

### *Chapitre 3*

## **Projections de la croissance économique et des impacts de la pollution de l'air extérieur**

*Ce chapitre passe en revue les principales évolutions socio-économiques projetées pour l'avenir à supposer qu'aucune nouvelle mesure environnementale ne vienne s'ajouter à celles déjà en place. Il présente des projections des émissions de polluants atmosphériques établies sur la base des projections économiques du modèle ENV-Linkages. Ce chapitre présente en outre les résultats concernant les concentrations des principaux polluants susceptibles d'avoir un impact sur la santé et les rendements agricoles. Il présente enfin les résultats concernant les impacts biophysiques en termes de décès prématurés, d'incidence croissante des maladies et de modifications des rendements agricoles.*

---

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

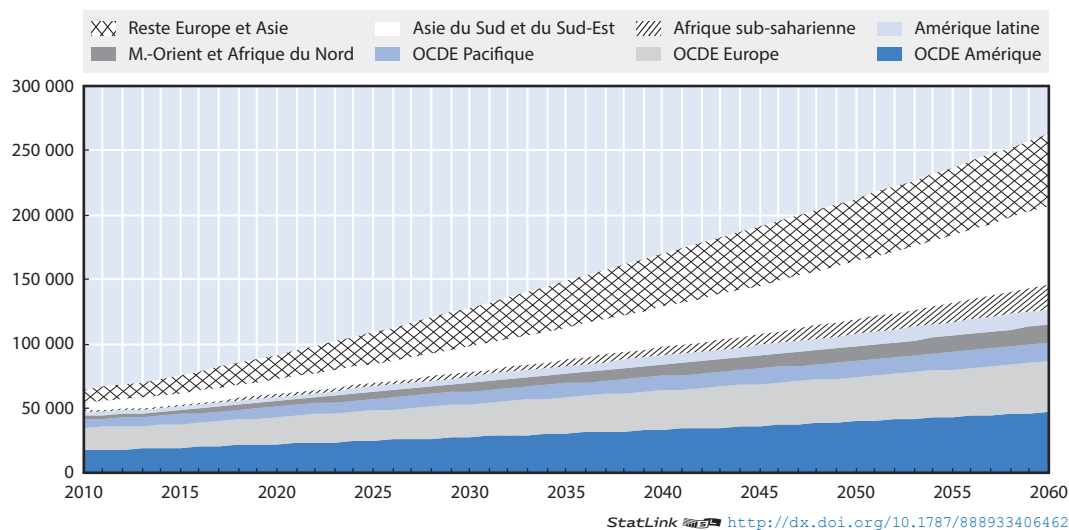
### 3.1. Évolutions de l'activité économique et de la croissance

Les projections concernant l'activité économique sont basées sur un cadre de modélisation, le modèle ENV-Linkages de l'OCDE (Chateau et al., 2014) qui permet d'anticiper les tendances de l'activité économique sectorielle et régionale. Les projections du PIB et d'autres indicateurs économiques résultent d'une multitude de facteurs, notamment d'hypothèses concernant ce qu'on appelle les mégatendances, qui sont par exemple les évolutions démographiques et technologiques. Ces mégatendances sont propres à chaque pays. Par exemple, la structure par âge de la population de la République populaire de Chine (« la Chine » dans la suite du document) et de l'Inde sont différentes : alors qu'en Chine, le vieillissement de la population deviendra une tendance lourde dans les prochaines décennies, en Inde la population est beaucoup plus jeune. De même, bien que le taux de croissance annuel moyen du progrès technologique affiche actuellement les valeurs les plus hautes dans les économies émergentes, telles que la Chine, l'Inde et l'Indonésie, les projections indiquent un tassement des taux de croissance de ces pays, alors que ceux de nombreux pays en développement devraient augmenter.

Les projections régionales concernant l'évolution du PIB montrent que la croissance de l'activité économique mondiale se poursuivra dans les décennies à venir. Bien que la croissance économique mondiale ralentisse progressivement à long terme, le graphique 3.1 – qui illustre les projections hors rétroactions économiques de la pollution atmosphérique – montre que le niveau du PIB augmente quand même sensiblement au fil du temps. Selon les projections, la croissance la plus rapide a lieu en dehors de la zone OCDE, en particulier en Asie et en Afrique, qui ont un potentiel de croissance économique considérable. La part de la zone OCDE dans l'économie mondiale devrait tomber de 64 % en 2010, à 38 % en 2060. Ces projections cadrent avec les Perspectives économiques de l'OCDE (OCDE, 2014) et intègrent les principaux effets de la crise financière observés, du début de celle-ci jusqu'en 2013. Elles concordent également avec le scénario central du rapport OCDE@100 sur les scénarios à long terme (Braconier et al. 2014).

Graphique 3.1. Évolution du PIB réel, projection hors rétroactions

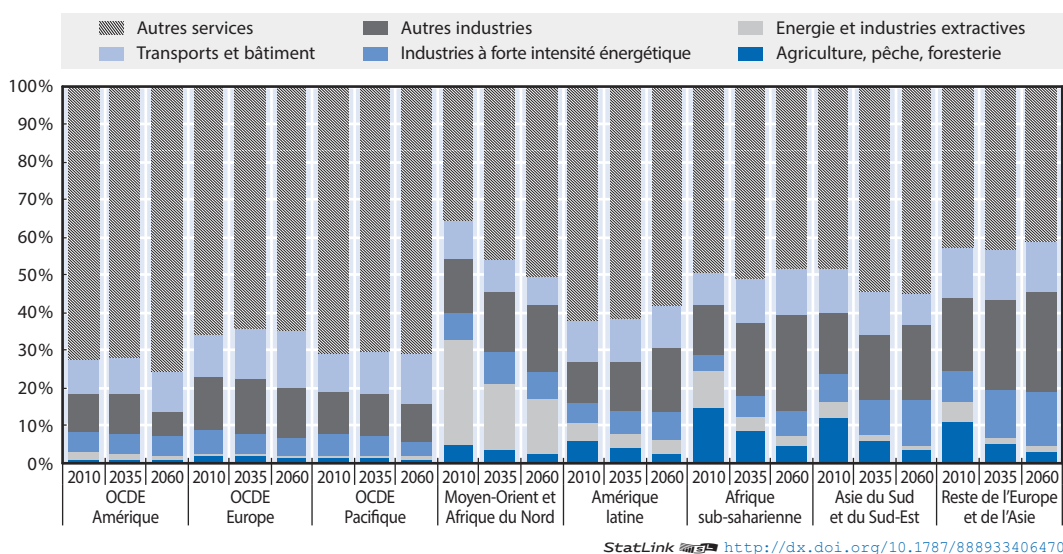
Milliards USD, taux de change PPA de 2010



Source : OCDE (2014), pour les pays membres de l'OCDE et modèle ENV-Linkages pour les économies non membres de l'OCDE.

Le graphique 3.2 décrit l'évolution de la composition sectorielle des économies par région. La part des différents secteurs dans les économies de l'OCDE reste en général relativement stable, le secteur des services représentant plus de la moitié du PIB (c'est-à-dire de la valeur ajoutée). Toutefois, de nombreux changements fondamentaux, qui n'apparaissent pas ici, se produisent indubitablement au niveau sous-sectoriel.

Graphique 3.2. **Composition sectorielle du PIB par région, projection hors rétroactions**  
Pourcentage du PIB, 2010, 2035 et 2060



Source : Modèle ENV-Linkages.

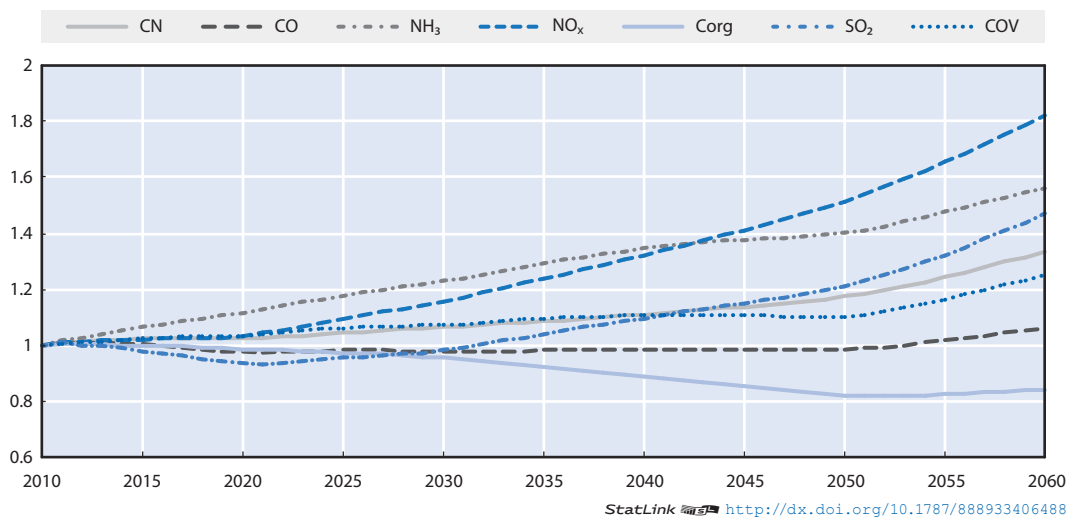
Les grands pays exportateurs de pétrole du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord devraient progressivement diversifier leurs économies pour réduire leur dépendance à l'égard des ressources énergétiques. Dans les pays en développement, la contribution de l'agriculture devrait continuer de reculer à un rythme soutenu. Cela ne signifie toutefois pas que la production agricole diminuera en termes absolus parce qu'un grand nombre de ces pays affichent des taux de croissance élevés ; ces pays suivront en fait un processus d'industrialisation et, dans bien des cas, enregistreront un important développement de leur secteur des services. Le secteur de l'énergie et les industries extractives prennent de l'ampleur surtout en Asie du Sud et du Sud-Est et dans la région Reste de l'Europe et de l'Asie, ce qui dénote un recours accru aux combustibles fossiles et une forte hausse de l'utilisation d'électricité. Cela a d'importantes conséquences pour les émissions de polluants atmosphériques.

### 3.2. Projections des émissions de polluants atmosphériques

Les émissions de la plupart des polluants atmosphériques devraient augmenter durant les prochaines décennies, comme le montre le graphique 3.3. Cette évolution est conditionnée par les hypothèses fondamentales de référence concernant la croissance économique, qui ont été présentées à la section 3.1. Les émissions augmentent à l'échelle mondiale en raison de l'accroissement du PIB et de la demande d'énergie, en particulier dans certains pays en rapide expansion comme l'Inde et la Chine.

Graphique 3.3. Projections des émissions dans le temps

Indice par rapport à 2010



Source : Modèle ENV-Linkages, à partir des projections des coefficients d'émission du modèle GAINS.

Selon les projections, les émissions d'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>) et d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) devraient connaître une augmentation particulièrement importante, les émissions de NO<sub>x</sub> devant presque doubler d'ici 2060. Ces fortes variations tiennent à l'accroissement projeté de la demande de produits agricoles et d'énergie (transport et production d'électricité, compris) et au fait que la lutte contre les émissions de NO<sub>x</sub> des centrales électriques et des chaudières industrielles reste assez limitée dans le monde en développement. Les émissions de tous les autres polluants augmentent aussi à l'exception de celles de carbone organique (C<sub>org</sub>) qui s'infléchissent légèrement. Cette baisse s'explique par la diminution des émissions imputables à la demande d'énergie des ménages à la par suite de l'amélioration des rendements énergétiques due aux progrès technologiques, la consommation de carburants moins polluants et le remplacement des feux ouverts alimentés à la biomasse par des dispositifs utilisant de l'énergie plus propre, comme les foyers de cuisson améliorés – au GPL ou à l'éthanol. Il est intéressant de noter que les émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) devraient commencer par régresser, puis repartir à la hausse après 2030. La baisse initiale tient aux politiques actuelles qui rendent obligatoire la désulfuration des gaz de combustion même dans certains pays en développement (avant tout dans le secteur de l'électricité), mais cette tendance s'inverse à terme sous l'effet de l'augmentation de la demande d'énergie, qui fait croître les émissions.

Chaque gaz a un profil de sources d'émissions unique, comme le montre le graphique 3.4. Les sources d'émission considérées sont regroupées en plusieurs catégories : demande d'énergie des secteurs industriels, des services résidentiels et commerciaux et des transports, approvisionnements énergétiques, utilisation des terres et émissions issues des déchets, du traitement des eaux usées et des solvants.

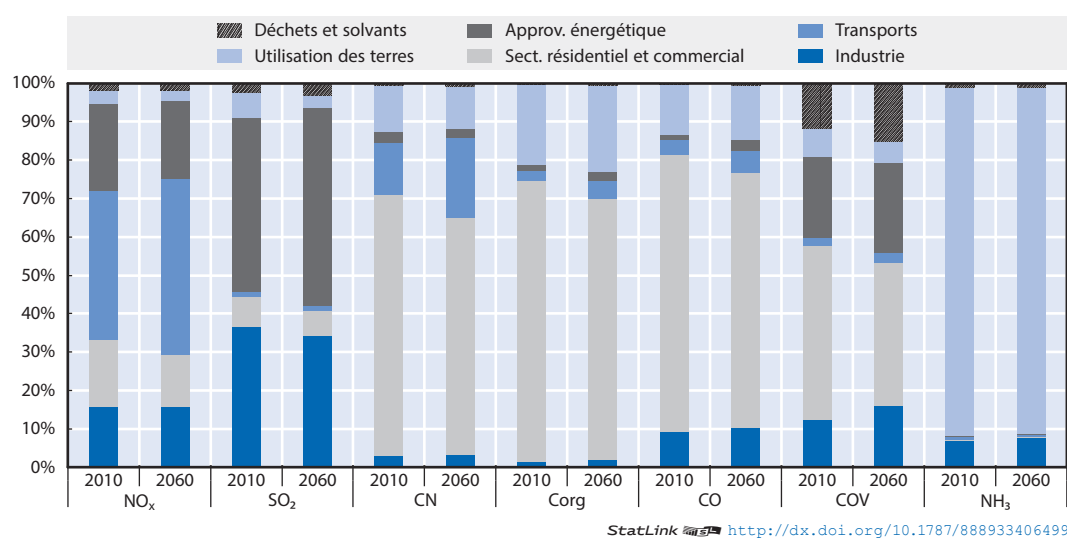
À l'exception des émissions de NH<sub>3</sub>, imputables pour la plupart à l'élevage et à l'utilisation des terres, notamment à l'application de fumier et d'engrais minéraux, les principales sources d'émission sont généralement liées aux processus de combustion et à l'utilisation d'énergie. Comme le confirme le rapport de l'AIE (2016), les émissions anthropiques de polluants atmosphériques sont principalement à mettre au compte du secteur de l'énergie.

Les émissions de NO<sub>x</sub> et de SO<sub>2</sub> proviennent pour une large part des processus de combustion dans le secteur des transports, dans le premier cas, et de la production d'énergie

(génération d'électricité), dans le second. Cependant, les émissions de  $\text{NO}_x$  sont majoritairement dues aux transports et aux activités industrielles tandis que les émissions de  $\text{SO}_2$  proviennent presque totalement de sources industrielles, production d'électricité comprise. Aux États-Unis, par exemple, en 2010, les transports routiers (et ferroviaires) étaient une importante source d'émissions de  $\text{NO}_x$  (environ 33%) tandis que les centrales électriques au charbon produisaient environ 70% des émissions de  $\text{SO}_2$ . Les émissions de carbone noir (CN) et de  $\text{C}_{\text{org}}$  proviennent principalement des transports, premier émetteur dans les pays de l'OCDE, et de l'utilisation par les ménages et les entreprises de combustibles solides (pour la cuisine et le chauffage) dans les pays en développement. Au niveau local, les activités informelles (fabrication de briques, par exemple) et l'exploitation des terres (brûlage de biomasse à l'air libre, par exemple) peuvent être des sources d'émissions importantes. Les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils (COV) proviennent à toutes les sources, encore que la contribution des approvisionnements énergétiques soit minime. Les émissions de COV sont principalement à mettre au compte des déchets et solvants.

Graphique 3.4. Répartition sectorielle des émissions

Pourcentage des émissions totales



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406499>

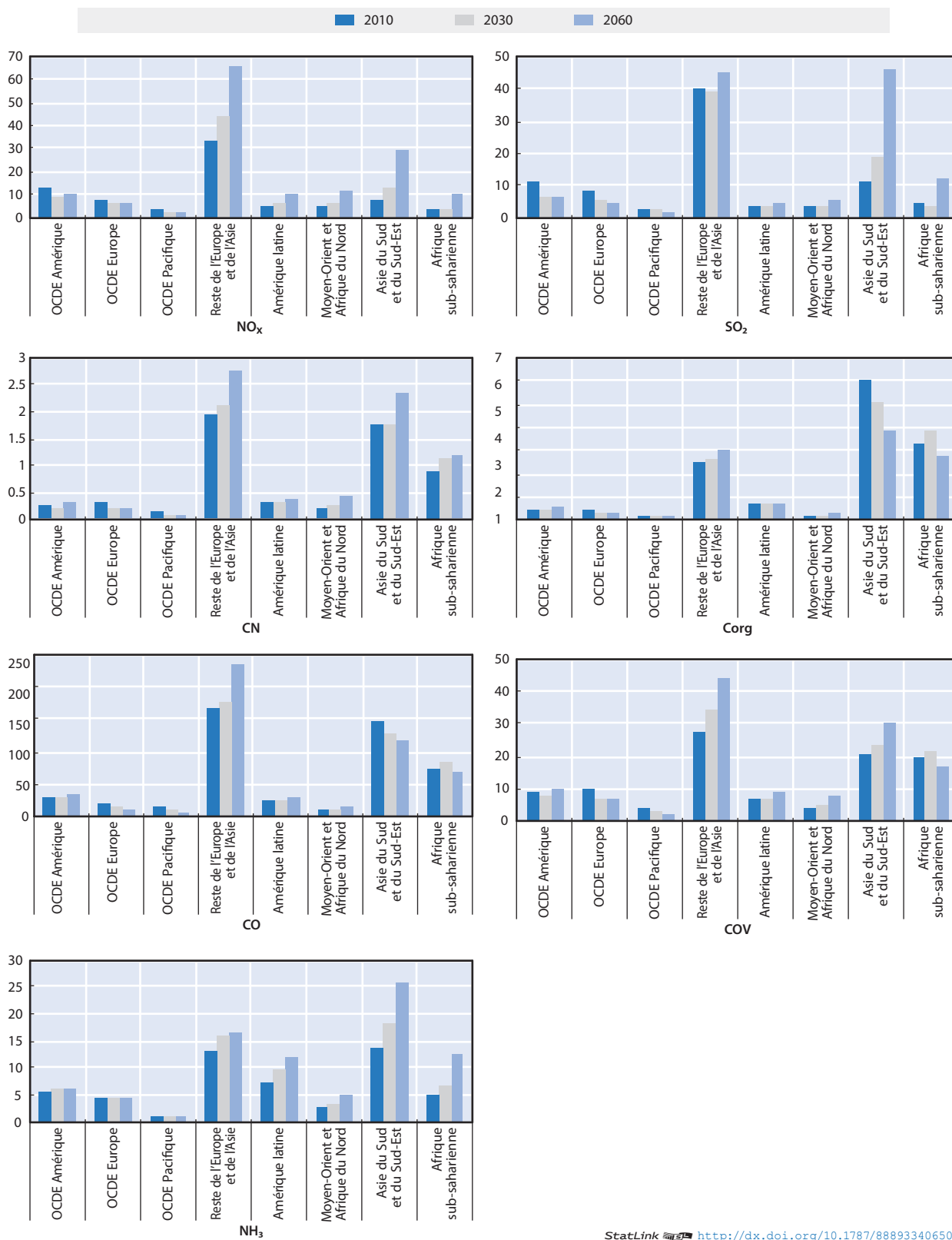
Source : Modèle ENV-Linkages, à partir des projections des coefficients d'émission du modèle GAINS.

Les sources d'émission ne changent guère au fil du temps, mais leur évolution ne suit pas le même rythme. Selon les projections, la part des émissions de sources industrielles augmentera pour tous les polluants. Celle des émissions liées à l'exploitation des terres devrait en revanche diminuer<sup>1</sup>. La contribution du secteur résidentiel et des services commerciaux aux émissions de CO devrait rester relativement stable. Les réductions des émissions du secteur résidentiel permises par le progrès technologique seront compensées par l'augmentation des émissions en réponse à la demande de transports et d'énergie industrielle. Enfin, les émissions d'autres sources, y compris les déchets et les solvants, augmenteront, en particulier les émissions de  $\text{C}_{\text{org}}$  et de COV.

Les émissions des différents polluants varient fortement selon les pays et les régions comme le montre le graphique 3.5. Les émissions de  $\text{NO}_x$  sont particulièrement élevées dans la région Reste de l'Europe et de l'Asie (qui comprend la Chine), mais sont aussi notables en Asie du Sud et du Sud-Est. Les émissions de  $\text{SO}_2$  sont également importantes dans la région Reste de l'Europe et de l'Asie pour l'année de référence 2010, mais elles sont rattrapées par les émissions de la région Asie du Sud et du Sud-Est en 2060. Cette évolution

Graphique 3.5. Émissions par région et par polluant

Mégatonnes



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406507>

Source : Modèle ENV-Linkages, à partir des projections des coefficients d'émission du modèle GAINS.

s'explique principalement par la rapide progression des émissions en Inde et en Indonésie. Les émissions de CN et de  $C_{org}$ , de CO et de COV les plus élevées sont enregistrées dans les régions Reste de l'Europe et de l'Asie, Asie du Sud et du Sud-Est et Afrique subsaharienne. Enfin, les émissions de  $NH_3$  sont particulièrement importantes dans la région Reste de l'Europe et de l'Asie et dans celle de l'Asie du Sud et du Sud-Est, mais, selon les projections, c'est dans cette dernière région qu'elles augmenteront le plus.

Les projections indiquent pour la plupart une hausse des émissions dans les économies non membres de l'OCDE, qui est plus accentuée qu'ailleurs dans la région de l'Asie du Sud et du Sud-Est. Les émissions de  $C_{org}$  et de CO constituent une exception, car elles diminuent dans les régions Asie du Sud et du Sud-Est et Afrique subsaharienne. Cette évolution tient essentiellement à l'amélioration de la situation dans le secteur résidentiel, les ménages ayant accès à une énergie plus propre, évolution qui fait écho aux mégatendances, notamment à l'urbanisation et l'électrification. Les émissions des pays de l'OCDE restent stables ou diminuent légèrement, bien que les projections fassent état d'une faible augmentation des émissions de tous les gaz à l'exception du  $NO_x$  et du  $SO_2$  dans la région OCDE Amérique.

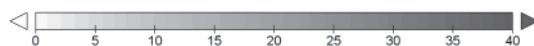
### 3.3. Projections des concentrations de particules et d'ozone

Les concentrations de polluants atmosphériques doivent, de manière générale, augmenter en même temps que les émissions de  $PM_{2.5}$  et d'ozone dans la plupart des régions, même si comme on l'a vu au chapitre 2, les conditions climatiques et plusieurs autres facteurs influent sur les concentrations. Les cartes du graphique 3.6 indiquent les concentrations anthropiques annuelles moyennes de  $PM_{2.5}$  pour l'année de référence (2010) et les projections pour les années 2030 et 2060 (les cartes des émissions globales, y compris les composants naturels de la poussière et du sel marin, figurent dans la partie droite du graphique). L'année de référence, les concentrations de  $PM_{2.5}$  les plus fortes sont observées en Asie du Sud et de l'Est, et plus particulièrement en Chine et en Inde. Elles sont également élevées dans certaines parties de l'Amérique du Nord, de l'Europe et de l'Afrique. Selon les projections, les concentrations moyennes augmenteront sensiblement en Asie du Sud et de l'Est, ainsi que dans certaines régions d'Afrique. Elles devraient diminuer légèrement en Amérique du Nord et en Europe.

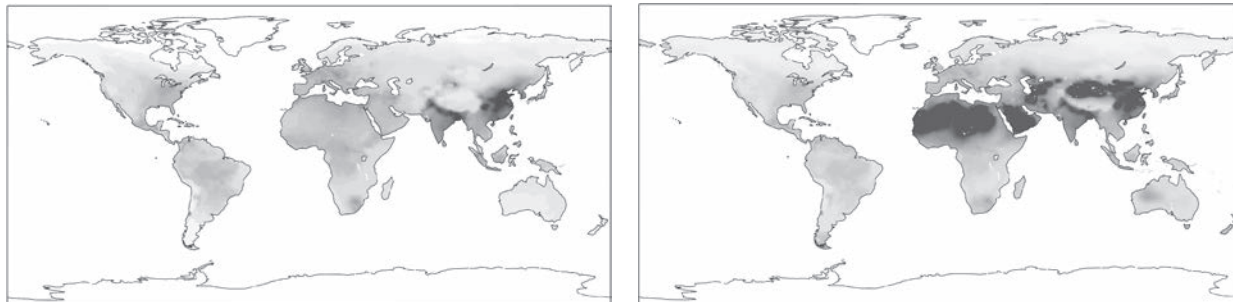
Les projections des concentrations moyennes de  $PM_{2.5}$  montrent que plusieurs régions affichent des niveaux déjà bien supérieurs aux niveaux de référence recommandés par les lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air (OMS, 2006) (voir l'encadré 3.1). Ces dernières recommandent de maintenir les concentrations annuelles moyennes à moins de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mais spécifient aussi des cibles intermédiaires qui peuvent être atteintes grâce à des mesures de dépollution. La cible intermédiaire la plus élevée est de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et est le produit d'estimations calibrées pour correspondre à un accroissement de 15 % du risque de mortalité à long terme par rapport à la cible recommandée.

Le chiffre de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  indiqué dans les lignes directrices de l'OMS ne doit pas être considéré comme un seuil en-deçà duquel il n'y aurait pas d'effets sur la santé. Il n'existe toujours pas de consensus, dans les études épidémiologiques, quant aux effets de faibles niveaux de concentration. Les recherches récentes, de Shi et al. (2016) par exemple, semblent montrer qu'il n'existe pas de valeur de seuil en-deçà de laquelle il n'y aurait pas d'impacts, et que même des niveaux de concentration inférieurs à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pourraient entraîner des effets sur la santé. Le calcul de ces effets dans le présent rapport n'intègre pas de valeur de seuil et tient compte des impacts à des niveaux de concentration même faibles. Cependant, les lignes directrices de l'OMS définissent un point de référence utile pour apprécier la gravité des problèmes de pollution de l'air extérieur.

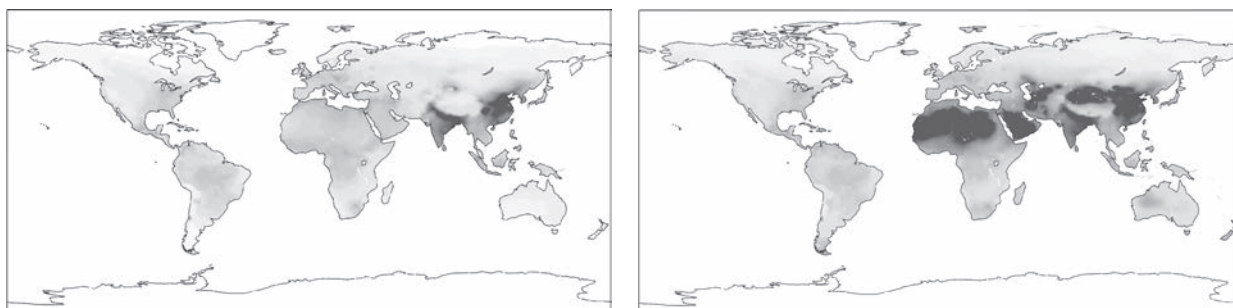
## Graphique 3.6. Concentrations de particules

Moyenne annuelle totale PM<sub>2.5</sub>; anthropogénique à gauche et totale à droite, µg/m<sup>3</sup>

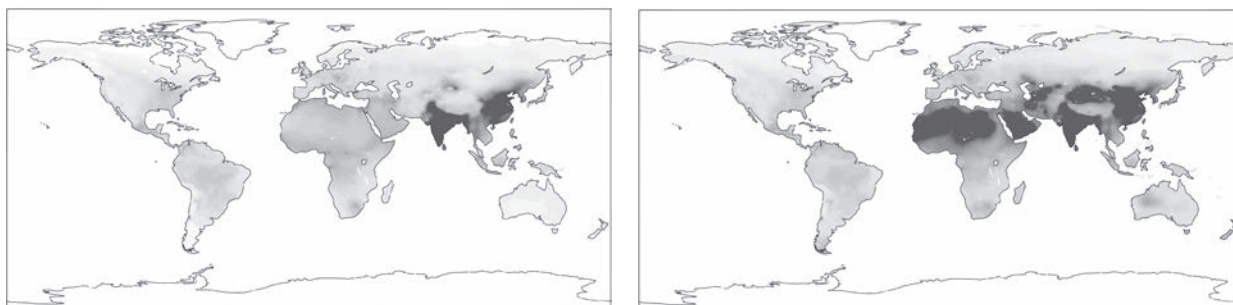
## A. Concentrations en 2010



## B. Concentrations en 2030



## C. Concentrations en 2060



*Note* : Les cartes sont basées sur des concentrations fournies à une résolution de 1°x1°.

*Source* : Modèle TM5-FASST, d'après les projections des émissions du modèle ENV-Linkages.

Comme le montre le graphique 3.6, plusieurs régions du monde, plus particulièrement la Chine et l'Inde, affichaient déjà des concentrations supérieures à la cible intérimaire maximale en 2010, et ces dernières devraient encore s'accroître à l'horizon 2060. Alors que les cartes présentées dans le graphique 3.6 indiquent une plus faible coloration dans les régions de l'OCDE, ces niveaux sont supérieurs aux recommandations des lignes directrices OMS dans la plupart des régions, ce qui signifie que les effets sur la santé humaine et l'environnement sont toujours importants.

Moins de 4 habitants de la planète sur 10 vivent dans des zones conformes aux concentrations de PM<sub>2.5</sub> recommandées par les lignes directrices OMS relatives à la qualité



de l'air ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Des niveaux de concentration inférieurs à ce chiffre peuvent aussi avoir des effets sur la santé humaine. L'exposition de la population évolue également dans le temps. Le pourcentage de la population exposée à des concentrations annuelles moyennes de  $\text{PM}_{2,5}$  supérieures à  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui, selon les estimations, s'élevait à 15 % en 2010, devrait selon les projections atteindre 30 % d'ici à 2060. L'augmentation devrait être encore plus forte en Chine et en Inde où la croissance des émissions et des concentrations est la plus marquée. Le pourcentage de la population exposée à des concentrations annuelles moyennes de  $\text{PM}_{2,5}$  supérieures à  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  devrait passer de 40 % en 2010 à 65 % en 2060 en Chine et de 15 %, à 60 % en Inde. Alors qu'en Chine le pourcentage est déjà très élevé au départ, en Inde la part de la population exposée fait un bond en avant.

### Encadré 3.1. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air

Les Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air (OMS, 2006), définissent des valeurs cibles pour les concentrations de particules ( $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ) et d'ozone en fonction des effets sanitaires associés à ces valeurs. Ces lignes directrices sont utiles pour déterminer les niveaux de concentration dont les effets sur la santé ne sont pas faibles. Le tableau 3.1 résume les caractéristiques des lignes directrices et des cibles concernant les  $\text{PM}_{2,5}$  et l'ozone.

Tableau 3.1. Valeurs cibles spécifiées dans les Lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air

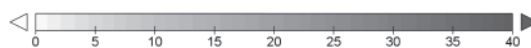
Cibles		Base de la concentration choisie
<b><math>\text{PM}_{2,5}</math> (moyenne annuelle <math>\text{PM}_{2,5}</math>, <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
Cible intermédiaire 1	35	Risque de mortalité à long terme supérieur d'environ 15 % par rapport à la concentration des lignes directrices.
Cible intermédiaire 2	25	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité prématurée de 2-11 % par rapport à la première cible intermédiaire.
Cible intermédiaire 3	15	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité d'environ 2- 11 % par rapport à la deuxième cible intermédiaire.
Lignes directrices relatives à la qualité de l'air	10	Ce sont là les concentrations les plus faibles auxquelles on a montré que la mortalité totale augmente avec un degré de confiance supérieur à 95 % en réponse à une exposition à long terme aux $\text{PM}_{2,5}$ .
<b>Ozone (moyenne journalière maximum sur 8 heures, <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
Fortes concentrations	240	Effets importants sur la santé ; proportion importante des populations vulnérables touchées.
Cible intermédiaire 1	160	Effets importants sur la santé ; ne fournit pas une protection suffisante sur le plan de la santé publique.
Lignes directrices sur la qualité de l'air	100	Confère une protection suffisante en santé publique, bien que certains effets puissent apparaître au-dessous de cette concentration.

Source : OMS (2006).

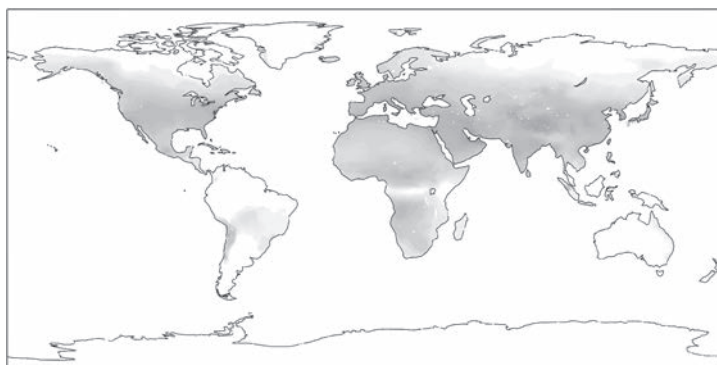
Les concentrations moyennes d'ozone troposphérique sont indiquées dans le graphique 3.7. Elles sont particulièrement élevées dans certaines régions d'Asie (notamment en Corée), au Moyen-Orient et dans la région Méditerranéenne mais elles dépassent également les valeurs guides pour la qualité de l'air dans de nombreuses autres régions de la zone OCDE et hors OCDE. Ces régions sont les plus touchées non seulement durant l'année de référence,

Graphique 3.7. **Concentrations d'ozone**

Moyenne maximale horaire diurne d'ozone sur six mois, M6M, en ppm



A. Concentrations en 2010



B. Concentrations en 2030



C. Concentrations en 2060



*Note* : Les cartes sont basées sur des concentrations fournies à une résolution de  $1^\circ \times 1^\circ$ .

*Source*: Modèle TM5-FASST, d'après les projections des émissions du modèle ENV-Linkages.

mais aussi, selon les projections, en 2030 et 2060. Bien que la situation ne se modifie guère à l'horizon 2030, des changements plus importants ressortent des projections pour 2060. Selon ces dernières, certaines régions, notamment une partie du Moyen-Orient et de l'Asie (y compris la Chine et l'Inde) pourraient enregistrer des concentrations très élevées cette année-là (supérieures à une valeur moyenne horaire diurne maximale d'ozone de 120 parties par milliard sur six mois).

Les lignes directrices de l'OMS recommandent des niveaux moyens de concentrations d'ozone inférieurs à 100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur huit heures et établissent la cible intermédiaire la plus élevée à une moyenne de 240 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur huit heures. Ces valeurs correspondent approximativement à des moyennes maximales diurnes sur six mois de 50 et de 120 parties par milliard. Comme le montrent les cartes, aucune région ne dépasse la cible intermédiaire la plus élevée fixée pour les concentrations moyennes en 2010. En revanche, selon les projections, plusieurs régions dépasseront la cible intermédiaire en 2060, notamment la Chine et l'Inde. Des concentrations aussi fortes auront d'importantes répercussions sur la santé et sur l'environnement; elles réduiront notamment les rendements agricoles, ce qui aura un impact sur la production agricole.

Dans le présent rapport, les concentrations de polluants ne sont le résultat que d'une étape intermédiaire des calculs des conséquences économiques de la pollution atmosphérique. Les moyennes présentées sont néanmoins de bons indicateurs de la gravité du problème. Des moyennes élevées signifient que, dans de nombreuses régions – en particulier dans les grandes agglomérations – les niveaux de pollution atmosphérique sont systématiquement supérieurs aux niveaux recommandés et qu'ils atteignent des niveaux extrêmement dangereux pour la santé humaine plusieurs jours par an. Cela s'est déjà produit dans plusieurs villes du monde; ce phénomène a des répercussions sur la santé et restreint aussi l'activité humaine. La situation ne fera que s'aggraver si des mesures ne sont pas prises pour réduire les émissions de polluants dans l'atmosphère.

### 3.4. Projections des impacts de la pollution de l'air extérieur sur la santé et l'agriculture

#### 3.4.1. Décès prématurés

Selon les estimations, le nombre de décès prématurés dus à la pollution de l'air extérieur était déjà élevé ces dernières années (voir, par exemple Lim et al., 2012 et Forouzanfar, 2015), Forouzanfar, 2015), les personnes âgées et les enfants étant les plus touchés (OMS, 2014). L'un des éléments clés de l'estimation du nombre de décès prématurés dus à la pollution de l'air est la courbure de la fonction concentration-réponse pour un large éventail de concentrations observées. Pour l'année de référence 2010, les calculs du nombre de décès prématurés se fondent sur les travaux de Forouzanfar et al. (2015) concernant la charge de morbidité mondiale pour les  $\text{PM}_{2.5}$  et de Lim et al. (2012) pour l'ozone. Dans les futures projections, la fonction concentration-réponse pour les  $\text{PM}_{2.5}$  en particulier devient plus incertaine, les concentrations de  $\text{PM}_{2.5}$  pondérées en fonction de la population devenant beaucoup plus élevées dans certains pays. Pour tenir compte de cette incertitude, différentes fonctions sont utilisées pour les  $\text{PM}_{2.5}$  : (i) une fonction linéaire correspondant à une simple relation linéaire entre les concentrations et le nombre de décès prématurés corrigé compte tenu de l'évolution des taux de mortalité, et (ii) une fonction non linéaire, dans laquelle le nombre de décès supplémentaires diminue à mesure que les concentrations augmentent. On trouvera dans l'annexe C des détails sur ces deux formulations de la fonction concentration-réponse.

Selon les calculs, le nombre de décès prématurés causés par la pollution de l'air extérieur durant l'année de référence 2010 s'élevait à près de 3 millions dans le monde (ce qui correspond


aux résultats de Forouzanfar et al., 2015). Les projections évaluent le nombre total de décès prématurés dus à la pollution de l'air extérieur à l'échelle mondiale à entre 6 millions et 9 millions en 2060 (selon que l'on utilise une fonction concentration-réponse linéaire ou non linéaire). Cette forte augmentation est à mettre au compte, non pas uniquement de la hausse des concentrations de  $PM_{2.5}$  et de  $O_3$ , mais aussi de l'augmentation et du vieillissement de la population et de l'urbanisation (qui accroît aussi l'exposition).

Les fortes concentrations de  $PM_{2.5}$  sont à l'origine de la plupart des décès prématurés. En 2010, près de 95 % des décès prématurés dus à la pollution de l'air à l'échelle mondiale sont liés

Tableau 3.2. **Décès prématurés dus à l'exposition aux particules et à l'ozone**

Nombre de décès prématurés dus à la pollution de l'air extérieur, milliers de personnes

		2010	2030		2060	
			Non linéaire	Linéaire	Non linéaire	Linéaire
OCDE Amérique	Canada	8	10	10	13	14
	Chili	3	4	4	7	6
	États-Unis	14	21	21	42	42
	Mexique	93	92	99	122	128
OCDE Europe	Quatre grands UE	111	97	98	89	95
	Autres UE OCDE	90	87	84	99	97
	Autres OCDE	28	37	35	65	64
OCDE Pacifique	Australie et Nouv.-Zél.	2	2	3	3	4
	Japon	60	78	76	77	80
	Corée	17	31	30	52	54
Reste de l'Europe et de l'Asie	Chine	905	1 374	1 492	2 065	2 711
	UE non-OCDE	33	26	25	23	22
	Russie	119	106	107	93	93
	Région Caspienne	44	69	69	111	116
	Autres Europe	74	57	56	49	49
Amérique latine	Brésil	36	48	48	73	73
	Autres Amérique latine	38	52	53	87	87
Moyen-Orient et Afrique du Nord	Moyen-Orient	52	85	95	191	229
	Afrique du Nord	52	65	62	107	112
Asie du Sud et du Sud-Est	ANASE 9	102	152	155	286	343
	Indonésie	57	80	81	113	116
	Inde	613	788	926	1 553	3 351
	Autres Asie	202	253	253	509	811
Afrique sub-saharienne	Afrique du Sud	12	8	9	11	11
	Autres Afrique	167	178	180	323	334
OCDE		428	459	460	569	584
Non-OCDE		2 505	3 339	3 610	5 593	8 459
Monde		2 933	3 799	4 070	6 162	9 043

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933406673>

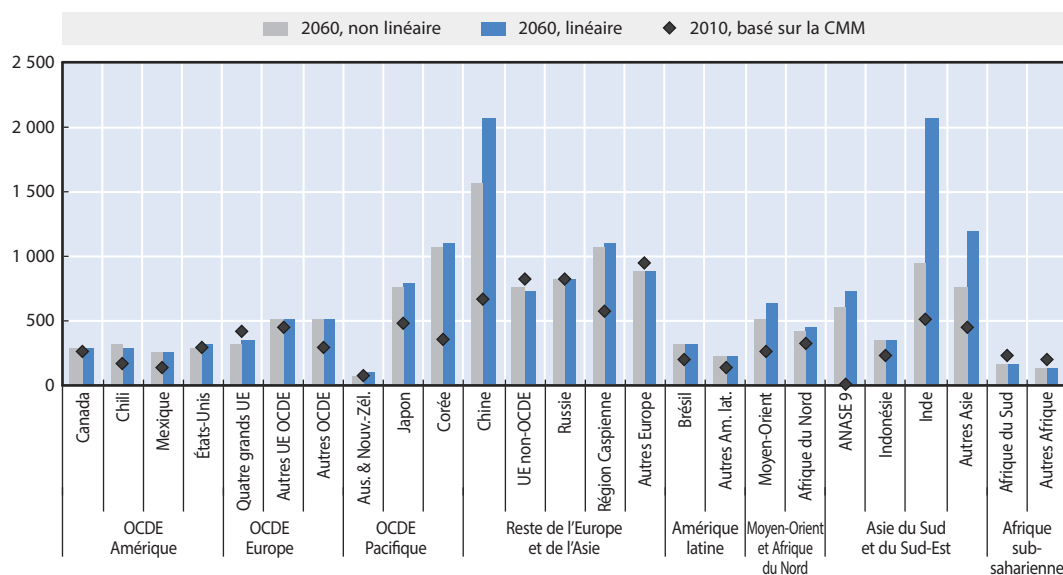
Note : Compte tenu de la courbure des fonctions et du fait que les chiffres ont été arrondis, les effets de la projection non linéaire peuvent dans certains cas apparaître légèrement plus marqués que ceux de la projection linéaire ; cela affecte uniquement les résultats concernant des niveaux de concentration faibles et modestes.

aux particules. Leur contribution à la mortalité varie selon les régions. Elle est plus faible en Inde (89%) et plus forte dans des régions comme le Canada où les particules sont responsables de presque tous les décès prématurés liés à la pollution de l'air extérieur. Si les particules sont la cause de la plus grande part des décès, la mortalité due à l'ozone devrait augmenter à mesure que les concentrations d'ozone s'élèvent et deviennent plus dangereuses pour la santé humaine. Selon les projections, d'ici à 2060, la contribution de l'ozone au nombre total de décès prématurés augmente pour atteindre 7-10%. En Inde, ce chiffre pourrait aller jusqu'à 20%.

Le nombre de décès prématurés est inégalement réparti entre les régions du monde. Comme on le voit au tableau 3.2, les chiffres les plus élevés sont relevés dans les économies non membres de l'OCDE, en particulier en Chine et en Inde. C'est également dans ces régions que l'augmentation du nombre de décès prématurés à l'horizon 2060 est la plus marquée. Le nombre de décès prématurés en Chine représente 31% du total mondial en 2010 et 30-34% en 2060. Si ce pourcentage reste relativement stable pour la Chine, il est en forte progression pour l'Inde et passe de 21% en 2010 à 27-35% en 2060. L'augmentation devrait être plus faible dans les pays de l'OCDE puisque le nombre de décès prématurés, qui s'élevait à 430 000 en 2010, se situe autour de 570-580 000 en 2060. La proportion de décès prématurés dus à la pollution de l'air extérieur dans les pays de l'OCDE diminue dans le temps (de 15% du total mondial en 2010 à 6-9% en 2060). En particulier, le nombre de décès prématurés aux États-Unis passe de 3% en 2010 à 1-2% du total mondial en 2060, et de 8% en 2010, à 2-3% dans l'UE.

La fourchette des résultats projetés en 2060 est plus large dans certaines régions que dans d'autres. Dans les régions où les concentrations sont limitées, il n'y a pratiquement pas de différence entre les résultats obtenus avec l'une et l'autre fonction. Dans les régions où les concentrations connaissent une forte hausse, notamment en Inde et en Chine, mais aussi en Asie du Sud et du Sud-Est, la fourchette peut être assez ample. Les concentrations projetées sont plus élevées en appliquant la fonction linéaire étant donné qu'elle considère que le nombre de décès prématurés continue d'augmenter sensiblement en présence de fortes concentrations de PM.

Graphique 3.8. Nombre de décès prématurés dus à l'exposition aux particules et à l'ozone  
Nombre de décès causés par la pollution de l'air extérieur par an par million de personnes



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406511>

Comme on l'a déjà vu, la hausse du nombre de décès est en partie due à la croissance de la population, qui fait également augmenter le nombre de personnes exposées à la pollution de l'air. Certaines régions parmi les plus touchées sont aussi à forte densité de population. Cependant, même si l'on considère le nombre de décès prématurés par million de personnes (graphique 3.8), les chiffres indiqués dans les projections sont extrêmement élevés en Inde et en Chine. L'Afrique, l'Océanie et l'Amérique latine affichent en revanche les chiffres les plus bas en termes de décès prématurés par million de personnes.

### 3.4.2. Maladies

Comme indiqué précédemment, la hausse des concentrations de PM<sub>2,5</sub> et d'ozone accroîtra aussi le nombre de cas de maladies et, par conséquent, le nombre d'admissions à l'hôpital, le montant des dépenses de santé et le nombre de jours de maladie ou d'activité restreinte, ce qui nuira à la productivité du travail.

Le tableau 3.3 récapitule les impacts sur la santé à l'échelle mondiale. Le nombre de cas de bronchite devrait fortement augmenter pour passer de 12 à 36 millions de nouveaux cas par an chez les enfants âgés de 6 à 12 ans, et de 3.5 à 10 millions chez les adultes<sup>2</sup>. Les enfants souffrent aussi d'asthme, et le nombre de jours durant lesquels les sujets âgés de 5 à 19 ans manifestent des symptômes de cette maladie évolue à la hausse.

Tableau 3.3. Impacts sur la santé à l'échelle mondiale

	2010	2060
<b>Maladies respiratoires (nombre de cas en millions)</b>		
Bronchite, enfants âgés de 6 à 12 ans	12	36
Bronchite chronique (adultes, cas)	3.5	10
<b>Jours caractérisés par des symptômes d'asthme (nombre de jours en millions)</b>		
Jours caractérisés par des symptômes d'asthme (sujets âgés de 5 à 19 ans)	118	360
<b>Coûts des soins de santé (nombre d'admissions en millions)</b>		
Admissions à l'hôpital	3.6	11
<b>Jours d'activité restreinte (nombre de jours en millions)</b>		
Jours de travail perdus	1 240	3 750
Jours d'activité restreinte	4 930	14 900
Jours d'activité légèrement restreinte (pour symptômes asthmatiques)	630	2 580

StatLink  <http://dx.doi.org/10.1787/888933406684>

L'augmentation du nombre de cas de maladie entraîne une augmentation équivalente du nombre d'admissions à l'hôpital et, par conséquent, des coûts de santé correspondants (voir l'annexe C). Selon les projections, le nombre d'admissions à l'hôpital augmente de 3.6 millions en 2010, à 11 millions en 2060.

Les cas de maladie supplémentaires ont également un impact sur les activités de travail normales. En 2060, le temps de travail perdu à l'échelle mondiale sera de l'ordre de 3.75 milliards de jours mais le nombre de jours d'activité restreinte (légèrement restreinte) aura aussi augmenté.

Le tableau 3.3 présente les résultats à l'échelle mondiale, mais il existe des disparités régionales qui correspondent aux différents degrés de concentration des polluants, aux niveaux d'exposition des différentes régions et aux caractéristiques démographiques de la

population. Les coûts sanitaires supplémentaires associés à ces impacts varient également à l'échelle mondiale, en fonction des différentes capacités et du financement des systèmes de santé et des coûts moyens des admissions à l'hôpital.

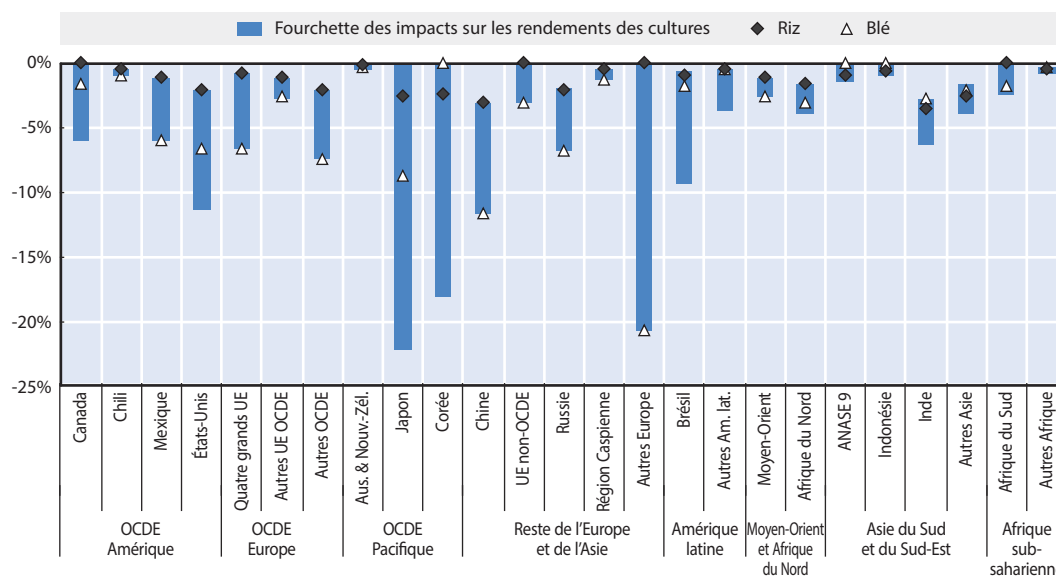
Comme indiqué à la section 2.6, le nombre supplémentaire de cas de maladie et d'admissions à l'hôpital est utilisé pour calculer la dépense totale de santé à l'aide des valeurs unitaires fixées dans chaque cas. Le nombre de jours perdus permet de calculer la modification de la productivité du travail, comme l'indique la section 2.7. La dépense de santé supplémentaire totale et les variations de la productivité du travail sont ensuite injectées dans le modèle ENV-Linkages pour calculer les coûts marchands correspondants. Les résultats concernant ces coûts sont présentés dans le chapitre 4.

Les résultats concernant le nombre de cas de maladie, d'admissions à l'hôpital et de jours d'activité restreinte (légèrement restreinte) supplémentaire sont aussi utilisés pour calculer les coûts en bien-être (douleurs et souffrance) en multipliant les résultats obtenus pour chaque impact par la valeur unitaire appropriée, comme cela est expliqué à la section 2.8. Ces coûts non marchands sont présentés au chapitre 5.

### 3.4.3. Impacts sur les rendements agricoles

Les concentrations élevées de polluants, en particulier d'ozone, font baisser les rendements agricoles et ont donc un impact sur la productivité agricole. Le graphique 3.9 présente la modification des rendements agricoles par région pour l'année 2060, exprimée en pourcentage de variation par rapport aux projections hors rétroactions. Ce graphique présente des chiffres couvrant les différentes cultures, et des chiffres séparés pour le riz et le blé.

Graphique 3.9. Impacts de la pollution de l'air extérieur sur les rendements agricoles  
Variation en pourcentage par rapport à la projection hors rétroactions, 2060



StatLink <http://dx.doi.org/10.1787/888933406529>

Source : Calculs des auteurs, d'après le modèle TM5-FASST et Mills et al. (2007).

Selon les calculs effectués au moyen du modèle TM5-FASST et dans le droit fil des études plus générales consacrées à ce sujet (par exemple Mills et al., 2007 ; Chuwah et al., 2015), on observe un impact négatif sur les rendements agricoles dans toutes les régions, avec d'importantes différences entre les régions et les cultures. Dans beaucoup de régions, le blé et les oléagineux sont davantage affectés que les autres cultures, et plusieurs pays de l'OCDE subissent des pertes importantes, notamment le Japon, la Corée et les États-Unis pour les oléagineux, et la Chine et la zone Autres Europe pour le blé.

Dans certaines régions, les effets de la pollution de l'air extérieur sur les rendements agricoles sont faibles. Par exemple, au Chili, dans les régions Autres OCDE et Autres Afrique, en Australie et Nouvelle-Zélande, et en Indonésie, ils sont beaucoup moins marqués que dans les autres régions. Les effets sur les rendements agricoles sont pris en compte dans le modèle ENV-Linkages aux fins de l'évaluation des coûts marchands. Les résultats sont présentés au chapitre 5. Les différences régionales peuvent avoir des répercussions sur la compétitivité de sorte que les régions les moins touchées pourraient même bénéficier de retombées économiques positives.

## Notes

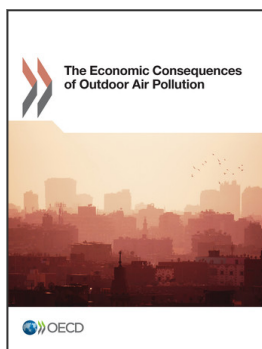
1. Cela pourrait tenir en partie à la sous-estimation des émissions des brûlages des forêts, de la savane et des terres agricoles.
2. Les épisodes de bronchite n'ont pas la même durée chez l'enfant et l'adulte. Chez l'enfant, ils durent généralement 2 semaines environ, tandis que chez l'adulte, la maladie peut devenir chronique une fois qu'elle s'est déclarée.

## Références

- AIE (Agence internationale de l'énergie) (2016, à paraître), *World Energy Outlook special report on Energy and Air Pollution*, AIE, Paris.
- Braconier, H., G. Nicoletti et B. Westmore (2014), « Policy Challenges for the Next 50 Years », *OECD Economic Policy Papers*, n° 9, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jz18gs5fckf-en> (consulté le 3 mai 2016).
- Chateau, J., R. Dellink et E. Lanzi (2014), « An Overview of the OECD ENV-Linkages Model: Version 3 », *Documents de travail de l'OCDE sur l'environnement*, n° 65, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jz2qck2b2vd-en> (consulté le 3 mai 2016).
- Chuwah, C. et al. (2015), « Global impacts of surface ozone changes on crop yields and land use », *Atmospheric Environment*, vol. 106, pp. 11-23.



- Forouzanfar, M.H. et al. (2015), « Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 », *The Lancet*, vol. 386, n° 10010, pp. 2287-2323.
- Lim, S.S. et al. (2012), « A comparative assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk clusters in 21 regions, 1990-2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 », *The Lancet*, vol. 380, pp. 2224-2260.
- Mills, G. et al. (2007), « A synthesis of AOT40-based response functions and critical levels of ozone for agricultural and horticultural crops », *Atmospheric Environment*, vol. 41, pp. 2630-2643.
- OCDE (2014), *Perspectives économiques de l'OCDE*, Éditions OCDE, Paris, [http://dx.doi.org/10.1787/eco\\_outlook-v2014-2-fr](http://dx.doi.org/10.1787/eco_outlook-v2014-2-fr) (consulté le 3 mai 2016).
- OMS (Organisation mondiale de la santé) (2014), *Burden of disease from Household Air Pollution for 2012*, l'Organisation mondiale de la santé, Genève 2014.
- OMS (2006), *Air Quality Guidelines: Global Update 2005*. [www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1) (consulté le 3 mai 2016).
- Shi, L. et al. (2016), « Low-concentration PM2.5 and mortality: estimating acute and chronic effects in a population-based study », *Environmental Health Perspectives*, vol. 124, n° 1, pp. 46-52.



Extrait de :  
**The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution**

Accéder à cette publication :  
<https://doi.org/10.1787/9789264257474-en>

**Merci de citer ce chapitre comme suit :**

OCDE (2016), « Projections de la croissance économique et des impacts de la pollution de l'air extérieur », dans *The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264262294-6-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).