

[15] Haute Autorité de santé : Guide – Affection de longue durée. Diabète de type 1 de l'enfant et de l'adolescent. Saint-Denis La Plaine: HAS; 2007. 12 p. [https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/ald8\\_guidemedecin\\_diabetepe\\_diatrie\\_revunp\\_vuud.pdf](https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/ald8_guidemedecin_diabetepe_diatrie_revunp_vuud.pdf)

[16] Mandereau-Bruno L, Denis P, Fagot-Campagna A, Fosse-Edorh S. Prévalence du diabète traité pharmacologiquement et disparités territoriales en France en 2012. *Bull Epidemiol Hebd.* 2014;(30-31):493-9. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2014/30-31/2014\\_30-31\\_1.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2014/30-31/2014_30-31_1.html)

[17] Große J, Hornstein H, Manuwald U, Kugler J, Glauche I, Rothe U. Incidence of diabetic ketoacidosis of new-onset type 1 diabetes in children and adolescents in different countries correlates with Human Development Index (HDI): An updated systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Horm Metab Res.* 2018;50(03):209-22.

[18] Boulard S, At L, Llanas B, Barat P. Caractéristiques épidémiologiques des enfants de moins de 15 ans pris en charge à l'hôpital des enfants de Bordeaux de 1998 à 2002 devant la découverte d'un diabète de type 1. *Arch Pediatr.* 2007; 14(2):198-9.

[19] Choleau C, Maitre J, Elie C, Barat P, Bertrand AM, de Kerdanet M, *et al.* Effet à un an de la campagne nationale de prévention de l'acidocétose au moment du diagnostic de diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent. *Arch Pediatr.* 2015;22(4):343-51.

#### Citer cet article

Le Gall M, Nivot S, Guitteny MA, Saade MB, Bourdet K, Marques C, *et al.* Incidence, prévalence et circonstances de découverte du diabète de type 1 chez l'enfant en Bretagne entre 2017 et 2019. *Bull Epidemiol Hebd.* 2021;(13):226-32. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/13/2021\\_13\\_1.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/13/2021_13_1.html)

## > ARTICLE // Article

### IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR AMBIANT SUR LA MORTALITÉ EN FRANCE MÉTROPOLITAINE : RÉDUCTION EN LIEN AVEC LE CONFINEMENT DU PRINTEMPS 2020 ET IMPACT À LONG TERME POUR LA PÉRIODE 2016-2019

// IMPACT OF AIR POLLUTION ON MORTALITY IN METROPOLITAN FRANCE: REDUCTION RELATED TO THE SPRING 2020 LOCKDOWN AND LONG-TERM IMPACT FOR 2016-2019

Lucie Adélaïde<sup>1</sup> ([lucie.adelaide@santepubliquefrance.fr](mailto:lucie.adelaide@santepubliquefrance.fr)), Sylvia Medina<sup>1</sup>, Véréne Wagner<sup>1</sup>, Perrine de Crouy-Chanel<sup>1</sup>, Elsa Real<sup>2</sup>, Augustin Colette<sup>2</sup>, Florian Couvidat<sup>2</sup>, Bertrand Bessagnet<sup>3</sup>, Maxime Alter<sup>4</sup>, Amélie Durou<sup>1</sup>, Sabine Host<sup>5</sup>, Marion Hulin<sup>1</sup>, Magali Corso<sup>1</sup>, Mathilde Pascal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Santé publique France, Saint-Maurice

<sup>2</sup> Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Verneuil-en-Halatte

<sup>3</sup> Centre technique de référence en matière de pollution atmosphérique (Citepa), Paris

<sup>4</sup> Air Climat Énergie Santé (Atmo Grand Est), Schiltigheim

<sup>5</sup> Observatoire régional de santé Île-de-France (ORS), Paris

Soumis le 30.03.2021 // Date of submission: 03.30.2021

#### Résumé // Abstract

**Contexte** – La réduction des activités socioéconomiques liée au confinement adopté pour limiter la propagation de la Covid-19 au printemps 2020 a conduit à des diminutions des concentrations de polluants dans l'air ambiant.

**Méthodes** – La méthode d'évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) a été utilisée pour estimer l'impact sur la mortalité de la population française en termes de : 1/ à court terme et à plus long terme, conséquences des réductions des niveaux de particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) et du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) durant le confinement, et 2/ à long terme, estimation du poids total de la pollution sur la période 2016-2019.

**Résultats** – La limitation des activités socioéconomiques au printemps 2020 a entraîné une réduction de l'exposition de la population française au NO<sub>2</sub> et aux particules fines qui a permis d'éviter environ 2 300 décès en lien avec les PM et près de 1 200 en lien avec le NO<sub>2</sub>.

L'impact à long terme de la pollution sur la mortalité est estimé à près de 40 000 décès annuels en lien avec les PM<sub>2,5</sub> et à près de 7 000 décès attribuables à l'exposition au NO<sub>2</sub>.

**Conclusion** – Ces résultats constituent une nouvelle illustration confirmant que même des actions publiques à court-terme de réduction des sources de pollution de l'air conduisent à des bénéfices immédiats en termes d'exposition de la population et d'impact sur la santé. Les actions publiques, autres que le confinement qui n'est évidemment pas souhaitable, constituent ainsi un levier efficace pour améliorer la qualité de l'air ambiant et la santé de la population. De plus, les résultats soulignent que, sur le long terme, la mortalité en lien avec la pollution de l'air demeure un facteur de risque conséquent en France et que les efforts de réduction de la pollution doivent être poursuivis durablement sur toutes les sources, avec une transition adaptée mais néanmoins ambitieuse.

**Background** – The reduction of socioeconomic activities related to the spring 2020 lockdown implemented to limit the spread of COVID-19 in France led to decreases in air pollutant concentrations.

**Methods** – The quantitative health impact assessment method was used to estimate the impact on mortality of the French population: 1/ in the short- and longer term, impacts of the decreases in particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) levels observed during the lockdown; and 2/ in the long term, impact on the total burden for the years 2016-2019.

**Results** – The limiting of socioeconomic activities in the spring of 2020 reduced NO<sub>2</sub> and PM population's exposures that resulted in 2,300 deaths avoided in relation to PM and nearly 1,200 in relation to NO<sub>2</sub>. The long-term impact of air pollution on mortality is estimated at nearly 40,000 annual deaths attributable to PM<sub>2,5</sub> exposure and nearly 7,000 deaths attributable to NO<sub>2</sub> exposure.

**Conclusion** – These results show that short-term reductions in air pollution levels are associated with rapid, measurable health benefits. They confirm that even short-term public actions that reduce air pollution levels (different from lockdown, which is obviously not desirable) appear to have a significant impact on health. Moreover, the results underline that on the long-term, although mortality related to ambient air pollution shows a slight downward trend, it remains a significant risk factor in France. Therefore, efforts to reduce air pollution and associated mortality must be pursued lastingly for all sources of air pollution through tailored, ambitious policies.

---

**Mots-clés :** Confinement, Covid-19, EQIS, Pollution de l'air ambiant, Mortalité

// **Keywords:** Lockdown, COVID-19, QHIA, Air Pollution, Mortality

---

## Introduction

Afin d'endiguer la propagation du SARS-CoV-2, les autorités françaises ont pris des mesures de confinement totalement inédites au printemps 2020, conduisant à un ralentissement massif des activités économiques et sociales en France. Ces mesures ont eu pour conséquences indirectes des réductions locales et ponctuelles de certains facteurs de risques environnementaux, comme par exemple le bruit en ville, ou les concentrations de certains polluants dans l'air<sup>1-3</sup>. Les études analysant la qualité de l'air en France au printemps 2020<sup>(1),(2),(3)</sup> suggèrent notamment des diminutions marquées des concentrations moyennes quotidiennes de NO<sub>2</sub> et plus modérées pour les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>).

Cette étude présente une estimation des impacts sur la santé attribuables à la baisse des niveaux de pollution en lien avec les mesures de confinement adoptées en France métropolitaine au printemps 2020.

Pour mettre en perspective ces résultats, et afin d'actualiser les estimations publiées en 2016<sup>4</sup>, une évaluation du fardeau que représente à long terme la pollution de l'air ambiant sur la mortalité annuelle en France métropolitaine pour la période 2016-2019 a également été réalisée.

## Méthode

Trois évaluations quantitatives d'impact sur la santé (EQIS) ont été réalisées en s'appuyant sur les recommandations du guide EQIS de la pollution de l'air ambiant (EQIS-PA) de Santé publique France, publié en 2019<sup>5</sup>. Elles ont estimé les impacts sur la mortalité de l'exposition aux particules (PM) et au NO<sub>2</sub>, à partir

de scénarios permettant de calculer : les bénéfices à court et plus long terme des baisses observées en lien avec le confinement, et les impacts à long terme de l'exposition chronique sur la période 2016-2019.

La méthode est résumée ci-après, et présentée en détail dans le rapport d'étude<sup>5,6</sup>. Les principaux éléments utilisés dans chaque EQIS sont résumés dans le tableau 1.

### Zone et périodes d'étude

Les analyses ont été réalisées à l'échelle communale. Pour étudier les effets à court terme (survenant dans les quelques jours suivant l'exposition) du confinement, plusieurs périodes correspondant à la mise en place des mesures de confinement ont été examinées : le confinement strict (du 16 mars au 11 mai 2020) et le déconfinement progressif (du 11 mai au 22 juin 2020). Pour les effets à plus long terme (survenant plusieurs mois après l'exposition), une période d'un an a été prise en compte, de juillet 2019 à juin 2020. Enfin, pour l'impact à long terme, quatre années pendant lesquelles il n'y a pas eu d'évènement sanitaire ou environnemental majeur, comme celui de la canicule de 2003 par exemple, ont été sélectionnées (tableau 1).

### Choix des relations concentration-risque

Les EQIS ont considéré des relations log-linéaires entre l'exposition aux polluants et la mortalité, caractérisées par des relations concentration-risque ou risques relatifs (RR). Ces RR, et leurs intervalles de confiance à 95% (IC95%), ont été choisis dans la littérature en privilégiant, lorsque cela a été possible, les études issues de méta-analyses et valorisant des données françaises (tableau 1). Elles sont conformes aux recommandations des guides EQIS-PA<sup>5</sup>.

Nous avons sélectionné des polluants liés à des sources sur lesquelles il est facilement possible d'agir, à savoir les particules (liées au trafic, à l'industrie, au chauffage résidentiel et aux épandages agricoles au printemps) et le NO<sub>2</sub> (principalement lié au trafic routier).

<sup>(1)</sup> <https://www.ineris.fr/fr/ineris/actualites/confinement-environnement-nouvel-outil-visualiser-quotidiennement-effets>

<sup>(2)</sup> <https://atmo-france.org/covid-19-focus-sur-lexposition-des-riverains-a-la-pollution-automobile-pres-des-grands-axes-avant-pendant-le-confinement-21-avril-2020/>

<sup>(3)</sup> <https://atmo-france.org/les-bilans-regionaux-de-limpact-du-covid-19-sur-la-qualite-de-lair/>

## Indicateurs de santé

Les données journalières de mortalité non accidentelle tous âges pour l'impact à court terme, et les données de mortalité totale annuelle toutes causes chez les 30 ans et plus ont été obtenues à l'échelle communale auprès du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc-Inserm) pour les années les plus récentes disponibles (2014-2016) (tableau 1).

## Évaluation de l'exposition

Les concentrations des polluants dans l'air ont été modélisées par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) en utilisant une adaptation des émissions nationales pendant les périodes de confinement réalisée par le Centre interprofessionnel technique d'études la pollution atmosphérique (Citepa) sur la base des estimations du Service Copernicus de surveillance de l'atmosphère<sup>10</sup>. Cette modélisation a été réalisée sur une grille utilisant des mailles de 4 km x 4 km couvrant la France à l'aide du modèle de chimie-transport

CHIMERE<sup>6,11</sup>. Cette résolution est suffisante pour caractériser les concentrations de fond des principaux centres urbains. En effet, la méthodologie utilisée pour produire des concentrations simulées (combinaison du modèle et des concentrations observées à une résolution de 4 km) a été évaluée sur la période 2000-2015 par comparaison avec les données de mesures *in situ*. Comme les informations des stations de mesure sont utilisées pour produire les concentrations, une méthode de validation croisée est utilisée. Les scores ruraux et urbains sont calculés séparément. De très bons scores sont obtenus sur les stations urbaines pour les NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et O<sub>3</sub> avec une corrélation de Pearson supérieure à 0,77 et des biais moyens qui ne dépassent pas 5% des concentrations. Ces scores montrent la capacité de la méthode à produire des données représentatives des concentrations de fond urbaines<sup>12</sup>.

Enfin, les concentrations modélisées sont combinées aux observations de terrain pour limiter les biais systématiques du modèle, donc les incertitudes.

Tableau 1

### Scénarios, périodes d'étude et choix des risques relatifs

EQIS	Périodes d'étude	Indicateurs de mortalité	Classes d'âge	Risques relatifs pour une augmentation de 10 µg/m <sup>3</sup> [IC95%]	Références
Impact sur la mortalité lié à la baisse des concentrations de polluants de l'air occasionnée par les restrictions d'activité en lien avec la Covid-19 au printemps 2020	<b>Confinement strict :</b> 16 mars au 11 mai 2020	Mortalité Non-accidentelle	Tous âges	PM <sub>10</sub> : 1,0030 [1,0013-1,0047]	Liu <i>et al.</i> 2019 <sup>b</sup> [7]
	<b>Déconfinement progressif :</b> 11 mai au 22 juin 2020	Code CIM-10 : A00-R99		NO <sub>2</sub> : 1,0075 [1,0040-1,011]	Corso <i>et al.</i> 2020 [8]
Scénario 2 : Impact à plus long terme sur la mortalité consécutif à la baisse des concentrations annuelles de pollution de l'air occasionnée par les restrictions d'activité et modélisée à partir d'hypothèses portant sur la réduction des émissions pendant le confinement strict et le déconfinement progressif <sup>a</sup>	<b>Période totale :</b> 16 mars au 22 juin 2020	Mortalité Totale	≥30 ans	PM <sub>2,5</sub> : 1,15 [1,05-1,25]	Pascal <i>et al.</i> 2016 [4]
	1 <sup>er</sup> juillet 2019 au 30 juin 2020	Code CIM-10 : A00-Y98		NO <sub>2</sub> : 1,023 [1,008-1,037]	COMEAP 2018 [9]
Impact à long terme de la pollution de l'air ambiant entre 2016 et 2019 (hors contexte des mesures prises pour limiter la propagation de la Covid-19)	1 <sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2019 (période de 4 ans la plus récente avec des données disponibles)	Mortalité Totale	≥30 ans	PM <sub>2,5</sub> : 1,15 [1,05-1,25]	Pascal <i>et al.</i> 2016 [4]
		Code CIM-10 : A00-Y98		NO <sub>2</sub> : 1,023 [1,008-1,037]	COMEAP 2018 [9]

<sup>a</sup> Le déconfinement progressif correspond à une reprise progressive de l'activité à la suite du confinement strict.

<sup>b</sup> Par rapport à l'étude indiquée en référence, les RR reportés ici ne prennent en compte dans la méta-analyse que ceux des pays occidentaux (Canada, République tchèque, Estonie, Finlande, France, Allemagne, Grèce, Italie, Portugal, Espagne, Suède, Suisse, Royaume-Uni et États-Unis) et non l'ensemble des pays de l'étude.

EQIS : Évaluation quantitative d'impact sur la santé ; CIM-10 : Classification internationale des maladies – 10<sup>e</sup> révision ; IC95% : intervalle de confiance à 95%.

L'estimation des expositions journalières et annuelles à la commune a été réalisée à partir des concentrations modélisées moyennes pondérées par la population.

Un premier jeu de simulation a permis d'estimer la baisse des concentrations journalières de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$  attribuables aux mesures de confinement, tenant compte des impacts de ces mesures sur les émissions de polluants de l'air<sup>10</sup>. Les impacts sont calculés à partir de la différence entre l'exposition effective de la population pendant les périodes de confinement strict et de déconfinement progressif, et l'exposition qui aurait été observée en l'absence de ces mesures de confinement. L'impact à court terme a été étudié sur les  $\text{PM}_{10}$  et le  $\text{NO}_2$ , l'impact à long terme sur les  $\text{PM}_{2,5}$  et le  $\text{NO}_2$ .

Un second jeu de simulation a permis d'estimer les concentrations annuelles moyennes de  $\text{NO}_2$  et  $\text{PM}_{2,5}$  sur la période 2016-2019. Là encore, les modélisations CHIMERE ont été corrigées sur la base d'observations de terrain remontées par les AASQA (Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air) par une méthode géostatistique d'interpolation spatiales des données (krigeage) développée par le LCSQA (Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air)<sup>13,14</sup>.

### Seuils de référence retenus pour estimer l'impact à long terme de la pollution de l'air ambiant en France métropolitaine

L'impact à long terme de la pollution de l'air ambiant en France est estimé par rapport à des valeurs de référence correspondant à une situation sans source anthropique de polluants. En l'absence de modèle permettant d'estimer ces valeurs, nous avons retenu les valeurs de référence de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$ , et de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{NO}_2$ . Concernant les  $\text{PM}_{2,5}$ , il s'agit d'une valeur très proche de celle utilisée dans l'EQIS précédemment réalisée par Santé publique France<sup>4</sup>, qui avait retenu une référence de  $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour le  $\text{NO}_2$ , cette valeur correspond au niveau choisi pour l'analyse de sensibilité réalisée par l'Agence européenne de l'environnement (AEE), sur la base de la publication de Raaschou-Nielsen et coll.<sup>15</sup>. Le niveau d'exposition considéré dans l'EQIS correspond à la différence entre l'exposition moyenne annuelle estimée sur la période 2016-2019 et le seuil retenu (cette différence étant nulle si la concentration est déjà inférieure au seuil).

### Analyses de sensibilité

Deux sources d'incertitude et de variabilité de l'EQIS, qui font l'objet de débats dans la communauté scientifique, ont été considérées ici :

- L'utilisation de RR [IC95%] alternatifs à partir de RR issus de deux méta-analyses récentes réalisées pour la révision des valeurs guides de l'OMS (Organisation mondiale de la santé) pour les  $\text{PM}_{2,5}$  ( $1,07 [1,03-1,11]$ )<sup>16</sup> et le  $\text{NO}_2$  ( $1,02 [1,01-1,04]$ )<sup>17</sup>.

- L'utilisation de seuils de référence alternatifs pour le scénario « impact à long terme pour la période 2016-2019 » avec des seuils de  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$  (seuils utilisés par l'AEE pour estimer l'impact à long terme de la pollution en France)<sup>18</sup> et des seuils de  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{NO}_2$ .

## Résultats

Pour les calculs de l'EQIS, ont été utilisés sur la période 2014-2016 : 1/ le nombre moyen quotidien de décès, toutes causes non accidentelles, qui est de 1 453 ; et 2/ le nombre moyen annuel de décès toutes causes de personnes âgées de 30 ans et plus qui est de 561 953.

### Impacts de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en lien avec le confinement du printemps 2020

#### Impact à court terme

En moyenne, sur la période du confinement strict (du 16 mars au 11 mai 2020) et selon les communes, la différence entre le niveau estimé en  $\text{PM}_{10}$  et sa référence estimée sans confinement variait entre  $-8,6$  et  $-0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre  $-30,8$  et  $-0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{NO}_2$ , avec des pourcentages de réduction moyens respectifs de 12,5% et 44,7% (tableau 2). Sur cette période, les baisses de  $\text{NO}_2$  ont permis d'éviter 243 [130 ; 357] décès et les baisses de  $\text{PM}_{10}$ , 61 [26 ; 97] décès (soit respectivement 0,3% et 0,08% de la mortalité totale annuelle), dont environ la moitié se concentrait dans les communes appartenant à une unité urbaine de plus de 100 000 habitants.

La période de déconfinement progressif (du 11 mai au 22 juin 2020) était caractérisée par une baisse des concentrations en polluants moins importante que durant le confinement strict, avec un gradient d'exposition positif entre les communes identifiées comme « rurales » et celles identifiées comme « urbaines » toujours plus marqué pour le  $\text{NO}_2$  que pour les  $\text{PM}_{10}$  (tableau 2). Pour cette période, 39 [16 ; 61] décès ont été évités grâce aux baisses de concentrations en  $\text{NO}_2$  et 8 [1 ; 14] décès grâce aux baisses de concentrations en  $\text{PM}_{10}$ , représentant respectivement 0,1% et 0,01% de la mortalité totale annuelle.

#### Impact à plus long terme

En moyenne pour la période allant du 1<sup>er</sup> juillet 2019 au 30 juin 2020, la différence entre les concentrations annuelles sans confinement et celles avec confinement pour les  $\text{PM}_{2,5}$  en France métropolitaine variait, selon les communes, entre  $-0,9$  et  $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et entre  $-7,0$  et  $-0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{NO}_2$ , avec des pourcentages de réduction moyens respectifs de 2,4% et 7,8% (tableau 2). Un gradient d'exposition positif allant des zones rurales aux zones urbaines de plus de 100 000 habitants et plus marqué pour le  $\text{NO}_2$  que pour les  $\text{PM}_{2,5}$  était également observé.

Tableau 2

**Différences moyennes journalières et pourcentages de réduction [min ; max] par période, par polluant et par classe d'urbanisation en France métropolitaine du 16 mars au 22 juin 2020 et du 1<sup>er</sup> juillet 2019 au 30 juin 2020**

Classes d'urbanisation	Confinement strict (A) (16 mars au 11 mai 2020)		Déconfinement progressif (B) (11 mai au 22 juin 2020)		Période totale (A+B) (16 mars au 22 juin 2020)		Annuelle (1 <sup>er</sup> juillet 2019 au 30 juin 2020)	
	Différence moyenne journalière (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de réduction (%)	Différence moyenne journalière (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de réduction (%)	Différence moyenne journalière (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de réduction (%)	Différence moyenne journalière (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de réduction (%)
<b>PM<sub>10</sub></b>								
Rurales (<2 000 habitants)	-2,4 [-4,9 ; -0,1]	12,4 [-1,1 ; 29,0]	-0,4 [-1,6 ; 0,6]	2,9 [-5,4 ; 11,0]	-1,5 [-3,2 ; 0,1]	8,3 [-1,8 ; 19,5]	/	/
Semi-rurales (de 2 000 à 20 000 habitants)	-2,4 [-4,6 ; -0,1]	12,3 [-0,2 ; 26,1]	-0,4 [-1,3 ; 0,4]	2,7 [-3,9 ; 9,2]	-1,5 [-3,0 ; 0,1]	8,1 [-1,8 ; 16,9]	/	/
Semi-urbaines (de 20 000 à 100 000 habitants)	-2,4 [-4,7 ; -0,1]	12,4 [-0,2 ; 25,7]	-0,4 [-1,4 ; 0,4]	2,5 [-3,9 ; 9,7]	-1,5 [-3,0 ; 0,1]	8,1 [-1,8 ; 16,6]	/	/
Urbaines (>100 000 habitants)	-2,7 [-8,6 ; -0,1]	13,1 [-0,6 ; 44,9]	-0,4 [-4,4 ; 0,7]	2,5 [-7,1 ; 33,1]	-1,7 [-6,7 ; 0,1]	8,5 [-1,7 ; 39,8]	/	/
<b>France métropolitaine</b>	<b>-2,4</b> [-8,6 ; -0,1]	<b>12,5</b> [-1,1 ; 44,9]	<b>-0,4</b> [-4,4 ; 0,7]	<b>2,8</b> [-7,1 ; 33,1]	<b>-1,5</b> [-6,7 ; 0,1]	<b>8,3</b> [-1,8 ; 39,8]	/	/
<b>NO<sub>2</sub></b>								
Rurales (<2 000 habitants)	-3,0 [-12,8 ; -0,3]	43,5 [6,9 ; 181,2]	-0,5 [-5,6 ; 0,1]	8,1 [-1,6 ; 99,1]	-1,9 [-8,7 ; -0,2]	28,1 [3,5 ; 121,7]	-0,5 [-2,3 ; -0,04]	7,6 [1,0 ; 32,9]
Semi-rurales (de 2 000 à 20 000 habitants)	-3,5 [-11,8 ; -0,3]	48,1 [7,7 ; 122,2]	-0,6 [-4,8 ; 0,1]	9,2 [-1,0 ; 78,5]	-2,3 [-8,3 ; -0,2]	31,2 [4,4 ; 97,8]	-0,6 [-2,2 ; -0,05]	8,4 [1,2 ; 26,4]
Semi-urbaines (de 20 000 à 100 000 habitants)	-3,8 [-10,7 ; -0,9]	49,7 [15,2 ; 127,8]	-0,7 [-3,6 ; 0,04]	9,5 [-0,8 ; 43,0]	-2,5 [-7,6 ; -0,6]	32,2 [9,6 ; 89,9]	-0,7 [-2,1 ; -0,2]	8,7 [2,6 ; 24,3]
Urbaines (>100 000 habitants)	-5,1 [-30,8 ; -1,3]	52,7 [21,4 ; 214,8]	-1,0 [-19,6 ; -0,04]	11,3 [-0,2 ; 150,3]	-3,3 [-25,9 ; -0,8]	34,7 [13,7 ; 186,8]	-0,9 [-7,0 ; -0,2]	9,4 [3,7 ; 50,5]
<b>France métropolitaine</b>	<b>-3,2</b> [-30,8 ; -0,3]	<b>44,7</b> [6,9 ; 214,8]	<b>-0,6</b> [-19,6 ; 0,1]	<b>8,4</b> [-1,6 ; 150,3]	<b>-2,1</b> [-25,9 ; -0,2]	<b>29,0</b> [3,5 ; 187,8]	<b>-0,6</b> [-7,0 ; -0,04]	<b>7,8</b> [1,0 ; 50,5]
<b>PM<sub>2,5</sub></b>								
Rurales (<2 000 habitants)	/	/	/	/	/	/	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	2,4 [-0,6 ; 5,3]
Semi-rurales (de 2 000 à 20 000 habitants)	/	/	/	/	/	/	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	2,3 [-0,6 ; 4,5]
Semi-urbaines (de 20 000 à 100 000 habitants)	/	/	/	/	/	/	-0,3 [-0,6 ; 0,01]	2,3 [-0,6 ; 4,4]
Urbaines (>100 000 habitants)	/	/	/	/	/	/	-0,3 [-0,9 ; 0,002]	2,4 [-0,5 ; 8,9]
<b>France métropolitaine</b>	/	/	/	/	/	/	<b>-0,3</b> [-0,9 ; 0,01]	<b>2,4</b> [-0,6 ; 8,9]

Ces baisses correspondent à une diminution de la mortalité attribuable aux PM<sub>2,5</sub> de 2 274 [793 ; 3 636] décès et de 893 [313 ; 1 427] décès pour le NO<sub>2</sub>, représentant respectivement 0,4% et 0,2% de la mortalité totale annuelle (figure 1). Environ la moitié de cette baisse de mortalité se concentre dans les communes appartenant à une unité urbaine de plus de 100 000 habitants.

**Impact à long terme sur la mortalité de la pollution de l'air ambiant entre 2016 et 2019 (hors contexte des mesures prises pour limiter la propagation de la Covid-19)**

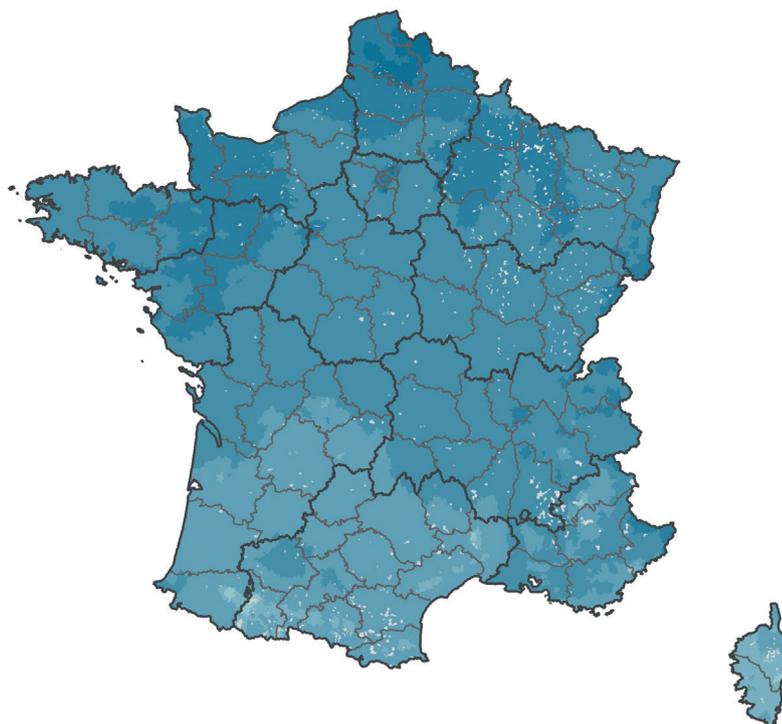
Pour la période du 1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2019, selon les communes, les moyennes annuelles de PM<sub>2,5</sub> variaient de 6,6 à 14,4 µg/m<sup>3</sup>, et de 7,4 à 34,3 µg/m<sup>3</sup>

pour le NO<sub>2</sub>. Les concentrations moyennes étaient plus faibles dans les communes rurales que dans les communes plus urbanisées, avec un gradient moins marqué pour les PM<sub>2,5</sub> que pour le NO<sub>2</sub>.

En considérant le même RR (1,15 [1,05 ; 1,25]) et seuil (de 5 µg/m<sup>3</sup>) que ceux utilisés pour l'étude réalisée en 2016 pour les PM<sub>2,5</sub>, ainsi qu'un seuil de 10 µg/m<sup>3</sup> pour le NO<sub>2</sub>, comme référence pour une pollution d'origine anthropique, 39 541 [14 160 ; 61 690] décès seraient évitables chaque année pour une baisse de l'exposition de la population aux PM<sub>2,5</sub>, et 6 790 [2 400 ; 10 763] décès pour une baisse de l'exposition de la population au NO<sub>2</sub>, représentant respectivement 7% et 1% de la mortalité totale annuelle. Ceci représenterait en moyenne 7,6 mois d'espérance de vie gagnés en raison d'une baisse de l'exposition

Figure 1

**Impact de la diminution des concentrations en  $PM_{2,5}$  et  $NO_2$  sur la mortalité annuelle à l'échelle communale du 1<sup>er</sup> juillet 2019 au 30 juin 2020 en France métropolitaine (en %)**



**Baisse de la mortalité liée à la diminution des concentrations en  $PM_{2,5}$  (en %)**



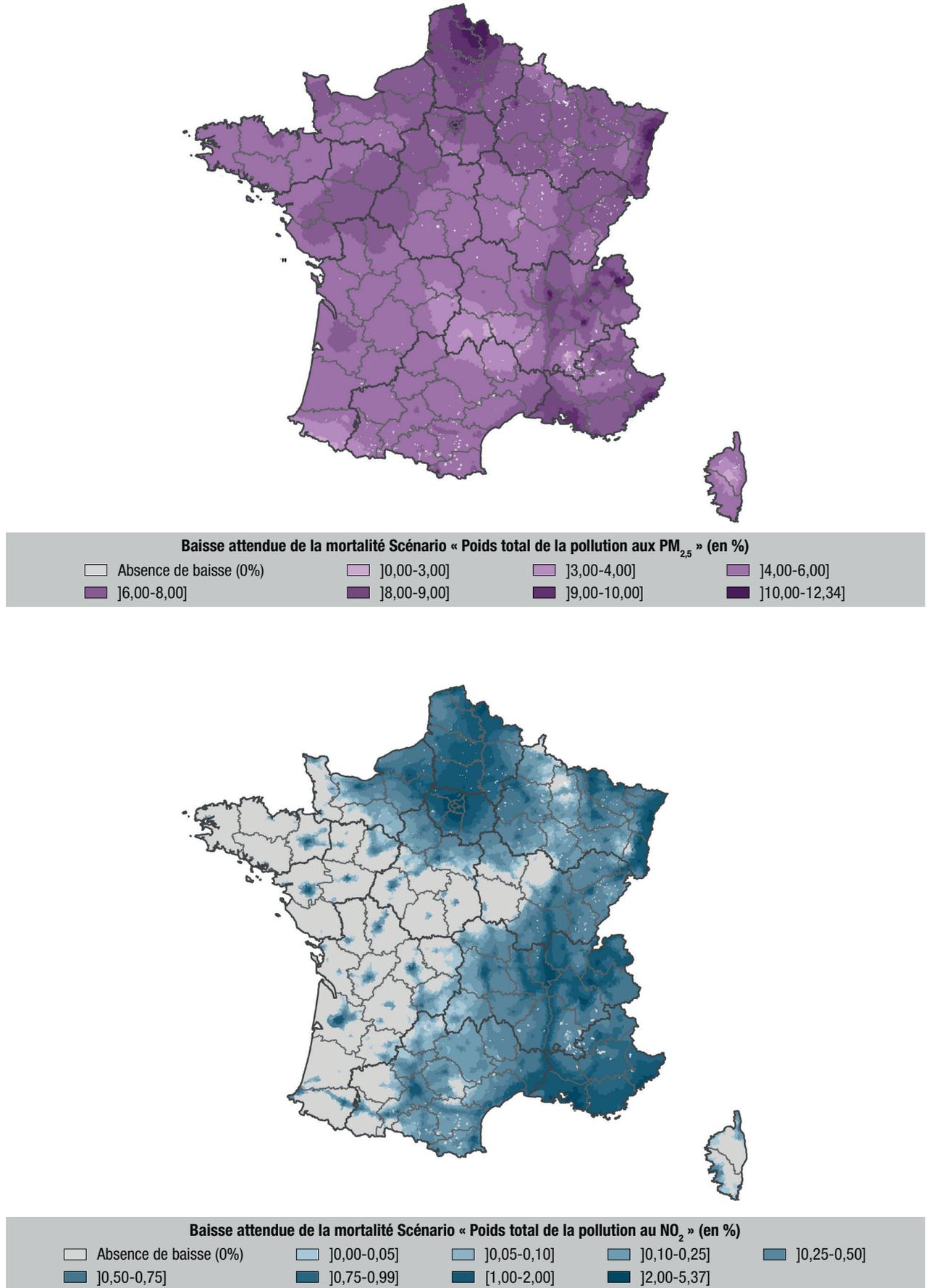
**Baisse de la mortalité liée à la diminution des concentrations en  $NO_2$  (en %)**



Source : Ing-Admin Express, 2018 ; Santé publique France, 2020.

Figure 2

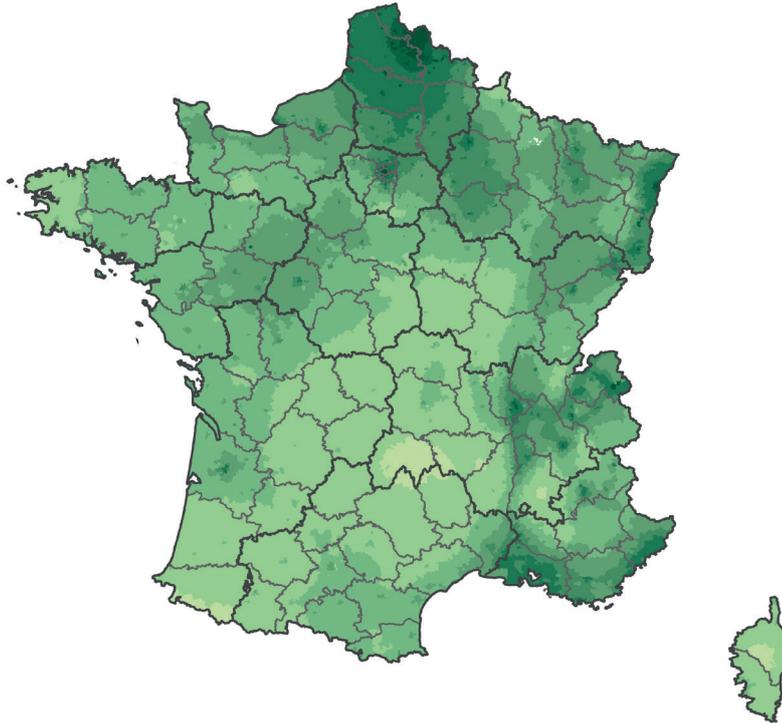
Impact à long terme de l'exposition aux  $PM_{2,5}$  et au  $NO_2$  sur la mortalité de la population âgée de 30 ans et plus à l'échelle communale, du 1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2019 en France métropolitaine (en %)



Source : Ing-Admin Express, 2018 ; Santé publique France, 2020.

Figure 3

**Impact à long terme de l'exposition aux PM<sub>2,5</sub> sur l'espérance de vie de la population âgée de 30 ans et plus à l'échelle communale, du 1<sup>er</sup> janvier 2016 au 31 décembre 2019 en France métropolitaine (en mois)**



**Gain attendu en espérance de vie Scénario « Poids total de la pollution aux PM<sub>2,5</sub> » (en mois)**

[1,96-3,00]	]3,00-5,00]	]5,00-6,00]	]6,00-7,00]
]7,00-8,00]	]8,00-10,00]	]10,00-11,00]	]11,00-15,00]

Source : Ing-Admin Express, 2018 ; Santé publique France, 2020.

aux PM<sub>2,5</sub>, et 1,6 mois en raison d'une baisse de l'exposition au NO<sub>2</sub>, pour les personnes âgées de 30 ans et plus. Une part importante de cet impact en termes de mortalité et de nombre d'années de vie gagnées se concentre dans les communes appartenant à une unité urbaine de plus de 100 000 habitants (43% pour les PM<sub>2,5</sub> et 52% pour le NO<sub>2</sub> pour la mortalité ; 58% pour les PM<sub>2,5</sub> et 64% pour le NO<sub>2</sub> pour le nombre d'années de vie gagnées) (figures 2 et 3).

## Discussion

Au total, les bénéfices sanitaires liés à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant durant le confinement du printemps 2020 peuvent être estimés à environ 2 300 décès évités en lien avec une diminution de l'exposition de la population française aux PM, et 1 200 au NO<sub>2</sub>, majoritairement dus à des effets à plus long terme (diminution de la contribution de la pollution au développement de pathologies conduisant au décès), et dans une moindre mesure à des effets à court terme (décompensation de pathologies préexistantes). Il s'agit d'un ordre de grandeur, en soulignant que les effets du NO<sub>2</sub> et des PM ne peuvent être sommés intégralement, une partie des décès pouvant être attribuée à l'exposition conjointe à ces deux indicateurs de pollution.

Pour mettre en perspective ces estimations liées aux baisses de concentrations du printemps 2020,

l'impact à long terme de la pollution de l'air ambiant sur la période 2016-2019 a été estimé à près de 40 000 décès par an en lien avec une exposition de la population aux PM<sub>2,5</sub>, et à près de 7 000 décès par an pour le NO<sub>2</sub>.

Ces résultats représentent un ordre de grandeur des impacts sanitaires de la pollution de l'air ambiant. Ils sont associés à plusieurs sources d'incertitudes (cartographie de la pollution, hypothèses concernant l'influence du confinement sur les émissions, choix des risques relatifs...). Par ailleurs, ne considérant que deux indicateurs de pollution, et uniquement la mortalité, ils représentent une estimation *a minima* des effets de la pollution sur la santé.

## Impacts des baisses de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en lien avec le confinement du printemps 2020

### Résultats d'EQIS au niveau international

Dans l'ensemble, notre étude est cohérente avec les résultats publiés à l'international, notamment à Séoul<sup>19</sup>, en Chine<sup>20,21</sup>, en Europe<sup>22</sup>, en Californie<sup>23</sup> et en Italie<sup>24</sup>, concernant l'effet des mesures de confinement sur les baisses des concentrations en polluants de l'air ambiant et du nombre de décès attribuables qui en découle, mais les hypothèses de calcul diffèrent ce qui limite les possibilités de comparaison.

## Incertitudes liées aux indicateurs sanitaires

Pour cette étude, les données de mortalité les plus récentes disponibles ont été utilisées, soit celles sur la période 2014-2016. Ce délai de mise à disposition des données est dû au temps nécessaire au CépiDC (service assurant les procédures de codage et de validation) au traitement des données afin de garantir l'exhaustivité et la qualité des données. Certains changements dans la démographie ou l'état de santé ont pu avoir lieu entre 2014 et 2019. Cependant, les données préliminaires montrent que, durant cette période en France, la population a peu varié (de 64 à 65 millions de personnes<sup>(4)</sup>) de même que la mortalité (légère augmentation de 0,07%<sup>(5)</sup>).

## Incertitudes liées à la modélisation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition à la pollution de l'air ambiant repose ici sur des modèles de qualité de l'air pour lesquels les incertitudes peuvent être rattachées soit aux données d'entrée (variabilité des données météorologiques, émissions de polluants...), soit au modèle en lui-même (capacité à bien reproduire les mécanismes physico-chimiques à l'œuvre dans l'atmosphère, résolution spatiale...). Ces incertitudes sont détaillées dans le rapport<sup>6</sup>.

## Facteurs exceptionnels liés au confinement

La situation exceptionnelle créée par le confinement s'est traduite par une modification des conditions d'exposition de la population à la pollution extérieure, avec notamment une réduction de la mobilité, plus de temps passé dans les environnements intérieurs dont la qualité de l'air a pu se détériorer<sup>23,25</sup>, dans certains cas une réduction de l'exposition au bruit<sup>2</sup> et de la mortalité routière<sup>(6)</sup>, des changements d'habitudes de vie et de comportements (réduction de l'activité physique, modification des habitudes alimentaires, augmentation de la consommation d'alcool et autres substances psychoactives...<sup>(7)</sup>), une détérioration de la santé mentale<sup>(8)26</sup>, une baisse ou report du recours aux soins (avec un risque d'aggravation de certaines pathologies)<sup>(9)</sup>. Notre analyse n'a pas permis de quantifier l'influence de ces facteurs exceptionnels, néanmoins ils sont examinés qualitativement dans le rapport d'étude<sup>6</sup>.

<sup>(4)</sup> [https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/graphiques-cartes/population\\_graphiques/](https://www.ined.fr/fr/tout-savoir-population/graphiques-cartes/population_graphiques/)

<sup>(5)</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2383440#tableau-figure1>

<sup>(6)</sup> <https://www.onisr.securite-routiere.gouv.fr/etat-de-l-insecurite-routiere>

<sup>(7)</sup> <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/covid-19-une-enquete-pour-suivre-l-evolution-des-comportements-et-de-la-sante-mentale-pendant-l-epidemie#block-249162>

<sup>(8)</sup> <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/covid-19-une-enquete-pour-suivre-l-evolution-des-comportements-et-de-la-sante-mentale-pendant-l-epidemie>

<sup>(9)</sup> <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2020/covid-19-et-continuite-des-soins-continuer-de-se-soigner-un-imperatif-de-sante-publique>

## Impact à long terme de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité entre 2016 et 2019

### Incertitudes et variabilité liées aux choix du seuil de référence et des risques relatifs

Les analyses de sensibilité combinant différents seuils de référence de pollution anthropique et RR montrent l'influence du choix de ces seuils et des RR dans les résultats d'une EQIS<sup>6</sup>.

Pour les PM<sub>2,5</sub>, l'application d'un RR de 1,07 [1,03 ; 1,11]<sup>16</sup> au lieu de 1,15 [1,06 ; 1,25]<sup>4</sup>, pour un seuil à 5 µg/m<sup>3</sup>, conduit à des estimations deux fois plus faibles (respectivement, 19 532 [8 625 ; 29 819] contre 39 541 [14 160 ; 61 690]). Pour le NO<sub>2</sub>, l'application d'un RR de 1,02 [1,01 ; 1,04]<sup>17</sup> au lieu de 1,023 [1,008 ; 1,037]<sup>9</sup>, pour un seuil à 10 µg/m<sup>3</sup>, conduit naturellement à des estimations similaires (respectivement, 5 923 [2 993 ; 11 600] contre 6 790 [2 400 ; 10 763]).

Plus le seuil de référence utilisé est faible, plus l'estimation de l'impact associé est importante. En prenant un seuil à 0 µg/m<sup>3</sup> et un RR à 1,06 [1,04 ; 1,08] pour les PM<sub>2,5</sub>, équivalent à ceux utilisés par l'AEE, les estimations sont très comparables (33 100 pour l'AEE vs 32 436 pour notre analyse)<sup>18</sup>.

### Mise en perspective par rapport à l'estimation de l'impact à long terme de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité pour la période 2007-2008

Les 40 000 décès estimés pour l'impact à long terme de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité sur la période 2016-2019 peuvent être considérés en regard des 48 000 décès par an attribuables à une exposition aux PM<sub>2,5</sub> pour la période 2007-2008 et publiés en 2016 avec des scénarios et RR identiques<sup>4</sup>. La réduction d'impact sur la santé de la pollution pourrait s'expliquer en partie par la baisse notable des concentrations des polluants atmosphériques ces dernières années<sup>27</sup>. Toutefois, les deux modèles d'estimation de l'exposition utilisés sont différents. L'analyse comparative entre eux indique que les estimations de concentrations moyennes pour les PM<sub>2,5</sub> sont du même ordre de grandeur dans les zones urbaines, soulignant ainsi la cohérence et la robustesse de l'estimation de l'exposition dans ces zones. À l'inverse, les différences entre les estimations pour ce même indicateur d'exposition étant plus importantes dans les zones rurales, l'incertitude y est donc plus importante<sup>6</sup>.

## Conclusion

Ces résultats constituent une nouvelle illustration confirmant que, dans un contexte inédit, qui n'est certainement pas réaliste ni souhaitable pour améliorer la qualité de l'air à long terme, les mesures d'actions publiques apparaissent comme un levier efficace pour réduire les niveaux de pollution. Certains enseignements peuvent déjà être capitalisés en termes de mesures d'actions publiques ou de changements comportementaux (télétravail, report modal...) qui vraisemblablement sont appelés à se pérenniser au sein de la société française.

Par ailleurs, dans une mise en perspective plus large et de long terme, cette étude rappelle et souligne que, si la mortalité en lien avec la pollution de l'air ambiant présente une tendance à la baisse, l'impact à long terme de la pollution de l'air sur la santé demeure un facteur de risque conséquent et toujours d'actualité en France. Ainsi, les efforts de réduction de la pollution de l'air ambiant doivent être poursuivis durablement sur toutes les sources de pollution avec une transition adaptée, mais néanmoins ambitieuse.

Enfin, les restrictions d'activité imposées pour limiter la propagation de la Covid-19 ont eu d'autres conséquences sur la santé de la population, aussi bien positives (réduction du bruit, des accidents de la route, etc.) que négatives (santé mentale, baisse ou retard au dépistage et à l'accès aux soins, diminution de l'activité physique, augmentation de la sédentarité, etc.). Ces facteurs mettent en évidence la nécessité de prendre en compte de manière transversale les indicateurs de santé en considérant les impacts plurifactoriels des interventions, notamment d'adhésion de la population, d'impacts sur les comportements et la santé mentale et, plus largement, d'impact sur le changement climatique. ■

### Remerciements

Nous remercions Atmo Grand Est (Emmanuel Rivière, Florent Vasbien) et AtmoFrance (Charlotte Lepitre) pour leur contribution aux données environnementales fournies, au protocole et à la relecture de cet article, et le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc-Inserm) pour les données de mortalité fournies. Nous remercions également Sylvie Cassadou (CREA-ORS Occitanie), Aymeric Ung (DMNTT, Santé publique France) et Guillaume Boulanger (DSET, Santé publique France) pour leur relecture attentive et leurs suggestions.

### Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

### Références

- [1] Menut L, Bessagnet B, Siour G, Mailler S, Pennel R, Cholakian A. Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. *Sci Total Environ*. 2020; 741:140426.
- [2] Acoucité – Observatoire de l'environnement sonore. Confinement COVID-19 – Impact sur l'environnement sonore. 2020. 50 p. <https://www.acoucite.org/confinement-covid-19-impact-sur-l'environnement-sonore/>
- [3] Barré J, Petetin H, Colette A, Guevara M, Peuch VH, Rouil L, et al. Estimating lockdown induced European NO<sub>2</sub> changes. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2020;2020:1-28.
- [4] Pascal M, de Crouy Chanel P, Wagner V, Corso M, Tillier C, Bentayeb M, et al. The mortality impacts of fine particles in France. *Sci Total Environ*. 2016;571:416-25.
- [5] Pascal M, Yvon JM, Medina S. Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition modélisée. Saint-Maurice: Santé publique France; 2019. 92 p. <https://www.sante-publiquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/guide/pollution-atmospherique.-guide-pour-la-realisation-d-une-evaluation-quantitative-des-impacts-sur-la-sante-eqis.-eqis-avec-une-exposition-modelisee>
- [6] Medina S, Adélaïde L, Wagner V, de Crouy Chanel P, Real E, Colette A, et al. Impact de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine : réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données pour la période 2016-2019. Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 64 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/enquetes-etudes/impact-de-pollution-de-l-air-ambiant-sur-la-mortalite-en-france-metropolitaine.-reduction-en-lien-avec-le-confinement-du-printemps-2020-et-nouvelle>
- [7] Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S, et al. Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *N Engl J Med*. 2019;381(8):705-15.
- [8] Corso M, Blanchard M, Medina S, Wagner V. Short-term associations of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) on mortality in 18 French cities, 2010-2014. *Atmosphere*. 2020;11(11):1-18.
- [9] Public Health England. Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. Rapport COMEAP 2018. 152 p. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/734799/COMEAP\\_NO2\\_Report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/734799/COMEAP_NO2_Report.pdf)
- [10] Guevara M, Jorba O, Soret A, Petetin H, Bowdalo D, Serradell K, et al. Time-resolved emission reductions for atmospheric chemistry modelling in Europe during the COVID-19 lockdowns. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2021;21(2):773-97.
- [11] Mailler S, Menut L, Khvorostyanov D, Valari M, Couvidat F, Siour G, et al. CHIMERE-2017: from urban to hemispheric chemistry-transport modeling. *Geosci Model Dev*. 2017;10(6): 2397-423.
- [12] Real E, Couvidat F, Ung A, Malherbe L, Raux B, Colette A. Historical reconstruction of background air pollution over France for 2000-2015. *Earth Syst. Sci. Data Discuss*. [à paraître] 2021. <https://doi.org/10.5194/essd-2021-182>
- [13] Malherbe L, Ung A. Travaux relatifs à la plate-forme nationale de modélisation PREV'AIR: Réalisation de cartes analysées d'ozone (2/2). Rapport du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA)-Ineris; 2009. <https://www.lcsqa.org/fr/rapport/2009/ineris/travaux-relatifs-plate-forme-nationale-modelisation-pre-vair-realisation-cartes->
- [14] Malherbe L, Létinois L. Assistance relative à l'exploitation de données de campagnes et à la réalisation de cartographies (2/2). Rapport Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA)-Ineris; 2010. 47 p.
- [15] Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Jensen SS, Ketzel M, Sorensen M, Hansen J, et al. Traffic air pollution and mortality from cardiovascular disease and all causes: A Danish cohort study. *Environ Health*. 2012;11:60.
- [16] Chen J, Hoek G. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020;143:105974.
- [17] Huangfu P, Atkinson R. Long-term exposure to NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2020;144:105998.
- [18] European Environment Agency. Air quality in Europe – 2020 report. 2020. 164 p. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
- [19] Han C, Hong YC. Decrease in ambient fine particulate matter during COVID-19 crisis and corresponding health benefits in Seoul, Korea. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(15):5279.
- [20] Chen K, Wang M, Huang C, Kinney PL, Anastas PT. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. *Lancet Planet Health*. 2020;4(6):e210-2.

[21] Nie D, Shen F, Wang J, Ma X, Li Z, Ge P, *et al.* Changes of air quality and its associated health and economic burden in 31 provincial capital cities in China during COVID-19 pandemic. *Atmos Res.* 2021;249:105328.

[22] Giani P, Castruccio S, Anav A, Howard D, Hu W, Crippa P. Short-term and long-term health impacts of air pollution reductions from COVID-19 lockdowns in China and Europe: A modelling study. *Lancet Planet Health.* 2020;4(10):e474-82.

[23] Son JY, Fong KC, Heo S, Kim H, Lim CC, Bell ML. Reductions in mortality resulting from reduced air pollution levels due to COVID-19 mitigation measures. *Sci Total Environ.* 2020; 744:141012.

[24] Granella F, Reis LA, Bosetti V, Tavoni M. COVID-19 lockdown only partially alleviates health impacts of air pollution in Northern Italy. 2021. *Environ Res Lett.* 16(3) 03501.

[25] Hulin M, Simoni M, Viegi G, Annesi-Maesano I. Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *Eur Respir J.* 2012;40(4):1033-45.

[26] Escalon H, Deschamps V, Verdot C. Activité physique et sédentarité des adultes pendant la période de confinement lié à l'épidémie de Covid-19 : état des lieux et évolutions perçues (CoviPrev, 2020). *Bull Epidemiol Hebd.* 2021;(Cov\_3):2-13. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/Cov\\_3/2021\\_Cov\\_3\\_1.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/Cov_3/2021_Cov_3_1.html)

[27] Ministère de la Transition écologique. Bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2019. Rapport 2020. 36 p. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-de-la-qualite-de-lair-exterieur-en-france-en-2019-0>

#### Citer cet article

Adélaïde L, Medina S, Wagner V, de Crouy-Chanel P, Real E, Colette A, *et al.* Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine : réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et impact à long terme pour la période 2016-2019. *Bull Epidemiol Hebd.* 2021;(13):232-42. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/13/2021\\_13\\_2.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2021/13/2021_13_2.html)