

# Les enjeux économiques et les coûts de la pollution de l'air

Par Yves CROZET

Professeur émérite à Sciences-Po Lyon  
Laboratoire Aménagement Économie Transports

La qualité de l'air ne cesse de s'améliorer à Paris, pourtant, en 2018, l'agglomération parisienne a connu six épisodes, étalés parfois sur plusieurs jours, de dépassement des seuils autorisés de pollution. Cette apparente contradiction s'explique par un niveau d'exigence croissant, car on connaît de mieux en mieux les émissions et concentrations des différents types de polluants ainsi que leurs impacts sur la santé. Les données physiques de morbidité et de mortalité liées à la pollution de l'air sont ensuite transformées en données monétaires afin d'en établir les coûts. Il est sur cette base possible de suivre les recommandations des économistes afin d'internaliser les coûts externes, ceux qui ne sont pas pris en compte spontanément par les acteurs économiques. Cette internalisation prend plusieurs formes. La plus courante est celle de la réglementation, avec par exemple les zones à faibles émissions (ZFE). La plus efficace est pourtant celle de la tarification qui, du fait même de son efficacité, se heurte à de multiples oppositions.

**E**n février 2017, la Commission européenne a adressé un dernier avertissement avant saisine de la Cour de justice européenne à plusieurs pays membres, dont la France, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et le Royaume-Uni. Tous sont accusés de dépasser trop souvent, dans leurs grandes villes, les seuils maximaux de pollution de l'air, notamment pour le monoxyde d'azote (NOx) et les particules. La Commission a rappelé que « 400 000 citoyens meurent prématurément chaque année dans l'Union européenne à cause de la mauvaise qualité de l'air ». En France, une étude a estimé à 48 000 les décès prématurés dus chaque année aux seules particules fines. L'Union européenne a pointé du doigt en France dix-neuf zones urbaines concernées par les dépassements, dont Paris, Grenoble, Lyon et Marseille.

Nous pourrions en déduire que la pollution de l'air dans les villes ne cesse de croître, comme le rappellent les alertes à la pollution, qui se sont multipliées ces dernières années. Une telle affirmation est pourtant fautive, les émissions et concentrations des divers polluants diminuent tendanciellement depuis plusieurs années. Pourtant, malgré cette baisse, les coûts de la pollution de l'air augmentent. Ce paradoxe doit être analysé, ce que nous ferons dans une première partie en présentant la façon dont sont évalués les coûts de la pollution de l'air. Puis, nous nous pencherons sur les outils disponibles pour réduire ces coûts, les internaliser pour reprendre le vocabulaire des économistes.

## Pollution de l'air : une baisse tendancielle, mais des coûts allant croissants

Il existe en France un inventaire permanent des émissions de polluants. Il est réalisé depuis plusieurs années par le

CITEPA, dont le site Internet fournit de nombreuses informations que nous synthétisons ci-après. Mais les émissions ne disent pas tout du degré de pollution, il est aussi nécessaire de mesurer les concentrations, notamment en zones urbaines. Sur la base de ces données physiques, il est possible d'établir des valeurs monétaires pour connaître ce que la pollution coûte à la collectivité.

## La réduction tendancielle des émissions et des concentrations

Le Tableau 1 de la page suivante indique comment ont évolué en France, depuis 1990, les émissions de divers polluants rapportées au nombre d'habitants. Ce premier inventaire s'intéresse à la pollution chimique et aux facteurs d'eutrophisation et d'acidification : dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), monoxyde d'azote (NOx), NH<sub>3</sub>, Aeq, composés organiques (CO) et composés organiques volatils (COVNM). Il montre que les émissions, après avoir progressé dans les années 1960 et 1970, ont ensuite diminué, plus ou moins rapidement selon les polluants. La réduction la plus spectaculaire concerne le dioxyde de soufre, alors que les quantités de monoxyde d'azote ne diminuent que faiblement. Elles sont aujourd'hui, avec les particules, la principale source de pollution dans les zones urbaines ou dans des sites encaissés comme la vallée de l'Arve (département de la Haute-Savoie).

Le Tableau 2 de la page suivante indique les évolutions pour les différentes catégories de particules (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub> et carbone suie). Là aussi, les baisses sont significatives depuis le début des années 1990, mais cela n'empêche pas les alertes à la pollution dues à des concentrations trop élevées dans certaines configurations climatiques (chaleur, hautes pressions, absence de vent...).

source CITEPA / format SECTEN - avril 2019

CITEPA-indicateurs-d'aeq\_hab.xls

Année	SO <sub>2</sub> kg / hab	NOx kg / hab	NH <sub>3</sub> kg / hab	Aeq (*) kg / hab	COVNM kg / hab	CO kg / hab
1960	39,5	19	-	-	-	179
1965	46,0	24	-	-	-	201
1970	53,7	30	-	-	-	238
1975	58,6	34	-	-	-	263
1980	59,2	38	11,8	3,4	-	241
1985	27,5	34	11,9	2,3	-	211
1990	22,6	35	11,5	2,1	44	181
1995	16,6	31	10,9	1,8	40	155
2000	10,6	27	10,9	1,6	31	110
2001	9,5	27	10,8	1,5	29	103
2002	8,8	26	10,4	1,4	27	99
2003	8,3	25	10,2	1,4	26	93
2004	7,9	24	10,0	1,4	24	94
2005	7,5	23	9,9	1,3	22	86
2006	7,0	22	9,6	1,3	21	76
2007	6,7	21	9,7	1,2	19	73
2008	5,7	19	9,8	1,2	17	69
2009	4,7	17	9,6	1,1	15	61
2010	4,4	17	9,6	1,1	14	67
2011	4,0	16	9,4	1,0	13	56
2012	3,7	16	9,4	1,0	13	50
2013	3,3	15	9,3	1,0	12	51
2014	2,7	14	9,4	0,9	11	43
2015	2,5	14	9,4	0,9	11	42
2016	2,2	13	9,4	0,9	10	42
2017	2,2	12	9,3	0,9	10	42
2018 (e)	2,1	12	9,3	0,9	10	40

Tableau 1 : Émissions dans l'air des différents polluants en France métropolitaine (émissions rapportées au nombre d'habitants).

source CITEPA / format SECTEN - avril 2019

CITEPA-indicateurs-d'pm\_hab.xlsx

Année	TSP kg / hab	PM <sub>10</sub> kg / hab	PM <sub>2,5</sub> kg / hab	PM <sub>1,0</sub> kg / hab	Carbone suie kg / hab
1990	22	9,8	7,6	6,4	1,3
1995	20	9,1	7,1	6,0	1,4
2000	18	7,4	5,6	4,6	1,1
2001	18	7,1	5,3	4,4	1,1
2002	17	6,7	4,9	4,0	1,1
2003	18	6,6	4,9	4,0	1,1
2004	17	6,4	4,6	3,7	1,0
2005	16	5,9	4,2	3,4	0,9
2006	15	5,4	3,8	3,0	0,9
2007	15	5,2	3,6	2,8	0,8
2008	15	5,0	3,5	2,7	0,8
2009	14	4,7	3,3	2,6	0,8
2010	14	4,9	3,4	2,7	0,8
2011	14	4,4	3,0	2,3	0,7
2012	14	4,5	3,0	2,3	0,6
2013	14	4,5	3,0	2,3	0,6
2014	13	4,0	2,6	1,9	0,5
2015	13	4,0	2,6	1,9	0,5
2016	13	4,0	2,6	1,9	0,5
2017	13	3,9	2,5	1,8	0,4
2018 (e)	13	3,8	2,4	1,7	0,4

Tableau 2 : Émissions dans l'air de particules en France métropolitaine (rapportées au nombre d'habitants).

La Figure 1 ci-après illustre la relation fragile existant entre émissions et concentrations. Ces dernières diminuent, mais faiblement, notamment en ce qui concerne le dioxyde d'azote et les particules. Or, elles sont les principales responsables des problèmes de santé repérés lors des pics de pollution, notamment les cas de bronchiolite qui touchent souvent les jeunes enfants. Ces particules ne viennent pas que des carburants fossiles. L'usure des pneus, des plaquettes de freins et des disques d'embrayage sont aussi des sources importantes d'émissions de particules. Pour cette raison, leur concentration est également forte dans les couloirs du métro. Rappelons qu'une partie seulement des particules provient de la circulation des véhicules, la majorité des particules sont issues de l'industrie et aussi du chauffage des habitations. Il a ainsi été montré que dans la vallée de l'Arve, le chauffage au bois était en partie responsable des pics de pollution aux particules. Mais il s'agit alors des particules les plus lourdes. Les plus fines sont émises par la circulation routière, notamment par les véhicules diesel.

Ainsi, malgré la forte réduction des émissions de polluants atmosphériques, la qualité de l'air reste un problème important, notamment en zone urbaine. Il est nécessaire d'en connaître les coûts. Nous le ferons en nous concen-

trant sur les coûts engendrés par les transports de personnes et de marchandises.

### Les coûts de la pollution de l'air

S'il est nécessaire d'évaluer les coûts de la pollution, c'est pour les comparer aux avantages que procurent les activités à l'origine de la pollution, laquelle ne tombe pas du ciel, mais est produite, notamment, par les systèmes de transport. Il est essentiel de comprendre que le **niveau optimal de pollution n'est pas le niveau zéro**, mais celui auquel les coûts environnementaux sont équivalents aux avantages que procure l'activité à l'origine de la pollution. Évidemment, personne ne connaît précisément ce point d'équilibre entre les coûts et les avantages. L'objectif de l'évaluation des coûts externes, ceux qui ne sont pas pris en compte par les acteurs économiques, est justement d'arriver, par tâtonnement, à s'approcher de ce point d'équilibre en réduisant progressivement les nuisances.

Pour cela, il est nécessaire de trouver un instrument de mesure commun aux coûts et aux avantages. Comme ces derniers sont connus en termes monétaires, les coûts environnementaux doivent aussi se voir attribuer une valeur monétaire. Dans le champ de la pollution, cela est réalisé

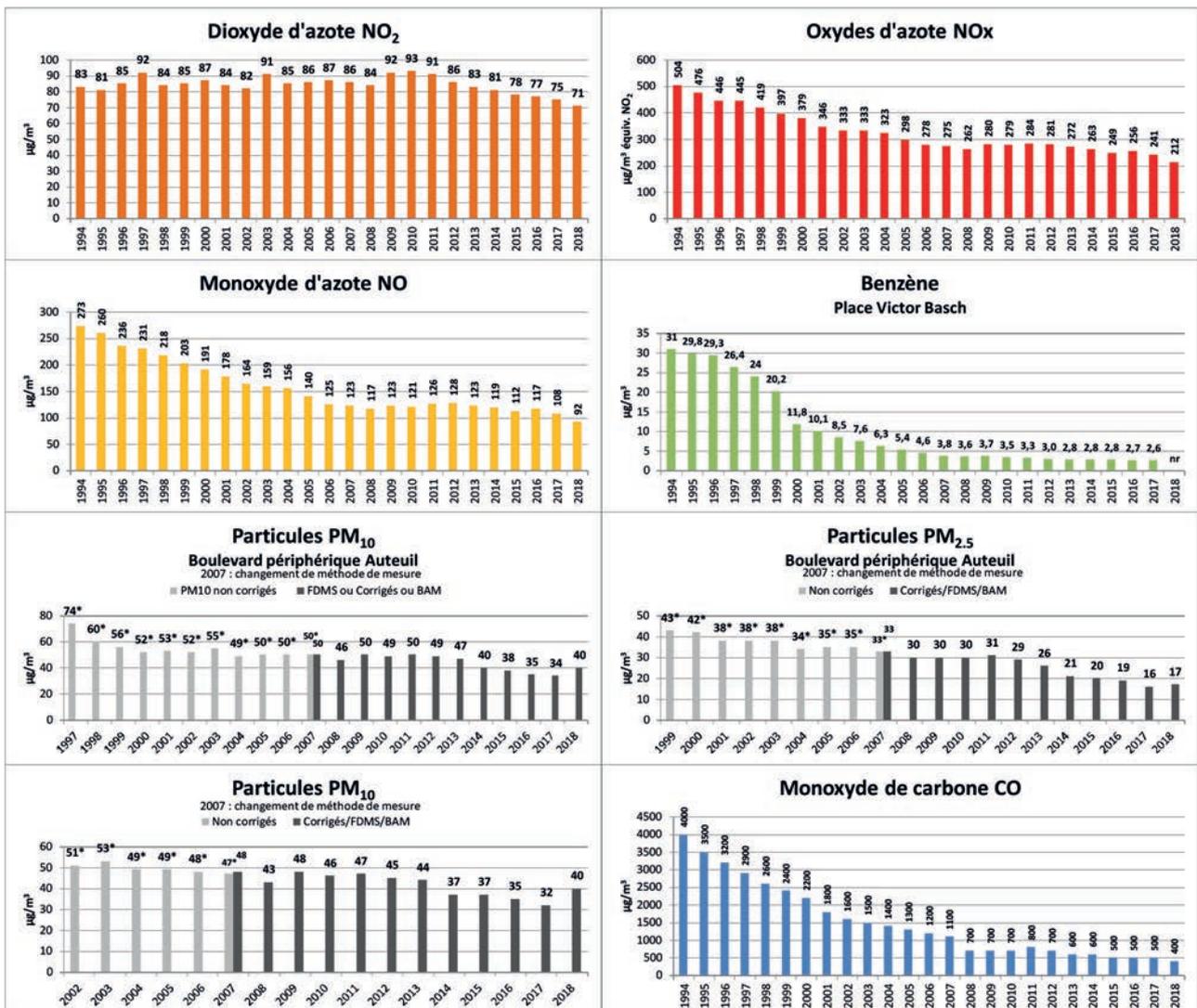


Figure 1 : Évolution des concentrations de polluants en divers points de Paris (Source : Airparif).

en établissant, sur la base de multiples études de cas, des fonctions dose-réponse. Avec telle concentration de polluants, quels types et quels degrés de morbidité et de mortalité peut-on observer ? Les pertes sociales liées aux décès ou à la maladie sont ensuite calculées en se fondant sur la valeur donnée par la société à la vie humaine (VVS, valeur de la vie statistique). Cela peut surprendre, mais l'on peut, et même on doit donner une valeur à ce qui n'a pas de prix : la vie. Non pas pour dire ce que vaut la vie, mais pour définir la somme que la collectivité est prête à dépenser pour racheter un mort à la fatalité. Or, cette somme n'est pas infinie et elle n'est pas nulle non plus. En France, elle a été fixée en 2013 à 3 millions d'euros.

Ce niveau a été estimé sur la base d'enquêtes de « préférences déclarées ». Concrètement, des personnes doivent répondre à des questionnaires très élaborés qui les conduisent par un lent processus à révéler ce qu'elles seraient prêtes à payer, en plus des impôts ou des assurances déjà en place, pour réduire d'un certain pourcentage l'insécurité routière ou la survenue de telle ou telle pathologie, la bronchiolite de leur enfant par exemple.

Une fois définie la valeur de la vie humaine, il est possible de définir ce que vaut une année de vie humaine (en anglais VOLY, *value of life year*) ou un trimestre. Une étude<sup>(1)</sup> de référence a recommandé une valeur moyenne de 50 000 euros que l'on retrouve dans une publication récente<sup>(2)</sup> très fouillée de l'Union européenne, qui actualise le « manuel européen » d'évaluation des coûts externes. On y découvre que le coût total pour l'Europe de la pollution de l'air liée aux transports routiers s'élève à 68,5 milliards d'euros. Un niveau inférieur aux coûts de l'insécurité routière (près de 250 milliards), mais équivalent à ceux du dérèglement climatique.

Mais le plus intéressant est de donner une valeur concrète à ces chiffres trop généraux. Pour cela, rapportons le coût total aux différents trafics. Le manuel européen nous indique ainsi que les coûts de la pollution atmosphérique s'élèvent à 1,9 centime d'euro par véhicule-km pour une voiture diesel contre 0,53 pour un véhicule essence et 9,38 pour un poids lourd. Des chiffres qui vont nous permettre de choisir quelle forme doit prendre l'internalisation.

## L'internalisation des coûts de la pollution de l'air

Les méthodes d'internalisation des coûts externes sont au nombre de quatre :

- La forme la plus simple est la réglementation qui peut aller jusqu'à l'interdiction. Il s'agit d'ici d'intervenir en amont de l'action des acteurs économiques en imposant des normes.
- Une deuxième méthode consiste à subventionner une activité jugée moins polluante qu'une autre. C'est le cas des transports en commun en zone urbaine, plus respectueux de l'environnement que l'automobile. Mais le

coût peut être très élevé pour les finances publiques.

- La troisième méthode n'a pas bonne presse. Il s'agit des taxes environnementales, appelées aussi taxes pigouviennes, du nom de l'économiste anglais Arthur C. Pigou (1877-1959), qui en a proposé le principe, il y a près de cent ans.
- La quatrième forme d'internalisation n'intervient sur les prix qu'indirectement, car son principal levier est l'action sur les quantités d'émissions. Il s'agit d'attribuer aux émetteurs des nuisances – lorsque celles-ci sont mesurables et leur source identifiable – un quota maximum d'émissions, tout en permettant aux acteurs d'échanger ces quotas sur un marché des permis négociables. C'est ce que l'Union européenne a mis en place pour les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) des grands sites industriels. Mais ce marché ne fonctionne pas très bien, du fait que les quotas initiaux ont été attribués trop généreusement.

Dans le cas de la pollution atmosphérique, nous allons nous pencher sur la première et la troisième méthodes, soit la réglementation et la tarification.

### L'internalisation par le biais de la réglementation

La réglementation en matière de pollution de l'air est ancienne. Il y a des décennies que des décrets ont fixé, par exemple, des normes précises pour les carburants. Ainsi, le plomb dans l'essence a été interdit il y a plus de trente ans, et le soufre a aussi pratiquement disparu de la plupart des carburants. Grâce à cela, certaines formes de pollution ont quasiment disparu en Europe. Dès 1988, l'Union européenne a imposé aux véhicules neufs des normes de plus en plus contraignantes. Ainsi, entre la norme Euro 0 (1990) et la norme Euro VI (2013), les émissions unitaires de polluants des moteurs des poids lourds ont été réduites de façon spectaculaire : division par 36 pour le monoxyde d'azote, par 7,5 pour le monoxyde de carbone, par 18,5 pour les hydrocarbures et par 36 pour les particules (voir le Tableau 3 de la page suivante). Cela s'est traduit par une réduction sensible des émissions totales de polluants. À l'échelle de la France, entre 1990 et 2015, les émissions du secteur des transports ont évolué de la façon suivante : monoxyde d'azote : – 60 % ; monoxyde de carbone : – 90 % ; dioxyde de soufre : – 88 % ; plomb : – 99 % ; particules : entre – 51 et – 66 % selon la taille<sup>(3)</sup>.

Le niveau des coûts externes est donc aujourd'hui très différent d'un véhicule à un autre, selon la catégorie dont il relève et de l'endroit où il circule. Par exemple, sur une autoroute en zone métropolitaine, une voiture diesel de norme Euro III engendre un coût de la pollution atmosphérique de 2,45 centimes d'euro par kilomètre parcouru alors qu'il est seulement de 0,76 centime pour un véhicule diesel de norme Euro VI. Mais s'il s'agit d'un véhicule essence de norme Euro VI, alors le coût est seulement de 0,12 centime.

Mais ces résultats ne doivent pas faire oublier le scandale dit du « dieselgate ». Grâce à des logiciels très perfectionnés utilisés au moment de l'homologation des

(1) DESAIGUES *et al.* (2011), "Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY)", *Ecological Indicators* 11, pp. 902-910.

(2) [https://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en)

(3) Source : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), <https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/secten#Evolution>

Normes	Textes de référence	Date de mise en application	NOx (g/kWh)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	Particules (g/kWh)
<b>Euro 0</b>	88/77	1 <sup>er</sup> octobre 1999	14,4	11,2	2,4	-
<b>Euro I</b>	91/542 (A)	1 <sup>er</sup> octobre 1993	9	4,9	1,23	0,36
<b>Euro II</b>	91/542 (B)	1 <sup>er</sup> octobre 1996	7	4	1,1	0,15
<b>Euro III</b>	1999/96	1 <sup>er</sup> octobre 2001	5	2,1	0,66	0,13
<b>Euro IV</b>	1999/96	1 <sup>er</sup> octobre 2006	3,5	1,5	0,46	0,02
<b>Euro V</b>	1999/96	1 <sup>er</sup> octobre 2009	2	1,5	0,46	0,02
<b>Euro VI</b>	Règlement (CE) n°595/2009	31 décembre 2013	0,4	1,5	0,13	0,01

Tableau 3 : Évolution des normes d'émission des véhicules lourds dans l'Union européenne.

NB : Ce tableau indique la valeur limite, en grammes par kilowatt-heure (g/kWh), des oxydes d'azote (NOx), du monoxyde de carbone (CO), des hydrocarbures (HC) et des particules (Source : ministère de la Transition écologique et solidaire).

véhicules, plusieurs constructeurs automobiles ont triché sur les émissions réelles de leurs automobiles. Et la pollution en zone urbaine reste souvent, dans beaucoup de pays – dont la France –, au-dessus des normes acceptables pour la santé de la population. De ce fait, d'autres réglementations sont mises en place, notamment des limitations ou des interdictions de circulation. De nombreuses villes européennes ont ainsi annoncé qu'elles souhaitaient bannir à terme les véhicules diesel.

En réponse aux rappels à l'ordre de l'Union européenne, plusieurs villes (Grenoble, Lille, Paris...) se sont orientées vers la création de zones à circulation restreinte (ZCR) appelées aussi zones à faibles émissions (ZFE) dans la loi d'orientation des mobilités (LOM), qui doit être votée en France en 2019. Dans ces zones, la circulation est limitée en volume et en vitesse. La circulation de certains véhicules y sera interdite en cas d'alerte, le niveau de pollution des automobiles étant désormais défini par un système de vignettes (Crit'Air) conduisant à classer chaque véhicule dans une catégorie (de 0 à 5) permettant ou non de circuler dans lesdites zones<sup>(4)</sup>. Il est important de signaler que ces vignettes et les décisions des collectivités relèvent de l'internalisation par la réglementation, mais que cette dernière tient compte des différences de coûts entre les véhicules que nous avons rappelées *supra*.

### L'internalisation des coûts de la pollution par le biais d'un péage urbain

La question que l'on peut se poser sur la réglementation est celle de son efficacité. Suffira-t-il d'interdire la circulation de la partie la plus ancienne du parc automobile, ou d'accélérer son renouvellement grâce à des subventions, pour obtenir les résultats souhaités ? Ne serait-il pas temps d'associer des mesures de taxation aux leviers habituels que sont la réglementation et les subventions à l'achat de véhicules électriques ? Tout se passe en effet comme si, en matière de pollution urbaine, nous nous trouvons en présence d'une certaine incohérence des politiques publiques. D'un côté, les élus tiennent des discours alarmistes sur les coûts de la pollution. De l'autre,

les mesures adoptées pour y faire face sont d'une grande timidité. Elles se cantonnent au domaine technique, alors que les outils économiques sont beaucoup plus puissants. C'est ce que montre l'expérience du péage urbain mis en place à Stockholm. Depuis qu'une tarification de la voirie urbaine y a été instaurée en 2006, la ville de Stockholm a vu le trafic automobile se réduire de 25 %, tout comme les émissions de polluants. Pourquoi cette expérience n'a-t-elle pas fait plus d'émules en Europe ?

L'analyse des expériences étrangères de péages urbains permet de conclure que ces mesures ont tout d'abord un effet significatif sur les niveaux de trafic. Que ce soit à Londres (- 16 %), à Milan (environ - 15 %), à Singapour (- 45 %) ou à Tokyo (- 10 %), leur introduction a ainsi été suivie d'une baisse non négligeable de la circulation (et parfois d'une modification du parc roulant en faveur de moteurs plus propres, comme à Stockholm). Même si les analyses environnementales ne sont pas systématiques, on constate ensuite que les péages urbains ont fréquemment un effet bénéfique sur la qualité de l'air (dans le cas de Milan, les émissions de NOx ont baissé de 11 % et celles de PM<sub>10</sub> de 14 %). D'une manière symétrique, la plupart des villes ont vu augmenter la fréquentation de leurs transports collectifs (+ 4,5 % à Stockholm, + 5 % à Rome et + 5 % à Londres). Même si la tarification des routes s'est parfois accompagnée d'une hausse de la tarification des transports en commun (Milan, Göteborg), les recettes des péages routiers (80 M euros/an à Singapour, 135 M euros/an à Londres) ont en effet permis d'améliorer les offres modales alternatives.

Malgré ces succès bien réels, il convient de préciser que les coûts d'investissement et d'exploitation des péages urbains constituent souvent un poste majeur de dépenses (46 % des recettes à Londres, 55 % à Milan et 100 % ou plus à La Vallette), le choix fait en faveur des technologies par reconnaissance optique pouvant mettre à mal leur bilan socioéconomique. Les péages urbains ne sont donc pas la panacée, mais ils mettent l'accent sur les zones où la pollution atmosphérique est la plus problématique. Ils peuvent évidemment être complémentaires de mesures réglementaires, comme les zones à faibles émissions (cas de Londres).

(4) <https://www.crit-air.fr/fr>