



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère de l'Écologie
et du Développement Durable

Document de travail

ETUDES – METHODES – SYNTHESSES



LA MONÉTARISATION DE L'INDICE POLLUTION POPULATION POUR L'ANALYSE COUT-BENEFICE DES PROJETS DE TRANSPORT ROUTIER

**SERIE METHODES
05-M06**

PIERRE BARBERA

Site internet : <http://www.ecologie.gouv.fr>
20 avenue de Ségur – 75302 Paris 07 SP

DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I - LA MONÉTARISATION DE L'INDICE POLLUTION POPULATION

- 1.La définition et la construction de l'indice
- 2.Les méthodes de monétarisation de la pollution
- 3.L'évaluation monétaire par la perte d'espérance de vie

II - ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

- 1.Le choix du marqueur de pollution
- 2.Discussion sur les hypothèses
- 3.Discussion et comparaison des résultats

III - APPLICATIONS, PERSPECTIVES ET CHOIX DES VARIANTES

- 1.L'analyse cout bénéfice comme outil de la décision publique
- 2.La pratique des projets
- 3.L'apport de la valorisation par l'IPP pour l'analyse des variantes

CONCLUSION

SIGLES ET ACRONYMES

BIBLIOGRAPHIE

SOMMAIRE DETAILLE

RÉSUMÉ

L'étude propose une nouvelle méthode de valorisation des effets sanitaires de la pollution atmosphérique par les transports routiers basée sur la perte d'espérance de vie et sur la valorisation de l'année de vie à partir de l'évaluation contingente du consentement à payer. L'indice d'exposition des populations utilisé dans l'analyse des projets routiers est ainsi monétarisé. Les valeurs trouvées sont de 40.3 € par point d'indice pollution population (IPP) pour les PM 10 avec un intervalle de confiance compris entre 19 et 70, et de 26.2 € par point d'IPP pour le NO2 (IC = 12 – 46). La valorisation des effets sanitaires de la pollution atmosphérique routière au niveau national aboutit à 16.3 milliards d'euros par an. L'application de la méthode de valorisation développée dans le rapport Boiteux, sur des bases identiques en terme de taux d'actualisation (4%) et d'analyse épidémiologique, mène à une valeur similaire de 17 milliards d'€ par an.

Comparée à la méthode proposée dans le rapport Boiteux (2001), la valorisation par la perte d'espérance de vie prend en compte une variable continue de la population associée à un modèle de diffusion spatio-temporel de la pollution. La combinaison de ces deux variables indépendantes aboutit à un modèle suffisamment sensible pour distinguer les variantes des projets sur la base des impacts sanitaires.

Le choix du marqueur de pollution est également abordé sur la base de divers critères comme le type de polluant, sa métrologie, sa toxicologie, les connaissances épidémiologiques, sa capacité à être modélisé ainsi que son niveau d'émission. Le NO2 apparaît comme le meilleur compromis pour la valorisation des effets sanitaires de la pollution de l'air liée aux transports routiers.

L'analyse de plusieurs projets routiers et l'application de la nouvelle méthode de valorisation des effets sanitaires montrent que les coûts peuvent être ré-évalués en situation future d'un facteur variant de 2 à 5 en fonction de la densité de population. Cette variation est principalement due à la faiblesse du modèle Boiteux dans l'évaluation de la pollution en situation future. Cependant, la valeur des effets sanitaires reste faible comparée aux gains de temps occasionnés par les projets routiers.

Ce document n'engage que ses auteurs et non les institutions auxquelles ils appartiennent. L'objet de cette diffusion est de stimuler le débat et d'appeler des commentaires et des critiques.

INTRODUCTION

La pollution atmosphérique tue. Une étude épidémiologique de l'OMS, publiée dans la revue *The Lancet*¹, a estimé la mortalité due aux émissions atmosphériques à plus de 31 600 décès par an pour la France dont environ 17 600 seraient imputables à la pollution routière.

Ces chiffres ont provoqué une importante controverse au sein du groupe de travail sur les transports et le coût des nuisances, qui s'est réuni en 2000 et 2001 sous la présidence de Marcel Boiteux. Le rapport² remarque l'importance de ses nouveaux chiffres comparés aux études antérieures qui proposaient 3000 décès par an. Il les compare à ceux de la mortalité accidentelle routière, qui s'élèvent en 2000 à environ 8100 tués et qui s'accompagne d'une perte d'espérance de vie de 40 années environ alors que la pollution atmosphérique provoque une mortalité précoce d'une dizaine d'années. Dans ses conclusions, le rapport Boiteux propose de nouvelles valeurs tutélaires pour la monétarisation de la pollution atmosphérique. Les nouveaux chiffres sont basés en partie sur l'étude OMS et sur une valeur de la vie similaire à celle utilisée pour la sécurité routière. Le rapport fait également remarquer le faible nombre d'études épidémiologiques de long terme disponibles ainsi que la faiblesse du modèle de décroissance temporelle de la pollution néanmoins pris en compte. Au-delà des valeurs tutélaires et de la méthodologie, le rapport Boiteux marque la prise en compte de l'impact sur la santé de la pollution atmosphérique dans l'analyse des projets routiers.

Plus récemment, les ministères concernés par la pollution atmosphérique d'origine routière, l'Équipement, la Santé et l'Écologie, se sont réunis pour établir un guide méthodologique relatif au volet «air» des dossiers d'enquête publique. L'impact sur la santé est abordé par l'intermédiaire d'un indice d'exposition caractérisé par les concentrations de polluants générés par le projet associées à la population riveraine. Cet indice s'appelle l'indice pollution population (abrégé en IPP).

Au cours de ces dernières réflexions, le ministère de l'écologie et du développement durable a remarqué l'existence d'une rupture méthodologique entre la mesure de l'impact sur la santé, - au moyen de l'indice IPP-, et la valorisation monétaire de cet impact, obtenue par l'application des valeurs du rapport Boiteux. Une analyse plus poussée a montré que certaines études d'impact notaient une augmentation de l'exposition des populations à la pollution mais calculaient ensuite une valorisation monétaire des mêmes impacts en baisse (ou vice versa).

Le ministère de l'écologie a donc souhaité mettre en cohérence ces deux approches afin de renforcer la qualité des études et leur pertinence vis à vis des nuisances. Cette démarche procède également du souhait d'améliorer le calcul économique des externalités environnementales dans les études socio-économiques. L'analyse des impacts sanitaires pourrait également avoir pour objectif de devenir l'un des critères de choix des variantes de tracé ou de projet.

Afin de répondre à cette problématique, la présente étude s'est attachée à trouver une relation économique permettant de donner une valeur monétaire à l'indice d'exposition pollution population. Puis elle a mis en discussion cette nouvelle méthodologie en la comparant à celle

¹ Voir Kunzli (2000), morbidité attribuable à la pollution en France en 1996

² Voir Commissariat général du plan (2001)

proposée par le rapport Boiteux. Elle a enfin porté sur l'application de la méthode à des études « volet air » afin de tester sa validité pour le choix des variantes.

Le rapport s'organise en trois parties. La première s'attache à replacer dans le contexte réglementaire l'indice d'exposition pollution population puis à présenter la méthodologie de monétarisation du rapport Boiteux avant de proposer la valorisation de l'IPP par le calcul de la perte d'espérance de vie et la valeur de l'année de vie. Cette nouvelle approche est un résultat original.

La seconde partie présente la discussion des résultats, en particulier du choix du marqueur de pollution ainsi qu'une analyse de sensibilité. Les résultats de la valorisation par l'indice d'exposition IPP sont comparés à ceux obtenus par la méthode du rapport Boiteux. Cette partie aboutit à valider la méthodologie de monétarisation par l'indice d'exposition des populations. La troisième partie propose d'appliquer la valorisation de l'IPP à différents projets routiers afin de déterminer les caractéristiques de ce nouvel outil d'analyse économique. Cette partie propose aussi l'éclairage des pratiques britanniques dans le domaine de la valorisation des effets sanitaires liés aux infrastructures routières.

Les limites de la méthode se situent principalement dans le choix du polluant marqueur de l'impact sur la santé ainsi que dans la faiblesse de la valeur absolue de la pollution comparée au gain de temps occasionné par les projets d'infrastructure. La prise en compte de la pollution et de son impact sur la santé dans la décision publique reste ainsi marginale.

I - LA MONÉTARISATION DE L'INDICE POLLUTION POPULATION

Après un bref historique, ce chapitre présente la réglementation en vigueur et les diverses instructions ministérielles en application. Il décrit l'indice pollution population dans sa définition donnée par la circulaire du 25 février 2005 ainsi que l'application plus pragmatique faite dans les dossiers « volet air ». La monétarisation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique par la méthode Boiteux est ensuite présentée. Enfin, une nouvelle méthode de calcul de la valeur de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est établie à partir de la perte d'espérance de vie et de la valeur de l'année de vie.

Résumé des points essentiels du chapitre 1 :

- L'Indice pollution population (IPP) s'exprime simplement sous la forme du produit de la concentration en polluant par le nombre de personnes exposées :

$$IPP = \sum_{i=1}^{i=n} CC_i * POPULATION_i \quad \text{en pers} * \mu\text{gr}/\text{m}^3$$

Cette expression permet la comparaison entre projets et variantes.

- Une nouvelle approche de la valorisation des effets sanitaires de la pollution atmosphérique est proposée par la perte d'espérance de vie (PEV) et la valorisation de l'année de vie (VAV).
- La valeur du point d'IPP s'exprime sous la forme

$$IPP_x = PEV_x * EV * VAV * F_m * P_{pr}$$

- On trouve

$$\text{Valeur IPP}_{PM10} = 40,3 \text{ € par point d'IPP}_{PM10}$$

$$\text{Valeur IPP}_{NO2} = 26,2 \text{ € par point d'IPP}_{NO2}$$

- La monétarisation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique s'écrit simplement

$$\text{Valeur Impact sanitaire}_x = IPP_x * \text{Valeur IPP}_x$$

1. La définition et la construction de l'indice

1.1. Le cadre de la lutte contre la pollution de l'air

Bref historique : la pollution atmosphérique et l'activité humaine

La pollution atmosphérique est devenue un problème social et sanitaire au cours des années 1950 à l'époque du développement industriel des « trente glorieuses ». Londres était réputé pour son « smog », mélange de brouillard et de pollution acido-particulaire qui en 1952 a provoqué une surmortalité de 4000 individus en 2 semaines. Cet épisode dramatique a abouti à une prise de conscience et aux premières législations anti-pollution britanniques (Guerin 2003). A cette époque, la pollution était considérée comme locale et de nature industrielle. Les premières stations de mesure ont été installées dans les années 1960 à proximité des sites et servaient principalement à suivre les émissions de SO₂. Les conséquences sanitaires étaient perçues comme peu importantes ou ne touchant qu'un nombre restreint de personnes habitant à proximité. La réglementation s'est orientée vers la limitation des émissions industrielles et la surveillance de ces sources de pollution par la mise en place d'un premier réseau de mesure et d'analyse.

L'intérêt s'est ensuite porté sur les pollutions régionales par la mise en évidence de l'impact des pluies acides sur le dépérissement des forêts d'Europe centrale. La pollution a été abordée comme un problème global lors de la mise en évidence de l'effet de serre et de la disparition de l'ozone stratosphérique. Depuis le début des années 1990, le caractère local et l'impact de la pollution sur les populations ont marqué un regain d'intérêt avec la prise de conscience du niveau élevé des émissions des transports. En effet, le développement des transports des années 1970 a vu l'augmentation rapide de la circulation routière et des pollutions associées comme celle dues au dioxyde d'azote ou au benzène. Plus récemment, les polluants secondaires comme l'ozone, issu de la recombinaison de substances primaires sous l'action de l'énergie solaire, ont connu une augmentation rapide et dommageable pour la santé des populations.

Parallèlement, les études épidémiologiques se sont multipliées pour déterminer l'impact à court terme de la pollution sur la santé des populations. Les études sur le long terme sont moins nombreuses mais de nouvelles publications récentes viennent confirmer les premiers résultats obtenus sur des cohortes américaines. L'exposition à la pollution atmosphérique engendrerait un risque supplémentaire de mortalité générale de l'ordre de 4% (Pope 2002).

La loi sur l'air de 1996 comme instrument de lutte contre la pollution

En France, **la loi de 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE)** a marqué la prise en compte de la pollution atmosphérique dans les politiques publiques locales. Le droit reconnu à chacun, de respirer un air qui ne nuise pas à la santé a été reconnu, les normes de qualité de l'air ont été édictées, le réseau de surveillance a été organisé, l'information du public a été établie et les études d'infrastructure ont eu l'obligation de prendre en compte la pollution atmosphérique comme critère d'évaluation des impacts.

La loi de 1996 est venue remplacer une législation ancienne qui remontait à 1917 et à 1961 et qui fixaient des niveaux maximums d'émission par polluant ainsi que des mesures coercitives.

L'Etat, ses établissements publics, les collectivités territoriales ainsi que les personnes privées ont l'obligation, dans la limite de leur responsabilité et de leur compétence, de prévenir, surveiller, réduire ou supprimer les pollutions atmosphériques afin de préserver la qualité de l'air. (Article L220-1 du Code de l'environnement).

La pollution atmosphérique est définie de manière législative (CE art L220-2) comme l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes.

La loi étend également la notion de pollution aux substances ayant une influence sur le changement climatique, à celles détériorant les biens matériels et provoquant des nuisances olfactives excessives.

La surveillance de la qualité de l'air

Des objectifs de qualité d'air, des seuils d'alerte et des valeurs limites sont précisés. La définition des niveaux est de nature réglementaire. La loi oblige les agglomérations de plus de 100 000 habitants de se doter d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air et leur mise en œuvre est assurée par un organisme agréé. L'ensemble du dispositif est coordonné par l'Agence de l'environnement pour la maîtrise de l'énergie (ADEME) qui gère en particulier la banque de données sur la qualité de l'air (BDQA) regroupant l'ensemble des mesures.

L'information du public

Les associations agréées ont l'obligation de publier régulièrement les résultats de leurs mesures. On trouve maintenant des informations en temps réel relatives aux niveaux des

principaux polluants sur les sites Internet des organismes de surveillance. Les études épidémiologiques et celles sur la qualité de l'environnement font également l'objet de publication et de diffusion. L'Etat a pour sa part obligation de publier un inventaire des émissions et des consommations d'énergie. Il doit également établir un rapport sur la qualité de l'air avec un avis de l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (AFSSE). Le site du ministère de l'écologie et de l'ADEME sont les principales sources de diffusion de ces informations.

Les politiques publiques

Les Conseils régionaux ont l'obligation d'élaborer un **plan régional pour la qualité de l'air** (PRQA) qui fixe les orientations permettant d'atteindre les objectifs réglementaires de qualité de l'air. Ces plans fixent également les objectifs de qualité spécifiques à certaines zones lorsque la nécessité le justifie. (CE art L222-4)

Pour les agglomérations qui dépassent les valeurs limites réglementaires ou qui risquent de les dépasser, l'Etat élabore un **plan de protection de l'atmosphère** (PPA) compatible avec les orientations du plan régional pour la qualité de l'air. Ce plan est soumis à enquête publique après avis des conseils municipaux. Le PPA peut renforcer les objectifs de qualité. Il précise les orientations permettant de les atteindre et renforce éventuellement les mesures techniques de préventions de la pollution atmosphérique. (CE art L222-5)

Cependant, l'autorité compétente en matière de police est la seule à pouvoir arrêter les mesures préventives, temporaires ou permanentes, destinées à réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique. Elle peut également prendre des mesures de restriction ou de suspension des activités polluantes et prescrire des limitations de la circulation des véhicules (CE art L222-6).

La pollution atmosphérique dans les projets d'infrastructures

La pollution d'origine routière fait l'objet de dispositions particulières

La loi de 1996 renforce également la prise en compte de la pollution atmosphérique dans les projets d'infrastructure routière. La réalisation d'ouvrages et d'aménagement ayant un impact sur le milieu naturel est soumise à la réalisation d'une étude préalable permettant d'en apprécier les conséquences. Ces études d'impact ont pour objectif de définir l'état initial mais également d'étudier les effets que le projet engendrerait sur la santé et de proposer des mesures pour les réduire et si possible apporter une compensation.

L'article 19 de la LAURE introduit pour les seules infrastructures de transport l'obligation de réaliser « une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité ». Cette obligation est le fondement réglementaire de l'évaluation monétaire de la pollution atmosphérique engendrée par une infrastructure routière.

Les textes d'application du ministère de l'équipement

Le ministère de l'équipement a défini dans sa circulaire du 17 février 1998 les principes généraux qui doivent présider à l'élaboration de la partie sanitaire des études d'impact, à savoir :

- porter sur tous les thèmes pertinents au regard des risques du projet sur la santé (air, bruit, eau, sol, sécurité routière) et évaluer les effets directs et indirects,
- apprécier les effets cumulatifs par rapport aux nuisances existantes,
- identifier les populations exposées,
- porter à la fois sur la phase chantier et sur la phase exploitation.

La direction des routes du ministère de l'équipement a demandé au SETRA et au CERTU d'établir en collaboration avec l'ADEME et le ministère de l'écologie une note méthodologique

sur les études d'environnement « volet air » dans les projets routiers. Cette note, parue en juin 2001, a permis d'améliorer les volets air des études d'environnement qui étaient jugés insuffisants à l'époque.

Les instructions du ministère de la santé

De son côté, le ministère de la santé a établi un guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact (circulaire 2000-61 du 3 février 2000) suivi d'une circulaire n° 2001-185 en date du 11 avril 2001 relative à l'intervention des DDASS dans l'analyse des effets sur la santé des projets.

L'Institut de veille sanitaire (InVS) a également travaillé à la publication d'une synthèse sur l'évaluation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine actualisée en mars 2003 (InVS 2003). Ce guide n'est pas destiné directement aux services jugeant les volets air des études d'impact mais s'adresse aux professionnels de la santé ayant à utiliser les études épidémiologiques relatives à l'impact sur la santé humaine de la pollution. Il fait état de l'évolution des connaissances pour la réalisation des études d'impacts sanitaires.

Aplanir les divergences d'analyse

Les travaux des différents départements ministériels sont variés et poursuivent les objectifs propres à chacun. Cependant, les responsables ont abouti au constat que les études d'impact et leur volet sanitaire restaient encore imparfaits et motivaient, pour un certain nombre de dossiers, des avis défavorables des services en charge de la santé ou de l'environnement. Afin d'harmoniser les pratiques de conception des études d'impact et les demandes des services instructeurs, les ministères de l'équipement et de l'environnement ont signé une convention en 1999, révisée ensuite par la circulaire du 22 novembre 2004. Elle fixe les modalités de concertation entre les services pour l'élaboration et l'instruction des projets routiers. Ce document définit un principe de partenariat renforcé entre le maître d'ouvrage et les services de l'environnement ainsi qu'un principe de proportionnalité visant à ajuster le niveau d'étude à la sensibilité et la vulnérabilité de l'environnement au projet. Il précise les étapes du dialogue et les processus d'élaboration des projets.

La divergence des points de vue entre les guides de conception des études d'impact (ADEME/CERTU/SETRA 2001) et ceux destinés aux services pour l'évaluation des études ont abouti en 2004 à la mise en place d'un groupe de travail réunissant les ministères concernés à savoir l'équipement, la santé et l'environnement. Ce travail a abouti à la publication d'une note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières diffusée par circulaire du 25 février 2005. Ce document reprend en particulier la notion d'exposition de la population à la pollution atmosphérique des transports et définit l'indice pollution population.

1.2. La définition de l'IPP

L'indice pollution population a été initialement défini dans un document méthodologique du ministère de l'équipement à destination des services réalisant les études d'impact des projets routiers (ADEME / CERTU / SETRA 2001). Ce fut la première proposition de quantification de l'impact de la pollution atmosphérique sur les populations. Son objectif initial était d'analyser les variantes et de justifier le choix retenu en terme de santé publique.

Le calcul de l'IPP se résume par le découpage d'une bande d'étude longeant le projet d'infrastructure en aires d'égale dimension pour chacune desquelles il est calculé **la concentration en polluant que l'on multiplie par la population de l'aire considérée**. L'IPP est ainsi un indice d'exposition d'une population à un polluant. Une forte concentration de

polluant générée par une route ou bien une importante population résidant à proximité d'un axe seront prises en compte dans l'établissement de l'indice.

Cette approche a été reprise dans la circulaire Equipement/Santé/Environnement du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières. Cette instruction ministérielle constitue actuellement la base du travail des services de l'Etat en matière d'analyse des risques sanitaires dans les volets « air » des projets de transports. L'indicateur sanitaire doit « permettre de comparer les différentes variantes entre elles et entre la solution retenue et l'état de référence avec un critère basé non seulement sur la concentration en polluant mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation ». L'étude sanitaire des projets routiers ne se limite pas au seul domaine de la pollution atmosphérique mais chaque variante est également analysée en termes de bruit, de sécurité et d'impact sur les milieux naturels comme l'eau et le sol.

La mise en œuvre de la démarche IPP fait référence à un niveau d'étude et le calcul comprend trois points: la définition du domaine d'étude, le choix des polluants indicateurs et la mise en place de l'indicateur.

Cette partie ci-dessous est largement inspirée de la circulaire de 2005 définissant l'IPP. Malgré les efforts de présentation, il sera peut être nécessaire de se reporter au texte de référence pour mesurer, sur ce point, le caractère parfois abscons de l'instruction.

Le niveau d'étude

Le niveau de détail des études « air » dépend d'une classification de I à IV en fonction du trafic à l'horizon d'étude et de la densité d'habitation de la zone.

Pour les niveaux supérieurs (trafic supérieur à 10 000 véhicules/jour en présence de bâti), les études sont de type I et II et comprennent la comparaison de la qualité de l'air et la définition de l'exposition des populations par l'IPP.

Les projets de niveau III ou IV sont ceux présentant un faible trafic (inférieur à 10 000 véhicules/jour) ou ceux situés dans des zones non bâties. L'impact sur la population est décrit en terme de qualité de l'air sans recours au calcul de l'IPP.

La zone d'étude

La zone d'étude s'articule entre la définition du domaine soumis à l'analyse et la bande d'étude.

Le domaine recouvre le choix des routes retenues dans l'étude. Il est composé de la nouvelle d'infrastructure et de l'ensemble du réseau routier subissant une variation des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet. Cette modification est évaluée en comparant les situations avec et sans aménagement au même horizon. Le chef de projet a la possibilité d'apprécier les conditions locales justifiant la prise en compte de réseau routier subissant une variation inférieure à 10 % des flux de trafic.

La bande d'étude est définie autour de chaque voie du domaine. Elle est adaptée à l'influence du projet sur la pollution atmosphérique à l'échelle locale. Elle varie entre 150 et 300 mètres. Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande de part et d'autre de l'axe du tracé médian est définie en fonction du trafic à l'horizon d'étude (trafic moyen journalier annuel TMJA classé en cinq niveaux de « inférieur à 10 000 véhicules/jour » à « plus de 100 000 véhicules/jour ») et de la contrainte de non-dépassement de valeurs de concentration en NO₂ en limite de bande (de 0.3 µgr/m³ à 0.9 µgr/m³ en fonction du trafic).

Le choix des polluants

L'indicateur de pollution de l'air était le NOx dans la note méthodologique initiale du CERTU. La récente circulaire propose de retenir le benzène dans la construction de l'IPP en raison de sa toxicité et de la priorité qui lui est accordée en terme de santé publique. Le ministère de l'équipement étudie, actuellement, les polluants à prendre en compte pour quantifier l'impact de la pollution atmosphérique sur les sols et les végétaux.

La mise en place de l'indicateur

Le domaine d'étude est découpé en mailles de dimension fixe entre 50 et 200 m. La somme des émissions issues des différentes infrastructures présentes dans la maille est ensuite calculée. Les émissions ponctuelles industrielles peuvent y être jointes si elles sont connues. Pour tenir compte des conditions aux limites, la zone d'analyse des émissions fixes et mobiles peut être plus importante que la zone d'étude de l'IPP.

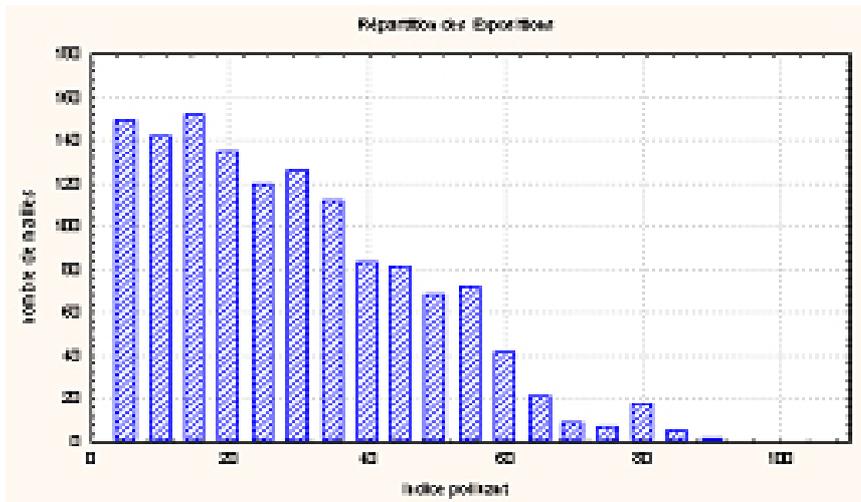
Un cadastre des émissions influencées par le vent (CEIV) est ensuite construit par l'application à chaque maille d'un modèle de dispersion de la pollution. Le modèle de dispersion est de type gaussien. Il prend en compte la stabilité atmosphérique verticale par l'intermédiaire des classes de Pasquill (classes A à F marquant une atmosphère à forte diffusion turbulente ou une atmosphère très stable en cas d'inversion de température) et de la vitesse du vent (à une hauteur de 10 mètres).

L'estimation de la densité de population pour chaque maille est réalisée soit à partir des données INSEE par îlot, soit par l'exploitation des données du recensement européen de l'occupation du sol (CORINE LANDCOVER), soit par le découpage de zones de densité homogène auxquelles sont affectées des densités forfaitaires mais motivées.

L'indice pollution population s'élabore ensuite en associant pour chaque maille du cadastre d'émissions influencées par le vent, la population demeurant sur la maille. Les couples « émission-population » sont ensuite rangés dans des classes régulières. Le classement se fait sur la base des valeurs d'émissions influencées par le vent. Un histogramme des distributions par classe est établi en prenant pour chaque classe la somme des populations associées à cette classe. La note méthodologique indique que « cette distribution de l'IPP permet d'appréhender les différences d'exposition suivant les différentes variantes, la solution retenue et l'état de référence. (...) En calculant l'aire de l'histogramme classant la population suivant les émissions influencées par le vent, on arrive à un indicateur global³, propre à chacun des tracés étudiés et bien représentatif des conséquences sur un bilan santé ».

³ Nous supposons que cet indice est l'IPP.

Graphe 1 : Résultat du calcul de l'IPP par la méthode réglementaire, répartition des expositions pour une variante d'un projet



Source : circulaire Equipement/Santé/Environnement 2005

Nota : la lisibilité du graphique est équivalente à celle de la circulaire.

Le traitement aboutissant finalement à l'IPP « réglementaire » nuit fortement à l'interprétation et à la valorisation des résultats de l'exposition d'une population à un polluant. En fait, les auteurs des volets « air » des études d'impacts adoptent, le plus souvent, une solution plus pragmatique et nettement plus explicite.

1.3. Le pragmatisme des opérateurs

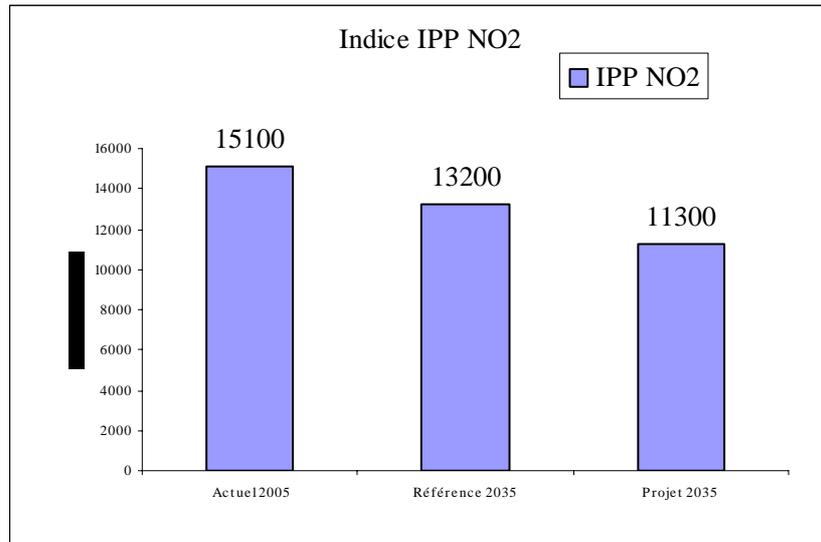
La simplicité reprend le dessus

L'établissement d'un cadastre des émissions influencées par le vent et le calcul de la population de la zone d'étude sont des opérations chrono-phages et peu de projeteurs se résolvent finalement à présenter les résultats de leurs études sous la forme obscure préconisée par la circulaire. Ils préfèrent tout simplement exprimer l'IPP comme la somme du produit concentration en polluant par la population sur chaque maille. L'IPP est alors exprimé en personne*micro-gramme de polluant / mètre-cube.

$$IPP = \sum_{i=1}^{i=n} CC_i * POPULATION_i \quad \text{en pers} * \mu\text{gr}/\text{m}^3$$

La bande d'étude est découpée en n mailles i affectées d'une concentration CC_i (issue du cadastre d'émissions influencées par le vent) et d'une population $POPULATION_i$, calculées suivant les règles établies par la circulaire. La présentation et l'interprétation sont ainsi facilitées.

Graphe 2 : Présentation des résultats du calcul de l'indice pollution population NO2 dans un projet de création d'un contournement d'une petite ville de 2220 habitants.



Source : CETE

La présentation des résultats

La présentation retenue dans les études d'impact, dont le graphe précédent est une illustration, permet finalement de comparer les situations actuelles, de référence et projetées sur un même schéma. Dans le cas ci dessus, l'exposition des populations à la pollution va décroître au cours des trente années à venir sous l'effet de la réduction des émissions des transports alors que la population de la zone va augmenter lentement. La création du contournement va transférer une part de la circulation urbaine vers une zone rurale sans bâti réduisant en cela l'exposition des populations ainsi mesurée par l'indice d'exposition.

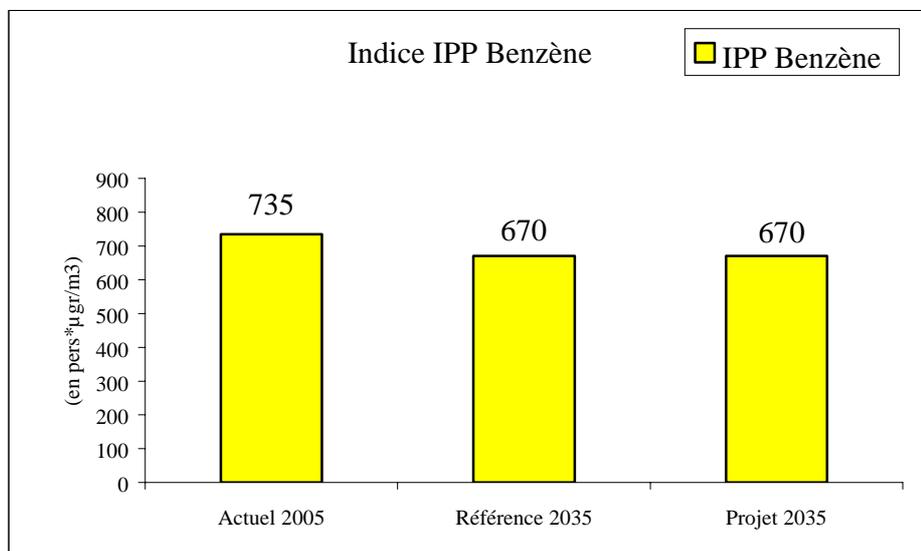
La réglementation propose de comparer des « surfaces de graphe », exercice nettement plus délicat à réaliser surtout dans un document destiné à l'information du public. La simplification opérée par les auteurs des volets « air » a donc deux avantages. Outre le gain de temps qu'il procure lors de la réalisation de l'étude, il permet une présentation claire de l'exposition à la pollution et rend les projets comparables.

Le choix des indicateurs de pollution

La première note méthodologique (ADEME/CERTU/SETRA 2001) préconisait le calcul de l'IPP sur la base des oxydes d'azote comme substance indicatrice de pollution. La nouvelle note méthodologique proposée par la circulaire Equipement-Santé-Environnement du 25 février 2005 préconise pour sa part le choix du benzène comme indicateur de référence de l'IPP. Les auteurs des études « volet air » retiennent le plus souvent le NO2 et le benzène comme polluant support du calcul des indices pollution population. Certaines études du CETE Est utilisent aussi les PM₁₀. L'analyse des critères de choix du polluant de référence, menée au chapitre 2.1 sur la base de la toxicité, du niveau de connaissance épidémiologique, de la métrologie, de la qualité des chroniques de mesure, de la stabilité du polluant, de sa capacité à être modélisé et de son niveau d'émission aboutit à recommander le choix du NO2 comme marqueur de pollution. Ces raisons justifient le choix des auteurs des études « volet air ». Elles infirment, par contre, le choix du benzène proposé par la nouvelle circulaire. La toxicité d'une substance et le caractère prioritaire de sa réduction ne peuvent à elles seules justifier le choix

du marqueur d'exposition de la population à la pollution atmosphérique qui doit répondre à un ensemble de critères plus élargis permettant une valorisation économique cohérente.

Graphe 3 : Présentation des résultats du calcul de l'indice pollution population Benzène dans un projet de création d'un contournement d'une petite ville de 2220 habitants.



Source CETE

Les nuisances sanitaires provoquées par une infrastructure routière ne sont pas résumées par le benzène. Les études volet air peuvent aboutir à ne pas pouvoir différencier l'impact de la pollution en situation de référence sans projet comparé à la situation avec projet. Le motif est la faiblesse des concentrations calculées à long terme. Le modèle de décroissance de la pollution est inadapté à la différenciation des variantes sur le plan sanitaire. L'objectif initial assigné à l'IPP n'est donc pas atteint. L'exemple de résultats d'IPP extrait d'un dossier « volet air » et présenté ci-dessus est une illustration de cette difficulté. Cet exemple n'est pas un cas isolé mais a été rencontré dans tous les « volets air » consultés au cours de la présente étude.

Le calcul des concentrations atmosphériques dans les projets routiers

Les services du ministère de l'équipement utilisent le logiciel ADMS-Urban développé par le Cambridge Environmental Research Consultants Ltd comme système de modélisation de la dispersion atmosphérique. Ce modèle évalue et prévoit la qualité de l'air en prenant en compte les émissions des transports routiers, de l'industrie, de l'artisanat et du commerce ainsi que les émissions domestiques. ADMS-Urban est utilisé pour calculer les concentrations en polluants atmosphériques et vérifier les objectifs de qualité en situation actuelle et future.

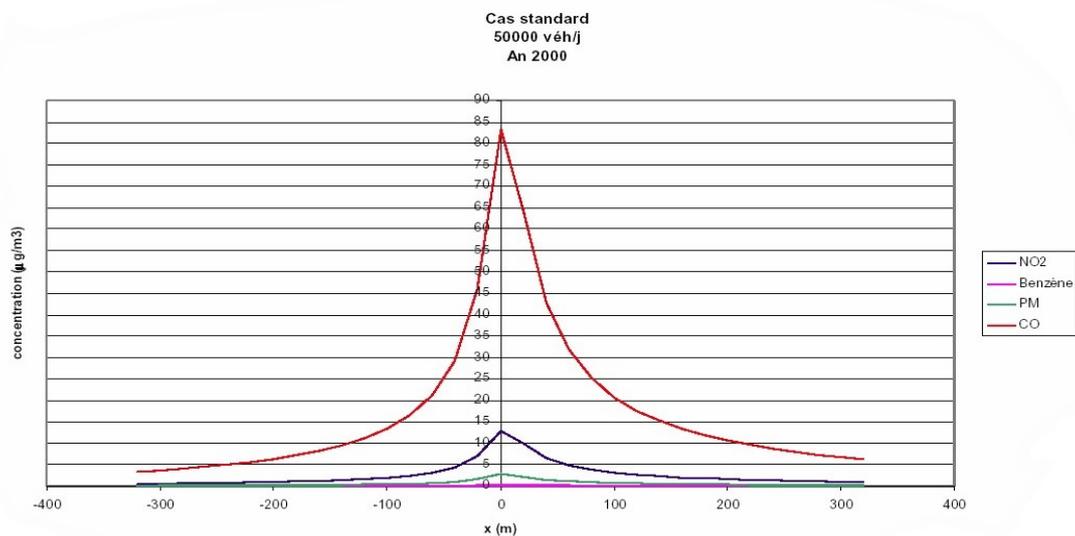
Un compilateur météorologique traite les données climatiques avant le calcul de la dispersion sous la forme de concentrations moyennes à un pas de temps variant de 10 mn à 1 an ou plus. Le logiciel inclut également un modèle de transformation spatio-temporel des NOx.

Les données de base prennent en compte la météorologie, la topographie, le type d'occupation urbaine, la composition de la flotte et du trafic, la pollution de fond et l'évolution temporelle des émissions unitaires.

Les résultats sont présentés par l'intermédiaire des systèmes d'information géographique classiques de type ArcView ou MapInfo permettant tous les types d'analyse des résultats.

Les limites du modèle sont atteintes en condition de vent calme ou de variation rapide des conditions atmosphériques.

Graphes : Exemple d'émission de polluants par une route



Source : CETE Méditerranée (2003)

2. Les méthodes de monétarisation de la pollution

La réflexion du groupe de travail Boiteux a porté sur six points touchant au domaine des transports comprenant en particulier :

- l'utilisation de la règle de Hotelling pour valoriser les effets irréversibles de l'utilisation des ressources non renouvelables,
- la valorisation de la congestion en zone urbaine,
- la valeur du bruit,
- la valeur du temps,
- la valorisation de la vie humaine,
- la monétarisation des effets externes de la pollution atmosphérique des transports routiers.

La commission, regroupant l'ensemble des administrations concernées, a rendu ses conclusions dans un rapport du Commissariat général du plan (2001), fruit d'un consensus fondé sur les études de l'époque et sur les avis d'expert. Aucune étude spécifique n'a été menée en propre par la commission.

Cependant, la méthode d'évaluation des impacts de la pollution de l'air et le choix de l'étude de référence ont fait l'objet de controverses ayant rendu nécessaire la décision du président Boiteux de prendre l'étude OMS (Kunzly 2001) comme base du nombre de décès dus à la pollution.

Les conclusions ou les valeurs du rapport Boiteux ont ensuite été reprises dans l'instruction-cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets de transport. Cette circulaire du ministre de l'équipement et des transports établit une démarche d'évaluation économique « rationnelle, transparente et harmonisée » entre les différents modes de transport. Elle s'applique aux services de l'Etat, producteurs de projets d'aménagement routier mais également aux autres maîtres d'ouvrage œuvrant dans le domaine des transports. Elle actualise, précise et impose l'utilisation de valeurs tutélaires comme la valeur du temps, la valeur de la vie humaine épargnée, le bruit, l'effet de serre, et la pollution de l'air. Elle tire également les conséquences des objectifs fixés par la politique générale de transport et prend en compte l'évolution du contexte décisionnel.

L'évaluation de l'impact de la pollution de l'air repose sur la recherche du nombre de décès associé à un marqueur de pollution, le plus souvent les particules fines (PM₁₀), et donné par les études épidémiologiques de cohorte. Depuis 2001, les études dans le domaine de la pollution s'orientent vers la prise en compte de la perte d'espérance de vie, critère jugé plus pertinent, et non plus le nombre de décès.

L'objet des deux sections qui suivent est de présenter la méthode Boiteux de monétarisation et d'établir une nouvelle méthodologie d'évaluation monétaire de l'impact de la pollution de l'air à partir de l'IPP.

2.1. L'approche par le nombre de décès : le rapport Boiteux de 2001

La méthode retenue est de type « top down » avec une évaluation globale des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique due au transport routier, répartie ensuite en fonction du type de véhicule et de la densité du lieu de déplacement. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous, désormais repris par une circulaire ministérielle (Instruction-cadre, 2004).

Tableau 1 : Valorisation Boiteux (2001) de l'impact de la pollution de l'air sur la santé des populations, (Euro/100 véh.km, valeurs 2000)

	<i>Urbain dense</i>	<i>Urbain diffus</i>	<i>Rase campagne</i>	<i>Moyenne</i>
<i>Véhicules Particuliers</i>	2.9	1.0	0.1	0.9
<i>Poids Lourds</i>	28.2	9.9	0.6	6.2

Source : CGP 2001 p 129

L'estimation globale avant répartition est obtenue en multipliant deux types de facteurs, celui lié à la valorisation de la vie et celui relatif au nombre de décès prématurés obtenu à partir des fonctions dose-réponse.

La fonction dose-réponse

Le rapport Boiteux retient l'étude dite OMS (Kunzli 2000) qui utilise les travaux épidémiologiques de Pope (1995) et Dockery (1993). A partir d'études de cohorte menées pendant 8 ans, ces deux auteurs ont établi le risque relatif de mortalité toute cause hors accident ou mort violente pour des adultes de plus de trente ans soumis à un accroissement de pollution des PM 10 de 10 µgr/m³. Le risque relatif est de 1.043 (1.026-1.061). Ce risque appliqué à la population urbaine aboutit à évaluer la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique due aux transports à 17 629 décès en France (IC 95% = 10681-24680).

Ces valeurs sont apparues comme trop élevées à une partie de la commission Boiteux. Une synthèse d'études publiée par la Commission pour l'application de l'Académie des Sciences (CADAS) estimait la mortalité à 500 décès pour les effets de court terme et entre 500 et 2500 morts pour les effets de long terme.

Face à l'absence de consensus, le président Boiteux choisit le parti de retenir l'étude OMS en raison de sa méthodologie, conforme au développement de la connaissance dans le domaine. Afin de tempérer l'importante hausse de la valorisation et dans l'attente de la confirmation des résultats OMS, le président Boiteux a finalement retenu la valeur basse de l'intervalle de confiance à savoir un nombre de **10 600 cas annuels de décès prématurés en France attribuables à la pollution de l'air par les transports routiers**. Cette position ne se justifie que dans le but de proposer une valeur acceptable pour tous les participants au groupe de réflexion sur le coût des nuisances. Les valeurs ainsi obtenues doivent s'accompagner d'un test de sensibilité de +/- 70 % permettant ainsi d'approcher la valeur moyenne OMS de 17600 décès et celle de 3000 morts de l'étude CADAS.

La valorisation de la vie

Le rapport Boiteux estime nécessaire la cohérence de l'approche des impacts sanitaires de la circulation routière. Pour cette raison, il retient **la valeur de la vie humaine de 1.5 M€**, établie pour les accidents de la route.

Les victimes des accidents sont amputées d'une espérance de vie de 40 ans en moyenne alors que celles de la pollution atmosphérique sont privées de 10 années d'espérance de vie. Constatant cette différence, Boiteux justifie un coefficient de réduction de 0.56 pour l'application de la valeur de la vie humaine de 1,5 M€ sur la base d'une actualisation à 8%.

Le rapport Boiteux préconise également la prise en compte de l'âge des victimes qui diffère dans les deux cas. Pour les accidents de la route, l'âge moyen est de 35-40 ans alors que pour les décès dus à la pollution, il est de 65-70 ans environ. La prise en compte de l'âge des victimes aboutit à considérer un coefficient réducteur de 0.6. Ce coefficient tient compte de la différence de qualité de vie.

Le rapport Boiteux fait également la part entre les aspects sanitaires et non sanitaires de l'impact de la pollution de l'air. Il retient une valeur de 55 % pour la part sanitaire par rapport à l'impact total.

La valorisation de la morbidité

Pour tenir compte de la morbidité, le rapport Boiteux propose d'augmenter de 30 % à la valorisation de la mortalité. Un coefficient 1.3 est donc appliqué dans les calculs.

L'évaluation monétaire

Compte tenu de ces valeurs, Boiteux calcule le montant total des impacts de la pollution de l'air due aux transports routiers.

$10\,600 \text{ décès/an} \times 1.5 \text{ M€}/\text{décès} \times 1.3 \times 0.56 \times 0.6$ soit un total de
valeur annuelle de l'impact de la pollution de l'air de **6.9 milliards d'€ par an (2000)**

Cette valeur est ensuite répartie en fonction des kilométrages parcourus par les différents types de véhicule et en fonction du lieu de circulation pour aboutir à des valeurs numériques en €/véhicule*kilomètre.

La valeur globale ci-dessus est à comparer au coût de la pollution atmosphérique due aux transports, établie pour la seule mortalité avec une méthode d'évaluation contingente. Ce coût est compris dans une fourchette entre 9.6 et 22.2 milliards d'€/an (Boiteux 2001, p116).

La prise en compte de la réduction de la pollution

L'application dans les projets routiers des valeurs proposées dans le rapport Boiteux tient compte de la différence de pollution entre une situation de référence et la situation du projet à un horizon souvent « supérieur à trente ans (...) et, si possible, égal à la durée de vie technique ou économique » (Instruction-cadre 2004).

Les évolutions techniques sur les carburants et les moteurs ainsi que l'évolution de la réglementation européenne et nationale aboutissent à la réduction des émissions de polluants. Le rapport « Auto-oil 2 » de la Commission européenne (1999) établit que les émissions autres que le CO₂ devraient être réduites de 80 % en 2020 comparées aux valeurs de 1995. Le rapport Boiteux préconise de retenir **un rythme de réduction annuelle de 6.5 % pour les poids lourds et de 9.8 % pour les véhicules particuliers (VP) et les véhicules utilitaires légers (VUL) entre 2000 et 2020⁴.**

2.2. Une nouvelle méthode de valorisation des impacts sanitaires

L'approche de l'évaluation monétaire par la valeur de la vie humaine et la mortalité prématurée des accidents routiers est discutable sur plusieurs points quant il s'agit de quantifier l'impact de la pollution atmosphérique. En effet,

- la pollution de l'air est rarement la cause directe et observable des décès alors que la médecine diagnostique couramment les problèmes cardio-pulmonaires ou respiratoires.
- La pollution de l'air se confond avec d'autres causes de mortalité comme le tabagisme ou le manque d'exercice physique. Cette difficulté à identifier et à attribuer la causalité

⁴ Ces valeurs sont discutées au chapitre 2.

est source d'imprécision et de double compte dans l'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution de l'air.

- La mortalité due à la pollution de l'air touche principalement les personnes âgées et se quantifie par la perte moyenne d'une dizaine d'années de vie alors que les accidents de la route affectent une population jeune et entraînent une perte moyenne de 40 années de vie par décès. La différence d'âge des deux groupes de population affecte le consentement à payer.
- La pollution de l'air touche principalement une population âgée sujette à d'autres pathologies détériorant les conditions de vie et minorant la valeur de la vie à un âge avancé.
- Le risque de mortalité par accident apparaît comme contrôlable par le conducteur en fonction de la qualité de la conduite alors que celui lié à la pollution de l'air est subi.

Ces observations rendent délicates la transposition des méthodes d'évaluation monétaire des accidents de la circulation aux impacts de la pollution atmosphérique. La méthodologie du projet ExternE (Friedrich 2001a) se réfère à la perte d'espérance de vie (Lost of Life Expectancy LLE) et la valeur de l'année de vie (Value of Life Year VOLY). Ces deux paramètres apparaissent comme adaptés pour rendre compte des effets de la pollution de l'air. Cependant, le projet ExternE calcule toujours la VOLY à partir de la valeur de la vie statistique (VSL) issue des accidents.

La nouvelle méthode d'évaluation des impacts de la pollution de l'air proposée ici, est établie à partir de la perte d'espérance de vie (PEV) issue des résultats des études épidémiologiques et la valeur de l'année de vie (VAV) calculée par des méthodes d'évaluation contingente.

La perte d'espérance de vie (PEV)

Dans une récente étude, RABL (2003) propose différentes valeurs pour la perte d'espérance de vie.

Tableau 2 : Perte d'espérance de vie attribuable à l'augmentation de la concentration moyenne de PM 10 pendant 1 an

	<i>Espérance de vie perdue/(espérance de vie à la naissance * $\mu\text{grPM}10/\text{m}^3$) par million de personnes</i>
<i>Mortalité chronique à long terme pour des adultes âgés de plus de 30 ans</i>	330
<i>Mortalité à court terme pour l'ensemble de la population</i>	3 si perte de six mois de vie par décès
<i>Mortalité chronique des enfants de moins de 12 mois</i>	< ou = à 18

Source : Rabl (2003)

Ces valeurs sont calculées à partir de l'étude de cohorte de Pope (2002) qui définit le risque relatif de décès toute cause pour une augmentation de pollution moyenne de 10 μgr de PM 2.5 / m^3 sur la période 1979-2000. La prise en compte d'une unique étude épidémiologique peut être critiquée mais l'étude retenue confirme également les résultats antérieurs de Pope(1995). La qualité des résultats a été confirmée par une analyse critique de la méthodologie (Krewski 2000).

L'analyse de Rabl est menée avec les PM 2.5 comme marqueur de pollution. Il introduit un facteur de conversion (PM2.5/PM10 = 0.6) afin d'exprimer les résultats en PM 10, polluant mesuré en routine par les organismes agréés de surveillance de la qualité de l'air.

Une autre de ses conclusions est le calcul de la mortalité chronique de long terme : une réduction de 15 µgr de PM10 /m3 augmente l'espérance de vie de 4.5 mois⁵.

Dans une récente étude (WHO 2005b), l'OMS propose une perte d'espérance de vie de 8.6 mois pour la population européenne exposée à la pollution particulaire et indique que la politique actuelle de l'Union européenne dans ce domaine permettrait de gagner 2.3 mois d'espérance de vie.

L'évaluation de la valeur de l'année de vie (VAV)

Les conclusions du programme ExternE (Friedrich 2001a) aboutissent à une valeur de l'année de vie de 96 500 € pour les effets chroniques de la pollution de l'air. Cette valeur est obtenue à partir de l'actualisation à 3 % de la valeur de la vie statistique de 3.36 M€.

A partir d'autres études, le projet NewExt (Markandya et al, 2004a) préconise la valorisation de l'année de vie à 50 000 € avec un intervalle variant de 18 250 € à 151 110 €.

Dans une étude française, Desaignes et al. (2004) font part de leur recherche sur la détermination du consentement à payer par la méthode de l'évaluation contingente. Ils aboutissent à une valeur de l'année de vie (VAV) comprise entre 21 000 € et 206 000 € et valide la valeur centrale de 50 000 € proposée par le projet NewExt. Au-delà des calculs et des valeurs, Desaignes pointe la difficulté de mener une évaluation contingente pour monétariser la réduction des risques de faible probabilité. En effet, les sondés ont des difficultés à définir la valeur qu'ils attachent à la réduction de 1/1000^{ème} du risque de décès. La difficulté a été mise en évidence par l'introduction de questions ouvertes après chaque série de valeurs afin que les sondés puissent rectifier leurs réponses en fonction de l'évolution de la compréhension du problème qui leur est soumis. Egalement, les chercheurs ont pu recueillir les impressions des sondés lors d'un entretien à la fin du questionnaire informatique. Dans leur conclusion, Desaignes et al. (2004) conseillent d'utiliser des questions ouvertes à la fin du sondage afin de réduire le biais de présentation des valeurs. Ils pointent ainsi une divergence avec le rapport Arrow et Solow de 1993⁶ qui préconisait l'utilisation exclusive de questions fermées pour l'évaluation contingente des CAP.

Sur la base des travaux de Chilton et al (2004) établissant la valeur de l'année de vie par la méthode d'évaluation contingente des consentements à payer, l'administration britannique (IGCB 2004) retient une valeur de l'année égale à 43 500 € (£29 000) avec un intervalle de confiance [32 550 € - 54 300 €] pour les effets chroniques de la pollution atmosphérique.

Compte tenu de ces travaux récents, **la valeur de 50 000 € est retenue dans la présente étude comme valeur centrale de l'année de vie** applicable aux effets sanitaires de la pollution de l'air.

3.L'Evaluation monétaire par la perte d'espérance de vie

3.1.Calcul de la valeur unitaire de l'indice pollution population (IPP)

En reprenant les travaux de Rabl présentés dans le tableau n°2, il est possible de calculer la valeur de l'indice d'exposition. L'IPP est l'indice d'exposition de la population au risque de la pollution atmosphérique. Il s'exprime, dans sa forme la plus simple, en concentration et personne exposée. Sa valorisation est la suivante :

⁵ Pour une espérance de vie à la naissance - moyenne européenne homme et femme - de 76 ans. En France, la moyenne s'établit à 80.2 années (Insee Première février 2005).

⁶ ARROW K, SOLOW R, LEAMER E, PORTNEY P, RADNER R et SCHUMAN H, 1993, "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, January 1993.

$$\text{Valeur du point d'IPP} = \text{VAV} * \text{PEV} * \text{EV} * \text{Fm} * \text{Ppr}$$

avec

- VAV : valeur de l'année de vie prise égale à 50 000 €,
- PEV : perte d'espérance de vie telle que calculée par Rabl (2003) soit 351 années d'espérance de vie perdue/(espérance de vie à la naissance * concentration en PM10)/million de personnes exposées,
- EV : Espérance de vie estimée à 80.2 ans (INSEE 2005),
- Fm : facteur de morbidité, pris égal à 1.3,
- Ppr : part de la pollution routière par rapport à la pollution totale, prise égale à 0.55

On trouve :

$$\text{Valeur de l'IPP}_{\text{PM}_{10}} = 40.3 \text{ €}(\mu\text{gr PM}_{10}/\text{m}^3 * \text{personne exposée}) \quad (\text{valeur 2004})$$

Cette valorisation a pour avantage de reposer sur un nombre restreint de valeurs. Les deux premières (VAV et PEV) sont traitées par des recherches récentes présentées précédemment. Elles sont postérieures au rapport Boiteux (2001). Les deux derniers paramètres (Fm et Ppr) sont des valeurs retenues dans ce même rapport. Dans l'attente d'études sur ces deux dernières valeurs, il est proposé de reprendre les valeurs du rapport Boiteux à savoir respectivement 1.3 et 0.55⁷.

En prenant un rapport PM10/NO2 de 0.65, on obtient la valeur de l'IPP pour le dioxyde d'azote :
Valeur de l'IPP_{NO2} = 26.2 €(μgr NO2/m3*personne exposée) (valeur 2004)

La validité du rapport PM10/NO2 est discutée dans le chapitre 2 de la présente étude.

3.2. Calcul de la valeur globale de la pollution routière

Il est également possible de calculer le coût global de la pollution de l'air pour une variation de 15 μgr de PM 10 /m3 appliquée à une population de 27 millions de français. L'espérance de vie de la population française est estimée à 80.2 ans⁸. La valeur de l'année de vie retenue est de 50 000 €. Il convient d'introduire deux facteurs complémentaires, l'un pour la prise en compte de la morbidité (Fm = 1.3), l'autre pour la part des transports routiers dans la pollution totale (Ppr = 0.55).

On trouve :

$$351 \text{ années perdues} * 15 \mu\text{gr}/\text{m}^3 * 80.2 \text{ années} * 27 \text{ millions de pers.} * 50\,000 \text{ €} * 1.3 * 0.55 \\ = 408 \text{ milliards d'euros, valeur inter temporelle}$$

La comparaison avec l'approche du rapport Boiteux se fait par la prise en compte d'une actualisation sur la base d'un taux de 4%. Dans ce cas, le coefficient pris en compte est de 25.

$$\text{Impact annuel de la pollution de l'air due aux transports routiers} \\ = 16.3 \text{ milliards d'euros par an (2004)}$$

⁷ Il est à noter que le rapport Boiteux propose pour le paramètre Ppr une fourchette de 0.43 à 0.55 (citée à la page 310) et une valeur de 0.7 à la page 127. La première fourchette apparaît comme peu élevée à HUBERT (2004). Cependant, cette valeur est celle proposée par l'étude OMS (Kunzly 2000). En l'absence d'étude probante sur la question, la valeur de 0.55 a été retenue.

⁸ Insee Première 2005

II - ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Le présent chapitre précise les caractéristiques des polluants et des impacts de la pollution de l'air due aux transports routiers. Il définit les critères de choix d'un polluant comme référence pour l'analyse économique de la pollution atmosphérique. La discussion porte ensuite sur les différents paramètres pris en compte dans la valorisation monétaire réalisée au chapitre précédent, la validité de l'application des études de cohorte américaine au contexte européen ainsi que sur les relations entre les polluants. La dernière partie replace les résultats par rapport à ceux du rapport Boiteux, discute des taux de décroissance de la pollution de cette étude et propose une analyse comparée des deux méthodologies.

Résumé des points essentiels du chapitre 2 :

- La valorisation de la pollution faite dans le rapport Boiteux à 6.9 G€ redressé avec un taux d'actualisation à 4 % et la valeur moyenne de l'étude OMS de 17 600 décès aboutit à une valorisation annuelle de la pollution atmosphérique de 17 G€ proche de la valeur de 16.3 G€ obtenue par la nouvelle méthode proposée dans cette étude.
- Les trois qualités de la méthode de valorisation par l'IPP se résument à :
 - la prise en compte d'une variable continue pour la population,
 - l'utilisation d'un modèle de diffusion spacio-temporel pour calculer la concentration en polluant,
 - la combinaison de deux variables indépendantes.
- Le NO₂ est un bon marqueur de pollution alliant un ensemble de qualités pour l'évaluation des effets sanitaires de la pollution de l'air dans les projets routiers.

1. Le choix du marqueur de pollution

1.1. Synthèse des polluants et leurs effets sur la santé

Les impacts sont appréhendés au regard de la présence ou non d'un seuil de toxicité et d'exemples de valeurs moyennes en zone urbaine et rurale.

Tableau 3 : Synthèse sur les polluants et leurs effets sur la santé

Source : synthèse établie d'après Airparif (2004 et 2005b), Hubert (2004), MELT (2004), WHO (2004), AFSEE (2004), Guerin (2003)

Les oxydes d'azotes NOx (NO et NO2)

Effets sur la santé : exposition de court terme

Morbidité par altération de la fonction respiratoire, augmentation des admissions dans les hôpitaux, accroissement de la sensibilité des bronches aux infections, hyper-réactivité bronchique chez les asthmatiques, irritation de l'œil, augmentation des hospitalisations et de la mortalité

Exemple de concentration en zone urbaine :

42 µgr NOx/m3 en moyenne en 2004 dans l'agglomération parisienne

Niveaux réglementaires⁹ :

Objectif de qualité NO2: 40 µgr NO2/m3 en moyenne annuelle, seuil de recommandation et d'alerte : 200 µg/m3 en moyenne horaire

Niveau de risque :

Risque relatif d'apparition du cancer du poumon pour une exposition au NO2 due au trafic moyennée sur 30 ans, RR 1.05 [0.9-1.2] pour une augmentation de 10 *gr/m3, (Nyberg et al, 2000)

Risque relatif d'apparition du cancer du poumon pour une exposition au NOx due au trafic sur les cinq premières années du suivi sanitaire, RR 1.08 [1.02-1.15] pour une augmentation de 10 *gr/m3, (Nafstad et al, 2003)

Polluant primaire, NO2 marqueur caractéristique du trafic routier

Effets sur la santé : exposition de long terme

Réduction de la fonction pulmonaire, augmentation des symptômes respiratoires

Exemple de concentration de fond en zone rurale :

12 µgr/m3 mesurée en pollution de fond rural dans un projet routier de l'Est de la France.

Effet de seuil :

Incertain, vers 40 µgr/m3

Pollution secondaire : nitrates

Moyen de réduction des nuisances :

mise en œuvre du pot catalytique depuis 1993

Autres effets :

NO₂ participe à la formation de l'ozone, impliqué dans la formation des pluies acides et dans l'eutrophisation des cours d'eau

Les particules minces TSP et PM

Effets sur la santé : exposition de court terme

Inflammation des voies respiratoires, altération de la fonction respiratoire, effets sur le système cardio-vasculaire, augmentation de la médication, des admissions à l'hôpital et de la mortalité, morbidité : insuffisance cardiaque congestive, bronchite chronique, toux chronique chez l'enfant, symptômes des voies respiratoires inférieures, toux chez les asthmatiques, augmentation de la médication, des hospitalisations et de la mortalité

Exemple de concentration en zone urbaine :

22 µgr PM₁₀/m3 en moyenne en 2004 dans l'agglomération parisienne

Niveaux réglementaires :

Objectif de qualité PM10: 30 µgr PM10/m3 en moyenne annuelle ; valeur limite en 2005 : 50 µgr PM10/m3 en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 9.6 % du temps

Niveau de risque :

Risque de mortalité toute cause pour une exposition de 10 µgr PM 10/m3 à long terme, RR = 1.04 [1.01-1.08],(Pope et al, 2002 in AFSS 2004)

Moyen de réduction des nuisances :

mise en œuvre des filtres à particules (mesure à l'étude)

(TSP, PM 10 PM 2.5 PM 1)

Effets sur la santé : exposition de long terme

Augmentation des symptômes respiratoire, réduction des fonctions respiratoires chez les enfants et les adultes, réduction de l'espérance de vie en raison de l'augmentation de la mortalité cardio-pulmonaire et probablement des cancers du poumon

Exemple de concentration de fond en zone rurale :

15 µgr/m3 mesurée en pollution de fond rural, moyenne 2004 (Forêt de Fontainebleau)

Effet de seuil :

aucun effet de seuil n'a été mis en évidence. Si un existe, il est inférieur aux concentrations de fond.

Pollution secondaire :

les particules sont un agrégat de gaz en aérosol et de matières qui se recomposent rapidement. Les modèles de diffusion doivent prendre en compte l'évolution de la pollution et du diamètre des particules. Les modèles gaussiens sont de faible qualité pour les particules.

Le dioxyde de soufre SO₂

Effets sur la santé : exposition de court terme

Polluant caractéristique de la pollution industrielle et du chauffage résidentiel

Effets sur la santé : exposition de long terme

⁹ La réglementation française, issue de l'application des directives européennes, considère des valeurs limites, un objectif de qualité, un seuil de recommandation et d'information et un seuil d'alerte. Pour chaque classe de référence, les valeurs réglementaires peuvent varier en fonction de l'historique de la pollution des jours précédents ou de la durée de dépassement. Les valeurs réglementaires évoluent également dans le temps et sont amenées à décroître d'ici 2010. Les valeurs indiquées dans les présents tableaux ont pour objectifs de préciser le niveau de référence mais la connaissance de valeurs précises applicables nécessite de se reporter au décret n° 2003-1085.

Morbidité et mortalité proche de celles engendrées par les particules

Exemple de concentration en zone urbaine :

7 μg SO_2/m^3 en moyenne en 2004 dans l'agglomération parisienne

Niveaux réglementaires :

Objectif de qualité SO_2 : 50 μg SO_2/m^3 en moyenne annuelle, seuil de recommandation et d'alerte : 300 μg SO_2/m^3 en moyenne horaire

Niveau de risque

Risque relatif de cancer du poumon attribuable au chauffage moyenné sur 30 ans pour une augmentation de 10 μg SO_2/m^3 : $\text{RR} = 1 [0.96-1.05]$, (Nyberg et al, 2000 in AFSSE 2004)

Nafstad et al (2003) in AFSSE (2004) ne trouve pas d'association entre le SO_2 et le cancer du poumon

Morbidité et mortalité proche de celles engendrées par les particules

Concentration de fond en zone rurale :

Effet de seuil :

Inconnu à ce jour s'il existe

Pollution secondaire :

Le SO_2 se transforme en acide sulfurique en présence d'humidité et contribue au phénomène des pluies acides

Moyen de réduction des nuisances

réduction de la teneur en soufre des carburants, la pollution soufrée a fortement chuté depuis trente ans en raison de l'action sur les sources fixes, du choix énergétique français et de la réduction des composés soufrés dans les carburants

L'ozone O_3 :

Effets sur la santé : exposition de court terme

Réduction de la fonction respiratoire, apparition de symptôme respiratoire, réaction inflammatoire des poumons, augmentation de la médication, des hospitalisations et de la mortalité, effet de l' O_3 est amplifié par l'activité physique, action de l'ozone au moment des épisodes de pollution

Exemple de concentration en zone urbaine :

41 μg O_3/m^3 en moyenne en 2004 dans l'agglomération parisienne (stations urbaines et péri urbaines), seuil d'information dépassé 2.8 fois en moyenne annuelle par station

Niveaux réglementaires :

Objectif de qualité O_3 : 110 μg O_3/m^3 en moyenne sur 8 heures, seuil de recommandation et d'alerte : 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire

Niveau de risque :

Pas d'étude probante à ce jour sur le sujet

Effets sur la santé : exposition de long terme

Réduction du développement de la fonction pulmonaire

Exemple de concentration en zone rurale :

52 μg O_3/m^3 en moyenne en 2004 en milieu rural (stations rurales régionales franciliennes), maximum de 218 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en juillet 2004, seuil d'information dépassé 3.6 fois en moyenne annuelle par station

Pollution secondaire :

l'ozone est un polluant secondaire issu des précurseurs NO_x et COV sous l'action du rayonnement solaire UV et par vent faible.

Moyen de réduction des nuisances :

passer par la réduction de la concentration des précurseurs de l' O_3

Les Composés organiques volatils (COV) :

Effets sur la santé : exposition de court terme

Gêne olfactive, irritation par les aldéhydes, réduction de la capacité respiratoire

Exemple de concentration en zone urbaine :

1.3 µgr C₆H₆/m³ en moyenne en 2004 dans l'agglomération parisienne

Niveaux réglementaires :

Objectif de qualité Benzène: 2 µgr/m³ en moyenne annuelle ; valeur limite en 2005 : 5 µgr/m³ en moyenne annuelle.

Niveau de risque :

Pour une exposition aiguë au Benzène, la valeur toxique de référence (VTR) est de type seuil à 160 µgr/m³.

Pour une exposition chronique au Benzène avec effet cancérigène, la VTR est exprimée en excès de risque unitaire (ERU) et prend des valeurs entre 2.2 et 7.8 10⁻⁶ / (µgr*m³).

Effets sur la santé : exposition de long terme

Effets mutagène et cancérigène, le benzène est classé comme cancérigène

Concentration de fond en zone rurale :

non mesuré en routine. En effet, la mesure se fait par tubes passifs et non par analyseur en continu.

Pollution secondaire :

Les COV sont les précurseurs de l'O₃

Moyen de réduction des nuisances :

réduction du taux de Cov dans les carburants

Les métaux lourds:

Effets sur la santé : exposition de court terme

Exemple de concentration en zone urbaine :

station urbaine de Paris 1^{er} les Halles As = 600 picogr/m³ en moyenne 2004, Cd = 360 picogr/m³ en moyenne 2004

Niveaux réglementaires :

Objectif de qualité Plombs: 0.25 µgr/m³ en moyenne annuelle ; valeur limite en 2004 : 0.5 µgr/m³ en moyenne annuelle.

Effets sur la santé : exposition de long terme

Accumulation dans l'organisme, morbidité neurotoxique pour le Pb et le Hg, cancers pour le As, Cd, Cr, Ni

Exemple de concentration de fond en zone rurale :

pas de mesure disponible pour le région parisienne

Autre pollution :

contamination des sols par les métaux lourds issus de la pollution atmosphérique par les transports routiers.

Le monoxyde de carbone CO:

Effets sur la santé : exposition de court terme à dose faible¹⁰

Trouble cardiaque, nausée, céphalée, trouble de la vigilance, insuffisance cardiaque congestive chez les personnes âgées

Exemple de concentration en zone urbaine :

Moyenne 2004 à la station urbaine de Paris 1^{er} Les Halles = 500 µgr/m³, maximum sur le station trafic Place Victor Basch = 4900 µgr/m³ sur 8 heures

Niveaux réglementaires :

Valeur limite: 10 000 µgr/m³ en moyenne sur 8 heures

Effets sur la santé : exposition de long terme

Exemple de concentration de fond en zone rurale :

¹⁰ De fortes doses de CO provoquent des troubles généraux comme des nausées, des vertiges et des fatigues pouvant conduire à une altération de la conscience, au coma et à la mort. Le CO, gaz inodore, a une grande affinité pour les protéines transportant l'oxygène dans le sang.

1.2. Quels critères de choix pour un polluant de référence ?

La pollution de l'air présente de multiples formes en fonction de l'émission des sources fixes ou mobiles, des conditions climatiques, du mouvement des masses d'air tant horizontal que vertical et de l'ensoleillement dont l'action transforme les polluants primaires en polluants secondaires (formation de l'ozone par exemple). Au-delà de la dispersion et des transformations temporelles, l'impact de la pollution dépend de la présence de population soumise à cette pollution.

Vouloir rendre compte d'un niveau de pollution nécessite de choisir un indicateur qui résumera l'état de l'atmosphère à un endroit donné pour un objectif précis. Les objectifs sont variables suivant que l'on veuille informer le public, suivre la pollution industrielle, révéler les valeurs toxicologiques ou connaître les impacts épidémiologiques.

L'information du public sur la qualité de l'air, rendue obligatoire par la loi n° 96-1236 de 1996 sur la l'air, utilise l'indice ATMO élaboré à partir de la mesure de concentration dans l'atmosphère de 4 polluants : l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et les particules (PM₁₀). Une grille¹¹, qui est fonction du niveau de qualité, des seuils d'information et d'alerte et du niveau limite, permet de classer les concentrations observées pour chaque polluant sur une échelle de 1 (très bon) à 10 (très mauvais). L'indice ATMO, objet d'une diffusion à destination du grand public, est la plus forte des valeurs ainsi obtenues.

L'histoire de la surveillance des pollutions atmosphérique a aussi une incidence sur les indicateurs de pollution actuellement utilisés. Le développement industriel des années 50 et 60 s'est accompagné d'une forte progression de la pollution soufrée (SO₂). Les années 80 ont vu le dépérissement forestier attribué aux pluies acides. La réglementation a imposé des normes d'émission par l'intermédiaire des déclarations et des autorisations au titre des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). La teneur en soufre des produits pétroliers a également été réglementée. Les capteurs de la pollution soufrée se sont multipliés. La mesure de ce paramètre est répandue sur de longues périodes d'observation de plus de trente ans.

Des valeurs faibles sont maintenant mesurées sur le polluant soufre en raison des dispositifs réglementaires pris depuis plus de trente ans.

La pollution particulaire (TSP et PM) s'est par contre développée pendant les années 1980. Sa mesure est plus récente et les séries de données sont plus restreintes et ne sont complètes que depuis le début des années 1990.

La pollution atmosphérique est caractérisée par l'évolution de la nature des polluants et nécessite la révision régulière des indicateurs mesurés et représentatifs afin d'anticiper et adapter les moyens de mesure et les dispositifs de surveillance.

L'analyse toxicologique des substances a fait l'objet d'une synthèse élaborée par un groupe de travail du ministère de la santé (2004) chargé d'identifier les dangers et de caractériser les relations doses-réponses dans le domaine des transports. Ses objectifs étaient de vérifier l'existence d'informations pour une évaluation quantitative des risques sanitaires, à savoir l'existence de données sur les facteurs d'émission (FE) et sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de classer les polluants par ordre de dangerosité intrinsèque décroissante. Pour chaque polluant, le facteur d'émission (FE) a été rapproché de la valeur toxicologique de référence (VTR) pour évaluer son danger potentiel relativement aux autres polluants. Pour les expositions aiguës et les risques chroniques non cancérigènes, le classement des substances

¹¹ Arrêté du 22 juillet 2004

s'est effectué sur la base du rapport du facteur d'émission (FE) par la valeur toxicologique de référence sous forme de valeur seuil¹². Par contre pour les risques chroniques cancérogènes, la classement repose sur le produit du facteur d'exposition (FE) par la VTR sous forme d'excès de risque par unité de dose d'exposition¹³.

Tableau 4 : Rang de classement des substances pour leur prise en compte dans les évaluations du risque sanitaire, cas du trafic urbain

Substance	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérogènes	Exposition chronique par voie orale, effets cancérogènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérogènes	Exposition chronique par voie orale, effets non cancérogènes
Acroléine	1			1	
Dioxyde d'azote	2			2	
Dioxyde de soufre	3				
Benzène	4	5		10	
Particules diesel		1		3	
Chrome		2			4
Formaldéhyde		3		5	
1,3-butadiène		4		4	
Acétaldéhyde		6		6	
Nickel		7		7	7
Cadmium		8		9	2
Benzo[a]pyrène		9	2		
Arsenic		11	1		6
Plomb				11	1
Mercurure					3
Baryum					5

Source: synthèse établie d'après Ministère de la santé (2004)

Le tableau se lit ainsi : les acroléines sont au premier rang pour leur impact sur la santé en cas d'exposition aiguë et d'exposition chronique par inhalation, effets non cancérogènes. Les particules diesel arrivent au premier rang pour les impacts sur la santé par exposition chronique par inhalation avec effets cancérogènes et au troisième rang pour les effets non cancérogènes.

La classification des substances proposées par le ministère de la santé (2004) dans le cadre des études d'impact d'infrastructures routières est synthétisée dans le tableau 4 ci-dessus.

Les principales substances toxiques sont les acroléines, le dioxyde d'azote, les particules diesels, le chrome, le plomb, le cadmium, l'arsenic et les benzo[a]pyrène. Le benzène a été retenu pour ses effets cancérogènes et ses autres types d'effets et d'exposition en raison de son caractère prioritaire établi par le Plan National Santé Environnement.

L'étude menée par le CETE Méditerranée (2003) relative à la dispersion de la pollution aux environs d'une route et aux risques sanitaires, étudie l'exposition des populations par rapport à 4 polluants le NO₂, le benzène, le CO et les PM 10. Elle étudie les différents cas de trafic (standard et saturé) aux horizons 2000 et 2020. Cette étude montre que le benzène, polluant à effet cancérogène reconnu, dépasse l'excès de risque individuel (ERI) de référence défini par l'OMS pour la qualité de l'air à savoir 10⁻⁵. Les valeurs trouvées sont de 1.5*10⁻⁵ environ tant en situation actuelle qu'en 2020. Pour le NO₂, le quotient de danger (QG) est supérieur à 1 (effet toxique pouvant se déclarer pour les populations sensibles) en situation actuelle mais devient inférieur à 1 (effet toxique peu probable) à l'horizon 2020.

Les études épidémiologiques se sont intéressées à trouver des indicateurs de pollution atmosphérique dont la variation serait représentative des impacts de la pollution sur la santé des populations.

Pope (1996 et 2002) a retenu de nombreuses substances dans ces études (PM_{2.5}, PM₁₀, PM₁₅, PM_{1.5-2.5}, TSP, SO₂, NO₂, Sulfate, CO et Ozone). Il démontre puis confirme à partir

¹² Pour une exposition aiguë au Benzène, la valeur toxique de référence (VTR) est de type seuil à 160 µgr/m³.

¹³ Pour une exposition chronique au Benzène avec effet cancérogène, la VTR est exprimée en excès de risque unitaire (ERU) et prend des valeurs entre 2.2 et 7.8 10⁻⁶ / (µgr*m³).

d'études de cohortes menées pendant 16 ans (1982-1998) l'association entre la mortalité toute cause, la mortalité cardiorespiratoire et la mortalité par cancer du poumon avec la variation des PM 2.5 de 10 µgr/m³. Pour les autres substances, la corrélation dose-effet est faible ou non significative. La qualité des études de Pope sert de base à la plupart des études estimant la perte d'espérance de vie due à la pollution par les transports routiers (Kunzli 2000, Rabl 2003). Le polluant PM 2.5 est utilisé comme un marqueur de pollution et non comme facteur causal du risque de surmortalité.

La modélisation des polluants gazeux permet de prévoir les concentrations en polluant suite à la mise en service d'un projet. Les modèles servent à calculer la dispersion de la pollution atmosphérique à partir de sources fixes ou mobiles qui peuvent être sous forme ponctuelle (usines) ou linéaire (routes). Leur utilisation est cependant encore complexe et requiert des connaissances en matière de pollution atmosphérique et un savoir-faire dans la maîtrise des logiciels de calcul. Au-delà de la qualité du modèle, la validité des résultats obtenus dépend de la qualité des données de base recueillies à savoir le trafic et ses variations, les sources d'émission, la météo et les niveaux de pollution de fond.

Le principal logiciel de modélisation utilisé par les services du ministère de l'équipement dans les projets routiers est ADMS (Atmosphérique Dispersion Modelling System). La distribution des concentrations est de type gaussien en conditions stables et neutres et non gaussien dans sa composante verticale en cas de conditions turbulentes. Ce logiciel intègre un pré programme qui compile la météo ainsi qu'un modèle de chimie de l'atmosphère pour les NO_x, l'O₃ et les COV. Le logiciel intègre également la modélisation des bâtiments (rue canyon) et de la topographie. Cependant, ce logiciel de modélisation est limité pour le traitement de la pollution particulaire dont l'évolution spatio-temporelle est encore mal comprise. Les polluants gazeux modélisables sont le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azotes (NO_x), le benzène (C₆H₆), le dioxyde de soufre (SO₂) et dans une moindre mesure les polluants particuliers.

Le niveau d'émission est aussi un facteur pour le choix d'un marqueur de pollution. En effet, les niveaux de dioxyde de soufre (SO₂) ont fortement chuté depuis l'interdiction des composés soufrés dans les carburants. L'analyse de la pollution dans les projets routiers se trouve face au paradoxe de ne pouvoir distinguer la situation de référence sans projet de celle avec projet : les deux ayant le même niveau quantitatif. Le polluant n'est plus significatif du projet.

Tableau 5 : Synthèse sur le choix des marqueurs de pollution adaptés à l'analyse économique

	Type primaire	Mesure	Toxicologie	Epidémiologie	Modélisation	Niveau d'émission prévisionnel
Dioxyde de soufre	+	+	++	+	++	-
Dioxyde d'azote	+	+	++	+	++	+
Ozone	⁻¹⁴	+	nc	nc	-	++
Particules						
Particules diesel		+	++			
Particules PM 10	+/-	+	+	+	+/-	+
Particules PM 2.5	+/-	+/-	+	++	+/-	+
Benzène	+	⁻¹⁵	++	+	++	-
Métaux			++			

La synthèse multicritère du tableau 5 permet de classer le dioxyde d'azote comme principale substance marqueur de pollution, suivi du benzène et des particules. Le choix du seul benzène dans la circulaire du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la

¹⁴ Polluant secondaire

¹⁵ Mesure par tube passif

pollution de l'air peut apparaître satisfaisant sur la seule base de la toxicologie. Cependant ce n'est pas le meilleur choix pour l'analyse économique des projets routiers. **L'utilisation du NO2 comme marqueur de pollution est un bon compromis.** Les particules sont de moins bons marqueurs de pollution en raison de la difficulté à modéliser l'évolution spatio-temporelle de leur composition.

2. Discussion sur les Hypothèses

Le choix de la population à risque

La valorisation de l'impact par la méthode de la perte d'espérance de vie (PEV) repose sur la prise en compte de la population exposée au risque. Elle a été évaluée à 27 millions de personnes correspondant aux 57 unités urbaines de plus de 100 000 habitants telles que calculées par l'Insee. Ce choix repose sur la distinction entre deux types de population, l'une urbaine soumise aux concentrations de PM 10 et NO2 les plus élevées, une autre rurale dont l'exposition à ces polluants est plus faible. Ce choix est lié à la dose de pollution de 15 µgr/m³ pris en compte dans l'analyse.

Une analyse plus détaillée de l'exposition aux risques aboutit à des valeurs similaires. En effet, en considérant que 27 millions de personnes en zone urbaine sont soumises à une pollution moyenne de 22 µgr de PM10 /m³ et que le reste de la population soit 33 millions est soumise à une pollution de 15 µgr/m³ typique des zones rurales, nous obtenons une valorisation de l'impact de la pollution routière de 17.5 G€ pour une réduction respective de 10 µgr/m³ et de 5 µgr/m³ en zones urbaines et rurales. Cette valeur est proche de 16,3 G€ obtenue par la valorisation de l'IPP.

Egalement, l'étude AFSSE (2004) retient une population urbaine de plus de 30 ans soumise à la pollution atmosphérique de 26.9 millions de personnes.

Le choix de la dose de pollution

La dose de 15 µgr de PM 10 /m³ est une valeur agrégée qui, combinée à une population exposée au risque de 27 millions, donne un résultat similaire à une modélisation discriminant les populations urbaines et rurales.

Ari Rabl (2003) retient également cette valeur de 15 µgr/m³ dans l'application de ses travaux sur la détermination de la perte d'espérance de vie. Cette valeur représente un abattement de pollution de l'ordre de 50 à 70 % par rapport aux concentrations communément rencontrées en milieu urbain à savoir 22 µgr/m³.

L'application des études épidémiologiques de Pope au contexte français

L'étude épidémiologique de cohorte de Pope (1995) menée entre 1979 et 1983 a fait l'objet d'un long débat au sein du groupe de travail Boiteux (2001). Pour les uns, les travaux de Pope fournissent la meilleure relation dose-effet sur laquelle on puisse appuyer une évaluation économique. Pour les autres, les conséquences économiques d'une telle étude sont si importantes qu'elle mérite confirmation. Ces derniers estiment également discutables la transposition au contexte européen des corrélations trouvées dans le contexte de villes industrielles américaines.

Depuis les travaux du groupe Boiteux, trois nouveaux points viennent confirmer la qualité de l'étude initiale.

Tout d'abord, Pope a confirmé ses premiers résultats par une seconde publication (Pope 2002) où il indique une relation entre la concentration en PM 10 et la mortalité toute cause. Pour

l'ensemble de ses deux périodes d'étude, il évalue le risque relatif (RR) à 1.06 [1.02-1.11] soit un niveau légèrement supérieur au résultat de sa première analyse (RR = 1.04).

Egalement, Krewski (2000) a validé la méthodologie et les résultats de Pope (1995). Il conclut à l'existence d'une « association forte et robuste entre la mortalité et les particules, les sulfates et le dioxyde de soufre ».

Enfin, l'étude AFSSE (2004) transpose les résultats de Pope au contexte urbain français moyennant un certain nombre de précautions dont la population considérée à savoir celle des adultes de plus de trente ans et l'utilisation de la valeur moyenne des risques relatifs des deux périodes d'étude de Pope.

La relation entre les polluants

Les études épidémiologiques de long terme donnant les fonctions doses-effets sont en nombre restreint. Elles établissent principalement des relations entre les PM 2.5 et la mortalité toute cause pour une exposition continue de 10 µgr/m³ de PM 2.5 (Pope 1995, 1996, 2002 confirmé par Krewski 2000). Nyberg (2000) a établi une valeur de risque relatif de cancer du poumon pour l'exposition continue au NO₂. Cette étude ne donne pas d'indication quant au risque « toutes causes confondues ». Nafstad (2003) propose également des valeurs de risque pour le cancer du poumon dû aux oxydes d'azote. Les études donnant des valeurs « toutes causes » sont donc restreintes aux travaux de Pope mais peuvent être considérées comme robustes depuis l'analyse critique de Krewski (2000).

Cependant, l'application de ces valeurs de risque est délicate en raison de choix du marqueur de pollution à savoir les PM 2.5. En effet, les PM 2.5 sont rarement mesurées dans les stations automatiques qui enregistrent principalement les PM 10, les NO_x, le SO₂ et l'O₃. Il convient donc d'établir des relations entre les PM 2.5 et les autres polluants habituellement mesurés à savoir les PM 10 et les NO₂. Le calcul économique de monétarisation de l'Indice pollution population doit, à ce stade, recourir à des relations simples entre les polluants.

Ari Rabl (2003) propose les ratios PM_{2.5}/PM 10 = 0.6 et PM 10/TSP = 0.77 afin de trouver la perte d'espérance de vie pour une variation de pollution d'un indicateur communément mesuré par les stations fixes et mobiles à savoir les PM 10.

L'utilisation pour la méthode de l'IPP des indicateurs NO₂ et Benzène oblige à trouver une relation entre les PM_{2.5} et ces polluants. Les séries de données sont rarement établies ou complètes pour les projets d'infrastructure routière et ne permettent pas d'établir une relation fiable entre ces substances au niveau local. Proposer une relation générale est préférable afin de faciliter la réalisation des études d'impact.

Comme Rabl, la présente étude a choisi de retenir une relation simple de type linéaire. Les valeurs sont les suivantes :

Tableau 6 : Relation entre les polluants

	Proposition de l'auteur	Valeur RABL (2003)
PM 2.5/PM 10		0.6
PM 10/TSP		0.77
PM10/NO ₂	0.65	

Le choix de la valeur PM₁₀/NO₂ = 0.65 repose sur l'analyse d'un échantillon de mesures issues du suivi de la qualité de l'air par 4 associations agréées.

Tableau 7 : Bilan des concentrations moyennes de polluants, valeur moyenne annuelle 2004 (en $\mu\text{gr}/\text{m}^3$)

	PM 10	NO2	PM10/NO2
<i>Agglo Paris AIRPARIF</i>	20.0	36.0	0.57
<i>Agglo Lyon COPARLY</i>	21.2	32.9	0.65
<i>Agglo Grenoble ASCOPARG</i>	22.7	26.8	0.84
<i>Agglo Marseille AIRMARAIX</i>	28.0	32.7	0.86
Moyenne sur 26 valeurs	22.3	34.1	0.65

Le cas du Benzène est difficile à traiter car la méthode de mesure de cette substance repose sur l'utilisation de tubes passifs et non d'analyse en continue. De plus, la pollution au benzène s'est fortement réduite au cours des dernières années sous l'effet de l'amélioration des formules des carburants et il est délicat de trouver une liaison simple et stable entre les PM 10 et le benzène.

Les incertitudes et les valeurs admises

Le lien entre polluants présenté ci dessous est l'un des points d'incertitude de la méthode de monétarisation par la perte d'espérance de vie (PEV).

L'analyse de la morbidité comparée à la mortalité mériterait de **vérifier le coefficient Fm de 1.3 pris en compte dans cette étude sur les bases proposées par le rapport Boiteux (CGP 2001)**. Peu d'études récentes permettent d'apporter des éléments nouveaux sur le sujet depuis 2000.

La part de la pollution routière dans la pollution atmosphérique totale est également prise égale à la valeur proposée par le groupe Boiteux. Si la part relative aux émissions est relativement bien établie avec l'inventaire CITEPA, l'impact sur la santé de la pollution d'origine routière est discuté. Cependant, la présente étude a choisi de retenir **la valeur proposée par la commission Boiteux à savoir Ppr = 0.55**.

Le choix de retenir des valeurs de paramètre similaires à celles du rapport Boiteux permet de concentrer l'analyse sur la méthodologie, les variables essentielles à savoir la perte d'espérance de vie (PEV) et la valeur de l'année de vie (VAV), et de comparer également les méthodologies, comme proposé dans la section suivante.

3. Discussion et comparaison des résultats

3.1. Application de l'intervalle de confiance des années de vie perdues

Le travail de Rabl (2003) sur la valorisation de la perte d'espérance de vie fournit un intervalle de confiance à 95 % :

LLE = 330 années perdues / (années d'espérance de vie * $\mu\text{grPM10}/\text{m}^3$) par million de pers.

avec un **IC 95% = [110-590]**.

L'application de cet intervalle à la valorisation de l'indice IPP trouvé au chapitre 1 donne les valeurs suivantes :

Tableau 8 : Valeurs de l'IPP et intervalle de confiance à 95 % de la PEV

	Valeur de l'IPP	Intervalle de confiance à 95 %
IPP PM 10	40.3	[19 ; 70]
IPP NO2	26.2	[12 ; 46]

L'impact global de la pollution routière de 16.3 G€/an s'inscrit dans l'intervalle de confiance entre 6.1 G€ et 28.4G€, fourchette comprenant les valeurs rapportées dans le rapport Boiteux (2001 p116).

3.2. Comparaison des résultats avec les valeurs du rapport Boiteux

Le rapport Boiteux (2001) propose de mener **une analyse sur la base d'un intervalle de +/- 70 %** afin d'atteindre la valeur de l'étude CADAS établissant le nombre de victimes à 3000 personnes par an et la moyenne de l'étude OMS de 17600 morts. La valeur moyenne de l'impact de la pollution, issue du rapport Boiteux, de 6.9 G€/an est ainsi encadrée par 2 G€ et 12 G€/an.

On remarque aussi que la prise en compte de la valeur moyenne OMS, qui correspond à la valeur haute de l'intervalle de confiance préconisé par Boiteux (+70%) aboutit à trouver une valeur inférieure de 26 % à l'approche par la perte d'espérance de vie (16.3 G€/an).

L'application d'un taux d'actualisation de 4 % au lieu de 8 %, comme proposé par un nouveau rapport du Commissariat général du plan (2005), réévalue le coût annuel de la pollution routière de 6.9 G€ à 10.2 G€/an.

$10\ 600 \text{ décès/an} \times 3.0 \text{ M€/décès} \times 1.3 \times 0.41 \times 0.6$ soit un total de valeur annuelle de l'impact de la pollution de l'air de **10.2 milliards d'€ par an (2000)**¹⁶

Ce chiffre de 10.2 milliards d'euros peut donc être comparé avec la valeur issue de la méthode de la perte d'espérance de vie (PEV) dans laquelle nous avons retenu un taux d'actualisation de 4 %. La valeur Boiteux est inférieure de 37 % à la valeur issue de l'approche PEV (16.3 G€/an).

En combinant ces deux effets, on note la cohérence de la valorisation de l'impact de la pollution par la méthode de la perte d'espérance de vie avec l'approche faite dans le rapport Boiteux. Cette cohérence est établie sous réserve de la prise en compte :

- de la valeur moyenne de la mortalité OMS, et non plus de la borne inférieure de l'intervalle de confiance,
- et d'un taux d'actualisation de 4 % comme recommandé par la récente analyse du Plan (CGP 2005), et non plus d'un taux d'actualisation de 8 %.

Le choix du Président Boiteux de retenir la valeur basse de IC 95% ne se comprend que dans le choix stratégique de proposer une position consensuelle et équilibrée entre deux méthodes, dont la validité n'avait pu être tranchée à l'époque. L'évolution de la connaissance (Pope 2002, Nafstad 2003, Nyberg 2000, Krewsky 2000) a confirmé la solidité des valeurs OMS présentées par Kuntzli (2000). Elle rend maintenant obsolètes les précautions du rapport Boiteux.

¹⁶ Comparé à un taux de 8 %, le passage à un nouveau taux d'actualisation de 4 % réduit la préférence pour le présent et augmente la valeur de la vie à 3 milliards d'Euros. Le coefficient de passage des accidents de la route aux effets sanitaires de la pollution est également affecté par la réduction du taux d'actualisation. Il est réduit à 0.41.

Ainsi, la valorisation de l'impact de la pollution atmosphérique d'origine routière à 16.3 milliards d'€ par la méthode de la perte d'espérance de vie est comparable à celle calculée à partir des valeurs du rapport Boiteux redressées soit 17 milliards d'€

3.3. Discussion autour du taux de réduction annuel de la pollution de la méthode Boiteux

Présentation de l'analyse

La baisse des émissions de polluants par les transports est prise en compte dans les principes de calcul établis par le rapport Boiteux (Commissariat général au plan 2001 pp 124-125). Dans ce document est introduite une décroissance annuelle d'un rythme de 9.8 % pour les voitures particulières et les véhicules légers et de 6.5 % pour les poids lourds soit une baisse respective de - 86 % et - 74 % entre 2000 et 2020. Cette variation serait justifiée par la conjugaison de progrès techniques sur les carburants et les moteurs sous l'effet du renforcement des normes européennes et des réglementations nationales et par le renforcement des contrôles techniques.

La prise en compte de ces valeurs a une influence prépondérante sur les résultats des études d'impacts sanitaires. Elles prévoient une baisse sensible des pollutions dues aux transports et nombre d'études concluent à un impact mineur des projets routiers sur l'environnement.

La présente section discute la tendance à la baisse et le rythme de cette réduction pour les principaux polluants. Elle s'attache à établir une comparaison rétrospective des émissions et de la qualité de l'air depuis dix ans entre 1995 et 2004. Plusieurs séries de données servent de base à l'analyse.

- La première est une **modélisation des émissions** des véhicules issue du rapport « AutoOil 2 » de la Commission européenne et des études du programme COPERT III (Commission européenne 1999). Cette modélisation propose des émissions de pollution solide reposant sur une prospective intégrant les évolutions technologiques et réglementaires.
- La seconde série est issue **d'inventaires développés par le CITEPA** à partir des données du système national d'inventaire d'émission de polluants atmosphériques (SNIÉPA) basées sur les principes établis dans le programme CORINAIR (CITEPA 2004). La série est un inventaire normalisé au niveau européen afin de faciliter les comparaisons entre les Etats. Elle englobe tous les secteurs d'activité produisant de la pollution y compris le secteur des transports dont la route.
- La troisième série est composée des **mesures réalisées par AIRPARIF** pour suivre la qualité de l'air dans la région parisienne (AIRPARIF 2005). Elle a été sélectionnée en raison de la nature des mesures avec l'existence de stations « trafic » mesurant une pollution principalement routière et de stations de fond mesurant la pollution générée par l'ensemble des sources. La série présente une homogénéité des mesures et du traitement des résultats. La représentativité de cette série peut être discutée. Elle mesure le NO₂ et non les NO_x, polluant objet de la comparaison.

Les deux valeurs Boiteux (- 9.8 %/an pour les VP et -6.5 % pour les PL) sont des valeurs issues d'une synthèse de groupe ayant pour objectif de réviser la monétarisation des effets de la pollution des transports. Ce travail a principalement porté sur l'analyse et le choix des fonctions doses-réponses et non sur l'analyse du taux de décroissance des émissions de la pollution routière.

Les indicateurs de pollution retenus se limitent à ceux communément présentés dans les projets routiers à savoir le SO₂, les NO_x, les particules PM 10, le CO et les COV dont le benzène. Les polluants secondaires comme l'ozone (O₃) sont rarement étudiés dans les projets

routiers en raison de cinétiques d'apparition délicates à maîtriser en modélisation. Leur étude est donc limitée aux projets comportant un volet recherche et développement.

Discussion des résultats

La discussion porte sur la pertinence des coefficients préconisés par le rapport Boiteux (CGP 2001) pour prendre en compte la réduction de la pollution dans l'évaluation des coûts. Ces coefficients sont de - 9.8%/an pour les véhicules légers et de - 6.5 % pour les poids lourds.

-b1- Deux types de polluants se dégagent

Convergence pour le CO, COV et SO₂

On note une bonne convergence des séries de valeurs pour le CO, les COV et le SO₂ avec la réduction annuelle de - 9.8 %. Le CO est un marqueur de la pollution routière en raison de la part des transports dans la production de ce polluant (34%).

Divergence pour les NO_x et les PM₁₀

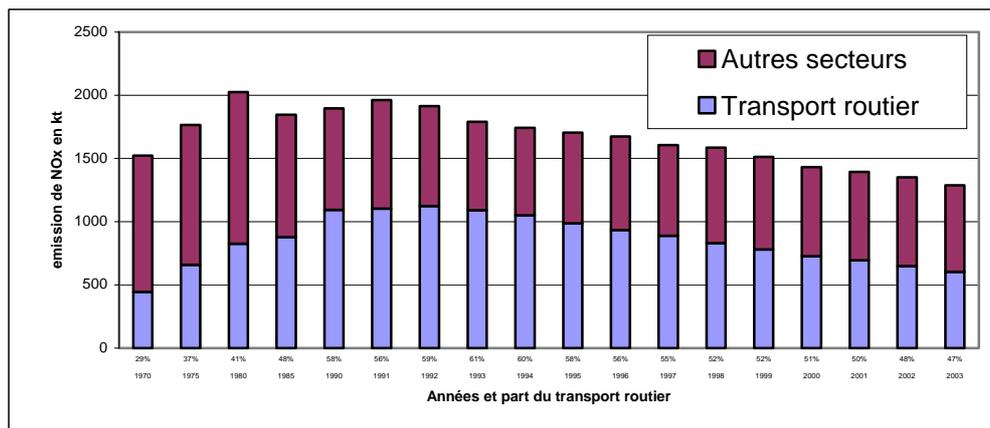
Par contre, on note une hétérogénéité des résultats sur le NO_x et les PM₁₀ avec une divergence de 6 à 8 points entre la série COPERT III et l'inventaire CITEPA comparé entre 1995 et 2004. La valeur Boiteux est inférieure à la série CITEPA de 3.5 % pour les NO_x et de 6 % pour les PM 10. A l'horizon d'analyse des projets routiers, soit 20 ans, cette différence induit des variations des quantités de pollution du simple au double pour les NO_x et de 1 à 4 pour les PM 10. La sensibilité de la population à ces polluants est attestée par des études épidémiologiques (Pope 1996). Le choix du taux annuel de réduction de la pollution est donc primordial dans l'évaluation des coûts.

Les divergences constatées sont confirmées par les séries de mesures AIRPARIF sur les NO₂ qui montrent soit un niveau constant de NO₂ à proximité immédiate du trafic, soit une baisse similaire à celle de la série CITEPA pour la pollution de fond.

Les différences constatées peuvent s'expliquer par le fait que les NO_x et les PM 10 sont des polluants principalement primaires mais qu'ils se recombinaient rapidement avec d'autres substances (cas des PM 10) et sont également produits par recombinaison (cas du NO₂).

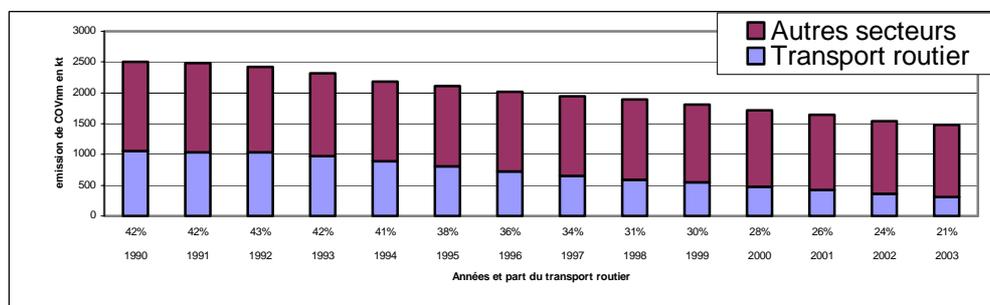
Cette analyse invite à proposer la différenciation des valeurs de la réduction annuelle des pollutions routières en fonction du polluant.

Tableau 9 : Evolution des émissions de NOx



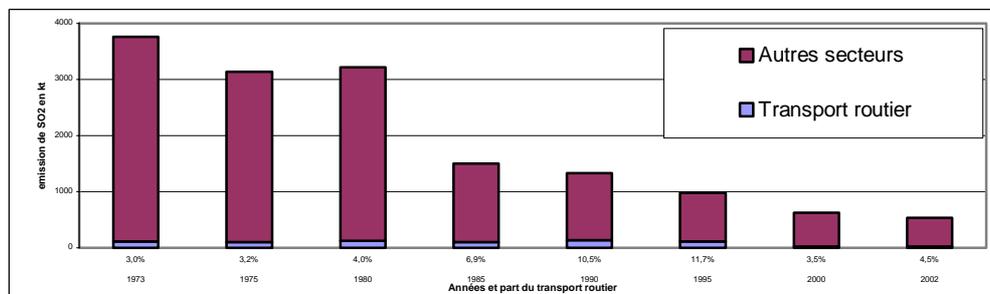
Sources : CITEPA (2004) / CORALIE / format SECTEN, mise à jour de février 2004

Tableau 10 : Evolution des émissions de COVnm



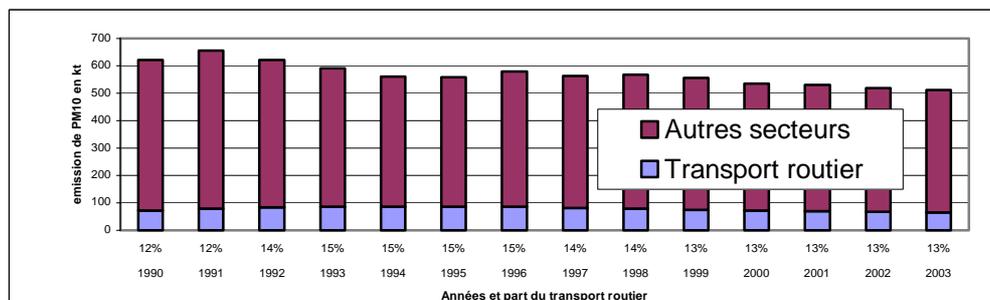
Sources : CITEPA (2004) / CORALIE / format SECTEN, mise à jour de février 2004

Tableau 11 : Evolution des émissions de SO2 depuis 30 ans



Sources : CITEPA / CORALIE / format SECTEN, mise à jour de février 2004

Tableau 12 : Evolution des émissions de PM 10



Sources : CITEPA (2004) / CORALIE / format SECTEN, mise à jour de février 2004

b2- La distinction des PL et des VL.

La distinction entre les deux types de véhicule n'apparaît pas comme indispensable dans l'analyse. En effet, la série COPERT III repose sur un parc moyen de véhicule renouvelé annuellement, la série CITEPA et les mesures AIRPARIF considèrent les évolutions des rejets du secteur transport dans son ensemble, sans distinction de la catégorie de véhicule.

-b3- L'accroissement de la circulation et de la consommation de carburant

Entre 1995 et 2004, la circulation routière en véhicule-kilomètre parcouru a cru au rythme moyen annuel de 2%. Sur la même période la consommation de carburant a connu une augmentation plus faible de 0.8 % par an (MELT 2004). L'accroissement du trafic est inclus dans l'inventaire CITEPA et les valeurs AIRPARIF. Par contre, la série COPERT III et la valeur Boiteux n'intègrent pas cette variation.

Les valeurs corrigées proposées ci dessous sont hors accroissement de la circulation.

-b4- Proposition de réduction des coûts

Le rapport Boiteux (p 133 repris par instruction-cadre du 25 mars 2004) propose, « en attendant de disposer d'éléments plus précis » que le coût de la pollution évolue comme la concentration des polluants majorée de l'évolution de la valeur de la vie humaine prise égale à « l'augmentation de la dépense de consommation des ménages »¹⁷. Le rapport propose la valeur de 8 % par an intégrant une inflation annuelle de 2 %

Tableau 13 : Proposition d'évolution annuelle des coûts des polluants par la méthode Boiteux

Polluants	Variation des concentrations de polluants émis par les transports (%/an)	Evolution annuelle des coûts proposée par Boiteux (2001) (%/an)	Evolution annuelle des coûts proposée par l'auteur (%/an)
SO2	- 9.8	- 8 %	- 8 %
CO	- 9.8	- 8 %	- 8 %
COV	- 9.8	- 8 %	- 8 %
NOx	- 4.5 à 7.0, proposé à 6 %	- 8%	- 4%
PM 10	-4.2 à 7.0, proposé à 6 %	- 8 %	- 4 %

La valeur Boiteux est conservée pour le SO2, CO et COV.

En conclusion de cette analyse, la réduction des coûts de pollution pratiquée par la méthode Boiteux pour tenir compte de la réduction des émissions de polluant apparaît comme incertaine et discutable. L'analyse comparative peut être élargie à celle des méthodes.

¹⁷ Cette augmentation est prise égale à l'indice des prix à la consommation calculé par l'INSEE.

3.4. La supériorité conceptuelle de l'approche IPP

La discussion sur la modélisation de la décroissance temporelle de la pollution dans la méthode Boiteux rend nécessaire une comparaison plus globale des deux méthodes. Elle se résume dans les deux tableaux suivants. Le premier compare la méthode proposée par Boiteux et l'approche IPP. Le second tableau compare les méthodes d'évaluation des valeurs tutélaires.

Les méthodes de valorisation

Tableau 14 : Comparaison des méthodes de valorisation monétaire

Méthode Boiteux	Méthode IPP
<p>Calcul du trafic Détermination des valeurs de trafic relatives à la circulation en situation de référence avec et sans projet Modèle de trafic Résultat en véhicules.km</p>	<p>Calcul d'une concentration Modélisation de la concentration en fonction des résultats des études de trafic et de la dispersion des polluants Modèle de dispersion Résultats en $\mu\text{g}/\text{m}^3$</p>
<p>Choix d'une classe de densité de population (rase campagne, urbain diffus, urbain dense) Résultat : choix d'une valeur unitaire (variable discontinue)</p>	<p>Calcul de la population par maille (par comptage ou par estimation) Résultat : valeur de population (variable continue)</p>
<p>Application d'un modèle de décroissance temporelle de la pollution (-8%/an, modèle sommaire) appliqué aux valeurs monétaires unitaires Résultats : nouvelles valeurs monétaires unitaires</p>	<p>Calcul de l'indice d'exposition de la population à la pollution</p>
<p>Calcul de la valeur monétaire Trafic par la valeur unitaire réduite de la baisse de pollution Résultats : valeur monétaire annuelle en euros</p>	<p>Calcul de la valeur monétaire Indice d'impact par la valeur unitaire Résultats : valeur monétaire annuelle en euros</p>

La décomposition des méthodes de calcul montre que dans la méthode IPP, seules des variables continues de premier ordre, à savoir la concentration et la population, sont modélisées, calculées ou estimées. La variable temporelle est introduite dans la modélisation de la concentration à l'horizon de référence.

Par contre, la méthode Boiteux passe par des variables de second ordre comme le trafic. La prise en compte de la population est basée sur des classes et la décroissance temporelle de la pollution fait appel au modèle sommaire discuté précédemment.

Les valeurs unitaires

Tableau 15 : Comparaison des méthodes d'établissement des valeurs unitaires

Valeurs unitaires Boiteux (Top down)	Valeurs unitaires IPP (Bottom up)
Fonctions dose réponse (Pope 1996)	Fonction dose réponse (Pope 1996, 2002)
Calcul du nombre de décès (Kunzli 2000)	Calcul de la perte d'espérance de vie (Rabl 2003) en fonction de la concentration en polluant
Valeur de la vie humaine (1,5 M d'euros)	Valeur de l'année de vie (50 000 euros dans Desaignes et al 2004,)
Valorisation de l'impact total de la pollution (6.9 G€/an)	Calcul de la valeur unitaire du point d'indice IPP soit 40 euros/ IPP _{PM10} et 26 Euros/IPP _{NO2}
Grille de répartition de la circulation globale en fonction d'une pondération	
Détermination des valeurs unitaires pour chaque type de transport et de véhicule en fonction de la densité de population	

Le calcul des valeurs unitaires de la méthode IPP est une application directe des travaux de Rabl (2003). La perte d'espérance de vie est valorisée par l'intermédiaire d'une évaluation contingente récente et spécifique à l'impact sur la santé de la pollution (Desaignes et al. 2004). La valeur retenue de 50 000 €/année correspond à une valeur inter temporelle de la vie humaine de 1.3 millions d'€. Cette valeur est cohérente avec la fourchette utilisée dans le domaine des impacts sur la santé à savoir 1.0 million d'€ en cas de transport individuel et 1.5 millions d'€ pour les transports collectifs (CGP 2001).

Cette méthode est également générale et valorise le point d'IPP toute cause de pollution. La spécificité au transprt routier est obtenue par l'application d'un coefficient Ppr estimé à 0.55 chargé d'incertitude mais dont la valeur est celle retenue par le rapport Boiteux.

Le calcul unitaire par la méthode Boiteux s'appuie sur les études de Kunzli (2000). Le caractère non causal des relations doses-effets justifie la recherche d'un marqueur générique pour la pollution atmosphérique.

La valeur de la vie humaine de 1 ou 1.5 millions d'euros suivant le mode de transport est une valeur homogène avec celle prise dans les autres pays européens et déterminé par le projet ExterneE (Hubert 2004).

Par contre, la définition d'une grille de répartition des impacts de la pollution atmosphérique en fonction du mode de transport, du type de véhicule et de classes de densité de population n'est pas explicitée, ni justifiée dans le rapport Boiteux alors qu'elle conditionne les résultats obtenus. La méthode aboutit également à la production de plusieurs valeurs unitaires dont le choix revient au projeteur. On verra dans le chapitre 3 la difficulté entourant le choix de la valeur unitaire.

III - APPLICATIONS, PERSPECTIVES ET CHOIX DES VARIANTES

Ce chapitre s'attache à présenter les bases de l'analyse socio-économique dans lesquelles s'insère la monétarisation des impacts sanitaires de la pollution de l'air. Il décrit dans un premier temps l'instruction du 25 mars 2004 du ministère de l'équipement relative à la méthode d'évaluation économique préconisée dans l'analyse des projets d'infrastructure routière. Il propose ensuite une comparaison de la méthode Boiteux et celle basée sur l'IPP pour trois projets afin de situer les enjeux de la valorisation de la pollution atmosphérique. La méthode britannique d'évaluation multicritère des projets apporte un éclairage complémentaire alors qu'elle ne valorise pas l'impact sanitaire des projets routiers. Enfin, la dernière section essaye d'établir la validité de l'IPP dans le choix des variantes et de dégager la part des effets sanitaires dans le bilan socio-économique global.

Résumé des points essentiels du chapitre 3 :

- La sensibilité de la valorisation par l'IPP qui exprime les particularités de chaque variante,
- La variation des coûts des impacts sanitaires en situation future d'un facteur de 2 à 5 en raison de la faiblesse actuelle de l'évaluation,
- La faiblesse de la valeur absolue des impacts sanitaires de la pollution, comparée à celle du gain de temps,
- La nécessité d'introduire les externalités environnementales dans la formule du bénéfice actualisé en proposant une formulation plus explicite :

$$B = -(I - I_{\text{éludés}}) + \sum_{t=1}^T \frac{a_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\text{ext}_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\Delta I_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} + \frac{R}{(1+r)^T}$$

où les externalités environnementales **ext** sont exprimées à part entière. Cette expression favorise leur prise en compte.

1.L'analyse coût bénéfice comme outil de la décision publique

Le bilan économique des projets est un élément d'évaluation des infrastructures de transport. Il permet d'engager des comparaisons entre projets et entre variantes. L'analyse d'éléments différents et aussi disparates que les investissements, les gains de sécurité, la réduction de la congestion, l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé ou bien le bruit, est menée sur la base de la monétarisation, c'est à dire de la détermination d'une valeur exprimée en unité monétaire : l'euro. Un référentiel commun est ainsi établi. Il oriente par la suite les choix des solutions et des aménagements mis en œuvre. La monétarisation permet la gradation et l'ordonnancement dans les processus de choix public. L'analyse socio-économique basée sur le calcul des coûts et des bénéfices est la seule méthode à ce jour qui permette de faire une comparaison chiffrée des projets.

Cependant tous les éléments concourant ou découlant d'un projet d'infrastructure routière ne peuvent faire l'objet d'une évaluation monétaire fiable et représentative de leur valeur. Comment définir une valeur pour la perte de bio diversité ? Comment monétariser un effet de coupure du territoire ? Comment évaluer la valeur attachée à un paysage ? La science économique y travaille et le ministère de l'écologie engage régulièrement des études pour chiffrer les aménités. La difficulté pour intégrer l'ensemble des éléments montre que l'évaluation économique n'est qu'un aspect de l'évaluation des projets. Il convient de fournir aux décideurs

et à l'ensemble des parties prenantes des informations non monétaires, et parfois non quantifiables pour éclairer le choix public.

Le ministère de l'équipement a actualisé en 2004 son instruction relative aux méthodes d'évaluation des grands projets d'infrastructures de transport (Instruction du 25 mars 2004). La nouvelle instruction révisé les valeurs tutélaires retenues pour monétariser certains effets externes comme la valeur de la vie humaine, du temps, du bruit, de la pollution de l'air et de l'effet de serre sur les bases du rapport Boiteux (Commissariat général du plan 2001). Elle précise les conditions d'établissement et d'utilisation de l'évaluation économique dans le cadre des débats publics liés aux grands projets d'infrastructure. Elle définit les orientations et objectifs généraux dans la démarche d'évaluation, notamment la définition des situations de référence. Cette instruction sert de base à l'établissement des dossiers d'évaluation socio-économique des études d'impact.

1.1. Les principaux indicateurs des études socio-économiques des projets de transports routiers

Cette section présente les éléments de l'instruction du 24 mars 2005 du ministère de l'équipement à ses services.

Le bilan socio-économique se définit comme « la balance des avantages et des inconvénients monétaires et monétarisables du projet, rapportée à son coût complet ». Il analyse les effets positifs et négatifs sur les bénéficiaires qui sont:

- les clients du mode de transport ainsi que ceux des modes de transport connexe,
- les entreprises de transports et les gestionnaires des infrastructures,
- l'Etat et les collectivités locales.

Les effets externes non affectés à un groupe sont également intégrés au calcul afin de déterminer les variations de l'utilité collective.

L'avantage pour la collectivité est calculé comme la somme des avantages des différents utilisateurs diminuée des inconvénients. Cette somme est notée a_t . L'avantage est établi pour chaque année pendant la durée de vie du projet. Il est exprimé en euros constants.

Le coût initial du projet

$$I = \sum_{t=-\Theta}^0 \frac{I_{(t_0+t)}}{(1+r)^t}$$

- I est le coût initial du projet actualisé à la date t_0 car réalisé sur Θ années
- t_0 est l'année de référence prise comme celle précédant la mise en service du projet
- Θ est la durée de construction du projet
- r est le taux d'actualisation défini par le Commissariat général au plan
- $I_{\text{éludés}}$ est la somme actualisée des investissements éludés, c'est à dire des investissements qui auraient du être réalisés en l'absence de projet

Le bénéfice actualisé pour la collectivité

$$B = -(I - I_{\text{éludés}}) + \sum_{t=1}^T \frac{a_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\Delta I_{(t_0+t)}}{(1+r)^t} + \frac{R}{(1+r)^T}$$

Avec

- B est le bénéfice actualisé à l'année t_0
- ΔI_t est la variation d'investissement de gros entretien éventuel dans l'année t , investissement non pris en compte dans les dépenses initiales d'investissement,
- a_t est l'avantage économique du projet pour l'année t ,
- R est la valeur résiduelle de l'investissement en fin de période d'étude, qui est défini comme la valeur d'utilité c'est à dire la somme actualisée des avantages attendus ultérieurement diminués des coûts de maintenance. R peut être négatif comme lors d'une remise en état d'un site.

Le bénéfice actualisé à l'année t_0 peut utilement être ramené à l'année de référence 2004 par une actualisation. On a alors

$$B_{2004} = \frac{B}{(1+r)^{(t_0-2004)}}$$

Le bénéfice actualisé à l'année de référence 2004 est la valeur qui permet de comparer et d'apprécier un projet et ses variantes. Il est également l'indicateur pour confronter des projets de nature différente, établir un ordre de priorité ou un phasage. Le bénéfice actualisé est le meilleur critère de choix pour la collectivité car il compare des montants actualisés et non des ratios ou des taux.

Le bénéfice par euro investi

Ce ratio est simplement le bénéfice actualisé divisé par les investissements actualisés soit :

$$\text{Bénéfice par euro investi} = \frac{B}{I}$$

Il prend en compte la contrainte de financement des projets et permet de définir l'opportunité d'utilisation des fonds publics. Le récent rapport Lebégue relatif au taux d'actualisation et au calcul économique inter temporel (Commissariat général du plan, 2005) préconise de renforcer les mécanismes de sélection des projets de manière à mieux utiliser les deniers publics en se basant sur le ratio « bénéfice actualisé par euro public dépensé ».

Ce ratio est également intéressant pour analyser les variantes d'une infrastructure, le phasage des opérations, les délais et dates optimales de mise en service.

Le taux de rentabilité interne (TRI)

Le TRI est le taux qui permet d'annuler le bénéfice actualisé.

Un projet est habituellement considéré comme intéressant si le TRI est supérieur au taux d'actualisation défini par le Commissariat général du plan. Il compare des projets sans référence au taux d'actualisation. Il précise le caractère immédiat ou futur des avantages du projet. Pour un même bénéfice actualisé, un TRI élevé indique un projet aux avantages immédiats importants alors qu'un TRI faible montre que la durée est une composante de la réussite économique du projet.

Le taux de rentabilité immédiat

Ce ratio est le quotient de l'avantage économique de l'année de mise en service par le coût actualisé de l'investissement qui s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Taux de rentabilité immédiat} = \frac{a_{(t_0+1)}}{I}$$

Il permet de définir la date optimale de mise en service d'une infrastructure. C'est un critère de programmation et non de choix.

1.2. Les hypothèses des études socio-économiques

La comparaison nécessite l'utilisation d'hypothèses similaires afin que les résultats des divers indicateurs économiques représentent l'expression des caractéristiques des projets et puissent permettre d'élaborer un choix structuré entre eux, entre variantes et puissent également définir des choix techniques plus spécifiques (niveau de la protection anti bruit par exemple). Les hypothèses exogènes se classent en deux grandes catégories.

La valorisation des externalités

La définition des valeurs tutélaires pour le calcul économique et la valorisation monétaire des externalités ont progressé en 2001 avec les réflexions du groupe Boiteux. Les objectifs étaient moins de définir les valeurs unitaires des différentes externalités que de proposer l'intégration des coûts environnementaux aux calculs socio-économiques des projets d'infrastructure routière.

Cependant, l'accès aisé des bureaux d'études à des valeurs reconnues par l'ensemble des parties prenantes institutionnelles (ministères de l'équipement, de la santé et de l'écologie) favorise l'intégration des externalités dans les études des projets de transport. Si les débats de la commission Boiteux (CGP 2001) furent controversés sur certains points comme celui de la méthodologie de calcul de l'impact de la pollution routière, les valeurs monétaires ont néanmoins été reprises dans les instructions données aux services de l'Etat et tendent maintenant à constituer une référence communément admise.

Ces valeurs peuvent se résumer ainsi :

Tableau 16 : Principales valeurs proposées par le rapport Boiteux reprises par l'instruction-cadre du 25 mars 2004 du ministère de l'équipement

Externalités	Valorisation 2000	
Valeur du temps		
Pour les voyages interurbains, distance supérieure à 400 km	Valeur par voyageur et par heure en Euros	
Route	14.5 €	
Fer 2° Cl.	13 €	
Fer 1°Cl.	34.1 €	
Aérien	48.2 €	
Pour les voyages urbains, Valeurs moyennes pour tous les déplacements		
France entière hors Ile-de-France	7.6 €	
Ile-de-France	9.3 €	
Valeur de la vie humaine		
	En millions d'euros	
Projet de transport collectif	1.5 M€	
Projet routier	1.0 M€	
Valeur du bruit	Valorisation en % de la valeur locative des logements	
	De 0.4 % à 1.1 % en fonction du niveau de bruit	
Calculée en % de dépréciation par dB(A)		
Valeur de l'impact de la pollution routière sur la santé		
	Valeur en euro/100 véh.km	
	<i>VP</i>	<i>PL</i>
Urbain dense	2.9	28.2
Urbain diffus	1.0	9.9
Rase campagne	0.1	0.6
Moyenne	0.9	6.2
Effets de serre		
Prix de la tonne de carbone		
2000-2010	100 €/tonne de C	
après 2010	100 €/t + 3 %/an	

Source : Instructions du 25 mars 2004

Comparées aux valeurs préconisées par la précédente instruction du 28 octobre 1998, les valeurs de l'impact de la pollution routière sont réduites en rase campagne mais augmentées en milieu urbain dense d'un facteur compris entre 1.4 et 3.8 suivant la classe de véhicule.

Les paramètres macro-économiques

Les valeurs macro-économiques

Si l'instruction du 25 mars 2004 ne précise pas les valeurs à retenir pour l'évolution macro économique, elle indique néanmoins les données qu'il convient de retenir, à savoir la consommation des ménages, les données relatives au commerce extérieur, celles de l'évolution des prix, du PIB, de la production industrielle et de l'évolution des taux d'intérêt à long terme. Afin d'uniformiser ces paramètres, la direction des affaires économiques et industrielles du ministère de l'équipement est chargée de préciser leur valeur qu'il convient de retenir en l'absence de justification particulière.

Le taux d'actualisation

Le taux d'actualisation est une valeur centrale du calcul économique. Il mesure la préférence qu'ont les individus ou la collectivité pour le présent. La valeur attachée à un bénéfice touché aujourd'hui est plus élevée que le même bénéfice touché ultérieurement. Par exemple, un gain de 100 € aujourd'hui vaut plus qu'un même gain de 100 € touché demain. Pour comparer ces deux gains à des dates différentes, il convient d'appliquer l'actualisation. Dans notre cas, 100 € touchés dans un an valent aujourd'hui $100/(1+0.04)^1$ soit 96.2 €. L'actualisation sert à comparer les flux de valeur s'étalant sur différentes dates. Elle peut être comparée au taux d'intérêt qui s'applique aux marchés financiers et qui mesure la valeur future d'un euro de maintenant.

Le choix du taux est essentiel pour l'analyse. Le bénéfice actualisé d'un gain annuel de 100 euros sur 10 ans au taux de 4 % est de 844 euros alors qu'à un taux de 8 % il est de 725 euros. Cette différence explique que les taux faibles donnent plus de poids aux événements futurs. MASSE (2003) dans son analyse économique de la rentabilité des filtres à particules indique que l'équipement progressif du parc a une valeur actualisée nette (VAN) de 0.5 milliard d'euros au taux d'actualisation de 8 % alors que cette VAN est de 9.3 milliards d'euros à un taux de 4 %. MASSE utilise également le bénéfice par euro investi. Pour les véhicules particuliers, il trouve un ratio inférieur à 2 % pour un taux d'actualisation de 8 % alors que ce ratio est de plus de 20 % pour un taux de 4 % et devient, dans ce cas, comparable au ratio obtenu pour les poids lourds. En fonction du taux, les conclusions sont opposées : avec un taux d'actualisation de 8 %, l'équipement des VP en filtre à particules n'est pas intéressant alors qu'avec un taux de 4 % cette mesure apparaît comme rentable.

Cet exemple montre l'importance du choix du taux et la nécessité d'utiliser un taux commun à tous les projets pour le calcul économique.

Le choix du taux d'actualisation

Le Commissariat général du plan (2005) s'est récemment saisi de la question du taux d'actualisation à 8 % qu'il préconisait depuis octobre 1985. Ce taux faisait référence à la rentabilité marginale du capital industriel de 6 % augmentée d'une prime de risque de 2 %. Il faut en effet replacer ce choix dans le contexte économique de l'époque, caractérisé par une forte inflation, la montée du chômage, des taux d'intérêt et un déficit public élevés. Le gouvernement français de l'époque venait d'engager une politique de rigueur.

Au cours des discussions du groupe de travail du rapport Boiteux, il est apparu nécessaire de revoir le taux d'actualisation tutélaire de 8 % afin de prendre en compte les effets environnementaux des infrastructures routières dans les analyses socio-économiques. En effet, l'écrasement des impacts de long terme par l'actualisation rendait caduque la revalorisation des coûts unitaires. Le rapport Lebègue fait également état de « la vive contestation » de ce taux au cours d'un audit mené par l'Inspection des finances et le Conseil général des ponts et chaussées sur les projets d'infrastructures ferroviaires et fluviales (liaison Lyon-Turin, canal à grand gabarit Seine-Nord). Un taux élevé de 8 % ne permet pas de prendre en compte les

aspirations de développement durable qui émanent de la société car les projet sont jugés non rentables. Les conclusions du débat entourant ces deux opérations auraient pu être différentes (CGP 2005).

Le taux d'actualisation recommandé par le Commissariat général du plan a été ramené de 8 % à 4 % (CGP 2005). Le nouveau taux s'entend hors inflation et il est calculé hors prime de risque. Le risque doit être évalué par ailleurs. Le taux s'applique de manière uniforme à tous les projets publics et à tous les secteurs d'activité. Son utilisation s'accompagne aussi de la recommandation de baser le mécanisme de sélection des projets sur le bénéfice actualisé par euro public dépensé afin d'investir au mieux des intérêts de la collectivité.

Les raisons du choix de la révision du taux reposent principalement sur l'évolution du rôle de l'Etat. Il s'est progressivement désengagé de l'appareil productif pour se recentrer sur son rôle de régulateur. Aussi, le taux d'actualisation n'a t il plus besoin de se substituer au prix du marché (le taux d'intérêt) pour refléter la rareté des capitaux. Il peut ainsi se rapprocher des taux d'intérêt du marché financier à long terme actuellement proche de 4 %¹⁸. Par ailleurs, le contexte socio économique a largement changé depuis 20 ans avec l'intégration européenne et mondiale de l'économie. Cette période a également vu l'émergence des questions de développement durable et des préoccupations portées à l'environnement.

Le choix de la valeur de 4 % fait référence à des points relevant des théories économiques comme la notion d'effet de richesse et d'incertitude, la référence aux taux d'intérêt, la notion de préférence pure pour le présent ou de productivité marginale nette de l'investissement¹⁹. Finalement, les experts ont décidé de retenir une valeur consensuelle d'un « taux annuel d'actualisation de 4 %, décroissant à partir de 30 ans pour atteindre légèrement plus de 2 % dans un horizon de plus de 500 ans ».

Au niveau européen, ce nouveau taux est cohérent avec celui de nos principaux partenaires à savoir l'Allemagne (3%) et la Grande Bretagne (3.5%). Le taux retenu par la Commission européenne est de 5 %. Par contre, les institutions internationales, comme la Banque Mondiale dont l'activité s'adresse principalement à des pays en voie de développement, pratiquent des taux plus élevés de l'ordre de 10 à 12 % (CGP 2005).

1.3.La méthode d'analyse des projets routiers

Cette partie présente succinctement la méthodologie employée dans les projets routiers pour définir les besoins en trafic prévisionnel, base du dimensionnement des infrastructures et élément déterminant des études socio-économiques. Elle est issue de l'instruction du 25 mars 2004 du ministère de l'équipement à ses services.

La prévision de trafic par la modélisation. La plupart des modes de transport ont fait l'objet de modèle de prévision de trafic qui sont régulièrement mis à jour par des données récentes et des enquêtes. Ces modèles peuvent être modaux ou multi-modaux et ils intègrent pour les plus récents d'entre eux, la séparation de la qualité de service du gain de temps apporté par le projet. Dans son instruction du 25 mars 2004, le ministère de l'équipement préconise de gérer la rareté des sites en renforçant l'approche globale et intermodale.

L'étude de marché. En l'absence de prévision de trafic, il est préconisé de réaliser une étude de marché, puis de définir les parts de marché potentielles ou visées, de préciser l'évolution pendant une période transitoire puis de déduire l'évolution prévisionnelle du trafic.

¹⁸ Pour éclairer cette idée, on peut citer le rapport Lebègue (CGP 2005) : « Historiquement, le choix du taux était lié à la stratégie globale de l'action de l'Etat (...). Lors des premiers plans de modernisation, on estimait que, en période de pénurie réelle ou supposée, un mécanisme de marché ne pouvait pas répartir efficacement les ressources disponibles entre les différents usages possibles (...). Le taux d'actualisation du plan se substituait alors au prix du marché, il correspondait à un prix plus élevé reflétant cette rareté, celui qui aurait été le prix d'équilibre dans un marché véritablement concurrentiel. »

¹⁹ On pourra utilement se reporter au rapport Lebègue sur ces questions plus théoriques.

L'objet de ces deux méthodes, le modèle et la prévision, est de définir des valeurs de projets à savoir :

- *le trafic dans la situation de référence*, à savoir le trafic existant augmenté de la croissance due à l'évolution de la demande et de l'offre en transport en l'absence de projet,
- *le trafic transféré*, conquis ou perdu, sur d'autres modes de transport,
- *le trafic induit* par le projet, qui est une augmentation nette de circulation et qui traduit l'effet d'offre de transport généré par le projet.

L'horizon d'étude est normalement égale à la durée de vie technique ou économique du projet. Les projets d'infrastructure ont souvent des perspectives de long terme qui imposent des durées de vie de l'ordre de 30 ans.

La tarification des transports et des services peut avoir un effet déterminant sur le trafic, les analyses socio-économiques et la rentabilité financière pour les exploitants. Cet aspect est prépondérant sachant que la tarification peut se définir selon trois types :

- Sur la base d'une politique d'aménagement du territoire avec une péréquation entre secteurs,
- Pour une orientation de la demande par une régulation spatio-temporelle ou pour contenir une évolution de long terme dans un objectif de développement durable,
- Adapté à la concurrence, le tarif s'intègre alors dans une politique commerciale.

Les déterminants des études socio-économiques apparaissent comme complexes et élaborés. Ils mobilisent de nombreuses équipes de recherche et de développement afin de proposer des méthodes et des résultats assurant précision et pertinence tant aux paramètres de base (trafic, dispersion de la pollution, ...) qu'aux méthodes utilisées.

La section suivante propose de comparer les méthodes Boiteux et IPP d'évaluation économique des impacts sanitaires sur la base de trois projets.

2. La pratique des projets

2.1. En France

Trois volets « air » tirés d'études récentes datant de 2003 et 2004 ont été étudiés pour évaluer la pertinence de la nouvelle méthode de valorisation des impacts sur la santé par l'IPP. Ces projets, transmis par les CETE (services du ministère de l'équipement) sont couverts par une clause de confidentialité. Ils n'ont pas encore fait l'objet d'une enquête publique et peuvent encore faire l'objet de modifications. Ils sont présentés de manière anonyme.

Les trois études d'impact

Projet A : le contournement d'un village rural

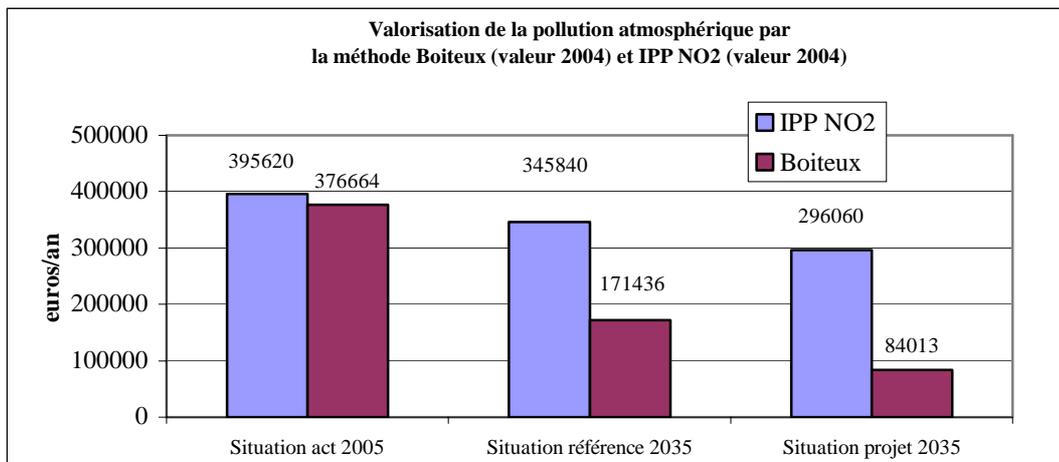
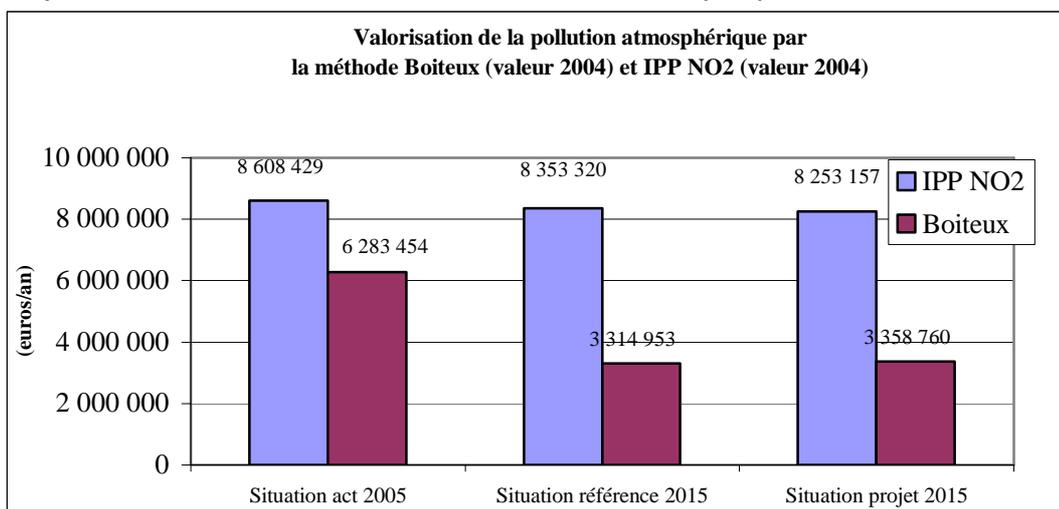
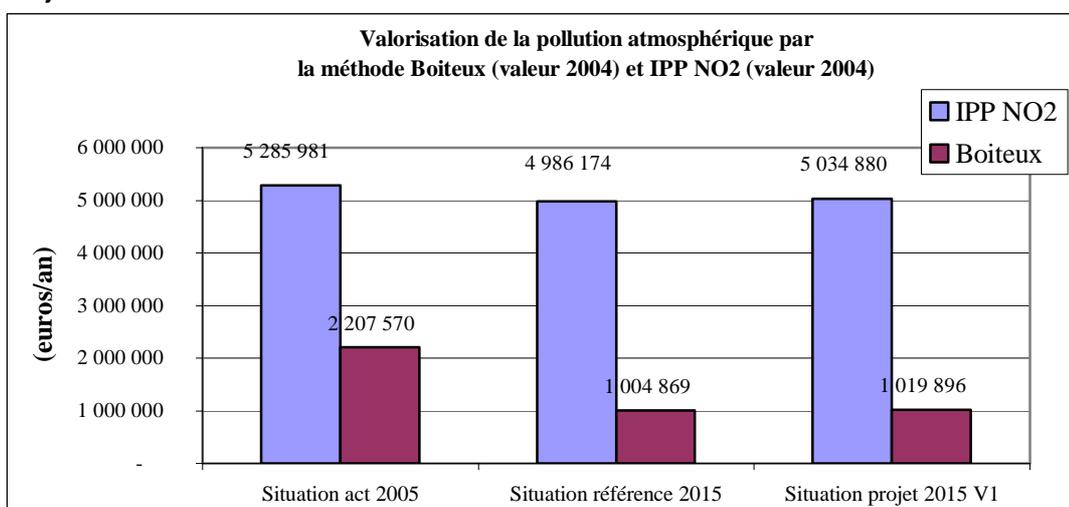
Le projet consiste à la prolongation d'une autoroute sur 5.6 kilomètres afin de contourner un village de 2220 habitants. Le trafic est actuellement de 14 700 véhicules par jour et devrait atteindre 19 000 véhicules/jour à terme. Si la population affectée par la circulation routière est importante dans la situation de référence en raison de la traversée du village par le route départementale, le projet, passant en milieu rural, devrait réduire l'exposition des populations. Cependant le trafic sera accru dans le village suivant (village de 550 habitants) qui ne bénéficie pas de la déviation.

Projet B : renforcement d'une route nationale en périphérie urbaine

Ce projet s'inscrit dans un espace en périphérie urbaine marqué par l'extension des zones d'habitation et par la présence de zones d'activité. Le projet de passage à 2*2 voies s'étendrait sur 12.9 km pour un flux journalier de 45 000 véhicules/jour. L'aire d'étude inclut une autoroute qui lui est parallèle à quelques centaines de mètres. Dans notre contexte d'étude, l'intérêt de ce projet réside dans l'analyse de la prise en compte du développement urbain dans l'exposition des populations à la pollution.

*Projet C : renforcement d'un contournement urbain en 2*2 voies*

Le contournement existant marque la limite entre une zone urbaine dense et la zone rurale. Le renforcement projeté permettrait de faire transiter dans de bonnes conditions de circulation les 40 000 véhicules/jour actuels et éviter ainsi les ralentissements quotidiens. L'intérêt de ce projet réside dans les variantes qu'il propose quant à l'accès à la structure routière projetée (création de voies de desserte coté rural afin de réduire le nombre d'échangeurs). Ces variantes augmentent le trafic (nombre de véhicules.kilomètres) mais le reportent en partie vers une zone à faible densité de population.

Graphes 4 : Comparaison de la valorisation par l'IPP et la méthode Boiteux**Projet A : le contournement d'un village rural****Projet B : Renforcement d'une route nationale en périphérie urbaine****Projet C : renforcement d'un contournement urbain en 2*2 voies**

Les résultats de la valorisation par l'IPP et comparaison avec la méthode Boiteux

Cette partie s'appuie sur les graphes 4 et 5 présentés ci-dessus et ci-après.

En situation actuelle,

- Pour des projets ayant un faible impact sur la population, la valorisation par la méthode Boiteux ou par l'IPP donne un résultat similaire qui ne diverge que de 5 %.
- Par contre en zone urbanisée, les résultats divergent de l'ordre de 40 à 60 %. Soit l'indice IPP est sur-valorisé et il conviendrait alors de réduire la valeur de base du point d'IPP. Cette solution aboutirait à des situations sous valorisées en milieu faiblement peuplé. Soit les valeurs tutélaires Boiteux sont trop faibles pour les classes « urbain dense » et « urbain diffus ». Cette seconde interprétation serait à retenir car les valeurs unitaires Boiteux utilisées ici n'ont pas été rectifiées suivant la proposition du chapitre 2.3.1 (prise en compte de la valeur centrale de étude épidémiologique de Künzli et d'un taux d'actualisation de 4 % au lieu de 8 %)
- Plus la densité de population s'élève, plus la différence augmente entre les deux méthodes. Avec la méthode Boiteux, le choix d'établir trois classes de population peut aboutir à minorer la population de la zone d'étude. De plus, le choix d'une classe est subjectif et relève du jugement du projeteur. Dans les projet B et C, le choix a été fait pour la classe « urbain diffus » alors que les valeurs de densité de population sont supérieures à 420 habitants/km², borne inférieure de la classe « urbain dense ». Les tableaux présentés tiennent compte du redressement en classe « urbain dense ».
- Cette analyse marque un point fort de la méthodologie de monétarisation par l'IPP : **l'utilisation d'une variable continue dans la prise en compte de la population** qui donne aussi la possibilité de discriminer à leur juste niveau les situations actuelle, future de référence et avec projet.

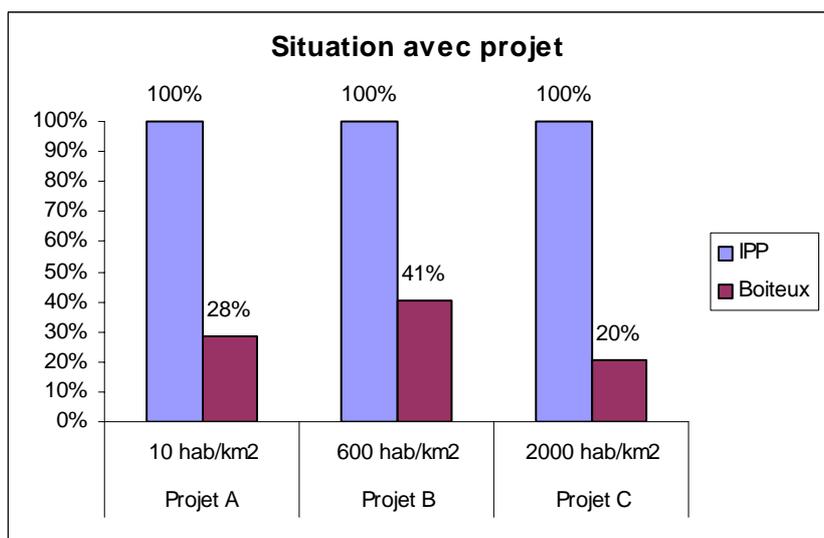
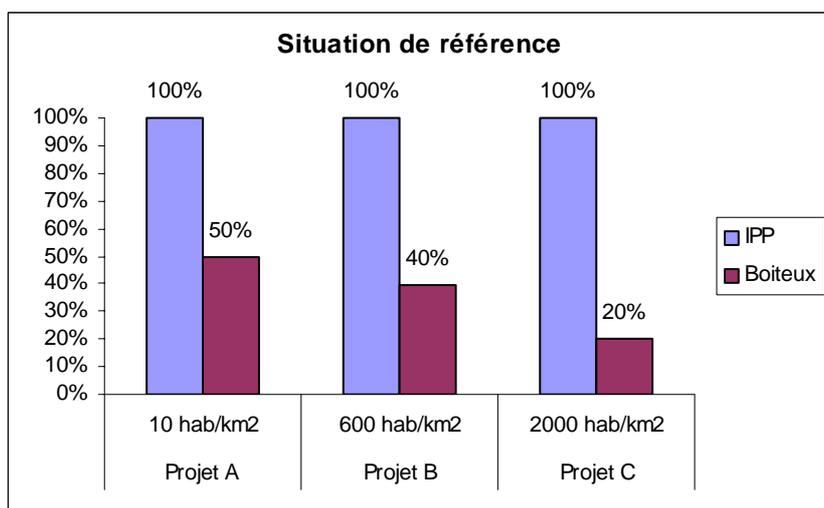
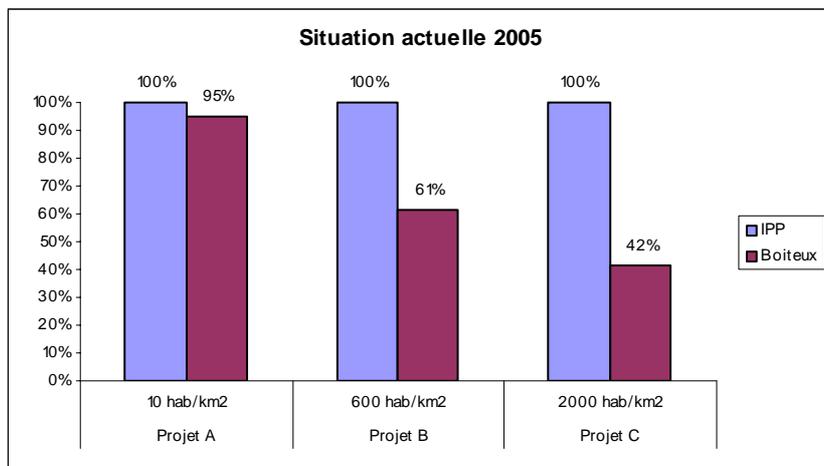
En situation future de référence,

- A 10 ou 30 ans, le modèle de décroissance Boiteux à - 8 % appliqué dans les trois projets aboutit à des niveaux de pollution et d'impact sur la santé plus faible de 50 à 80 % comparé à la méthode de valorisation par l'IPP. Ces chiffres illustrent la défaillance du modèle de décroissance de la pollution adoptée par la méthode Boiteux, comme montré au chapitre 2.3.2.
- Cette défaillance devrait être en partie gommée par la prise en compte de la valeur de -5.5 % préconisée dans la nouvelle instruction du 25 mars 2004 du ministère de l'équipement à ses services.
- Par la méthode de l'IPP, l'évolution de la pollution repose sur une modélisation gaussienne, validée lors de sa conception. Les résultats en situation de référence intègrent la réduction des émissions par les transports mais aussi l'évolution technique du parc de véhicule et l'augmentation du trafic. Ils montrent une réduction de l'impact de la pollution entre 3 et 13 %.
- Cette analyse marque le second point fort de la méthode de monétarisation par l'IPP : **l'utilisation d'un modèle de diffusion pour calculer les variations spatio-temporelles de la pollution et de sa concentration.**

En situation future avec projet,

- Dans le projet A, la baisse de l'impact sur la santé marque l'éloignement de la zone de circulation du village. Cette baisse est également notée par la méthode Boiteux en raison du changement de classe entre la situation de référence (urbain diffus) et la situation avec projet (rase campagne).
- Dans le projet B, l'impact du projet sur la santé est contradictoire suivant la méthode de valorisation utilisée. Avec la méthode Boiteux, elle augmente en raison de la variation positive du trafic. Avec la méthode par l'IPP, l'impact sur la santé diminue car la méthode tient compte de la localisation de la circulation par rapport à la population.
- La différence entre les deux méthodes en situation avec projet est quantifiée par un facteur de 2.5 à 4.9.
- Cette analyse marque le troisième point fort de la méthode de monétarisation par l'IPP : **la combinaison des données de trafic et de population pour la mesure de l'impact sur la santé de la pollution.**

Ces conclusions seraient à compléter par l'analyse comparative d'autres projets. La représentativité des projets retenus n'est pas établie et pondère la portée des conclusions présentées précédemment.

Graphes 5 : Comparaison des projets en fonction de la densité de population et de la période de référence

2.2. En Angleterre

L'analyse du système britannique d'évaluation de l'impact sur la santé de la pollution routière a été menée au cours d'un séjour au sein du Department of Environment, Food, and Rural Affairs (DEFRA) et du Department of Transport (DfT) à Londres en juillet 2005.

Les éléments suivants porteront plus particulièrement sur l'évaluation de la pollution au niveau des projets et sur l'apport de la méthode de la perte d'espérance de vie pour la valorisation des politiques publiques relatives à la qualité de l'air.

L'EEE ou l'Estimation de l'Exposition aux Emissions dans les projets routiers britanniques

a- Définition de l'EEE

L'EEE britannique est un **indice d'exposition de la population aux émissions de pollution atmosphérique**. Il est utilisé dans l'analyse des projets routiers sur la base des Transport Analysis Guidance TAG part 3.3.3²⁰ publiées par le Department of Transport. Les TAG sont les instructions générales servant de base à l'établissement des projets routiers et correspondent aux instructions, notes méthodologiques et circulaires publiées par les ministères français. Les TAG ont pour avantage d'être regroupés au sein d'un document unique accessible facilement sur le web. Cette forme de présentation des instructions marque le consensus établi sur ces documents entre les différents départements ministériels des transports, de l'environnement et de la santé britanniques. Les documents français sont loin d'être aussi synthétiques et accessibles.

La partie 3.3.3 des TAG est dédiée à la qualité locale de l'air. Elle définit l'indice d'exposition de la population à la pollution (EEE) comme le produit des émissions sur la zone d'étude (en tonnes par an) par la population de cette zone divisé par la surface de la zone en km².

$$EEE = \sum_{i=1}^{i=8} \frac{EmissionBande_i * PopulationBande_i}{SurfaceBande_i} \quad (\text{en personnes*tonnes/an/km}^2)$$

Pour chaque infrastructure, la zone d'étude est divisée en huit bandes (quatre de part et d'autre de la voie de circulation), d'une largeur de 50 mètres et s'étendant sur 200 mètres au delà de l'axe.

Le total des émissions – *EmissionBande_i* – en tonnes par an est calculé sur la base des instructions Design Manuel for Roads and Bridges (DMRB 2003) relatives à la qualité de l'air dans les projets routiers (partie 11.3.1). Le modèle de diffusion est laissé à l'appréciation du projeteur qui peut recourir à des modèles gaussiens ou à des méthodes plus simples de calcul des émissions.

La population de la zone – *PopulationBande_i* – est également estimée.

La surface de la bande est calculée pour pondérer les émissions.

L'EEE est calculée pour le NO₂ et pour les PM₁₀ séparément. L'EEE est homogène à des personnes*tonnes/km²/an. Il diffère de l'IPP français exprimé en concentration*personne/an. Le calcul de l'EEE est également basé sur les émissions en flux alors que l'IPP s'attache à calculer la concentration atmosphérique sous la forme d'un cadastre d'émission influencé par le vent.

²⁰ TAG part 3.3.3 (2004). La documentation relative au TAG est facilement disponible sur le site web du DfT dédié à cet effet http://www.webtag.org.uk/webdocuments/doc_index.htm

b- L'exemple de résultats : la nouvelle route entre Bexhill et Hastings

La route côtière reliant Bexhill et Hastings présente un niveau de congestion élevé et le département de l'East Sussex (East Sussex County Council) se propose de construire une nouvelle route d'une longueur de 5.8 km à l'intérieur des terres afin de réduire la congestion mais aussi favoriser le développement de la région, améliorer la qualité de l'air, réduire le niveau d'accident et améliorer la desserte par les transports en commun.

Les résultats extraits du dossier d'impact de la nouvelle infrastructure sont résumés dans le tableau ci dessous

Tableau 17 : Estimation de la qualité de l'air dans le projet routier Bexhill-Hastings

	Polluant NO ₂	Polluant PM ₁₀
EEE Etat futur sans projet	769 808	971 080
EEE Etat futur avec projet	769 657	971 064
Bilan net	-150	-16
Nombre d'habitations avec amélioration de la qualité de l'air	33 855	34 201
Nombre d'habitations sans variation de la qualité de l'air	3 043	3 034
Nombre d'habitations avec dégradation de la qualité de l'air	22 303	21 957

Annual Progress report July 2004 Bexhill to Hastings Link Road

La présentation répond à une grille standard commune à tous les projets et définie par les TAG. La faiblesse du bilan net indique que le projet n'apportera pas d'amélioration de la qualité de l'air malgré les objectifs affichés dans ce domaine.

Les variations de qualité de l'air répondent à une modification à la baisse ou à la hausse de 2 µgr/m³ de NO₂ et de 1 µgr/m³ de PM₁₀.

Comparé au « volet air » des études d'impact françaises, la qualité de l'air dans les études britanniques, résumée par le tableau ci-dessus, apparaît plus sommaire.

Par contre, l'évaluation des politiques publiques relatives à la qualité de l'air fait appel aux méthodes d'évaluation par la méthode de la perte d'espérance de vie.

L'évaluation de la qualité de l'air au Royaume-Uni.*a- Le groupe interministériel sur les coûts et bénéfices*

Les différents départements ministériels en charge de la qualité de l'air au Royaume-Uni à savoir le Department of Transport (DfT), le Department of Environment, Food, and Rural Affairs (DEFRA) et le Department of Health (DfH) se retrouvent quatre à six fois par an au sein du groupe interministériel sur les coûts et bénéfices (Interdepartmental group on cost and benefit, IGCB) pour discuter, amender et valider des méthodologies de calcul économique applicables à l'évaluation des politiques publiques.

Le plan national de qualité de l'air est depuis deux ans en cours d'analyse et de nouvelles mesures sont en préparation. Le IGCB s'est intéressé aux récentes recherches pour l'évaluation de la mortalité et de la morbidité associées à la réduction de la pollution de l'air afin de proposer des recommandations pour monétariser les effets sanitaires des nouvelles politiques publiques. Le IGCB s'appuie sur les recommandations du COMEAP (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants) pour évaluer la perte ou l'allongement de l'espérance de vie, le report de mortalité ou la fréquence des admissions hospitalières liés à la pollution de l'air. En 1999 est apparu un manque de données concernant l'évaluation économique des effets de la pollution et le DEFRA a engagé une étude pour établir des valeurs de consentement à payer

(CAP) pour la réduction des impacts sanitaires de la pollution de l'air. Deux travaux ont été présentés lors de l'atelier de restitution de juin 2004 (Chilton et al, 2004 et Markandya et al, 2004b) et ont servi de base à l'élaboration des recommandations du IGCB concernant les valeurs unitaires des effets sanitaires de la pollution atmosphérique.

Tableau 18 : Valeurs unitaires des effets sanitaires de la pollution atmosphérique recommandées au Royaume-Uni

Effets sanitaires	Définition des valeurs unitaires	Valeurs unitaires (2004)	
		Valeur centrale	Sensibilité
Mortalité à court terme	Nombre d'années de vie perdues dues à la pollution de l'air supposant une perte d'espérance de vie de 2 à 6 mois pour chaque décès évité, personnes supposées être de santé médiocre	£ 15 000 soit 22 500 €	10 à 15 % de l'année de vie évaluée sur la base de £ 29 000 au lieu de £ 15 000 pour prendre en compte l'évitement de la mort pour cause cardiaque des personnes en bonne santé.
Mortalité chronique	Nombre d'années de vie perdues dues à la pollution de l'air pour des personnes en bonne santé	£ 29 000 soit 43 500 €	£ 21 700 - £ 36 200 soit 32 550 € - 54 300 € sensibilité proche de l'intervalle de confiance à 95 %
Admission hospitalière pour cause respiratoire	Cas d'admission à l'hôpital pour une durée moyenne de 8 jours	£ 1 900 - £ 9 100 soit 2 850 € - 13 650 €	£ 1 900 - £ 9 600 soit 2 850 € - 14 400 €
Admission hospitalière pour cause cardio-vasculaire	Cas d'admission à l'hôpital pour une durée moyenne de 9 jours	£ 2 000 - £ 9 200 soit 3 000 € - 13 800 €	£ 2 000 - £ 9 800 soit 3 000 € - 14 700 €

Source IGCB (2004)

b- L'application à l'évaluation de la politique de qualité de l'air

Le plan national de qualité de l'air britannique (1990-2001) a fait l'objet d'une évaluation ex post (AEA Technology Environment 2004) qui établit les performances des politiques publiques dans ce domaine. Cette évaluation sert de base à l'élaboration de nouvelles mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

Ces nouvelles politiques, toujours au stade de projet, comportent

- la mise en œuvre de la norme Euro V,
- l'anticipation du passage à la norme Euro V et Euro VI,
- l'abandon des véhicules les plus polluants,
- l'accroissement de la part des véhicules à faible niveau d'émission,
- la prise en compte de l'impact de la politique de péage urbain,
- la mise en œuvre de zones à faible émission polluante à Londres et dans 7 autres grandes villes,
- la mise en place de filtre à particules en rétrofit (installation à posteriori) sur le parc poids lourd en flotte captive (bus, ...)
- la conversion des chaudières domestiques charbon au gaz naturel,
- la mise aux normes des chaudières domestiques,
- l'amélioration de la combustion dans les centrales à charbon et à gaz,
- la réduction combinée des émissions de SO₂ et de NO_x dans les petites unités de production d'énergie,

- la réduction de 10 % des émissions nationales de COV,
- la réduction de la pollution engendrée par la flotte maritime.

Chacune de ses mesures et leurs combinaisons possibles font l'objet d'une évaluation économique coût-bénéfice basée sur leurs effets sanitaires et sur les valeurs unitaires recommandées par le IGCB.

Le tableau ci dessous reproduit le chiffrage de la mesure 8a relative à l'installation de filtre à particules sur 65 % de la flotte captive de bus.

Tableau 19 : Extrait des impacts sanitaires et non sanitaires du plan national d'amélioration de la qualité de l'air britannique pour la mesure 8a relative à la mise en place de filtre à particules pour les bus en flotte captive.

	Années de vie préservées, Hp 3% ²¹	Bénéfice total annuel Hp 3% en million de £	Coût total annualisé en million de £	Bénéfice net actualisé, Hp de 3%, en million de £
Mesure 8a : mise en place de filtre à particules sur 65 % de la flotte captive de bus Euro I à IV.	67 661 – 68 234	67 – 101	113	- 46 à -12

Source DEFRA 2005

L'ensemble du plan national comporte 23 mesures ou combinaisons de mesures susceptibles de mise en œuvre par les autorités. Ces mesures font chacune l'objet d'une évaluation sanitaire sur la base d'un scénario de gain d'année de vie de 1 %, 3 % ou 6%, de la réduction du taux d'admission à l'hôpital pour les maladies respiratoires et cardio-vasculaires, pour la réduction de la mortalité et de la morbidité due à l'ozone ainsi que la réduction des émissions de carbone. L'évaluation sanitaire est suivie du chiffrage des bénéfices de la mesure et des coûts qui lui sont attachés.

Le résultat est une évaluation de l'ensemble des mesures sur des bases similaires et des méthodes ayant fait l'objet d'un consensus préalable. Ce travail permet par la suite de discuter des performances économiques ex ante de chacune des mesures et d'apporter des éléments chiffrés de comparaison lors de la phase de choix des mesures. Les critères de choix ne s'arrêtent pas aux performances économiques mais ces éléments apportent des informations supplémentaires pour la décision publique.

²¹ Résultats pour la réduction du risque relatif de 0.3 % par µgr PM2.5 /m³ soit 3 % pour 10 µgr PM2.5/m³

3.L'apport de la valorisation par l'IPP pour l'analyse des variantes

L'un des aspects du sujet proposé est l'évaluation de l'intérêt de la méthode de valorisation par l'IPP pour l'analyse des variantes des projets et en particulier pour les choix de tracé.

L'analyse proposée en partie 3.2.1 apporte une première réponse en notant la capacité de la méthode de valorisation par l'IPP à refléter la combinaison des paramètres flux du trafic et population.

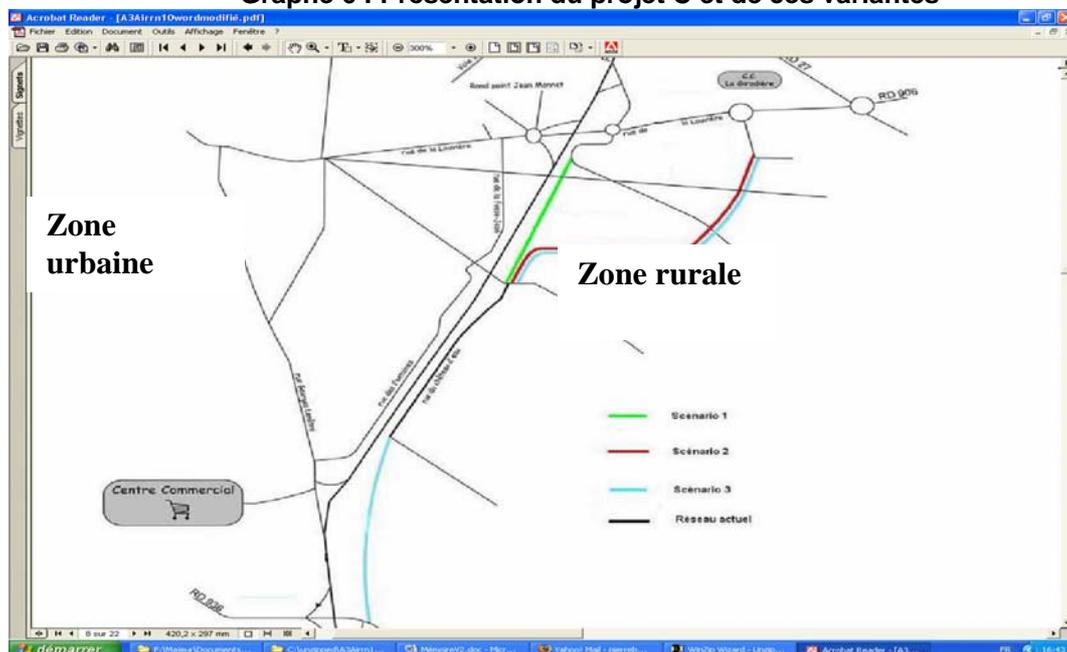
Le présent chapitre examine l'exemple des trois variantes du projet C avant de replacer la part de l'impact sur la santé dans l'analyse coût-bénéfice globale des projets et de conclure sur l'impossibilité de discriminer réellement les variantes sur la base des impacts sanitaires en raison de l'importance du gain de temps lié au projet.

3.1.L'évaluation de l'IPP pour les variantes d'un projet

La présentation des variantes du projet C

Le projet C consiste au renforcement d'un contournement urbain par le passage à 2*2 voies de la route nationale existante. Cette route est positionnée en limite de la zone urbanisée. La variante 1 est le projet de base avec suppression d'un échangeur actuel pour favoriser la fluidité du trafic. Le variante 2 assure en plus du projet 1, la création d'une voie du côté « rase campagne » afin de faciliter l'accès au projet. La variante 3 augmente la voirie annexe, ce qui amplifie le trafic et le reporte vers une zone à faible densité de population. Le graphique ci dessous présente le projet.

Graphe 6 : Présentation du projet C et de ces variantes



Les résultats de la monétarisation des impacts sur la santé pour les trois variantes

Tableau 20 : Analyse de trois variantes du projet C en situation future avec projet

Valorisation de l'impact sur la santé	Projet C, variante 1	Projet C, variante 2	Projet C, variante 3
Méthode Boiteux	1 019 810	1 026 745 +0.7 %	1 052 295 +3.1 %
Méthode IPP	5 034 880	5 020 627 -0.3 %	5 001 763 -0.7 %

La variante 1 est le projet de base. Elle est la référence de la comparaison.

La variation d'impact en hausse obtenue par la méthode Boiteux reflète exactement la variation du trafic routier et n'a donc que peu d'intérêt. Par contre, les variations à la baisse obtenue par la méthode de l'IPP alors que le trafic augmente indique que la circulation est déplacée vers des zones moins peuplées. La faiblesse des amplitudes est due à la nature des variantes qui ne sont pas des alternatives radicalement différentes mais montre néanmoins **la sensibilité de la valorisation par l'IPP aux variations de localisation du trafic**.

Des variantes portant sur un tracé en zone de proximité urbaine pourraient montrer des différences plus affirmées. Mais l'étude n'a pu être menée dans ce domaine. Par contre la réflexion peut se poursuivre en s'interrogeant sur la part de l'impact sur la santé dans les analyses coûts bénéfiques.

3.2. La part de l'impact sur la santé dans les analyses économiques

Les études socio-économiques n'étaient pas disponibles pour les projets objets de l'analyse par l'IPP. Trois autres projets ont été retenus dans les archives récentes du ministère de l'écologie pour cette analyse.

Le bénéfice actualisé net inclus le plus souvent les investissements, le gain de temps, le confort du parcours, les frais de fonctionnement, les péages, la sécurité, les recettes fiscales et les concessions autoroutières.

Tableau 21 : Part de l'impact sur la santé de la pollution de l'air, (valeurs actualisées nettes en millions d'euros)

	Projet D	Projet E	Projet F
Bénéfice actualisé net	522.2	621.9	704.2
Dont gain de temps	423	694.6	648.9
Impact sur la santé	-6.6 soit 1.3 % du BAN	-2.5 soit 0.4 % du BAN	-14.0 soit 2 % du BAN

Source : études d'impact

La part de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est faible. Elle représenterait entre 0.4 et 2 % du bénéfice actualisé net des projets.

Les gains de temps sont, par contre, prépondérants et on peut légitimement s'interroger sur les valeurs prises en compte qui sont respectivement de 21, 19 et 14 euros/heures. Le rapport Boiteux préconise pour sa part une valeur moyenne en France hors région parisienne de 7.2 euros/heure (CGP 2001 p139). L'instruction du 25 mars 2004 impose une valeur de 7.6 €/h. La révision des projets sur les bases des nouvelles instructions verrait sûrement la réduction des gains de temps et **l'augmentation de la part de l'impact sanitaire de la pollution routière d'un facteur estimé de 2 à 5**.

L'analyse des projets a également permis de constater que les externalités environnementales (pollution de l'air, bruit, ...) étaient rarement intégrées aux calculs économiques du bénéfice actualisé alors que leur valeur monétaire est souvent calculée dans l'étude d'impact.

En conclusion de ce constat, l'absence de l'impact sur la santé dans les analyses coûts bénéfiques rend actuellement illusoire l'analyse des variantes des projets sur la base de la valorisation de l'impact sanitaire. Cependant, la prise en compte d'une valeur du temps conforme aux nouvelles instructions ministérielles et une monétarisation par la méthode de l'IPP donneraient des résultats moins déséquilibrés permettant d'engager une discussion utile sur l'impact sanitaire des projets.

Il conviendrait également d'inclure les variables environnementales dans les bilans économiques afin qu'elles puissent peser dans les rapports entre les divers acteurs. En 1984, Claude Henry (1984) arrivait à cette même conclusion dans l'analyse des aménagements hydrauliques de la vallée de la Soar en Grande-Bretagne.

CONCLUSION

Au terme de cette étude portant sur la valorisation de l'impact sur la santé de la pollution atmosphérique des transports routiers, il apparaît dorénavant possible de proposer une nouvelle méthode de monétarisation reposant sur **le principe de la perte d'espérance de vie** et non plus sur le nombre de décès constatés ou calculés dus à la pollution atmosphérique.

Ce principe prend en compte la spécificité de la pollution atmosphérique source de mortalité diffuse, non comptabilisable comme les accidents de la route, qui touche une population âgée réduisant l'espérance de vie d'une dizaine d'année contre une quarantaine pour les accidents de la route. Les calculs menés sur la base du principe de la perte d'espérance de vie aboutissent à une valorisation de la vie humaine de 1.3 millions d'€ comprise entre 1.0 et 1.5 millions d'€, valeurs utilisées pour le calcul des impacts sanitaires dans le domaine des transports.

L'utilisation de ce nouveau principe de calcul a été rendue possible par les récentes recherches (Rabl 2003) dans le domaine de l'application économique des études épidémiologiques à la pollution de l'air. Elles ont permis de déterminer la valeur de la perte d'espérance de vie liée à la pollution atmosphérique.

Cette méthode de la perte d'espérance de vie est également appliquée en Grande-Bretagne pour la valorisation des nouvelles politiques publiques du plan stratégique de la qualité de l'air (Air Strategy Quality Review) sur la base des études de Chilton et al (2004).

L'étude a permis **d'établir des valeurs unitaires pour l'indice IPP** à savoir 40.3 € par point d'IPP PM10 et 26.2 € pour l'IPP NO2. Cette valorisation est basée sur une valeur de l'année de vie de 50 000 € issue des études NewExternE (Markandya et al., 2004a) de la commission européenne. L'application du nouveau taux d'actualisation de 4% préconisé par le Plan aboutit à proposer une valeur de 16.3 milliards d'€ comme valeur annuelle de l'impact de la pollution atmosphérique due aux transports routiers.

L'analyse a également porté sur **le choix de l'indicateur de pollution** pour les projets routiers et la valorisation de leurs impacts. Les conclusions amènent à recommander **les paramètres NO2 et les PM10** en raison de leur toxicologie, de la qualité des études épidémiologiques qui leur sont associées, de leur capacité à être modélisés ainsi que de la sensibilité de l'Indice Pollution Population aux variantes des projets pour ces polluants.

L'application de la valorisation de l'impact sanitaire de la pollution à des projets routiers montre que **la valorisation de l'impact sanitaire serait à réévaluer d'un facteur variant de 2 à 5 en situation future**. Cette variation est fonction de la densité de population : la valorisation par l'IPP prenant en compte la densité de population exacte à proximité du projet alors que la méthode Boiteux déterminait des classes de population. Cette revalorisation est également due à la faiblesse temporelle du modèle Boiteux qui tend à minorer la pollution en situation future.

L'analyse du volet économique des projets a souligné la nécessité d'inclure la valorisation de l'impact sanitaire de la pollution dans les analyses coûts bénéfiques. Alors que la valeur de la pollution est souvent calculée, elle n'est pas incluse dans les bilans socio-économiques. Tout en tenant compte d'une revalorisation de l'impact sanitaire de la pollution, **sa part restera faible et inférieure à 10 % du bénéfice net actualisé**. Les gains de temps procurés par les projets resteront primordiaux.

Le travail présenté dans ce document peut être poursuivi dans plusieurs domaines.

La définition de l'IPP pour des polluants avec effets de seuil comme le NO₂ peut faire l'objet d'une analyse spécifique pour minorer la concentration atmosphérique par un niveau de seuil en deçà duquel l'impact sur la population est considéré comme nul. En corollaire à cette nouvelle définition de l'IPP NO₂, il conviendrait de redéfinir la relation entre les PM₁₀ et le NO₂ pour tenir compte de l'effet de seuil.

L'application au « volet air » avec calcul de l'IPP PM₁₀ a été insuffisamment explorée par cette étude. Quelques études établies par le CETE de l'Est ont pu être consultées mais les résultats présentés auraient nécessité une meilleure connaissance des projets pour effectuer un retraitement et exprimer les résultats de l'IPP en valeur absolue. D'une manière plus générale, l'application au projet routier de la méthode de valorisation par la perte d'espérance de vie de l'impact sur la santé mériterait une étude économique portant tant sur l'analyse détaillée des résultats par polluant (PM₁₀ et NO₂) que sur l'approche socio-économique globale. Une participation active des projeteurs « volet air » et « analyse socio-économique » est à ce stade indispensable pour assurer la validité des données et dégager une méthodologie opérationnelle fiable, reproductible et efficace. Le résultat se doit également d'être aisément compréhensible pour s'intégrer aux documents d'impact destinés au public.

La révision de la note méthodologique du 25 février 2005 pourrait porter sur la simplification de la méthode de calcul de l'IPP et retenir la quantification par la valeur absolue et non plus sous la forme d'un taux dont la signification est difficile à analyser et dont la valeur ne permet ni comparaison entre projets ni valorisation. Cette révision pourrait proposer une méthode de monétarisation de l'impact sanitaire de la pollution de l'air par la méthode de la perte d'espérance de vie comme établie dans la présente étude.

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

AFSSE : Agence française de sécurité sanitaire environnementale

As : Arsenic

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BAN : Bénéfice actualisé net

BDQA : Banque de données de la qualité de l'air

C₆H₆ : Benzène

CADAS : Comité pour l'application de l'Académie des Sciences

CAP : Consentement à payer (willingness to pay WTP)

Cd : Cadmium

CE : Code de l'environnement

CEIV : Cadastre d'émission influencée par le vent

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

CETE : Centre d'Études Techniques de l'Équipement

CETU : Centre d'Études des Tunnels

CGP : Commissariat général du plan

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Gaz carbonique

COMEAP : Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (GB)

COPERT : COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport

COV : Composés Organiques Volatils

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France

D4E : Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale (MEDD)

DDASS : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales

DDE : Direction départementale de l'équipement

DEA EERN: Diplôme d'études approfondies Economie de l'environnement et des ressources naturelles

DEFRA : Department of Environment, Food and Rural Affairs (Grande-Bretagne)

DGS : Direction Générale de la Santé

DPPR : Direction de la Préventions des Pollutions et des Risques (MEDD)

DR : Direction des Routes (MTETM)

DRASS : Direction régionale des affaires sanitaires et sociales

DRE : Direction régionale de l'équipement

DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, des Risques et de l'Environnement

EEE : Emission Exposure Estimate

ENGREF : Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts

EQRS : Evaluation quantitative des risques sanitaires

FE : Facteur d'émission

G€ : milliard d'euros

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HC : HydroCarbures

HCNM : HydroCarbures Non Méthaniques

Hg : Mercure

HPM : Heure de Pointe du Matin

HPS : Heure de Pointe du Soir

IC 95 % : Intervalle de confiance à 95 %

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

IGCB : Interdepartmental group on cost and benefit (GB)

INRETS : Institut National de Recherche des Transports et leur Sécurité

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

InVS : Institut de veille sanitaire

IPP : Indice Pollution Population

I_{ter} : International Toxicity Estimates for Risk

LLE : Life Lost Expectancy (perte d'espérance de vie PEV)

M€ : million d'euros

MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

MEET : Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport

METL : Ministère de l'équipement, des transports et du logement (ancienne dénomination du MTETM)

MSS : Ministère de la santé et des solidarités

MTETM : Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer

Ni : Nickel

NO : Monoxyde d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

O₃ : Ozone

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Pb : Plomb

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PEV : Perte d'espérance de vie (Life Lost Expectancy LLE)

PL : Poids Lourd

PM₁₀ : Particules minces inférieur à 10 µm

PM_{2.5} : Particules minces inférieur à 2.5 µm

PPA : Plan de protection de l'atmosphère

PRQA : Plan régional de la qualité de l'air

Pt : Platine

RR : Risque relatif

SETRA : Services d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes

SIG : Système d'Information Géographique

SO₂ : Dioxyde de soufre

TMJA : Trafic moyen journalier annuel

TRI : Taux de rentabilité interne

UVP : Unité de Voitures Particulières

VAN : valeur actualisée nette

VAV : Valeur de l'année de vie (Value of Life Year VOLY)

VL : Véhicule Léger

VOLY : Value of Life Year (Valeur de l'année de vie VAV)

VP : Véhicule Particulier

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

VUL : Véhicule Utilitaire Léger

Zn : Zinc

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie comporte deux sections, l'une relative aux ouvrages et aux articles, l'autre aux textes réglementaires.

1.Ouvrages et articles

- ADEME/CERTU/SETRA (2001), *Les études d'environnement dans les projets routiers « volet air »*, CERTU, Lyon, juin 2001
- AEA Technology Environment (2004), *An Evaluation of the Air Quality Strategy*, Final report to DEFRA, December 2004
- AFSSE, (2004), *Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine, rapport 1, rapport 2, Annexes*, AFSSE, Maison-Alfort, mars 2004.
- AIRPARIF (2004), « Quelle qualité de l'air en Ile-de-France en 2010 », Airparif actualité n°24, décembre 2004, Site de Airparif, http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Bilan_2004_paris_idf.pdf, page consultée le 16 mai 2005.
- AIRPARIF (2005a), *Bilan de la qualité de l'air en 2004 en Ile-de-France, janvier 2005*, Site de Airparif, http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Bilan_2004_paris_idf.pdf, page consultée le 1er mars 2005.
- AIRPARIF (2005b), *Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France, mars 2005*, Site de Airparif, http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/atmosphere_capitale.pdf, page consultée le 11 mai 2005.
- ARROW K, SOLOW R, LEAMER E, PORTNEY P, RADNER R et SCHUMAN H, (1993), "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation", January 1993.
- BEGG David, GRAY David, (2004), "Transport policy and vehicle emission objectives in the UK : is the marriage between transport and environment policy over?", *Environment Science & Policy* 7, 2004, pp155-163.
- BOITEUX (2001) idem Commissariat général du plan, (2001).
- CETE Méditerranée (2003), *Dispersion de la pollution aux environs d'une route : calculs de risques sanitaires, « volet santé »*, Certu – département environnement, février 2003
- CHANEL Olivier, FAUGERE Elsa, GENIAUX Ghislain, KAST Robert, LUCHINI Stéphane, SCAPECCHI Pascale, (2004), « Valorisation économique des effets de la pollution atmosphérique, résultats d'une enquête contextuelle », *Revue économique*, 55-1, janvier 2004, pp 65-92
- CHILTON S, COVEY J, JONES-LEE M, LOOMES G, METCALF H, (2004), "Valuations of Health Benefits Associated with Reductions in Air Pollution", London, DEFRA, 2004.
- CITEPA, (2001), *Inventaire des émissions de particules primaires*, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, Paris, décembre 2001.
- CITEPA, (2004), *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles et analyses étendues, format Secten*, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, Paris, février 2004.
- Commissariat général du plan, (2001), *Transport : choix des investissements et coût des nuisances*, groupe de travail présidé par Marcel BOITEUX, La Documentation française, Paris, juin 2001.
- Commissariat général du plan, (2005), *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*, groupe de travail présidé par Daniel LEBEGUE, CGP, Paris, 21 janvier 2005, sur le site http://www.plan.gouv.fr/intranet/upload/actualite/RapportLebegueTaux_actualisation24-01-05.pdf, page consultée le 13 juin 2005
- Commission Européenne, Standard & Poor'sDRI, KULeuven, (1999), *The Auto Oil Program II Cost-effectiveness Study, Part III: the transport Base Case Annexe B2 France*, Août 1999, disponible sur le site de la Commission Européenne, http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/auto-oil/aopces_fr.pdf, page consultée le 11 avril 2005
- D'HELFF-BLANCHARD Myriam, (2005), « Synthèse des évaluations d'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine, France, 1995-2002 », *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 19-2002, pp 85-86, 10 mai 2005
- DAB William, MICHELON Thierry, NICOLET Isabelle, (2004), « L'étude d'impact sanitaire : un outil de gestion des risques sanitaires liés à l'environnement », *Annales des Mines, Responsabilité & Environnement*, janvier 2004, pp 51-59.
- DEFRA (2005), "Air Quality Strategy Review: Cost Benefit Methodology and Draft Preliminary Results, workshop paper", DEFRA, London, 2005 (Unpublished)

- DESAIGUES Brigitte, RABL Ari, AMI Dominique, MASSON Serge, BOUN MY Kene SALOMON Marie-Anne, SANTONI Laure, (2004), « Monetary Valuation of Air Pollution Mortality : Current practice, Research Needs and Lessons from a Contingent Valuation », working paper, 22 août 2004, disponible sur le site de Ari Rabl <http://www.arirabl.com/> consulté le 11 avril 2004
- DMRB (2003), "Design Manuel for Roads and Bridges, Environmental assessment, Environmental assessment techniques, Air quality", February 2003.
- EBNER Pascale, LE MOULLEC Yvon, WEILL Alain, (2005), *Pollution par les particules atmosphériques : état des connaissances et perspectives de recherche*, (Sous la direction de), Programme Primequal-Prédit, La Documentation française, Paris, janvier 2005
- EFTEC (2004), "The health benefits of pollution control: a review of the literature on mortality and morbidity effects", workshop on valuation of health benefits of reductions in air pollution and use values in UK appraisal, 24th June 2004, DEFRA, London, revised version August 2004
- FRIEDRICH Rainer, BICKEL Peter, (2001a), *Environmental External Costs of Transport*, Springer, 2001
- FRIEDRICH Rainer, RABL Ari et SPADARO Joseph, (2001b) "Quantification des coûts de la pollution atmosphérique : le projet ExternE de la Communauté européenne », dans Combien vaut l'air pur ?- How much is clean air worth ?, Numéro spécial de Pollution atmosphérique, Paris, décembre 2001, 184 p.
- GUERIN Michel, GOSSELIN Pierre, CORDIER Sylvaine, VIAU Claude, QUENEL Philippe, DEWAILLY Eric, (2003), Environnement et santé publique, fondements et pratiques, Edisem, 2003
- HENRY Claude (1984) « La microéconomie comme langage et enjeu de négociations », Revue économique, 35, janvier 1984, p 177- 197
- HOLLAND Mike (2001), « Application de la méthodologie d'ExternE », Pollution atmosphérique, décembre 2001 dans Combien vaut l'air pur ?- How much is clean air worth ?, Numéro spécial de Pollution atmosphérique, Paris, décembre 2001, 184 p, disponible sur le site de Ari Rabl, <http://www.arirabl.com/papers/ApplicExternE-PollAtmosFran%E7.pdf>, le 11 avril 2004
- HUBERT Michel, (2004), *Les coûts environnementaux de l'automobile, une mise en perspective de l'évaluation*, Note de méthode n°14, Institut français de l'environnement, Paris, juillet 2004.
- IGCB (2004), Recommendations for Health Benefit Valuation, DEFRA, London, sept 2004 (unpublished)
- INSEE PREMIERE (2005), « Bilan démographique 2004 : nette diminution des décès », INSEE, n°1004, février 2005
- INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE (2000), *Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact*, Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, février 2000.
- KREWSKI Daniel, BURNETT Richard T, GOLDBERG Mark S, HOOVER Kristin, SIEMIATYCKI Jack, JERRETT Michael, ABRAHAMOWICZ Michal WHITE Warren H (2000), « Reanalysis of the Harvard Six study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality », Special Report, Health Effect Institute, Cambridge MA, disponible sur le site <http://www.healtheffects.org/Pubs/Rean-ExecSumm.pdf> visité le 21 juin 2005
- KUNZLI, N, KAISER, R, MEDINA, S, STUDNICKA M, CHANEL O, FILLIGER P, HERRY M, HORACK Jr F, PUYBONNIEUX-TEXIER V, QUENEL P, SCHNEIDER J, SEETHALER R, VERGNAUD J-C, SOMMER H, (2000), "Public-Health impact of outdoor and traffic-related air pollution : a European assessment", The Lancet, 356, 2000, pp795- 801
- MARKANDYA A., HUNT A., ORTIZ R.A., DESAIGUES B., BOUNMY K., AMI D., MASSON S., RABL Ari., SANTONI L., SALOMON M.A., ALBERINI A., SCARPA R., KRUPNICK A., (2004a), "Mortality Risk Valuation Final Report, Work package 2", EC NewExt Research Project, 2004, non publié
- MARKANDYA A, HUNT A, ALBERINI A, ORTIZ R.A., (2004b) "The willingness to pay for mortality risk reductions: an EU 3-country survey", EC DG Research, (2004)
- MASSE Emmanuel, (2003), *Analyse économique de la rentabilité des filtres à particules sur les véhicules diesels neufs*, Série Etudes n°03-E08, Ministère de l'écologie et du développement durable, Paris, 2003
- MASSON Serge, (2001), « L'évaluation économique de la valeur de la vie statistique, Méthodes, résultats, effets de contexte », Pollution atmosphérique, décembre 2001 dans Combien vaut l'air pur ?- How much is clean air worth ?, Numéro spécial de Pollution atmosphérique, Paris, Décembre 2001, 184 p, disponible sur le site de Ari Rabl <http://www.arirabl.com/> le 11 avril 2004
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, (2004), *Les transports en 2003 : 41^e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation*, DAEI/SES-INSEE, Paris, juin 2004.

- Ministère de la Santé (2004), *Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques liés aux infrastructures routières*, Rapport du groupe de travail, Paris, novembre 2004, disponible sur le site http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/etud_impact/rapgt_ei52.pdf page consultée le 31 mai 2005
- NAFSTAD P., HAHEIM L.L., OFTEDAL B., GRAM F., HOLME I., HJERMANN I., LEREN P., (2003), "Lung cancer and air pollution: a 27 year followup of 16 209 norwegian men", *Thorax*, 58, 1071-1076, 2003
- NYBERG F., GUSTAVSSON P., JARUP L., BERGLIND N., JAKOBSSON R., PERSHAGEN G., (2000), "Urban air pollution and lung cancer in Stockholm", *Epidemiology*, 11 (5), 487-495, 2000
- POPE CA III, THUN MJ, NAMBOODIRI MM, DOCKERY DW, EVANS JS, SPEIZER FE, HEATH Jr CW, (1995) "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults", *American Journal of Respir. Crit. Care Med.* 1995, 151:669-74
- POPE C. Arden, (1996), "Adverse health effects of air pollutants in a nonsmoking population", *Toxicology*, 111, 1996, pp 149-155.
- POPE C.A., BURNETT R.T., THUN M.J., CALLE E.E., KREWSKI D., ITO K., THURSTON G.D., (2002), "Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution", *Journal of American Medicine Association*, 297 (9), 1132-1141, 2002
- QUENEL Philippe, DAB William, FESTY Bernard, VIAU Claude et ZMIROU Denis, (2003) « Qualité de l'air ambiant », dans *Environnement et santé publique, Fondements et pratiques* sous la direction de GUERIN Michel et GOSSELIN Pierre et CORDIER Sylvaine et VIAU Claude et QUENEL Philippe et DEWAILLY, Eric, EDISEM, 2003, pp 291 – 315
- RABL Ari, (2003), "Interpretation of air pollution mortality: Number of deaths or years of life lost?", *Journal of the Air and Waste Management Association*, 53-1, janvier 2003
- RABL Ari, (2004), "Monetary valuation of air pollution mortality: the value of a life year implied by utility maximization", working paper, Ecole des Mines de Paris, août 2004
- TRANSPORT ANALYSIS GUIDANCE (2004), *The Local Air Quality Sub-Objective*, Part 3.3.3, Department of Transport, London, April 2004. disponible sur le site web du DfT http://www.webtag.org.uk/webdocuments/doc_index.htm page visitée le 7 juillet 2005.
- VICARD Augustin, (2004), *Analyse d'une mesure de lutte contre la pollution atmosphérique d'origine routière : la taxe différenciée à l'essieu*, Mémoire de fin d'études ENSAE-MEDD, Paris, août 2004.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2004a), "Health aspects of air pollution", Copenhagen, June 2004, disponible sur le site de l'OMS <http://www.euro.who.int/document/E83080.pdf> , page consultée le 21 avril 2005
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2004b), "Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O3)", Report of a WHO task group, Berlin, Copenhagen, Rome, 2004, disponible sur le site de l'OMS <http://www.euro.who.int/document/e82792.pdf> , page consultée le 9 mai 2005
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2005a), "Particulate matter air pollution: how it harms health", Fact sheet EURO/04/05, Berlin, Copenhagen, Rome, 14 avril 2005, disponible sur le site de l'OMS <http://www.euro.who.int/document/mediacentre/fs0405e.pdf> , page consultée le 21 avril 2005
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2005b), "European Union can save up to €161 billion a year by reducing air-pollution deaths", Press Release EURO/08/05, Berlin, Copenhagen, Rome, 14 April 2005, disponible sur le site de l'OMS http://www.euro.who.int/eprise/main/WHO/MediaCentre/PR/2005/20050414_1 , page consultée le 21 avril 2005

2. Textes réglementaires

- Directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant
- Directive 2002/3/CE du 1^{er} février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant.
- Directive 2001/81/CE du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émissions nationaux pour certains polluants atmosphériques.
- Directive 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant
- Directive 1999/30/CE du Conseil, du 22 avril 1999, relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant
- Directive 97/101/CE : Décision du Conseil du 27 janvier 1997 établissant un échange réciproque d'informations et de données provenant des réseaux et des stations individuelles mesurant la pollution de l'air ambiant dans les États membres
- Directive 96/62/CEE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant

- Directive 92/72/CEE du 21 septembre 1992, concernant la pollution de l'air par l'ozone (abrogé)
- Directive 88/609/CEE du Conseil du 24 novembre 1988 relative à la limitation des émissions de certains polluants dans l'atmosphère en provenance des grandes installations de combustion (abrogé)
- Directive 85/203/CEE du 27 mars 1985 concernant les normes de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote (abrogé)
- Directive 84/360/CEE du Conseil du 28 juin 1984 relative à la lutte contre la pollution atmosphérique en provenance des installations industrielles (abrogé)
- Directive 82/884/ CEE du 3 décembre 1982, concernant une valeur limite pour le plomb contenu dans l'atmosphère (abrogé)
- Directive 80/779/CEE du 15 juillet 1980, concernant des valeurs limites et des valeurs guides de qualité atmosphérique pour l'anhydride sulfureux et les particules en suspension (abrogé)
- Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE).
- Loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature
- Loi n° 61-842 du 02 Août 1961 relative à la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs et portant modification de la loi du 19 décembre 1917
- Code de l'Environnement, articles L. 220-2, L. 221-1, L. 222-1, L. 222-4 et L. 222-5 (qualité de l'air, surveillance et planification), L. 122-3 (contenu des études d'impact des projets d'aménagements), codification de la LAURE
- Articles 19 de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagements (art. L. 122-3 du code de l'environnement).
- Décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003 portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites
- Décret n° 2003-767 du 1^{er} août 2003 modifiant le décret de 1977 sur les études d'impacts.
- Décret n° 2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites
- Décret n° 2001-449 du 25 Mai 2001 relatif aux plans de protection de l'atmosphère et aux mesures pouvant être mises en oeuvre pour réduire les émissions des sources de pollution atmosphérique.
- Décret n° 99-446 du 26 Mai 1999 modifiant le décret n° 94-753 du 31 août 1994 portant création d'une taxe parafiscale sur les huiles de base au profit de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie et le décret n° 95-515 du 3 mai 1995 instituant une taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique
- Décret n° 98-704 du 17 août 1998 pris pour l'application des dispositions de l'article L. 8-A du code de la route relatives à l'identification des véhicules automobiles contribuant à la limitation de la pollution atmosphérique
- Décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites
- Décret n° 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air
- Décret n° 98-362 du 6 mai 1998 relatif aux plans régionaux pour la qualité de l'air (PRQA)
- Décret n° 96-335 du 18 Avril 1996 relatif à la qualité de l'air et portant modification du décret n° 74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique
- Décret n° 95-515 du 03 Mai 1995 instituant une taxe parafiscale sur la pollution atmosphérique
- Décret n° 91-1029 du 02 Octobre 1991 portant publication du protocole à la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière du 13 novembre 1979 relatif à la lutte contre les émissions d'oxyde d'azote, signé à Sofia le 1er novembre 1988
- Décret n° 90-59 du 10 Janvier 1990 portant publication du protocole à la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance de 1979 relatif à la réduction des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontières d'au moins 30 p 100, fait à Helsinki le 8 juillet 1985
- Décret n° 88-235 du 09 Mars 1988 portant publication du protocole additionnel à la convention de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance relatif au financement à long terme du programme

concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe (EMEP), fait à Genève le 28 septembre 1984 et signé par la France le 22 février 1985

Décret n° 74-415 du 13 Mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique

Décret n° 73-191 du 23 Février 1973 relatif à la coordination interministérielle dans le domaine de la lutte contre la pollution atmosphérique

Arrêté du 22 juillet 2004 du Ministère de l'écologie et du développement durable relatif aux indices de la qualité de l'air

Arrêté du 11 juin 2003 relatif aux informations à fournir au public en cas de dépassement ou de risque de dépassement des seuils de recommandation ou des seuils d'alerte

Arrêté du 17 mars 2003 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air.

Arrêté du 23 avril 2001 portant sur l'agrément d'associations de surveillance de la qualité de l'air au titre du code de l'environnement (livre II, titre II)

Arrêté du 10 janvier 2000 relatif à l'indice de qualité de l'air

Arrêté du 17 août 1998 relatif aux seuils de recommandation et aux conditions de déclenchement de la procédure d'alerte

Arrêté du 14 décembre 1995 fixant la liste des associations de gestion de réseaux de mesure de la pollution atmosphérique agréées au titre de l'article 2 du décret n° 74-415 du 13 mai 1974

Circulaire du 25 février 2005, Note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers, volet « air et santé », METATTM, MSPS, MEDD, 25 février 2005

Circulaire Equipement Ecologie du 22 novembre 2004 relative à la concertation entre les services de l'environnement et les services de l'équipement pour l'élaboration et l'instruction des projets routiers du réseau nationale.

Circulaire du 18 juin 2004 relative aux procédures d'information et de recommandations et d'alerte et aux mesures d'urgences.

Circulaire du 25 mars 2004 et son instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer.

Circulaire de la direction générale de la santé n° 2001-185 du 11 avril 2001 relative à l'intervention des DDASS dans l'analyse des effets sur la santé des projets.

Circulaire de la direction générale de la santé n° 2000-61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact.

Circulaire du ministère de l'équipement du 17 février 1998 relative à l'application de l'article 19 de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

Circulaire du 17 août 1998 relative à la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Mesures d'urgence concernant la circulation des véhicules)

Circulaire du 20 octobre 1998 n°98-99 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne

SOMMAIRE DETAILLE

INTRODUCTION.....	3
I - LA MONETARISATION DE L'INDICE POLLUTION POPULATION.....	5
1.LA DEFINITION ET LA CONSTRUCTION DE L'INDICE	5
1.1. <i>Le cadre de la lutte contre la pollution de l'air</i>	5
Bref historique : la pollution atmosphérique et l'activité humaine	5
La loi sur l'air de 1996 comme instrument de lutte contre la pollution.....	6
La surveillance de la qualité de l'air.....	6
L'information du public.....	6
Les politiques publiques	7
La pollution atmosphérique dans les projets d'infrastructures	7
La pollution d'origine routière fait l'objet de dispositions particulières	7
Les textes d'application du ministère de l'équipement.....	7
Les instructions du ministère de la santé	8
Aplanir les divergences d'analyse	8
1.2. <i>La définition de l'IPP</i>	8
Le niveau d'étude.....	9
La zone d'étude.....	9
Le choix des polluants	9
La mise en place de l'indicateur.....	10
1.3. <i>Le pragmatisme des opérateurs</i>	11
La simplicité reprend le dessus	11
La présentation des résultats	12
Le choix des indicateurs de pollution.....	12
2.LES METHODES DE MONETARISATION DE LA POLLUTION.....	15
2.1. <i>L'approche par le nombre de décès : le rapport Boiteux de 2001</i>	15
La fonction dose-réponse	16
La valorisation de la vie	16
La valorisation de la morbidité	17
L'évaluation monétaire	17
La prise en compte de la réduction de la pollution.....	17
2.2. <i>Une nouvelle méthode de valorisation des impacts sanitaires</i>	17
La perte d'espérance de vie (PEV).....	18
L'évaluation de la valeur de l'année de vie (VAV).....	19
3.L'EVALUATION MONETAIRE PAR LA PERTE D'ESPERANCE DE VIE	19
3.1. <i>Calcul de la valeur unitaire de l'indice pollution population (IPP)</i>	19
3.2. <i>Calcul de la valeur globale de la pollution routière</i>	20
II - ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	21
1.LE CHOIX DU MARQUEUR DE POLLUTION	21
1.1. <i>Synthèse des polluants et leurs effets sur la santé</i>	21
1.2. <i>Quels critères de choix pour un polluant de référence ?</i>	25
2.DISCUSSION SUR LES HYPOTHESES	28
Le choix de la population à risque	28
Le choix de la dose de pollution	28
L'application des études épidémiologiques de Pope au contexte français	28
La relation entre les polluants	29
Les incertitudes et les valeurs admises.....	30
3.DISCUSSION ET COMPARAISON DES RESULTATS	30
3.1. <i>Application de l'intervalle de confiance des années de vie perdues</i>	30
3.2. <i>Comparaison des résultats avec les valeurs du rapport Boiteux</i>	31
3.3. <i>Discussion autour du taux de réduction annuel de la pollution de la méthode Boiteux</i>	32
Présentation de l'analyse.....	32
Discussion des résultats	33
3.4. <i>La supériorité conceptuelle de l'approche IPP</i>	36
Les méthodes de valorisation	36
Les valeurs unitaires	37
III - APPLICATIONS, PERSPECTIVES ET CHOIX DES VARIANTES.....	38

1.L'ANALYSE COUT BÉNÉFICE COMME OUTIL DE LA DECISION PUBLIQUE	38
1.1.Les principaux indicateurs des études socio-économiques des projets de transports routiers	39
Le coût initial du projet.....	39
Le bénéfice actualisé pour la collectivité	39
Le bénéfice par euro investi	40
Le taux de rentabilité interne (TRI).....	40
Le taux de rentabilité immédiat.....	40
1.2.Les hypothèses des études socio-économiques.....	41
La valorisation des externalités	41
Les paramètres macro-économiques	43
1.3.La méthode d'analyse des projets routiers.....	44
2.LA PRATIQUE DES PROJETS	46
2.1.En France.....	46
Les trois études d'impact	46
Projet A : le contournement d'un village rural.....	46
Projet B : renforcement d'une route nationale en périphérie urbaine.....	46
Projet C : renforcement d'un contournement urbain en 2*2 voies.....	46
Les résultats de la valorisation par l'IPP et comparaison avec la méthode Boiteux	48
2.2.En Angleterre	51
L'EEE ou l'Estimation de l'Exposition aux Emissions dans les projets routiers britanniques.....	51
a- Définition de l'EEE	51
b- L'exemple de résultats : la nouvelle route entre Bexhill et Hastings	52
L'évaluation de la qualité de l'air au Royaume-Uni.	52
a- Le groupe interministériel sur les coûts et bénéfices	52
b- L'application à l'évaluation de la politique de qualité de l'air	53
3.L'APPORT DE LA VALORISATION PAR L'IPP POUR L'ANALYSE DES VARIANTES.....	55
3.1.L'évaluation de l'IPP pour les variantes d'un projet.....	55
La présentation des variantes du projet C	55
Les résultats de la monétarisation des impacts sur la santé pour les trois variantes	56
3.2.La part de l'impact sur la santé dans les analyses économiques	56
CONCLUSION.....	58
SIGLES ET ACRONYMES	60
BIBLIOGRAPHIE.....	63
1.OUVRAGES ET ARTICLES	63
2.TEXTES REGLEMENTAIRES	65
SOMMAIRE DETAILLE	68