

**Journée nationale de la qualité de l'air, 14 octobre 2022 (partie 1)  
// National Day for Air Quality, 14<sup>th</sup> October 2022 (part 1)**

**Coordination scientifique // Scientific coordination**

**Yana Dimitrova et Sophie Rousseau** (*Ligue nationale contre le cancer*)

Et pour le Comité de rédaction du BEH : **Florence Bodeau-Livinec** (EHESP), **Damien Mouly** (Santé publique France – Nouvelle-Aquitaine), **Valérie Olié, Hélène Therre et Sophie Vaux** (Santé publique France)

**SOMMAIRE // Contents**

**ÉDITORIAL // Editorial**

Renforcer les liens entre collectivités  
et recherche pour améliorer la qualité de l'air  
et fédérer les habitants  
// Strengthen the links between communities  
and research to improve air quality  
and bring residents together .....p. **324**

**Françoise Schaetzel**

*Présidente de l'Alliance des collectivités pour la qualité de l'air,  
vice-présidente de l'Eurométropole de Strasbourg, médecin  
de Santé publique*

**ARTICLE // Article**

Mortalité attribuable à la pollution  
atmosphérique en Île-de-France.  
Quelle évolution depuis 10 ans  
et quels bénéfices d'une amélioration  
de la qualité de l'air dans les territoires ?  
// Mortality due to air pollution in Île-de-France.  
Changes over the past 10 years and benefits  
of improved air quality in French territories.....p. **326**

**Sabine Host et coll.**

*Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris*

**ARTICLE // Article**

Évaluation quantitative d'impact sur la santé  
de la pollution de l'air ambiant  
en région Auvergne-Rhône-Alpes  
pour la période 2016-2018  
// Quantitative health impact assessment  
of air pollution in the Auvergne-Rhône-Alpes  
region of France for 2016-2018 .....p. **335**

**Jean-Marc Yvon**

*Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon*

**ARTICLE // Article**

Les rues scolaires : une solution  
pour contribuer à l'amélioration de la qualité  
de l'air, plébiscitée par les parents  
// School streets: A solution contributing  
to improved air quality, supported by parents .....p. **343**

**Sophie Rousseau et coll.**

*Ligue nationale contre le cancer, Paris*

**ARTICLE // Article**

Renouvellement de l'air insuffisant  
dans les écoles : un constat établi  
de longue date  
// Insufficient ventilation of classrooms:  
A well-established fact .....p. **349**

**Corinne Mandin et coll.**

*Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Centre scientifique  
et technique du bâtiment, Champs-sur-Marne*

(Suite page 324)

La reproduction (totale ou partielle) du BEH est soumise à l'accord préalable de Santé publique France. Conformément à l'article L. 122-5 du code de la propriété intellectuelle, les courtes citations ne sont pas soumises à autorisation préalable, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source, et qu'elles ne portent pas atteinte à l'intégrité et à l'esprit de l'œuvre. Les atteintes au droit d'auteur attaché au BEH sont passibles d'un contentieux devant la juridiction compétente.

Retrouvez ce numéro ainsi que les archives du Bulletin épidémiologique hebdomadaire sur <https://www.santepubliquefrance.fr/revues/beh/bulletin-epidemiologique-hebdomadaire>

**Directeur de la publication** : Laëtitia Huiart, directrice scientifique, adjointe à la directrice générale de Santé publique France  
**Rédactrice en chef** : Valérie Colombani-Cocuron, Santé publique France, [redaction@santepubliquefrance.fr](mailto:redaction@santepubliquefrance.fr)  
**Rédactrice en chef adjointe** : Frédérique Bilon-Debernardi  
**Responsable du contenu en anglais** : Chloé Chester  
**Secrétariat de rédaction** : Valérie Contactis  
**Comité de rédaction** : Raphaël Andler, Santé publique France ; Thierry Blanchon, Iplesp ; Florence Bodeau-Livinec, EHESP ; Julie Boudet-Berquier, Santé publique France ; Kathleen Chamli, Santé publique France ; Bertrand Gagnière, Santé publique France - Bretagne ; Isabelle Grémy, ORS Île-de-France ; Anne Guinard / Damien Mouly, Santé publique France - Occitanie ; Nathalie Jourdan-Da Silva, Santé publique France ; Philippe Magne, Centre national de gestion des praticiens hospitaliers et des personnels de direction de la fonction publique hospitalière ; Valérie Olié, Santé publique France ; Alexia Peyronnet, Santé publique France ; Hélène Therre, Santé publique France ; Sophie Vaux, Santé publique France ; Isabelle Villena, CHU Reims.  
**Santé publique France** - Site Internet : <https://www.santepubliquefrance.fr>  
**Préresse** : Luminess  
**ISSN** : 1953-8030

Bénéfices attendus de la mise en œuvre  
d'une zone à faibles émissions  
mobilité sur la santé des enfants : cas  
de l'agglomération parisienne  
// Expected health benefits of a low-emissions  
zone for children living in the Paris agglomeration ...p. 354

**Sabine Host et coll.**

Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris

## ÉDITORIAL // Editorial

### RENFORCER LES LIENS ENTRE COLLECTIVITÉS ET RECHERCHE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'AIR ET FÉDÉRER LES HABITANTS

// STRENGTHEN THE LINKS BETWEEN COMMUNITIES AND RESEARCH TO IMPROVE AIR QUALITY AND BRING RESIDENTS TOGETHER

**Françoise Schaetzel**

*Présidente de l'Alliance des collectivités pour la qualité de l'air, vice-présidente de l'Eurométropole de Strasbourg, médecin de Santé publique*

En 2021, Santé publique France annonçait que la pollution de l'air extérieur était responsable de 40 000 décès prématurés par an<sup>(1)</sup>, en faisant ainsi la deuxième cause de mortalité prématurée évitable en France, plus que la consommation d'alcool, bien plus que les accidents de la route. Des pollutions spécifiques liées aux matériaux, aux meubles, aux produits détergents s'y ajoutent, responsables d'une mauvaise qualité de l'air intérieur. Cette pollution génère des décès certes, mais elle contribue également au développement de multiples maladies chroniques, cardiovasculaires, broncho-respiratoires<sup>(2)</sup> ou neurodégénératives et a des effets sanitaires pendant la grossesse et dès le plus jeune âge comme la prématurité, l'hypotrophie ou les troubles du développement de l'enfant.

L'impact sanitaire de la pollution de l'air est de plus en plus connu de nos concitoyens, notamment à la suite de la condamnation de la France en 2019 par la Cour de Justice de l'Union européenne pour dépassements réguliers des seuils réglementaires de différents polluants ou sa condamnation par le Conseil d'État à une astreinte de 10 millions d'euros, à cause de son manque de mise en œuvre de mesures suffisamment efficaces. Celles-ci ne permettent pas en effet de faire face actuellement à ce désastre

sanitaire, mais également économique et environnemental<sup>(3)</sup>, pour garantir aux habitants un cadre de vie sain, tant dans leur environnement extérieur que sur leur lieu de travail ou dans leur habitation.

La question est en effet complexe. Les sources de pollutions sont diverses (trafic routier, chauffage au bois, agriculture...), générant notamment du dioxyde d'azote et des particules fines délétères pour la santé humaine tant par leur dimension que par leur composition. Les acteurs impliqués sont multiples : autorités nationales ou locales, acteurs économiques de l'industrie ou de l'agriculture, comportements de chacun d'entre nous en matière d'alimentation ou de déplacement...

Ce numéro du *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* (BEH) sort à l'occasion de la Journée nationale de la qualité de l'air du 14 octobre 2022 organisée par le ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, et appelant à la mobilisation de tous pour pouvoir respirer un air de bonne qualité.

Rappelons que nombre de collectivités locales se sont emparées du sujet en développant depuis plusieurs années des politiques publiques locales plus

<sup>(1)</sup> Medina S, Adélaïde L, Wagner V, de Crouy Chanel P, Real E, Colette A, Couvidat F, et coll. Impact de la pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total 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>

<sup>(2)</sup> Voir articles « Impact de l'exposition domestique précoce à des polluants chimiques sur la morbidité respiratoire du nourrisson : résultats de la cohorte Paris » de Céline Roda et coll. et « Impact de l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine automobile sur la morbidité respiratoire et allergique au cours de l'enfance : leçons de la cohorte PARIS » d'Isabelle Momas et coll., à paraître en novembre dans la 2<sup>e</sup> partie de ce numéro thématique.

<sup>(3)</sup> Un rapport sénatorial de 2015 de Jean-François Husson et Leila Aïchi estimait à 100 milliards €/an le coût de l'inaction et évoquait une diminution allant jusqu'à 20% du rendement agricole lié à cette pollution selon les cultures en Île-de-France.

vertueuses, afin de réduire les émissions de polluants et protéger leurs habitants d'une exposition néfaste pour leur santé.

L'un des leviers les plus puissants mobilisé, de façon obligatoire<sup>(4)</sup> ou volontariste, est d'agir pour une mobilité plus collective et plus active, en soutenant le développement d'infrastructures de transports en commun, de pistes cyclables ou de cheminements piétonniers, en aidant à l'acquisition de véhicules moins polluants, en facilitant toutes les modalités de substitution aux voitures telles que covoiturage, transport à la demande, aide à l'achat de vélos, etc.

La santé des enfants est aussi un de leurs sujets de préoccupation majeurs (rappelons qu'en France, trois enfants sur quatre respirent un air toxique<sup>(5)</sup>). C'est dans ce sens que sont aménagés les abords des écoles, la végétalisation des cours, la commande publique avec l'intégration de critères favorables à la qualité de l'air intérieur dans les commandes pour le matériel des écoles et des crèches par exemple.

Les collectivités agissent dans d'autres secteurs également :

- dans l'énergie, en soutenant le remplacement d'appareils de chauffage au bois anciens par des poêles moins polluants, ou en développant des réseaux de chaleurs urbains limitant les chauffages individuels ;
- en intégrant la qualité de l'air dans l'aménagement du territoire, dans le choix de la zone d'implantation d'établissements sensibles à la forme architecturale des bâtiments.
- elles agissent également avec de nombreux partenaires comme les chambres d'agriculture pour impulser de nouvelles pratiques agricoles.

Conscientes de l'enjeu de santé publique, de la complexité du sujet et de la multiplicité des mesures à mettre en place pour améliorer la santé des habitants, de nombreuses collectivités se sont regroupées en une association, l'Alliance des collectivités françaises pour la qualité de l'air<sup>(6)</sup>, leur permettant d'échanger entre élus et agents sur les initiatives intéressantes, de confronter leurs pratiques, de se soutenir mutuellement et de monter en compétence.

<sup>(4)</sup> La mise en place de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) s'impose à 11 collectivités par la loi d'orientation des mobilités. Dans le cadre de la loi climat et résilience en 2025, 35 collectivités supplémentaires vont être dans le même cas.

<sup>(5)</sup> <https://ip.unicef.fr/un-air-pur/>

<sup>(6)</sup> <https://alliancequaliteair.fr/>

<sup>(7)</sup> Voir article « Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Île-de-France. Quelle évolution depuis 10 ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires ? » de Sabine Host et coll. dans ce numéro.

<sup>(8)</sup> Voir article « Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur le territoire de Bordeaux Métropole via l'outil AirQ+ (période d'étude 2013-2015) » de Céline Garnier et coll., à paraître en novembre dans la 2<sup>e</sup> partie de ce numéro thématique.

Pour ce faire, elles ont besoin de données territorialisées sur la qualité de l'air et son impact sanitaire. C'est ce que donnent à voir les différentes thématiques abordées dans ce numéro.

Les collectivités ont en effet besoin de connaissances fines leur permettant de suivre l'évolution de la mortalité attribuable à l'exposition à la pollution ou d'évaluer les bénéfices sur la santé qui seraient induits par une baisse de concentrations dans leur territoire. Des études ciblées comme celles faites en région parisienne<sup>(7)</sup>, à Bordeaux<sup>(8)</sup> ou en Auvergne-Rhône-Alpes<sup>(9)</sup> leur sont indispensables pour guider leur action et leur donner de nombreuses clés d'action.

Les collectivités ont également besoin d'avoir des retours objectifs et rigoureux de l'évaluation des projets qu'elles ont mis en place, tant en termes d'efficacité de l'action publique, mais également en tant que plaidoyer auprès de leurs habitants pour faciliter l'acceptabilité sociale de mesures jugées contraignantes, faciliter le débat et mettre autour de la table toutes les parties prenantes, depuis les acteurs économiques et agriculteurs jusqu'aux usagers de la voiture.

C'est dans ce cadre qu'elles sont friandes des travaux scientifiques telles que les études s'intéressant aux espaces recevant des enfants dont l'air est renouvelé trop peu fréquemment, enjeu essentiel comme le rappelle l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur<sup>(10)</sup>, et encore mis en avant à l'occasion de la crise de la Covid-19. Le fait que les rues scolaires soient plébiscitées par les parents d'élèves, comme le révèle le sondage réalisé par la Ligue nationale contre le cancer<sup>(11)</sup>, est une information qui leur est particulièrement utile.

C'est aussi dans ce sens que les études s'intéressant aux impacts sanitaires liés aux modes de déplacement comme ce qui est mis en place à Paris<sup>(12)</sup> permettent d'argumenter le fait que les ZFE-m et plus largement les politiques de réduction de l'usage de la voiture ne sont pas des mesures coercitives, mais de véritables leviers d'actions en faveur de la santé publique.

Pour l'Alliance des collectivités pour la qualité de l'air, la pollution ne peut plus rester l'angle mort d'une politique de santé publique nationale ou locale, le partenariat avec la recherche est indispensable à l'action publique, tant pour connaître

<sup>(9)</sup> Voir article « Évaluation quantitative d'impact sur la santé de la pollution de l'air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes pour la période 2016-2018 » de Jean-Marc Yvon dans ce numéro.

<sup>(10)</sup> Voir article « Renouvellement de l'air insuffisant dans les écoles : un constat établi de longue date » de Corinne Mandin et coll. dans ce numéro.

<sup>(11)</sup> Voir article « Les rues scolaires : une solution pour contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air, plébiscitée par les parents » de Sophie Rousseau et coll. dans ce numéro.

<sup>(12)</sup> Voir article « Bénéfices attendus de la mise en œuvre d'une zone à faibles émissions mobilité sur la santé des enfants : cas de l'agglomération parisienne » de Sabine Host et coll. dans ce numéro.

les spécificités de son territoire et adapter des dispositifs, que pour évaluer lesdits dispositifs et s'assurer de l'efficacité des mesures mises en place ainsi que de leur acceptabilité. L'amélioration de la qualité de l'air ne pourra se faire qu'avec l'assentiment des habitants : il est alors indispensable d'ancrer la communication et la sensibilisation de cet enjeu sanitaire, pour que les gains sur la santé

soient admis comme bien supérieurs aux difficultés rencontrées, par des changements de pratiques nécessaires. ■

#### Citer cet article

Schaetzel F. Renforcer les liens entre collectivités et recherche pour améliorer la qualité de l'air et fédérer les habitants. Bull Epidemiol Hebd. 2022;(19-20):324-6. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_0.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_0.html)

## ARTICLE // Article

### MORTALITÉ ATTRIBUABLE À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE EN ÎLE-DE-FRANCE. QUELLE ÉVOLUTION DEPUIS 10 ANS ET QUELS BÉNÉFICES D'UNE AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES TERRITOIRES ?

// MORTALITY DUE TO AIR POLLUTION IN ÎLE-DE-FRANCE. CHANGES OVER THE PAST 10 YEARS AND BENEFITS OF IMPROVED AIR QUALITY IN FRENCH TERRITORIES

Sabine Host<sup>1</sup> ([sabine.host@institutparisregion.fr](mailto:sabine.host@institutparisregion.fr)), Adrien Saunal<sup>1</sup>, Thomas Cardot<sup>1</sup>, Véronique Ghersi<sup>2</sup>, Fabrice Joly<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris

<sup>2</sup> Airparif, Paris

Soumis le 19.05.2022 // Date of submission: 05.19.2022

#### Résumé // Abstract

**Introduction** – L'amélioration continue de la qualité de l'air en Île-de-France a permis de sauver de nombreuses vies. Toutefois, l'impact observé encore aujourd'hui reste substantiel. L'Observatoire régional de santé (ORS) d'Île-de-France accompagne depuis plus de trente ans les politiques d'amélioration de la qualité de l'air par la réalisation d'évaluations quantitatives d'impact sur la santé (EQIS). Conduite en partenariat avec Airparif (l'observatoire de la qualité de l'air en Île-de-France), cette étude vise à qualifier l'évolution de la mortalité attribuable à l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine anthropique depuis dix ans en Île-de-France, et à évaluer les bénéfices attendus si les concentrations observées en 2019 étaient ramenées au niveau des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Elle comporte également une analyse de l'effet des mesures de restriction mises en place en 2020 dans le cadre de la crise sanitaire liée à l'épidémie de Covid-19.

**Méthodes** – Cette EQIS s'appuie sur les guides méthodologiques produits par Santé publique France. Les données de population mobilisées sont géoréférencées au bâtiment. Le croisement de ces données avec les concentrations de polluants PM<sub>2,5</sub> (particules fines), NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote) and O<sub>3</sub> (ozone) estimées par Airparif pour les périodes 2008-2010 et 2017-2019 à une résolution fine permet d'évaluer les niveaux d'exposition de la population qui sont ensuite rapportées à un niveau de référence (niveau minimal sans pollution anthropique, recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), niveaux modélisés). La part de décès attribuables (ou évitables) à ce différentiel est jaugée en mobilisant les risques relatifs issus de la littérature (méta-analyses récentes). Cette part, rapportée aux nombres de décès observés dans la population (années de référence 2004-2008 et 2011-2015), permet d'estimer l'impact en nombre de décès attribuables (ou évitables) ainsi qu'en perte moyenne (ou gain moyen) d'espérance de vie.

**Résultats** – Entre 2010 et 2019, le nombre annuel de décès attribuables à l'exposition prolongée aux particules fines PM<sub>2,5</sub>, l'un des principaux polluant de l'air, est passé de 10 350 [3 840-15 660] à 6 220 [2 240-9 650], et a donc baissé de 40%. Cela correspond à un gain d'espérance de vie de près de huit mois en moyenne par habitant en Île-de-France. Si de nouvelles mesures étaient prises pour abaisser les niveaux actuels de pollution de l'air sous les valeurs guide de l'OMS, plus de 7 900 [2 240-13 630] décès pourraient être évités chaque année en moyenne en Île-de-France, qui représentent la somme de l'impact des PM<sub>2,5</sub> et de l'O<sub>3</sub> (chiffres 2019).

**Conclusion** – Ces chiffres permettent d'objectiver l'enjeu de santé publique que représente la pollution de l'air et peuvent être utilisés pour informer les parties prenantes, orienter les politiques publiques d'amélioration de la qualité de l'air et favoriser l'acceptabilité sociale des mesures.

**Introduction** – The continuous improvement of air quality in the region of Île-de-France has saved many lives. However, the negative impact observed remains substantial.

For more than 30 years, the regional health observatory (Observatoire régional de santé, ORS) in Île-de-France has supported public policies to improve air quality by carrying out quantitative health impact assessments (QHIA). Conducted in partnership with Airparif, the present study aimed to qualify mortality over the 10 past years in Île-de-France due to human-induced air pollution and to estimate the benefits should the concentrations observed in 2019 be reduced according to WHO recommendations. We also investigated the impact of restrictions enforced in 2020 due to the COVID-19 pandemic.

**Methods** – This QHIA relies on methodological guides produced by Santé publique France, the French public health agency, and uses the relative risks established in scientific literature. Fine-scale geographic data on  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  and  $O_3$  concentrations (reference years 2008-2010 and 2017-2019) and resident populations were used to estimate the distribution of exposure. We applied the estimated attributable fraction to observed mortality (reference years 2004-2008 and 2011-2015) in order to compute the overall benefits of air-quality improvement in terms of preventable deaths and gains in life expectancy.

**Results** – Between 2010 and 2019, the number of deaths from long exposure to fine particles ( $PM_{2.5}$ ), one of the main air pollutants, fell from 10,350 [3,840-15,660] to 6,220 [2,240-9,650], representing a 40% decrease. This is equivalent to an average gain in life expectancy of 8 months per habitant in Île-de-France. Taking further measures and reducing air pollution to a level under the threshold recommended by the WHO could avoid more than 7,900 [2,240-13,630] deaths per year on average in Île-de-France, which represents the combined impact of  $PM_{2.5}$  and  $O_3$  (2019 data).

**Conclusion** – Assessing the health impact of exposure to pollution provides further evidence for public health action. These estimations are useful to inform stakeholders, guide public policies for air-quality improvement, and encourage social acceptability of measures.

---

**Mots-clés :** Pollution de l'air, Mortalité, EQIS, Recommandations OMS  
// **Keywords:** Air pollution, Mortality, QHIA, WHO recommendations

---

## Introduction

La pollution de l'air constitue un enjeu de santé publique majeur en Île-de-France. L'exposition à un air de mauvaise qualité favorise le développement de pathologies chroniques graves, en particulier des pathologies cardiovasculaires, respiratoires et des cancers<sup>1-3</sup>. Cela se traduit par une augmentation de la mortalité, une baisse de l'espérance de vie et un recours accru aux soins<sup>4,5</sup>. Quantifier ces impacts sanitaires a pour but de rappeler l'importance des enjeux sanitaires liés aux expositions à la pollution de l'air afin de mobiliser les acteurs.

Les dernières données épidémiologiques montrent des effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé, à des concentrations encore plus faibles qu'on ne le croyait auparavant. Ainsi, en septembre 2021, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a publié de nouvelles recommandations de qualité de l'air ainsi que des cibles intermédiaires, renforçant encore cet enjeu<sup>6</sup>.

L'Observatoire régional de santé (ORS) d'Île-de-France accompagne depuis plus de trente ans les politiques d'amélioration de la qualité de l'air par la réalisation d'évaluations quantitatives d'impact sur la santé (EQIS).

Cette étude, menée en partenariat avec Airparif, comporte trois grands axes :

- évolution de la mortalité attribuable à l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine anthropique depuis dix ans en Île-de-France ;
- évaluation des bénéfices attendus si les concentrations observées en 2019 étaient ramenées au niveau des recommandations OMS ;

- effet des mesures de restrictions mises en place en 2020.

La communication sur les impacts de la pollution atmosphérique, souvent négative, contribue à entretenir l'idée fausse que la situation se dégrade. Il apparaît ainsi plus positif et constructif de parler d'actions bénéfiques et d'améliorations. Ainsi, ce travail a aussi pour objectif de matérialiser les bienfaits sanitaires engendrés par l'amélioration continue de la qualité de l'air sur la dernière décennie. Les bénéfices des réductions de l'exposition entraînées par les mesures de restriction exceptionnelles mises en œuvre en 2020 pour faire face à l'épidémie de Covid-19 ont également été quantifiés.

Dans un contexte où les mesures de prévention ne tiennent pas toujours compte des caractéristiques des territoires et de leurs populations, il est proposé une territorialisation de l'impact. C'est là l'originalité de ce travail, qui permet par une méthode d'estimation fine de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, d'identifier plus précisément les enjeux sanitaires au sein des différents territoires.

## Méthodes

Les EQIS de la pollution atmosphérique se fondent sur l'existence d'un lien causal établi entre l'exposition à un polluant de l'air et l'effet sanitaire étudié. Cette EQIS se focalise sur les impacts sur la mortalité (décès et espérance de vie) de l'exposition chronique (à long terme) à trois polluants réglementés : particules fines ( $PM_{2.5}$ ), dioxyde d'azote ( $NO_2$ ) et

ozone (O<sub>3</sub>), et s'appuie sur le guide méthodologique produit par Santé publique France<sup>7</sup>. Les risques relatifs retenus, ainsi que les années de référence utilisées, sont présentés dans le tableau 1.

Les données de pollution de l'air ont été modélisées pour ces trois polluants (PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) à une résolution de maille de 50 m par 50 m pour toute la région. La modélisation repose sur l'exploitation conjointe des sorties de la plateforme inter-régionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air Esmeralda (études multirégionales de l'atmosphère) et des observations aux stations de mesure d'Airparif, couplées à la modélisation des émissions du trafic routier menée par le système Heaven. La chaîne de modélisation a été considérée comme suffisamment constante sur la période d'étude pour permettre une bonne comparabilité des niveaux estimés entre 2010 et 2019. Cette rétrospective n'étant pas disponible pour l'O<sub>3</sub>, seule la période actuelle a été étudiée pour ce polluant.

Les données de population mobilisées ont été obtenues à partir du recensement de la population de l'Insee (RP, 2009 et 2016) et ventilées au bâtiment sur la base des informations de la BD TOPO® (IGN, 2003 et 2018), du mode d'occupation des sols (L'Institut Paris Région, 2008 et 2017), des fichiers fonciers 2017 et du répertoire d'immeubles localisés (Ril) 2018. Le croisement de ces données avec les données de pollution estimées par Airparif à une résolution fine (50 m x 50 m) permet d'affecter un niveau de pollution à chaque bâtiment et *in fine* d'estimer le nombre d'individus exposés à chaque valeur de concentration pour les polluants et années étudiés à différents échelons géographiques.

Ces concentrations sont rapportées à un niveau de référence, qui correspond soit à l'absence de pollution anthropique, aux valeurs guides de l'OMS, aux niveaux des années antérieures ou bien à un niveau modélisé (tableau 1) afin de définir un différentiel d'exposition. Le nombre de décès imputables à la pollution d'origine anthropique a été estimé en

considérant le niveau le plus bas mesuré dans les milieux les plus préservés de la pollution, niveau appelé « pollution anthropique minimale », déterminé à partir des niveaux moyens annuels minimaux mesurés sur les stations rurales nationales. Pour les PM<sub>2,5</sub>, ce niveau minimal correspond à la recommandation OMS. Cette méthode n'ayant pas pu être appliquée à l'ozone, c'est la valeur qui avait été prise comme niveau de référence dans l'étude de Santé publique France publiée en 2016, qui a été retenue<sup>10</sup>.

La part de décès attribuables (ou évitables) à cette exposition (ou baisses d'exposition) est ensuite estimée en utilisant les risques relatifs (RR), tels que recommandés dans le guide de Santé publique France (tableau 1)<sup>7</sup>.

Cette part est ensuite rapportée aux nombres de décès observés dans la population considérée afin d'estimer l'impact en nombre de cas annuels attribuables (ou évitables) ainsi qu'en perte moyenne (ou gain moyen) d'espérance de vie. Le gain en espérance de vie à 30 ans est calculé comme la différence entre l'espérance de vie obtenue à partir de la mortalité observée, et celle obtenue à partir de la mortalité qui serait observée si la pollution était différente. Les données de mortalité totale (Classification internationale des maladies : CIM-10, A00-Y98) annuelle toutes causes non accidentelles et par âge quinquennal chez les personnes âgées de 30 ans et plus à la commune ont été obtenues auprès du CépiDc (Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès) pour les années les plus récentes disponibles (nombre moyen de décès annuels sur les périodes 2004-2008 et 2011-2015).

La zone d'étude considérée correspond à l'Île-de-France. Pour tous les scénarios, l'impact est présenté pour l'Île-de-France et par grandes entités géographiques, à savoir :

- Paris ;
- la Métropole du Grand Paris (hors Paris) ;

Tableau 1

**Indicateurs de pollution mobilisés pour estimer les impacts aux niveaux actuels et passé, niveaux de référence et risques relatifs utilisés**

Polluants considérés	Indicateurs		Années considérées		Niveaux de référence			Risques relatifs (RR) de mortalité toutes causes (30 ans et plus) pour une augmentation de 10 µg/m <sup>3</sup> du niveau de polluant
			Période 1 (début décennie)	Période 2 (niveaux actuels)	Pollution anthropique minimale	Recommandations OMS	Cibles intermédiaires	
PM <sub>2,5</sub>	Niveaux moyens annuels du 1 <sup>er</sup> janvier au 31 décembre	Moyenne des trois années	2008-10	2017-19	5 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	1,15 [1,05-1,25] [8]
NO <sub>2</sub>		Une seule année	2010	2019	1 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	20 et 30 µg/m <sup>3</sup>	1,023 [1,008-1,037] [9]
O <sub>3</sub>	Moyenne annuelle des niveaux maximum journaliers de la moyenne sur 8 heures glissantes du 1 <sup>er</sup> avril au 30 septembre	Moyenne des trois années	-	2017-19	55 µg/m <sup>3</sup>	60 µg/m <sup>3</sup>	70 µg/m <sup>3</sup>	1,01 [1,00-1,02] [5]

PM<sub>2,5</sub> : particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm ; NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote ; O<sub>3</sub> : ozone ; RR : risque relatif ; OMS : Organisation mondiale de la Santé.

- la Zone sensible pour la qualité de l'air, selon l'arrêté du 26 décembre 2016 relatif au découpage des régions en zones administratives de surveillance de la qualité de l'air ambiant (hors Métropole du Grand Paris) ;
- le reste de l'Île-de-France (appelé schématiquement « Rural » bien que comportant des zones urbanisées) (figure 1).

La figure 1 illustre également les niveaux de pollution rencontrés dans ces différents territoires, avec l'exemple du NO<sub>2</sub>.

## Résultats

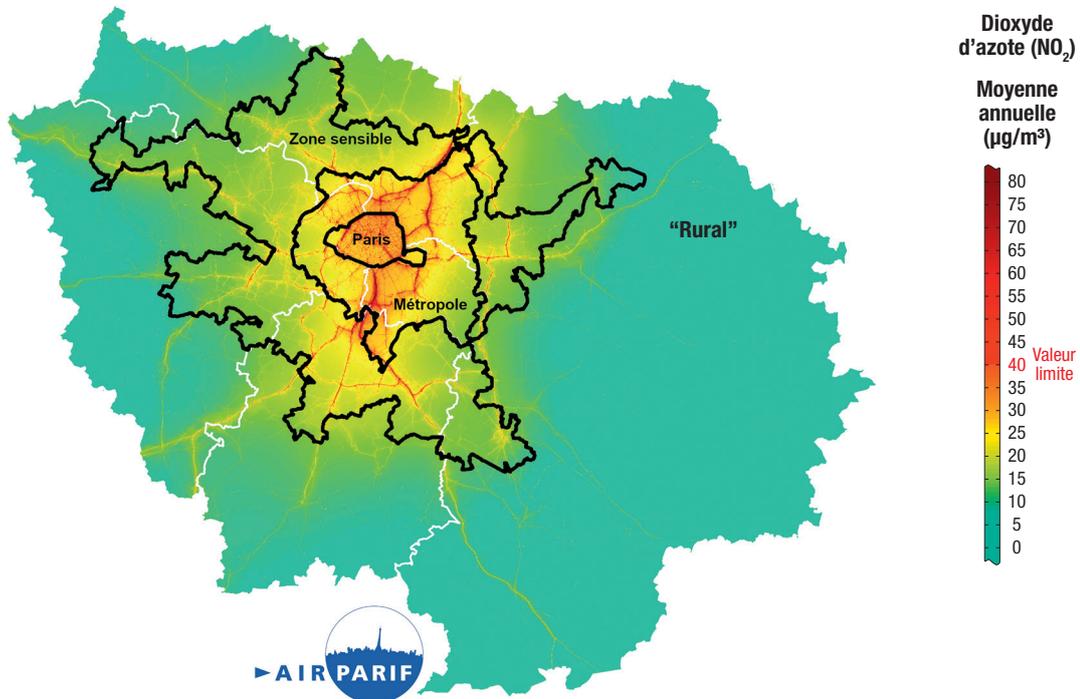
La population et les nombres de décès toutes causes des plus de 30 ans observés sont présentés dans le tableau 2.

## Une forte baisse de mortalité attribuable à la pollution atmosphérique entre 2010 et 2019

Le nombre annuel de décès attribuables à l'exposition prolongée au PM<sub>2,5</sub> est passé de 10 350 [3 840-15 660] en 2010 à 6 220 [2 240-9 650] en 2019, soit une baisse de 40%. Cela représente un gain brut moyen d'espérance de vie de près de huit mois. La part de décès attribuables est passée de 16,5% à 9%. Par ailleurs, le nombre annuel de décès en lien avec l'exposition prolongée au NO<sub>2</sub> est passé de 4 520 [1 630-7 050] (7,2% [2,6-11,2]) à 3 680 [1 310-5 770] (5,3% [1,9-8,3]) soit une baisse de près de 19%, ce qui représente un gain brut moyen de deux mois d'espérance de vie. Tous les territoires ont bénéficié de cette amélioration avec des bénéfices particulièrement marqués à Paris où le gain brut d'espérance de vie s'élève à près de dix mois (tableau 3).

Figure 1

### Carte des niveaux annuels moyens de NO<sub>2</sub> en 2019 et délimitation des quatre sous-zones d'étude



NO<sub>2</sub> : Dioxyde d'azote.

Tableau 2

### Données de population et de mortalité toutes causes des plus de 30 ans selon les périmètres d'étude pour la période 2004-2008 (source : CépiDc, Insee)

Périmètres d'étude	Période 1			Période 2		
	Population (RP 2009)	Nombre moyen annuel de décès (2004-08)	Espérance de vie à 30 ans (années)	Population (RP 2016)	Nombre moyen annuel de décès (2011-15)	Espérance de vie à 30 ans (années)
Paris	1 360 927	13 265	54,7	1 330 467	12 945	56,4
Métropole du Grand Paris (hors Paris)	2 694 037	24 974	54,1	2 718 480	25 995	55,3
Zone sensible (hors MGP)	2 038 298	17 547	54,0	2 070 715	19 115	55,2
Reste de l'Île-de-France	787 842	8 114	52,9	811 740	8 763	54,1
Zone d'étude (total)	6 881 104	63 901	53,9	6 931 402	66 819	55,2

CépiDc : Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès ; Insee : Institut national de la statistique et des études économiques ; RP : recensement de la population ; MGP : Métropole du Grand Paris.

Tableau 3

## Nombre et part de décès annuels évitables et gain moyen d'espérance de vie pour les scénarios étudiés

		PM <sub>2,5</sub>					NO <sub>2</sub>					O <sub>3</sub>				
Années de référence		2017-19	2008-10	2017-19	2020	2019	2019	2019	2010	2019	2020	2017-19	2017-19	2017-19	2017-19	
<b>Niveaux de référence</b>																
10 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup> (OMS/min)	5 µg/m <sup>3</sup> (OMS/min)	5 µg/m <sup>3</sup> (OMS/min)	2020 <sup>a</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup> (OMS)	1 µg/m <sup>3</sup> (min)	1 µg/m <sup>3</sup> (min)	1 µg/m <sup>3</sup> (min)	2020 <sup>a</sup>	70 µg/m <sup>3</sup>	60 µg/m <sup>3</sup> (OMS)	55 µg/m <sup>3</sup> (min)			
<b>Nombre annuel de décès évitables</b>																
<b>Île-de-France</b>																
1 760 [620-2 770]	10 350 [3 840-15 660]	6 220 [2 240-9 650]	180 [60-280]	230 [80-360]	1 060 [370-1 670]	2 350 [830-3 700]	4 520 [1 630-7 050]	3 680 [1 310-5 770]	340 [120-550]	1 020 [0-2 020]	1 700 [0-3 330]	2 030 [0-3 980]				
<b>Paris</b>																
660 [230-1 030]	2 620 [980-3 920]	1 500 [540-2 300]	50 [16-74]	130 [40-200]	420 [150-660]	700 [250-1 100]	1 370 [500-2 110]	950 [340-1 490]	130 [46-207]	150 [0-290]	280 [0-540]	340 [0-670]				
<b>MGP</b>																
840 [300-1 330]	4 190 [1 560-6 340]	2 620 [940-4 060]	80 [28-129]	90 [30-150]	560 [200-880]	1 150 [410-1 810]	1 950 [700-3 030]	1 680 [600-2 630]	150 [54-245]	380 [0-750]	640 [0-1 270]	780 [0-1 520]				
<b>Zone sensible</b>																
240 [80-380]	2 600 [950-3 950]	1 580 [570-2 460]	50 [17-79]	5 [0-10]	90 [30-140]	460 [160-720]	970 [350-1 520]	860 [300-1 350]	50 [17-79]	330 [0-660]	530 [0-1 040]	630 [0-1 240]				
<b>« Rural »</b>																
10 [0-20]	940 [340-1 440]	530 [190-820]	<sup>b</sup>	0 [0-0]	0 [0-0]	40 [10-60]	240 [90-380]	190 [70-300]	10 [3-15]	160 [0-310]	240 [0-480]	290 [0-560]				
<b>Part des décès évitables (en%)</b>																
<b>Île-de-France</b>																
2,5 [4-0,9]	16,5 [6,1-24,9]	9,0 [3,2-13,9]	0,3 [0,1-0,5]	0,3 [0,1-0,5]	1,5 [0,5-2,4]	3,4 [1,2-5,3]	7,2 [2,6-11,2]	5,3 [1,9-8,3]	0,5 [0,2-0,8]	1,5 [0-2,9]	2,4 [0-4,8]	2,9 [0-5,8]				
<b>Paris</b>																
5 [1,8-7,9]	19,8 [7,4-29,7]	11,4 [4,1-17,6]	0,4 [0,1-0,6]	1 [0,3-1,5]	3,2 [1,1-5]	5,4 [1,9-8,4]	8,5 [3,1-13,2]	5,4 [1,9-8,4]	1 [0,3-1,6]	1,1 [0-2,2]	2,1 [0-4,2]	2,6 [0-5,1]				
<b>MGP</b>																
3,1 [1,1-4,9]	16,9 [6,3-25,6]	9,7 [3,5-15]	0,3 [0,1-0,5]	0,3 [0,1-0,6]	2 [0,7-3,2]	4,2 [1,5-6,7]	5,9 [2,1-9,3]	4,2 [1,5-6,7]	0,6 [0,2-0,9]	1,4 [0-2,8]	2,4 [0-4,7]	2,9 [0-5,6]				



Tableau 3 (suite)

		PM <sub>2,5</sub>					NO <sub>2</sub>					O <sub>3</sub>												
<b>Zone sensible</b>																								
1,2	14,9	7,8	0,2	0	0,4	2,2	3,6	2,2	0,2	1,6	2,6	3,1	0,4-1,9	[2,8-12,1]	[0,1-0,4]	[0,0]	[0,1-0,7]	[0,8-3,5]	[1,3-5,7]	[0,8-3,5]	[0,1-0,4]	[0,3-2]	[0-5,1]	[0-6,1]
0,1	12,9	6,1	<sup>b</sup>	0	0	0,4	1,3	0,4	0,1	1,8	2,8	3,3	[0,4-1,9]	[2,2-9,5]	[0,0]	[0,0]	[0,2-0,7]	[0,5-2,1]	[0,2-0,7]	[0,2-0,7]	[0,0-0,2]	[0,3-3,6]	[0-5,5]	[0-6,4]
<b>Gain moyen en espérance de vie (en mois)</b>																								
<b>Île-de-France</b>																								
2,0	15,6	7,7	-	0,3	1,2	2,7	6,5	4,4	-	1,3	2,2	2,6	[0,7-3,1]	[2,7-12,1]	[0,1-0,4]	[0,4-1,9]	[1-4,3]	[2,3-10,1]	[1,6-7]	[1,6-7]	-	[0-2,6]	[0-4,3]	[0-5,2]
<b>Paris</b>																								
4,5	20	10,4	-	0,9	2,9	4,8	10,3	6,6	-	1	1,9	2,3	[1,6-7,2]	[3,7-16,2]	[0,3-1,4]	[1-4,6]	[1,7-7,6]	[2,3-10,3]	[2,3-10,3]	[2,3-10,3]	-	[0-2]	[0-3,7]	[0-4,6]
<b>MGP</b>																								
2,8	16,7	8,9	-	0,3	1,9	3,9	7,7	5,7	-	1,3	2,2	2,6	[1-4,4]	[3,2-13,9]	[0,1-0,6]	[0,7-3]	[1,4-6,2]	[2,7-12]	[2-9]	[2-9]	-	[0-2,6]	[0-4,3]	[0-5,2]
<b>Zone sensible</b>																								
0,9	13,7	6,5	-	0	0,4	1,9	5	3,6	-	1,4	2,2	2,7	[0,3-1,4]	[2,3-10,3]	[0,1-0,6]	[0,7-3]	[1,8-7,8]	[1,3-5,6]	[1,3-5,6]	[1,3-5,6]	-	[0-2,8]	[0-4,4]	[0-5,2]
<b>« Rural »</b>																								
0,4	13,1	5,9	-	0	0,1	0,9	3,9	2,5	-	1,5	2,4	2,8	[0,1-0,7]	[2,1-9,3]	[0,0]	[0,3-1,4]	[1,4-6,2]	[0,9-4]	[0,9-4]	[0,9-4]	-	[0-3]	[0-4,7]	[0-5,6]

<sup>a</sup> Sans mesures de confinement.

<sup>b</sup> Impact non significatif des mesures de restriction sur les niveaux de PM<sub>2,5</sub> en zone rurale. Pour le calcul, ce territoire n'a pas été pris en compte.

PM<sub>2,5</sub> : particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm ; NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote ; O<sub>3</sub> : ozone ; MGP : Métropole du Grand Paris ; OMS : seuil de l'Organisation mondiale de la Santé ; min : minimum.

### Tendre vers les seuils de référence fixés par l'OMS pour mieux protéger la santé des populations vis-à-vis de la pollution de l'air ambiant

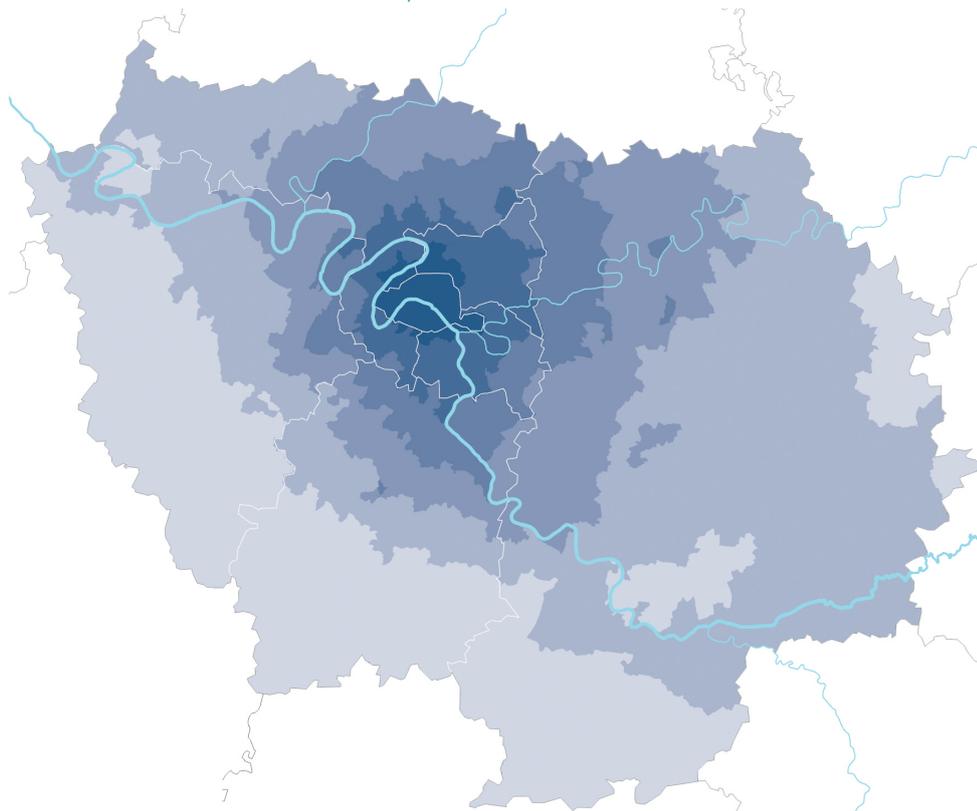
Si les niveaux moyens annuels de  $PM_{2,5}$  observés sur la période 2017-2019 étaient ramenés à la valeur guide de l'OMS ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), de l'ordre de 6 200 décès [2 240-9 650] pourraient être évités en Île-de-France, soit près d'un décès sur dix (9% [3,2-13,9]), ce qui représenterait un gain moyen d'espérance de vie de près de huit mois. De même, si les niveaux moyens annuels de  $NO_2$  observés en 2019 étaient ramenés à la valeur guide de l'OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), environ 2 350 décès [830-3 700] pourraient être évités dans la région, cela représenterait environ 3,4% [1,2-5,3] des décès observés et un gain moyen d'espérance de vie de près de 2,7 mois [1-4,3] (tableau 3). De plus, si les niveaux moyens annuels d' $O_3$  observés actuellement étaient ramenés aux à la valeur guide de l'OMS, de l'ordre de 1 700 décès [0-3 330] additionnels pourraient être évités en Île-de-France, soit 2,4% [0-4,8] des décès observés avec un gain moyen d'espérance de vie de près de 2,2 mois [0-4,3].

Les bénéfices seraient particulièrement importants pour Paris et le reste de la métropole (figure 2) qui regrouperaient les deux tiers des décès évitables par une baisse des niveaux de  $PM_{2,5}$  ramenés à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ceci s'explique du fait de niveaux de  $PM_{2,5}$  plus élevés dans ces territoires conjugués à une densité importante de population. Une baisse de l'ordre de 530 décès [190-820] serait tout de même attendue en zone rurale (zone périphérique). Ces bénéfices deviendraient négligeables dans cette zone pour un objectif à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , étant donné que cette concentration est atteinte sur la quasi-totalité de ce territoire, donc qu'aucun abattement de pollution ne serait pris en compte (tableau 3).

Pour le  $NO_2$ , l'impact serait particulièrement prégnant pour la zone dense, avec près de 80% des bénéfices attendus à Paris et dans la métropole si les niveaux moyens annuels de  $NO_2$  observés actuellement étaient ramenés à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Comme précédemment, ceci s'explique par des niveaux de  $NO_2$  particulièrement élevés dans ces territoires, couplés à une forte densité de population.

Figure 2

#### Part de décès évitables si les niveaux actuels de $PM_{2,5}$ étaient ramenés à une moyenne annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$



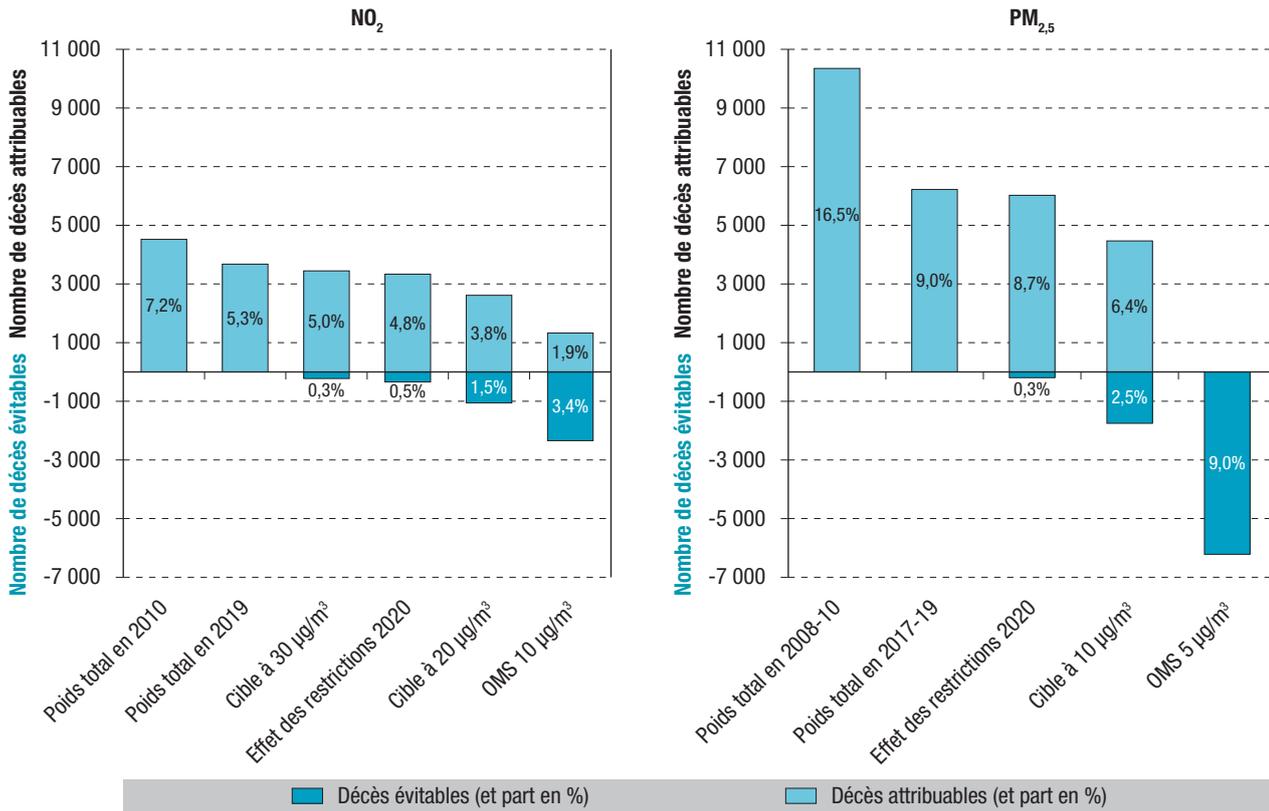
$PM_{2,5}$  : particules fines de diamètre inférieur à  $2,5 \mu\text{m}$ .

Source : Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Airparif 2017-2019, Insee 2016, CépiDc 2011-2015.



Figure 3

**Impacts de l'exposition prolongée aux PM<sub>2,5</sub> et au NO<sub>2</sub> sur la mortalité annuelle, mise en perspective des différents scénarios**



NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote ; PM<sub>2,5</sub> : particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm ; OMS : seuil fixé par l'Organisation mondiale de la Santé.

En ce qui concerne l'ozone, la tendance est tout autre. Ainsi, en proportion, l'impact est plus marqué en zones périphériques. La part de décès évitables s'élève 2,8% en zone rurale (zone périphérique) contre 2,1% à Paris pour un objectif à 60 µg/m<sup>3</sup> (valeur guide OMS). Cette géographie illustre l'enjeu sanitaire de l'exposition à l'ozone plus prononcé en zone rurale.

À noter toutefois que les écarts entre la zone dense et la périphérie sont moins marqués que pour les deux autres polluants, dont les niveaux sont plus influencés par les sources locales.

**Effet des mesures de restriction mises en œuvre au cours de l'année 2020**

Enfin, l'année 2020, marquée par la pandémie de Covid-19, a constitué une année exceptionnelle à bien des points de vue et en particulier en matière de qualité de l'air. Des mesures de restriction d'ampleur inédite ont conduit notamment à une diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> sans précédent dans l'histoire de la surveillance de la qualité de l'air, et en particulier à proximité des axes routiers, et dans une moindre mesure, des niveaux de PM<sub>2,5</sub> dans la zone dense<sup>11</sup>. Cette baisse des concentrations en NO<sub>2</sub> a permis d'éviter de l'ordre de 340 décès [120-550], soit 0,5% [0,2-0,8] de baisse, et celle des concentrations en PM<sub>2,5</sub>, de l'ordre de 180 [60-280], soit 0,3% [0,1-0,5] de baisse (tableau 3). La grande

majorité de ces gains se situe à Paris et dans le reste de la métropole. Il s'agit d'une évaluation théorique, toutes choses égales par ailleurs. Toutefois, il apparaît intéressant de situer l'effet de ces mesures de restriction particulièrement tangibles pour les Franciliens par rapport aux valeurs guide de l'OMS pour protéger la santé. Ainsi, la figure 3 met en regard l'ensemble des scénarios analysés pour les PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub>.

**Discussion**

Ont été analysés ici les impacts de la pollution en lien avec les PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub>, toutefois les nombres de cas estimés ne peuvent pas être directement additionnés car une partie des décès liés à ces expositions se recoupe. En effet, les risques relatifs (RR) établis dans les études épidémiologiques ne permettent pas d'isoler l'effet propre du polluant considéré mais estiment aussi une partie des effets d'autres polluants émis par des sources communes. À l'heure actuelle, il n'y a pas de consensus pour dire en quelle proportion ces effets se recoupe.

Les impacts en lien avec le NO<sub>2</sub>, traceur du trafic routier, permettent de rappeler l'importance d'agir sur cette source, en particulier dans la zone agglomérée. En effet, pour la cible à 30µg/m<sup>3</sup>, aucun

bénéfice n'est attendu en dehors de la métropole car les niveaux de NO<sub>2</sub> observés actuellement dans ces territoires sont déjà en deçà de ce seuil.

Alors que l'Île-de-France fait partie des zones visées par un contentieux relatif au dioxyde d'azote, pour non-respect de la valeur limite en moyenne annuelle établie à 40 µg/m<sup>3</sup> et par un contentieux pour non-respect des valeurs limites en PM<sub>10</sub>, les nouvelles valeurs guide de l'OMS peuvent paraître inatteignables pour la zone dense. Pour faciliter l'amélioration progressive de la qualité de l'air et donc l'obtention progressive, mais significative, d'avantages en termes de santé de la population, des objectifs intermédiaires ont été proposés par l'OMS. Ces bénéfices ont été évalués ici, par territoires, afin de rendre compte de leurs spécificités et faciliter l'intégration des résultats des EQIS aux différentes échelles de décision. Ces résultats sont par ailleurs détaillés dans le rapport complet pour les 63 intercommunalités franciliennes<sup>12</sup>.

Les bénéfices des mesures de restrictions qui ont contribué à réduire fortement les émissions du trafic routier en 2020 sont supérieurs aux bénéfices attendus du respect de la cible intermédiaire pour le NO<sub>2</sub> à 30 µg/m<sup>3</sup>. Mais ils restent encore inférieurs à ceux attendus du respect de la cible à 20 µg/m<sup>3</sup> (figure 3). Cela permet de visualiser les efforts nécessaires pour atteindre une qualité de l'air satisfaisante du point de vue de la protection de la santé. Les contraintes drastiques appliquées au moment du premier confinement, avec des résultats spectaculaires en matière de réduction du trafic routier, n'ont été appliquées que sur une courte période. La concentration moyenne annuelle considérée pour le calcul reflète des conditions plus mesurées le reste de l'année.

Les scénarios théoriques ne renseignent pas sur les leviers à mettre en œuvre pour atteindre des objectifs de qualité de l'air. Ainsi, ce travail est à mettre en regard d'autres approches qui fournissent des données complémentaires utiles à l'élaboration ou la mise à jour des plans d'actions d'amélioration de la qualité de l'air. En particulier, il peut être mentionné une analyse prospective menée par Airparif en matière de scénarios de réduction d'émissions liées aux principales sources de PM<sub>2,5</sub> et de NO<sub>2</sub><sup>11</sup>. En ce qui concerne l'ozone, dont la formation est régie par des phénomènes particulièrement complexes, une action à large échelle géographique sur les précurseurs, du régional au national, est nécessaire pour lutter efficacement contre cette pollution photochimique. La formation d'O<sub>3</sub> résulte de réactions chimiques entre certains composés de l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire et de la chaleur. La teneur en ozone dépend d'un équilibre complexe entre les gaz précurseurs, dont font partie les oxydes d'azote. Ces derniers étant moins présents en dehors des villes, il s'opère dans les zones rurales un déséquilibre favorable à la formation d'ozone. Ainsi, l'impact de ce polluant rappelle que nul n'est épargné par la pollution de l'air et que tout le monde doit être acteur.

## Conclusion

Évaluer l'impact sur la santé de l'exposition à la pollution de l'air permet d'objectiver cet enjeu de santé publique et de légitimer les mesures de lutte contre la pollution atmosphérique. Ainsi, les résultats des EQIS peuvent être utilisés pour informer les parties prenantes, orienter les politiques publiques d'amélioration de la qualité de l'air et favoriser l'acceptabilité sociale des mesures.

Si certaines valeurs guides de l'OMS peuvent paraître lointaines, un regard en arrière montre le chemin déjà parcouru. Cette évaluation ne peut qu'encourager la poursuite de l'action qui a permis une amélioration continue de la qualité de l'air. Ces efforts ont été récompensés par une baisse d'au moins 40% des décès annuels attribuables à l'exposition prolongée à la pollution de l'air sur la dernière décennie. Cela se traduit par un gain moyen de près de huit mois d'espérance de vie pour l'ensemble des Franciliens. Ce chiffre conséquent inscrit la lutte contre la pollution de l'air comme une mesure de santé publique particulièrement pertinente et efficace, à poursuivre et à renforcer. ■

## Liens d'intérêt

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

## Références

- [1] Ciabattini M, Rizzello E, Lucaroni F, Palombi L, Boffetta P. Systematic review and meta-analysis of recent high-quality studies on exposure to particulate matter and risk of lung cancer. *Environ Res.* 2021;196:110440.
- [2] Alexeeff SE, Liao NS, Liu X, Van Den Eeden SK, Sidney S. Long-term PM<sub>2,5</sub> exposure and risks of ischemic heart disease an stroke events: Review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(1):e016890.
- [3] Park J, Kim H-J, Lee C-H, Lee CH, Lee HW. Impact of long-term exposure to ambient air pollution on the incidence of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 2021;194:110703.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO; 2021. 273 p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- [7] Pascal M, Yvon JM, Medina S, Blanchard M, Corso M, Host S, *et al.* 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. 96 p. <https://www.santepubliquefrance.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>
- [8] Bentayeb M, Wagner V, Stempfelet M, Zins M, Goldberg M, Pascal M, *et al.* Association between long-term exposure to air pollution and mortality in France: A 25-year follow-up study. *Environ Int.* 2015;85:5-14.

[9] Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. Chilton: COMEAP; 2018. 152 p. <https://www.gov.uk/government/publications/nitrogen-dioxide-effects-on-mortality/associations-of-long-term-average-concentrations-of-nitrogen-dioxide-with-mortality-2018-comeap-summary>

[10] Pascal M, de Crouy Chanel P, Corso M, Medina S, Wagner V, Gorla S, *et al.* Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice: Santé publique France; 2016. 158 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impacts-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-en-france-continentale-et-analyse-des-gains-en-sante-de-plusieurs-scenarios>

[11] Airparif. Trajectoires pour respecter les seuils réglementaires : gains d'émissions de polluants atmosphériques et scénarisation. Paris: Airparif; 2022. 44 p. <https://www.airparif.asso.fr/etudes/2022/trajectoires-pour-respecter-les-seuils-reglementaires>

[12] Host S, Saunal A, Cardot T, Gherzi V, Joly F. Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Île-de-France : quelle évolution depuis 10 ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires ? Paris: ORS Île-de-France; 2022. 102 p. <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/mortalite-attribuable-a-la-pollution-atmospherique/>

#### Citer cet article

Host S, Saunal A, Cardot T, Gherzi V, Joly F. Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Ile-de-France. Quelle évolution depuis 10 ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires ? Bull Epidemiol Hebd. 2022;(19-20):326-35. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_1.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_1.html)

## ARTICLE // Article

### ÉVALUATION QUANTITATIVE D'IMPACT SUR LA SANTÉ DE LA POLLUTION DE L'AIR AMBIANT EN RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES POUR LA PÉRIODE 2016-2018

// QUANTITATIVE HEALTH IMPACT ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE AUVERGNE-RHÔNE-ALPES REGION OF FRANCE FOR 2016-2018

Jean-Marc Yvon ([jean-marc.yvon@santepubliquefrance.fr](mailto:jean-marc.yvon@santepubliquefrance.fr))

Santé publique France – Auvergne-Rhône-Alpes, Lyon

Soumis le 21.06.2022 // Date of submission: 06.21.2022

#### Résumé // Abstract

**Contexte** – La pollution atmosphérique constitue un enjeu environnemental majeur pour la santé, en France et dans le monde. De nombreuses études toxicologiques et épidémiologiques mettent en évidence les multiples effets néfastes de la pollution de l'air extérieur sur la santé.

Une évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) de la pollution de l'air ambiant a été réalisée dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, pour permettre aux acteurs locaux de mesurer les bénéfices potentiels de l'amélioration de la qualité de l'air sur la mortalité et différents indicateurs de santé sur leur territoire.

**Méthode** – Pour estimer l'exposition moyenne de la population à la pollution de l'air dans toutes les communes de la région, les concentrations en particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) et en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub> : polluant traceur de la pollution liée au trafic) issues d'une modélisation à fine échelle (période 2016-2018), ont été reliées à des données de population.

L'impact de ces polluants a été évalué en considérant les événements de santé suivants : décès, hospitalisation pour accident vasculaire cérébral (AVC), survenue de cancers du poumon, recours aux urgences pour asthme chez l'enfant.

**Résultats** – Chaque année, en Auvergne-Rhône-Alpes, près de 4 300 décès seraient attribuables à une exposition de la population aux PM<sub>2,5</sub> et 2 000 décès à une exposition de la population au NO<sub>2</sub>, représentant respectivement 7% et 3% de la mortalité totale annuelle. Ces deux résultats ne peuvent cependant pas être additionnés car une partie des décès peut être attribuée à l'exposition conjointe à ces deux polluants.

Cette étude évalue également que près de 200 cancers du poumon, 780 AVC et 550 passages aux urgences pour asthme chez les enfants seraient attribuables à l'exposition aux PM<sub>2,5</sub>.

**Conclusion** – Ces résultats confirment l'impact important de la pollution de l'air ambiant sur la santé de la population de la région et tout l'intérêt de renforcer les actions d'amélioration de la qualité de l'air, notamment au niveau local.

**Background** – Air pollution is a major environmental health issue in France and around the world. Numerous toxicological and epidemiological studies highlight the multiple harmful effects of outdoor air pollution on health. A quantitative health impact assessment of ambient air pollution carried out in the Auvergne-Rhône-Alpes

region aimed to help stakeholders to measure the potential benefits of improving air quality in relation to mortality and various health indicators within their territory.

**Methods** – To estimate the average exposure of the population to air pollution in all municipalities of the region, the concentrations of fine particles less than 2.5 µm in diameter (PM<sub>2.5</sub>) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>; trace pollutant linked to traffic pollution) established using fine-scale modeling (period 2016-2018) were linked to population data.

The impact of these pollutants was assessed by considering the following health events: death, hospitalization for stroke, occurrence of lung cancer, emergency room visits for child asthma.

**Results** – Each year in Auvergne-Rhône-Alpes, nearly 4,300 deaths are attributable to exposure of the population to PM<sub>2.5</sub> and 2,000 deaths to exposure of the population to NO<sub>2</sub>, representing 7% and 3% of the total annual mortality, respectively. However, these two results cannot be added together because part of the deaths can be attributed to joint exposure to both pollutants.

This study also estimates that nearly 200 lung cancers, 780 strokes and 550 emergency room visits for child asthma are attributable to PM<sub>2.5</sub> exposure.

**Conclusion** – These results confirm the significant impact of ambient air pollution on the health of the region's population and show the importance of strengthening actions to improve air quality, particularly at the local level.

---

**Mots-clés** : EQIS, pollution de l'air, particules fines, NO<sub>2</sub>, mortalité, morbidité, Auvergne-Rhône-Alpes  
// **Keywords**: QHIA, Air pollution, Fine particles, NO<sub>2</sub>, Mortality, Morbidity, Auvergne-Rhône-Alpes

---

## Contexte

L'exposition quotidienne sur plusieurs années à la pollution de l'air favorise le développement de maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires, respiratoires, neurologiques, ou encore les cancers, ce qui se traduit par une augmentation de la mortalité, une baisse de l'espérance de vie et un recours accru aux soins. La pollution de l'air ambiant reste par ailleurs le premier facteur de risque environnemental en France et dans le monde.

Bien que la qualité de l'air s'améliore globalement chaque année en Auvergne-Rhône-Alpes<sup>1</sup>, la pollution de l'air ambiant reste un enjeu majeur pour la deuxième région la plus peuplée de France, où la majorité de la population régionale reste exposée à des niveaux de pollution atmosphérique supérieurs aux valeurs guides de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS)<sup>2</sup>.

L'évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) permet de rendre compte des conséquences de la pollution de l'air en calculant le « poids » que représente la pollution de l'air sur des événements de santé (mortalité ou morbidité). Ainsi, en quantifiant les bénéfices sanitaires attendus d'une amélioration de la qualité de l'air, ces évaluations permettent d'informer le public, de sensibiliser et d'appuyer les acteurs locaux dans la mise en œuvre des politiques publiques visant à améliorer la qualité de l'air.

En s'appuyant sur une modélisation fine des concentrations de polluants fournie par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (observatoire de la qualité de l'air), cette première EQIS menée à l'échelle régionale avait pour objectif de fournir des résultats régionaux actualisés par rapport aux résultats régionaux de l'étude nationale de 2016<sup>3</sup> qui portait sur les années 2007-2008, et de les produire aux différentes échelles infra-régionales de mise en œuvre des politiques publiques d'amélioration de la qualité de l'air.

## Méthode

La méthode de cette étude suit une démarche classique d'EQIS contrefactuelle, afin d'estimer l'impact sur la santé attendu d'une diminution de la pollution de l'air ambiant, toutes choses égales par ailleurs, sans prendre en compte le délai entre la baisse de pollution et l'apparition des bénéfices sur la santé. Les choix faits lors de la réalisation de cette étude s'appuient sur les recommandations du dernier guide méthodologique EQIS de la pollution atmosphérique (EQIS-PA) de Santé publique France publié en 2019<sup>4</sup>.

Cette EQIS a estimé les impacts sur la mortalité et sur plusieurs indicateurs de morbidité à partir de deux indicateurs d'exposition (PM<sub>2.5</sub> et NO<sub>2</sub>). Les fonctions concentration-risque, ou risques relatifs (RR), qui représentent les relations entre un indicateur d'exposition de la population à la pollution de l'air ambiant et un indicateur de santé, sont présentées dans le tableau 1. Ces RR et leurs intervalles de confiances à 95% ont été sélectionnés parmi ceux préconisés par le guide EQIS-PA<sup>4</sup>.

La méthode, résumée dans cet article, est présentée en détail dans le rapport d'étude<sup>5</sup> qui comporte également l'ensemble des résultats au niveau infra-régional et des éléments d'évaluation en lien avec l'ozone, non présentés dans cet article.

## Zone d'étude

La région Auvergne-Rhône-Alpes concentre 12% de la population française (7,9 millions d'habitants, Insee 2015) sur 13% du territoire de la métropole. Elle est composée de 12 départements et de 164 établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) inclus majoritairement dans la région, dont 90 ont une population supérieure à 20 000 habitants, seuil en dessous duquel il n'est pas recommandé de produire des résultats<sup>4</sup>. La région Auvergne-Rhône-Alpes compte également

9 territoires prioritaires<sup>(1)</sup> pour la qualité de l'air, dont la majorité sont couverts par un plan de protection de l'atmosphère (PPA).

### Estimation de l'exposition de la population

Les concentrations des polluants dans l'air ont été modélisées par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes en utilisant une chaîne de modélisation combinant des modèles de chimie-transport et des approches géostatistiques. Ce modèle fournit une estimation des concentrations des polluants (PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>) sur une maille de 10 m par 10 m sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes pour chacune des trois années 2016, 2017 et 2018.

Un indicateur d'exposition annuelle est ensuite calculé pour chaque commune de la région (selon le découpage administratif 2018) et pour chacun des deux indicateurs de pollution. Il s'agit de la moyenne des concentrations annuelles sur le territoire de la commune, pondérée par la population résidente par carré de bâti à partir des données foncières Majic (bases de données décrivant les parcelles, propriétaires et bâtiments)<sup>6</sup>. Ces indicateurs expriment l'exposition moyenne aux PM<sub>2,5</sub> et au NO<sub>2</sub> de la population de la commune concernée.

### Construction des indicateurs de santé

Les données de mortalité totale toutes causes chez les 30 ans et plus sont issues de la base de données du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc-Inserm). L'incidence des accidents

vasculaires cérébraux (AVC) pour tous les âges est approchée par les hospitalisations pour AVC (en diagnostic principal), extraites des données du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI). Ces deux bases de données sont accessibles *via* le portail du Système national des données de santé (SNDS) pour lequel Santé publique France dispose d'un accès permanent.

Les recours aux urgences pour asthme des 0-15 ans sont extraits de la base de données du Système de surveillance sanitaire des urgences et décès (SurSaUD<sup>®</sup>) qui a été développé par Santé publique France.

Les données de santé collectées ont été traitées conformément aux exigences de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil).

Les données d'incidence de cancer du poumon tous âges sont extraites d'une étude précédemment réalisée par Santé publique France, en collaboration avec le réseau français des registres des cancers (Francim), le service de biostatistique-bioinformatique des Hospices civils de Lyon et l'Institut national du cancer (Inca) qui portait sur les estimations régionales et départementales d'incidence et de mortalité par cancers en France<sup>7</sup>.

Les données de santé recueillies selon la classe d'âge correspondante aux relations concentration-risques issues d'études épidémiologiques internationales et utilisées dans cette étude sont résumées dans le tableau 2.

### Scénarios et seuils

Pour les PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub>, un scénario visant à estimer le « poids total » de la pollution liée aux activités anthropiques a été calculé. En l'absence

<sup>(1)</sup> Les 9 territoires prioritaires de la région Auvergne-Rhône-Alpes :

- plan de protection de l'atmosphère (PPA) : Lyon, Grenoble, Clermont-Ferrand, Saint-Étienne et vallée de l'Arve ;
- plan local d'amélioration de la qualité de l'air (PLQA) : Annecy et Chambéry, partie française du Grand Genève et zone de Valence.

Tableau 1

### Risques relatifs utilisés selon les couples polluants-effets étudiés

Couple polluant – effet	Effet	RR pour 10 µg/m <sup>3</sup> [IC95%]	Classe d'âge
PM <sub>2,5</sub> - Mortalité	Long terme	1,15 [1,05-1,25]	30 ans et plus
PM <sub>2,5</sub> - Incidence du cancer du poumon	Long terme	1,09 [1,04-1,14]	Tous âges
PM <sub>2,5</sub> - Incidence des AVC	Long terme	1,13 [1,04-1,23]	Tous âges
PM <sub>2,5</sub> - Passages aux urgences pour asthme chez les enfants	Court terme	1,098 [1,012-1,190]	0-17 ans
NO <sub>2</sub> - Mortalité	Long terme	1,023 [1,008-1,037]	30 ans et plus

PM<sub>2,5</sub> : particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm ; NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote ; AVC : accident vasculaire cérébral ; IC95% : intervalle de confiance à 95%.

Tableau 2

### Nombre d'événements de santé (moyenne annuelle), population cible et taux pour 1 000 personnes, Auvergne-Rhône-Alpes

Événement de santé (population cible)	Nombre	Années	Population cible	Part de la population cible parmi la population totale	Taux pour 1 000 personnes
Décès (30 ans et plus)	63 800	2013-2015	4 862 256	62%	13,1
Cancers du poumon (tous âges)	4 492	2016-2018	7 880 119	100%	0,6
AVC (tous âges)	12 698	2016-2018	7 880 119	100%	1,6
Passages aux urgences pour asthme (0-17 ans)	11 340	2016-2018	1 754 207	22%	6,5

AVC : accident vasculaire cérébral.

de valeurs cibles de référence fixant les niveaux de polluants attendus sans activités humaines, ce sont les valeurs moyennes mesurées par l'une des 12 stations rurales nationales de référence située dans la Drôme qui ont été utilisées. Cette station a enregistré les valeurs les plus basses de la région, soit  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les  $\text{PM}_{2,5}$  et  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le  $\text{NO}_2$  sur la période 2016-2018.

Deux scénarios alternatifs de réduction possible des niveaux de pollution dans chaque commune ont ensuite été considérés. Le premier correspond à une diminution de 30% des indicateurs d'exposition ( $\text{NO}_2$  et  $\text{PM}_{2,5}$ ), et le deuxième à l'atteinte de la valeur seuil de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui correspond pour le  $\text{NO}_2$  à la nouvelle valeur guide de l'OMS de 2021, et pour les  $\text{PM}_{2,5}$  à l'ancienne valeur guide de l'OMS (également valeur intermédiaire proposée par l'OMS dans la révision 2021).

## Résultats

### Exposition de la population (2016-2018)

Dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, les populations des grandes agglomérations de la région, celles de la vallée du Rhône, de la Saône et des vallées

alpines, sont les plus exposées aux  $\text{PM}_{2,5}$  et au  $\text{NO}_2$ . L'agglomération de Lyon présente les niveaux d'exposition les plus élevés, suivie de celles de Grenoble, d'Annecy et de Chambéry, puis de la vallée de l'Arve (figures 1 et 2).

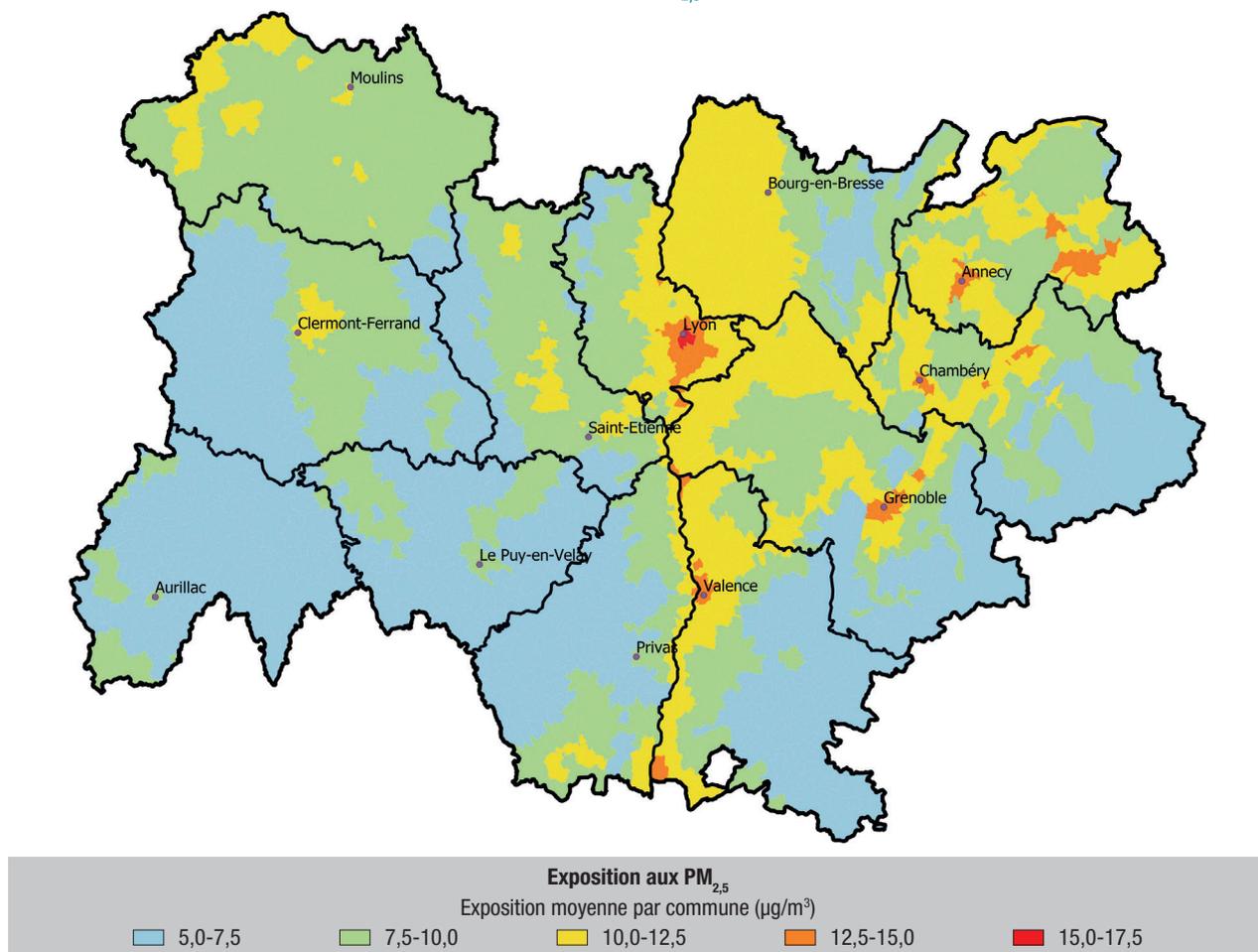
Sur la période 2016-2018, l'exposition communale variait pour les  $\text{PM}_{2,5}$  de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et pour le  $\text{NO}_2$  de  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour le  $\text{NO}_2$ , cette exposition moyenne peut masquer de fortes disparités d'exposition au sein de la commune, le  $\text{NO}_2$  étant présent en plus forte concentration à proximité des axes routiers.

### Impact de la pollution de l'air ambiant sur la santé

Sur la période 2016-2018, chaque année en Auvergne-Rhône-Alpes 4 301 décès [1 543-6 701] seraient attribuables à une exposition de la population aux  $\text{PM}_{2,5}$  et 1 964 [697-3 104] décès à une exposition de la population au  $\text{NO}_2$ , polluant traceur du trafic routier. Ainsi, l'exposition de la population aux  $\text{PM}_{2,5}$  et au  $\text{NO}_2$  serait responsable respectivement de 6,7% et 3,1% de la mortalité annuelle (figures 3 et 4).

Figure 1

### Exposition communale annuelle moyenne de la population aux $\text{PM}_{2,5}$ , Auvergne-Rhône-Alpes, 2016-2018



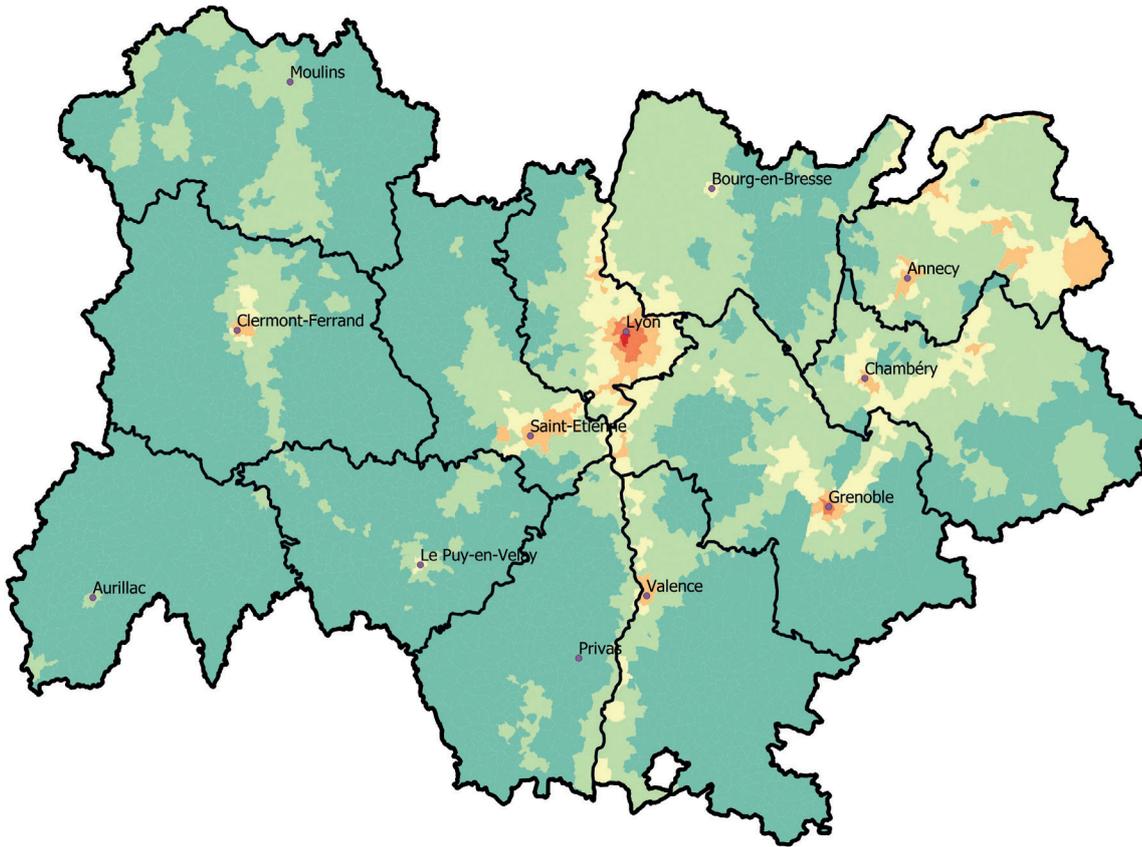
$\text{PM}_{2,5}$  : particules fines de diamètre inférieur à  $2,5 \mu\text{m}$ .

Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

Réalisation : cellule Auvergne-Rhône-Alpes de Santé publique France, 2020.

Figure 2

**Exposition communale annuelle moyenne de la population au NO<sub>2</sub>, Auvergne-Rhône-Alpes, 2016-2018**



NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote.  
 Source : Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.  
 Réalisation : cellule Auvergne-Rhône-Alpes de Santé publique France, 2020.

L'étude estime également que chaque année dans la région, 200 [92-300] cancers du poumon, soit 4,4% des cancers du poumon, 777 AVC [256-1 283], soit 6,1% des AVC, et 548 [72-995] passages aux urgences pour asthme chez des enfants de 0 à 15 ans, soit 5,2% de ces passages aux urgences, seraient attribuables à une exposition de la population aux PM<sub>2,5</sub>.

Les zones prioritaires de la région qui représentent 52% de la population régionale, totalisent 59% des événements de santé attribuables aux PM<sub>2,5</sub> et 62% des événements de santé attribuables au NO<sub>2</sub>.

**Bénéfices sanitaires attendus d'une baisse de 30% des niveaux de pollution**

Si les niveaux moyens annuels de PM<sub>2,5</sub> ou de NO<sub>2</sub> observés sur la période 2016-2018 étaient diminués de 30% dans toutes les communes de la région, la mortalité totale baisserait de 4,3% pour les PM<sub>2,5</sub>, soit 2 752 [975-4 334] décès évités chaque année, et de 1,1% pour le NO<sub>2</sub>, soit 675 [237-1 074] décès évités chaque année (figures 3 et 4).

**Bénéfices sanitaires attendus de l'atteinte de valeurs seuils de l'OMS**

Si les niveaux moyens annuels de PM<sub>2,5</sub> respectaient l'ancienne valeur guide de l'OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> dans l'ensemble des communes qui dépassaient cette valeur sur la période 2016-2018 (28% des communes regroupant 65% de la population régionale), la mortalité totale baisserait de 1,6%, soit 1 029 [364-1 621] décès évités chaque année (figure 3).

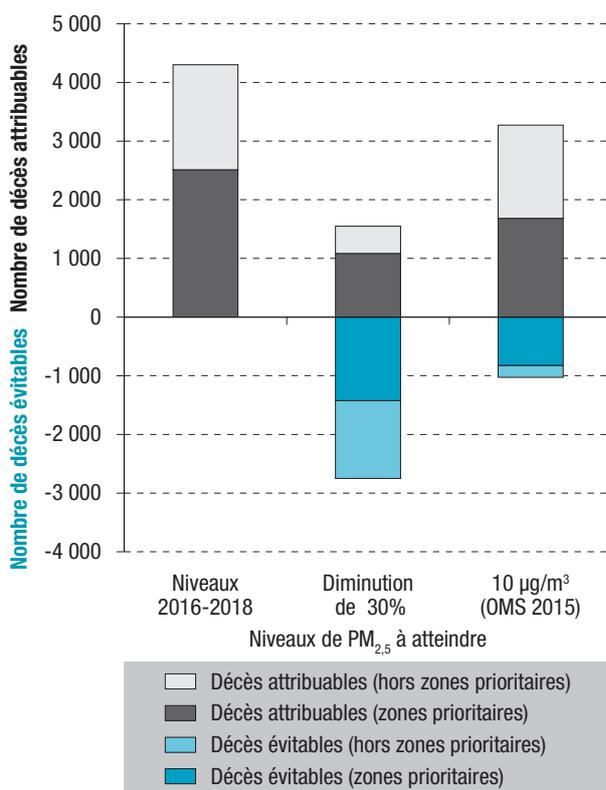
Si les niveaux moyens annuels de NO<sub>2</sub> respectaient la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> dans l'ensemble des communes qui dépassaient cette valeur sur la période 2016-2018 (46% des communes regroupant 83% de la population régionale), la mortalité totale baisserait de 1,3%, soit 855 [302-1356] décès évités chaque année (figure 4).

Pour les deux polluants, sous ce scénario, 81% des décès évités sont situés dans les zones prioritaires de la région.

Pour tous ces scénarios, les résultats présentés pour les PM<sub>2,5</sub> et le NO<sub>2</sub> ne peuvent pas être additionnés car une partie des décès peut être attribuée à l'exposition conjointe à ces deux polluants.

Figure 3

**Nombre de décès évitables selon deux scénarios de réduction des niveaux de PM<sub>2,5</sub> et mise en perspective avec le nombre de décès attribuables à la pollution atmosphérique, Auvergne-Rhône-Alpes, 2016-2018**



PM<sub>2,5</sub> : particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm. OMS 2015 : seuil fixé par l'Organisation mondiale de la Santé en 2015.

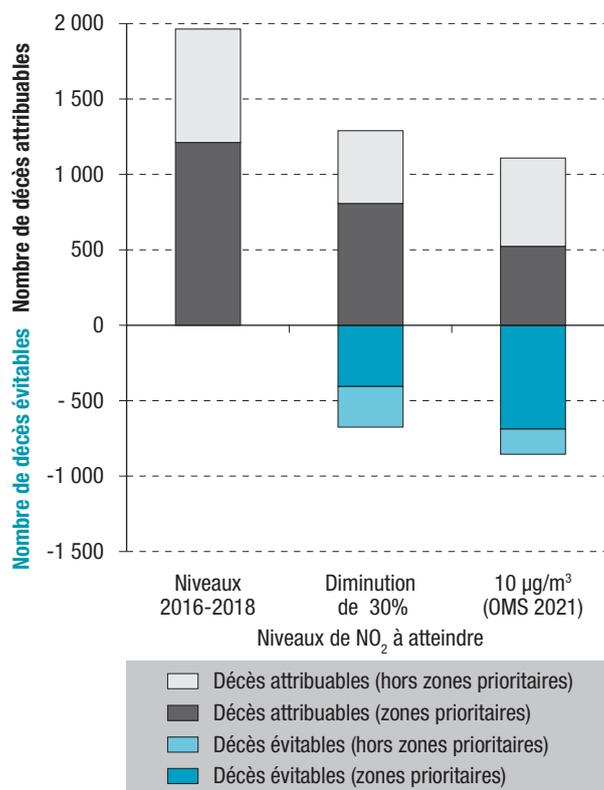
**Discussion**

S'appuyant sur les derniers guides de Santé publique France publiés en 2019, cette première EQIS régionale est innovante à plusieurs titres. Tout d'abord, elle présente les premiers résultats régionaux avec des données récentes (2016-2018), depuis la parution de l'étude nationale de 2016 (étude portant sur les années 2007-2008)<sup>3</sup>. En complément des résultats sur la mortalité, comme c'était le cas dans les études nationales<sup>3,8</sup> et l'étude sur la vallée de l'Arve<sup>9</sup>, elle présente des résultats sur plusieurs événements de santé parmi ceux proposés dans le guide<sup>4</sup>. Aussi, elle s'appuie sur une modélisation fine d'estimation des concentrations de polluants, et sur un calcul prenant en compte la densité de la population, pour approcher au mieux l'exposition réelle de la population de la région Auvergne-Rhône-Alpes dont la géographie est contrastée. Depuis la réalisation de cette étude, une deuxième EQIS régionale a été conduite par l'Observatoire régional de santé (ORS) Île-de-France<sup>10</sup>.

L'étude Auvergne-Rhône-Alpes fournit des résultats au niveau régional mais aussi au niveau départemental, des zones prioritaires, des EPCI et des villes de plus de 20 000 habitants permettant à la population et aux acteurs locaux de disposer de résultats sur leurs territoires. Issus de la même étude, les résultats

Figure 4

**Nombre de décès évitables selon deux scénarios de réduction des niveaux de NO<sub>2</sub> et mise en perspective avec le nombre de décès attribuables à la pollution atmosphérique, Auvergne-Rhône-Alpes, 2016-2018**



NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote. OMS 2021 : seuil fixé par l'Organisation mondiale de la Santé en 2021.

sont comparables. Ces résultats constituent des leviers pour faciliter la mise en place de politiques publiques visant l'amélioration de la qualité de l'air.

Bien que les niveaux de pollution présentent globalement une tendance à la baisse<sup>1</sup>, cette EQIS menée sur l'ensemble de la région Auvergne-Rhône-Alpes confirme que l'impact sur la santé de la pollution de l'air ambiant reste majeur dans la région. L'exposition à long terme aux PM<sub>2,5</sub> représente ainsi 6,7% de la mortalité dans la région, valeur très proche de la dernière estimation réalisée pour l'ensemble de la France métropolitaine sur la période 2016-2019 (7%)<sup>8</sup> et légèrement inférieure à l'estimation réalisée par l'ORS Île-de-France (9%) pour la période 2017-2019<sup>10</sup> pour cette région très urbaine.

Par rapport à la précédente étude de 2016 portant sur les années 2007 et 2008 menée sur la France continentale<sup>3</sup>, qui fournissait également des chiffres régionaux, les résultats sont peu différents (4 382 décès pour l'étude nationale de 2016 vs 4 301 décès pour l'étude régionale de 2021) alors que les niveaux de pollution ont considérablement baissé. Atmo Auvergne-Rhône-Alpes estime, en effet, que les concentrations moyennes annuelles en PM<sub>2,5</sub> ont diminué de 60% entre 2007 et 2018<sup>1</sup>. La méthodologie utilisée dans les deux études est proche mais le modèle d'estimation de l'exposition utilisé en 2016

portait sur des mailles de 2 km par 2 km et l'exposition estimée au niveau de la commune reposait sur une moyenne des concentrations incluant l'ensemble du territoire de la commune, y compris les zones inhabitées. Enfin, le réseau de mesure de  $PM_{2,5}$  était peu dense avant 2005 et la corrélation spatiale (0,42 en 2007 et 0,12 en 2008) entre modèle et mesures était relativement faible et variable selon les territoires<sup>11</sup>. Ceci confirme les limites du modèle de l'étude précédente pour notre région, l'intérêt de l'utilisation d'un modèle avec une résolution spatiale fine et d'une estimation de l'exposition rapportée à la densité de la population dans la région.

Sous un scénario plus atteignable, si l'ancienne valeur recommandée par l'OMS pour les  $PM_{2,5}$  ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) était respectée dans toutes les communes, 1,6% des décès annuels pourraient être évités, soit un peu plus de 1 000 décès dont 81% dans les zones prioritaires de la région.

Les analyses réalisées avec le  $\text{NO}_2$  permettent d'estimer l'impact sur la santé, lié au trafic routier. Les résultats ne peuvent cependant pas être additionnés avec ceux provenant des analyses réalisées avec l'indicateur  $PM_{2,5}$  car cela entraînerait un double comptage. En effet, le trafic routier émet également des particules fines de diamètre inférieur à  $2,5 \mu\text{m}$ , et une partie des impacts sur la santé, liés à ces particules, provient également du trafic routier. Ainsi, avec l'indicateur  $\text{NO}_2$ , la pollution liée au trafic routier serait responsable de près de 3,1% des décès chaque année dont la majorité (62%) dans les territoires prioritaires. L'estimation de l'ORS pour ce polluant pour l'Île-de-France était de 5,3% des décès pour l'année 2019<sup>10</sup>.

Les RR utilisés dans cette étude sont ceux recommandés par le guide de Santé publique France<sup>4</sup> mais d'autres RR existent, et leur choix reste déterminant sur les résultats. Concernant la mortalité par exemple, le RR recommandé au niveau international par l'OMS en 2013<sup>12</sup> est plus faible et conduirait à des résultats d'impact sur la santé deux fois plus faibles (Cf. analyse de sensibilité dans le rapport d'étude<sup>5</sup>). Ce RR, issu d'une méta-analyse, est très influencé par les données d'Amérique du Nord<sup>12</sup>. Aussi, Santé publique France, en lien avec l'OMS, a considéré que pour la France, il était plus pertinent d'utiliser le RR construit sur des données européennes et françaises<sup>4</sup>.

Le choix du seuil de référence pour le calcul du poids total de la pollution, c'est-à-dire du niveau de polluants hors apports anthropiques, peut avoir une influence significative sur les résultats. En effet, pour les  $PM_{2,5}$ , il est admis qu'il n'existe pas de seuil en deçà duquel il n'y aurait pas d'effet sur la santé. Pour le  $\text{NO}_2$ , les dernières études ne suggèrent pas non plus l'existence d'un seuil en dépit d'un faible nombre d'études incluant de très bas niveaux de  $\text{NO}_2$ <sup>13</sup>.

Pour les  $PM_{2,5}$ , la valeur de  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondant à la moyenne annuelle (2016-2018) mesurée à la station rurale nationale « Drôme rurale sud » a été retenue. Cette valeur est proche des valeurs de  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  retenues respectivement pour

l'EQIS de la vallée de l'Arve<sup>9</sup>, l'EQIS en France continentale publiée en 2016<sup>3</sup>, et celle en France métropolitaine publiée en 2021<sup>8</sup>. Elle est également très proche de la nouvelle valeur guide préconisée par l'OMS de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en concentration moyenne annuelle qui a été publiée en septembre 2021<sup>2</sup>.

Pour le  $\text{NO}_2$ , en cohérence avec le choix précédent, la valeur de  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de la station « Drôme rurale sud » a également été retenue. Cette valeur très basse traduit la nature essentiellement anthropique du  $\text{NO}_2$ . Elle est également très proche de la concentration minimale de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  évoquée dans l'étude Escape<sup>14</sup> rapportée par trois cohortes (suédoise, italienne et autrichienne) et de celle de  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondant à la moyenne annuelle la plus basse modélisée en 2013 au Royaume-Uni<sup>13</sup>. Elle est proche de la valeur de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  utilisée par l'ORS Île-de-France<sup>10</sup> dans son étude régionale, mais plus faible que celle utilisée dans l'étude nationale de 2021<sup>8</sup> qui correspond à la nouvelle valeur guide préconisée par l'OMS<sup>2</sup> de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tous les résultats présentés dans cette étude restent des ordres de grandeur. Ils sont associés à plusieurs sources d'incertitude (estimation de l'exposition, données de santé, choix des risques relatifs...) détaillées dans le rapport d'étude<sup>5</sup>. Toutefois, ces incertitudes ne remettent pas en cause le fait que la pollution de l'air continue d'avoir un impact significatif sur la santé, et que des actions améliorant la qualité de l'air se traduiraient par des bénéfices importants sur la santé de la population de la région Auvergne-Rhône-Alpes.

En effet, si cette EQIS confirme l'enjeu sanitaire majeur de la pollution de l'air ambiant, notamment dans les grandes agglomérations, la vallée du Rhône, la Saône, et les vallées alpines, les résultats montrent que tout le territoire de la région peut être concerné et toute réduction de pollution, quel que soit le territoire, permettra un gain sanitaire pour la population concernée.

L'impact sur la santé de l'exposition chronique à la pollution de l'air ambiant justifie la mise en place d'actions visant à réduire durablement la pollution de fond. Compte-tenu de la diversité des sources de polluants (transports, logements, industries, agriculture...), ces interventions permettent également d'induire de nombreux co-bénéfices sanitaires et sociaux. C'est particulièrement le cas avec les politiques visant à réduire la place de la voiture, à promouvoir les modes de transport actifs et à développer un urbanisme favorable à la santé<sup>15</sup>. Ces politiques entraînent des gains sanitaires liés à la diminution de la pollution dont il est question dans cette étude, mais aussi des gains sanitaires liés à une augmentation de l'activité physique, à une réduction de l'impact dû au bruit, à une réduction de la contribution du trafic à la chaleur urbaine en période de canicule, et à une meilleure répartition de l'espace entre voies routières, zones piétonnes et mode de transport doux. Enfin, il est essentiel dans le cadre de la politique de lutte contre le changement

climatique de limiter les émissions de gaz à effets de serre dont les effets sur le climat ont déjà de fortes répercussions sur la santé<sup>16</sup>. ■

## Remerciements

L'auteur remercie Mélanie Yvroud, co-auteur du rapport d'étude, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes pour la fourniture des données d'exposition, Delphine Casamatta et Magali Corso (Santé publique France) pour l'extraction des données de santé, l'ensemble des membres du comité technique qui ont accompagné la réalisation de l'étude : Stéphane Socquet-Juglard et Bernard Jouves (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes), Armelle Mercuriol et Nicolas Grenetier (ARS Auvergne-Rhône-Alpes), Évelyne Bernard et Emmanuel Donnaint (Dreal Auvergne-Rhône-Alpes), Elsa Thomasson (Ademe Auvergne-Rhône-Alpes), Lucie Anzivino (ORS Auvergne-Rhône-Alpes), Clément Pesle (Grenoble-Alpes Métropole).

## Liens d'intérêt

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

## Références

- [1] Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Qualité de l'air en Auvergne-Rhône-Alpes : bilan de l'année 2018. Lyon: Atmo Auvergne-Rhône-Alpes; 2019. 70 p. <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/publications/dossier-de-presse-qualite-de-lair-2018-en-auvergne-rhone-alpes>
- [2] World Health Organization. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO; 2021. 300 p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- [3] Pascal M, de Crouy Chanel P, Corso M, Medina S, Wagner V, Gorla S, *et al.* Impact de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice: Santé publique France; 2016. 162 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impacts-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-en-france-continentale-et-analyse-des-gains-en-sante-de-plusieurs-scenarios>
- [4] Pascal M, Yvon JM, Medina S, Blanchard M, Corso M, Host S, *et al.* 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. 96 p. <https://www.santepubliquefrance.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>
- [5] Yvon JM, Yvroud M. Évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) de la pollution de l'air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes (période 2016-2018). Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 66 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/enquetes-etudes/evaluation-quantitative-d-impact-sur-la-sante-eqis-de-la-pollution-de-l-air-ambiant-en-region-auvergne-rhone-alpes-2016-2018>
- [6] Drevet J. Fourniture des données de population spatialisées selon la méthodologie nationale (méthodologie MAJIC). Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA); 2016. 10 p. [https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/lcsqa2015-n\\_miseajour\\_population\\_drc-16-152371-03513a\\_vf.pdf](https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/lcsqa2015-n_miseajour_population_drc-16-152371-03513a_vf.pdf)

[7] Colonna M, Pépin P, Cariou M, Billot-Grasset A, Chatignoux E. Estimations régionales et départementales d'incidence et de mortalité par cancers en France, 2007-2016 – Auvergne-Rhône-Alpes. Saint-Maurice: Santé publique France; 2019. 177 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/auvergne-rhone-alpes/documents/rapport-synthese/2019/estimations-regionales-et-departementales-d-incidence-et-de-mortalite-par-cancers-en-france-2007-2016-auvergne-rhone-alpes>

[8] Medina S, Adélaïde L, 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 nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019. Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 63 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>

[9] Pascal M, De Crouy Chanel P, Wagner V, Yvon J, Saura C. Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité dans la vallée de l'Arve. Saint-Maurice: Santé publique France; 2017. 41 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/impact-de-l-exposition-chronique-aux-particules-fines-sur-la-mortalite-dans-la-vallee-de-l-arve>

[10] Host S, Cardot T, Saunal A, Ghersi V, Joly F. Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Île-de-France : Quelle évolution depuis 10 ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires ? Paris: ORS Île-de-France; 2022. 102 p. <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/mortalite-attribuable-a-la-pollution-atmospherique/>

[11] 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.

[12] World Health Organization Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project – Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013. 60 p. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/238956/Health\\_risks\\_air\\_pollution\\_HRAPIE\\_project.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf)

[13] Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP). Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. *Public Health England*; 2018. 152 p. <https://www.gov.uk/government/publications/nitrogen-dioxide-effects-on-mortality>

[14] Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B, *et al.* Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet.* 2014;383(9919):785-95.

[15] Pascal M, Roué Le Gall A, Lemaire N, Diallo T. Transformer les villes pour préserver la santé des générations présentes et futures. *La Santé en action.* 2022;(459):5-9. <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/transformer-les-villes-pour-preserver-la-sante-des-generations-presentes-ou-futures>

[16] World Health Organization. Climate change and Health. Geneva: WHO; 2021. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/climate-change-and-health>

## Citer cet article

Yvon JM. Évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS) de la pollution de l'air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes pour la période 2016-2018. *Bull Epidémiol Hebd.* 2022;(19-20):335-42. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_2.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_2.html)

## LES RUES SCOLAIRES : UNE SOLUTION POUR CONTRIBUER À L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR, PLÉBISCITÉE PAR LES PARENTS

// SCHOOL STREETS: A SOLUTION CONTRIBUTING TO IMPROVED AIR QUALITY, SUPPORTED BY PARENTS

Sophie Rousseau<sup>1</sup>, Carlos Cazorla<sup>2</sup>, Yana Dimitrova<sup>1</sup> (yana.dimitrova@ligue-cancer.net), Emmanuel Ricard<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ligue nationale contre le cancer, Paris

<sup>2</sup> BVA, Paris

Soumis le 19.05.2022 // Date of submission: 05.19.2022

### Résumé // Abstract

**Objectif** – L'exposition chronique à la pollution de l'air a été reconnue comme cancérogène en 2013 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). Le trafic routier est une des principales sources de pollution en France : il émet 62% des dioxydes d'azote et il est responsable de l'émission de 18% des particules fines. Les enfants sont plus vulnérables à la pollution de l'air que les adultes. Les rues scolaires, rues où l'accès des véhicules motorisés est interdit aux heures d'arrivée et de sortie des élèves, sont une des mesures pour limiter leur exposition à la pollution de l'air. La mise en place optimale des rues scolaires nécessite de mieux connaître les attentes des parents. L'objectif principal de l'étude était d'évaluer l'importance pour les parents d'une bonne qualité de l'air pour leurs enfants et de mesurer leur adhésion au dispositif des rues scolaires.

**Méthode** – L'enquête a été réalisée entre le 6 et le 17 juillet 2021 auprès d'un échantillon national représentatif de 1 230 parents d'enfants de 3 à 10 ans en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer (DROM).

**Résultats** – La majorité des parents interrogés sont préoccupés par l'impact de la pollution de l'air sur la santé de leurs enfants (78%). Le dispositif des rues scolaires est plébiscité par 84% des parents, et notamment par ceux appartenant à la catégorie socioprofessionnelle « ouvriers » (91%). Les principaux freins à ce dispositif sont la disponibilité de place de parking à proximité de l'école et l'appréhension que le trafic routier ne soit déplacé dans les rues avoisinantes. Les principaux leviers sont la sécurisation des abords de l'école, la réduction du trafic routier et l'amélioration de la qualité de l'air aux abords de l'école.

**Conclusion** – Ce sondage confirme la forte adhésion des parents pour la mise en place de rues scolaires visant à réduire la pollution de l'air aux abords des écoles, source de préoccupation pour la santé de leurs enfants.

**Aim** – Chronic exposure to air pollution was recognized as carcinogenic in 2013 by the International Agency for Research on Cancer (IARC). Road traffic is one of the main sources of pollution in France: it is responsible for 62% of nitrogen dioxide emissions and 18% of fine-particle emissions. Children are more vulnerable to air pollution than adults and the concept of "school streets" – areas where motorized vehicles are prohibited at times when schoolchildren arrive and leave – is a measure that can limit their exposure. The optimal implementation of school streets requires a better understanding of parents' expectations. The main objective of this study was to assess whether parents consider good air quality as important for their children and to measure their support for the school-street system.

**Method** – The survey was conducted between the 6<sup>th</sup> and the 17<sup>th</sup> of July 2021 among a nationally representative sample of 1,230 parents of children aged 3 to 10 years in metropolitan and overseas France.

**Results** – Most surveyed parents are concerned about the impact of air pollution on the health of their children (78%). The school-street system is supported by 84% of parents, particularly by parents in the "working-class" socio-professional category (91%). The main obstacles to implementing school streets are the availability of parking spaces near the school and the fear of traffic displacement to neighbouring streets. The main motivations are increased safety, reduced road traffic, and improved air quality in the area around the school.

**Conclusion** – This survey confirms strong support among parents for the implementation of school streets that aim to reduce air pollution in the immediate area, which is a source of concern regarding their children's health.

**Mots-clés:** Pollution de l'air, Rue scolaire, Éco-mobilité, Cancer

// **Keywords:** Air pollution, School streets, Eco-mobility, Cancer

## Introduction

L'exposition chronique à la pollution de l'air a été reconnue comme cancérigène depuis 2013 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC)<sup>1</sup>. Les particules fines, notamment les PM<sub>2,5</sub> (notées « PM » en anglais pour « *Particulate matter* ») ainsi que le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), sont deux polluants reconnus comme nocifs pour la santé. Une étude de 2018 du CIRC a estimé que les particules fines PM<sub>2,5</sub> étaient responsables de près de 1 500 cancers du poumon chaque année en France<sup>2</sup>. Par ailleurs, une récente méta-analyse a estimé que le dioxyde d'azote, dont le trafic routier est le principal émetteur, serait responsable de 1 700 cancers du sein chaque année en France<sup>3</sup>. Le fardeau sanitaire de la pollution de l'air par particules fines PM<sub>2,5</sub> et dioxyde d'azote a été estimé par Santé publique France respectivement à 40 000 et 7 000 décès par an<sup>4</sup>.

En raison du lien établi entre pollution de l'air et cancer, la Ligue nationale contre le cancer (LNCC) mène des plaidoyers au niveau européen, national et local, pour améliorer la qualité de l'air. L'un des principaux plaidoyers est de promouvoir le dispositif des « rues scolaires » : rues aux abords des écoles pour lesquelles la circulation des véhicules motorisés est interdite aux heures d'arrivée et de sortie des élèves. La promotion de ce dispositif est justifiée par la plus grande vulnérabilité des enfants face à la pollution de l'air, notamment en raison de l'immaturation de leur système respiratoire<sup>5</sup>. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a synthétisé les divers impacts de la pollution sur les enfants : naissance prématurée, petit poids de naissance, mortalité infantile, retard de croissance du fœtus, infections aiguës des voies respiratoires, asthme (première maladie chronique chez les enfants) et croissance pulmonaire<sup>6</sup>.

Ce dispositif, déployé dans de nombreux pays européens, et en cours d'expansion en France, a été évalué au Royaume-Uni. Les résultats de l'évaluation menée sur 35 écoles londoniennes sont encourageants : une diminution de la pollution jusqu'à -23% pour les concentrations de NO<sub>2</sub> a été observée. Par ailleurs, 18% des parents automobilistes ont réduit leur usage de la voiture<sup>7</sup>.

L'objectif de cet article est de synthétiser les résultats d'un sondage, réalisé par la LNCC avec la société d'études BVA, mené auprès des parents d'enfants de 3 à 10 ans, afin notamment d'évaluer l'importance pour les parents d'une bonne qualité de l'air pour leurs enfants, et de mesurer tant leur adhésion au dispositif des rues scolaires que les freins et leviers liés à leur mise en place.

## Matériel et méthode

En partenariat avec BVA, la LNCC a mené un sondage auprès d'un échantillon représentatif de parents ayant au moins un enfant scolarisé en maternelle ou à l'école primaire.

L'enquête a été réalisée entre le 6 et le 17 juillet 2021 auprès d'un échantillon national représentatif de 1 230 parents d'enfants âgés de 3 à 10 ans en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer (DROM), soit 1 080 parents constituant un échantillon national représentatif pour l'Hexagone et un échantillon complémentaire de 150 parents résidant en Guadeloupe, Guyane, Martinique et à La Réunion (tableau 1). Dans les résultats d'ensemble, un redressement a été appliqué afin de redonner aux ultramarins leur poids réel dans la population nationale.

Après l'analyse univariée systématique (tris à plat), les critères suivants ont servi de base à une analyse bivariée : le sexe, l'âge, la catégorie socioprofessionnelle (PCS), la région d'habitation, dont métropole vs outre-mer et la taille d'agglomération, ainsi que d'autres variables spécifiques à l'étude comme la distance parcourue entre le domicile et l'établissement scolaire, le moyen de transport utilisé, ou encore le temps de trajet. Ces trois dernières variables étant étroitement corrélées, seul le moyen de transport utilisé pour se rendre aux établissements scolaires est retenu dans cet article. Les différences entre les sous-segments de la population ont été déterminées par un test de Chi<sup>2</sup> avec un niveau de confiance de 90% ou supérieur, comparant chaque segment au reste de l'échantillon. Une fois la non-indépendance des variables établie, un test de Student a été réalisé pour la comparaison des proportions mises en exergue dans l'article, toujours avec un niveau de confiance de 90% ou supérieur, le risque associé à ce test (p-value) est systématiquement indiqué. Seuls les résultats significatifs sont présentés dans l'article.

Concernant l'enquête réalisée en France métropolitaine, le questionnaire a été renseigné en ligne. Cet échantillon a été construit suivant la méthode des quotas appliquée aux critères suivants : sexe, âge, catégorie socioprofessionnelle de la personne de référence du ménage, région, taille d'habitat, âge des enfants (Institut national de la statistique et des études économiques, 2016).

Les caractéristiques de l'échantillon sont détaillées dans le tableau 1.

## Résultats

### Des parents préoccupés par l'impact de la pollution de l'air sur la santé de leurs enfants et mal informés sur les moyens pour les protéger

Parmi les parents interrogés, 78% déclarent être plutôt préoccupés ou très préoccupés des conséquences d'une mauvaise qualité de l'air sur la santé de leurs enfants (n=965). Cette préoccupation tend à être plus importante dans les DROM, avec 84% des parents qui se déclarent préoccupés (p=0,06).

Par ailleurs, ils sont 72% à déclarer être plutôt mal ou très mal informés sur la qualité de l'air autour de l'école de leurs enfants (n=886) et sur les moyens pour les protéger d'une mauvaise qualité de l'air (n=881).

Tableau 1

## Caractéristiques sociodémographiques de l'échantillon

	France métropolitaine (brut)		DROM (brut)		France métropolitaine + DROM (redressement)	
	Total (n=1 080)		Total (n=150)		Total (n=1 230)	
	n	%	n	%	n	%
<b>Sexe</b>						
Femme	634	58,7%	91	61,0%	668	54,0%
Homme	446	41,3%	59	39,0%	562	46,0%
<b>Âge</b>						
18-24 ans	21	1,9%	4	2,7%	13	1,0%
25-34 ans	275	25,5%	43	28,7%	340	27,7%
35-49 ans	657	60,8%	93	62,0%	813	66,1%
50-64 ans	127	11,8%	10	6,7%	64	5,2%
<b>Catégorie socioprofessionnelle (personne de référence du ménage pour la France métropolitaine et répondant pour les DROM)</b>						
Indépendants, chefs d'entreprise	77	7,1%	11	7,3%	85	6,9%
Cadres et professionnels intellectuels supérieurs	199	18,4%	14	9,3%	195	15,8%
Professions intermédiaires	219	20,3%	27	18,0%	293	23,9%
Employés	311	28,8%	43	28,7%	308	25,1%
Ouvriers	153	14,2%	21	14,0%	221	17,9%
Retraités	26	2,4%	0	0,0%	4	0,3%
Autres inactifs	95	8,8%	34	22,7%	124	10,1%
<b>Région</b>						
Hauts-de-France	106	9,8%			119	9,7%
Grand Est	94	8,7%			100	8,1%
Normandie	57	5,3%			62	5,0%
Bretagne	58	5,4%			60	4,9%
Pays de la Loire	73	6,8%			73	6,0%
Nouvelle-Aquitaine	97	9,0%			103	8,4%
Occitanie	82	7,6%			101	8,2%
Auvergne-Rhône-Alpes	141	13,1%			151	12,2%
PACA, Corse	87	8,1%			93	7,5%
Île-de-France	192	17,8%			236	19,3%
Bourgogne-Franche-Comté	47	4,4%			49	4,0%
Centre-Val de Loire	46	4,3%			47	3,8%
Martinique			37	25%		
Île de La Réunion			38	25%		
Guyane			37	25%		
Guadeloupe			38	25%		
<b>Taille d'agglomération</b>						
Rural et petites villes	454	42,0%	18	12%	508	41,1%
Moyennes et grandes villes	457	42,3%	132	88%	509	41,9%
Agglomération parisienne	169	15,6%			213	17,0%

PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur ; DROM : Départements et régions d'outre-mer.

## Un plébiscite des rues scolaires par les parents

Seuls 37% des parents interrogés ont une connaissance du dispositif des rues scolaires (n=452). Après avoir présenté le dispositif dans l'enquête<sup>(1)</sup>, 84% de l'ensemble des parents ont déclaré être favorables à la mise en place d'une rue scolaire aux abords de l'école de leurs enfants (n=1031). Les parents appartenant à la catégorie socioprofessionnelle des ouvriers sont davantage favorables à la mise en place d'une rue scolaire (91%, p<0,001). On observe également une différence entre les parents qui accompagnent leurs enfants à l'école à pied, davantage favorables au dispositif, et ceux qui utilisent leur voiture pour s'y rendre (respectivement 88% et 81%, p=0,001). Cet écart de perception s'explique également par la distance entre l'école et le domicile, les deux variables étant liées (tableau 2).

Par ailleurs, 72% des parents ont déclaré être favorables à ce qu'une loi impose la mise en place des rues scolaires aux abords des écoles des enfants (n=884). Les parents appartenant à la catégorie socioprofessionnelle « professionnels intermédiaires » sont cependant significativement moins favorables à une obligation légale de la mesure (65%, p=0,04). Même s'il existe une différence significative entre les parents automobilistes

et les parents qui accompagnent leur enfant à pied à l'école (68% versus 77%, p=0,001), la majorité des parents automobilistes soutiennent également la mise en place de rues scolaires.

## Des parents prêts à changer de comportements pour la mise en place des rues scolaires

Les parents se déclarent en majorité prêts à changer leur mobilité afin d'améliorer la qualité de l'air aux abords de l'école de leurs enfants : parmi les parents qui déposent leurs enfants en voiture, 79% se déclarent prêts à se garer plus loin et à marcher davantage afin d'accompagner leurs enfants à l'école (n=519), et 65% des parents se déclarent prêts à utiliser un moyen de transport moins polluant pour accompagner leurs enfants à l'école (vélo, marche, trottinette, transports en commun, etc.). Les parents appartenant à la catégorie socioprofessionnelle « ouvriers » sont significativement plus prêts à changer leurs comportements pour ces deux mesures (86% versus 79%, p=0,091 et 77% versus 65%, p=0,002). Cependant, l'évolution vers un transport moins polluant recueille une moindre adhésion auprès des femmes (59% versus 71% des hommes, p=0,001), et les parents « employés » se montrent moins favorables à l'idée de se garer plus loin (72% versus 79%, p=0,037).

## Les freins et leviers des parents pour la mise en place des rues scolaires

Les parents interrogés ont dû choisir les deux principaux freins parmi les six freins proposés relatifs à la mise en place des rues scolaires (manque de places de parking à proximité de l'école, déplacement du trafic dans d'autres rues, coûts des rues scolaires, non-respect des rues scolaires

<sup>(1)</sup>Rappel du descriptif présenté dans le questionnaire : « Les rues scolaires sont des rues où l'accès aux véhicules motorisés devant les écoles est interdit aux heures d'arrivée et de sortie des élèves. Seuls les véhicules de secours et ceux transportant des personnes à mobilité réduite peuvent circuler dans ces rues. Les riverains résidant dans la rue peuvent circuler à la vitesse du pas. L'objectif des rues scolaires est de créer un environnement apaisé aux abords des écoles permettant une réduction des polluants atmosphériques, des nuisances sonores et favorisant les mobilités actives (marche, vélo, trottinette). »

Tableau 2

### Mode de transport et distance entre le domicile et l'école

	Métropole		Outre-mer		Sous-total métropole		Sous-total outre-mer	
<b>Question S12 : Le plus souvent, quel moyen de transport parmi les suivants utilisez-vous pour accompagner votre/vos enfant(s) à l'école (vous-même, votre conjoint ou toute autre personne qui accompagne votre enfant à l'école) ?</b>								
<b>Base brute</b>					1 048		137	
<b>Base redressée</b>	1 158		33					
<b>Transports en commun</b>	4%	46	5%	2	4%	41	4%	6
<b>Vélo</b>	2%	18	0%	0	2%	18	0%	0
<b>Sous-total Véhicule à moteur</b>	55%	635	70%	23	55%	576	71%	97
<b>Moto/scooter</b>	0%	2	1%	0	0%	2	1%	1
<b>Voiture</b>	55%	633	70%	23	55%	574	70%	96
<b>Trottinette</b>	1%	10	0%	0	1%	9	0%	0
<b>À pied</b>	39%	450	25%	8	39%	404	25%	34
<b>Question S14 : Au final, depuis votre domicile, à quelle distance se situe l'école de votre/vos enfants ?</b>								
<b>Base brute</b>					1 080		150	
<b>Base redressée</b>	1 194		36					
<b>500 m ou moins</b>	27%	320	27%	10	26%	282	25%	38
<b>501 m à 1 km</b>	26%	313	19%	7	26%	280	21%	31
<b>1 à 3 km</b>	24%	291	26%	9	25%	267	25%	38
<b>Plus de 3 km</b>	23%	270	28%	10	23%	251	29%	43

Tableau 3

### Freins à la mise en place des rues scolaires

	Ensemble	
<b>Question Q12 : À l'inverse, quels seraient selon vous les 2 principaux freins à la mise en place d'une rue scolaire aux abords de l'école de votre/vos enfant(s) ?</b>		
<b>Base brute</b>	<b>1 230</b>	
<b>Base redressée</b>	<b>1 230</b>	
Il n'y aurait pas assez d'espace/de parking disponible pour que les parents puissent se garer à proximité de l'école (500 m)	63%	773
Cela déplacerait le problème du trafic et des embouteillages dans d'autres zones	49%	602
Les rues scolaires auront un coût financier et humain (barrière, personnel pour gérer la barrière, aménagements urbains)	27%	331
Les rues scolaires ne seraient pas respectées par les autres parents	25%	303
Je mettrais plus de temps à accompagner mon/mes enfant(s) à l'école	25%	302
Les rues scolaires n'auraient que peu d'impact sur la sécurité des enfants	12%	146
Ne sait pas	0%	3

Tableau 4

### Bénéfices des rues scolaires

	Ensemble	
<b>Question Q11 : Quels seraient selon vous les 2 principaux avantages à la mise en place d'une rue scolaire aux abords de l'école de votre/vos enfant(s) ?</b>		
<b>Base brute</b>	<b>1 230</b>	
<b>Base redressée</b>	<b>1 230</b>	
Sécuriser les abords de l'école et éviter les accidents	68%	837
Réduire le trafic autour de l'école	36%	439
Améliorer la qualité de l'air aux abords de l'école	31%	383
Favoriser les mobilités actives pour emmener et aller chercher son enfant à l'école (marche, vélo, trottinette)	20%	251
Permettre aux enfants d'être davantage autonomes pour se rendre à l'école	19%	238
Créer un espace de convivialité pour les parents et les enfants	13%	160
Diminuer les nuisances sonores	12%	149
Ne sait pas	0%	2

par les autres parents, temps additionnel pour accompagner les enfants à l'école, faible impact des rues scolaires sur la sécurité des enfants). Les principaux freins cités sont : le manque de parking disponible à proximité de l'école pour se garer (63%, n=773) et la problématique du déplacement du trafic routier dans d'autres zones (49%, n=602). Le temps additionnel pour accompagner leur enfant à l'école est seulement cité par 25% des parents (n=302) (tableau 3).

Concernant les bénéfices attendus de la mise en place d'une rue scolaire, les parents ont également dû sélectionner deux bénéfices principaux parmi les sept bénéfices proposés (diminuer les nuisances sonores, créer un espace de convivialité, permettre aux enfants d'être davantage autonomes pour se rendre à l'école, favoriser les mobilités actives, améliorer la qualité de l'air, réduire le trafic routier et sécuriser les abords de l'école et éviter les accidents). Le bénéfice principal cité par 68% des parents est la sécurisation des abords de l'école (n=837), suivi de la réduction du trafic routier, cité par 36% des parents (n=439), et l'amélioration de la qualité de l'air aux abords de l'école, citée par 31% des parents (n=383) (tableau 4).

## Discussion

Ce sondage montre que l'impact sanitaire de la pollution de l'air est un sujet qui préoccupe la majorité des parents d'enfants âgés de 3 à 10 ans. Des solutions locales doivent être mises en œuvre afin de préserver la santé des enfants et d'encourager une diminution des sources de pollution, dont le trafic routier, principal émetteur des dioxydes d'azote en France.

Les rues scolaires sont une des solutions que peuvent mettre en place les élus locaux aux abords des écoles *via* un arrêté municipal. Les résultats de ce sondage mettent en avant un plébiscite de ce dispositif par les parents d'enfants âgés de 3 à 10 ans. Ces résultats concordent avec le sondage réalisé par le Fonds des Nations unies pour l'enfance (Unicef) en septembre 2020 auprès des parents d'enfants âgés de 0 à 15 ans habitant dans des agglomérations de plus de 100 000 habitants qui sont à 87% favorables à la mise en place de rues scolaires aux abords de l'école de leurs enfants<sup>8</sup>. Ainsi, ce dispositif est majoritairement soutenu par les parents qui en sont les premiers impactés.

Le sondage présenté dans cet article montre que la mesure ne créerait pas de clivage entre les catégories socioprofessionnelles, puisque les parents appartenant à la catégorie socioprofessionnelle « ouvriers » sont ceux qui supportent le plus la mise en place de rues scolaires. La connaissance des freins (pouvoir se garer à proximité de l'école, crainte que la rue scolaire ne déplace le problème du trafic dans d'autres rues) sont des éléments à intégrer lors de la mise en place de concertations avec les parents d'élèves au niveau local pour expérimenter les rues scolaires. Concernant la problématique du trafic qui serait déplacé dans les rues avoisinantes, une étude écossaise a montré une diminution globale de l'usage de la voiture dans le quartier des rues scolaires<sup>9</sup>. Il serait intéressant, dans le cadre de futures recherches, d'évaluer la satisfaction des accompagnants à la suite du déploiement de rues scolaires, visant à identifier des éventuelles difficultés rencontrées.

La connaissance des bénéfices des rues scolaires est également à inclure dans l'argumentaire auprès des parents afin de promouvoir la mise en place de rues scolaires : la sécurité routière, la réduction du trafic routier, en tête des avantages perçus du dispositif et porteurs d'impact immédiat et vital, ainsi que l'amélioration de la qualité de l'air, sont des arguments à avancer auprès d'eux.

Finalement, selon ce sondage, les parents sont prêts à changer leur mobilité pour faciliter la mise en place des rues scolaires. Ces résultats sont concordants avec ceux de l'étude sur les mobilités domicile-école réalisée par l'éco-entreprise Eco CO<sub>2</sub> en 2020 qui montrent que 76% des parents interrogés se déclarent prêts à participer à une concertation pour améliorer les déplacements autour de l'établissement scolaire de leur enfant<sup>10</sup>.

Fort de ces constats, la Ligue nationale contre le cancer développe des interventions en milieu scolaire visant à sensibiliser les enfants, les parents et le corps enseignant aux effets sanitaires de la pollution de l'air pour encourager l'expérimentation et la mise en place de rues scolaires. Un projet de recherche-action accompagne ces initiatives, afin d'évaluer l'impact des rues scolaires sur la qualité de l'air. L'information des parents et des élus relative à la pollution de l'air, son impact sanitaire et les mesures visant à la limiter, est un des leviers identifiés pour le déploiement de la démarche.

Les rues scolaires ne peuvent pas être mises en place aux abords de toutes les écoles en raison des enjeux locaux d'urbanisme (transport public empruntant les voies publiques, fort trafic routier qui ne peut être déporté sur les rues avoisinantes, etc.). D'autres dispositifs, déjà expérimentés, permettent alors des aménagements qui contribuent à une meilleure qualité de l'air tels que la limitation de la vitesse de circulation des véhicules à 20 ou 30 km/h, la suppression des places de stationnement, la végétalisation et la piétonnisation partielle ou totale des rues aux abords des écoles.

Néanmoins, les exemples des nombreuses villes qui ont mis en place des rues scolaires montrent que cela est possible, aussi bien dans les grandes agglomérations que dans les villes moyennes et villages. Au-delà de l'enjeu de contribuer à la réduction de l'usage de la voiture, qui est une des sources de pollution aux abords des écoles, les rues scolaires sont une solution locale pour encourager les mobilités actives. Or, une étude de Santé publique France a montré l'importance de promouvoir les environnements favorables aux mobilités actives puisqu'en 2015 seulement 51% des garçons et 33% des filles de 6-17 ans atteignaient les recommandations de l'OMS en matière d'activité physique<sup>11</sup>. Finalement, les rues scolaires ont pour objectif de créer un environnement favorable à la santé et s'inscrivent dans un mouvement européen dynamique avec la création de la première journée européenne des rues scolaires le 6 mai 2022. Par ailleurs, cette étude souligne une forte adhésion des parents à ce type de dispositif et renforce l'importance de promouvoir son développement en France. ■

### Financement

Ce sondage a été réalisé avec la subvention obtenue auprès de European Foundation for the Climate (ECF).

### Liens d'intérêt

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

### Références

- [1] International Agency for Research on Cancer/WHO. Outdoor air pollution. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: IARC; 2015. 109:1-448. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol109/index.php>
- [2] Centre international de recherche sur le cancer. Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine. Lyon: CIRC; 2018. 271 p. [https://gco.iarc.fr/includes/PAF/PAF\\_FR\\_report.pdf](https://gco.iarc.fr/includes/PAF/PAF_FR_report.pdf)
- [3] Gabet S, Lemarchand C, Guénel P, Slama R. Breast cancer risk in association with atmospheric pollution exposure: A meta-analysis of effect estimates followed by a health impact assessment. *Env. Health Perspectives*. 2021;129(5):57012.
- [4] Medina S, Adélaïde L, Wagner V, de Crouy Chanel P, Real E, 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 sur le poids total pour la période 2016-2019. Saint-Maurice: Santé publique France; 2021. 63 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>
- [5] Pascal M, Medina S. Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011. Des clefs pour mieux comprendre les impacts de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Europe. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 6 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air/documents/rapport-synthese/resume-des-resultats-du-projet-apekom-2008-2011.-des-clefs-pour-mieux-comprendre-les-impacts-de-la-pollution-atmospherique-urbaine-sur-la-sante-en>
- [6] Organisation mondiale de la Santé. Pollution de l'air et santé de l'enfant. Prescrire un air sain. Résumé. Genève: OMS; 2018. 32 p. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275547/WHO-CED-PHE-18.01-fre.pdf>

[7] Air Quality Consultants. Air quality monitoring study: London school streets. 2021. 96 p. [https://www.london.gov.uk/sites/default/files/school\\_streets\\_monitoring\\_study\\_march21.pdf](https://www.london.gov.uk/sites/default/files/school_streets_monitoring_study_march21.pdf)

[8] UNICEF/Harris Interactive. Sondage auprès des parents d'élève sur les trajets domicile-école et le principe des rues scolaires. 2020. [https://harris-interactive.fr/opinion\\_polls/sondage-aupres-des-parents-deleve-sur-les-trajets-domicile-ecole-et-le-principe-des-rues-scolaires/](https://harris-interactive.fr/opinion_polls/sondage-aupres-des-parents-deleve-sur-les-trajets-domicile-ecole-et-le-principe-des-rues-scolaires/)

[9] Davis A. School street closures and traffic displacement: A literature review and semi-structured interviews. Edinburgh: Transport Research Institute, Edinburgh Napier University; 2020. 31 p. <https://www.napier.ac.uk/about-us/news/school-street-closures>

[10] IFOP/ECO CO2. Sondage les parents et les transports domicile – établissement scolaire. 2020. <https://www.moby-eco.mobilite.fr/sondage-ecomobilite-scolaire/>

[11] Deschamps V, Salanave B, Torres M, Verdot C. Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban), 2014-2016. Volet Nutrition. Chapitre Activité physique et sédentarité. 2<sup>e</sup> édition. Saint-Maurice: Santé publique France; 2020. 58 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/documents/rapport-synthese/etude-de-sante-sur-l-environnement-la-biosurveillance-l-activite-physique-et-la-nutrition-esteban-2014-2016.-volet-nutrition.-chapitre-activite-physique-et-sedentarite>

#### Citer cet article

Rousseau S, Cazorla C, Dimitrova Y, Ricard E. Les rues scolaires : une solution pour contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air, plébiscitée par les parents. Bull Epidemiol Hebd. 2022;(19-20):343-9. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_3.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_3.html)

## > ARTICLE // Article

### RENOUVELLEMENT DE L'AIR INSUFFISANT DANS LES ÉCOLES : UN CONSTAT ÉTABLI DE LONGUE DATE

// INSUFFICIENT VENTILATION OF CLASSROOMS: A WELL-ESTABLISHED FACT

Corinne Mandin ([corinne.mandin@cstb.fr](mailto:corinne.mandin@cstb.fr)), Mickaël Derbez, Olivier Ramalho, Sutharsini Sivanantham, Anthony Grégoire, Claire Dassonville

Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Centre scientifique et technique du bâtiment, Champs-sur-Marne

Soumis le 31.05.2022 // Date of submission: 05.31.2022

#### Résumé // Abstract

Les écoles sont les lieux de vie les plus fréquentés par les enfants après les logements. La qualité de l'air dans ces espaces est donc primordiale pour leur santé, mais également leur apprentissage. Rapidement après sa création en 2001, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a mis en place un programme de travail dédié aux bâtiments accueillant des enfants. Cet article vise à faire la synthèse des travaux menés, à la lumière des questionnements qui se sont fait jour sur l'aération dans les écoles lors de la pandémie de Covid-19. Les résultats des travaux de l'OQAI montrent de façon homogène une problématique de renouvellement d'air insuffisant dans les salles de classe en France et donc une qualité de l'air intérieur souvent dégradée. Des solutions existent pour inciter à l'ouverture des fenêtres dans les écoles non équipées d'un système mécanique de ventilation. La réduction des sources de pollution intérieure est également un levier majeur pour l'amélioration de la qualité de l'air dans les espaces clos. De façon générale, la sensibilisation des enfants, enseignants et gestionnaires des bâtiments scolaires est à promouvoir.

*Schools are the buildings in which children spend most of their time after their home. Therefore, indoor air quality in classrooms is essential for children's health, but also for learning. Following its creation in 2001, the French Indoor Air Quality Observatory (OQAI), a permanent public research initiative, rapidly set up a program dedicated to indoor air quality in schools. This article summarizes the work carried out in light of the issues regarding classroom ventilation that emerged during the COVID-19 pandemic. The program's results have consistently shown a lack of air exchange in classrooms and consequently a poor indoor air quality in these settings. Solutions exist to encourage window opening in schools that are not equipped with a mechanical ventilation system. The removal of indoor pollution sources is also a major action for improving indoor air quality. Overall, raising awareness among children, teachers, and school building managers is fundamental.*

**Mots-clés :** Air intérieur, École, Confinement de l'air, Pollution de l'air, Exposition, Ventilation

// **Keywords:** Indoor air, School, Stuffiness, Air pollution, Exposure, Ventilation

## Introduction

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a été mis en place en 2001 par les pouvoirs publics avec pour objectif de décrire et de comprendre la pollution de l'air dans les lieux de vie, afin d'identifier les leviers d'amélioration de la qualité de l'air dans les espaces clos. Dans les écoles, outre des effets sur la santé des enfants, notamment l'apparition de troubles respiratoires<sup>1,2</sup>, une mauvaise qualité de l'air intérieur aurait un impact sur l'apprentissage<sup>3</sup>. Un programme de l'OQAI a ainsi été constitué pour étudier spécifiquement la qualité de l'air dans les bâtiments accueillant des enfants, notamment les écoles. Quelques résultats de ce programme sont résumés dans cet article, afin d'illustrer la problématique du renouvellement de l'air dans les salles de classe. Mis en lumière lors de la pandémie de Covid-19<sup>4</sup>, le défaut d'aération et de ventilation dans les écoles est pourtant un sujet connu de longue date, en France et dans l'ensemble des pays industrialisés<sup>5</sup>.

## Pratiques d'ouverture des fenêtres et freins à l'aération

Il existe trois contributeurs au renouvellement de l'air dans les bâtiments : i) l'ouverture des fenêtres (on parle alors d'aération), ii) le système de ventilation : mécanisé (VMC), non mécanisé (ventilation par tirage thermique) ou hybride, et iii) les infiltrations d'air par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment. Par souci d'économies d'énergie, ces infiltrations d'air parasites sont désormais réduites le plus possible, à la construction ou lors de la rénovation des bâtiments. Ainsi, le renouvellement d'air repose principalement sur l'ouverture des fenêtres et le système de ventilation. Afin de documenter ces deux composantes dans les écoles, une enquête nationale de l'OQAI, pilotée par Sepia-Santé, a été réalisée au cours de l'hiver 2010-2011 auprès d'un échantillon de 2 000 écoles maternelles et élémentaires, tirées au sort dans le parc des écoles en France<sup>6</sup>. Les questionnaires ont été retournés par 985 enseignants de 466 établissements. En période hivernale, 32% des enseignants ont déclaré ouvrir les fenêtres « souvent », 56% les ouvrir « parfois » et 7% ne jamais les ouvrir (information manquante pour 5% des enseignants et un seul a rapporté travailler dans une salle de classe sans fenêtre ouvrante). L'aération n'est donc pas systématique en hiver. Cinq raisons décrivant les freins à l'ouverture des fenêtres ont été exprimées par au moins 20% des enseignants : les courants d'air (33%), les économies d'énergie (31%), la bonne qualité perçue de l'air intérieur justifiant de ne pas ouvrir (30%), le bruit de l'extérieur (25%) et la température intérieure trop froide (22%). Sachant que, dans ce même échantillon, 85% des écoles ne disposaient pas de VMC et que seulement 5% avaient l'intégralité de leurs salles de classe équipées d'une VMC, il était légitime de s'interroger sur la qualité de l'air dans ces bâtiments.

## Confinement de l'air des salles de classe en France

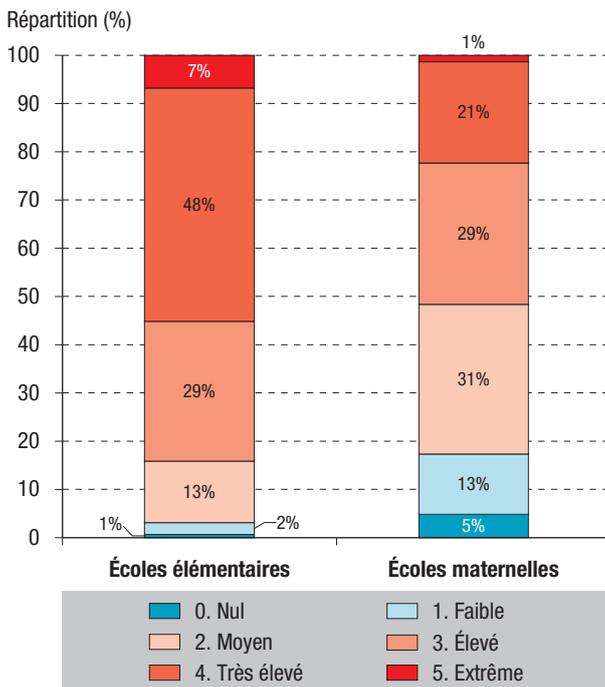
Afin de documenter la qualité de l'air intérieur dans les écoles à l'échelle nationale, l'OQAI a mené, de 2013 à 2017, une campagne de mesures dans un échantillon de 301 écoles, tirées au sort dans le parc des écoles maternelles et élémentaires de France métropolitaine. Dans chaque école, deux salles de classe, également tirées au sort, ont fait l'objet de mesures pendant une semaine scolaire, du lundi matin au vendredi soir. Les mesures portaient sur un large panel de polluants et paramètres, incluant le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). En effet, émis par les occupants d'un espace clos, le CO<sub>2</sub> est un marqueur du confinement de l'air de ce dernier. Une concentration élevée en CO<sub>2</sub> dans une pièce indique une mauvaise adéquation du renouvellement de l'air de ce local à sa densité d'occupation. Corollairement, ce renouvellement de l'air inadapté implique une dégradation de la qualité de l'air intérieur, puisqu'à l'instar du CO<sub>2</sub> les autres substances présentes dans l'air ne sont pas évacuées<sup>7</sup>. La mesure de la concentration en CO<sub>2</sub> s'effectuant aisément et de façon fiable avec un analyseur portatif et compact à infrarouge, l'évaluation du confinement de l'air intérieur est facile. Sur la base de la mesure des concentrations en CO<sub>2</sub>, il est possible d'exprimer de façon simple le confinement de l'air grâce à l'indice Icone (indice de confinement de l'air dans les écoles)<sup>8</sup>. Établi sur une échelle de 0 (confinement nul) à 5 (confinement extrême), cet indice prend en compte à la fois les fréquences de concentrations élevées et leur intensité. La figure 1 présente les valeurs de l'indice Icone dans les écoles en France ; les résultats sur l'échantillon observé ont été extrapolés au parc national des écoles.

Plus de 50% des écoles élémentaires ont au moins une salle de classe présentant un confinement de l'air très élevé (Icone=4) ou extrême (Icone=5), tandis que 22% des écoles maternelles sont dans ce cas. Ces résultats viennent conforter la problématique du confinement de l'air des salles de classe, mise en lumière pour la première fois à large échelle lors de la campagne pilote menée dans 209 écoles en 2009-2011, préalablement à la mise en place de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public sensible<sup>9</sup>. Un confinement élevé était observé dans les écoles élémentaires où 32% des salles de classe (n=489) présentaient un indice Icone égal à 4 ou 5, tandis que 9% des salles de classe des écoles maternelles (n=220) avaient un indice Icone de 4 ou 5. Cette différence systématique entre les écoles maternelles et les écoles élémentaires n'a pas été examinée spécifiquement.

L'étude des profils de pollution intérieure dans les salles de classe des écoles en France a montré qu'un indice Icone très élevé ou extrême était statistiquement plus souvent associé à une salle de classe dite « multi-polluée dans l'air », c'est-à-dire présentant des concentrations en polluants dans l'air plus

Figure 1

**Répartition de la valeur la plus élevée de l'indice de confinement Icone selon le type d'écoles. Campagne nationale 2013-2017 de l'OQAI, France métropolitaine**



Résultats redressés à l'échelle du parc métropolitain des écoles. N=65 660 écoles. L'indice Icone (indice de confinement de l'air dans les écoles) varie de 0 (confinement nul) à 5 (confinement extrême). OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

élevées que les valeurs moyennes observées dans l'ensemble de l'échantillon, et ceci pour un grand nombre de polluants<sup>10</sup>.

**Des solutions d'amélioration possibles**

Le renouvellement de l'air étant l'un des deux leviers principaux pour garantir une bonne qualité de l'air intérieur, avec la réduction des sources d'émission de polluants, il est fondamental de sensibiliser les gestionnaires de bâtiments scolaires, le personnel enseignant et les élèves à son importance. Dans la mesure où l'installation d'un système de ventilation mécanique n'est pas toujours aisée dans un bâtiment existant, l'ouverture des fenêtres doit être incitée *a minima*. Des cas particuliers, comme la proximité avec un fort trafic automobile, nécessiteront des mesures spécifiques à déterminer au cas par cas.

Afin de promouvoir l'ouverture des fenêtres, un indicateur lumineux du confinement de l'air a été développé dans le cadre des travaux de l'OQAI et testé dans différentes études. La toute première, menée entre novembre 2007 et février 2008, dans deux crèches, une école maternelle, une école élémentaire, un collège et un lycée, a permis de poser les bases de l'indicateur tricolore : si le voyant est vert (concentration en CO<sub>2</sub> inférieure à 1 000 ppm (partie par million)), l'ambiance n'est pas confinée ; s'il est orange (concentration en CO<sub>2</sub> comprise entre 1 000 et 1 700 ppm), l'ambiance est confinée et il est utile

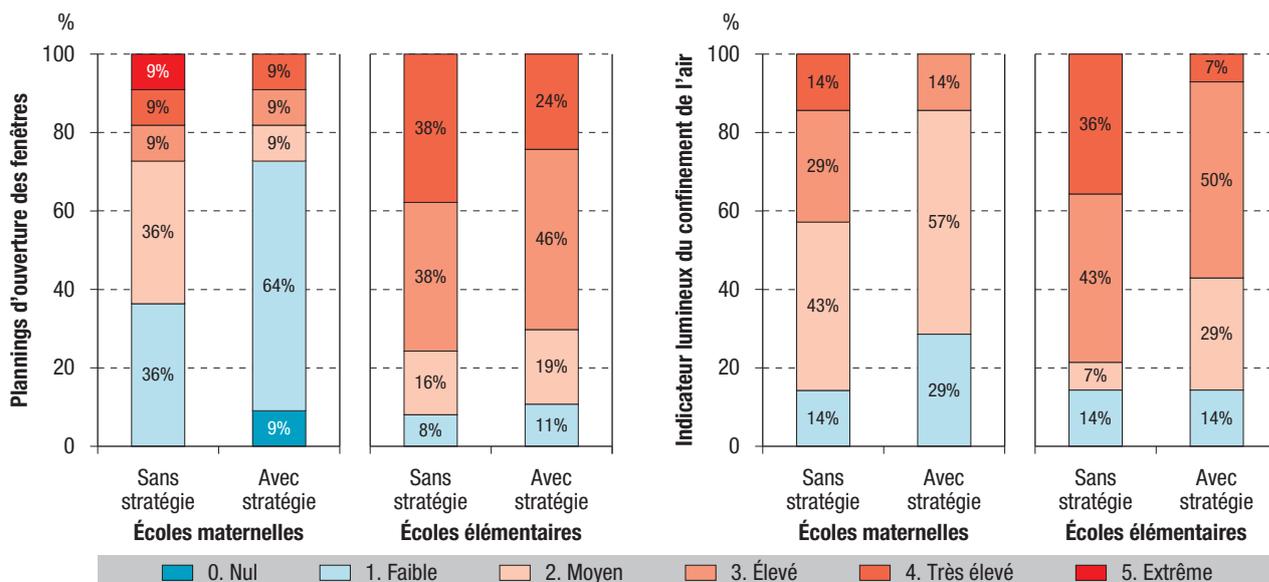
d'ouvrir les fenêtres pour réduire le confinement ; s'il est rouge (concentration en CO<sub>2</sub> supérieure à 1 700 ppm), il est nécessaire d'ouvrir les fenêtres pour augmenter le renouvellement d'air de la pièce. Les valeurs de 1 000 et 1 700 ppm ont été déterminées pour encadrer la valeur limite de 1 300 ppm requise par le règlement sanitaire départemental type (RSDT) dans les locaux non-fumeurs et après avoir été confrontées à des données de terrain qui ont montré leur pertinence à discriminer les situations<sup>4</sup>.

La capacité de l'indicateur lumineux à inciter à l'ouverture des fenêtres a été testée dans 70 salles de classe de trois villes appartenant à des zones climatiques différentes (Nantes, Clermont-Ferrand et Les Pennes-Mirabeau) en 2010<sup>11</sup>. Pendant la première semaine de l'étude, les concentrations en CO<sub>2</sub> étaient mesurées pour évaluer le confinement, mais aucun affichage lumineux de l'appareil de mesure n'était activé. Puis, pendant une semaine, l'affichage était en place avec la consigne d'ouvrir les fenêtres lorsque l'indicateur passait à l'orange ou au rouge. Pendant les deux dernières semaines de l'étude, l'indicateur lumineux était de nouveau éteint, afin d'examiner si les pratiques d'aération éventuellement mises en place en semaine 2 se poursuivaient. En parallèle, les enseignants (un ou deux par salle de classe) ont été interrogés sur l'acceptation de l'indicateur lumineux et sur l'efficacité de l'appropriation d'habitudes d'aération. Les résultats ont montré une baisse statistiquement significative de l'indice Icone en semaine 2 en comparaison de la première semaine, après ajustement sur la température extérieure. En revanche, en semaines 3 et 4, après suppression de l'indicateur lumineux, l'indice Icone a repris des valeurs plus élevées. Sur les 76 enseignants ayant répondu au questionnaire, 69 (91%) ont apprécié l'indicateur lumineux et 72 (95%) l'ont utilisé pour ouvrir les fenêtres. Interrogés sur les avantages et inconvénients de l'appareil, 9 enseignants (12%) ne lui trouvent que des inconvénients, 59 (80%) au moins un avantage, et 6 (8%) sont sans opinion. Quatre avantages ont été évoqués le plus souvent : prise de conscience de la nécessité d'ouvrir les fenêtres, visualisation de la qualité de l'air, aide à la gestion des ouvrants et aspect pédagogique avec une sensibilisation des enfants.

Un design d'étude similaire a été reproduit à l'hiver 2017-2018 dans 69 salles de classe de la ville d'Aix-les-Bains pour promouvoir l'ouverture des fenêtres dans les écoles non équipées de VMC, notamment en période hivernale où le climat rigoureux est le principal frein à l'aération<sup>12</sup>. Outre l'appareil visualisant le confinement de l'air avec l'indicateur lumineux tricolore, une seconde stratégie a été testée, à savoir l'utilisation de plannings d'ouverture des fenêtres mis à disposition des enseignants. Quelle que soit la stratégie mise en place, les deux approches se sont avérées efficaces pour favoriser l'ouverture des fenêtres et réduire le confinement de l'air intérieur (figure 2). Interrogés un mois après la fin de l'étude, 42% des enseignants ayant utilisé un planning, et 36% de ceux ayant eu à disposition un appareil visualisant le confinement, ont déclaré

Figure 2

Indice de confinement de l'air intérieur avec ou sans stratégie d'aération. Étude Aer'Aix, Aix-Les-Bains, hiver 2017-2018



Note : En raison de la faible taille de l'échantillon (n=69 salles de classe), les pourcentages sont arrondis à l'entier et la précision décimale n'est pas fournie car non significative. Ainsi, le total des pourcentages arrondis peut différer de façon marginale de 100%.

avoir maintenu « toujours ou presque toujours » les pratiques d'aération ; 15% et 36% respectivement ont mentionné les avoir « souvent » maintenues. Les études réalisées ont ainsi montré l'adhésion de la majorité des enseignants à un dispositif d'aide à l'ouverture des fenêtres et l'impact effectif de celui-ci sur la réduction du confinement de l'air intérieur. Le maintien de ces bonnes pratiques sur le long terme reste néanmoins à évaluer.

Alors qu'un grand nombre d'études ont été menées dans le monde pour décrire la qualité de l'air intérieur dans les salles de classe, très peu se sont attachées à étudier des solutions pour améliorer le renouvellement de l'air. On peut citer une étude menée aux Pays-Bas pour déterminer l'efficacité de trois outils visant à améliorer le comportement d'aération dans les écoles primaires : des conseils d'aération personnalisés, un dispositif d'avertissement lumineux basé sur la mesure en continu du CO<sub>2</sub> ou un module d'enseignement<sup>13</sup>. D'autres études ont porté sur l'optimisation des systèmes mécaniques de ventilation vis-à-vis des transferts des polluants de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments : une étude canadienne a examiné l'influence sur la qualité de l'air intérieur de la programmation du fonctionnement de la VMC selon les pics de trafic routier<sup>14</sup> et plusieurs études ont porté sur l'efficacité de la filtration de l'air insufflé mécaniquement dans les salles de classe<sup>15,16</sup>.

### Conclusion

Les résultats des études menées au cours des dernières décennies sur la qualité de l'air dans les salles de classe montrent de façon homogène une problématique de renouvellement d'air insuffisant, donc un risque de qualité de l'air intérieur

souvent dégradée, que ce soit en France ou dans les autres pays. Alors que la pandémie de Covid-19 a mis en lumière ce sujet, ce constat était déjà posé depuis quelques années. Il convient donc de poursuivre le développement de solutions permettant d'assurer l'équilibre entre un renouvellement de l'air suffisant pour garantir la santé, le bien-être et la réussite des enfants à l'école et la réduction des consommations d'énergie, indispensable dans le contexte actuel du changement climatique. La réduction des sources intérieures de pollution est également un objectif primordial. La sensibilisation des occupants et des gestionnaires de bâtiments à la qualité de l'air intérieur doit aussi se poursuivre, afin de faire en sorte que les bonnes pratiques mises en place pendant la pandémie se pérennisent. Enfin, la sensibilisation des enfants à ce sujet peut être intégrée aux activités pédagogiques, et faire ainsi partie de leur éducation à la santé et à l'environnement. ■

### Financement et remerciements

Les travaux de l'OQAI dans les écoles ont bénéficié des financements des ministères chargés de la transition écologique, du logement et de la santé, et de l'Agence de la transition écologique (Ademe).

Les auteurs précisent que l'un des appareils de mesure des concentrations en CO<sub>2</sub> et de visualisation du confinement de l'air disponible sur le marché français, l'appareil Class'Air, a été développé par le programme de travail de l'OQAI sous le nom Lum'Air. Cet appareil a fait l'objet d'un dépôt de brevet. Les redevances perçues par le CSTB depuis la société qui exploite ce brevet et assure la commercialisation du Class'Air sont versées au programme de recherche du CSTB et ne bénéficient pas aux auteurs.

Les auteurs remercient Séverine Kirchner et Jacques Ribéron, qui ont contribué à la mise en place et à la conduite des travaux dont les résultats sont présentés dans cet article.

## Liens d'intérêt

Olivier Ramalho est co-inventeur du brevet « Procédé de régulation et de contrôle du niveau de confinement de l'air intérieur, dispositif et station d'ambiance associés » (2014). Ce brevet n'est pas en exploitation et n'engendre à ce jour aucun revenu. Les autres auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

## Références

- [1] Annesi-Maesano I, Baiz N, Banerjee S, Rudnai P, Rive S on behalf of the SINPHONIE Group. Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2013;16:491-550.
- [2] Esty B, Phipatanakul W. School exposure and asthma. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2018;120:482-7.
- [3] Wargocki P, Porras-Salazar JA, Contreras-Espinoza S, Bahnfleth W. The relationships between classroom air quality and children's performance in school. *Build Environ.* 2020; 173:106749.
- [4] Haut Conseil de la santé publique. Avis relatif à l'adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans les établissements recevant du public (ERP) pour maîtriser la transmission du SARS-CoV-2, 28 avril 2021. Paris: HCSP; 2021. 31 pages. <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1009>
- [5] Fisk WJ. The ventilation problem in schools: Literature review. *Indoor Air.* 2017;27(6):1039-51.
- [6] Guillaum MT, Gallien J, Ezannic J, Ségala C, Ribéron J, Derbez M. Enquête descriptive nationale sur les écoles et les crèches et leurs pratiques d'aération. Rapport SEPIA-Santé-CSTB-OQAI n°ESE-SB/2011-113. Champs-sur-Marne: CSTB; 2011. 110 pages. <https://www.oqai.fr/fr/media/rapports/enquete-descriptive-nationale-sur-les-ecoles-et-les-creches-et-leurs-pratiques-d-aeration>
- [7] Ramalho O, Wyart G, Mandin C, Blondeau P, Cabanes PA, Leclerc N, *et al.* Association of carbon dioxide with indoor air pollutants and exceedance of health guideline values. *Build Environ.* 2015;93(Pt1):115-24.
- [8] Ribéron J, Ramalho O, Derbez M, Berthineau B, Wyart G, Kirchner S, *et al.* Indice de confinement de l'air intérieur : des écoles aux logements. *Pollution atmosphérique.* 2016;(228).
- [9] Ramalho O, Mandin C, Ribéron J, Wyart G. Air stuffiness and air exchange rate in French schools and day-care centres. *Int J Ventilation.* 2013;12(2):175-80.
- [10] Sivanantham S, Dassonville C, Ramalho O, Mandin C. Caractérisation de la multipollution dans les salles de classe en France. *Environnement, Risques et Santé.* 2021;20(4):361-7.
- [11] Dassonville C, Mandin C, Ribéron J, Wyart G, Ramalho O, Kirchner S. Indicateur lumineux du confinement de l'air intérieur : suivi expérimental dans 70 salles de classe. *Pollution atmosphérique.* 2013;(218).
- [12] Rey G, Sivanantham S, Fauconnet C, Schneider I, Mandin C. Stratégies d'aération dans les écoles de la ville d'Aix-les-Bains – AER'AIX. 2018. 36 p. <https://bibliothec.ademe.fr/air-et-bruit/1749-strategies-d-aeration-dans-les-ecoles-de-la-ville-d-aix-les-bains.html>
- [13] Geelen LM, Huijbregts MA, Ragas AM, Bretveld RW, Jans HW, van Doorn WJ, *et al.* Comparing the effectiveness of interventions to improve ventilation behavior in primary schools. *Indoor Air.* 2008;18(5):416-24.
- [14] MacNeill M, Dobbin N, St-Jean M, Wallace L, Marro L, Shin T, *et al.* Can changing the timing of outdoor air intake reduce indoor concentrations of traffic-related pollutants in schools? *Indoor Air.* 2016;26(5):687-701.
- [15] McCarthy MC, Ludwig JF, Brown SG, Vaughn DL, Roberts PT. Filtration effectiveness of HVAC systems at near-roadway schools. *Indoor Air.* 2013;23(3):196-207.
- [16] van der Zee SC, Strak M, Dijkema MB, Brunekreef B, Janssen NA. The impact of particle filtration on indoor air quality in a classroom near a highway. *Indoor Air.* 2017; 27(2):291-302.

## Citer cet article

Mandin C, Derbez M, Ramalho O, Sivanantham S, Grégoire A, Dassonville C. Renouvellement de l'air insuffisant dans les écoles : un constat établi de longue date. *Bull Epidémiol Hebd.* 2022;(19-20):349-53. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_4.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_4.html)

## BÉNÉFICES ATTENDUS DE LA MISE EN ŒUVRE D'UNE ZONE À FAIBLES ÉMISSIONS MOBILITÉ SUR LA SANTÉ DES ENFANTS : CAS DE L'AGGLOMÉRATION PARISIENNE

// EXPECTED HEALTH BENEFITS OF A LOW EMISSIONS ZONE FOR CHILDREN LIVING IN THE PARIS AGGLOMERATION

Sabine Host<sup>1</sup> (sabine.host@institutparisregion.fr), Adrien Saunal<sup>1</sup>, Fabrice Joly<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatoire régional de santé d'Île-de-France, Paris

<sup>2</sup> Airparif, Paris

L'article a été rédigé à partir d'un rapport publié en 2018 par l'Observatoire régional de santé d'Île-de-France, en collaboration avec Airparif et Santé publique France. [https://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2018/Etude2018\\_8/ORS\\_benefices\\_sanitaires\\_attendus\\_ZFE\\_vd.pdf](https://www.ors-idf.org/fileadmin/DataStorageKit/ORS/Etudes/2018/Etude2018_8/ORS_benefices_sanitaires_attendus_ZFE_vd.pdf)

Soumis le 21.06.2022 // Date of submission: 06.21.2022

### Résumé // Abstract

**Introduction** – La mise en œuvre de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m), dispositifs emblématiques de la lutte contre la pollution atmosphérique, se heurte parfois à un manque d'acceptabilité sociale. Afin d'accompagner le dimensionnement de ces zones, l'Observatoire régional de santé (ORS) d'Île-de-France a développé, avec Airparif et Santé publique France, une approche innovante d'évaluation prospective de leurs bénéfices sanitaires. Une illustration des bénéfices attendus en matière de survenue de pathologies chez l'enfant (asthme et faible poids de naissance) est présentée dans cet article.

**Méthode** – Cette évaluation prospective repose sur des méthodes d'évaluation quantitative d'impact sanitaire (EQIS). Elle s'appuie sur des relations concentration-risque mises en regard de la fréquence des effets sanitaires étudiés et d'un différentiel d'exposition. Ce dernier a été estimé par le croisement de données de population géoréférencées au bâtiment avec les baisses de concentration en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) modélisées par Airparif à une résolution fine. Le nombre attendu de nouveaux cas de pathologies évitables chez l'enfant du fait de ces baisses a été évalué au sein d'une zone d'étude délimitée par le contour de la Francilienne, pour quatre scénarios de mise en œuvre d'une ZFE-m (deux périmètres et deux niveaux de restriction étudiés).

**Résultats** – Cette évaluation indique que la mise en œuvre du dispositif engendrerait des bénéfices sanitaires, quel que soit le scénario considéré, et que le paramètre « périmètre » est au moins aussi déterminant que le paramètre « niveau de restriction ». Ainsi, entre 50 et 170 naissances de faibles poids et entre 830 et 2 930 cas d'asthme annuels ou encore entre 190 et 700 recours aux urgences pour asthme pourraient être évités. Les résultats montrent aussi que les populations résidant au-delà du périmètre de restriction bénéficieraient aussi d'une amélioration de leur santé.

**Introduction** – Lack of social acceptability can sometimes hamper the introduction of low-emission zones, an emblematic measure in the fight against air pollution. In order to support the scaling of these zones, the Île-de-France Regional Health Observatory (ORS) has developed, with Airparif and Santé publique France, an innovative approach to the prospective evaluation of associated health benefits. An illustration of the expected benefits regarding the incidence of pathologies in children (asthma and low birth weight) is presented in this article.

**Methods** – This prospective assessment is based on the methodology of a quantitative health impact assessment (QHIA). It relies on concentration-risk relationships set against the frequency of the health effects studied and an exposure differential. The latter was estimated by crossing georeferenced population data at the building level with fine-resolution modelling of reductions in nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) concentration provided by Airparif. The estimated number of new preventable cases of childhood pathologies following such reductions was evaluated for a study area delineated by the Francilienne outer ring-road, using four low-emission zone scenarios (two perimeters and two levels of restriction studied).

**Results** – This assessment indicates that the implementation of the scheme would generate health benefits regardless of the scenario considered, and that the "perimeter" parameter is at least as decisive as the "restriction level" parameter. According to the scenario, a low-emission zone could prevent between 50 and 170 cases of low birth weight and between 830 and 2,930 cases of childhood asthma per year, as well as 190 to 700 emergency room visits for childhood asthma. Furthermore, the results show that populations residing beyond the perimeter of the restricted zone would also experience health benefits.

**Mots-clés** : Pollution de l'air, EQIS, Zone à faibles émissions mobilité, Faible poids de naissance, Asthme

// **Keywords** : Air pollution, QHIA, Low emission zone, Low birth weight, Asthma

## Introduction

L'exposition à la pollution de l'air favorise le développement de pathologies chroniques graves, en particulier des pathologies cardiovasculaires, respiratoires et des cancers. Cela se traduit par une augmentation de la mortalité, une baisse de l'espérance de vie et un recours accru aux soins. Un nombre croissant d'études pointent également des impacts sur les maladies endocriniennes, neurologiques ou encore sur la reproduction et le développement de l'enfant. Les enfants constituent un public particulièrement sensible à la pollution de l'air, sachant que les dommages causés par la pollution de l'air commencent dès la gestation<sup>1</sup>.

Ces effets sanitaires sont observés pour des niveaux d'exposition couramment rencontrés dans l'agglomération parisienne. Ainsi la pollution de l'air reste un problème majeur de santé publique dans la région, et ce malgré une baisse continue des concentrations de polluants sur les deux dernières décennies<sup>2</sup>. Parmi les nombreux émetteurs de polluants atmosphériques, le trafic routier constitue une source prépondérante et particulièrement préoccupante, en raison de l'intensité et de la nature des émissions (oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et particules), ainsi que de l'urbanisation dense à proximité des voies à grande circulation.

Agir pour réduire les expositions à la pollution de l'air constitue un véritable enjeu notamment pour la santé des enfants. À ce titre, des travaux ont montré que la réduction de la pollution de l'air, même faible, était très efficace pour réduire les symptômes d'asthme. En particulier, une étude de suivi de trois cohortes de 4 602 enfants de 5 à 18 ans, menée de 1993 à 2012 dans 8 villes du sud de la Californie, a mesuré l'évolution de la prévalence des symptômes de toux chronique ou d'irritation chronique des bronches et montre une association avec une réduction des concentrations de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Cette étude a notamment montré qu'une réduction faible des niveaux d'émission (de l'ordre de 3 à 5 ppb (partie par milliard) pour le NO<sub>2</sub>) a entraîné une diminution de la prévalence des symptômes de l'ordre de 10% chez les asthmatiques et de 2% chez les non-asthmatiques<sup>3</sup>.

Afin de lutter contre les émissions du trafic routier, plus de 247 agglomérations dans 13 pays européens, ont instauré des zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m)<sup>4</sup>. Ces zones permettent un renouvellement accéléré des véhicules les plus anciens et les plus émetteurs de polluants en restreignant leur accès aux centres urbains. Dans cette optique, la loi d'orientation des mobilités du 24 décembre 2019<sup>(1)</sup>, rend obligatoire le déploiement de telles zones dans les villes soumises à des dépassements réglementaires de concentration en polluants atmosphériques. Les collectivités peuvent définir les modalités d'accès à ces zones : périmètre géographique, véhicules concernés (identifiés par les vignettes

Crit'air matérialisant les certificats qualité de l'air qui classent les véhicules en fonction de leurs émissions polluantes), modalités horaires et journalières. En août 2021, la loi climat et résilience a étendu le dispositif à toutes les agglomérations de plus de 150 000 habitants (soit 33 agglomérations supplémentaires). Ces nouvelles ZFE-m doivent être mises en œuvre avant le 31 décembre 2024.

Afin d'accompagner le dimensionnement de tels dispositifs, l'Observatoire régional de santé (ORS) d'Île-de-France a développé, en partenariat avec l'observatoire de la qualité de l'air en Île-de-France (Airparif) et Santé publique France, une approche innovante d'évaluation prospective de leurs bénéfices sanitaires qui a fait l'objet d'un guide de Santé publique France<sup>5</sup>. Cette méthode a été appliquée au cas de l'agglomération parisienne, sur la base des premiers scénarios de déploiement impulsés par la ville de Paris, avec pour illustration les bénéfices attendus sur deux indicateurs relatifs à la santé des enfants (incidence de l'asthme et naissances à terme de faible poids) de différents scénarios aux échéances 2018 et 2019, le calendrier réel de mise en œuvre ayant subi un décalage important.

## Méthode

Cette évaluation prospective repose sur la méthode d'évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS). Fondée sur l'existence d'un lien causal établi entre l'exposition et l'effet sanitaire étudié, elle s'appuie sur des relations concentration-risque estimées dans les études épidémiologiques et appliquées aux données sanitaires et environnementales relatives au territoire de mise en œuvre du dispositif. Ces relations, mises en regard de la fréquence des effets sanitaires étudiés et des baisses attendues des niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) estimées par Airparif, ont permis d'évaluer le nombre de cas qui seraient évités au sein de la zone d'étude, comparativement à une situation où aucune mesure de restriction de circulation ne serait mise en œuvre.

Il s'agit d'une approche prospective basée sur différents scénarios. Ces bénéfices ont été estimés pour quatre dimensionnements possibles de la mesure combinant deux périmètres et deux niveaux d'interdiction. Ces scénarios se basent sur le projet initial de déploiement progressif d'une ZFE-m, impulsé par la ville de Paris en 2015. Ainsi, un périmètre uniquement centré sur Paris et un autre beaucoup plus large, englobant près de 80 communes autour ont été étudiés. De même, deux niveaux de restriction ont été considérés : pour le niveau 1, interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5 et 4 au 1<sup>er</sup> juillet 2018, et pour le niveau 2, interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5, 4 et 3 au 1<sup>er</sup> juillet 2019. Ces deux niveaux de restriction correspondent respectivement à 7 et 20% des kilomètres parcourus par les véhicules routiers interdits.

<sup>(1)</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039666574/>

Afin de tenir compte d'éventuels impacts au-delà du périmètre du dispositif, la zone d'étude s'étend jusqu'aux contours de la Francilienne (figure 1). Cette zone, bien plus large que ces deux périmètres de la ZFE-m, représente environ 80% de la population d'Île-de-France.

Les estimations des bénéfices sanitaires potentiels attendus présentées dans cette étude sont basées sur l'exposition au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) de la population résidente. Le NO<sub>2</sub> a été choisi en tant qu'indicateur de pollution représentant au mieux la source d'émission liée au trafic routier. En effet, le trafic routier est le principal contributeur aux émissions de NO<sub>x</sub> avec 56% des émissions parisiennes (données Airparif, 2018).

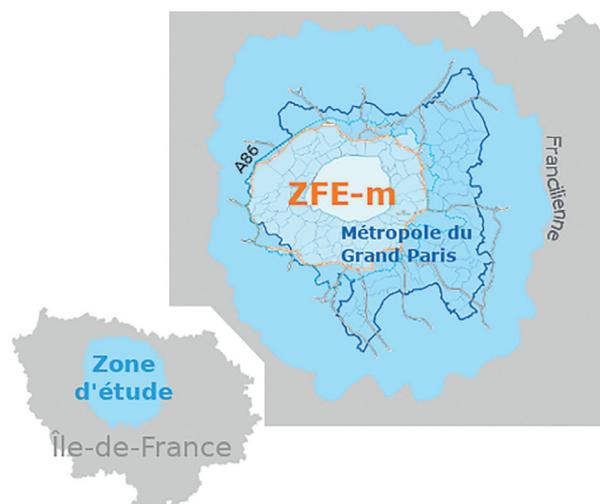
Les baisses attendues des niveaux de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont estimées par Airparif par comparaison avec un scénario sans mise en œuvre de la mesure. Cette évaluation est basée sur l'évolution prospective du parc technologique tout en prenant en compte l'évolution du trafic routier avec la mise en place des restrictions de circulation selon les quatre scénarios. Elle repose sur la modélisation du trafic routier (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports) et des outils de modélisation des émissions du trafic routier, et se base sur la connaissance du trafic routier à toute heure de la journée (avec prise en compte des phénomènes de report de trafic notamment), des vitesses associées, ainsi que du parc roulant (type de véhicules) et technologique (normes Euro, carburant...) pour les différents scénarios considérés. L'impact sur les concentrations a ensuite été évalué à une résolution de 50 m par 50 m grâce à des outils de modélisation déterministe intégrant à la fois les niveaux en fond (chaîne Esmeralda développée et opérée par Airparif) et la proximité du trafic routier et sa zone d'influence (modèle gaussien ADMS-Urban)<sup>6</sup>.

Les effectifs de population soumis aux modifications de niveaux ont été estimés grâce à un croisement des données géoréférencées de pollution et de population. Les données de population ont été obtenues à partir du recensement de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee, Recensement de la population, 2012) et ventilées au bâtiment sur la base des informations de la BD TOPO® (Institut national de l'information géographique et forestière, 2011) et du mode d'occupation des sols (L'Institut Paris Région, 2012). Des taux d'évolution de la population sur les périodes 2012-2018 et 2012-2019, estimés à l'échelle départementale par L'Institut Paris Région, ont été appliqués.

Les bénéfices sanitaires potentiels étudiés concernent les cas de faibles poids de naissance à terme et la survenue de nouveaux cas d'asthme chez les enfants, ainsi que le recours aux urgences en lien avec cette pathologie. Une revue de la littérature a été réalisée, afin de sélectionner une relation concentration-risque (C-R) pour chaque indicateur (tableau 1). Le choix consiste à obtenir la meilleure

Figure 1

**Zone d'étude (délimitée par le tracé de la Francilienne) et périmètre de la ZFE-m (à l'intérieur du tracé de l'autoroute A86)**



Note : la Francilienne correspond au grand contournement de Paris constitué d'un ensemble d'autoroutes et de voies rapides.  
© ORS-ÎdF 2018.

adéquation possible entre les données utilisées pour l'EQIS (population, indicateurs environnementaux, indicateurs sanitaires) et celles utilisées dans les études épidémiologiques ayant permis de les estimer. Ainsi, cette revue s'est focalisée sur les résultats basés sur des populations françaises et/ou européennes. Concernant le risque de poids de naissance (<2500 g) à terme (>37 semaines d'aménorrhée), il a été retenu celui de Pedersen et al., établi à partir d'une méta-analyse issue du projet européen Escape<sup>7</sup>. Cette étude concernait 50 000 naissances dans des agglomérations européennes, dont Nancy et Poitiers pour la France, et s'appuyait sur un modèle d'exposition avec une résolution spatiale fine. Le risque de survenue de nouveaux cas d'asthme chez l'enfant, retenu pour l'analyse, a été obtenu à partir d'une méta-analyse des études les plus pertinentes identifiées dans la littérature scientifique, de même que le risque de recours aux urgences pour asthme<sup>8</sup>. Nous faisons l'hypothèse que la relation demeure log-linéaire aux concentrations étudiées, comme classiquement observé pour la mortalité, bien que les travaux actuels ne permettent pas d'objectiver la forme de la relation concernant ces indicateurs de morbidité<sup>9</sup>. Les données sanitaires ont été collectées pour l'année 2016 et les taux de survenue de pathologies estimés ont été considérés comme constants sur la période d'étude, donc appliqués à nos estimations prospectives.

## Résultats

Les effectifs de population, le nombre de cas recensés annuellement dans la zone d'étude (contours de la Francilienne) et leur fréquence dans la population, nécessaires aux calculs, sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1

## Population d'étude et données mobilisées pour l'EIQS

Indicateurs sanitaires	Sources	Population d'étude (Insee RP 2012)	Nombre de cas annuels sur la zone d'étude (% de cas)	Relations C-R (IC95%) pour une augmentation de 10 µg/m <sup>3</sup> du niveau de NO <sub>2</sub>
Naissances vivantes (>37 SA) de faible poids (<2500 g)	PMSI, exploitation Périnat-ARS-IdF, 2016	146 388 (effectif naissances)	3 850 (2,63%)	1,09 [1,00-1,19] [7]
Survenue de nouveaux cas de mise sous traitement pour syndromes obstructifs des voies aériennes (au moins 3 délivrances dans l'année parmi une sélection de médicaments de la classe thérapeutique R03)	Sniiram, exploitation Santé publique France, 2016	2 214 666 (effectif 0-17 ans)	100 440 (4,54%)	1,054 [1,013-1,097] [8]
Recours aux urgences pour asthme	Oscour®, exploitation Cire IdF, 2016		20 580 (0,93%)	1,0101 [0,9977-1,0227] [8]

EIQS : évaluation quantitative d'impact sanitaire ; SA : semaines d'aménorrhée ; ARS-IdF : Agence régionale de santé Île-de-France ; C-R : concentration-risque ; IC95% : intervalle de confiance à 95% ; NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote ; Insee RP : Insee recensement de la population ; PMSI : Programme de médicalisation des systèmes d'information ; Sniiram : Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie ; Oscour® : Organisation de la surveillance coordonnée des urgences ; Cire : Cellule d'intervention en région ; R03 : la classe ATC R03, dénommée « Médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires », est un sous-groupe thérapeutique de la classification anatomique, thérapeutique et chimique, développé par l'Organisation mondiale de la Santé pour classer les médicaments et autres produits médicaux.

Tableau 2

## Nombre de cas annuels potentiellement évitables grâce aux 4 scénarios de mise en œuvre d'une ZFE-m étudiés

Nombres de cas annuels potentiellement évitables	ZFE-m <sub>Paris</sub> 1	ZFE-m <sub>élargie</sub> 1	ZFE-m <sub>Paris</sub> 2	ZFE-m <sub>élargie</sub> 2
	Niveau restriction 1 (7% des km*)		Niveau restriction 2 (20% des km**)	
Nombre de naissances à terme de faible poids [min-max]	50 [0-110]	100 [0-200]	90 [0-180]	170 [0-330]
Nombre de nouveaux cas d'asthme chez les 0-17 ans [min-max]	830 [200-1 440]	1 630 [400-2 840]	1 540 [380-2 680]	2 930 [730-5 070]
Nombre de recours aux urgences pour asthme chez les 0-17 ans [min-max]	190 [40-350]	390 [80-710]	360 [80-650]	700 [150-1 260]

\* 7% des kilomètres parcourus par les véhicules interdits en circulation.

\*\* 20% des kilomètres parcourus par les véhicules interdits en circulation.

ZFE-m : zone à faibles émissions mobilité ; ORS : Observatoire régional de santé.

L'évaluation montre des bénéfices en matière de baisse du nombre de cas quel que soit le scénario considéré. En effet, toute amélioration de la qualité de l'air est bénéfique pour la santé. Ces baisses s'échelonnent entre 50 et 170 cas pour les naissances de faible poids et entre 830 et 2 930 pour les nouveaux cas d'asthme<sup>(2)</sup> (tableau 2). L'estimation des bénéfices sanitaires attendus est entourée d'incertitudes, intrinsèques à chaque variable utilisée pour le calcul et propres aux hypothèses retenues, mais dans cette étude, seule la « marge d'incertitude » autour du risque est exprimée. Ainsi, l'intervalle de confiance (entre crochets), correspond à la transcription de l'intervalle de confiance à 95% qui encadre la relation C-R. Cela n'intègre pas les incertitudes sur la détermination des concentrations ou autres variables utilisées pour le calcul.

<sup>(2)</sup> Nombres arrondis à la dizaine la plus proche. Dans le texte, seule la valeur centrale est présentée.

Les pourcentages de réduction estimés dans cette étude montrent que la mise en œuvre de ce dispositif représente un levier d'action pour la prévention des pathologies considérées. Ce levier représente jusqu'à 7,7% de baisse de l'ensemble des naissances de faible poids à l'intérieur du périmètre de restriction de la circulation (tableau 3).

Les bénéfices en matière de recours aux urgences pour asthme chez les 0-17 ans potentiellement évitables sont présentés dans le tableau 2. Le nombre de cas annuels évités s'échelonne entre 190 et 700, représentant au sein du périmètre d'application de la mesure (ZFE-m à l'intérieur du périmètre délimité par l'autoroute A86) une baisse respective de 1,6% et 5,5% de l'ensemble des recours aux urgences pour asthme. Ces bénéfices en matière de baisse du nombre de recours au soin prennent en compte la baisse des risques d'exacerbation, mais aussi les exacerbations (liées ou non à la pollution de l'air) non survenues du fait de l'évitement des cas d'asthme quantifiés précédemment.

Tableau 3

### Pourcentage de cas évitables au sein du périmètre de restriction et en dehors, grâce aux 4 scénarios de mise en œuvre d'une ZFE-m étudiés

% de réduction	Zone d'étude	ZFE-m <sub>Paris</sub> 1	ZFE-m <sub>élargie</sub> 1	ZFE-m <sub>Paris</sub> 2	ZFE-m <sub>élargie</sub> 2
		Niveau restriction 1 (7% des km*)		Niveau restriction 2 (20% des km**)	
Pourcentage de naissances à terme de faible poids [min-max]	Intra ZFE-m	2,4% [0-4,7]	4,6% [0-9,1]	4,2% [0-8,2]	7,7% [0-15]
	Hors ZFE-m	0,8% [0-1,7]	1,3% [0-2,7]	1,5% [0-3,1]	2,5% [0;6,8]
Pourcentage de nouveaux cas d'asthme chez les 0-17 ans [min-max]	Intra ZFE-m	1,5% [0,4-2,6]	3% [0,7-5,2]	2,5% [0,6-4,4]	4,8% [1,2-8,2]
	Hors ZFE-m	0,5% [0,1-0,9]	0,1% [0,9-0,8]	0,9% [0,8-0,3]	0,8% [0,3-1,4]
Pourcentage de recours aux urgences pour asthme chez les 0-17 ans [min-max]	Intra ZFE-m	1,6% [0,3-2,9]	3,5% [0,7-6,2]	2,7% [0,6-4,9]	5,5% [1,2-9,8]
	Hors ZFE-m	0,6% [0,1-1,1]	1% [0,2-1,8]	1,1% [0,2-2]	1,8% [0,4-3,2]

\* 7% des kilomètres parcourus par les véhicules interdits en circulation.

\*\* 20% des kilomètres parcourus par les véhicules interdits en circulation.

ZFE-m : zone à faibles émissions mobilité.

## Discussion

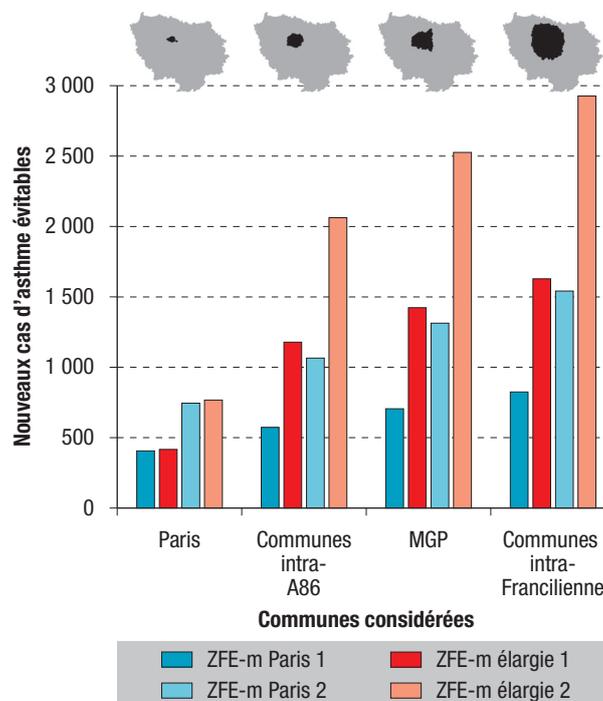
Les pourcentages les plus importants apparaissent au sein de périmètre de la ZFE-m du fait de gains de concentration plus marqués. Toutefois, les résultats montrent également que les populations résidant en dehors bénéficieraient aussi d'une amélioration de leur santé. Alors que les restrictions de circulation peuvent également s'appliquer à des populations résidant hors périmètre (celles qui travaillent dans le cœur de l'agglomération notamment), ces résultats sont importants à mentionner pour favoriser l'acceptabilité de la mesure par ces derniers.

Par ailleurs, si cette mesure a pour vocation à améliorer les niveaux chroniques de pollution, elle entraîne mécaniquement une baisse des niveaux quotidiens de pollution de fond. Or, les variations journalières de ces niveaux sont responsables d'aggravation des symptômes de pathologies chroniques. À court terme, elles se traduisent notamment par des recours aux soins, recours aux urgences ou hospitalisations par exemple. Cette évaluation a également permis de quantifier pour partie les bénéfices à court terme de ces réductions.

Enfin, ces résultats, comme illustrés par la figure 2, montrent l'influence du choix du périmètre de la ZFE-m et du niveau de restriction des véhicules sur l'amplitude des bénéfices sanitaires. Ainsi, l'élargissement du périmètre de la ZFE-m à l'A86, de même que le renforcement du niveau de restriction (qui augmente le nombre de véhicules concernés), à périmètre égal, amplifieraient le bénéfice sanitaire. Ce bénéfice attendu du fait de l'élargissement du périmètre de la ZFE à l'intérieur de l'A86 pour le premier niveau de restriction (ZFE-m<sub>élargie</sub> 1) serait du même ordre de grandeur (sauf à Paris) que celui attendu pour le deuxième niveau de restriction de la ZFE-m parisienne (ZFE-m<sub>Paris</sub> 2). Ainsi, ces résultats illustrent l'importance équivalente de ces deux paramètres en regard du bénéfice total, mais avec des scénarios « périmètre élargi » favorables à une meilleure répartition des bénéfices (4,7 millions de personnes impactées vs 2,1).

Figure 2

### Nombre de cas évitables selon le scénario de mise en œuvre de la ZFE-m étudié et la zone géographique considérée



ZFE-m : zone à faibles émissions mobilité ; A86 : autoroute A86. MGP : métropole du Grand Paris.

ZFE-m<sub>Paris</sub> 1 : ZFE dans Paris avec interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5 et 4 au 1<sup>er</sup> juillet 2018.

ZFE-m<sub>Paris</sub> 2 : ZFE dans Paris, avec interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5, 4 et 3 au 1<sup>er</sup> juillet 2019.

ZFE-m<sub>élargie</sub> 1 : ZFE à l'intérieur de l'A86, avec interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5 et 4 au 1<sup>er</sup> juillet 2018.

ZFE-m<sub>élargie</sub> 2 : ZFE à l'intérieur de l'A86, avec interdiction des véhicules non classés, Crit'air 5, 4 et 3 au 1<sup>er</sup> juillet 2019.

## Conclusion

L'exposition aux polluants de l'air, et en particulier à ceux liés au trafic routier, est responsable d'un large éventail d'effets sanitaires, en particulier dans la population sensible des enfants considérée

dans cette étude. L'une des raisons de cette sensibilité tient d'une part, au fait qu'ils sont plus exposés. En effet, ils respirent plus rapidement que les adultes, ainsi la quantité d'air inhalé, donc de polluants, par unité de poids corporel est plus grande. L'autre raison tient à l'immaturation de leurs organes. Leurs poumons sont encore au stade du développement et la pollution de l'air peut perturber ce processus biologique. La pollution de l'air endommage les fonctions pulmonaires des enfants, même à des taux d'exposition faibles. Ainsi, il apparaît clairement qu'une exposition à la pollution de l'air ambiant augmente le risque d'asthme chez l'enfant et que l'inhalation de polluants aggrave l'asthme pendant l'enfance<sup>9,10</sup>. De plus, ils ont une capacité plus faible de métabolisation, de détoxification et d'élimination des substances toxiques présentes dans l'air pollué. Leur cerveau se développe encore et les substances neurotoxiques présentes dans l'air pollué peuvent nuire à leur développement cognitif<sup>11</sup>. Par ailleurs, les études montrent que lorsque les femmes enceintes sont exposées à un air pollué, elles risquent davantage d'accoucher prématurément, et de donner naissance à des nouveau-nés de faible poids<sup>12,13</sup>. Un faible poids de naissance est associé à d'autres problèmes de santé dans l'enfance tels que retards moteurs ou intellectuels de développement.

Les pourcentages de réduction estimés dans cette étude montrent que la mise en œuvre d'une ZFE-m dans l'agglomération parisienne représente un levier d'action pour la prévention des pathologies de l'enfant, notamment pour le scénario le plus ambitieux. À titre de comparaison, une méta-analyse de neuf études a estimé que les politiques de lutte anti-tabac basées sur un ensemble de mesures telles que préconisées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), avaient permis une baisse immédiate de 2,8% des naissances à terme de faible poids<sup>14</sup>.

Cette évaluation n'illustre qu'une partie des bénéfices escomptés, mais permet d'objectiver l'impact attendu de la mise en œuvre du dispositif en matière de protection de la santé des enfants et vise à mieux informer les décideurs et les populations concernées. L'analyse conduite considère une mise en œuvre du dispositif idéale, l'impact réel de la mesure en matière de comportements étant difficile à prévoir. Il est attendu que le non-respect de la restriction, ne serait-ce que par une fraction de la population concernée, ou un décalage dans le temps de la mise en œuvre amoindrisent l'effet de la mesure. La mise en œuvre réelle du dispositif correspond actuellement au scénario ZFE-m au périmètre élargi et au niveau de restriction le plus faible (ZFE-m<sub>élargie</sub> 1), avec une entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juin 2021, soit deux années plus tard que le scénario étudié. Par ailleurs, même s'il est prévu d'être renforcé (avec des niveaux de restrictions supplémentaires et la mise en œuvre effective de moyens de contrôle), ce dispositif ne peut constituer

à lui seul une solution à l'enjeu de santé publique. La reconquête de la qualité de l'air doit s'inscrire dans le cadre de plans d'actions plus larges en matière de mobilités, mais aussi touchant d'autres secteurs (résidentiel/tertiaire, agricole, industriel...). ■

### Liens d'intérêt

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

### Références

- [1] Organisation mondiale de la Santé. Pollution de l'air et santé de l'enfant : prescrire un air sain. Résumé. Genève: OMS; 2018. 32 p. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/275547/WHO-CED-PHE-18.01-fre.pdf>
- [2] Host S, Saunal A, Cardot T, Ghersi V, Joly F. Mortalité attribuable à la pollution atmosphérique en Île-de-France. Quelle évolution depuis dix ans et quels bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'air dans les territoires? Bull Epidemiol Hebd 2022;(19-20):326-35. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_1.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_1.html)
- [3] Berhane K, Chang CC, McConnell R, Gauderman WJ, Avol E, Rapaport E, et al. Association of changes in air quality with bronchitic symptoms in children in California, 1993-2012. JAMA. 2016;315(14):1491-501.
- [4] Ademe. Zones à faibles émissions (low emission zones) à travers l'Europe. Déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système. Mise à jour 2020 de l'état de l'art. Angers: Ademe; 2020. [https://alliancequaliteair.fr/wp-content/uploads/2021/07/2020.12\\_ADEME\\_Les-ZFEm-a-travers-l-Europe.pdf](https://alliancequaliteair.fr/wp-content/uploads/2021/07/2020.12_ADEME_Les-ZFEm-a-travers-l-Europe.pdf)
- [5] Blanchard M, Host S, Medina S. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS d'une intervention. Saint-Maurice: Santé publique France; 2019. 104 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/de-terminants-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-d-une-intervention>
- [6] Airparif. Zones à basses émissions dans l'agglomération parisienne. Étude prospective : évaluation des impacts sur les émissions du trafic routier, la qualité de l'air et l'exposition des populations. Paris: Airparif; 2018. 86 p. [https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/Rapport\\_ZBE\\_2016-2019\\_070518.pdf](https://www.airparif.asso.fr/sites/default/files/pdf/Rapport_ZBE_2016-2019_070518.pdf)
- [7] Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Andersen AM, Ballester F, et al. Ambient air pollution and low birthweight: A European cohort study (Escape). Lancet Respir Med. 2013;1(9):695-704.
- [8] Host S, Saunal A, Honoré C, Joly F, Le Tertre A, Medina S. Bénéfices sanitaires attendus d'une zone à faibles émissions : évaluation quantitative d'impact sanitaire prospective pour l'agglomération parisienne. Paris: Observatoire régional de santé Île-de-France; 2018. 106 p. <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/benefices-sanitaires-attendus-d-une-zone-a-faible-emissions/>
- [9] Khreis H, Kelly C, Tate J, Parslow R, Lucas K, Nieuwenhuijsen M. Exposure to traffic-related air pollution and risk of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. Environ Int. 2017;100:1-31.
- [10] Bettiol A, Gelain E, Milanese E, Asta F, Rusconi F. The first 1000 days of life: Traffic-related air pollution and development of wheezing and asthma in childhood. A systematic review of birth cohort studies. Environ Health. 2021;20(1):46.

[11] Yi C, Wang Q, Qu Y, Niu J, Oliver BG, Chen H. In-utero exposure to air pollution and early-life neural development and cognition. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2022;238:113589.

[12] Li C, Yang M, Zhu Z, Sun S, Zhang Q, Cao J, *et al.* Maternal exposure to air pollution and the risk of low birth weight: A meta-analysis of cohort studies. *Environ Res.* 2020; 190:109970.

[13] Ju L, Li C, Yang M, Sun S, Zhang Q, Cao J, *et al.* Maternal air pollution exposure increases the risk of preterm birth: Evidence from the meta-analysis of cohort studies. *Environ Res.* 2021;202:111654.

[14] Faber T, Kumar A, Mackenbach JP, Millett C, Basu S, Sheikh A, *et al.* Effect of tobacco control policies on perinatal and child health: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Public Health.* 2017;2(9):e420–37.

#### Citer cet article

Host S, Saunal A, Joly F. Bénéfices attendus de la mise en œuvre d'une zone à faibles émissions mobilité sur la santé des enfants : cas de l'agglomération parisienne. *Bull Epidémiol Hebd.* 2022;(19-20):354-60. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022\\_19-20\\_5.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2022/19-20/2022_19-20_5.html)