

Étude d'impact d'infrastructures routières et les effets de la pollution de l'air sur la santé : la prise en compte des particules

Impact assessment that a specific road infrastructure project may have on air quality and health: the inclusion of particulate matter

Marion KEIRSBULCK⁽¹⁾, Guillaume BOULANGER⁽²⁾, Michel ANDRÉ⁽³⁾, Christine BUGAJNY⁽⁴⁾, Mathilde PASCAL⁽⁵⁾, Gabriel PLASSAT⁽⁶⁾, Emmanuel RIVIÈRE⁽⁷⁾, Jean SCIARE⁽⁸⁾, Christian SEIGNEUR⁽⁹⁾

Contexte

Depuis les années 1990, plusieurs études épidémiologiques ont permis de mettre en évidence l'impact sur la santé de la pollution atmosphérique urbaine. Il existe en revanche peu d'études s'intéressant spécifiquement aux effets des émissions des grands axes routiers. Quelques études épidémiologiques ont cependant montré que résider à proximité de grands axes routiers pouvait conduire au développement et à l'exacerbation de pathologies chroniques cardiaques et respiratoires [Samet, 2007 ; Brugge, 2007 ; HEI, 2010 ; OMS, 2005b].

Par ailleurs, des interrogations demeurent sur l'influence de la taille et de la composition chimique des particules. À l'heure actuelle, il est difficile de distinguer les effets liés à la taille, au nombre, et à la composition chimique des particules.

En France, la réglementation prévoit que la construction, la réhabilitation ou l'aménagement d'infrastructures routières, qui par leur nature, leurs

dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement ou la santé humaine, nécessitent au préalable la réalisation d'une étude d'impact (articles L 122-1 à L 122-3-5 du code de l'environnement). Cette étude doit porter notamment sur l'analyse des effets du projet sur la qualité de l'air et des risques associés pour la santé. Une circulaire interministérielle équipement/Santé/écologie du 25 février 2005 et la note méthodologique qui lui est annexée fournissent des indications méthodologiques sur l'élaboration et le contenu attendu des études d'impact.

Pour les grands projets d'infrastructures routières (niveau I⁽¹⁰⁾), l'étude détaillée des effets sur la santé est proposée conformément à la démarche d'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS). Une liste de 16 polluants à prendre en compte est issue des travaux réalisés par un groupe d'experts publiés en 2004 [Cassadou, 2004].

Afin d'orienter les polluants à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires associée à l'étude d'impact, il a été demandé à l'Anses de procé-

(1) Anses (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) : alimentation-environnement-travail, Maisons-Alfort, chef de projet.

(2) Anses (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) : alimentation-environnement-travail, Maisons-Alfort, adjoint d'unité.

(3) IFSTTAR, (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux), Bron, directeur de recherche.

(4) CETE Nord-Picardie, (Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Nord-Picardie), Haubourdin, responsable du groupe Air et Bruit.

(5) InVS, (Institut de Veille Sanitaire), Saint-Maurice, chargée de projet Air et santé.

(6) ADEME, (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), Valbonne, ingénieur expert.

(7) ASPA, (Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace), Strasbourg, directeur adjoint.

(8) CNRS, (Centre National de la Recherche Scientifique), Gif-sur-Yvette, chargé de recherche.

(9) CEREAS, (Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique), directeur.

(10) Défini dans la note méthodologique en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et du nombre de personnes concernées par le projet.

der à une identification des polluants résultant des émissions du trafic routier et pouvant présenter un danger pour la santé. L'agence a hiérarchisé ces polluants au regard des émissions, des concentrations atmosphériques et des données toxicologiques disponibles, et a sélectionné ceux qui seraient à retenir pour l'analyse des effets sur la santé, en précisant à chaque fois, les voies et les durées d'exposition.

Plus de 380 polluants ont été recensés en lien avec des infrastructures routières. Parmi eux, 70 polluants disposaient d'informations quantitatives concernant les dangers pour la santé et les émissions issues des infrastructures. À l'issue de l'expertise, à partir d'une méthode de hiérarchisation, une liste de 14 polluants et de 2 familles de polluants a été proposée pour les études d'impact des infrastructures routières, incluant : particules (PM⁽¹¹⁾), dioxyde d'azote (NO₂), acétaldéhyde, acroléine, ammoniac (NH₃), arsenic (As), benzène, 1,3-butadiène, chrome (Cr), éthylbenzène, formaldéhyde, naphthalène, nickel (Ni), propionaldéhyde, famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et famille des dioxines et furanes [Anses, 2012]. Le cas des particules est discuté plus particulièrement ici.

Sources et composition des particules issues des infrastructures routières

Les infrastructures routières sont des émetteurs importants de particules. Les émissions particulières peuvent être issues de l'échappement, mais aussi liées à l'usure des équipements et de la route ainsi qu'au fonctionnement et à l'entretien de l'infrastructure routière.

Les émissions à l'échappement sont celles qui sont le mieux caractérisées actuellement à l'inverse des émissions liées à l'usure des freins, des pneumatiques et de la remise en suspension des particules par le trafic. La mesure des émissions de particules à l'échappement des véhicules est réglementée (par exemple les normes EURO). Elle est basée principalement sur des mesures en masse sans distinction de taille et de manière agrégée. Cependant, elle évolue vers la prise en compte du nombre (en complément de la masse particulaire totale d'une fraction granulométrique).

Les émissions de particules varient en fonction du type de véhicule (essence/diesel), du type de motorisation (EURO 1, 2, 3, 4, 5), de la conduite (vitesse, accélération...) ou encore de la nature du véhicule (véhicules légers, poids lourds, véhicules utilitaires...). Il est estimé que les véhicules diesel contribuent très largement (> 95 %) aux émissions routières à l'échap-

pement de particules fines (suie et carbone organique primaire)⁽¹²⁾. Le carbone-suie représenterait plus de 50 % des émissions particulières en masse par les moteurs diesel. Il n'existe pas encore aujourd'hui de méthode de référence pour la mesure du carbone-suie, ni de valeur réglementaire à respecter sur ce polluant.

Les données d'émissions et les caractérisations portant sur certaines tailles ou sur la composition chimique sont de faible qualité au travers des outils et des connaissances actuels. Des facteurs d'émission ont été calculés à partir de la méthode COPERT IV et complétés, notamment pour les polluants et phénomènes d'émission non couverts par cette méthodologie, par une analyse de la littérature publiée depuis 2004. Les HAP, les éléments métalliques ainsi que les dioxines et furanes (polychlorodibenzodioxines PCDD et polychlorodibenzodifuranes PCDF), recensés à l'émission particulaire des véhicules, ne sont connus que par des spéciations réalisées sur peu de véhicules et de tests.

Pour les HAP, des spéciations communes à des grandes catégories de véhicules et carburants sont utilisées pour le calcul de facteurs d'émissions qui n'intègrent pas ou mal les évolutions réglementaires et technologiques des véhicules ni les conditions de circulation (vitesse).

Les facteurs d'émissions des dioxines et furanes reposent uniquement sur des spéciations disponibles seulement par famille, différenciées entre véhicules légers essence, diesel et véhicules lourds.

Concernant l'usure des équipements des véhicules, seules les émissions de métaux sont quantifiées ; cependant, elles reposent sur des approches *in situ* tirées de la littérature. Les métaux contenus dans le carburant, l'huile et ceux résultant de l'usure mécanique à l'intérieur du moteur sont pris en compte et interprétés en contenu-équivalent dans le carburant. Les facteurs d'émission sont donc proportionnels à la consommation. Les métaux issus de l'usure de freins et de pneumatiques sont également évalués à partir d'approches empiriques.

L'importance des émissions de particules remises en suspension par le trafic a été soulignée dans ces travaux à partir des données de la littérature (émissions équivalentes à celles des émissions directes de particules à l'échappement). Cependant, si leur prise en compte pour évaluer les concentrations de PM₁₀ semble nécessaire, les données actuelles sont insuffisantes pour des études quantitatives.

De même, les émissions de certains éléments métalliques liées à l'utilisation de fondants routiers à l'occasion d'opérations de salage lors d'épisodes de neige ou de verglas ont été discutées par comparai-

(11) PM₁₀ et PM_{2,5} : particules en suspension dans l'air, respectivement d'un diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm et 2,5 µm (en anglais Particulate Matter).

(12) À noter que les gaz d'échappement des moteurs diesel sont classés comme cancérigènes pour l'homme (groupe 1) par le CIRC en juin 2012.

son aux émissions issues de l'échappement. Elles pourraient être importantes dans des situations particulières (par exemple routes souvent enneigées).

Pollution en particules à proximité du trafic routier

Les particules font partie des catégories de polluants atmosphériques réglementés pour la protection de la santé humaine. La stratégie communautaire de surveillance de la qualité de l'air se base aujourd'hui sur la directive européenne 2008/50/CE. Pour les effets sur la santé humaine, cette stratégie s'intéresse en particulier aux PM_{10} et $PM_{2,5}$ qui font donc l'objet d'une surveillance obligatoire et généralisée sur le territoire national par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

En proximité du trafic en France, les concentrations moyennes annuelles généralement relevées sont comprises entre 26 et 35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et 15 et 22 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ respectivement pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$ (en considérant le percentile 25 et 75 de l'ensemble des stations trafic du territoire). Des valeurs supérieures à 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les PM_{10} et proches de 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ sur une année peuvent être observées sur quelques stations des plus grandes agglomérations.

Depuis le 1^{er} janvier 2005, les valeurs limites européenne de 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur une journée et de 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ sur l'année pour les PM_{10} sont en pleine application sans marge de tolérance et plusieurs grandes agglomérations françaises présentent toujours des dépassements de ces valeurs. Cette situation a mis la France en précontentieux puis contentieux européen.

Réalisation d'une évaluation des risques sur la santé

Les Études Quantitatives des Risques Sanitaires (EQRS) sont réalisées dans une approche prospective pour estimer les impacts résultant de projets d'infrastructures routières. Ces données permettent d'informer la population des risques potentiels sur la santé.

L'absence de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour les particules ne permet pas de réaliser une évaluation des risques sur la santé liés aux émissions de particules issues des infrastructures routières. Cependant, la construction de VTR est possible. En effet, il existe de nombreuses études épidémiologiques concernant la pollution atmosphérique urbaine et l'exposition de la population aux particules PM_{10} et $PM_{2,5}$. Par ailleurs, les effets sanitaires mis en évidence sont importants : baisse de la qualité de vie,

hausse des hospitalisations (pathologies respiratoires et cardio-vasculaires), hausse de la mortalité (toutes causes et spécifique respiratoire et cardio-vasculaire), baisse de l'espérance de vie [Anderson, 2004 ; OMS, 2005a ; Katsouyanni, 2009 ; Samoli, 2008 ; Larrieu, 2007 ; Ballester, 2006 ; Stafoggia, 2009 ; Pope, 2004 ; Tobias, 2011]. Néanmoins, il existe peu d'études à proximité des grands axes routiers. Les résultats actuels mettent néanmoins en évidence une relation possible entre l'exposition à la pollution issue du trafic et différents événements sanitaires : mortalité, développement et exacerbation de pathologies cardio-vasculaires et respiratoires... [Samet, 2007 ; Brugge, 2007 ; HEI, 2010 ; OMS, 2005b].

Conclusions

Compte tenu de l'enjeu de santé publique qu'elles représentent, les particules sont à prendre en compte dans les études d'impact pour des expositions aiguës et chroniques. Les particules diesel en tant que telles n'ont pas été distinguées dans le cadre de ces travaux et sont considérées implicitement dans les particules. Par ailleurs, certaines espèces présentes dans les particules diesel (HAP, dioxines et furanes) ont été identifiées comme devant être incluses dans les études d'impact.

L'absence de VTR ne permettant pas d'inclure les particules dans une évaluation quantitative des risques sanitaires, plusieurs approches ont été proposées pour l'intégration de ces polluants dans les études d'impact :

- Comparaison des niveaux observés et des niveaux prévus après mise en place du projet d'infrastructure aux valeurs guides de l'OMS (sur 24 heures : 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les PM_{10} ; sur le long terme : 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les $PM_{2,5}$ et 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les PM_{10}). Ces valeurs guides pour les PM sont estimées comme étant les niveaux au delà desquels il a été observé une relation statistiquement significative entre pollution et mortalité totale, cardio-vasculaire et par cancer du poumon. Cela ne signifie pas par ailleurs qu'il n'y a pas d'effet en deçà de ces valeurs guides. Une comparaison avec les valeurs réglementaires pourrait être faite en accompagnement.
- Contribution limitée à un pourcentage (par exemple 3 %) des valeurs guides de l'OMS ou des valeurs réglementaires (approche suivie dans certains pays européens).
- Réalisation à terme d'évaluation des risques sanitaires dès lors que des VTR pour l'exposition aiguë et chronique aux particules (PM_{10} et $PM_{2,5}$) seront disponibles.

Références

- Anses. Sélection des polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières. Saisine n° 2010-SA-0283 « Infrastructures routières » ; Rapport d'expertise collective ; Comité d'experts spécialisés « évaluation des risques liés aux milieux aériens » ; Groupe de travail « Infrastructures routières ». 2012 : 185 p.
- Anderson HR, Atkinson R, Peacock JL, *et al.* Meta-analysis of time series studies of particulate matter (PM) and ozone (O₃). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe ; 2004 : 80 p. [consulté le 28/09/2011]. Disponible à partir de l'URL : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/74731/e82792.pdf
- Ballester F, Rodriguez P, Iniguez C *et al.* Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS project. *J. Epidemiol. Community Health* 2006 ; 60(4) : 328-36.
- Brugge D, Durant JL, Rioux C. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: a review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environ Health* 2007 ; 6 : 23.
- Cassadou S, Nicoulet I., Noppe J. *et al.* Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières. Rapport du groupe de travail, 2004 ; 78 p. + 174 p. d'annexe.
- Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR *et al.* Air pollution and health: a European and North American approach (APHENA), *Res Rep Health Eff Inst* 2009 ; 142 : 5-90.
- Larrieu S, Jusot JF, Blanchard M *et al.* Short term effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular diseases in eight French cities: the PSAS program, *Sci Total Environ.* 2007 ; 387 (1-3) : 105-12.
- OMS, Organisation Mondiale de la Santé – World Health Organisation. Health effects of transport-related air pollution. Copenhagen: WHO-Regional Office for Europe ; 2005b : 205 p.
- Pope CA, Burnett RT, Thurston GD *et al.* Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004 ; 109 (1) : 71-7.
- Samoli E, Peng R, Ramsay T *et al.* Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study, *Environ Health Perspect* 2008 ; 116 (11) : 1480-6.
- Samet JM. Traffic, air pollution, and health. *Inhal Toxicol* 2007 ; 19(12) : 1021-7.
- Stafoggia M, Faustini A, Rognoni M *et al.* Air pollution and mortality in ten Italian cities. Results of the EpiAir Project. *Epidemiol Prev.* 2009 ; 33 (6) Suppl 1 : 65-76.
- Tobias A, Perez L, Diaz J *et al.* Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: a case-crossover analysis in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* 2011 ; 412-413 : 386-9.

