleur moyen d'atténuer les effets climatiques à court terme qui sont dangereux pour les régions sensibles du globe. Les mesures notoires de contrôle de ces substances offrent la possibilité de réduire les dégâts causés à court terme au climat et ont des retombées bénéfiques substantielles pour la santé dans les régions qui investissent dans des mesures de réduction des émissions.

28. *Note concernant les paramètres de mesure.* Il existe une ferme volonté de créer un cadre pour comparer les effets du noir de carbone à ceux des GES à longue durée de vie et établir une distinction en la matière. Cette démarche affaiblirait les arguments scientifiques et politiques en faveur d'une action visant à réduire les émissions de noir de carbone elles-mêmes. Il existe actuellement plusieurs initiatives visant à mettre au point de nouveaux paramètres de mesure pour cerner les aspects spécifiques et la dimension régionale des facteurs de forçage climatique à courte durée de vie. Toutefois, aucun de ces paramètres ne fait encore l'objet d'un large consensus.

29. *Rôle du Protocole de Göteborg.* La réduction des émissions de noir de carbone est manifestement bénéfique pour l'environnement, notamment en Arctique et dans les régions alpines, et pour la santé publique. Sera vraisemblablement appliquée une stratégie dite «sans regret» visant à réduire le forçage radiatif à l'échelle mondiale. Compte tenu du prestige de la Convention et du succès des négociations menées dans son cadre, qui ont abouti à une réduction réelle des émissions de polluants atmosphériques, l'Organe exécutif devrait s'attacher à examiner les possibilités d'action exposées dans le présent rapport.

30. *Résumé des activités actuellement menées.* Les Parties à la Convention et d'autres organes externes participent activement à l'évaluation du noir de carbone et de ses effets sur le climat et la santé publique. Toutes ces initiatives feront dans une certaine mesure double emploi, mais chacune pourra apporter des informations plus précises sur les divers

²⁵ M. V. Ramana et al., Warming influenced by the ratio of black carbon to sulphate and the black carbon source, *Nature Geoscience*, Publication en ligne, 25 juillet 2010.

²⁶ Kloster et al., A GCM study of future climate response to aerosol pollution reductions, *Climate Dynamics*, 34, 2010.

²⁷ Raes et Seinfeld, New Directions: Climate change and air pollution abatement: A bumpy road. *Atmospheric Environment*, 43 (32). p. 5132-5133. ISSN 1352-2310.

aspects du rôle joué par le noir de carbone dans les changements climatiques. Pour le moment, on ne s'attend cependant pas à ce que les résultats de ces évaluations modifient fondamentalement les recommandations du Groupe d'experts.

III. Inventaires des émissions

31. Comprendre les émissions de noir de carbone est indispensable pour bien concevoir des stratégies d'atténuation bénéfiques à la fois pour le climat et la santé publique. Plusieurs inventaires des émissions mondiales sont largement utilisés et référencés, sans compter un certain nombre d'ensembles de données recueillies au niveau national. Ces différents inventaires aboutissent à des chiffres différents, s'agissant à la fois de la quantité totale de noir de carbone et de carbone organique émis et des contributions relatives des secteurs d'émission. Selon les estimations, les inventaires de noir de carbone et de carbone organique peuvent varier du simple au double (voire plus en cas de combustion à l'air libre)²⁸. Les différences entre les inventaires existants tiennent aux grandes incertitudes quant à l'ordre de grandeur des émissions, à l'absence d'informations sur la répartition géographique des sources et aux lacunes dans les connaissances concernant les émissions par catégories de sources. On manque d'informations sur plusieurs secteurs potentiellement importants tels que la combustion en torchère, les transports maritimes et l'agriculture ainsi que la culture sur brûlis. Les informations manquent ou sont insuffisantes non seulement pour le noir de carbone, mais aussi pour les polluants émis conjointement. Une amélioration des inventaires des émissions permettra aux Parties de déterminer les mesures de contrôle optimales et en même temps d'identifier les sources qui peuvent être sous-évaluées voire absentes des inventaires connus.

32. Dans le cas du noir de carbone, comme dans celui d'autres polluants atmosphériques, il est difficile d'identifier les sources situées loin des points d'impact. Actuellement, l'observation ne peut à elle seule fournir les informations relatives à la répartition par source et aux relations source-récepteur. Si l'on connaît relativement bien les relations source-récepteur en Europe, on en sait beaucoup moins sur la structure du transport et la répartition des dépôts d'un continent à l'autre. Il ressort des échantillons de neige et de glace de l'Arctique associés à des études de modélisation que de grandes quantités de noir de carbone sont anthropogéniques; toutefois, à l'heure actuelle, les particules dans les régions réceptrices ne peuvent être attribuées en toute certitude à des sources ou des régions d'origine bien précises²⁹. L'Organe exécutif devrait appuyer les efforts déployés actuellement pour améliorer la qualité des inventaires des émissions, l'efficacité des modèles de transport ainsi que la couverture et l'interprétation des observations.

IV. Réductions du noir de carbone grâce à la législation actuelle

33. Comme le noir de carbone est un composant des particules primaires, la réduction de ses émissions dans la plus grande partie de la région de la CEE à ce jour résulte des mesures de contrôle de ces particules. Les chiffres réunis à travers l'Europe donnent à penser qu'une grande partie – allant jusqu'à 50 % – des particules anthropogéniques est formée à partir d'émissions de précurseurs de particules secondaires (dioxyde de soufre

²⁸ Bond, T.C., Streets, D. G., Yarber, K. F., Nelson, S. M., Woo, J.-H. et Klimont, S., 2004, A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion J. Geophys. Res. 109 D14203.

²⁹ Draft 2010 Assessment report on the Hemispheric Transport of Air Pollution, Part A 06/07/2010 2-31.

(SO₂), oxydes d'azote (NO_x), ammoniac (NH₃) et composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)³⁰. Si les réductions des précurseurs de particules secondaires ont eu des effets positifs non négligeables sur la santé publique et la protection des écosystèmes, les bienfaits nets de ces réductions pour le climat sont moins certains, et elles peuvent en fait se traduire par un réchauffement en raison de la réduction du refroidissement due à l'abaissement des concentrations de précurseurs secondaires³¹.

34. Les réductions de l'ensemble des émissions de particules entre 1990 et 2007 résultent principalement des techniques de contrôle appliquées dans les secteurs de l'énergie, des transports routiers et de l'industrie, ainsi que de mesures non techniques telles que le remplacement des combustibles dans le secteur de l'industrie et celui des ménages. Les émissions devraient en principe diminuer à l'avenir à mesure que les techniques de contrôle des émissions des véhicules s'améliorent encore et que les sources de combustion fixes font l'objet de mesures de réduction de leurs émissions ou utilisent des combustibles à faible teneur en soufre, par exemple le gaz naturel. Malgré cela, dans de nombreuses zones urbaines de l'Union européenne, on s'attend à ce que les concentrations demeurent bien supérieures aux valeurs limites fixées pour les PM₁₀ dans l'Union européenne. De fortes réductions supplémentaires des émissions seront donc nécessaires pour atteindre la valeur limite fixée pour la qualité de l'air dans la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe³².

35. Les émissions de noir de carbone et de carbone organique en 2005 dans la région de la CEE sont estimées au total à 1,0 et 1,4 Tg, respectivement. La plus grande partie des émissions de noir de carbone en 2005 provenaient du secteur du logement (30 %) et du secteur des transports (50 %). Cela dit, les chiffres varient beaucoup selon la région et le secteur. À mesure que la législation actuelle se traduit par des réductions, l'importance relative d'autres catégories de sources peut augmenter. Par exemple, on s'attend à des réductions importantes dans le secteur du transport routier, ce qui pourrait accroître à plus long terme la contribution relative du secteur du logement, de l'industrie et des secteurs autres que routier.

36. Même en l'absence de législation visant spécifiquement les aérosols carbonés, les règlements actuels et envisagés concernant les particules et le SO₂ devraient entraîner de fortes réductions du noir de carbone et du carbone organique primaire.

a) Si la combustion domestique est et demeure à l'avenir l'un des grands secteurs émetteur de noir de carbone, les émissions du secteur des transports (en particulier routiers) devraient, elles, diminuer en principe d'environ 70 % à l'horizon 2020 à condition que les politiques actuelles (technique des filtres à particules) se traduisent par les réductions escomptées;

b) La législation actuelle devrait avoir moins d'impact sur les émissions en provenance des moteurs diesel fixes et des engins mobiles non routiers (y compris dans le secteur maritime), ce qui augmentera l'importance relative de ces secteurs dans les futurs efforts d'atténuation;

³⁰ Putaud et al. A European aerosol phenomenology — 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe, *Atmospheric Environment*, Vol. 44, Issue 10, mars 2010, p. 1308-1320.

³¹ Raes et Seinfeld, *New Directions: Climate change and air pollution abatement: A bumpy road*. *Atmospheric Environment*, 43 (32). p. 5132-5133.

³² Emissions of primary particles and secondary particulate matter precursors (version 2) – Assessment published Jan 2010 – <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-primary-particles-and-1/emissions-of-primary-particles-and-1>.

c) Les études relatives aux mesures sur route des émissions de véhicule réalisées dans certains pays montrent qu'une petite partie du parc automobile est responsable d'une grande partie des émissions. Ces véhicules sont qualifiés de gros émetteurs ou de super émetteurs³³. D'après une estimation préliminaire réalisée avec le modèle d'interactions et de synergies entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS), les véhicules gros émetteurs pourraient accroître le transport des émissions de noir de carbone dans la région de la CEE d'environ 10 et 15 % entre 2005 et 2030 respectivement, même avec la législation actuelle;

d) Les engins mobiles non routiers pourraient offrir certaines possibilités d'atténuation à l'avenir. Les États-Unis ont adopté un vaste programme national de réduction des émissions qui seraient produites par les futurs moteurs diesel non routiers en intégrant dans un même système les contrôles des moteurs et ceux des carburants afin d'obtenir les plus fortes réductions possibles des émissions. Comme ces réductions s'appliquent aux nouveaux moteurs et que le parc actuel n'est pas soumis à ces contrôles, les moteurs actuels devraient continuer à être une source d'émissions de noir de carbone.

37. Comme les estimations concernant de futures réductions des émissions s'appuient sur l'hypothèse d'une application intégrale et menée à bien de la législation actuelle, et que le ralentissement de l'économie, parmi d'autres facteurs, peut influencer sur l'applicabilité de cette hypothèse, il faut encore tester la validité des hypothèses formulées.

V. Possibilités de réductions supplémentaires

38. Des mesures spécifiques de contrôle des particules qui sont déjà en cours d'examen en vue de leur possible incorporation dans une version révisée de l'annexe VII (Particules) du Protocole de Göteborg pourraient, mais pas nécessairement, entraîner de sensibles réductions des émissions de noir de carbone. Il est nécessaire de réaliser un plus grand nombre d'essais pour déterminer l'efficacité exacte des mesures et techniques de contrôle pour faire disparaître le noir de carbone. Par exemple, de façon générale, les filtres en tissu et les précipitateurs électrostatiques réduiront le noir de carbone, tandis que les cyclones et les épurateurs ne le feront pratiquement pas mais peuvent réduire les plus grosses particules.

39. Comme la réduction du noir de carbone est bénéfique pour la santé publique et que des pays se trouvent dans des régions en relation avec l'Arctique, l'Organe exécutif devrait envisager de prendre de nouvelles mesures (ciblées sur le noir de carbone) pour réduire le noir de carbone. Les effets dans les régions arctique et alpine seront variables selon le pays, mais tous les pays tireront avantage des réductions locales des émissions de noir de carbone et d'autres polluants émis conjointement. L'amélioration de la santé publique et la lutte contre la fonte de la calotte glaciaire arctique seront bénéfiques pour tous les pays.

40. De même, l'Organe exécutif devrait non seulement envisager de nouvelles mesures spécifiques mais également vérifier si les mesures actuelles sont appliquées avec le soin et la rapidité nécessaires pour éviter les résultats les plus catastrophiques, par exemple la fonte de la glace marine et de l'inlandsis. Il importe que l'Organe exécutif se demande si les réductions projetées dans le cadre de la présente analyse interviendront à un rythme suffisant pour atténuer les effets du noir de carbone sur des régions sensibles telles que l'Arctique. Il faut multiplier les analyses pour déterminer le rythme et la rigueur de la mise en application de la législation actuelle, s'agissant en particulier des véhicules lourds de

³³ Ban-Weiss et al. 2009. Measurement of Black Carbon and Particle Number Emission Factors from Individual Heavy-Duty Trucks. *Environ. Sci. Technol.* 43, 1419-1424.

transport et des véhicules non routiers, ainsi que l'impact de ces réductions sur les régions sensibles. L'Organe exécutif devrait envisager de suivre de près la législation en vigueur et les politiques destinées à la renforcer.

41. S'il est décidé de songer à des mesures supplémentaires pour parvenir aux réductions nécessaires du noir de carbone dans le cadre d'une stratégie plus large de lutte contre les particules au titre du Protocole de Göteborg, l'analyse actuelle fait apparaître l'existence de possibilités de réduction des émissions concernant toute une série de catégories de sources. Le coût et l'applicabilité de ces mesures varieront d'une région et d'un pays à l'autre. Il existe actuellement peu d'analyses permettant d'établir avec précision des estimations définitives des retombées bénéfiques pour le climat encore qu'elles soient considérées comme positives. Les effets sur la santé sont mieux compris et il existe des estimations des retombées bénéfiques pour la santé des réductions des émissions de particules, en particulier en zone urbaine où les expositions (et par conséquent les retombées bénéfiques) sont beaucoup plus fortes. Comme indiqué plus haut dans le présent rapport, toute mesure de contrôle envisagée doit faire l'objet d'une évaluation intégrée de son incidence globale sur le climat et la santé publique, en tenant compte de toute la palette des polluants conjointement.

42. *Mesures d'atténuation potentielles.* Dans l'ensemble, les émissions de noir de carbone dans la région de la CEE devraient diminuer d'environ un tiers entre 2000 et 2020, en raison surtout de la mise en application progressive de la législation actuelle sur le contrôle des émissions dans le secteur des transports. D'après les estimations de l'Institut international d'analyse des systèmes appliqués (IIASA), les mesures supplémentaires qu'il serait possible d'adopter réduiraient les émissions de noir de carbone de 40 % de plus à l'horizon 2020. Ces mesures sont analysées dans les paragraphes qui suivent.

43. *Combustion domestique.* D'ici à 2020, les petits appareils de chauffage des habitations deviendront la principale source d'émission de noir de carbone dans la plupart des pays et produiront à peu près la moitié des émissions totales. Cette tendance pourrait même s'accroître si l'on préconise une combustion supplémentaire de la biomasse comme mesure de protection du climat. C'est pourquoi des stratégies de réduction efficaces doivent porter en priorité sur la combustion domestique, les possibilités de réduction qui existent encore étant estimées à près de 50 % pour ce secteur dans la région de la CEE. Pour appliquer ces stratégies, il faudra associer des mesures techniques et des mesures non techniques. La technologie appropriée existe et il est possible de se la procurer sur la plupart des marchés. Toutefois, il est indispensable d'étudier les obstacles à sa mise en application et la possibilité concrète de mettre en œuvre des mesures spécifiques dans un horizon temporel donné.

44. Il pourrait être possible de réduire les émissions provenant des nouveaux poêles et chaudières domestiques en imposant des normes de produits et des valeurs limites d'émission qui sont à la mesure des techniques modernes de combustion. Par exemple, l'utilisation de poêles et chaudières modernes à granulés de bois pourrait sensiblement réduire les émissions de noir de carbone dues à la combustion de la biomasse. Il est possible de réduire les émissions des installations de combustion domestique existantes en les adaptant et en améliorant les pratiques de fonctionnement, ce qui nécessitera des programmes d'information et de sensibilisation du public. Des programmes spécifiques pourraient inciter à remplacer les chaudières et poêles les plus anciens par des installations modernes et encourager l'échange ou la mise aux normes des anciens appareils.

45. Pour que toutes ces mesures soient appliquées avec efficacité, il sera nécessaire de procéder à une harmonisation internationale des méthodes de mesure et essais d'homologation dans la perspective d'une réduction de la consommation de combustibles.

46. *Engins mobiles non routiers.* Comme les engins non routiers ont une longue durée de vie et sont souvent mal entretenus, ce secteur offre le deuxième plus grand potentiel de réduction des émissions de noir de carbone dans la région de la CEE. La législation actuelle devrait conduire à un recul des émissions dans ce secteur, mais il faudra qu'elle soit appliquée. Il serait possible de réduire encore davantage les émissions en accélérant la mise en place de filtres à particules sur les nouveaux engins et la mise aux normes des engins existants en les équipant de ces filtres. Cela pourrait se faire s'il devenait obligatoire que tous les moteurs diesel non routiers satisfassent à des normes d'émission analogues à celles applicables aux véhicules utilitaires lourds, c'est-à-dire à la prochaine norme Euro VI. L'élimination des véhicules gros émetteurs et la mise en application (quand il y a lieu) de la norme Euro VI contribuent pour près de 20 % au potentiel total de réduction dans la région.

47. *Transports routiers.* La législation actuelle devrait permettre de réduire sensiblement les émissions de noir de carbone au cours de la prochaine décennie dans le secteur des transports routiers, mais il est indispensable de s'assurer de l'efficacité de cette politique, par exemple au moyen de programmes de mesure des émissions réalisés à intervalles réguliers (annuels) dans tous les pays de la CEE. L'élimination des véhicules gros émetteurs (super émetteurs) et l'accélération de la mise en place des filtres à particules sur les véhicules utilitaires légers et lourds ainsi que la mise à niveau des véhicules existants entraîneraient des réductions supplémentaires. Dans l'ensemble, en 2020, ces mesures compteront pour moins de 10 % dans le potentiel total d'atténuation dans la région de la CEE.

48. *Combustion à l'air libre.* Même si la combustion à l'air libre des résidus agricoles est déjà interdite dans plusieurs pays de la CEE, on connaît mal l'efficacité avec laquelle cette interdiction est appliquée et les données de télédétection font apparaître que cette combustion est toujours pratiquée sur de vastes superficies. Les données relatives à cette activité et aux émissions sont moins sûres que pour d'autres secteurs. Selon estimation, une interdiction effective de la combustion à l'air libre pourrait compter pour environ 10 % dans le potentiel total de réduction des émissions de noir de carbone. Par ailleurs, les brûlis sont souvent à l'origine des feux de forêt qui sont à leur tour une source d'émissions importante. Toutefois, certains pays ont pris des mesures faisant véritablement obstacle à cette pratique (qui est par exemple sanctionnée en Amérique du Nord).

49. *Transports maritimes.* Pour encourager l'utilisation des meilleures techniques disponibles et accélérer l'adoption de carburants moins polluants et de navires plus propres, il serait possible de compléter les règles de l'OMI par des normes d'émission nationales ou régionales rigoureuses et/ou des instruments économiques tels que des redevances sur les émissions. Il serait peut-être possible d'atténuer en outre les émissions provenant de sources associées aux activités portuaires, moyennant par exemple une électrification des ports.

50. *Industrie et production d'énergie.* Par rapport à d'autres sources, le potentiel de réduction supplémentaire des émissions de noir de carbone produites par le secteur de l'industrie et de la production d'énergie est relativement faible, les estimations fixant à moins de 5 % la part occupée dans le potentiel total par les mesures prises dans ce secteur dans la région de la CEE. Ce sont les anciennes installations de faible capacité (< 50 MW_{th}) et dont le fonctionnement laisse à désirer, par exemple celles qui utilisent de petites chaudières au charbon, au pétrole et à la biomasse, qui sont la source la plus importante de pollution dans ce secteur.

51. *Combustion en torchère.* Des observations empiriques donnent à penser que les torchères de gaz peuvent être une source importante de pollution, mais l'ordre de grandeur des émissions de noir de carbone est très incertain. Le Canada s'efforce actuellement de mettre au point des méthodes plus efficaces pour quantifier les émissions de noir de carbone. Par ailleurs, des programmes visant à améliorer les torchères sont en cours (par exemple, en réduisant l'évacuation des gaz et le brûlage à la torche) dans quelques pays (le Canada et la Norvège, par exemple), mais l'on n'en connaît pas l'impact sur la libération du

noir de carbone. Il faudrait dégager des ressources pour mieux comprendre les données sur cette activité et les émissions effectives de noir de carbone provenant de cette source.

52. *Combustion des déchets (ordures)*. Même si la combustion des déchets à l'air libre a été interdite dans la plupart des pays, l'efficacité de cette interdiction est préoccupante et cette source pourrait localement contribuer de façon mesurable aux émissions de noir de carbone. Ces émissions pourraient être réduites moyennant l'application effective de cette interdiction ou l'adoption d'une loi si elle n'existe pas encore.

VI. Options envisageables pour d'éventuelles révisions du Protocole de Göteborg

53. Le Groupe d'experts recommande que l'Organe exécutif étudie les options envisageables pour réduire le noir de carbone en tant qu'élément présent dans les particules lorsqu'il révisera le Protocole de Göteborg de 1999. Une série d'options est exposée ci-après.

54. *Surveillance et notification*. L'une des plus grandes difficultés rencontrées lorsque l'on s'efforce de façon générale de comprendre et de réduire efficacement les effets du noir de carbone (et d'autres aérosols carbonés) tient au manque de données sur les émissions et les mesures. À l'heure actuelle, aucun pays n'applique un programme de grande envergure pour mesurer et notifier les émissions de noir de carbone. Étant donné les incertitudes liées aux inventaires, les incohérences dans les mesures et l'absence de mesures par pays et par source nécessaires pour comprendre les mélanges émis, l'Organe exécutif devrait envisager d'instaurer des prescriptions pour la surveillance et la notification des émissions et la qualité de l'air dans le cas particulier du noir de carbone. Il pourrait s'agir d'établir une liste précise des constituants des particules, comme dans la Directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air, au moment d'inclure le polluant dans le Protocole.

55. L'Organe exécutif devrait également envisager de confier à des groupes particuliers d'experts existants la mission de recommander les moyens les plus constructifs de recueillir et de partager les données dans les domaines ci-après. Cela pourrait entraîner une collaboration avec les groupes travaillant sur le noir de carbone, le carbone organique et d'autres polluants émis conjointement en dehors du cadre de la Convention. La liste indiquée ci-après offre des exemples mais ne se veut pas exhaustive de toutes les mesures possibles et l'ordre de présentation ne doit pas être interprété comme établissant une priorité.

- a) Établissement de mesures de la source et de coefficients d'émission:
 - i) Caractériser et définir diverses propriétés des aérosols carbonés (masse, nombre, répartition par taille, coefficients d'absorption et de diffusion, indices de réfraction);
 - ii) Identifier et caractériser les sources manquantes;
 - iii) Rassembler et évaluer tous les coefficients d'émission et facteurs d'activité disponibles, en indiquant quand il convient de les utiliser;
 - iv) Déterminer un lieu central où les résultats des mesures des émissions serait réunis puis diffusés après vérification de leur qualité et créer des mécanismes permettant d'améliorer en permanence les coefficients d'émission correspondant à des sources particulières et pertinentes au moment considéré;
- b) Inventaires des émissions:

- i) En plus de l'obligation d'établir des inventaires pour d'autres polluants indiqués, obliger chaque Partie à dresser un inventaire des émissions de noir de carbone et de carbone organique et à indiquer la façon de procéder pour le mettre à jour et le valider à intervalles réguliers;
- ii) L'Équipe spéciale des inventaires et des projections des émissions devrait en priorité poursuivre les travaux visant les lignes directrices à appliquer pour les inventaires des émissions de noir de carbone, l'accent étant mis sur les réductions de noir de carbone et de carbone organique pouvant être obtenues avec les mesures ou techniques existantes de contrôle des particules;
- iii) Valider les inventaires de noir de carbone en les mettant en regard des concentrations ambiantes au moyen d'un programme approprié de mesures effectuées à intervalles réguliers;
- iv) Mettre en concordance les inventaires régionaux et nationaux selon qu'ils ont été établis selon une approche ascendante ou descendante;
- v) Évaluer les sources et conséquences des incertitudes dans les inventaires des émissions
- c) Surveillance et mesures des concentrations ambiantes:
 - i) L'Organe exécutif devrait étudier le moyen d'appliquer le plus rapidement possible la stratégie de surveillance de l'EMEP pour 2010-2019;
 - d) Procéder à un échange d'informations et de technologies:
 - i) Ajouter le noir de carbone (et d'autres aérosols carbonés) à la liste des polluants relevant de l'article 4 du Protocole de Göteborg;
 - e) Options envisageables en matière de réduction des émissions:
 - i) Le Groupe d'experts des questions technico-économiques est en train d'élaborer, pour l'annexe technique VII du Protocole de Göteborg, un nouveau chapitre concernant les émissions de particules provenant d'installations de combustion < 50 MW, y compris les appareils domestiques au bois. Le chapitre prendra également le noir de carbone en compte;
 - ii) L'Organe exécutif peut envisager de charger le Groupe d'experts des questions technico-économiques d'évaluer l'impact des autres technologies mentionnées dans l'annexe (par exemple pour les autres particules totales en suspension et la poussière) sur le noir de carbone ainsi que d'établir pour le projet d'annexe technique relatif à la poussière les valeurs limites d'émission qui résulteraient également d'une réduction du noir de carbone;
 - f) Coût-efficacité:
 - i) L'Organe exécutif devrait demander à l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrés d'évaluer le coût-efficacité des options envisageables en matière d'atténuation.

56. L'Organe exécutif devrait soutenir l'initiative prise par l'EMEP de définir le noir de carbone ou, plus précisément, de donner une définition opérationnelle de chaque élément présent dans les particules et qui revêt une importance au regard du climat. Il faut pour cela parvenir à un accord sur la manière dont les Parties vont définir, mesurer et utiliser une terminologie différente concernant les aérosols carbonés qui absorbent (et dispersent) la lumière, laquelle pourrait alors être incluse dans l'article du protocole relatif aux définitions.

57. *Texte d'un préambule.* Une version révisée du Protocole de Göteborg pourrait comprendre un exposé des raisons justifiant une réduction du noir de carbone afin d'en

mettre l'urgence en lumière. Le préambule pourrait également, à l'image de la raison d'être exposée dans le présent rapport, faire état des effets sur l'Arctique et d'autres effets sur le climat des retombées qui seraient également bénéfiques pour la santé publique, ainsi que des travaux en cours dans d'autres instances.

58. *Objectif environnemental.* L'Organe exécutif devrait se demander s'il faut ou non inclure un objectif donnant la priorité des priorités aux mesures qui aboutissent ou sont explicitement liées à des résultats ou des objectifs concernant le climat. Une version révisée du Protocole de Göteborg pourrait fixer pour le noir de carbone un objectif environnemental qui pourrait servir à mesurer les progrès accomplis ou à établir des modèles d'évaluation intégrée. Les options pourraient comporter des objectifs qualitatifs ou quantitatifs, ou encore qualitatifs et quantitatifs. Des objectifs qualitatifs sont par exemple le ralentissement de la fonte de la glace marine dans l'Antarctique ou la contribution à un ralentissement du réchauffement accéléré de l'Arctique. Des objectifs quantitatifs sont par exemple une réduction du forçage radiatif due au noir de carbone dans l'Arctique pour une date déterminée, exprimée sous la forme d'une réduction globale ou en pourcentage en Wm^{-2} ; ou encore d'une réduction par un certain pourcentage de la quantité de noir de carbone déposé sur la neige. D'autres exemples pourraient être l'impact sur le forçage radioactif à court terme et sur d'autres paramètres appropriés de mesure à court terme du climat.

59. *Objectifs par pays.* Il sera possible d'établir des objectifs par pays dans la mesure où les sources d'émission du noir de carbone peuvent être identifiées avec précision et où, dans le meilleur des cas, la relation source-récepteur a été établie. Les objectifs indiqués ci-après peuvent être envisagés pour le moyen terme plutôt que pour le court terme, en raison des incertitudes des scientifiques et des lacunes dans les informations.

a) Les plafonds d'émission sont une option envisageable pour chacun des pays. Comme les secteurs prioritaires varient selon les pays, les plafonds d'émission pourraient être fixés en fonction du potentiel de réduction de chaque Partie à la Convention. Ils pourraient être calculés pour les particules en privilégiant les sources dont on sait qu'elles émettent de grandes quantités de noir de carbone. L'Organe exécutif pourrait charger le Groupe d'experts ou un autre organe relevant de la Convention de déterminer si les plafonds d'émission et le calendrier d'application qui ont été fixés conviennent pour atteindre les objectifs déclarés en matière d'environnement;

b) Des plafonds provisoires pourraient être établis à titre indicatif si l'Organe exécutif décide que les inventaires et les modèles ne permettent pas encore d'établir des plafonds d'émission définitifs;

c) Les annexes techniques offrent une autre manière d'aborder les engagements mis au point et adoptés en vertu du Protocole de Göteborg. Certaines ont force obligatoire alors que d'autres ressemblent davantage à des documents d'orientation. Il serait alors nécessaire de recenser les meilleures techniques disponibles (MTD; par exemple, dans le cas présent, des valeurs limites d'émission) et les meilleures pratiques disponibles (MPD) et de les exploiter pour les émissions de noir de carbone;

d) L'Organe exécutif souhaitera peut-être envisager de confier au Groupe d'experts ou un autre organe relevant de la Convention le soin de développer plus en détail les options envisageables pour utiliser à la fois les dispositions impératives et les dispositions facultatives dans une version révisée du Protocole de Göteborg. Les dispositions impératives pourraient mieux convenir lorsqu'il faut combler de très importants déficits d'information ou parvenir à réduire les émissions provenant de catégories de sources dont on connaît davantage les effets et les possibilités de contrôle. Les dispositions facultatives pourraient mieux convenir lorsque l'on en sait moins et que les technologies sont parfois encore balbutiantes;

e) L'Organe exécutif souhaitera peut-être envisager de charger le Groupe d'experts ou un autre organe relevant de la Convention de mettre au point d'autres options concernant des mécanismes que les Parties qui ne ratifient pas la version révisée du Protocole pourraient emprunter pour réaliser des progrès vérifiables et mesurables sur la voie de l'objectif déclaré en matière d'environnement.

60. *Valeurs limites d'émission par catégorie de source.* À défaut, ou en complément des plafonds d'émission par pays, l'Organe exécutif pourrait envisager d'appliquer des valeurs limites d'émission pour les catégories de source dont on sait qu'elles émettent de grandes quantités de noir de carbone. Il peut s'agir par exemple d'un calendrier de suppression complète des véhicules super-émetteur, du remplacement des anciens poêles utilisés dans les logements par des poêles à granulés de bois, de l'imposition de limites d'émission pour des catégories de véhicules routiers ou non routiers selon un calendrier accéléré, ou encore de valeurs limites d'émission appliquées à des chaudières industrielles dont on sait qu'elles font l'objet de contrôles efficaces.

61. *Ressources financières.* Les efforts suggérés pour améliorer la quantité de données disponibles concernant le noir de carbone nécessiteront des ressources importantes. L'Organe exécutif souhaitera peut-être étudier le moyen de garantir la mise à disposition de ressources suffisantes pour les mener à bien, y compris les modalités de coopération susceptibles d'en garantir la mise en œuvre dans toutes les Parties.

62. *Dispositions prévoyant un réexamen et des amendements.* Les connaissances des scientifiques relatives au noir de carbone continuent d'évoluer très rapidement. Quatre grandes évaluations internationales au moins qui sont en cours vont apporter de nouvelles connaissances ayant trait aux effets sur le climat et la santé publique du noir de carbone et d'autres facteurs de forçage climatique à courte durée de vie. Par exemple, venant s'ajouter aux travaux mentionnés plus haut, l'analyse en cours qui fait suite à l'Année polaire internationale va très probablement fournir un certain nombre de résultats scientifiques importants concernant les effets des émissions de noir de carbone et le contrôle de ces émissions. Pour qu'il en soit tiré parti, le Protocole de Göteborg pourrait comprendre des mécanismes de révision du Protocole permettant d'agir rapidement à la suite de nouvelles synthèses réalisées par des scientifiques.

63. À mesure que les pays prennent des initiatives unilatéralement ou dans le cadre de la Convention, il est nécessaire de procéder à de nouvelles analyses pour vérifier que ces initiatives produisent l'effet attendu. Des dispositions pourraient être incluses pour faciliter l'incorporation accélérée d'amendements au Protocole afin de procéder en temps utile à des aménagements en fonction des progrès scientifiques et politiques.

64. *Objectifs non contraignants.* L'Organe exécutif pourrait envisager la possibilité de faire une déclaration dans laquelle il évoquerait des objectifs non contraignants encore plus ambitieux en matière d'environnement. Il pourrait s'agir par exemple d'actions possibles en dehors du cadre de la Convention ou encore d'un encouragement donné aux Parties de commencer à mettre rapidement et efficacement en place des mesures de réduction des émissions de noir de carbone de plus grande ampleur que celles convenues par les Parties au Protocole révisé. Cette déclaration pourrait associer des Parties ou entités intéressées, par exemple les pays qui sont membres ou observateurs du Conseil de l'Arctique. L'Organe exécutif pourrait également encourager les équipes spéciales et groupes d'experts existants à multiplier les actions d'information à l'intention des pays qui ne sont pas membres de la CEE et à participer à des activités de recherche et d'atténuation en rapport avec le noir de carbone.

65. L'Organe exécutif doit certes donner la priorité à des travaux dans le cadre de la Convention, mais il pourrait également encourager des actions en dehors de la région de la CEE, comme par exemple:

- a) Un développement des capacités de surveillance et de notification des émissions de noir de carbone;
- b) Un appui à la mise au point des institutions et infrastructures de surveillance et de notification;
- c) Un transfert de technologie de réduction du noir de carbone en direction des principaux secteurs qui sont des sources d'émission.

66. L'Organe exécutif pourrait envisager de conclure des mémorandums d'accord avec des États non membres de la CEE qui sont des sources importantes d'émissions de noir de carbone transportées vers la région de la CEE et des régions particulièrement sensibles, l'Arctique par exemple, en se concentrant sur les sources considérées comme une priorité aux fins de la réduction du noir de carbone dans le Protocole modifié.

67. L'Organe exécutif pourrait envisager d'élaborer des mécanismes prévoyant que certaines obligations – par exemple une coopération pour développer des capacités de surveillance et de notification des émissions de noir de carbone, la mise au point d'institutions et d'infrastructures – auraient force obligatoire pour certains États non membres de la CEE qui font une déclaration explicite dans ce sens. Il serait également possible qu'une telle disposition soit incluse dans le Protocole de Göteborg.

68. L'Organe exécutif souhaitera peut-être aussi envisager des échanges et un développement des capacités en matière de surveillance, de notification et de transfert de technologie concernant le noir de carbone avec des pays intéressés, par exemple avec les signataires de l'Accord de l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN) sur les nuages de pollution transfrontières et les auteurs de la déclaration de Malé.

69. L'Organe exécutif devrait demander instamment à l'OMI d'édicter les prescriptions en vue de réduire les émissions de noir de carbone en provenance des transports maritimes internationaux, en particulier celles qui ont une incidence sur le climat de l'Arctique.

70. *Évaluation des progrès.* Considérant la gravité de la tâche qui attend les Parties, l'Organe exécutif devrait étudier sérieusement les moyens et le calendrier qu'il appliquera pour évaluer les progrès accomplis au regard d'une version révisée du Protocole de Göteborg. Considérant les conséquences néfastes qui se font actuellement sentir dans la région de l'Arctique et d'autres régions sensibles, il est probablement imprudent d'attendre jusqu'à 2020 ou 2030 pour mesurer les progrès accomplis et apporter les aménagements nécessaires. Il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte, par exemple la mesure de l'étendue, de l'âge et de l'épaisseur des glaces de mer, la mesure des dépôts de noir de carbone dans les régions sensibles, la mesure des concentrations ambiantes de noir de carbone, et la mesure des réductions des émissions de noir de carbone, ou toutes ces mesures à la fois. Chacun de ces exemples présente des insuffisances, y compris la variabilité interannuelle et les lacunes dans la compréhension de la relation entre ces mesures et les effets préoccupants sur le climat. L'Organe exécutif pourrait envisager de confier à l'EMEP ou à un autre organe relevant de la Convention, le soin de déterminer les paramètres et le calendrier appropriés à inclure dans le Protocole de Göteborg.

71. Comme plusieurs grandes évaluations vont être publiées dans le courant de 2010 et de 2011, l'Organe exécutif pourrait envisager de demander au Groupe d'experts ou à un autre organe relevant de la Convention de faire la synthèse des résultats de ces évaluations pour déterminer les nouvelles informations qui pourraient être mises à profit pour étayer l'évolution progressive du Protocole de Göteborg.