



---

**Commission économique pour l'Europe**

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

**Groupe de travail des stratégies et de l'examen****Cinquante-neuvième session**

Genève, 18-21 mai 2021

Points 3 et 4 de l'ordre du jour provisoire

**Progrès accomplis dans la mise en œuvre du plan de travail pour 2020-2021**

**Examen du caractère suffisant et efficace du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique**

**Priorité à accorder à la réduction des matières particulaires qui sont également des sources importantes de carbone noir – analyse et conseils**

*Résumé*

Le présent document a été établi par l'Équipe spéciale des modèles d'évaluation intégrée en collaboration avec l'Équipe spéciale des questions technico-économiques, conformément au point 2.2.1 du plan de travail 2020-2021 pour la mise en œuvre de la Convention (ECE/EB.AIR/144/Add.2). Il a pour objet d'orienter les mesures visant à réduire les émissions de matières particulaires qui sont également efficaces pour réduire les émissions de carbone noir. Il contient une évaluation des mesures d'atténuation des émissions de carbone noir conformément aux prescriptions de l'article 10 3) du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique tel que modifié dans le cadre de l'examen du Protocole.

Il est présenté pour examen au Groupe de travail des stratégies et de l'examen. Un projet final devrait ensuite être transmis à l'Organe exécutif pour adoption à sa session de décembre 2021.



## I. Résumé à l'intention des décideurs

1. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a déterminé que toutes les stratégies permettant de limiter l'accroissement de la température mondiale à 1,5 °C au-dessus des niveaux préindustriels imposent des réductions substantielles des forçeurs climatiques à courte durée de vie, en plus des réductions des gaz à effet de serre à longue durée de vie. Le carbone noir (CN), un forçeur climatique à courte durée de vie, est un composant des particules fines (PM<sub>2,5</sub>) émises par certains types de combustion. On estime que l'incidence du carbone noir sur le réchauffement climatique est de 460 à 1 500 fois supérieure à celle du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par unité de masse. Non seulement la réduction des émissions de carbone noir est indispensable pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, mais elle est également essentielle pour ralentir la fonte et le dégel des écosystèmes polaires et de haute altitude, où le carbone noir peut se déposer et assombrir la surface de la glace et de la neige. La réduction des émissions de carbone noir produira des avantages quasi immédiats dans ces régions vulnérables du globe et contribuera à atténuer les conséquences considérables de la fonte des glaciers, du dégel du pergélisol et de la diminution de la glace de mer. Ces avantages viennent s'ajouter à ceux, bien établis, observés en matière de qualité de l'air. L'atténuation du carbone noir représente une opportunité majeure de mettre en œuvre des politiques qui auront des effets bénéfiques à la fois sur les changements climatiques et la qualité de l'air.

2. Au titre de l'article 2.2 du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg), les Parties, lorsqu'elles mettent en œuvre des mesures visant à atteindre les niveaux visés au niveau national pour les particules, donnent la priorité, selon qu'elles le jugent indiqué, aux mesures de réduction des émissions qui réduisent aussi sensiblement les émissions de carbone noir afin d'obtenir des retombées bénéfiques pour la santé humaine et l'environnement et de contribuer à atténuer les changements climatiques à court terme. En outre, en vertu de l'article 3.1, en prenant des dispositions pour réduire les émissions de particules, chaque Partie devrait s'efforcer, dans la mesure qu'elle juge appropriée, de réduire les émissions des catégories de sources dont on sait qu'elles émettent de grandes quantités de carbone noir.

3. Étant donné que toutes les sources de PM<sub>2,5</sub> ne sont pas des sources de carbone noir, les présents conseils sont destinés à orienter les mesures de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> qui sont également efficaces pour réduire les émissions de carbone noir. Ils s'appuient sur des scénarios d'émissions précédemment notifiés disponibles dans le modèle d'interaction et de synergie entre les gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique (GAINS) développé par le Centre pour les modèles d'évaluation intégrée<sup>1</sup>. Les résultats de la comparaison des scénarios sont agrégés pour trois régions. La première région comprend le Bélarus, la République de Moldova, la Fédération de Russie (partie européenne uniquement) et l'Ukraine, les quatre pays d'Europe de l'Est pouvant être analysés par rapport à la version européenne en ligne du modèle GAINS. La deuxième région est constituée de l'Albanie, de la Bosnie-Herzégovine, du Monténégro, de la Macédoine du Nord, de la Serbie et de la Turquie, ainsi que du Kosovo<sup>2</sup>. Le troisième groupe est composé des États membres de l'Union européenne ainsi que de la Norvège, de la Suisse et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. Pour toutes les régions, il est généralement conseillé d'appliquer en priorité les mesures visant à réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la combustion de bois domestique dans les chaudières et les poêles et ainsi que du brûlage de déchets agricoles pour parvenir également à une réduction des émissions de carbone noir.

<sup>1</sup> A. Stohl et d'autres auteurs, « Evaluating the climate and air quality impacts of short-lived pollutants », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 15, n° 18 (septembre 2015), p. 10529 à 10566 ; Zbigniew Klimont et d'autres auteurs, « Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon », *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 17, n° 14 (juillet 2017), p. 8681 à 8723 ; et M. Amann et d'autres auteurs, *Progress Towards the Achievement of the EU's Air Quality and Emissions Objectives* (Laxebourg, Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués, 2018).

<sup>2</sup> Les références au Kosovo s'entendent dans le contexte de la résolution 1244 (1999) du Conseil de sécurité.

4. Les scénarios concernant chaque région donnent à penser que, lorsqu'on cherche à réduire, en allant au-delà du cadre de la législation en vigueur, les émissions de particules provenant de sources qui sont également des sources importantes de carbone noir, les secteurs prioritaires sont les suivants :

a) Dans la première région : 1) brûlage de déchets agricoles ; 2) poêles de chauffage au bois ; 3) production de coke dans des fours à coke ; 4) torchage dans les raffineries ; 5) compresseurs de pipelines fonctionnant au gaz ;

b) Dans la deuxième région : 1) poêles de chauffage au bois ; 2) brûlage de déchets agricoles ; 3) poêles de chauffage au charbon brun ; 4) poêles de chauffage à l'anhracite ; 5) véhicules agricoles à moteur diesel ;

c) Dans la troisième région : 1) poêles de chauffage au bois ; 2) brûlage de déchets agricoles ; 3) chaudières à bois pour maison individuelle ; 4) poêles de chauffage à l'anhracite ; 5) friture de viande et barbecues dans les habitations.

5. Les mesures prises dans les secteurs énumérés ci-dessus ne couvrent pas toutes les solutions envisageables visant à réduire davantage les émissions. Les changements potentiels de combustibles et les mesures tendant à modifier les comportements ne sont pas inclus dans la modélisation étayant les présentes orientations. Ces mesures peuvent également réduire efficacement les émissions de  $PM_{2,5}$  et de carbone noir. Bien que l'introduction prévue de normes avancées pour les gaz d'échappement des véhicules routiers et tout terrain à moteur diesel soit une mesure hautement prioritaire qui figure dans le scénario de référence pour la période 2020-2030 dans les trois régions, l'accélération de la mise en œuvre de normes avancées pour le transport routier n'est pas une mesure potentielle envisagée pour 2030. L'analyse des réductions antérieures des émissions montre que ces mesures de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  diminuent efficacement le carbone noir.

6. Les scénarios d'émissions de référence établis à l'appui des présentes orientations ne sont pas toujours alignés sur les inventaires des émissions officiellement communiqués pour chaque région mais, compte tenu des limites des données, les scénarios constituent toujours la meilleure information disponible pour la question à l'étude. Il convient également de souligner que les facteurs d'émission du carbone noir sont encore incertains et que les futures recherches pourraient modifier légèrement les résultats.

7. Les résultats du scénario de référence relatifs à la première région indiquent que, entre 2020 et 2030, l'application de mesures de réduction des émissions dans l'industrie permettrait de réduire de 7 kilotonnes les émissions de  $PM_{2,5}$ , mais on ne prévoit pratiquement pas de réduction des émissions de carbone noir. D'ici à 2030, il serait techniquement possible d'appliquer d'autres mesures qui combindraient les réductions des émissions de particules et celles de carbone noir, notamment en diminuant davantage le brûlage de déchets agricoles et en remplaçant les anciens poêles à bois. Une comparaison entre le scénario de référence et les niveaux d'émission techniquement réalisables donne à penser qu'il est techniquement possible de réduire davantage les émissions de  $PM_{2,5}$  en 2030 de plus de 300 kilotonnes au moyen de mesures qui privilégient fortement la réduction des émissions de carbone noir.

8. Pour la deuxième région, les résultats du scénario de référence montrent que les émissions de  $PM_{2,5}$  seraient réduites de 22 kilotonnes entre 2020 et 2030 grâce à la réduction des émissions provenant de la production de ciment, sans grande diminution des émissions de carbone noir. Les mesures techniquement disponibles d'ici à 2030 qui accordent également une priorité élevée à la réduction des émissions de carbone noir visent, entre autres, l'utilisation de poêles de chauffage au charbon moins polluants et l'interdiction de brûler des déchets. Dans l'ensemble, entre 2020 et 2030, les scénarios suggèrent qu'il est techniquement possible de réduire encore de 128 kilotonnes les émissions de  $PM_{2,5}$  tout en assurant une priorité élevée à la réduction des émissions de carbone noir.

9. Les résultats du scénario concernant la troisième région donnent à penser que la législation en vigueur permet, dans une large mesure, d'obtenir des avantages connexes pour le climat et la santé grâce à la réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  et de carbone noir. Toutefois, environ 20 % des 246 kilotonnes totales modélisées pour la réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  pendant la période 2020-2030 n'entraînent aucune modification notable des émissions de

carbone noir. Il reste un important potentiel technique pour des mesures qui assurent une priorité élevée à la réduction des émissions de carbone noir. Une interdiction effective complète du brûlage de déchets agricoles et une utilisation accrue de nouveaux poêles à bois et à granulés sont deux mesures importantes qui assurent une priorité élevée au carbone noir.

10. Le présent document d'orientation complète le document « Review on Black Carbon (BC) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) emission reductions induced by PM emission abatement techniques » (examen des réductions des émissions de carbone noir (CN) et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) favorisées par les techniques de réduction des émissions de particules). Ce document technique informel de base présenté par l'Équipe spéciale des questions technico-économiques à la cinquante-huitième session du Groupe de travail des stratégies et de l'examen (Genève, 14, 15 et 17 décembre 2020)<sup>3</sup> donne une analyse approfondie des capacités des techniques de réduction du CN et des HAP.

## II. Réduction des émissions de carbone noir : une solution gagnant-gagnant pour la santé humaine et les changements climatiques

11. Le carbone noir – matière particulaire carbonée qui absorbe la lumière – se compose de petites particules qui constituent un composant des PM<sub>2,5</sub> et sont donc liées à de graves effets sur la santé humaine tels que les maladies respiratoires et la diminution de l'espérance de vie. Bien que les chiffres définitifs varient selon les études et les méthodes, il ressort d'une évaluation approximative que l'exposition humaine aux PM<sub>2,5</sub> aux alentours de 2010 était liée à environ 3 à 4 millions de décès prématurés chaque année, et en Europe à environ 400 000 à 500 000<sup>4</sup>. Il existe même des indications qui montrent que le carbone noir pourrait être plus toxique que d'autres composants des PM<sub>2,5</sub><sup>5</sup>.

12. En adoptant l'Accord de Paris pour limiter le réchauffement à un niveau bien inférieur à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels, les Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ont reconnu que les réductions des émissions de CO<sub>2</sub> sont l'épine dorsale de toute mesure significative visant à atténuer le forçage climatique. Cependant, afin de ralentir le rythme du réchauffement au cours des deux ou trois prochaines décennies, tant au niveau mondial que dans l'Arctique, les pays doivent également réduire les émissions de forceurs climatiques à courte durée de vie, tels que le carbone noir et le méthane, en complément des réductions des émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre à longue durée de vie.

13. Les émissions de carbone noir proviennent principalement de la combustion incomplète des combustibles. Cela étant, la proportion de carbone noir dans les émissions de PM<sub>2,5</sub> varie selon les secteurs sources d'émissions et les combustibles brûlés (voir la figure I ci-dessous). De plus, le carbone noir est souvent émis conjointement avec d'autres particules qui ont un effet refroidissant, comme le carbone organique, les particules non carbonées et les particules plus grossières. Partant, les mesures visant à réduire les PM<sub>2,5</sub> provenant de la combustion n'auront pas toutes les mêmes avantages pour le climat. Les réductions de PM<sub>2,5</sub> provenant de sources contenant une faible proportion de carbone noir auront probablement

<sup>3</sup> Bertrand Bessagnet et Nadine Allemand.

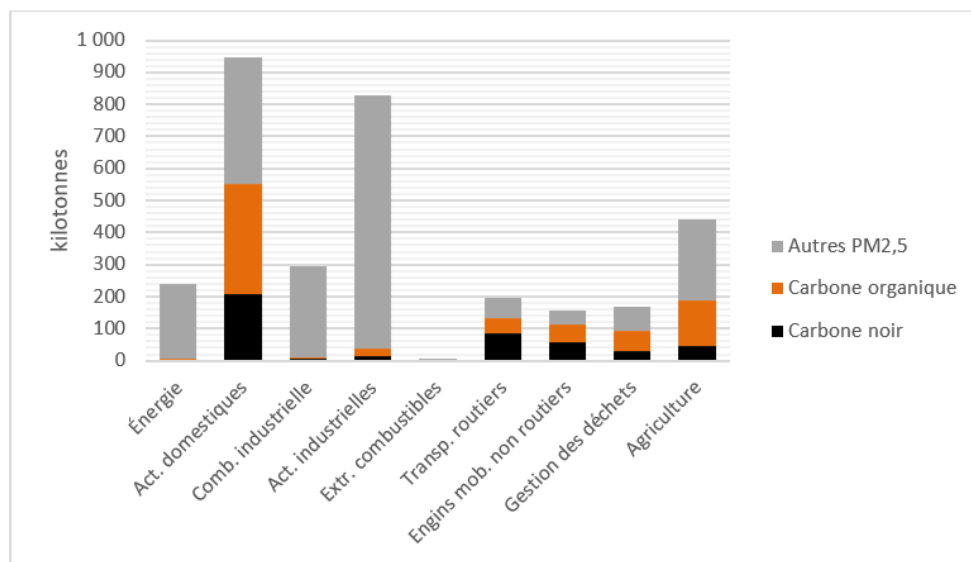
<sup>4</sup> Organisation mondiale de la Santé (OMS), « Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012: Summary of results » (Genève, 2014) ; Agence européenne pour l'environnement (AEE), « Air quality in Europe – 2015 report », rapport de l'AEE n° 5/2015 (Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne, 2015) ; J. Lelieveld et d'autres auteurs, « The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale », *Nature*, vol. 525, n° 7569 (septembre 2015), p. 367 à 371.

<sup>5</sup> Nicole A. H. Janssen et d'autres auteurs, *Health effects of black carbon* (Copenhague, Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, 2012) ; Thomas J. Grahame, Rebecca Klemm et Richard B. Schlesinger, « Public health and components of particulate matter: The changing assessment of black carbon », *Journal of the Air and Waste Management Association*, vol. 64, n° 6 (mai 2014), p. 620 à 660 ; Nicole A. H. Janssen et d'autres auteurs, « Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> », *Environmental Health Perspective*, vol. 119, n° 12 (décembre 2011), p. 1691 à 1699.

des avantages climatiques minimales. En conséquence, les réductions des sources qui comportent une proportion élevée de particules refroidissantes font probablement ressortir le réchauffement climatique causé par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre et, à un degré variable, diminuent les avantages connexes des réductions de carbone noir pour le climat. La plupart des réductions des  $PM_{2,5}$  ont des effets bénéfiques sur la santé humaine, même si les réductions ciblées des sources de  $PM_{2,5}$  à forte teneur en carbone noir et à teneur minimale en espèces refroidissantes maximisent les avantages connexes pour le climat et la santé humaine.

Figure I

### Modélisation des émissions de particules fines/carbone noir/carbone organique dans la région de la Commission économique pour l'Europe en 2015



Source : Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

14. Compte tenu des avantages connexes potentiels pour la santé humaine et les changements climatiques ainsi que de la variabilité des fractions de carbone noir dans les émissions de  $PM_{2,5}$ , il est nécessaire de donner des indications aux Parties à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (Convention sur la pollution atmosphérique) concernant des secteurs bien précis et les mesures de réduction qui offrent les meilleures possibilités de profiter de ces avantages.

## III. Objet du document d'orientation et approche adoptée

### A. Objet du document d'orientation

15. Le présent document d'orientation vise à préciser dans quels secteurs les Parties à la Convention sur la pollution atmosphérique peuvent mettre en œuvre des mesures de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  qui permettront de réduire les émissions de carbone noir. L'objectif est de sensibiliser les Parties à la Convention au fait que la réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  peut avoir divers effets sur celle des émissions de carbone noir. Plus précisément, le document vise à donner des conseils sur les questions suivantes :

- a) Les mesures de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  mises en œuvre depuis 2010 ont-elles entraîné des réductions notables des émissions de carbone noir ?
- b) Compte tenu des politiques et de la législation en vigueur en matière de qualité de l'air, les réductions prévues des émissions de  $PM_{2,5}$  entraîneront-elles aussi une diminution des émissions de carbone noir ?
- c) Si les émissions de  $PM_{2,5}$  devaient être réduites en deçà des niveaux prévus, serait-il possible d'obtenir une réduction encore plus ambitieuse des émissions de carbone

noir en ciblant des sources particulières de PM<sub>2,5</sub> ? Dans l'affirmative, quels secteurs et quelles mesures de réduction seraient les plus importants ?

## B. Approche adoptée dans le document d'orientation

16. Les travaux qui ont abouti à la rédaction du présent document d'orientation ont été rendus possibles grâce à l'utilisation des données détaillées présentées dans les scénarios du modèle GAINS disponibles en libre accès<sup>6</sup>. Pour l'Union européenne, la Norvège, la Suisse et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, le scénario CEP\_post2014\_CLE\_v.Dec.2018 (CEP étant l'abréviation de « politique climatique énergétique » et CLE celle de « législation en vigueur ») a été utilisé comme scénario relatif à la législation en vigueur et le scénario CEP\_MTFR comme scénario de réduction maximale techniquement possible. Étant donné que l'ensemble des scénarios CEP ne comprenait aucune estimation de réduction maximale techniquement possible (MTFR) pour les régions situées hors de l'Union européenne, le scénario ECLIPSE v5a\_MTFR\_base a été utilisé pour représenter les scénarios relatifs à la législation en vigueur et le scénario ECLIPSE\_MTFR pour représenter les scénarios relatifs à la réduction maximale techniquement possible. Tous ces scénarios ont été présentés précédemment<sup>7</sup>. Il n'a pas été possible de recueillir des informations sur les données pertinentes étayant les tendances et scénarios d'émissions notifiés par les Parties, de sorte que les orientations données dans le présent document pourraient ne pas correspondre exactement à l'estimation faite par les Parties elles-mêmes de leurs tendances et scénarios d'émissions. L'applicabilité des orientations données doit donc être estimée par les Parties elles-mêmes.

17. L'analyse qui sous-tend le présent document d'orientation porte principalement sur les mesures de réduction des émissions incluses dans la base de données du modèle GAINS. Elle exclut les réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir des mesures concernant les changements comportementaux ou structurels, par exemple dans le système d'énergie et de transport. Parmi les exemples de mesures omises, citons les changements de combustibles et l'efficacité énergétique dans le secteur des transports, les améliorations de l'efficacité énergétique ou les changements de systèmes de chauffage des habitations, ou encore les changements de comportement en matière de combustion ou de température intérieure. Les réductions d'émissions présentées sous-estiment donc probablement le potentiel total de réduction des émissions de carbone noir réalisable grâce aux mesures d'atténuation des PM<sub>2,5</sub>. L'exploitation de ce potentiel total nécessiterait vraisemblablement une meilleure intégration des politiques ayant trait aux changements climatiques et à la qualité de l'air.

18. En raison de la disponibilité limitée des données et des scénarios, les États membres de la CEE visés par le présent document d'orientation sont ceux qui se trouvent sur le continent européen et sont représentés dans le modèle GAINS, et l'horizon temporel est la période 2010-2030. Étant donné que les tendances et les scénarios d'émissions du modèle ont été rendus publics vers 2018, les effets sur les émissions de 2020 causés par la pandémie de coronavirus actuelle (COVID-19) ne sont pas inclus. Dans le présent document d'orientation, l'année 2020 est considérée comme une année « historique », du fait que 2020 est, dans le modèle GAINS, l'année la plus proche de la dernière année historique déclarée (2018). Une mise à jour de la contribution au rapport « Perspectives en matière d'air pur »<sup>8</sup> de l'Union européenne a été publiée en décembre 2020<sup>9</sup>. Les scénarios du modèle établis dans cette mise à jour n'ont pas encore été rendus publics et ne servent donc pas de base pour les scénarios du présent rapport.

<sup>6</sup> [https://gains.iiasa.ac.at/gains/EUN/index.login?logout=1&switch\\_version=v0](https://gains.iiasa.ac.at/gains/EUN/index.login?logout=1&switch_version=v0).

<sup>7</sup> M. Amann, *Progress Towards the Achievement* ; Stohl, « Evaluating the climate » ; Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

<sup>8</sup> M. Amann, *Progress Towards the Achievement*.

<sup>9</sup> M. Amann et d'autres auteurs, *Support to the development of the Second Clean Air Outlook: Final report* (Laxenbourg, Commission européenne/Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués, 2020).

## IV. Aperçu méthodologique et terminologie employée

### A. Méthodes appliquées pour donner des orientations

19. La méthode générale appliquée pour étayer les orientations a consisté à comparer les tendances et les scénarios en matière d'émissions de  $PM_{2,5}$  et de carbone noir propres à chaque secteur pour différents scénarios disponibles dans le modèle GAINS (un scénario de référence et un scénario relatif à la réduction maximale techniquement possible (MTFR)). Aux fins de la comparaison, on a pris en compte les tendances et les scénarios pour les émissions, la réduction des émissions et le rapport entre les  $PM_{2,5}$  et le carbone noir. Il est nécessaire de séparer les scénarios d'émissions des scénarios de réduction des émissions pour décomposer la manière dont les émissions ont été modifiées et sont censées changer. L'analyse a été regroupée géographiquement en trois régions. La première région est constituée des parties communément regroupées sous le nom d'Europe de l'Est, Caucase et Asie centrale. Elle est représentée dans le présent document par le Bélarus, la partie européenne de la Fédération de Russie, la République de Moldova et l'Ukraine, puisqu'ils sont tous les quatre représentés dans le modèle GAINS. La deuxième région comprend les régions de l'Europe du Sud-Est visées au paragraphe 3 ci-dessus ainsi que la Turquie. La troisième région se compose des Parties à la Convention qui ont déjà ratifié le Protocole de Göteborg modifié et ont pris des engagements de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  pour 2020 et au-delà (Union européenne-27 plus Norvège, Suisse et Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord).

20. Le rapport entre les émissions de  $PM_{2,5}$  et de carbone noir est irrégulier d'un secteur à l'autre et dépend de la méthode de réduction des émissions appliquée. Il ne suffit pas de se contenter de recenser les secteurs où les proportions de carbone noir dans les émissions de  $PM_{2,5}$  sont les plus élevées, mais il faut également déterminer les mesures de réduction des  $PM_{2,5}$  qui assurent une diminution importante des émissions de carbone noir. Par exemple, si une mesure de réduction potentielle élimine efficacement les  $PM_{2,5}$  mais pas le carbone noir (comme le font, par exemple, les filtres à particules grossières), la proportion de carbone noir et de  $PM_{2,5}$  dans les émissions restantes après réduction augmentera, mais la proportion de carbone noir dans les réductions d'émissions (émissions éliminées) sera faible.

21. Dans trois cas, l'analyse qui sous-tend les présentes orientations est axée sur le rapport  $PM_{2,5}$ /carbone noir dans les réductions des émissions : a) 2010 par rapport à 2020 ; b) 2020 par rapport à 2030 (référence) ; c) scénario de référence par rapport au scénario MTRF (réduction maximale techniquement possible) pour 2030. En comparant les tendances et les scénarios en matière d'émissions, nous avons d'abord déterminé si les variations des émissions étaient dues à des changements dans les activités liées aux combustibles ou à l'application de mesures de réduction. Pour les variations causées par les réductions, nous avons quantifié la proportion de carbone noir dans les  $PM_{2,5}$  éliminées : cette proportion a ensuite servi à caractériser les mesures en termes relatifs. Nous avons également déterminé si la mesure était importante pour la réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  et de carbone noir en termes absolus (c'est-à-dire en kilotonnes d'émissions éliminées). En nous fondant sur la proportion de carbone noir et l'élimination absolue, nous avons caractérisé les mesures comme indiquant une priorité élevée/moyenne/faible ou nulle accordée à la réduction des émissions de carbone noir.

22. Nous avons ensuite compilé les éléments ayant servi à établir le degré de priorité des mesures en procédant à une comparaison et en établissant dans les trois cas quelle quantité de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  entraînait une priorisation des mesures de réduction des émissions de carbone noir, et dans quelle mesure. Les résultats quantitatifs indiquent, par région, les secteurs dans lesquels la réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  favorise la priorisation des mesures de réduction du carbone noir. Les résultats présentent également les mesures de réduction présentant le plus fort potentiel.

23. Dans notre analyse, le rapport entre les émissions de carbone noir et celles de  $PM_{2,5}$  dépend des niveaux de réduction passés, actuels, futurs et potentiels comme le donnent à penser les scénarios du modèle GAINS utilisés. Ce rapport n'est pas toujours très cohérent avec les proportions de carbone noir et de  $PM_{2,5}$  présumées dans le Guide d'orientation

EMEP/AEE pour l'inventaire des émissions 2019<sup>10</sup>, qui mentionne des facteurs d'émission par défaut pour les inventaires des émissions. Les facteurs d'émission indiqués dans le Guide 2019 et ceux qui sont utilisés dans le modèle GAINS ne sont pas totalement harmonisés. Ils sont élaborés au moyen de différentes méthodes et fondés sur des sources différentes. Les facteurs d'émission par défaut du Guide 2019 impliquent le plus souvent un certain niveau de réduction qui correspond à l'état actuel des connaissances pour un secteur et une région alors que, dans le modèle GAINS, les facteurs d'émission sont spécifiques à la technologie et les niveaux de technologie sont spécifiques au scénario. En général, les scénarios GAINS concernant les années futures supposeraient un taux d'application plus élevé de réduction efficace des PM<sub>2,5</sub> que le taux prévu par le Guide 2019 pour l'année en cours (alors que les émissions de carbone noir (CN) pourraient ne pas être réduites avec la même efficacité). Cela signifie que le ratio CN/PM<sub>2,5</sub> du modèle GAINS pour un secteur pourrait être plus élevé en 2030 qu'en 2020, et naturellement moins cohérent avec les proportions suggérées dans le Guide 2019.

## B. Terminologie employée dans le document d'orientation

24. Le présent document d'orientation utilise certains termes adaptés à son objet :

a) Les « données sur les activités » se rapportent à la consommation de combustibles, à l'utilisation des transports ou aux quantités produites, c'est-à-dire aux principaux facteurs d'émission. Nous avons repéré les variations des émissions dues à des modifications des données sur les activités en appliquant également les coefficients d'émission de l'année de départ aux données sur les activités de la dernière année de la même période tout en recalculant les émissions en tant qu'émissions à « coefficients d'émission gelés ». La différence entre les émissions de l'année de départ (par exemple, 2010) et les émissions « à coefficients d'émission gelés » de l'année cible (par exemple, 2020) est donc due à des modifications des données sur les activités. La différence résiduelle entre les émissions à « coefficients d'émission gelés » et les émissions du scénario initial pour la même année cible provient donc de l'application de mesures de réduction. C'est seulement dans les deux cas où les émissions de référence antérieures et futures sont prises en considération que les données sur les activités sont intéressantes dans la mesure où elles portent sur les facteurs de changement des émissions. Lorsque nous comparons les émissions de référence et les émissions potentielles prévues pour 2030, nous constatons que toutes les variations des émissions sont dues à l'application de mesures de réduction ;

b) Le « ratio de réduction CN/PM<sub>2,5</sub> » est le rapport entre la réduction absolue de carbone noir (kilotonnes de carbone noir) et la réduction absolue de PM<sub>2,5</sub> (kilotonnes de PM<sub>2,5</sub>) dans un certain secteur (par exemple, celui des poêles de chauffage au bois) causées par l'application de mesures de réduction des PM<sub>2,5</sub>. Nous utilisons ce ratio de réduction comme un critère pour effectuer une classification plus poussée des secteurs s'agissant de la priorité accordée au carbone noir dans la réduction des émissions. Ce ratio est propre au scénario puisqu'il dépend des niveaux de réduction avant et après les réductions des émissions. Il peut donc varier selon les scénarios GAINS, les régions et les années ;

c) Les « avantages connexes » représentent un concept général. L'expression est employée dans le présent document pour désigner une situation dans laquelle la réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> bénéfique pour la santé humaine entraîne également des réductions « significatives » des émissions de carbone noir qui atténuent les changements climatiques. Étant donné les ratios de réduction CN/PM<sub>2,5</sub> spécifiques aux secteurs et aux mesures, les mesures appliquées peuvent avoir différents degrés d'importance. Leur « priorité » devrait par conséquent être différente. En l'espèce, les différents degrés d'importance sont représentés par les expressions suivantes : « priorité élevée du carbone noir », « priorité moyenne du carbone noir », « faible priorité du carbone noir » et « priorité nulle du carbone noir ». Dans le présent document, ces classes de priorité sont spécifiées comme suit :

<sup>10</sup> Guide d'orientation EMEP/AEE pour l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques 2019 : Orientations techniques pour l'établissement des inventaires nationaux des émissions, rapport n° 13/2019 de l'AEE (Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne, 2019).



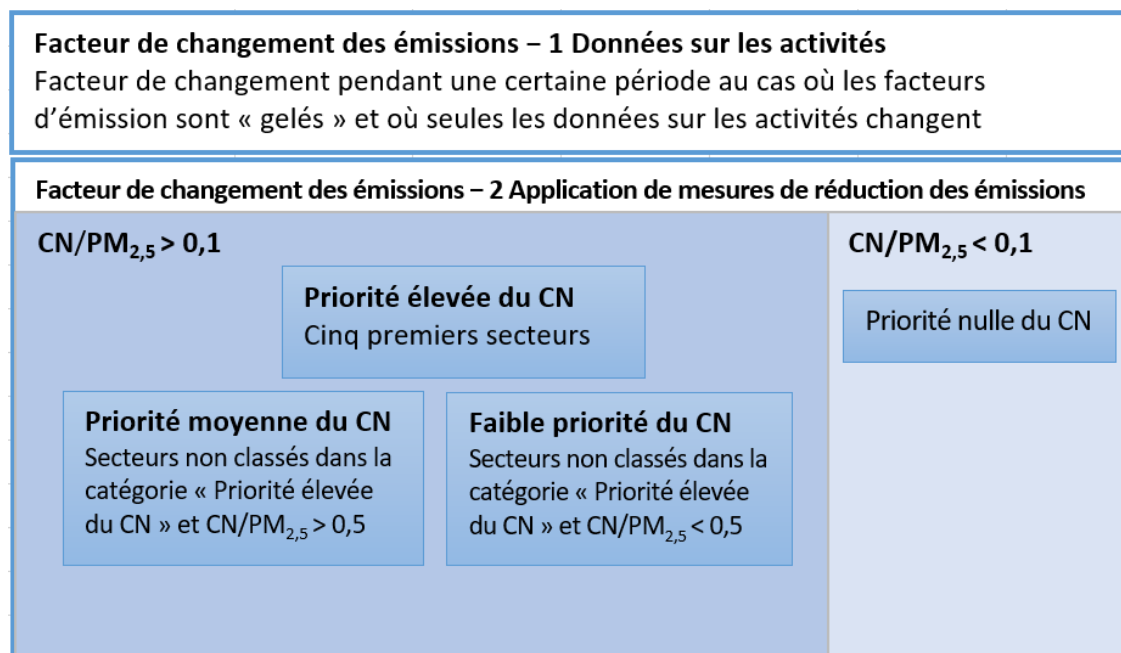
- i) Si les réductions d'émissions de carbone noir sont « significatives » en termes absolus (kilotonnes d'émissions réduites), on emploie l'expression « priorité élevée du carbone noir ». Pour déterminer les mesures qui accordent une priorité au carbone noir, nous avons d'abord trié les mesures sectorielles de réduction des émissions de  $PM_{2,5}$  en fonction de la quantité réduite. Ensuite, les secteurs et les mesures qui présentent des ratios de réduction CN/ $PM_{2,5}$  supérieurs à 0,1 ont été identifiés. Les cinq secteurs présentant la plus grande réduction d'émissions de carbone noir ont été classés comme secteurs accordant une priorité élevée au carbone noir ;
- ii) L'expression « priorité moyenne du carbone noir » s'emploie si les réductions des émissions de carbone noir sont importantes en termes relatifs. Nous avons arbitrairement choisi 0,5 comme valeur minimale du ratio de réduction CN/ $PM_{2,5}$  pour classer un secteur comme un secteur accordant une priorité moyenne au carbone noir (à moins qu'il ne soit classé dans la catégorie « priorité élevée du carbone noir ») ;
- d) Sauf si un secteur est classé dans la catégorie « priorité élevée du carbone noir », si le ratio de réduction CN/ $PM_{2,5}$  est compris entre 0,1 et 0,5, le secteur est classé dans la catégorie « faible priorité du carbone noir » ;
- e) Si le ratio de réduction CN/ $PM_{2,5}$  est inférieur à 0,1, le secteur est classé dans la catégorie « priorité nulle du carbone noir », car il s'agit du ratio approximatif où une unité d'émission de  $PM_{2,5}$  en Europe n'apporte plus d'avantages climatiques connexes (comme indiqué par les mesures climatiques communes pour les particules et le carbone noir présentées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)<sup>11</sup>.

25. La classification des secteurs et des mesures décrite ci-dessus est résumée dans la figure II ci-après. Il convient de noter que tant le ratio de réduction CN/ $PM_{2,5}$  que la classification des cinq premiers secteurs servant à définir les secteurs accordant une priorité élevée au carbone noir sont propres à chaque scénario, dépendent du niveau d'activité et de réduction des émissions du moment ou visé, et peuvent varier selon les régions et les années. La répartition de l'ensemble fixe de secteurs disponibles dans le modèle GAINS entre les catégories « priorité élevée du carbone noir », « priorité moyenne du carbone noir », « faible priorité du carbone noir » et « priorité nulle du carbone noir » n'est donc pas rigide mais aussi propre au scénario. Le même secteur peut être défini comme un secteur accordant une faible priorité au carbone noir pour une région et un scénario, et comme un secteur accordant une priorité élevée au carbone noir dans un autre cas.

<sup>11</sup> Gunnar Myhre et d'autres auteurs, « Anthropogenic and Natural Radiative Forcing », dans *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T. F. Stocker et d'autres auteurs (dir. publ.) (Cambridge et New York, Cambridge University Press, 2013).

Figure II

**Types de variations des émissions en fonction de leurs facteurs déterminants et classification des secteurs en fonction de la priorité accordée au carbone noir (CN)**



Source : La figure II a été créée pour le présent document.

Note : CN/PM<sub>2,5</sub> indique le ratio de réduction CN/PM<sub>2,5</sub>.

## V. Conseils destinés aux décideurs

26. Le présent document d'orientation donne des conseils sur la question de savoir quelles mesures de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> il faut privilégier pour obtenir également des réductions significatives des émissions de carbone noir. En général, les mesures visant à réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la combustion de bois domestique et du brûlage de déchets agricoles sont les mesures les plus efficaces pour réduire également les émissions de carbone noir. Les orientations données sont étayées par une analyse quantitative des résultats du modèle GAINS. Dans ce cadre, nous présentons d'abord les résultats obtenus pour l'Europe de l'Est, puis pour l'Europe du Sud-Est et la Turquie et enfin pour l'Union européenne, la Norvège, la Suisse et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. Pour toutes les sous-régions, nous présentons d'abord le tableau général, suivi d'une description détaillée d'une modélisation de l'évolution pendant la période 2010-2020, des variations des émissions prévues pour la période 2020-2030 et du potentiel de réduction supplémentaire des émissions d'ici à 2030.

### A. Priorité accordée au carbone noir dans la réduction des matières particulaires en Europe de l'Est

27. Pour les pays représentant l'Europe de l'Est dans le présent document d'orientation, le scénario indicatif de référence ECLIPSE\_v5a\_CLE\_base suppose que les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir augmentent en raison de changements structurels intervenus pendant la période 2010-2020, tendance qui se poursuivra jusqu'en 2030. En conséquence, il reste un potentiel important de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> en 2030 si toutes les mesures de réduction disponibles sont mises en œuvre (voir le tableau 1 et la figure III ci-dessous). Des informations détaillées sur l'application des mesures dans le scénario de référence et le scénario ECLIPSE\_MTFR\_base (scénario MTFR – réduction maximale techniquement possible) sont disponibles à l'annexe I ci-après.

Tableau 1  
**Variations des émissions de particules fines et de carbone noir (CN) au Bélarus, en Fédération de Russie, en République de Moldova et en Ukraine**

Variations des émissions par facteur (kilotonnes)	Modifications des données sur les activités	Mesures de réduction – priorité élevée – du CN	Mesures de réduction – priorité moyenne – du CN	Mesures de réduction – faible – priorité du CN	Mesures de réduction – priorité nulle – du CN	Variations nettes totales
<i>Variations antérieures (2010-2020)</i>						
PM <sub>2,5</sub>	195	-23	-0,2	-3	-25	144
CN	21	-12	-0,1	-1	-0,4	7
<i>Variations prévues (2020-2030) avec des mesures conformes à la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	204	-8	-1	-1	-12	182
CN	9	–	-1	-0	-0,5	4
<i>Potentiel réalisable en 2030 avec des mesures supplémentaires de réduction des émissions au-delà du cadre de la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	-	-350	-4	-43	-820	-1 217
CN	-	-68	-3	-11	-3	-85

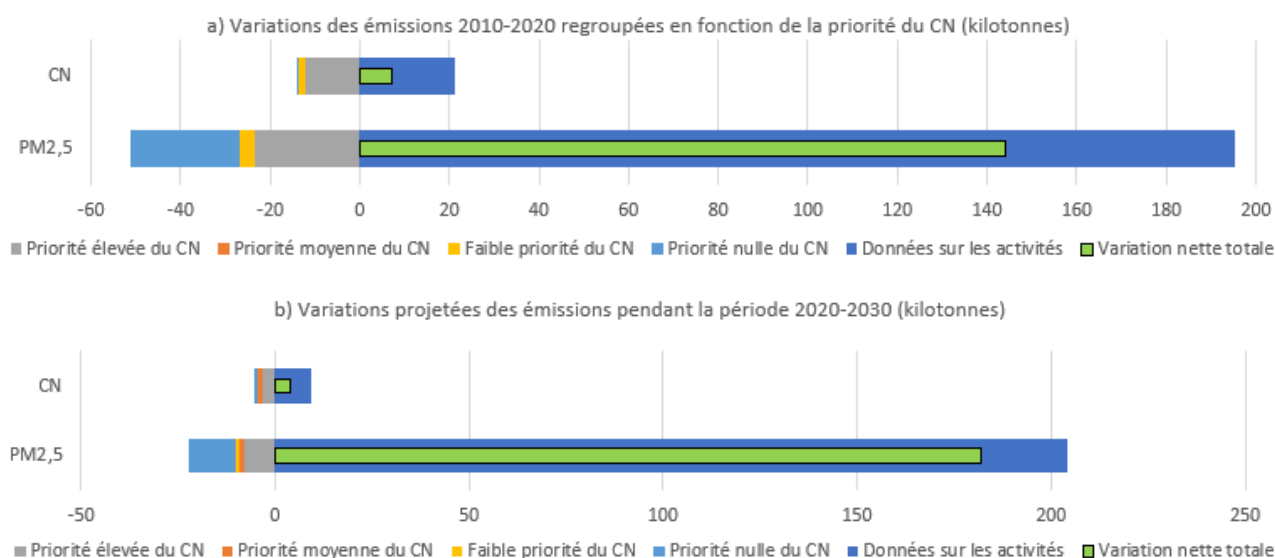
Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

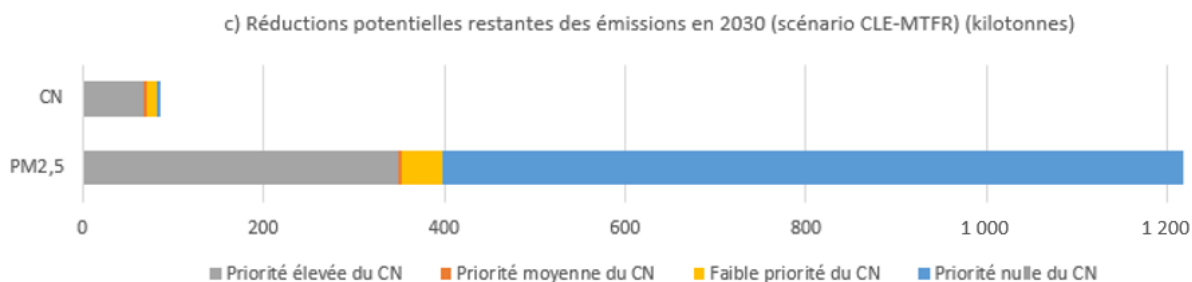
Abréviations : Dans les tableaux, un tiret court (-) signifie « sans objet ». Un tiret long (–) indique que le montant est nul ou négligeable.

Notes : Les variations sont présentées séparément pour les principaux facteurs de changement des émissions. Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions.

28. Malgré l'augmentation des émissions de 182 kilotonnes pour les PM<sub>2,5</sub> et de 4 kilotonnes pour le carbone noir entre 2020 et 2030 prévue dans le scénario de référence, il reste un potentiel technique encore plus important de réduction des émissions à des niveaux bien inférieurs à ceux de 2010. Bien que la majeure partie de ce potentiel provienne de mesures de réduction accordant une priorité nulle au carbone noir, le potentiel de réduction avec des mesures accordant une priorité élevée au carbone noir est encore plus élevé que l'augmentation des émissions supposée dans le scénario de référence pour la période 2010-2030.

Figure III  
**Illustration graphique des variations des émissions subdivisées en variations dues à des modifications des données sur les activités et aux mesures accordant une priorité élevée, moyenne, faible ou nulle au carbone noir (CN)**





Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

Notes : La barre verte représente la variation nette totale des émissions. a) Variations pendant la période 2010-2020. b) Scénario d'émissions représentant la législation en vigueur. c) Potentiel technique restant pour une réduction supplémentaire des émissions. Il convient de noter la différence d'échelle et de signe concernant la réduction des émissions au point c) par rapport aux points a) et b). Les chiffres sont fondés sur les scénarios ECLIPSE v5a\_base et ECLIPSE\_MTFR\_base du modèle GAINS.

29. L'analyse détaillée du scénario de référence montre que, bien que l'intensification de l'activité économique entraîne une hausse des émissions réelles, les mesures de réduction ayant le plus d'effet sur les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir pendant la période 2010-2020 sont les mesures plus strictes (normes Euro) appliquées aux transports routiers et ferroviaires où le diesel est utilisé (camions, voitures, autobus et trains). Au total, 46 % des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> pendant la période 2010-2020 ont été réalisées grâce à des mesures accordant une priorité élevée au carbone noir (86 % des réductions des émissions de carbone noir) et 0,3 % des réductions proviennent de l'application de mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir. Les mesures accordant une faible priorité ou une priorité nulle au carbone noir sont celles qui sont appliquées pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant des nouvelles centrales électriques alimentées à l'anthracite.

30. Dans le scénario de référence, l'intensification de l'activité économique continue à accroître les émissions de PM<sub>2,5</sub> dans de nombreux secteurs émetteurs pendant la période 2020-2030. Cependant, 36 % des actions tendant à réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> (64 % pour le carbone noir) proviennent des mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. Plus précisément, la plus importante de ces mesures est l'introduction permanente de technologies avancées de nettoyage des gaz d'échappement des moteurs dans les parcs de véhicules utilitaires lourds, de trains et d'engins agricoles à moteur diesel. Tout aussi importante est l'utilisation de cyclones et de précipitateurs électrostatiques à un champ pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la combustion de liqueur noire dans l'industrie du papier et de la pâte à papier. Les mesures prévues qui accordent une priorité moyenne au carbone noir sont le renouvellement des flottes d'autobus et de véhicules utilitaires légers à moteur diesel. Les mesures accordant une faible priorité ou une priorité nulle au carbone noir sont principalement celles qui sont appliquées pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la combustion des combustibles issus de la biomasse dans les secteurs des produits chimiques, du papier et de la pâte à papier, ainsi que le renouvellement des poêles de chauffage au bois domestiques. Au total, le scénario de référence prévoit 1 kilotonne de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> lorsqu'une faible priorité est accordée au carbone noir contre 12 kilotonnes en cas de priorité nulle. Les exemples susmentionnés de mesures accordant une priorité nulle au carbone noir représentent 9 kilotonnes. Dans l'ensemble, le scénario de référence montre que la majeure partie de la réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> prévue jusqu'en 2030 devrait provenir de mesures qui ne prévoient pas des possibilités de réduire efficacement le carbone noir.

31. Le scénario MTFR (réduction maximale techniquement possible) indique qu'il existe d'ici à 2030 un important potentiel technique pour ce qui est de réduire davantage les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir qui peuvent encore être mises en œuvre en 2030 sont celles qui réduisent les émissions provenant du brûlage de déchets agricoles, du chauffage domestique au bois à petite échelle, des fours à coke pour le fer et l'acier, du torchage des gaz des raffineries de pétrole et des engins mobiles non routiers. Les mesures accordant une priorité élevée au carbone noir représentent 29 % du potentiel technique de réduction des émissions pour les PM<sub>2,5</sub> et 80 % pour le carbone noir. Les mesures restantes accordant une priorité moyenne au carbone noir ne constituent que 0,3 % et 3 % du potentiel restant de réduction des émissions

de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir, respectivement. La plus grande partie (70 %) du potentiel restant provient toutefois de l'application de mesures accordant une priorité nulle au carbone noir, telles que celles qui sont disponibles pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la production d'acier et de ciment.

32. Conseil : selon les résultats de la modélisation, au-delà du cadre de la législation en vigueur entre 2020 et 2030, les mesures de réduction des PM<sub>2,5</sub> accordant la priorité la plus élevée au carbone noir sont les suivantes (indication entre parenthèses des kilotonnes de réduction potentielle des émissions de PM<sub>2,5</sub>) :

a) Mise en œuvre complète de l'interdiction du brûlage agricole à l'air libre (environ 200 kilotonnes) ;

b) Accélération de l'introduction et de l'utilisation de poêles à granulés et renouvellement des stocks d'autres poêles à bois domestiques (environ 70 kilotonnes) ;

c) Utilisation accrue de dépoussiéreurs à haut rendement pour réduire les émissions des fours à coke (environ 50 kilotonnes) ;

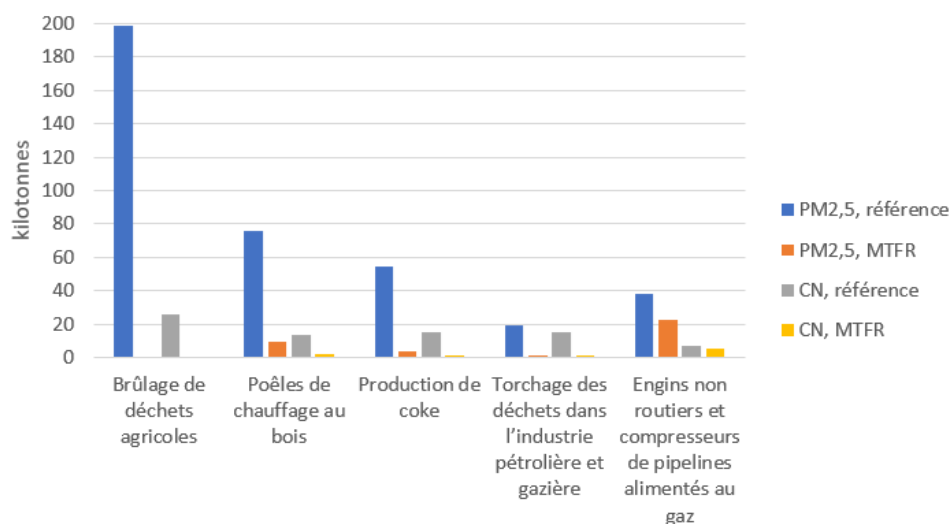
d) Bonnes pratiques de torchage dans l'industrie pétrolière et gazière (environ 18 kilotonnes) ;

e) Renouvellement du parc d'engins mobiles non routiers alimentés au gaz et réduction des émissions des compresseurs de pipelines alimentés au gaz (environ 16 kilotonnes).

33. Les effets potentiels de ces mesures sur les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir sont illustrés dans la figure IV ci-dessous.

Figure IV

**Modélisation, en Europe de l'Est, des émissions provenant des secteurs accordant une priorité élevée au carbone noir (CN) en 2030 – scénario de référence par rapport au scénario MTFR (réduction maximale techniquement possible)**



Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

Note : La différence entre les émissions du scénario de référence et celles du scénario MTFR indique le potentiel de réduction des émissions.

## B. Priorité accordée au carbone noir dans la réduction des matières particulaires en Europe du Sud-Est et en Turquie

34. Pour l'Europe du Sud-Est et la Turquie, le scénario de référence donné à titre d'orientation semble indiquer que les émissions de PM<sub>2,5</sub> observées pendant toute la période 2010-2030 augmentent en raison d'une exploitation accrue des centrales électriques au charbon. Pour la période 2010-2020, ce facteur d'émission est contrebalancé par une augmentation de la réduction des émissions, ce qui entraîne une réduction nette des

émissions. Cela étant, pour la période 2020-2030, l'augmentation de la réduction des émissions n'est pas suffisante pour diminuer les émissions de PM<sub>2,5</sub>. La situation est différente pour les émissions de carbone noir car les modifications des données sur les activités ainsi que la mise en œuvre de mesures de réduction contribuent à diminuer les émissions pendant toute la période 2010-2030 (voir le tableau 2 et la figure V ci-dessous). Des informations détaillées sur l'application de mesures de réduction dans le scénario de référence et le scénario MTR (réduction maximale techniquement possible) sont disponibles à l'annexe II ci-après.

Tableau 2

**Variations des émissions de particules fines et de carbone noir (CN) en Europe du Sud-Est et en Turquie**

Variations des émissions par facteur (kilotonnes)	Modifications des données sur les activités	Mesures de réduction	Mesures de réduction	Mesures de réduction	Mesures de réduction	Variations nettes totales
		– priorité élevée du CN	– priorité moyenne du CN	– réduction – faible priorité du CN	– priorité nulle du CN	
<i>Variations antérieures (2010-2020)</i>						
PM <sub>2,5</sub>	41	-15	-0,5	-0,5	-49	-24
CN	-18	-8	-0,4	-0,2	-1,4	-28
<i>Variations prévues (2020-2030) avec des mesures conformes à la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	95	-15	-0,3	-0,5	-22	57
CN	-1	-4	-0,2	-0,2	-0,1	-6
<i>Potentiel réalisable en 2030 grâce à des mesures supplémentaires de réduction des émissions au-delà du cadre de la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	-	-121	-0,4	-12	-304	-438
CN	-	-28	-0,3	-3	-2	-34

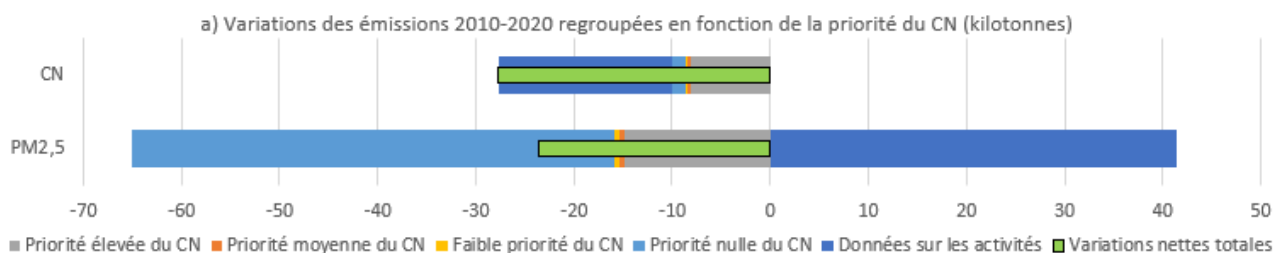
Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

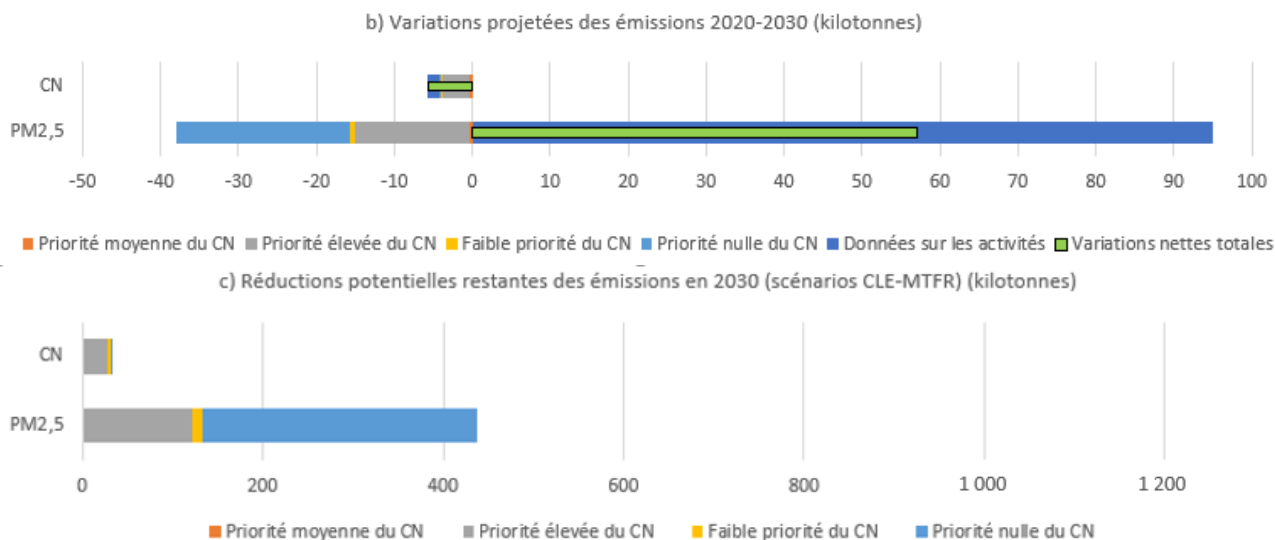
Note : Les variations sont présentées séparément pour les principaux facteurs de changement des émissions. Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions.

35. Pour l'Europe du Sud-Est et la Turquie, le scénario de référence indique que, même si l'intensification de l'activité liée à l'utilisation de combustibles entraîne une hausse des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir, le recours accru aux mesures de réduction fait contreponds et permet de réduire les émissions entre 2010 et 2020. Cependant, pour la période 2020-2030, selon la législation en vigueur, telle qu'elle est représentée dans le scénario de référence, les émissions de PM<sub>2,5</sub> augmenteront en raison de l'intensification des activités liées à l'utilisation de combustibles. Il n'en va pas de même pour le carbone noir. Comme c'était le cas pour les pays représentant l'Europe de l'Est, le potentiel technique restant pour les mesures de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> est sensiblement supérieur à la réduction obtenue avec les mesures qui devraient être mises en œuvre pendant la période 2020-2030.

Figure V

**Illustration graphique des variations des émissions subdivisées en variations dues à des modifications des données sur les activités et aux mesures accordant une priorité élevée, moyenne, faible ou nulle au carbone noir (CN)**





Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

Note : La barre verte représente les variations nettes totales des émissions. a) Variations pendant la période 2010-2020. b) Scénario d'émissions représentant la législation en vigueur. c) Potentiel technique restant pour une réduction supplémentaire des émissions. Il convient de noter la différence d'échelle et de signe de réduction des émissions au point c) par rapport aux points a) et b). Les chiffres sont fondés sur les scénarios ECLIPSE v5a\_base et ECLIPSE\_MTFR\_base du modèle GAINS.

36. Pendant la période 2010-2020, les mesures accordant une priorité élevée au carbone noir représentent 23 % et 80 % respectivement des réductions totales des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir prévues dans le scénario de référence. Les mesures les plus importantes accordant une priorité élevée au carbone noir pendant la période considérée ont été le renouvellement des flottes de véhicules et d'engins mobiles à moteur diesel et l'introduction correspondante de technologies avancées de réduction des émissions. Également importants ont été le renouvellement et l'amélioration des chaudières à bois domestiques. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir ont représenté 2 % et 1,2 % des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir, respectivement. Les mesures les plus importantes accordant une priorité nulle au carbone noir étaient celles qui sont appliquées pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant des centrales électriques alimentées au charbon brun, de la production de ciment et des poêles domestiques plus récents et améliorés alimentés par la biomasse.

37. Dans le scénario de référence appliqué à la période 2020-2030, les mesures les plus importantes accordant une priorité élevée au carbone noir sont les mêmes que pour la période 2010-2020, avec en plus la contribution de poêles à bois plus récents et améliorés installés dans les habitations individuelles. Ce groupe de mesures permettra de réaliser 39 % et 87 % des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir respectivement pendant la même période. Les mesures les plus importantes accordant une priorité nulle au carbone noir sont celles qui sont appliquées pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la production de ciment. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir ont un effet limité sur les émissions.

38. Lorsqu'on étudie le potentiel technique restant pour les réductions des émissions d'ici à 2030 ainsi que les avantages connexes potentiels, on constate que plusieurs mesures accordant une priorité élevée au carbone noir sont techniquement disponibles. Ces mesures représentent 28 % et 84 % du potentiel technique restant pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir, respectivement. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir ne représentent qu'une faible proportion du potentiel technique de réduction des émissions restant en 2030. Les mesures les plus importantes accordant une priorité nulle au carbone noir sont celles qui sont appliquées pour réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant de la production de ciment, de la production d'acier et des centrales électriques au charbon.

39. Conseil : selon les résultats de la modélisation, au-delà du cadre de la législation en vigueur entre 2020 et 2030, les mesures de réduction des PM<sub>2,5</sub> accordant la priorité la plus

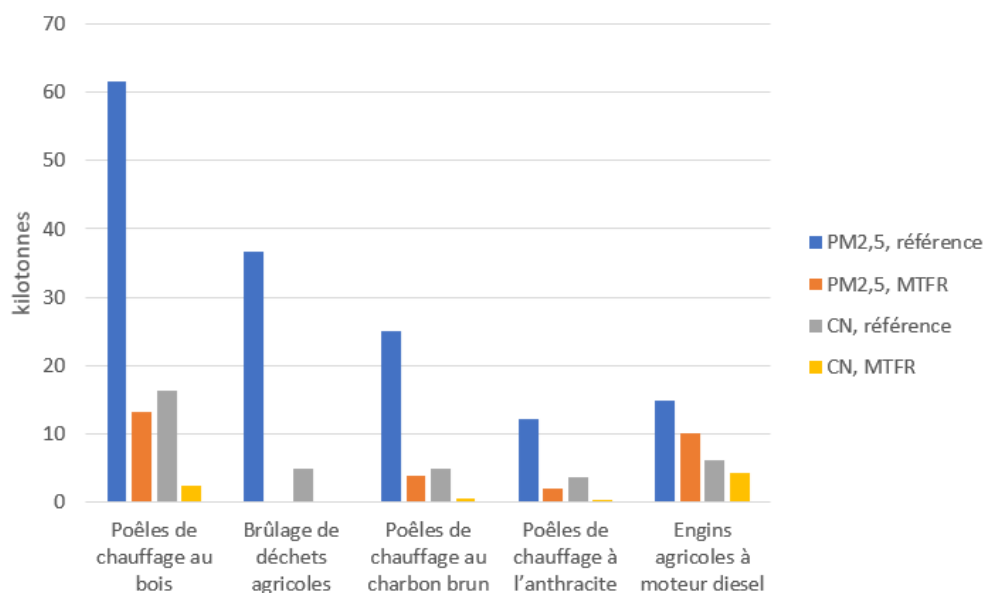
élevée au carbone noir sont les suivantes (indication entre parenthèses des kilotonnes de réduction potentielle des émissions de PM<sub>2,5</sub>) :

- a) Accélération de l'introduction et de l'utilisation des poêles à granulés et renouvellement des stocks d'autres poêles à bois domestiques (environ 50 kilotonnes) ;
- b) Mise en œuvre et application complètes de l'interdiction du brûlage agricole à l'air libre (environ 40 kilotonnes) ;
- c) Utilisation de poêles à briquettes et accroissement du taux de remplacement des poêles de chauffage au charbon brun existants par des poêles plus récents (environ 20 kilotonnes) ;
- d) Utilisation de poêles à briquettes et accroissement du taux de remplacement des poêles de chauffage à l'antracite existants par des poêles plus récents (environ 10 kilotonnes) ;
- e) Renouvellement du parc d'engins agricoles à moteur diesel (environ 5 kilotonnes).

40. Les effets potentiels de ces mesures sur les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir sont illustrés dans la figure VI ci-dessous.

Figure VI

**Modélisation, en Europe du Sud-Est et en Turquie, des émissions provenant des secteurs accordant une priorité élevée au carbone noir (CN) en 2030 – scénario de référence par rapport au scénario MTR (réduction maximale techniquement possible)**



Source : Stohl, « Evaluating the climate » et Klimont, « Global anthropogenic emissions ».

Note : La différence entre les émissions du scénario de référence et celles du scénario MTR indique le potentiel de réduction des émissions.

### C. Priorité accordée au carbone noir dans la réduction des émissions de matières particulaires dans l'Union européenne, en Norvège, en Suisse et au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

41. Pour les pays d'Europe occidentale, représentés par les États membres de l'Union européenne ainsi que par la Norvège, la Suisse et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir sont en baisse depuis 2010 et devraient continuer à l'être jusqu'en 2030. La réduction des émissions est due à la baisse des activités liées à l'utilisation de combustibles, ainsi qu'à la mise en œuvre directe de mesures



de réduction, principalement de mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. D'ici à 2030, le potentiel technique restant sera aussi fortement assujéti aux mesures accordant une priorité élevée au carbone noir (voir le tableau 3 et la figure VII ci-dessous). Des informations détaillées sur l'application des mesures dans chaque scénario sont disponibles à l'annexe III ci-après.

Tableau 3

**Variations des émissions de particules fines et de carbone noir (CN) dans l'Union européenne, en Norvège, en Suisse et au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord**

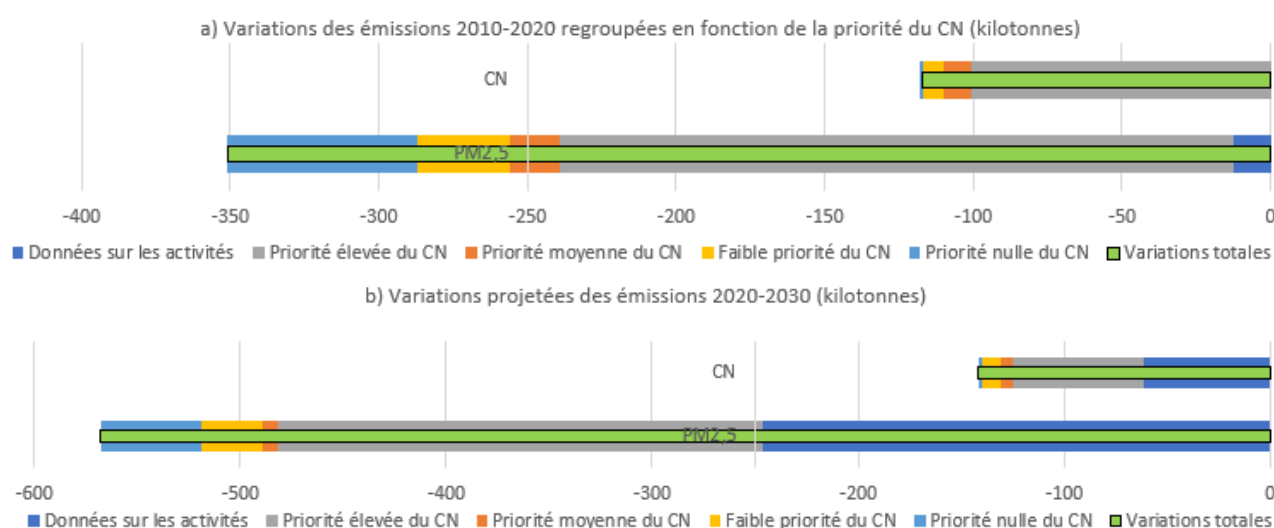
Variation des émissions par facteur (kilotonnes)	Modification des données sur les activités	Mesures de réduction – priorité élevée du CN	Mesures de réduction – priorité moyenne du CN	Mesures de réduction – faible priorité du CN	Mesures de réduction – priorité nulle du CN	Variations nettes totales
<i>Variations antérieures (2010-2020)</i>						
PM <sub>2,5</sub>	-13	-226	-17	-31	-64	-351
CN	1	-101	-9	-7	-1	-117
<i>Variations prévues (2020-2030) avec des mesures conformes à la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	-246	-236	-7	-30	-49	-568
CN	-61	-64	-6	-9	-2	-142
<i>Potentiel réalisable en 2030 grâce à des mesures supplémentaires de réduction des émissions au-delà du cadre de la législation en vigueur</i>						
PM <sub>2,5</sub>	-	-172	-1	-17	-103	-294
CN	-	-38	-0.8	-4	-1	-44

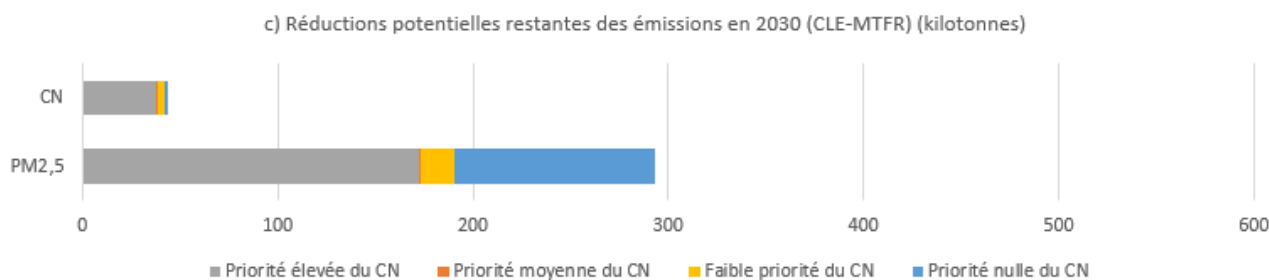
Source : Amann, Progress Towards the Achievement.

Notes : Les variations sont présentées séparément pour les principaux facteurs de changement des émissions. Les valeurs négatives indiquent une réduction des émissions.

Figure VII

**Illustration graphique des variations des émissions subdivisées en variations dues à des modifications des données sur les activités et aux mesures accordant une priorité élevée, moyenne, faible ou nulle au carbone noir (CN)**





Source : Amann, Progress Towards the Achievement.

Note : La barre verte représente les variations nettes totales des émissions. a) Variations pendant la période 2010-2020. b) Scénario d'émissions représentant la législation en vigueur. c) Potentiel technique restant pour une réduction supplémentaire des émissions. Il convient de noter la différence d'échelle et de signe de réduction des émissions au point c) par rapport aux points a) et b). Les chiffres sont fondés sur les scénarios CEP\_post2014\_CLE\_v.Dec.2018 et CEP\_MTFR du modèle GAINS.

42. Pendant la période 2010-2020, 67 % des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> et 85 % des réductions des émissions de carbone noir proviennent des mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. Comme pour les autres régions, les réductions des émissions sont principalement dues à l'introduction de poêles à bois plus récents et améliorés dans les habitations (y compris les poêles à granulés) ainsi que de flottes plus récentes de véhicules et d'engins mobiles routiers et non routiers à moteur diesel. Les émissions de carbone noir provenant des poêles domestiques ont augmenté, mais en raison de l'utilisation accrue de combustibles ligneux. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir ont représenté 5 % et 3 % des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir. Ces mesures étaient principalement de nouveaux types de mesures de réduction des gaz d'échappement des engins et des autobus à moteur diesel. Les mesures accordant une priorité nulle au carbone noir étaient celles qui réduisaient les émissions provenant de la production de ciment et des cheminées domestiques.

43. Selon le scénario de référence, les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir baisseront de 73 % et de 79 % entre 2020 et 2030 grâce aux mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. Encore une fois, c'est l'introduction de nouvelles installations (y compris des poêles à granulés) pour réduire les émissions des poêles et chaudières domestiques qui est à l'origine des réductions d'émissions les plus importantes. Les mesures améliorées concernant les gaz d'échappement des véhicules et des engins à moteur diesel sont également importantes dans cette catégorie. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir contribuent à hauteur de 2 % à la réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir. Les plus importantes mesures de cette catégorie sont celles qui réduisent les gaz d'échappement des moteurs diesel et introduisent l'utilisation de charbon de qualité supérieure dans les poêles. La mesure la plus importante accordant une priorité nulle au carbone noir pendant cette période concerne les installations de cheminées domestiques plus récentes.

44. Outre la législation en vigueur, il existe encore plusieurs mesures qui pourraient être appliquées davantage pour réduire encore plus les émissions d'ici à 2030. Les mesures accordant une haute priorité au carbone noir représentent 59 % et 87 % du potentiel de réduction des émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir, respectivement. Celles qui accordent une priorité moyenne au carbone noir offrent un potentiel relativement limité, tandis que les mesures visant à réduire les émissions de PM<sub>2,5</sub> provenant des activités industrielles, des cheminées et de la combustion de la biomasse dans les fours industriels sont les mesures les plus importantes accordant une priorité nulle au carbone noir.

45. Conseil : selon les résultats de la modélisation, au-delà du cadre de la législation en vigueur entre 2020 et 2030, les mesures de réduction des PM<sub>2,5</sub> accordant la priorité la plus élevée au carbone noir sont les suivantes (indication entre parenthèses des kilotonnes de réduction potentielle des émissions de PM<sub>2,5</sub>) :

a) Accélération de l'introduction et de l'utilisation de poêles à granulés et renouvellement des stocks d'autres poêles à bois domestiques (environ 100 kilotonnes) ;

b) Mise en œuvre complète de l'interdiction du brûlage agricole à l'air libre (environ 50 kilotonnes) ;

c) Renouvellement du parc de chaudières à bois domestiques (environ 13 kilotonnes) ;

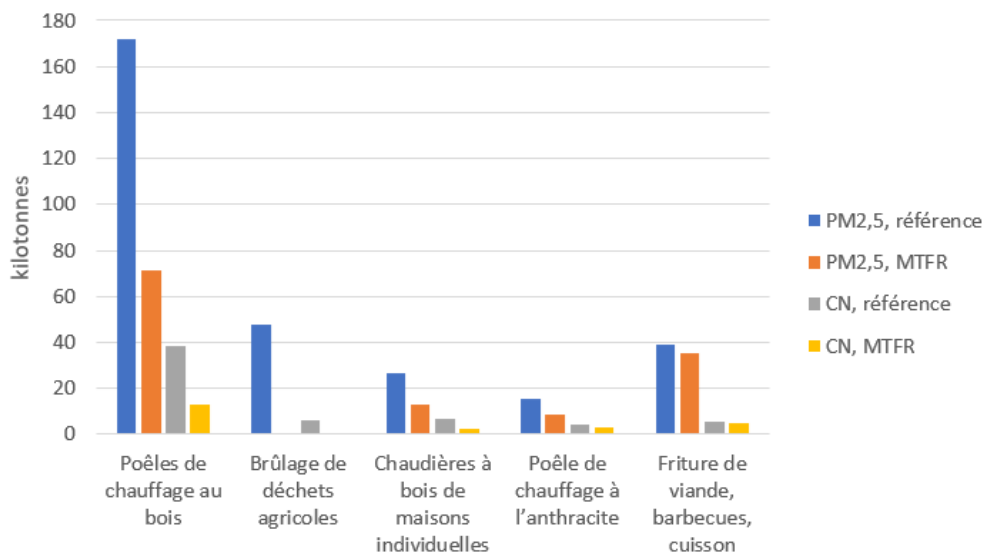
d) Utilisation de poêles à briquettes et accroissement du taux de remplacement des poêles de chauffage à l'antracite existants par des poêles plus récents (environ 7 kilotonnes) ;

e) Installation de filtres de cuisine pour réduire les émissions provenant de la cuisson et des barbecues (environ 4 kilotonnes).

46. Les effets potentiels de ces mesures sur les émissions de PM<sub>2,5</sub> et de carbone noir sont illustrés dans la figure VIII ci-dessous.

Figure VIII

**Modélisation, dans l'Union européenne, en Norvège, en Suisse et au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, des émissions provenant des secteurs accordant une priorité élevée au carbone noir (CN) en 2030 – scénario de référence par rapport au scénario de la réduction maximale techniquement possible (MTFR)**



Source : Amann, Progress Towards the Achievement.

Note : La différence entre les émissions du scénario de référence et celles du scénario MTRF indique le potentiel de réduction des émissions.

47. Contrairement aux autres régions, les réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> dans l'Union européenne, en Norvège, en Suisse et au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord sont dues à la fois à des modifications des données sur les activités et à l'application de mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. La majeure partie des réductions des émissions de PM<sub>2,5</sub> pendant la période 2010-2020 a été possible grâce à l'application de mesures accordant une priorité élevée au carbone noir, et pendant la période 2020-2030 les modifications des données sur les activités et l'application de mesures accordant une priorité élevée au carbone noir sont à l'origine de la plupart des réductions des émissions. Néanmoins, près des deux tiers du potentiel technique restant d'ici à 2030 se concrétiseront grâce aux mesures accordant une priorité élevée au carbone noir. Le potentiel technique de ces dernières mesures est de 172 kilotonnes d'ici à 2030. La simple interdiction effective du brûlage de déchets agricoles permettrait de réduire les émissions de 47 kilotonnes pour les PM<sub>2,5</sub> et de 6 kilotonnes pour le carbone noir. Si la moitié seulement du potentiel technique offert par une utilisation accrue de nouveaux poêles à bois et à granulés se concrétisait, les émissions de PM<sub>2,5</sub> seraient réduites de 50 kilotonnes, avec une réduction simultanée des émissions de carbone noir de 13 kilotonnes.

## Annexe I

### Mesures les plus importantes mises en œuvre dans les scénarios concernant l'Europe de l'Est

#### A. Évolution antérieure (2010-2020)

1. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir :
  - a) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 9,8 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 5,3 kilotonnes de carbone noir (CN) – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,54 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ). Normes Euro plus élevées ;
  - b) Voitures à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 7,7 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 3,7 kilotonnes de carbone noir. Normes Euro plus élevées ;
  - c) Véhicules utilitaires légers à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 2,2 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 1,3 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,57 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ). Normes Euro plus élevées ;
  - d) Bus lourds à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 2,1 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 1,1 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,54 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ). Normes Euro plus élevées ;
  - e) Trains à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 1,6 kilotonne de  $PM_{2,5}$  et de 0,7 kilotonnes de carbone noir. Phases de réduction de niveau plus élevé.
2. Les mesures de réduction des émissions accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 46 % de la réduction des émissions pour les  $PM_{2,5}$  et 86 % pour le carbone noir en Europe de l'Est pendant la période 2010-2020 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures appliquées, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur. Dans certains cas, les émissions totales ont augmenté. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire en matière de réduction des émissions, soit 0,3 % tant pour les  $PM_{2,5}$  que pour le carbone noir. Ce secteur est celui de la production de carbone noir (0,99 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ).
3. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2010 et 2020 étaient les suivants :
  - a) Combustion d'anthracite dans les nouvelles grandes centrales électriques (9 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,1 kilotonne de carbone noir) ;
  - b) Combustion d'anthracite dans les grandes centrales électriques existantes (3 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,02 kilotonne de carbone noir) ;
  - c) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques (3 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,2 kilotonne de carbone noir).

#### B. Réductions prévues des émissions (2020-2030, législation en vigueur)

4. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées appliquées en 2030) :
  - a) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 2,2 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 1,4 kilotonne de carbone

noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,63 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Bélarus : norme Euro II (100 %), République de Moldova : norme Euro V (78 %), Fédération de Russie : norme Euro V (100 %), Ukraine : norme Euro III (100 %) ;

b) Combustion de liqueur noire dans les chaudières de l'industrie de la pâte à papier et du papier ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 2,0 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 0,3 kilotonne de carbone noir. Cyclones (30 %), précipitateurs électrostatiques à un champ ESP1 (70 %) ;

c) Trains à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 1,5 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,7 kilotonne de carbone noir. Bélarus, Fédération de Russie : phase de réduction 1 (100 %) ; République de Moldova : phase de réduction 1 (85 %) ;

d) Véhicules agricoles à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 1,2 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,5 kilotonne de carbone noir. Bélarus, Fédération de Russie : phase de réduction 1 (100 %) ; République de Moldova : phase de réduction 1 (85 %) ;

e) Voitures à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 1 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,5 kilotonne de carbone noir. Bélarus : norme Euro II (100 %), République de Moldova : norme Euro IV (78 %), Fédération de Russie : norme Euro IV (100 %), Ukraine : norme Euro III (100 %).

5. Les mesures de réduction des émissions accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 36 % de la réductions prévue des émissions de PM<sub>2,5</sub> et 64 % de celle des émissions de carbone noir en Europe de l'Est pendant la période 2020-2030 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures techniques de réduction, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire en matière de réduction des émissions, soit 6 % pour les PM<sub>2,5</sub> et 4 % pour le carbone noir. Il s'agit notamment des secteurs des autobus lourds à moteur diesel (0,63 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>) et des véhicules utilitaires légers à moteur diesel (0,79 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>).

6. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2020 et 2030 sont les suivants :

a) Combustion de la biomasse dans les chaudières de l'industrie chimique (4 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub>, et 0,2 kilotonne de carbone noir) ;

b) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques (3,4 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 0,2 kilotonne de carbone noir) ;

c) Combustion de combustibles issus de la biomasse dans les chaudières de l'industrie de la pâte à papier et du papier (1,5 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et 0,07 kilotonne de carbone noir).

### C. Réductions potentielles des émissions (réduction maximale techniquement possible – législation en vigueur)

7. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées appliquées dans le scénario MTRF) :

a) Brûlage de déchets agricoles ; le potentiel de réduction des émissions est de 199 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 26 kilotonnes de carbone noir. Interdiction effective du brûlage à l'air libre (100 %) ;

b) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 66 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 12 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (65 %), nouvelles installations (35 %) ;

c) Procédés de cokéfaction ; le potentiel de réduction des émissions est de 51 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 15 kilotonnes de carbone noir. Dépoussiéreurs à haut rendement (99 %) ;

d) Torchage dans les raffineries ; le potentiel de réduction des émissions est de 18 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 14 kilotonnes de carbone noir. Bonnes pratiques dans l'industrie pétrolière et gazière (100 %) ;

e) Engins non routiers à moteur à 4 temps (petits appareils ménagers et forestiers, véhicules militaires, bateaux à moteur) et compresseurs de pipelines alimentés au gaz ; le potentiel de réduction des émissions est de 16 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 1,8 kilotonne de carbone noir. Norme Euro VI (50 %).

8. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 29 % de la réduction potentielle totale des  $PM_{2,5}$  et 80 % de celle du carbone noir en Europe de l'Est en 2030. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire de 0,3 % pour les  $PM_{2,5}$  et de 3 % pour le carbone noir. Ces secteurs sont, entre autres, ceux des véhicules utilitaires lourds à moteur diesel (0,74 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), des autobus lourds à moteur diesel (0,74 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), des véhicules utilitaires légers à moteur diesel (0,82 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), des voitures à moteur diesel (0,91 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), des engins non routiers à moteur diesel à 4 temps (0,51 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ) et de la production de carbone noir (0,99 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ).

9. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir sont les suivants :

a) Production d'acier dans des convertisseurs basiques à oxygène (potentiel de réduction – 442 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et pas de carbone noir) ;

b) Production d'acier dans des fours à arc électrique (potentiel de réduction – 109 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et pas de carbone noir) ;

c) Production de ciment (53 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,3 kilotonne de carbone noir).

## Annexe II

### Mesures les plus importantes mises en œuvre dans les scénarios concernant l'Europe du Sud-Est et la Turquie

#### A. Évolution antérieure (2010-2020)

1. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir :
  - a) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 7,2 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 3,9 kilotonnes de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,55 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées ;
  - b) Véhicules agricoles à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 4,6 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 1,9 kilotonne de carbone noir. Phases de réduction de niveau plus élevé ;
  - c) Véhicules utilitaires légers à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 2,1 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 1,7 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,83 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées ;
  - d) Autobus lourds à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 0,6 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,36 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,59 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées ;
  - e) Utilisation de combustibles ligneux dans les chaudières des maisons individuelles ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 0,5 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,1 kilotonne de carbone noir. Nouvelles installations (taux de mise en œuvre de 5 à 7 % en 2020), installations améliorées (taux de mise en œuvre de 20 à 35 % en 2020).
2. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 23 % de la réduction des émissions pour les PM<sub>2,5</sub> et 80 % pour le carbone noir dans les Balkans pendant la période 2010-2020 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures techniques de réduction, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur.
3. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire en matière de réduction des émissions, soit 2 % pour les PM<sub>2,5</sub> et 1,2 % pour le carbone noir. Ces secteurs comprennent ceux des voitures à moteur diesel (0,74 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>), des autobus lourds à moteur diesel (0,59 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>) et de la production de carbone noir (0,99 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>).
4. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2010 et 2020 sont les suivants :
  - a) Production de ciment (20 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 0,1 kilotonne de carbone noir) ;
  - b) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques (14 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 1,3 kilotonne de carbone noir) ;
  - c) Combustion de charbon brun dans les grandes centrales électriques existantes (6,3 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et pas de carbone noir).

## B. Réductions prévues des émissions (2020-2030, législation en vigueur)

5. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées appliquées en 2030) :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 11,2 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 1,4 kilotonne de carbone noir. Nouvelles installations (20 %). Installations améliorées (50 %) ;

b) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 2,8 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 1,8 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,64 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Balkans – norme Euro V (80 %). Turquie – norme Euro VI (85 %) ;

c) Utilisation de combustibles ligneux dans les chaudières de maisons individuelles ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 0,4 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,13 kilotonne de carbone noir. Nouvelles installations (10 à 15 %). Installations améliorées (30 %) ;

d) Autobus lourds à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 0,22 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,15 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,69 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Balkans – norme Euro V (80 %). Turquie – norme Euro VI (90 %) ;

e) Véhicules utilitaires légers à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 0,19 kilotonne de PM<sub>2,5</sub> et de 0,17 kilotonne de carbone noir – on observe également un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,88 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Balkans – norme Euro V (100 %). Turquie – norme Euro VI (96 %) .

6. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 39 % des réductions prévues des émissions pour les PM<sub>2,5</sub> et 87 % pour le carbone noir dans les Balkans pendant la période 2020-2030 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures techniques de réduction, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur.

7. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apporte une contribution supplémentaire en matière de réduction des émissions, soit 0,9 % pour les PM<sub>2,5</sub> et 0,6 % pour le carbone noir. Ces secteurs sont notamment ceux des voitures à moteur diesel (0,88 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>) et des engins de construction à moteur diesel (0,51 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>).

8. Le secteur le plus important où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2020 et 2030 est celui de la production de ciment (22 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 0,13 kilotonne de carbone noir).

## C. Réductions potentielles des émissions (réduction maximale techniquement possible – législation en vigueur)

9. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées dans le scénario MTFR) :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 48 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 14 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (65 %). Nouvelles installations (35 %) ;

b) Brûlage de déchets agricoles ; le potentiel de réduction des émissions est de 37 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 4,8 kilotonnes de carbone noir. Interdiction effective du brûlage à l'air libre (100 %) ;

c) Utilisation de charbon brun dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 21 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 4,3 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (90 %). Nouvelles installations (10 %) ;



d) Utilisation d'anthracite dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 10 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 3,2 kilotonnes de carbone noir. Poêles à briquettes (90 %). Nouvelles installations (10 %) ;

e) Véhicules agricoles à moteur diesel ; le potentiel de réduction des émissions est de 5 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 2 kilotonnes de carbone noir. Phase de réduction 5 (25 à 44 %).

10. Les mesures accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clés représentent 28 % de la réduction potentielle totale des émissions pour les  $PM_{2,5}$  et de 84 % pour le carbone noir dans l'Union européenne en 2030. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire de 0,1 % pour les  $PM_{2,5}$  et de 1 % pour le carbone noir. Les secteurs concernés sont notamment ceux du torchage dans les raffineries (0,78 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ) et des véhicules utilitaires lourds à moteur diesel (0,76 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ).

11. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir sont les suivants :

a) Production de ciment (potentiel de réduction – 77 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,5 kilotonne de carbone noir) ;

b) Production d'acier dans des fours à arc électrique (potentiel de réduction – 69 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et pas de carbone noir) ;

c) Combustion de charbon brun dans les nouvelles grandes centrales électriques (63 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et pas de carbone noir).

## Annexe III

### Mesures les plus importantes mises en œuvre dans les scénarios concernant l'Union européenne, la Norvège, la Suisse et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

#### A. Évolution antérieure (2010-2020)

1. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées appliquées en 2020) :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 100 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 11 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (environ 7 %). Nouvelles installations (environ 17 %). Installations améliorées (environ 44 %) ;

b) Voitures à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 63 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 51 kilotonnes de carbone noir – on observe aussi un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,82 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées ;

c) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 24 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 15 kilotonnes de carbone noir – on observe aussi un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,62 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées ;

d) Véhicules agricoles à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 21 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 9,1 kilotonnes de carbone noir. Phases de réduction de niveau plus élevé ;

e) Véhicules utilitaires légers à moteur diesel ; la réduction antérieure des émissions due aux mesures de réduction introduites est de 19 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et de 14 kilotonnes de carbone noir – on observe aussi un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,77 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>). Normes Euro plus élevées.

2. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 67 % de la réduction des émissions pour les PM<sub>2,5</sub> et 85 % pour le carbone noir dans l'Union européenne pendant la période 2010-2020 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures techniques de réduction, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur.

3. Les mesures de réduction accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire de 5 % pour les PM<sub>2,5</sub> et de 3 % pour le carbone noir. Les secteurs concernés sont notamment ceux des engins de construction à moteur diesel (0,52 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>), des autobus lourds à moteur diesel (0,60 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>), des groupes électrogènes fonctionnant au fioul lourd (0,51 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>), et de la production de carbone noir (0,99 – ratio CN/PM<sub>2,5</sub>).

4. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2010 et 2020 sont les suivants :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les chaudières de maisons individuelles (14 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 3 kilotonnes de carbone noir) ;

b) Production de ciment (11 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 0,07 kilotonne de carbone noir) ;

c) Cheminées (10 kilotonnes de PM<sub>2,5</sub> et 0,4 kilotonne de carbone noir).

## B. Réductions prévues des émissions (2020-2030, législation en vigueur)

5. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées appliquées en 2030) :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 181 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 36 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (environ 10 %). Nouvelles installations (environ 59 %) ;

b) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de maisons individuelles ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 23 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 6,5 kilotonnes de carbone noir. Nouvelles installations (environ 62 %) ;

c) Voitures à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 14 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 12 kilotonnes de carbone noir – on observe aussi un important avantage connexe relatif dans ce secteur (0,88 carbone noir dans  $PM_{2,5}$ ). Norme Euro VI (environ 79 %) ;

d) Véhicules agricoles à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 11 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 4,6 kilotonnes de carbone noir. Phase de réduction 5 (environ 54 %) ;

e) Véhicules utilitaires lourds à moteur diesel ; la réduction prévue des émissions due aux mesures de réduction est de 6,0 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 4,3 kilotonnes de carbone noir. Norme Euro VI (environ 86 %).

6. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 73 % de la réduction prévue pour les  $PM_{2,5}$  et 79 % de celle prévue pour le carbone noir dans l'Union européenne pendant la période 2020-2030 – les données sur les activités influent en outre sur ces réductions dues aux mesures techniques de réduction, de sorte que les émissions réelles peuvent être plus élevées ou plus faibles, selon le secteur.

7. La contribution supplémentaire apportée aux réductions des émissions par les mesures de réduction appliquées dans les secteurs présentant d'importants avantages connexes est de 2 % pour les  $PM_{2,5}$  et de 2 % pour le carbone noir. Ces secteurs sont notamment ceux des autobus lourds à moteur diesel (0,66 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), des véhicules utilitaires légers à moteur diesel (0,80 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), de l'utilisation d'anthracite de qualité 2 dans les poêles de chauffage domestiques (0,71 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), et des groupes électrogènes fonctionnant au fioul (0,53 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ).

8. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir entre 2020 et 2030 sont les suivants :

a) Cheminées (34 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 1,6 kilotonne de carbone noir) ;

b) Utilisation d'anthracite dans les poêles de chauffage domestiques (11 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 3 kilotonnes de carbone noir) ;

c) Moyens de transport à moteur diesel sur les voies navigables intérieures (4 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 1,8 kilotonne de carbone noir).

## C. Réductions potentielles des émissions (réduction maximale techniquement possible – législation en vigueur)

9. Secteurs et mesures clefs accordant une priorité élevée au carbone noir (indication entre parenthèses des taux de mise en œuvre des mesures de réduction énumérées dans le scénario MTR) :

a) Utilisation de combustibles ligneux dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 101 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 26 kilotonnes de carbone noir. Poêles à granulés (environ 61 %) ;

b) Brûlage de déchets agricoles ; le potentiel de réduction des émissions est de 47 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 6 kilotonnes de carbone noir. Interdiction effective du brûlage à l'air libre (100 %) ;

c) Utilisation de combustibles ligneux dans les chaudières de maisons individuelles ; le potentiel de réduction des émissions est de 13 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 4 kilotonnes de carbone noir. Chaudières à granulés (environ 59 %) ;

d) Utilisation d'anthracite dans les poêles de chauffage domestiques ; le potentiel de réduction des émissions est de 7 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 1 kilotonne de carbone noir. Poêles à briquettes (50 %). Nouvelles installations (50 %) ;

e) Friture de viande, préparation d'aliments, barbecues ; le potentiel de réduction des émissions est de 3,9 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et de 0,5 kilotonne de carbone noir. Filtres domestiques (100 %).

10. Les mesures de réduction accordant une priorité élevée au carbone noir dans cinq secteurs clefs représentent 59 % des réductions potentielles totales pour les  $PM_{2,5}$  et 87 % pour le carbone noir dans l'Union européenne en 2030. Les mesures accordant une priorité moyenne au carbone noir apportent une contribution supplémentaire de 0,4 % pour les  $PM_{2,5}$  et de 2 % pour le carbone noir. Ces secteurs sont notamment ceux du torchage dans les raffineries (0,78 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), de l'évacuation et du torchage du gaz de pétrole associé pendant la production de pétrole et de gaz (0,76 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ), et de la production de carbone noir (0,86 – ratio CN/ $PM_{2,5}$ ).

11. Les secteurs les plus importants où sont appliquées des mesures accordant une priorité faible ou nulle au carbone noir sont les suivants :

a) Activités industrielles (potentiel de réduction – 20 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et pas de carbone noir) ;

b) Cheminées (potentiel de réduction – 16 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,3 kilotonne de carbone noir) ;

c) Utilisation de combustibles issus de la biomasse dans les fours industriels (potentiel de réduction – 8 kilotonnes de  $PM_{2,5}$  et 0,7 kilotonnes de carbone noir).

---