

Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale

Olivier Chanel¹

CNRS, AMSE-GREQAM et IDEP, Marseille, France

SYNTHESE - Ne pas diffuser avant le 11/12/2017

Introduction

Les impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale ont été estimés par Santé publique France (Pascal et al., 2016a, 2016b) dans le cadre d'une Evaluation Quantitative d'Impacts Sanitaires (EQIS) publiée en juin 2016. Cette EQIS a produit des résultats en termes de nombre de décès prématurés évités et de nombre total d'années de vie gagnées, pour divers scénarios de réduction de la pollution particulaire.

A partir des résultats de cette EQIS, une évaluation économique a pu être réalisée par l'Aix Marseille School of Economics (AMSE)-GREQAM, laboratoire d'Aix-Marseille Université (AMU). Elle nécessite de choisir une Valeur d'Evitement d'un décès (VED²) et une Valeur d'Année de Vie (VAV), en accord avec la procédure d'évaluation standard (ExternE, 1999; New-Ext, 2004; Café, 2005; ou Aphekom, 2011).³ Nous présentons les scénarios et les évaluations monétaires obtenues, avant de les mettre en perspective.

Méthode

¹ Adresse : AMSE-GREQAM 5 boulevard Maurice Bourdet CS50498 13205 Marseille cedex 01, Courriel: olivier.chanel@univ-amu.fr. L'auteur remercie Sylvia Médina et Mathilde Pascal (Santé publique France) ainsi que Simone Schucht (INERIS) et Luc Baumstark (CGI) pour des échanges fructueux lors de la réalisation de ce document. Ce document étant de nature économique, aucune opinion sur les choix méthodologiques sous-tendant les calculs des données sanitaires ou sur les scénarios à privilégier ne sera formulée. Il n'engage par ailleurs que son auteur, qui l'a réalisé dans le cadre de la convention de collaboration n° 17DSEA004-0.

² La terminologie la plus courante est Valeur d'une Vie Statistique (VVS). Toutefois, nous lui préférons VED, en accord avec Desaignes et al. (2011) qui explique dans sa note de bas de page 1 que « la terminologie traditionnelle VVS est malheureuse, car elle tend à provoquer des réactions hostiles de la part des non-économistes. Toutefois, le concept est mieux accepté par le public s'il est présenté comme un consentement à payer pour éviter un décès prématuré anonyme, c'est à dire une VED » (notre traduction).

³ L'utilisation d'un indicateur prenant en compte la qualité des années de vie (QALY, quality adjusted life years) n'est pas considérée ici pour deux raisons. D'une part, la connaissance de la qualité de vie au décès n'est pas connue et demanderait des hypothèses fortes pour être établie. D'autre part, ces indicateurs sont encore peu utilisés dans la pratique et ne font pas l'objet d'un consensus scientifique international (voir Cerema, 2016).

Il est toujours délicat de donner une valeur économique à la mortalité, mais il s'agit pourtant d'un préalable difficilement contournable quand on cherche à évaluer l'impact économique des politiques publiques. En France, les valeurs officielles pour l'évaluation économique de la mortalité dans les projets publics, n'ont cessé d'évoluer méthodologiquement et de croître (hors inflation) depuis 30 ans, influençant celles retenues pour l'évaluation monétaire des EQIS.

La version la plus récente du document guidant l'évaluation socioéconomique des investissements publics (Quinet, 2013) s'est appuyée sur les derniers travaux empiriques et théoriques pour proposer une seule valeur de référence pour la VED - quel que soit le domaine d'application et le motif de décès - fondée sur la méthode des préférences déclarées. Cette méthode s'appuie sur des enquêtes auprès de la population, au cours desquelles elle recueille le consentement à payer (CAP) pour diminuer la probabilité de décès sur la base de scénarios hypothétiques, et en dérive une VED ou une VAV, qui représente donc des pertes de bien-être collectif. Elle est de plus en plus utilisée en particulier par les agences européennes, et a fait l'objet d'un ensemble de travaux récents sous l'égide de l'OCDE (Lindhjem et al., 2010, 2011; Navrud et Lindhjem, 2011; OCDE, 2012) fondé sur une méta-analyse de 856 évaluations de la VED à travers le monde reposant sur 76 études. Leurs résultats ont été très favorablement accueillis et largement utilisés par les instances nationales et supranationales en charge de la valorisation en santé-environnement. Arrondissant la fourchette de 3 à 3,3 millions € préconisée par ces rapports, le rapport Quinet (2013) propose la valeur de 3 millions €₂₀₁₀, qui, même si elle ne constitue pas une valeur tutélaire, est reprise dans le cadre législatif et réglementaire français chargé de l'encadrement normatif de l'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport. Ainsi, l'IGF (2016) et l'instruction gouvernementale dite « Instruction Royal (2014) » préconisent d'utiliser cette valeur de 3 millions €, qui a de surcroît été retenue par la Banque Mondiale (World Bank - IHME, 2016) et l'OMS-OCDE (WHO-OECD 2015) pour l'évaluation des effets sanitaires de la pollution atmosphérique.

C'est donc, par souci de cohérence, cette valeur de 3 millions d'euros que nous retiendrons comme valeur centrale de la VED dans l'évaluation monétaire.

Pour le choix d'une VAV, nous retenons comme valeur inférieure le résultat du programme New Energy Externalities Developments for Sustainability (Desaigues et al., 2011) réalisé sur neuf pays européens, soit 43 500 €₂₀₀₈ pour l'Europe des 15 et la Suisse, et comme valeur supérieure, celle proposée dans Quinet (2013), soit 115 000 €₂₀₁₀.

Ceci nous amène à retenir comme valeur centrale de la VAV 80 000 €, moyenne arithmétique arrondie des valeurs inférieure et supérieure décrites ci-dessus.

L'évaluation économique des effets de l'exposition à la pollution atmosphérique sur la santé doit tenir compte des incertitudes cumulées provenant principalement de la modélisation de l'exposition de la population, de l'épidémiologie (les fonctions concentrations-risques ou risques relatifs retenues) et du choix des valeurs économiques. Les EQIS sur la mortalité (en termes de décès prématurés évitables et d'années de vie gagnées) utilisent les estimations centrales ainsi que les intervalles de confiance à 95%, tels que proposés dans Pascal et al. (2016a, 2016b).

L'évaluation économique ne présentera que les évaluations correspondant aux VED et VAV centrales. Ces valeurs véhiculant une part de subjectif, la valorisation économique des données sanitaires pourrait se faire avec des valeurs différentes. Nous recommandons

toutefois de les choisir, pour la VAV, comprises entre sa borne inférieure et supérieure (43 500 € – 115 000 €), ou pour la VED, par l'application d'un facteur équivalent à sa valeur centrale (soit entre 2 et 4 millions €).

Résultats pour la France continentale

L'impact de la mortalité a été évalué de deux façons (cf. Pascal et al., 2016a), pour chacune des 36 219 communes de France continentale. D'une part, comme un nombre de décès prématurés évités, c'est à dire l'écart entre le nombre de décès observés au niveau de pollution actuel et le nombre de décès attendus au niveau de pollution proposé par le scénario. D'autre part, comme un nombre total d'années de vie gagnées, c'est à dire le produit du gain en espérance de vie à 30 ans par le nombre de personnes de 30 ans concernées. Les communes ont été réparties selon 4 classes d'urbanisation : rurales (moins de 2 000 habitants), unités urbaines de 2 000 à 20 000 habitants, de 20 000 à 100 000 habitants, et de plus de 100 000 habitants.

Cinq scénarios de réduction ont été évalués :

- **le premier scénario, dit « sans pollution anthropique »**, donne une idée de l'impact total des activités humaines sur les concentrations de $PM_{2.5}$ et sur la mortalité en France continentale. Il évalue l'impact annuel d'une situation dans laquelle toutes les communes françaises atteindraient les niveaux de $PM_{2.5}$ observés dans les communes françaises les moins polluées (percentile 5 de la distribution des concentrations de $PM_{2.5}$ dans les communes rurales, en moyenne $4,9 \mu g/m^3$). Ce scénario est intéressant à des fins de comparaison avec d'autres enjeux de santé publique, mais présente moins d'intérêt pour éclairer le décideur public sur les mesures à mettre en œuvre, puisqu'irréalisable sauf à supprimer la pollution transfrontalière et pratiquement toute activité anthropique.

Pour estimer les bénéfices attendus d'une amélioration de la qualité de l'air en France, quatre autres scénarios de baisse des concentrations de particules fines $PM_{2.5}$ en France continentale ont été étudiés :

- **le scénario dit « communes équivalentes les moins polluées »**, qui évalue l'impact annuel sur la mortalité d'une situation dans laquelle toutes les communes atteindraient les niveaux de $PM_{2.5}$ observés dans les 5 % des communes les moins polluées de la même classe d'urbanisation. Ce scénario correspond en moyenne à une baisse de $5 \mu g/m^3$ dans les communes concernées.

- **le scénario dit « OMS »**, qui évalue l'impact annuel sur la mortalité d'une situation dans laquelle aucune des communes françaises ne dépasserait la valeur guide de l'OMS ($10 \mu g/m^3$ en moyenne annuelle pour les $PM_{2.5}$). Il s'agit d'un scénario réaliste qui peut être facilement comparé à de nombreuses études internationales qui retiennent également cette valeur.

- **le scénario dit « Grenelle »**, qui évalue l'impact annuel sur la mortalité d'une situation dans laquelle aucune des communes françaises ne dépasserait la valeur cible du Grenelle de l'environnement ($15 \mu g/m^3$ en moyenne annuelle pour les $PM_{2.5}$, une valeur moins élevée que celle du scénario « OMS »).

- **le scénario dit « Directive européenne »**, qui évalue l'impact annuel sur la mortalité d'une situation dans laquelle aucune des communes françaises ne dépasserait les valeurs réglementaires européennes de $20 \mu g/m^3$ (valeur cible 2020) en moyenne annuelle pour les $PM_{2.5}$. Il concerne essentiellement les quelques communes françaises dont la concentration

moyenne annuelle dépasse cette valeur.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats pour les 5 scénarios évalués et les deux mesures des effets sanitaires de la pollution aux particules fines sur la mortalité (voir dans Chanel, 2017, les valeurs par classe d'urbanisation et pour chacune des douze régions françaises). Les évaluations monétaires sont d'autant plus importantes que le scénario propose une diminution importante de la concentration en PM_{2,5}.

Tableau 1. Evaluations quantitatives d'impact sanitaire (EQIS) et évaluations monétaires France entière par scénario et méthode de mesure des effets sanitaires (en millions € par an)

Scénarios	Mesure des effets sanitaires		Décès évitables		Années de vie gagnées	
	EQIS	Evaluation monétaire	EQIS	Evaluation monétaire	EQIS	Evaluation monétaire
« Sans pollution anthropique »	48 283 (17 527 - 74 426)	144 849 (52 582 - 223 279)	951 827 (329 277 - 1 534 634)	76 146 (26 342 - 122 771)		
« Communes équivalentes les moins polluées »	34 517 (12 401 - 53 696)	103 552 (37 204 - 161 089)	648 823 (225 170 - 1 042 258)	51 906 (18 014 - 83 381)		
« OMS »	17 712 (6 339 - 27 647)	53 135 (19 018 - 82 941)	401 858 (139 470 - 645 434)	32 149 (11 158 - 51 635)		
« Grenelle »	3 094 (1 095 - 4 881)	9 283 (3 284 - 14 644)	84 395 (29 371 - 135 147)	6 752 (2 350 - 10 812)		
« Directive européenne »	11 (4 - 17)	33 (11 - 52)	159 (55-254)	13 (4 - 20)		

Source : Chanel (2017) sur la base de données sanitaires fournies par SpF. Les chiffres entre parenthèses sont établis à partir des intervalles de confiance à 95% des données sanitaires.

Conclusion

Il est difficile de comparer directement les évaluations monétaires obtenues avec celles disponibles dans la littérature, car elles dépendent de la méthodologie retenue (calcul des valeurs d'exposition, pollution intérieure ou ambiante), des expositions mesurées (choix des indicateurs de pollution, facteur de conversion retenu), de choix épidémiologiques (risque relatif, scénario de référence), et du choix des valeurs monétaires. Nous pouvons toutefois comparer le scénario « OMS » exprimé en termes de décès (53 milliards d'euros par an) avec trois études récentes, et constater qu'il conduit à un ordre de grandeur comparable. Sénat (2015), sur la base de l'étude CAFE (2005), évalue les effets sanitaires de l'ozone, des PM₁₀ et des PM_{2,5} entre 68 et 97 milliards € annuels en France, dont 90% pour la mortalité. WHO - OECD (2015) évalue les décès prématurés en raison de la pollution particulaire en 2010 à environ 48 milliards € par an. Enfin, World Bank – IHME (2016) estime les effets sanitaires associés à la pollution de l'air (particules et ozone) en France à 82 milliards \$ (soit environ 52 milliards € 2008), dont plus de 95% du fait de l'exposition aux PM_{2,5} dans l'air ambiant, le reste étant dû à l'ozone et aux PM_{2,5} dans l'air intérieur.

Notons que seule la mortalité associée aux PM_{2,5} est évaluée dans ce document, mais que la

morbidité est susceptible d'avoir un impact important, en particulier du fait des affections chroniques respiratoires (asthme, broncho-pneumopathies obstructives chroniques) ou cardiovasculaires. L'évaluation de la morbidité relevant essentiellement de la sphère marchande, à la différence de celle de la mortalité, les fonctionnements du système de soins et du marché du travail seront directement affectés.

Après l'EQIS publiée en juin 2016, cette évaluation monétaire apporte un argument supplémentaire sur le besoin de réduire l'exposition des populations à la pollution de l'air ambiant en France. La prochaine étape consistera à proposer des évaluations d'actions visant à réduire les niveaux de pollution, et appellera donc à une réflexion sur les choix sociétaux actuels en matière d'aménagement du territoire et de mode de production. Les comportements individuels, notamment en matière de transport, sont tributaires de l'offre existante, donc des réglementations, mais ils sont également très sensibles à la tarification et à la fiscalité. Avec le processus continu de décentralisation et de transfert des compétences relatives au transport et au logement vers les collectivités territoriales, ces dernières devraient être amenées à prendre une part croissante dans la lutte contre la pollution atmosphérique. Des agglomérations s'engagent déjà au niveau mondial à agir sur les transports afin de lutter contre le dérèglement climatique, avec des répercussions positives possibles pour la qualité de l'air, et des villes françaises s'impliquent fortement dans des politiques de réduction de la pollution atmosphérique.

Recommandations méthodologiques

1) Cette valorisation économique repose sur l'expression d'un consentement à payer déclaré pour diminuer la probabilité de décès et représente des pertes de bien-être collectif, incluant des composantes non marchandes. Dès lors, **nous déconseillons la comparaison directe des évaluations monétaires obtenues dans cette étude avec des composantes uniquement marchandes**, tel le Produit Intérieur Brut - PIB.

2) **Les évaluations monétaires de cette étude ne peuvent être comparées directement à des coûts de mise en œuvre de politiques de réduction de la pollution atmosphérique**, sauf à leur appliquer un coefficient d'environ 0,7 quand l'évaluation repose sur la VED, ou 0,5 quand elle repose sur la VAV (voir détails dans Chanel et al., 2006). En effet, l'approche retenue par Pascal et al. (2016a, 2016b) est dite contrefactuelle : elle évalue les effets sur la mortalité correspondant à deux niveaux de pollution atmosphérique (le niveau actuel et celui du scénario considéré) et les calcule comme la différence entre ces deux niveaux d'exposition, toutes choses égales par ailleurs. L'évaluation économique menée sur cette base ne prend pas en compte le délai nécessaire entre la réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique et l'obtention de l'intégralité des bénéfices sanitaires attendus. En effet, une réduction de l'exposition chronique ne sera ni immédiate, ni ne produira instantanément l'ensemble des effets sanitaires associés, en raison de leurs propriétés cumulatives. L'approche appropriée pour l'analyse économique, dite du « bénéfice marginal », devrait évaluer l'impact sur les flux de mortalité du passage progressif du niveau actuel de pollution atmosphérique à celui du scénario considéré jusqu'à sa situation d'équilibre, lorsque toute la population aura uniquement été exposée à ce niveau.

3) Les valeurs proposées pour la VED et la VAV dans le rapport Quinet (2013) ne prennent en compte aucun ajustement pour l'âge de décès, le type de risque ou la qualité de vie. Toutefois, la littérature a montré que la VED et la VAV dépendaient du contexte dans lequel survenait le décès : la nature et le niveau du risque sous-jacent, l'âge, la qualité de vie et l'état de santé au décès (cf. Chestnut et De Civita, 2009; OCDE, 2012; Rabl et al., 2014; Narain et Sall, 2016). Puisque le contexte du risque de mortalité sous-jacent est un facteur pertinent

expliquant l'ampleur de ces valeurs, «l'évaluation précise nécessite l'utilisation de valeurs spécifiques à un scénario» (Hammitt, 2007). **Idéalement, les évaluations de la VED et de la VAV devraient donc être spécifiques au contexte de la pollution atmosphérique**, ce qui n'est pas le cas pour l'instant du fait de la rareté des études portant sur le risque de décès associé.

Références

- Aphekom (2011). Guidelines on monetary cost calculations related to air pollution health impacts, Deliverable D6, par Chanel O., Mai, 45 p.
- Café (2005). *Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE*: volume 3: Uncertainty in the CAFE CBA. Report ED51014 AEA Technology Environment Report, Oxon, par Holland, M., Hurley, F., Hunt, A., et al.
- Cerema (2016), *Indicateur QALY et évaluation des projets de transport. Revue de la littérature*, Direction territoriale Sud-Ouest du Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, 46 p.
- Chanel O. (2017), *Evaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale - Rapport*, Miméo AMSE, 54 p., https://www.amse-aixmarseille.fr/sites/default/files/actu/rapport_evaluation_economique_eqis_france_2016.pdf
- Chanel O., Scapecchi P., Vergnaud J.-C. (2006), How to correctly assess mortality benefits in public policies. *Journal of Environmental Planning and Management* 49(5), 759-776.
- Chestnut L. and De Civita P. (2009), Economic Valuation of Mortality Risk Reduction, report available at <http://www.policyresearch.gc.ca/doclib/2009-0012-eng.pdf>.
- Desaigues B., Ami D., Bartczak A., Braun-Kohlová M., Chilton S., Czajkowski M., Farreras V., Hunt A., Hutchison M., Jeanrenaud C., Kaderjak P., Máca V., Markiewicz O., Markowska A., Metcalf H., Navrud S., Seested Nielsen J., Ortiz R., Pellegrini S., Rabl A., Riera P., Scasny M., Stoeckel M.-E., Szántó R., Urban J. (2011). Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological Indicators* 11, 902–10.
- ExternE (1999). *Externalities of Energy, ExternE Project*, Report Number 7, Methodology: Update 1998. DGXII (JOULE Programme), Holland, M.R. and Forster, D. (eds.).
- Hammitt J. (2007). Valuing changes in mortality risk: lives saved versus life years saved. *Review of Environmental Economics and Policy* 1, 228-240.
- IGF (2016). *Évaluation des procédures d'évaluation socio-économique des projets d'investissements publics*, Inspection Générale des Finances, décembre, rapport établi par Charpin J.-M., Freppel C., Ruat L., 391 p.
- Instruction Royal (2014). *Instruction du gouvernement relative à l'évaluation des projets de transport*, 16 juin 2014.
- Lindhjem H., Navrud S., Braathen N.-A. (2010). *Valuing lives saved from environmental, transport and health policies: A meta-analysis of stated preference studies*, ENV/EPOC/WPNEP(2008)10/FINAL, 60 p.
- Lindhjem H., Navrud S., Braathen N.-A., Biaisque V. (2011). Valuing Mortality Risk Reductions from Environmental, Transport, and Health Policies: A Global Meta-Analysis of Stated Preference Studies. *Risk Analysis* 31(9), 1381–407.
- Narain U., Sall C. (2016). *Methodology for valuing the health impacts of air pollution: Discussion of challenges and proposed solutions*. Washington, DC: World Bank Group.
- Navrud S., Lindhjem H. (2011). *Valuing Mortality Risk Reductions in Regulatory Analysis of Environmental, Health and Transport Policies: Policy Implications*. ENV/EPOC/WPIIEP (2011)8/FINAL, June. <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/48279549.pdf>
- New-Ext (2004). *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), produced by IER (Institute for Energy Economics and the Rational Use of Energy) et al.
- OCDE (2012). *La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports*, Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264169623-fr>
- Pascal M., de Crouy Chanel P., Corso M., Medina S., Wagner V., Gorla S., et al. (2016a) 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, 158 p. Disponible à partir de : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Air-et-sante/Publications>
- Pascal M., de Crouy Chanel P., Wagner V., Corso M., Tillier C., Bentayeb M., Blanchard M., Cochet A., Pascal L., Host S., Gorla S., Le Tertre A., Chatignoux E., Ung A., Beaudou P., Medina S. (2016b). The mortality impacts of fine particles in France. *Science of the Total Environment* 571, 416-25.
- Quinet E. (2013). *L'évaluation socioéconomique des investissements publics* Rapport de la mission présidée par Emile Quinet, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, septembre, 351p.
- Rabl A., Spadaro J., Holland M. (2014). *How much is Clean Air worth? Calculating the benefits of pollution control*. Cambridge University Press, 671 p.
- Sénat (2015) *Rapport de la commission d'enquête sur le coût économique et financier de la pollution de l'air*, juillet, Rapport n°610 Tome 1, 306 pages.
- WHO - OECD (2015). *Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation. (2016). *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Washington, DC: World Bank.