

# Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne

Sabine Host, Edouard Chatignoux et Adrien Saunal

*Les derniers bilans publiés par Airparif indiquent une qualité de l'air toujours insatisfaisante pour certains polluants, avec en 2011, environ 3 millions de Franciliens potentiellement soumis à des dépassements des valeurs réglementaires. Si, dans un passé récent, la qualité de l'air s'est améliorée, les niveaux de polluants peinent aujourd'hui à diminuer et restent relativement stables ces dernières années. La situation est telle que l'Union Européenne a engagé un contentieux contre la France pour non-respect de la réglementation concernant les valeurs limites applicables aux particules<sup>1</sup> (PM<sub>10</sub>).*

*Or, comme cela a été largement démontré dans nombreuses études épidémiologiques, parmi lesquelles s'inscrivent les études Erpurs (cf. Encadré 11 en annexe) menées depuis plus de 20 ans par l'ORS Île-de-France dans la région, les expositions aiguës et chroniques à ces niveaux de pollution atmosphérique contribuent à la dégradation de l'état de santé des populations (mortalité, hospitalisations, visites aux urgences pour causes cardio-respiratoires...). Ainsi, la pollution atmosphérique constitue encore en Île-de-France, et en particulier dans sa zone dense, une atteinte à la qualité de vie et à la santé.*

## Encadré 1 : Résultats clés

L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique a été évalué à Paris et en proche couronne selon les méthodes employées dans le cadre du Projet européen Aphekom (cf. Encadré 2). Cette évaluation permet de rendre compte du poids sanitaire et économique de la pollution ambiante de l'air urbain, et des enjeux portés par les expositions à proximité du trafic routier.

Il a ainsi été évalué que le non-respect des valeurs guides de l'OMS (niveaux de PM<sub>2,5</sub> et de PM<sub>10</sub> respectivement inférieurs à 10 µg/m<sup>3</sup> et 20 µg/m<sup>3</sup>) sur la période 2004-2006, a été responsable, annuellement, a minima :

- sur le long terme, du fait d'une exposition chronique, d'environ 1 400 décès anticipés chez les adultes, soit 4 % des décès toutes causes non accidentelles enregistrés, qui se traduisent par une perte par habitant de 6 mois d'espérance de vie à 30 ans. Cet impact représente un coût de l'ordre de 2,3 milliards d'euros.
- à court terme, d'une centaine de décès anticipés et d'environ 480 hospitalisations pour causes cardio-respiratoires, ce qui représente au total un coût de l'ordre de 11,4 millions d'euros.

Par ailleurs, plus de la moitié de la population à Paris et en proche couronne réside à moins de 150 mètres d'un axe à fort trafic routier et environ un tiers à moins de 75 mètres, avec des niveaux de pollution atmosphérique généralement accrus dans ces zones et des risques de pathologies majorés.

Selon nos estimations, cette proximité aux axes à fort trafic routier est responsable de 16 % des nouveaux cas d'asthme chez les enfants (<18 ans). Ces effets chroniques, conjugués aux effets à court terme de la pollution de l'air liés au non-respect de la valeur guide de l'OMS pour les particules, sont responsables de 29 % des crises d'asthme et de 16 % des hospitalisations pour asthme dans cette population, ce qui représente environ 650 hospitalisations évitables chaque année.

Comme toute évaluation d'impact sanitaire, ces calculs sont basés sur un certain nombre d'hypothèses et les chiffres fournissent avant tout des ordres de grandeur et comportent une part d'incertitudes. Cette publication fournit une aide à leur interprétation.

Nous adressons nos remerciements à Sylvia Medina (Institut de veille sanitaire - InVS) et à Laura Perez (Institut tropical de santé publique suisse - Swiss TPH) pour leur relecture attentive de cette publication et leurs conseils avisés, ainsi qu'à toute l'équipe Aphekom.

<sup>1</sup> Les particules sont constituées d'un mélange complexe de polluants et sont distinguées généralement selon leur diamètre aérodynamique ; ainsi les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub> sont les particules de diamètres respectivement inférieurs à 10 µm et à 2,5 µm.

Ces répercussions sanitaires sont un enjeu central des politiques de gestion de la qualité de l'air, dont les déclinaisons locales s'articulent au travers de plusieurs dispositifs, illustrés sur la Figure 1. Pour appuyer ces politiques de gestion, il est important de pouvoir objectiver l'impact sur la santé de la pollution de l'air observée et les bénéfices attendus de mesures de contrôle des niveaux, notamment dans les agglomérations. C'est l'objet des évaluations d'impact sur la santé (EIS) qui permettent, à partir des relations exposition-risque issues des études épidémiologiques, de quantifier l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à court et à long terme. Véritable outil d'aide à la décision, les EIS s'imposent aussi comme un outil de sensibilisation et de communication.

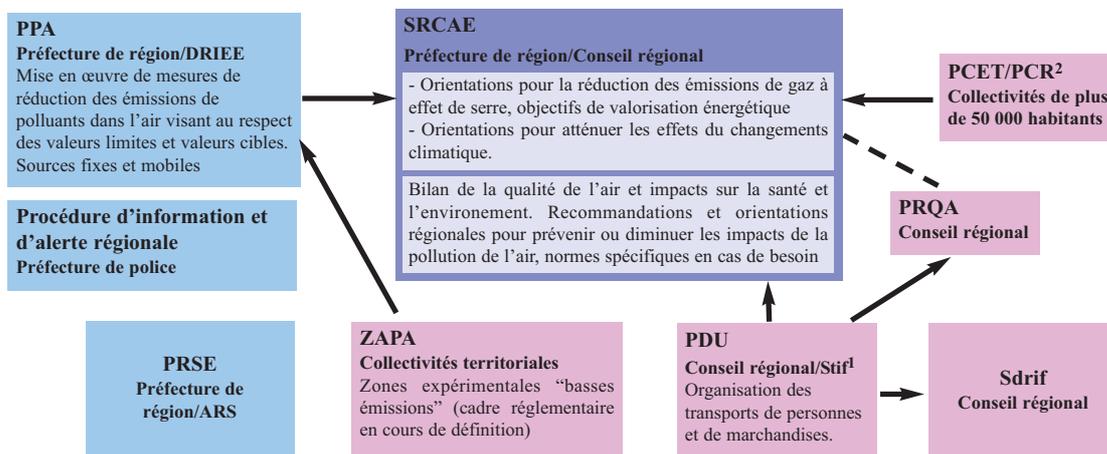
Dans ce contexte, le projet européen Aphekom a été lancé en 2008 (cf. Encadré 2), afin d'évaluer les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique dans 25 agglomérations européennes (Medina, 2011). Ce projet a notamment été l'occasion de développer de nouvelles méthodes afin de mieux rendre compte des différents enjeux sanitaires posés par la pollution atmosphérique, notamment par les expositions à proximité du trafic routier.

Cette publication s'appuie sur les résultats et les méthodes développées dans ce projet pour réaliser une nouvelle évaluation de l'impact sanitaire de la pollution de l'air dans la région Île-de-France. Ainsi, après une présentation des principes des méthodes d'EIS et de leurs récents développements, cette publication apportera des éléments permettant d'apprécier :

- les bénéfices à court et à long terme d'une réduction globale des niveaux de polluants sur la région avec une traduction monétaire (Pascal, 2012d) ;
- l'impact des expositions à proximité du trafic routier en termes de survenue de nouveaux cas d'asthme chez les enfants. Cette évaluation sera l'occasion de discuter du poids total de la pollution atmosphérique dans la survenue de symptômes aigus et le recours aux soins pour asthme chez les enfants.

Les résultats-clés de ces évaluations sont résumés dans l'Encadré 1. Ces chiffres sont avant tout des ordres de grandeur, les EIS étant entourées d'incertitudes ; l'accent sera mis dans cette publication sur les limites d'interprétation de ces chiffres.

Figure 1 : Gouvernance de la qualité de l'air en Île-de-France (source : Keller, 2011, adaptation ORS Île-de-France)



**Grille de lecture**

Institué par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (1996), le Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA) fixe des objectifs d'amélioration et formule des orientations permettant de réduire et de prévenir la pollution atmosphérique. Il se base sur un bilan de la qualité de l'air et de ses effets (sur la santé, les récoltes et le patrimoine bâti) ainsi que sur un inventaire des émissions de polluants. Il s'articule avec le Plan de protection de l'atmosphère (PPA), plan d'actions et de mesures réglementaires, ainsi qu'avec le Plan de déplacement urbain (PDU) instaurant une politique de transport en faveur des modes de déplacement les moins polluants et qui doit être compatible avec le Schéma directeur de la région Île-de-France (Sdrif). Ces deux dispositifs sont aujourd'hui intégrés au Schéma régional climat air énergie (SRCAE), décliné en Plans climat énergie territoriaux (PCET). A compter de son approbation, le SRCAE se substitue au PRQA. Par ailleurs, la loi Grenelle II fixe un cadre pour l'expérimentation de restriction de circulation de véhicules dans le cadre des zones d'action prioritaires pour l'air (ZAPA). Enfin, le PRSE (Plan régional santé environnement), déclinaison régionale du plan national, propose des actions en faveur de la réduction des émissions atmosphériques.

Responsabilités : ■ Etat et collectivités ■ Etat ■ Collectivités locales → doit être compatible avec

<sup>1</sup> Syndicat des transports d'Île-de-France

<sup>2</sup> PCET : Plan climat énergie territorial / PCR : Plan climat régional

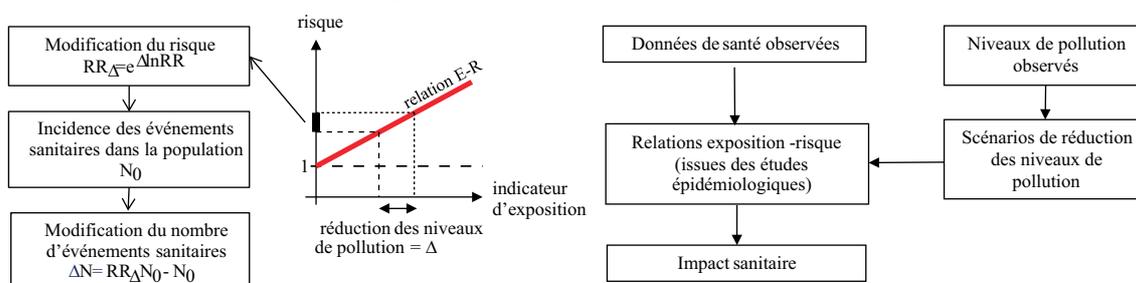
## Principes des évaluations de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique

Les études épidémiologiques permettent de fournir des mesures quantitatives des effets sanitaires des expositions à la pollution atmosphérique dans une population. Ces liens sont habituellement exprimés sous la forme d'un risque relatif ou d'une relation exposition-risque (E-R), qui mesurent la probabilité additionnelle qu'un événement sanitaire survienne du fait d'une exposition à un niveau de pollution.

Ces relations quantitatives sont utilisées dans les EIS (cf. Figure 2) pour quantifier un nombre

d'événements sanitaires (nombre de décès, d'hospitalisations...) ou d'années de vie perdues attribuables à la pollution atmosphérique. Elles sont appliquées à une situation locale donnée, caractérisée par ses niveaux de pollution de l'air et une fréquence de survenue d'événements de santé dans sa population (prévalence de la pathologie ou taux de mortalité). Des quantifications peuvent également être réalisées pour étudier les bénéfices sanitaires et économiques escomptés de différents scénarios de réduction des niveaux de polluants.

Figure 2 : Principe de l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique



## Impacts sanitaires de la pollution urbaine ambiante

### Méthode

La démarche se décompose comme suit :

1. Sélection des relations exposition-risque ;
2. Définition de la zone et choix de la période d'étude ;
3. Sélection des polluants indicateurs, recueil des données environnementales et construction des indicateurs d'exposition ;
4. Sélection et recueil des indicateurs sanitaires ;
5. Calcul d'impact selon des scénarios de réduction des niveaux de pollution atmosphérique, selon une méthode standardisée (Ung, 2012) ;
6. Détermination des sources d'incertitudes.

### Encadré 2 : Le projet Aphekom

Mené entre 2008 et 2011, et coordonné par l'Institut de veille sanitaire, Aphekom (Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe) est un projet multicentrique regroupant 25 villes européennes, allant de Stockholm, au nord, à Athènes au sud, et de Dublin, à l'ouest, à Bucarest, à l'est, et associant plus de 60 scientifiques. Dans les suites du projet Apheis, le projet Aphekom avait pour but de fournir des clés aux parties prenantes en Europe pour mieux comprendre les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé. À côté d'approches innovantes concernant notamment l'impact de la pollution du trafic routier sur la prévalence et l'exacerbation de maladies chroniques, l'impact de la mise en œuvre de politiques publiques ou la communication avec les parties prenantes, l'évaluation a porté sur l'impact sanitaire des particules en suspension et de l'ozone dont les concentrations restent préoccupantes en Europe. Aphekom a été cofinancé par la Commission Européenne dans le cadre du Programme d'action communautaire dans le domaine de la santé publique (2003-2008) et par les institutions participant au projet.

Informations et publications accessibles sur le site Internet : [www.aphekom.org](http://www.aphekom.org)

### 1. Sélection des relations exposition-risque

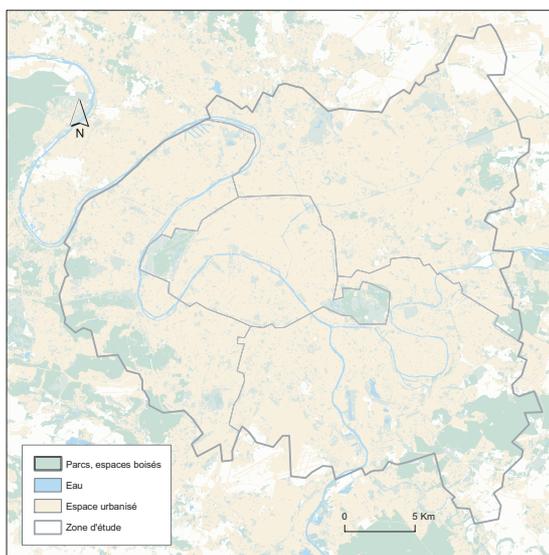
Les EIS reposent sur les relations exposition-risque établies dans les études épidémiologiques, la nature causale de ces liens étant établie par ailleurs (convergence des résultats, preuves expérimentales, plausibilité des mécanismes physiopathologiques...). Parmi les relations répondant à ces critères, les plus robustes ont été généralement obtenues dans un contexte d'étude différent, en termes de situation géographique en particulier. Ainsi est-il nécessaire d'extrapoler ces relations au contexte local. Un certain nombre de critères de transposabilité doivent alors être vérifiés :

- composition de la pollution atmosphérique (sources d'émission comparables) ;
- structure socio-démographique de la population et répartition spatiale ;

- comparabilité des méthodes de quantification des niveaux de polluants dans l'air (méthodes de mesure ou de modélisation, résolution spatiale et temporelle...)

- comparabilité des indicateurs sanitaires utilisés. Plusieurs relations exposition-risque ont été utilisées pour estimer les impacts sanitaires à court et à long terme des différents polluants qui reflètent les effets aigus et chroniques d'une exposition à la pollution atmosphérique tels que décrits dans l'Encadré 3. Les relations issues d'études impliquant plusieurs villes européennes ont été

Figure 3 : Zone d'étude



préférentiellement sélectionnées et sont présentées en annexe dans le Tableau 9. Le détail des méthodes de calcul figure dans le guide méthodologique EIS du projet Aphekom (Pascal et al., 2012a).

### 2. Zone et période d'étude

La zone d'étude retenue est constituée de Paris et des trois départements de proche couronne (cf. Figure 3). Cette zone est en effet relativement homogène du point de vue des niveaux de pollution atmosphérique de fond, notamment exempte de

#### Encadré 3 : Effets chroniques et aigus de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est responsable d'aggravations aiguës de l'état de santé ou d'exacerbations de pathologies chroniques qui se traduisent par la survenue de symptômes pouvant conduire à des hospitalisations notamment, voire au décès. Dans ces cas, une exposition à la pollution atmosphérique constitue le déclencheur, il s'agit d'une conséquence à court terme. Toutefois, ces manifestations font suite à des mécanismes physiopathologiques complexes, processus progressifs de genèse de la pathologie auquel peut contribuer également la pollution atmosphérique (Kuenzli, 2006).

C'est ainsi qu'un infarctus du myocarde qui est la traduction de l'obstruction d'une artère coronaire, constitue un événement aigu, associé à des causes immédiates. S'il a été montré que cet événement peut être précipité par la pollution de l'air, il résulte généralement d'un long processus de calcification des parois artérielles (l'athérogenèse), conséquence d'expositions cumulées à divers facteurs de risque dont la pollution atmosphérique.

Le même raisonnement peut être tenu dans le cas de l'asthme ou d'autres pathologies respiratoires. Les crises d'asthme, par exemple, reflètent un événement immédiat, i.e. la conséquence aiguë de l'exposition à un facteur déclencheur, parmi lesquels la pollution atmosphérique. Or, cet événement est conditionné par le développement de la pathologie sous-jacente qui s'opère progressivement au cours d'une période de la vie.

coups urbaines susceptibles de modifier la dispersion des polluants (relief, ceinture verte, discontinuité du bâti...). Cette zone couvre une surface de 762 km<sup>2</sup> (soit 28 % de la superficie de l'Île-de-France) et compte environ 6,5 millions d'habitants (soit 55 % des Franciliens). Pour une grande majorité, la population résidente travaille également dans cette zone<sup>1</sup>. Cette zone correspond à celle retenue dans le cadre des études Erpurs. La période d'étude s'étend de 2004 à 2006.

### 3. Indicateurs d'exposition à la pollution atmosphérique

En pratique, l'exposition à la pollution atmosphérique n'est évaluée qu'au travers de la concentration de quelques polluants indicateurs. Les effets observés ne peuvent être attribués spécifiquement à ces polluants mais plutôt à l'ensemble des composés qui sont émis ou formés avec lui. Dans le cadre de cette évaluation, l'exposition à la pollution atmosphérique est évaluée par les niveaux de particules (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) et d'ozone enregistrés par les capteurs de fond du réseau de surveillance d'Airparif. Les indicateurs d'exposition à la pollution particulaire résultent de la moyenne des valeurs annuelles pour la période 2004 à 2006 obtenues sur l'ensemble des stations de fond déployées au sein de la zone d'étude. En accord avec le laboratoire de référence en France pour les mesures de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, un facteur de correction est appliqué : soit 1,37 en hiver et 1 en été (cf. Encadré 4). L'exposition à l'ozone est estimée par la moyenne des maxima journaliers de la moyenne glissante sur 8 heures de l'ensemble des stations. Le descriptif des indicateurs figure dans le Tableau 1.

<sup>1</sup> Sources : Insee et Direction régionale de l'équipement (DREIF), Enquête globale de transport 2001-2002

**Tableau 1: Caractérisation des niveaux moyens journaliers (fond urbain) au sein de la zone d'étude, sur la période 2004-2006**

| Polluants (a)         | Situation observée sur la période 2004-2006 |                                 |                                    |                                      | Valeurs réglementaires                 |   |
|-----------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
|                       | Moyenne annuelle (µg/m <sup>3</sup> )       | Ecart-type (µg/m <sup>3</sup> ) | Percentile 5* (µg/m <sup>3</sup> ) | Percentile 95** (µg/m <sup>3</sup> ) | Valeur limite (b) (µg/m <sup>3</sup> ) | Valeur guide (b) OMS (µg/m <sup>3</sup> ) |
| Ozone                 | 59  | 33                              | 10                                 | 118                                  | 120                                    | 100                                       |
| PM <sub>10</sub> (c)  | 25  | 11                              | 12                                 | 45                                   | 40                                     | 20  |
| PM <sub>2,5</sub> (c) | 17  | 9                               | 7                                  | 34                                   | 25 (en 2015)                           | 10  |

(a) moyenne journalière, sauf ozone (moyenne glissante maximum 8 heures)

(b) moyenne annuelle, sauf ozone (maximum à ne pas dépasser)

(c) après correction

\*valeur non dépassée les 5 % de jours les moins pollués sur la période d'étude

\*\*valeur non dépassée les 95 % de jours les moins pollués sur la période d'étude

### Encadré 4 : Méthodes de mesure des particules

En France, les particules (PM) sont mesurées avec des appareils TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance), qui entraînent une évaporation de la fraction semi-volatile des particules lors du chauffage de l'appareil, et donc une sous-évaluation de la masse des particules, notamment en hiver. Depuis janvier 2007, les Associations de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) doivent fournir des mesures de PM corrigées pour être en accord avec la méthode de référence. A cette fin, un facteur de correction est estimé en temps réel, grâce à l'adjonction, à certaines stations de mesure des particules, d'un module permettant de prendre en compte la fraction semi-volatile (module FDMS). Avant cela, un facteur de correction théorique était appliqué.

### 4. Indicateurs sanitaires

L'évaluation a porté sur les nombres annuels de décès non accidentels et pour causes cardiovasculaires ainsi que sur les hospitalisations pour causes respiratoires et cardiaques, codés selon la classification internationale des maladies (CIM10) (cf. Tableau 2).

### 5. Calcul des impacts sanitaires

Dans le cadre d'Aphekom, différents scénarios de réduction de l'exposition aux particules et à l'ozone ont été retenus afin d'estimer leurs impacts sanitaires à court et à long terme selon une approche contrefactuelle (cf. Encadré 5).

Les impacts estimés pour les différents polluants ne peuvent pas être additionnés car les effets de chaque polluant ne sont pas indépendants. De même, les effets sur la mortalité des PM<sub>10</sub> à court

**Encadré 5 : Approches contrefactuelles et prédictives**

L'EIS s'inscrit dans différents contextes selon des approches distinctes. La plus classique, l'approche dite contrefactuelle, estime l'impact hypothétique d'une baisse de la pollution atmosphérique, toutes choses égales par ailleurs. Il est considéré dans ce cas une diminution subite des niveaux de polluants, alors qu'en réalité l'évolution des niveaux serait plus graduelle, de même que les bénéfices attendus. Ces résultats reflètent le poids actuel de la pollution atmosphérique et permettent de comparer les bénéfices attendus selon différents scénarios ; ils doivent être interprétés en termes de gains annuels potentiels. L'approche, dite prédictive, classiquement utilisée dans l'analyse coût-bénéfice de politiques publiques, estime l'impact futur, à une échéance donnée, des mesures engagées de réduction de la pollution atmosphérique. Les résultats reflètent le gain sanitaire attendu au bout de quelques années si le niveau du polluant était ramené aujourd'hui à un certain seuil ou enregistrait un certain niveau de baisse. La prise en compte du délai entre la baisse du niveau de pollution atmosphérique et les bénéfices sanitaires implique de considérer également les évolutions démographiques, l'évolution de l'état de santé de la population et de l'espérance de vie en particulier, mais aussi l'évolution du poids des autres facteurs (Declercq et al., 2012).

**Tableau 2 : Nombre moyen annuel de décès et d'hospitalisations entre 2004 et 2006 par indicateur sanitaire pour les résidents de la zone d'étude (sources : CépiDC / Inserm ; PMSI / ATIH)**

| Indicateur sanitaire                        | Codes CIM10 | Âges (ans) | Nombre d'événements |
|---|-------------|------------|---------------------|
| Mortalité toutes causes                     | A00-Y98     | ≥30        | 38 881              |
| Mortalité toutes causes (non accidentelles) | A00-R99     | tous       | 37 869              |
| Mortalité pour causes cardiovasculaires     | I00-I99     | ≥30 ans    | 9 707               |
|   |             | tous       | 56 831              |
| Hospitalisations pour causes respiratoires  | J00-J99     | 15-64      | 19 438              |
|   |             | ≥65 ans    | 16 889              |
| Hospitalisations pour causes cardiaques     | I00-I52     | tous       | 53 035              |

terme et des PM<sub>2,5</sub> à long terme ne sont pas indépendants étant donné les liens complexes entre genèse des pathologies chroniques et précipitations des événements sanitaires (cf. Encadré 3). Considérer la somme des impacts sanitaires conduirait ainsi à surestimer l'effet de la pollution sur la santé. Par ailleurs, afin d'interpréter ces résultats, il doit être tenu compte des incertitudes inhérentes à ces estimations.

**6. Sources d'incertitude**

Des sources d'incertitudes interviennent à chaque étape de la réalisation d'une EIS. En premier lieu, une EIS repose sur l'application de relations E-R à des données locales. Cette transposition constitue une source d'incertitude, bien que le respect des critères de transposabilité tende à la minimiser. Il peut persister des incertitudes relatives à l'estimation des expositions, liées par exemple à l'application d'un facteur de correction, mais aussi des incertitudes relatives à la construction des indicateurs sanitaires, des nombres d'hospitalisations en particulier, qui dépendent fortement des pratiques d'enregistrement et de codages propres à chaque système de soin. La relation E-R est elle-même entourée d'une incertitude statistique, quantifiée par l'intervalle de confiance entourant l'estimation centrale du risque relatif. D'autres sources d'incertitudes peuvent intervenir, notamment, liées au choix de l'indicateur d'exposition en lui-même. En particulier, il ressort de travaux récents que l'exposition à certains composants des particules, comme le carbone suie ou les sulfates, pourrait être plus pertinent (Declercq et al., 2012).

**Résultats**

*Impact sanitaire à long terme d'une exposition chronique à la pollution atmosphérique*

Le respect de la valeur guide OMS pour les PM<sub>2,5</sub>, soit une réduction des niveaux moyens annuels de PM<sub>2,5</sub> à 10 µg/m<sup>3</sup>, sur la période 2004-2006, entrainerait un bénéfice à long terme sur la mortalité. De l'ordre de 1 400 décès non accidentels pourraient ainsi être évités annuellement, comme indiqué dans le Tableau 3. Ceci représente environ 4 % des décès enregistrés et se traduit par un gain de 6 mois d'espérance de vie à 30 ans, par habitant de Paris et proche couronne (cf. Encadré 6). Ce gain d'espérance de

vie a été estimé dans les 25 villes participant au projet Aphekom, il peut aller jusqu'à 22 mois, tel qu'illustré sur la Figure 4.

Il a été par ailleurs estimé un impact global en considérant un niveau de pollution minimal, soit le niveau de PM<sub>2,5</sub> correspondant à la valeur non dépassée les 5 % de jours les moins pollués sur la période d'étude (percentile à 5% - P5), tel qu'indiqué dans le Tableau 1. Cela représente un impact sanitaire d'environ 2 000 décès annuels (cf. Tableau 3).

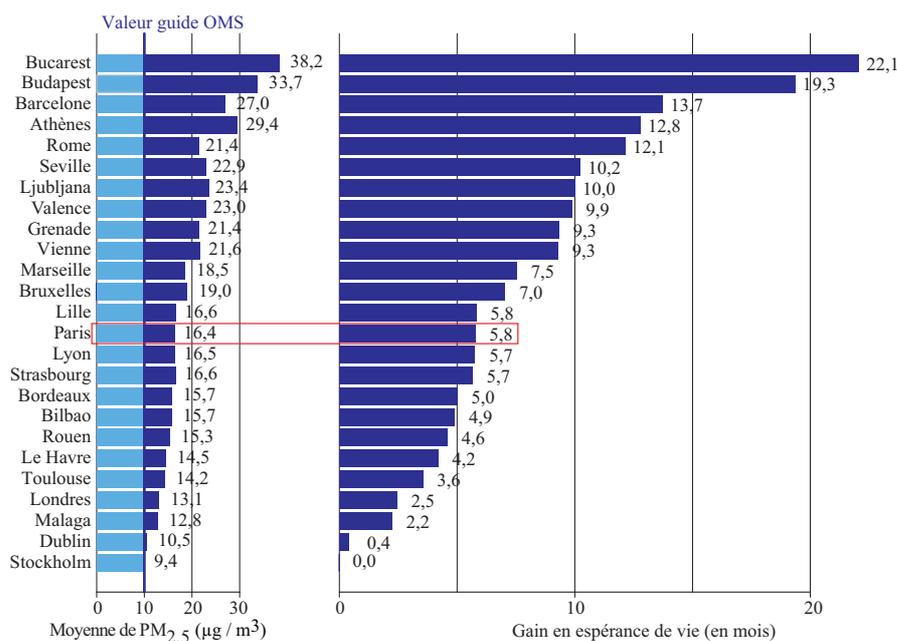
**Tableau 3 : Bénéfices potentiels (nombre annuel de cas) de la réduction des niveaux moyens annuels de PM<sub>2,5</sub> sur la mortalité et impact sanitaire global**

| Scénarios   | Respect valeur guide OMS (PM <sub>2,5</sub> ≤ 10 µg/m <sup>3</sup> ) |                         | Impact global (PM <sub>2,5</sub> ≤ P5)  |
|---|--|-------------------------|---|
|   | Nombre de cas évités (proportion)                                    | Espérance de vie (mois) | Nombre de cas attribuables (proportion) |
| Mortalité toutes causes (≥ 30 ans)                  | 1420 (4 %)   | 6                       | 2070 (5 %)                              |
| Mortalité pour causes cardio-vasculaires (≥ 30 ans) | 680 (7 %)  | -                       | 980 (10 %)                              |

**Encadré 6 : Impact en termes de perte d'espérance de vie**

Cette estimation résulte du calcul de la différence entre l'âge du décès et l'espérance de vie moyenne du groupe de population. Les résultats exprimés en termes d'impact sur l'espérance de vie sont plus robustes que ceux exprimés en termes de décès "attribuables" et ils persistent à long terme. En effet, une amélioration de la qualité de l'air va modifier les taux de mortalité de sorte que la population sera plus âgée. C'est ainsi qu'à plus long terme, le nombre annuel de décès attribuable à la pollution atmosphérique va progressivement augmenter de nouveau (Declercq et al., 2012).

**Figure 4: Gain d'espérance de vie à 30 ans dans 25 villes européennes si les niveaux annuels moyens en PM<sub>2,5</sub> étaient ramenés à la valeur guide OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> (source : Aphekom)**



*Impact sanitaire à court terme des niveaux quotidiens de pollution atmosphérique*

Le respect de la valeur guide OMS pour les PM<sub>10</sub>, soit une réduction des niveaux moyens annuels de PM<sub>10</sub> à 20 µg/m<sup>3</sup>, sur la période 2004-2006, entraînerait un bénéfice à court terme sur la mortalité et sur les hospitalisations pour causes respiratoires et cardiaques. De l'ordre d'une centaine de décès toutes causes (hors morts violentes et accidents) pourrait être potentiellement évitée annuellement, ainsi que 480 hospitalisations pour causes cardio-respiratoires, tel qu'indiqué dans le Tableau 4.

Il a par ailleurs été estimé un impact global en considérant un niveau de pollution minimal, soit le niveau de PM<sub>10</sub> correspondant à la valeur non dépassée les 5 % de jours les moins pollués sur la période d'étude (P5), tel qu'indiqué dans le Tableau 1. Cela représente un impact sanitaire de l'ordre de 300 décès annuels ainsi que 1 200 hospitalisations pour causes cardio-respiratoires (cf. Tableau 4).

Enfin, le respect de la valeur guide OMS pour l'ozone sur la période 2004-2006 entraînerait un bénéfice à court terme sur la mortalité et sur les hospitalisations pour causes respiratoires chez les personnes âgées de 65 ans et plus. Ainsi, chaque année, de l'ordre d'une trentaine de décès toutes causes non accidentelles pourrait être potentiellement évitée, ainsi qu'une vingtaine d'hospitalisations pour causes respiratoires chez les 65 ans et plus.

*Evaluation économique de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique*

L'impact de la pollution atmosphérique, évalué au travers des décès et des hospitalisations, a été traduit en termes de coûts associés.

- Coûts des décès :

L'approche économique utilisée dans Aphekom pour valoriser les impacts sur la mortalité repose sur la méthode des préférences déclarées par la population en matière d'arbitrage « valeur monétaire - risque de décès ».

Pour les impacts à long terme sur la mortalité, la valeur monétaire de 1 655 000 € a été retenue, à partir d'études menées au sein de plusieurs pays

**Tableau 4 : Bénéfices potentiels (nombre annuel de cas) de la réduction des niveaux moyens annuels des PM<sub>10</sub> sur la mortalité et sur les hospitalisations et impact sanitaire global**

| Scénarios                                  | Respect valeur guide OMS (PM <sub>10</sub> ≤ 20 µg/m <sup>3</sup> ) | Impact global (PM <sub>10</sub> ≤ P5)   |
|--|---|---|
|  | Nombre de cas évités (proportion)                                   | Nombre de cas attribuables (proportion) |
| Mortalité toutes causes non accidentelle   | 110 (0,3 %)   | 290 (0,8 %)                             |
| Hospitalisations pour causes respiratoires | 320 (0,6 %)   | 803 (1,5 %)                             |
| Hospitalisations pour causes cardiaques    | 160 (0,3 %)   | 410 (0,8 %)                             |

européens (New-Ext, 2004 ; Hurley et al., 2005). Ramener le niveau annuel moyen de PM<sub>2,5</sub> à 10 µg/m<sup>3</sup> correspondrait alors à une économie de l'ordre de 2,3 milliards d'euros par an.

Pour les impacts à court terme sur la mortalité, la valeur monétaire de 86 600 € a été retenue, également à partir d'études menées au sein de plusieurs pays européens (New-Ext, 2004; Desaignes et al., 2011). Diminuer les concentrations moyennes annuelles de PM<sub>10</sub> à 20 µg/m<sup>3</sup> correspondrait à une économie de plus de 9,6 millions d'euros par an. Eviter que les valeurs journalières de concentrations en ozone ne dépassent le maximum de 100 µg/m<sup>3</sup> permettrait d'économiser plus de 2,5 millions d'euros.

- Coûts des hospitalisations :

Les coûts associés à une hospitalisation ont été évalués à 3 777 € par la méthode du coût économique de la maladie. Ils prennent en compte la durée moyenne d'hospitalisation ainsi que celle

**Tableau 5 : Evaluation économique de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique (en millier d'euros) due au non-respect des valeurs guides OMS**

|                                | PM <sub>2,5</sub> | PM <sub>10</sub> | O <sub>3</sub> |
|--------------------------------|-------------------|------------------|----------------|
| Mortalité (long terme)         | 2 300 000         | -                | -              |
| Mortalité (court terme)        | -                 | 9 600            | 2 500          |
| Hospitalisations (court terme) | -                 | 1 800            | 98             |

de l'arrêt de travail (Aphekom, 2011). Si la valeur guide de l'OMS concernant les PM<sub>10</sub> était respectée, les économies de frais d'hospitalisations seraient de l'ordre de 1,8 million €. Le gain associé à une réduction des niveaux journaliers d'ozone à

100 µg/m<sup>3</sup> lorsqu'ils dépassent cette valeur, serait d'environ 98 000 €.

L'ensemble de ces coûts est résumé dans le Tableau 5.

## Impact sanitaire de la pollution de proximité liée au trafic routier

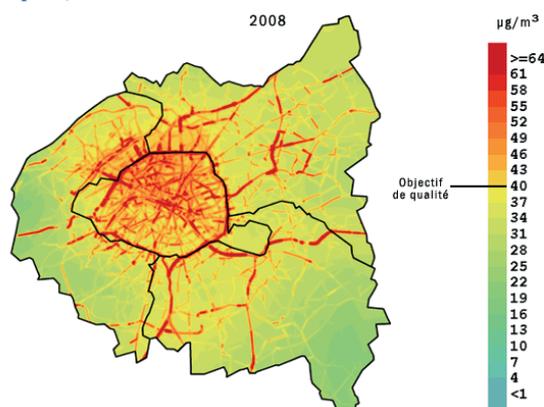
### Contexte et méthode

Les grandes agglomérations telles que l'agglomération parisienne sont caractérisées par des contrastes marqués de niveaux et de composition chimique des polluants atmosphériques selon que l'on se situe à l'écart ou à proximité des voies à fort trafic routier (cf. Figure 5).

Un nombre croissant d'études épidémiologiques a documenté une dégradation de la santé des populations résidant à proximité des voies à fort trafic routier, souvent plus importante que celle rapportée pour les niveaux de fond. Les preuves apportées par ces études, trop diversifiées en termes de populations, pathologies et métriques d'expositions, n'ont cependant pas permis jusqu'à présent de dégager des intensités de risques suffisamment robustes pour réaliser des EIS (Host et al., 2012). Toutefois, devant l'importance des prévalences de pathologies chroniques, de l'asthme notamment (cf. Tableau 6), et des contrastes de pollution atmosphérique dans l'agglomération parisienne, rendre compte du poids sanitaire de la pollution à proximité du trafic routier apparaît comme nécessaire.

C'est dans cette optique qu'une équipe de recherche du projet Aphekom (Künzli et al., 2012) a proposé d'intégrer les effets des expositions chroniques aux polluants du trafic routier dans les évaluations d'impacts. Cette évaluation cherche à rendre compte à la fois des

Figure 5: Moyenne annuelle de dioxyde d'azote (source : Airparif)



impacts à long terme des expositions chroniques à proximité du trafic, et des impacts à court terme des expositions aiguës à la pollution atmosphérique ambiante.

Cette méthode a été appliquée au cœur dense de l'agglomération parisienne (Paris et proche couronne) où l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à proximité du trafic routier a été évalué en termes de survenue de nouveaux cas d'asthme, d'exacerbations de symptômes et d'hospitalisations pour asthme chez les enfants (< 18 ans).

### Démarche

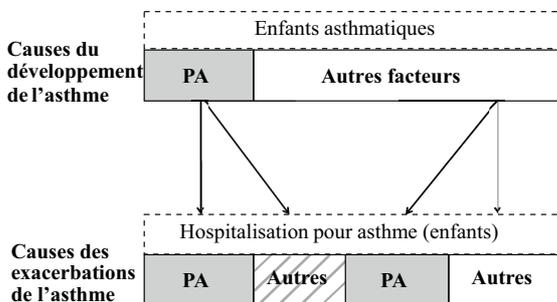
L'évaluation proposée par Künzli et al. (2012), se base sur les constats suivants :

- D'une part, le trafic routier est directement responsable du développement de cas d'asthme

Tableau 6 : Estimation de la prévalence d'asthme et nombre moyen annuel d'hospitalisations pour asthme chez les enfants entre 2004 et 2006

|        | Evénements sanitaires  | Codes CIM 10 | Prévalence ou nombre | Références                            |
|--------|--|--------------|----------------------|---------------------------------------|
| Asthme | Prévalence chez les enfants (France)                                   | -            | 9 %                  | Delmas et al., 2009                   |
|        | Nombre d'hospitalisations chez les enfants (0-15 ans) (75, 92, 93, 94) | J45-46       | 3 905                | PMSI (exploitation ORS Île-de-France) |

**Figure 6: Implication de la pollution atmosphérique dans la genèse de l'asthme et l'exacerbation des symptômes (d'après Kunzli et al., 2008)**



chez les enfants. Ainsi, en comptabilisant le nombre d'enfants exposés à proximité du trafic, il est possible d'en déduire la proportion de nouveaux cas d'asthme qui sont attribuables à cette exposition spécifique. Les auteurs proposent d'utiliser pour cela la relation exposition-risque issue de l'étude de McConnell et al. (McConnell et al., 2006), qui évalue les expositions aux polluants à proximité du trafic par la distance du lieu d'habitation à des voies à grande circulation (>10 000 véhicules / jour).

- D'autre part, chez les enfants asthmatiques, les crises et les hospitalisations pour asthme sont

favorisées par les expositions aiguës aux polluants atmosphériques. Ainsi, il est possible d'évaluer le nombre de ces manifestations à court terme qui seraient évitées par une diminution des niveaux de pollution atmosphérique ambiants. C'est l'approche traditionnellement adoptée dans les EIS, qui reste néanmoins incomplète et sous-estime l'impact de la pollution atmosphérique (Kunzli et al., 2008) tel qu'illustré sur la Figure 6. En effet, comme une partie des enfants chez qui surviennent ces crises ont développé leur asthme du fait de leur exposition chronique à la pollution atmosphérique (à proximité du trafic routier notamment), une diminution des niveaux de polluants permettrait de réduire la prévalence de l'asthme, et donc de ses exacerbations (liées ou non aux expositions aux polluants). L'EIS proposée dans Aphekom prend en compte cette dualité, en comptabilisant également les manifestations d'asthme aiguës, provoquées par des facteurs autres que la pollution atmosphérique, qui surviennent chez les enfants dont l'asthme est attribuable aux expositions à proximité du trafic.

#### **Encadré 7 : Estimation de l'exposition au trafic routier**

L'exposition est évaluée au travers d'un indicateur de distance des axes routiers à fort trafic basé sur l'estimation du nombre d'habitants résidant à une distance proche de ces voies.

La première étape consiste à sélectionner les axes routiers. Pour ce faire, les voies à grande circulation ont été préalablement sélectionnées sur la base du réseau routier exploité par Airparif pour ses besoins de modélisation et complétées par les données des conseils généraux, soit les voies comptant plus de 10 000 véhicules / jour (2007). Le réseau exploité par Airparif est issu du réseau de trafic régional opéré par la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement Île-de-France et recalé par Airparif par rapport à l'environnement bâti. Il correspond aux voies à grande circulation du réseau routier structurant de la zone d'étude et repose sur des critères de trafic moyen journalier annuel (>15 000 véhicules / jour), de typologie (autoroutes, boulevard périphérique, boulevards des Maréchaux) et de continuité du réseau.

La seconde étape consiste à estimer les pourcentages de population de 17 ans ou moins résidant à moins de 75 mètres. Cette estimation est basée sur les données de population issues du recensement de l'Insee datant de 2006 et ventilées au bâti tel qu'illustré sur la Figure 7. La répartition de la population de l'Insee sur les bâtiments de la BD-Topo de l'IGN a été réalisée par l'IAU Île-de-France à partir des trois données géographiques suivantes : les IRIS de l'Insee, pour les données de population 2006 ; les bâtiments 2003 de la BD-Topo qui apportent une information précise sur la localisation du bâti et sa superficie ; enfin le mode d'occupation des sols datant de 2008 qui renseigne sur la destination du bâti (habitat individuel ou collectif, activité etc...). La population d'un îlot de recensement a été affectée à la surface au plancher des bâtiments habitables (relative au nombre d'étages) en fonction des densités moyennes connues du type d'habitat concerné.

*Incertitudes*

L'évaluation de l'impact des expositions chroniques à proximité du trafic comporte des sources d'incertitudes supplémentaires par rapport aux évaluations de l'impact sanitaire de la pollution ambiante urbaine réalisée précédemment.

D'une part, même si quelques travaux permettent de suggérer des mécanismes physiopathologiques par lesquels les expositions aux polluants du trafic routier favorisent le développement de l'asthme, la nature causale du lien n'est pas encore suffisamment établie (HEI, 2009).

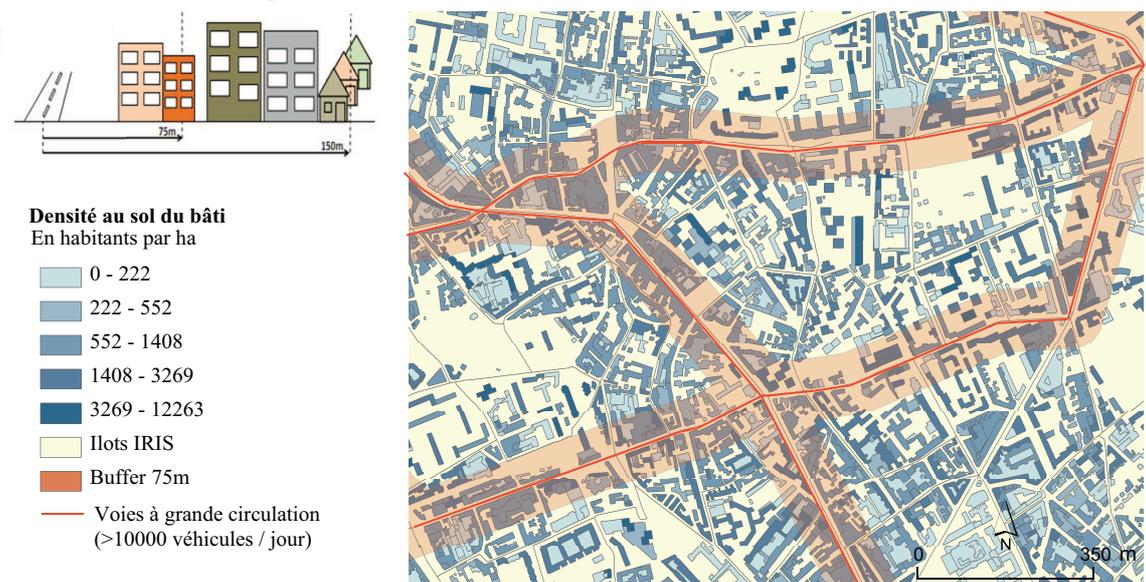
D'autre part, la relation E-R utilisée est issue d'une seule étude réalisée sur des enfants de 5 à 7 ans à Los Angeles. Cette relation est de ce fait particulièrement fragile, d'autant plus que la transposition de cette relation E-R, obtenue dans une étude américaine, à la situation de la zone centrale de l'agglomération parisienne, différente en termes de population et de structure urbaine, est un facteur d'incertitudes supplémentaire. Le choix de cette relation E-R, choix « par défaut », est l'une des sources majeures d'incertitudes dans cette évaluation. Nous avons choisi d'en tenir compte en présentant les résultats des évaluations accompagnés de l'intervalle de confiance à 95 % qui entoure l'estimation de ce risque. Les

recherches doivent se poursuivre afin d'améliorer la robustesse dans l'estimation de ces relations E-R ; le projet européen Escape, tel que décrit dans l'encadré 8 est, à ce titre, prometteur.

Les préoccupations sont moindres pour l'exacerbation des crises d'asthmes, la nature causale des liens observés étant bien acceptée, et les relations E-R étant issues de la synthèse de plusieurs travaux européens et calculées par des méthodes de méta-analyses.

Par ailleurs, l'exposition est évaluée de manière grossière (comme la distance à une voie à fort trafic), ce qui limite la précision de l'estimation de l'impact. D'une part, cette mesure apporte une information moins précise que des niveaux quantitatifs d'exposition aux polluants par exemple, et le seuil de 75 mètres à proximité des axes est limitatif, des effets additionnels étant visibles dans les études à des distances allant jusqu'à 150 mètres de l'axe routier. D'autre part, même si un effort particulier a été apporté dans notre évaluation à la quantification de la population exposée (cf. Encadré 7) et que les données de trafic disponibles en Île-de-France sont de bonne qualité, une mauvaise classification des axes routiers ou la ventilation de la population au bâti qui utilise des données dont la date de dernière mise à jour est variable, engendre des incertitudes supplémentaires.

**Figure 7 : Estimation du nombre d'habitants résidant à une distance proche des axes routiers à fort trafic (sources : IGN, Insee, IAU Île-de-France, exploitation ORS Île-de-France)**



**Encadré 8 : Perspectives des EIS de la pollution atmosphérique**

La démarche d'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, comme l'illustre le projet Aphekom, se nourrit de la progression des connaissances épidémiologiques, permettant d'affiner les évaluations. A ce titre, le projet ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects) offre des perspectives intéressantes. En effet, les résultats de ce projet européen, portant sur une quarantaine de villes en Europe, dont Paris, devraient fournir, prochainement, des relations exposition-risque témoignant des contrastes d'exposition à la pollution atmosphérique au sein des agglomérations basés sur des mesures de terrain de NO<sub>2</sub> et de particules combinant les données environnementales locales. A partir de ces relations, il serait envisageable d'évaluer plus finement l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, étant donné qu'aujourd'hui on dispose d'estimations des niveaux de polluants à une échelle géographique fine.

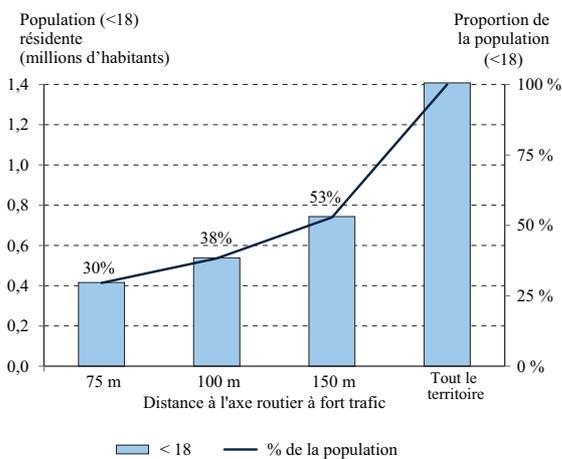
Informations accessibles sur le site [www.escapeproject.eu](http://www.escapeproject.eu)

**Résultats**

*Population exposée*

Ce travail a permis d'estimer que 30 % de la population de Paris et de la proche couronne âgée de 17 ans ou moins résidaient à moins de 75 mètres d'un axe à fort trafic routier, soit plus de 400 000 individus (Figure 8).

**Figure 8 : Estimation de la population résidant à proximité des axes routiers à fort trafic**



*Impact sur les pathologies chroniques et sur les exacerbations de symptômes*

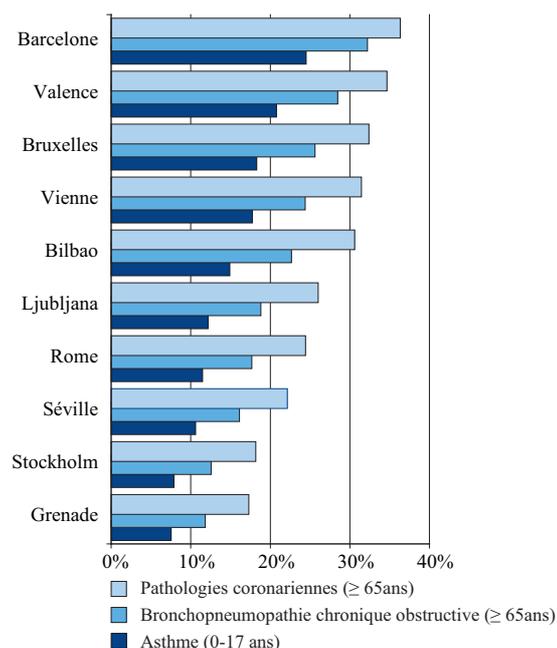
Vivre à proximité des axes routiers à fort trafic pourrait ainsi être responsable de l'ordre de 16 % des nouveaux cas d'asthme chez les enfants (0-17), compris dans un intervalle de confiance entre 3 % et 30 %. Ce résultat est du même ordre de grandeur que les résultats obtenus pour 10 autres villes du projet Aphekom et rentre dans la moyenne obtenue pour l'asthme (cf. Figure 9).

Cette évaluation est basée sur un scénario « tout

ou rien », à savoir qu'elle considère le bénéfice sanitaire dans l'hypothèse où plus personne ne réside à proximité du trafic. Alors que ce scénario est en réalité peu applicable, ce calcul a une vocation illustrative.

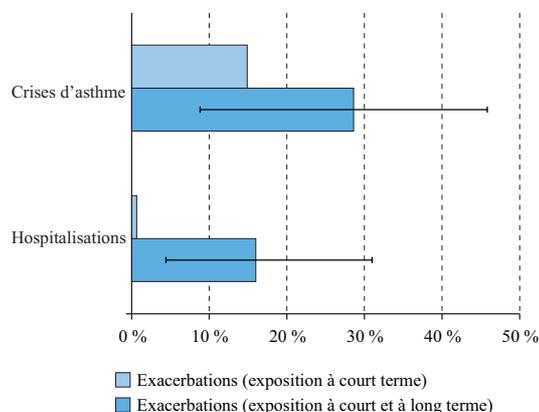
L'impact en termes d'exacerbations est estimé en considérant le respect des valeurs guides de l'OMS pour les particules (niveaux de PM<sub>2,5</sub> et de PM<sub>10</sub> respectivement inférieurs à 10 µg/m<sup>3</sup> et 20 µg/m<sup>3</sup>). Il a été fait une estimation comparative de l'impact sur les exacerbations des symptômes selon deux approches : l'une

**Figure 9 : Pourcentage de population atteinte de pathologies chroniques dont la pathologie pourrait être attribuée au fait de résider à proximité de grands axes de circulation dans 10 villes du projet Aphekom (Pascal et Medina, 2012c)**



considérant uniquement les effets aigus de la pollution atmosphérique, l'autre les effets aigus et chroniques. Les résultats sont présentés sur la Figure 10. Ces résultats montrent que la prise en compte des exacerbations uniquement causées par la pollution atmosphérique sous-estime largement l'impact de cette dernière. Considérant sa responsabilité dans la survenue d'une part des nouveaux cas d'asthme, la pollution atmosphérique serait responsable de 29 % des symptômes chez les enfants asthmatiques et 16 % des hospitalisations, ce qui représente environ 650 hospitalisations évitables chaque année pour cette population.

**Figure 10 : estimation du pourcentage de crises d'asthme et d'hospitalisations pour asthme chez l'enfant attribuable à la pollution atmosphérique selon deux approches**



### Encadré 9 : Evaluation des impacts des politiques publiques

Les EIS, selon le contexte de mise en œuvre, font référence à des démarches différentes. La démarche faisant l'objet de cette publication adopte la focale de la pollution de l'air. Or, les politiques de gestion visant à agir sur les niveaux de polluants de l'air sont aussi susceptibles d'agir sur d'autres déterminants de santé. En particulier, comme elles encouragent l'usage des transports en commun et de la mobilité active (marche et vélo), elles devraient avoir également un impact sur le bruit, avec une diminution de l'exposition au bruit routier, ainsi que sur l'augmentation de la pratique d'une activité physique, entraînant un important bénéfice sanitaire tel que l'illustre la récente étude publiée par l'ORS Île-de-France sur les bénéfices et risques de la pratique du vélo en Île-de-France (Praznocy, 2012). Si ces exemples illustrent des co-bénéfices, il faut également être vigilant quant aux possibles effets antagonistes de certaines politiques, notamment en matière d'atténuation des effets du changement climatique et d'amélioration de la qualité de l'air, mais aussi d'aménagements urbains sur les inégalités d'exposition environnementale. Afin de prendre en compte les effets d'une politique sur la santé, et de s'assurer en particulier qu'elle ne va pas accroître les inégalités de santé, une démarche globale d'évaluation d'impact sur la santé peut être menée. Le but de ces EIS, qui doivent s'appuyer largement sur les parties prenantes, est de produire des recommandations en vue d'infléchir cette politique dans le sens d'une meilleure intégration des enjeux sanitaires, avec une attention particulière portée à la réduction des inégalités de santé.

## Conclusion

Cette évaluation montre qu'un nombre non négligeable d'événements sanitaires, y compris de décès, survient en raison de niveaux de pollution atmosphérique encore trop élevés dans l'agglomération parisienne (Paris, 92, 93, 94). Si une part de ces événements est la conséquence immédiate de l'exposition à la pollution atmosphérique qui constitue le facteur déclencheur, l'exposition chronique à cette pollution, sur une longue période, peut elle-même être responsable de la survenue de pathologies

telles que l'asthme, la BPCO ou encore les maladies coronariennes. Ces résultats ne sont qu'une illustration des effets de la pollution atmosphérique sur la santé et définissent à minima son impact. En effet, ils documentent surtout les effets les plus graves (hospitalisations, décès) qui ne constituent qu'une faible part des conséquences sanitaires de la pollution atmosphérique. Les effets de moindre gravité, se traduisant, par exemple, par une gêne (symptômes légers), une consommation de médicaments ou encore une consultation chez le

Figure 11 : Pyramide des effets de la pollution atmosphérique



médecin, touchent en effet une plus large part de la population comme l'illustre la pyramide des effets (cf. Figure 11).

Enfin, comme tout résultat scientifique, les résultats d'EIS sont entourés d'une part d'incertitudes. Ils fournissent un ordre de grandeur de l'importance de l'impact de la pollution atmosphérique dans la région Île-de-France, qui

devrait inciter à poursuivre les efforts afin d'améliorer la qualité de l'air, au-delà des normes actuelles (cf. atteinte des valeurs guides OMS). Ces efforts restent d'autant plus souhaitables que d'autres bénéfiques en termes de santé publique, non quantifiés ici, peuvent également être attendus des politiques de gestion (cf. Encadré 9).

Ces résultats mettent, par ailleurs, en exergue le poids du trafic routier compte-tenu d'une urbanisation dense à proximité des voies à grande circulation. Ils invitent donc à s'attaquer prioritairement à la question de la circulation routière mais aussi à repenser la ville. A ce titre, une étude d'Airparif, telle que détaillée dans l'Encadré 10, met en exergue la forte représentation d'établissements dits sensibles à proximité des voies à grande circulation. A l'heure où la Région redéfinit son schéma directeur, ce constat nous fait prendre la mesure du défi à relever.

**Encadré 10 : Urbanisation à proximité des voies à grande circulation : cas des établissements accueillant des publics sensibles**

Airparif mène depuis quelques années un vaste programme d'études portant sur la caractérisation de la qualité de l'air aux abords des voies à grande circulation (VGC). Ces travaux permettent aujourd'hui de modéliser finement les niveaux de pollution atmosphérique à proximité des VGC. Dans une récente étude (Airparif, 2012), ces données ont été couplées à des informations géolocalisées portant sur les établissements recevant du public (ERP) concernés par les populations les plus sensibles, comme les jeunes enfants, les personnes âgées ainsi que les personnes hospitalisées (données fournies par l'IAU - Institut d'aménagement et d'urbanisme - Île-de-France). Cette étude montre que plus de 205 000 élèves en Île-de-France, soit environ 16 %, fréquenteraient des écoles maternelles et primaires situés dans des zones où les niveaux moyens annuels de NO<sub>2</sub> (polluants traceurs du trafic routier) dépassent la valeur limite (VL) de 40 µg/m<sup>2</sup>. Plus de 600 crèches seraient également concernées par ces dépassements, soit environ un quart de ces établissements, ce qui représente un effectif de 27 600 places. Ces résultats témoignent d'une urbanisation dense, en particulier dans le cœur de l'agglomération. En effet, plus de la moitié des écoles maternelles et primaires des départements de petite couronne se situe à moins de 250 mètres des VGC. La situation à Paris est particulièrement préoccupante avec près de 70 % de ces établissements situés à moins de 150 mètres. L'étude montre en effet que 70 % des crèches situées à moins de 50 m de ces axes ne respectent pas la VL, de même que 57 % des crèches situées entre 50 et 150 m. Un quart des établissements situés entre 150 et 250 mètres sont encore concernés par les dépassements de VL, ce n'est qu'au-delà de 250 m que cette part diminue fortement. Ces risques de dépassement de la VL sont à nuancer au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cœur dense de l'agglomération. En effet, si au final à Paris, 94 % des écoles situées à moins de 150 m d'un axe à fort trafic sont soumises à des niveaux de NO<sub>2</sub> dépassant la VL, ce pourcentage n'est plus que de 43 % pour les écoles de petite couronne et tombe à 10 % pour celles de grande couronne.

Résultats complets de l'étude (pour les autres ERP et les autres polluants, ainsi que les résultats par départements) sur le site d'Airparif <http://www.airparif.asso.fr/publications/>

## Annexes

Tableau 9 : Indicateurs sanitaires et risques relatifs utilisés dans l'EIS (Pascal et al., 2012a)

| Indicateurs sanitaires       |   | Âges  | RR ( $\uparrow 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>[IC à 95 %] | Références              |
|------------------------------|---|-------|--|-------------------------|
| PM <sub>2,5</sub> long terme | Mortalité toutes causes                     | ≥30   | 1,06<br>[1,02-1,11]  | (Pope et al., 2002)     |
|                              | Mortalité pour causes cardiovasculaires     | ≥30   | 1,12<br>[1,08-1,15]  | (Pope et al., 2004)     |
| PM <sub>10</sub> court terme | Mortalité toutes causes (non accidentelles) | Tous  | 1,006<br>[1,004-1,008]                                     | (Anderson et al., 2004) |
|                              | Hospitalisations pour causes respiratoires  | Tous  | 1,0114<br>[1,0062-1,0167]                                  | (Atkinson et al., 2005) |
|                              | Hospitalisations pour causes cardiaques     | Tous  | 1,006<br>[1,003-1,009]                                     | (Atkinson et al., 2005) |
| O <sub>3</sub> court terme   | Mortalité toutes causes (non accidentelles) | Tous  | 1,0031<br>[1,0017-1,0052]                                  | (Gryparis et al., 2004) |
|                              | Hospitalisations pour causes respiratoires  | 15-64 | 1,001<br>[0,991-1,012]                                     | (Anderson et al., 2004) |
|                              |   | ≥65   | 1,005<br>[0,998-1,012]                                     | (Anderson et al., 2004) |

Tableau 10 : Indicateurs sanitaires et risques relatifs utilisés dans l'EIS de la pollution à proximité du trafic routier (Perez et Künzli, 2012)

| Proximité  | Indicateurs sanitaires       | Âges | RR<br>[IC à 95 %]   | Références                               |
|--|------------------------------|------|---|--|
| Résidence ≤ 75 m   | Survenue d'asthme            | 5-7  | 1,64<br>[1,10-2,44]                                       | (McConnell et al., 2006)                 |
| Scénario (moyenne annuelle du polluant ramené à la valeur) | Indicateurs sanitaires       | Âges | RR ( $\uparrow 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<br>[IC à 95 %] | Références                               |
| 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM <sub>2,5</sub> )           | Crises d'asthme              | 0-17 | 1,0233<br>[0,9470-1,1059]                                 | Méta-analyses<br>(Perez et Künzli, 2012) |
| 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM <sub>10</sub> )            | Hospitalisations pour asthme | 0-17 | 1,0012<br>[1,0002-1,0024]                                 |  |

### Encadré 11 : Le programme Erpurs

Le programme Erpurs (Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé) a été mis en place en 1990 par l'Observatoire régional de santé Île-de-France. Suite aux épisodes de pollution atmosphérique survenus pendant l'hiver 1989 dans la région, les décideurs locaux et le grand public ont en effet souhaité mieux connaître les effets de la pollution atmosphérique sur la santé.

Parmi les objectifs de ce programme figure la quantification des liens entre les niveaux de pollution atmosphérique couramment rencontrés dans la région et l'état de santé de la population. Les études du programme, répétées à intervalles réguliers depuis près de 20 ans, constituent un système de surveillance des effets sanitaires de la pollution atmosphérique en Île-de-France. Il a permis de confirmer que les niveaux actuels de pollution atmosphérique dans la région continuent de constituer une atteinte à la santé des Franciliens.

## Références

- Anderson H, Atkinson R, Peacock J, Marston L et Konstantinou K. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O<sub>3</sub>). Report of a WHO task group. WHO Regional Office for Europe. 2004.
- Airparif. Modélisation de la pollution atmosphérique à proximité des axes routiers les plus importants d'Île-de-France : croisement des données de la qualité de l'air avec la localisation des établissements recevant du public francilien. Airparif. 2012. 71 p.
- Atkinson R, Anderson H, Medina S, Iñiguez C, Forsberg B, Segerstedt B et al. Analysis of all-age respiratory hospital admissions and particulate air pollution within the Apehis programme. Air pollution and information system. Health impact assessment of air pollution and communication strategy. Third-year report. Institut de veille sanitaire. 2005. 127-33 p.
- Declercq C, Pascal M, Chanel O, Corso M, Ung A, Pascal L, Blanchard M, Larrieu S, Medina S. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. Résultats du projet Aphekom. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire. 2012. 34 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>
- Delmas M, Guignon N, Leynaert B, Com-Ruelle L, Annesi-Maesano I, Herbet J et Fuhrman C. Prevalence of asthma among children in France. *Arch Pediatr*, 2009 ; 16 : 1261-9.
- Desaigues B, Ami D, Bartczak A, Braun-Kohlova M, Chilton S, Czajkowski M, Farreras V, Hunt A, Hutchinson M, Jeanrenaud C, Kaderjak P, Maca V, Markiewicz O, Markowska A, Metcalf H, Navrud S, Nielsen J, Ortiz R, Pellegrini S, Rabl A, Riera R, Scasny M, Stoeckel M, Szanto R et Urban J. Economic valuation of air pollution mortality: a 9-country contingent valuation survey of value of a life year (voly). *Ecological Indicators*, 2011 ; 11 : 902-910.
- Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson HR, Niciu EM, Wichmann H, Kriz B, Kosnik M, Skorkovsky J, Vonk JM et Dörtbudak Z. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2004 ; 170 : 1080-7.
- HEI. Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. 2009, 394 p.
- Host S et Chatignoux E. Pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : expositions et effets sanitaires. ORS Île-de-France, 2009. 12 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.ors-idf.org/index.php/environnement-et-sante>
- Host S, Chatignoux E, Leal C et Grémy I. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelles méthodes pour quels risques sanitaires ? *Rev Epidemiol Sante Publique*, 2012 ; 60 : 321-30.
- Hurley F, Hunt A, Cowie H, Holland M, Miller B, Pye S et al. Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE: volume 2 – health impact assessment. Oxon: AEA Technology Environment. 2005. 149 p.
- Ung A, Pascal M, Chanel O, Corso M, Blanchard M, Pascal L, et al. Comment réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine ? Guide méthodologique. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire : à paraître.
- Keller F. L'application du droit communautaire de l'environnement : de la prise de conscience à la mobilisation des acteurs. Rapport d'information n° 20. Sénat. 2011. 142 p.
- Künzli N, Perez L, Lurmann F, Hricko A, Penfold B et McConnell R. An attributable risk model for exposures assumed to cause both chronic disease and its exacerbations. *Epidemiology*, 2008 ; 19 : 179-185.
- Künzli N. Une longue route pour comprendre les effets à long terme de la pollution atmosphérique. *Extrapol. Effets à long terme de la pollution atmosphérique : études européennes*, 2006 ; 29 : 5-8.
- Medina S. Summary report of the Aphekom project 2008-2011. 2011. 10 p. Disponible à partir de l'URL: [www.endseurope.com/docs/110302b.pdf](http://www.endseurope.com/docs/110302b.pdf), consulté le 24 août 2012.
- McConnell R, Berhane K, Yao L, Jerrett M, Lurmann F, Gilliland F, Künzli N, Gauderman J, Avol E, Thomas D et Peters J. Traffic, susceptibility, and childhood asthma. *Environ. Health Perspect.*, 2006 ; 114 : 766-72.
- New-Ext. New elements for the assessment of external costs from energy technologies. Final report to the European Commission DG research, technological development and demonstration (contract no : eng1-ct2000-00129). Institute for Energy Economics and the Rational Use of Energy. 2004. 333 p.
- Pascal M, Corso M, Ung A, Declercq C, Medina S on behalf of the Aphekom WP5 team. Aphekom guidelines for assessing the health impacts of air pollution in european cities. Institut de veille sanitaire. 2012a. 40 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>
- Pascal M, Grange D, Host S, Pascal L, Corso M, Falq G, Ung A, Declercq C et Medina S. Aphekom Paris local city report. 2012b. 27 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>
- 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; 2012c. 6 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>
- Pascal M, Ung A, Lefranc A, Declercq C et les membres du Comité d'organisation. L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, un outil au service des politiques publiques : bilan des pratiques et perspectives de développement. Principales conclusions et pistes de travail issues de la première journée d'échanges Aasqa-Cire organisée par l'Institut de veille sanitaire le 4 octobre 2011. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire. 2012d. 4 p.
- Perez L et Künzli N. Aphekom guidelines of methods for integrating chronic effects of local-traffic pollution in the air pollution health impact methodology. Swiss Tropical and Public Health Institute (Basel), University of Basel, CREAL. 2012. 40 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>
- Pope CA3, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K et Thurston GD. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, 2002 ; 287 : 1132-41.
- Pope CA3, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D et Godleski JJ. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 2004 ; 109 : 71-7.
- Praznocy C. Les bénéfices et les risques de la pratique du vélo. Evaluation en Île-de-France. ORS Île-de-France, 2012. 163 p.



**ORS Île-de-France**  
43, rue Beaubourg  
75003 Paris  
tél.: 01.77.49.78.60  
[www.ors-idf.org](http://www.ors-idf.org)

L'ORS Île-de-France, département autonome de l'IAU Île-de-France, est un observatoire scientifique indépendant financé par l'Agence régionale de santé d'Île-de-France et le Conseil régional d'Île-de-France

