



Ministère de l'équipement,
des transports, de
l'aménagement du territoire,
du tourisme et de la mer
Direction des routes

Ministère des solidarités, de la santé
et de la famille

Direction générale de la santé
Sous direction de la gestion des risques
des milieux

Ministère de l'écologie
et du développement durable

Direction des études économiques et
de l'évaluation environnementale
Direction de la prévention des
pollutions et des risques

**NOTE METHODOLOGIQUE
SUR L'EVALUATION DES
EFFETS SUR LA SANTE DE
LA POLLUTION DE L'AIR
DANS LES ETUDES
D'IMPACT ROUTIERES**

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
1.1 Contexte	4
1.2 Objectifs de la note méthodologique	4
2. QUELLES ÉTUDES ENTREPRENDRE ?	5
2.1 Zone géographique d'étude	5
2.1.1 Domaine d'étude	5
2.1.2 Bande d'étude	6
2.2 Niveaux d'études.....	7
2.2.1 Détermination des niveaux d'études à effectuer.....	7
2.2.2 Cas particuliers nécessitant une révision de niveau d'étude.....	7
2.3 Analyse des variantes et justification du choix retenu.....	9
2.3.1 Analyse en fonction des niveaux d'étude	9
2.3.2 Indice Pollution Population.....	9
3. CONTENU TECHNIQUE DES ÉTUDES	11
3.1 Etat initial	11
3.2 Inventaires des émissions et modélisation de la dispersion.....	12
3.2.1 Inventaires d'émissions	12
3.2.2 Modélisation de la dispersion	13
3.3 Effets de la pollution atmosphérique sur la santé.....	14
3.4 Evaluation des risques sanitaires liés au projet	15
3.4.1 Etudes de niveau I	15
3.4.2 Etudes de niveau II	19
3.4.3 Etudes de niveau III et IV.....	19
3.5 Mesure de lutte contre la pollution atmosphérique de proximité	21
3.6 Appréciation des impacts du projet en phase chantier	23
3.7 Monétarisation et analyse des coûts collectifs.....	23
4. ANNEXES.....	25
4.1 Annexe 1 : L'indice d'exposition de la population.....	25
4.2 Annexe 2 : Recensement des substances émises, des facteurs d'émission et des valeurs toxicologiques de référence	30
4.3 Annexe 3 : Recensement des valeurs toxicologiques de référence et des effets critiques.....	36
4.4 Annexes 4 : Adresses Utiles.....	44
4.4.1 Ministères.....	44

4.4.2	Services centraux du METATTM.....	44
4.4.3	Organismes divers	44
4.4.4	CETE.....	45
4.4.5	Sites Internet	45
4.5	Annexe 5 : Glossaire	47
4.6	Annexe 6 : Sigles et acronymes.....	48

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

L'article 19 de la loi n° 96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie impose aux maîtres d'ouvrage des études particulières sur la pollution atmosphérique, la santé et le coût social, dès lors qu'un projet d'aménagement ou d'occupation des sols présente des impacts significatifs pour l'environnement.

En juin 2001, le SETRA et le CERTU ont publié une note méthodologique dans le cas particulier des projets routiers pour accompagner la mise en œuvre de l'article 19 de cette loi et de sa circulaire d'application 98-36 du 17 février 1998. Cette note se limitait à indiquer comment prendre en compte l'impact des projets routiers vis à vis de la pollution atmosphérique.

Parallèlement, la DGS a émis deux circulaires générales d'application de l'article 19 relatives aux études d'impacts sanitaires de tout projet (N° 2000-61 du 3 février 2000) (N° 2001-185 du 11 avril 2001).

Plus récemment, le décret du 1er août 2003 a modifié le décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 pris pour application de l'article 2 de la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, en introduisant :

- la nécessité d'une évaluation des effets du projet sur la santé,
- une procédure de concertation en cas d'impacts transfrontaliers.

Enfin, l'instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport **du 25 mars 2004** pose les bases d'une méthodologie prenant en compte les nuisances dues à la pollution atmosphérique pour l'estimation des coûts. Elle fixe des valeurs unitaires relatives pour les coûts de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre, sur la base du rapport « Transports : choix des investissements et coût des nuisances », établi par le groupe présidé par M. Boiteux en 2001¹.

1.2 Objectifs de la note méthodologique

Dans ce cadre, la présente note méthodologique vise à uniformiser les pratiques des différents ministères pour une meilleure prise en considération de la santé via l'exposition à l'air dans les études d'impact d'infrastructures routières. Dans la suite du texte cette notion apparaîtra sous le nom de « volet air et santé ». Cette note annule la note méthodologique de juin 2001 sur les études d'environnement dans les projets routiers « volet air ». Par contre, l'annexe technique à cette ancienne note est toujours maintenue.

Elle donne aux services de l'Etat réalisant ou analysant des projets routiers, les éléments nécessaires à l'évaluation des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Elle se limite aux sujets pour lesquels existent des références scientifiques et méthodologiques, mais elle pourra être complétée et modifiée, le cas échéant, au fur et à mesure des progrès en ce domaine. Elle ne traite pas des dispositions de l'article 19 de la loi précitée relatives aux pollutions et nuisances autres que la pollution atmosphérique.

Les maîtres d'ouvrage routiers autres que l'Etat pourront, également, s'inspirer du présent document dans la réalisation de leurs propres projets.

¹ "Transports : choix des investissements et coût des nuisances" rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux La documentation française - juin 2001

2. QUELLES ÉTUDES ENTREPRENDRE ?

Les études d'impact environnemental concernant les infrastructures routières doivent être adaptées au projet étudié et à ses enjeux.

Le volet « air et santé » vise d'une part à déterminer le tracé routier minimisant l'impact de la pollution de l'air sur la santé des populations. Ses résultats sont destinés à inspirer les choix du décideur. D'autre part, il vise à évaluer les risques sanitaires individuels et collectifs auxquels sont soumis les personnes et populations vivant dans le domaine et les bandes d'étude pour proposer d'éventuelles mesures de lutte contre la pollution atmosphérique et informer les populations concernées.

Un projet peut être une partie d' un aménagement plus important (programme) dont la réalisation a été fractionnée dans le temps. Il est alors nécessaire d' étudier les impacts de l'ensemble du programme, avant d' étudier séparément chacun des projets qui le compose.

2.1 Zone géographique d'étude

On définit traditionnellement quatre échelles spatiales en matière de pollution atmosphérique :

- *L'échelle locale* (10 m à 1 km) adaptée à l'étude des effets sur la santé de sources de pollution proches et identifiées (routières ou industrielles principalement).
- *L'échelle urbaine* (1 à 50 km), où les effets sur la santé sont étudiés sur l'ensemble d'une zone urbaine, en prenant en compte plusieurs sources de pollution de l'air ainsi que des paramètres climatiques et topographiques.
- *L'échelle régionale* (50 à 5 000 km), où l'on s'intéresse aux effets au niveau d'une région ou d'un continent (concentration d'ozone troposphérique en Europe par exemple).
- *L'échelle globale* (au-delà de 5 000 km).

Compte tenu de l'état des connaissances et des méthodes, et sauf exception (opérations exceptionnellement importantes affectant le fonctionnement global du trafic à l'intérieur d'une ou plusieurs grandes agglomérations ou entre plusieurs grandes agglomérations type métropoles), les échelles régionale et globale sont hors du champ de cette note.

2.1.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant **une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 %** du fait de la réalisation du projet.

Cette modification de trafic doit être évaluée en comparant les situations avec et sans aménagement au même horizon, et en se référant à l' instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d' évaluation des grands projets d'infrastructures de transports.

Cette définition du domaine d'étude reste toutefois indicative. Notamment, pour les parties du réseau routier subissant une variation inférieure à 10 % des flux de trafic, il appartient au chef de projet et au responsable de l'étude d'apprécier si les conditions locales (niveau de pollution, configuration du bâti, nature du trafic, sensibilités particulières des populations,...) justifient leur prise en compte.

En milieu urbain : la variation de trafic sera examinée à l'heure de pointe la plus chargée (du soir ou du matin). Elle sera également calculée à partir du trafic moyen journalier annuel (TMJA) dans le cas où l'on dispose des données correspondantes.

En milieu interurbain : la variation de trafic sera évaluée à partir du TMJA.

2.1.2 Bande d'étude

La bande d'étude est définie autour de chaque voie subissant, du fait de la réalisation du projet, une hausse ou une baisse significative de trafic (variation de $\pm 10\%$, comme pour le domaine d'étude).

Elle est adaptée à l'étude de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique à l'échelle locale résultant des polluants primaires. Dans le domaine d'étude, il peut donc y avoir plusieurs bandes d'études.

Pour la pollution particulaire (métaux lourds,...), la largeur de la bande d'étude est prise égale à 100 m, quel que soit le trafic, en attendant les résultats de recherches complémentaires.

Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet est définie dans le tableau n°1 par le plus contraignant des deux critères suivants :

- Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) prévu à terme ; ou en milieu urbain, le trafic à l'heure de pointe la plus chargée.
- En limite de bande le non dépassement de la concentration maximale en NO₂

tableau n° 1 : Critères permettant de définir la largeur minimale de la bande d'étude

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Trafic à l'heure de pointe (uvp/h)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres) de part et d'autre de l'axe	Valeur maximale en NO ₂ en limite de bande $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2020)
>100 000	>10 000	300	0.9
50 000 > ≤ 100 000	5 000 > ≤ 10 000	300	0.7
25 000 > ≤ 50 000	2 500 > ≤ 5 000	200	0.3
10 000 > ≤ 25 000	1 000 > ≤ 2 500	150	0.3
≤ 10 000	≤ 1 000	100	0.3

Ainsi pour un projet prévoyant un trafic de plus de 100 000 véhicules par jour à l'horizon de sa mise en service, la largeur de la bande sera de 300 mètres si à la limite de la bande la valeur maximale en NO₂ de 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est pas dépassée. Si la valeur en NO₂ est dépassée la bande d'étude est élargie jusqu'à ce que la concentration en NO₂ en limite de bande ne dépasse pas la valeur de 0,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les valeurs de largeur précisées ci-dessus sont issues des rapports CERTU-CETE Méditerranée : Dispersion de la pollution aux environs d'une route Volet « santé » Calculs ADMS de juin 2002 et février 2003 (disponibles auprès du CERTU sur simple demande).

2.2 Niveaux d'études

2.2.1 Détermination des niveaux d'études à effectuer

Quatre niveaux d'études sont distingués, en fonction de deux paramètres principaux :

- La charge prévisionnelle de trafic.
- Le nombre de personnes concernées par le projet.

Le tableau n°2 suivant précise le type d'étude qu'il convient d'effectuer.

Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1km) densité hbts/km ² dans la bande d'étude	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 véh/j à 50 000 véh/j ou 2 500 uvp/h à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
G I Bâti avec densité ≥ 10 000 hbts/km ²	I	I	II	II si L projet > 5kms ou III si L projet < ou = 5
G II Bâti avec densité > 2 000 et < 10 000 hbts/km ²	I	II	II	II si L projet > 25kms ou III si L projet < ou = 25kms
G III Bâti avec densité ≤ 2000 hbts/km ²	I	II	II	II si L projet > 50kms ou III si L projet < ou = 50kms
G IV Pas de bâti	III	III	IV	IV

Tableau n°2 : niveau d'étude en fonction du trafic, de la densité de population et la longueur du projet.

2.2.2 Cas particuliers nécessitant une révision de niveau d'étude

Plusieurs facteurs peuvent conduire à corriger le niveau d'étude résultant du tableau ci-dessus :

- **Dans le cas de présence de lieux dits sensibles** (hôpitaux, crèches, écoles, stades, centres sportifs, résidences de personnes âgées) situés dans la bande d'étude du projet proprement dite, une étude de niveau II sera impérativement remontée au niveau I au droit des lieux sensibles et non pas sur la totalité de la

bande d'étude. Il n'y aura par contre pas lieu de remonter les études de niveau III et IV au droit des lieux dits sensibles.

- **Dans le cas d'un projet avec des différences marquées de milieu** (contexte urbain et interurbain), l'absence totale de population sur certains tronçons (supérieur à 1 km) du projet autorisera l'application d'un niveau d'étude de moindre complexité sur ces sections du projet. Les justifications correspondantes devront clairement apparaître dans l'étude d'environnement et être reprises dans l'étude d'impact.
- **Dans le cas où la population dans la bande d'étude est supérieure à 100 000 habitants**, une étude de niveau II est remontée au niveau I, l'excès de risque collectif pouvant être alors non acceptable ; une étude de niveau III est remontée au niveau II. Pour les études de niveau IV, il n'y aura pas lieu d'effectuer d'études de niveau supérieur.

Dans les cas où un plan de protection de l' atmosphère (PPA) est approuvé ou doit être réalisé dans le domaine d'étude (il s' agit des agglomérations de plus de 250 000 habitants ainsi que des zones dans lesquelles les concentrations dans l' air ambiant des polluants dépassent ou risquent de dépasser les valeurs limites fixées par la réglementation), le niveau d' étude au droit de la zone faisant ou devant faire l'objet d'un PPA peut être remonté ; les informations nécessaires peuvent être obtenues après des DRIRE.

A titre indicatif, on trouvera ci-après quelques valeurs sur la densité de population en fonction du type de bâti :

Tableau n° 3 : type de bâti et densité de population

	Type de bâti	Densité de population
G I	Centre ville classique	30 à 40 000 hbts/km ²
	Grand collectif	26 000 hbts/km ²
	Petit collectif	14 000 hbts/km ²
	Centre ancien des petites villes	10 000 hbts/km ²
G II	Centre ancien hétéroclite	8 000 hbts/km ²
	Semi collectif	7 000 hbts/km ²
	Centre récent des petites villes	5 000 hbts/km ²
	Pavillonnaire dense	4 000 hbts/km ²
	Pavillonnaire	2 500 hbts/km ²
G III	Hameau lâche	1 000 hbts/km ²
	Maisons groupées	100 hbts/km ²
	Maisons isolées	20 hbts/km ²

Source : rapport d'études des CETE de Lyon et de Rouen pour le compte du CERTU (densité de population et morphologie du bâti) disponible sur le site internet du CERTU (www.certu.fr)

La relation type de bâti/population est donnée à titre indicatif. Elle ne dispense pas de l'étude ultérieure sur la population exposée, à partir de la base îlots de l'INSEE issue du recensement 1999 ou par toute autre méthode, photos aériennes, visite sur site...

2.3 Analyse des variantes et justification du choix retenu

2.3.1 Analyse en fonction des niveaux d'étude

Pour chaque variante et quel que soit le niveau d'étude, on présentera une estimation de la population exposée et le repérage des lieux de vie sensibles.

Pour les réseaux routiers nécessitant des études de niveaux I et II, les variantes seront décrites et comparées en terme de qualité de l' air, (comparaison d' inventaires et/ou de concentrations) et en termes d'exposition des populations à l'aide de l'Indice Pollution Population.

Pour les réseaux routiers nécessitant des études de niveau III et IV, les variantes seront décrites en termes de qualité de l'air (comparaison des émissions et des populations présentes dans la bande d'étude).

Dans le cas où des variantes sont de niveaux d'études différents la comparaison ne peut se faire qu'à partir des données nécessaires à la réalisation du niveau d'études le moins exigeant.

Les résultats de la concertation et l'importance de la problématique « air » dans cette concertation seront présentés. On rappellera l'incidence des conclusions du volet « air », y compris l'exposition des populations, dans le choix de la solution proposée.

On rappellera ici que l'étude sanitaire n'est pas réservée au seul domaine de la pollution atmosphérique, et que, pour chaque variante, doivent être abordés également d'autres domaines tels que le bruit, l'eau, les sols et aussi la sécurité routière.

En outre, le choix du tracé s'appuie sur l'ensemble de l'étude d'impact : effets sur l'environnement, effets sur la santé, risques.

2.3.2 Indice Pollution Population

Objet de l'IPP :

Cet indicateur permettra la comparaison des différentes variantes entre elles et entre la solution retenue et l'état de référence avec un critère basé non seulement sur les émissions, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

Cet outil est proposé et doit être utilisé comme une aide à la comparaison de situation et, en aucun cas, comme le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

Cet indicateur utilise comme traceur le **benzène**. L'annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers « volet air » du SETRA / CERTU de juin 2001, mentionnait les NOx comme traceurs de la pollution atmosphérique, et comme indicateur pour la construction de l'IPP.

Des études réalisées par le CETE Méditerranée en juin 2003 et intitulées « Dispersion de la pollution aux environs d'une route Volet «Santé », et disponibles au CERTU sur simple demande, ont permis de retenir le benzène, comme polluant à prendre désormais en compte dans la construction de l'IPP.

Le benzène est un hydrocarbure faisant partie de la famille des composés aromatiques et des Composés Organiques Volatils Non Méthane. Il représente un cas particulier, car sa toxicité reconnue l'a fait classer par l'O.M.S (organisation mondiale de la santé) parmi les « cancérogènes certains pour l'homme », (leucémie myéloïde aiguë groupe I Classification du CIRC), sa toxicité hématologique par atteinte de la moelle osseuse est connue depuis longtemps. Elle touche toute les lignées sanguines et peut se manifester par une anémie ou plus rarement, une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs), une thrombopénie (plaquettes). Outre les expositions chroniques par inhalation, il a également été retenu pour les autres types d'effets et d'exposition (exposition aiguë et effets non cancérogènes dans l'exposition chronique) en raison de son caractère prioritaire établi dans le Plan National Santé Environnement.

Calcul de l'IPP :

L'IPP comprend la population présente sur chacun des tronçons du réseau étudié, en situation actuelle et future et la quantité de polluants émise sur ceux-ci. A partir des plans locaux d'urbanisme, la méthode a pour but de découper le territoire de chaque commune en zones de densités de population (actuelles et futures) homogène, d'estimer les densités et de multiplier sur chaque tronçon les quantités de polluants émises à la population présente.

L'Indice Pollution Population est construit de la façon suivante : le domaine d'étude est divisé en maille (50 à 200 mètres suivant le domaine d'étude) ; sur ces mailles, est calculée la somme des émissions de polluants en tenant compte de l'influence du vent afin d'obtenir un « cadastre d'émissions influencé par le vent ». Ce cadastre est associé à la population demeurant sur la surface de ladite maille. Enfin on détermine un histogramme de distribution par classes de valeurs d'émissions influencées par le vent (abscisse : émissions influencées par le vent EIV ; ordonnée : nombre de mailles). En calculant l'aire de l'histogramme on obtient un indicateur global propre à chaque tracé étudié, l'Indice Pollution Population. Les détails méthodologiques sont explicités en annexe 1.

3. CONTENU TECHNIQUE DES ÉTUDES

La documentation technique relative au volet « air et santé » de l'étude d'impact d'une infrastructure est relativement récente (2001). Le travail sur la standardisation et l'homologation des outils (émissions unitaires, structure du parc, inventaires d'émissions, diffusion, photochimie, action sur la santé, coûts collectifs...) est en cours. Aussi, la prudence reste conseillée quant à la précision et à l'interprétation des résultats. Au besoin, il conviendra de contacter les services centraux des ministères ou leurs services techniques (CETU, CERTU et SETRA ainsi que l'ADEME) afin de mettre à jour les méthodes utilisées.

Il est conseillé de faire intervenir les spécialistes « air » dès le départ afin, d'une part, de fixer le travail des spécialistes « trafic » et, d'autre part, de définir, dans les meilleurs délais, le domaine d'étude qui est très important et qui doit être approuvé par le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage. Parallèlement il faut prévoir les délais de réalisation de la campagne pour l'établissement de l'état initial, de la modélisation éventuelle et de la récupération des données des systèmes d'information géographique. Le délai d'études peut varier de 6 à 18 mois.

Dans les coûts d'études, il faut distinguer celui des campagnes de mesures réalisées pour l'état initial et celui des prestations d'ingénierie.

Le coût d'une campagne de mesures dépend de la métrologie utilisée, du nombre de points de mesure et de la durée de la campagne. Pour les prestations d'ingénierie, il dépend de l'importance de l'étude, de la disponibilité des données nécessaires, de la nécessité ou non de la modélisation informatique (dispersion de polluants, photochimie pour la pollution régionale).

Bien que peu d'études « air et santé » aient été réalisées à ce jour, on peut estimer que : pour l'état initial (mesures), le coût est de 8 à 30 mille euros pour l'étude proprement dite, le coût d'ingénierie s'élève de 8 à 50 mille euros

Les études porteront principalement sur la comparaison des variantes et les effets du projet définitif, mais elles doivent aussi évoquer la phase chantier.

3.1 Etat initial

L'étude de l'état initial pour objectif d'effectuer un bilan de la qualité de l'air pour la situation actuelle dans le domaine d'étude. Elle pourra s'appuyer sur différentes données et sources d'informations :

- Évaluation(s) de la qualité de l'air réalisée(s) par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air,
- Plan Régional pour la Qualité de l'Air (ou PRQA) et inventaires d'émission par sources,
- Plans de Protection de l'Atmosphère (ou PPA),
- Plans de Déplacements Urbains (ou PDU),
- Inventaires d'émissions liées au trafic routier,
- Campagnes de mesures in situ spécifiques,
- Indicateurs biologiques.

Le recueil de ces données et la précision de l'état initial devront tenir compte de la sensibilité du domaine d'étude, de la disponibilité des données, de la nature et de l'importance du projet. Ils devront être adaptés aux méthodes et aux critères utilisés ultérieurement pour la comparaison des variantes et l'étude de la solution retenue.

Par ailleurs, pour toutes les catégories d'étude seront réalisés :

- Un recensement des sources de contamination déjà présentes dans le domaine d'étude (substances émises, voies d'exposition, variabilité...);
- Une description socio-démographique de la population concernée ;
- Un recensement des milieux et des voies d'exposition de la population (habitat, commerces, terrains récréatifs, voies de passage, autres infrastructures, jardins ouvriers ou familiaux, zones de loisirs...) parmi lesquels peuvent se trouver des lieux sensibles (hôpitaux, crèches, écoles, stades, centres sportifs, résidences de personnes âgées) ;
- Une identification des sources de données sanitaires pertinentes.

Les conclusions porteront sur une analyse fine de l'état initial dans la zone d'étude concernée par le projet et sur son évolution prévisible en l'absence de tout projet, qui constitue la situation de référence des impacts.

Remarques sur la réalisation de campagnes de mesures in situ

En l'absence de données suffisantes pour décrire l'état initial du site, on pourra avoir recours à des campagnes spécifiques de mesures. Ces campagnes devront être bien adaptées aux enjeux de l'étude d'impact et aux méthodes de prévision des effets sur la qualité de l'air. Les choix devront porter sur la nature des polluants mesurés, les méthodes de mesure et la durée de la campagne.

Si les NOx sont de bons indicateurs de la pollution atmosphérique émise par le trafic routier (campagne par tubes à diffusion passive de NO₂), il est possible également d'effectuer des mesures par tubes passifs de BTEX tels que le benzène, et ses homologues supérieurs, toluène, éthylbenzène, xylène. Si on ne dispose pas de stations de mesures permanentes pouvant servir de référence à proximité du ou des axes étudiés, il conviendra de renouveler ces mesures sur deux périodes de l'année au minimum de manière à couvrir au mieux différentes situations représentatives des variations saisonnières du trafic et de la météorologie.

Dans des cas complexes, par exemple une sortie de tunnel ou une station de ventilation en milieu urbain déjà très pollué, on pourra envisager une campagne plus complète, portant sur plusieurs polluants et avec des appareils de mesure permettant de suivre les évolutions au cours de la journée (données horaires ou ¼ horaires).

3.2 Inventaires des émissions et modélisation de la dispersion

Selon les niveaux d'étude considérés, on fera appel à tout ou partie des éléments présentés dans cette section.

3.2.1 Inventaires d'émissions

Les émissions de polluants d'une infrastructure sont directement proportionnelles au flux de trafic (VL et PL), à la composition des parcs automobiles, aux émissions unitaires des véhicules et dépendent fortement de la vitesse moyenne sur le parcours.

Le recueil des données de trafic revêt donc une importance particulière et nécessite la collaboration des spécialistes « trafic » et « pollution atmosphérique » dès le début des études.

L'utilisation des données d'émission (émissions unitaires et composition du parc automobile) est assez délicate. Comme ces données varient rapidement avec les évolutions techniques, il convient de se renseigner auprès des services techniques centraux (CERTU et SETRA) ou de l'ADEME (Direction Air Bruit Efficacité Énergétique) afin de s'assurer de leur validité et de leur mise à jour.

Compte tenu de l'état des connaissances, la précision des inventaires d'émissions dans les horizons lointains reste incertaine. Seules des comparaisons entre

scénarios ou variantes peuvent être prises en compte et refléter certaines tendances.

Les inventaires d'émissions doivent s'effectuer en **trois étapes** :

- **1^{ère} étape** : (état initial) inventaire d'émissions pour la situation actuelle.
- **2^{ème} étape** : (états de référence) inventaires d'émissions aux différents horizons d'études pour le scénario « fil de l'eau » ; comparaison entre eux et l'inventaire de l'état initial ; le scénario « fil de l'eau » étant défini comme une évolution naturelle des flux de trafic compte tenu des autres aménagements prévus jusqu'à l'horizon de mise en service.
- **3^{ème} étape** : (comparaison de variantes) pour chaque horizon d'étude, inventaires d'émissions pour les différents scénarios ou variantes et comparaison entre eux et avec l'inventaire « fil de l'eau » correspondant.

Les résultats de comparaison et de variation ne sont pas transposables d'un polluant à un autre. Actuellement, il n'existe aucun indicateur global validé de pollution et l'on sera obligé de raisonner polluant par polluant.

3.2.2 Modélisation de la dispersion

L'objectif de la modélisation est de prédire les concentrations en polluants résultant des projets envisagés.

L'utilisation d'un modèle de dispersion reste, à l'heure actuelle, relativement complexe et demande des connaissances en physico-chimie de l'atmosphère, en météorologie et en mécanique des fluides. Néanmoins, il existe des outils plus ou moins performants (modèle de dispersion, maquettes...) qu'il conviendra de sélectionner selon le contexte du projet et les enjeux de la pollution atmosphérique et des effets sanitaires identifiés. Lorsque l'usage d'un modèle s'avère nécessaire, sa complexité doit répondre à celle des phénomènes étudiés ainsi qu'au niveau de précision recherché. La validité des résultats obtenus dépend beaucoup de la qualité des données recueillies (données trafic, émissions des sources de pollution, données météo, état initial,...) et de leur utilisation.

Les variabilités inévitables dans les données d'entrée des modèles (météorologie, émissions,...) se traduisent par des incertitudes, en particulier en ce qui concerne les pollutions particulaires, sur les résultats des modélisations dont il faudra tenir compte dans leur interprétation. Il est donc nécessaire de rester très prudent lors des comparaisons avec les seuils réglementaires définis au niveau français ou européen.

En outre, les modèles ne permettent pas actuellement de simuler toutes les conditions (vitesses de vent très faibles et îlots de chaleur urbains par exemple).

Parmi les polluants indiqués à l'annexe 3, les polluants pour lesquels on peut envisager d'effectuer une modélisation de la dispersion sont :

D'une part des polluants gazeux tels que :

- le monoxyde de carbone (CO),
- les oxydes d'azote (NOx),
- le benzène (C₆H₆),
- le SO₂ (dans le cas d'une proximité d'un ou plusieurs émetteurs industriels).

D'autre part, un polluant particulaire (cadmium ou nickel par exemple).

Cas de la pollution photochimique

La pollution photochimique, dont l'ozone (O₃) est un indicateur, est fréquente l'été dans un grand nombre de régions européennes. Les concentrations d'ozone ont augmenté sur l'ensemble de l'hémisphère Nord depuis le début du siècle sous l'effet conjugué du développement des transports routiers, de l'industrie et de l'utilisation de solvants volatils.

L'ozone est un polluant dit « secondaire », par opposition aux polluants dits « primaires » émis directement par les activités humaines. L'ozone se forme sous l'effet du soleil en présence de précurseurs (CO, NO_x et COV), particulièrement émis par les véhicules à moteur, et s'accumule progressivement dans les masses d'air en déplacement.

Pour des raisons complexes liées aux réactions chimiques à l'origine de ce polluant, les concentrations en ozone sont souvent plus faibles à proximité immédiate de la voie de circulation routière qu'à quelques kilomètres. Et, d'une manière générale, elles sont plus élevées en périphérie qu'au centre des villes.

La mise en place d'un modèle de pollution photochimique reste encore techniquement très lourde (inventaires d'émissions très fins, spéciation des espèces, conditions aux limites...) et très coûteuse. Deux approches sont donc possibles en fonction du projet et des enjeux associés :

- dans la majorité des cas, l'étude donnera une approche descriptive simple du phénomène et indiquera les limites des connaissances sur le sujet,
- dans les cas spécifiques (autoroutes, contournement de grosses agglomérations notamment), lorsque des outils auront déjà été mis en place au niveau régional pour répondre à la question, une approche par modélisation pourra être envisagée.

3.3 Effets de la pollution atmosphérique sur la santé

Grâce aux progrès de l'épidémiologie et à l'avancée des connaissances toxicologiques depuis une quinzaine d'années, on sait à présent avec certitude que la pollution atmosphérique génère des impacts sur la santé des populations. Les effets les plus souvent décrits sont les effets de la pollution atmosphérique survenant à court terme (quelques heures ou quelques jours après une exposition de courte durée). Des études épidémiologiques en population générale ont permis d'établir le rôle de la pollution atmosphérique globale sur la mortalité anticipée toutes causes (sauf accidentelles) et sur les admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires. Par ailleurs le trafic routier expose également les populations à des toxiques particuliers (acroléine, benzène...) et les effets sanitaires d'une exposition aiguë et à long terme à ces polluants pris individuellement peuvent être quantifiés. Les effets sanitaires des substances sont décrits dans la colonne effets critiques de l'annexe 3.

La pollution atmosphérique a d'autres effets sur l'odorat ou la vue (pollution sensible). Ces effets de l'ordre de la nuisance mais pouvant avoir un impact sanitaire (psychologique par exemple) ne seront pas abordés du fait du peu de connaissance scientifique sur ce sujet.

3.4 Evaluation des risques sanitaires liés au projet

Ce chapitre précise le contenu de l'évaluation des risques sanitaires pour chaque niveau d'études. Il recommande les polluants à prendre en compte en l'état actuel des connaissances pour les différents types de niveaux d'études. Pour les projets où des problèmes de pollution sont prévisibles, il convient, en amont, de mettre en place des moyens de surveillance de la qualité de l'air de manière à disposer d'éléments dans la future zone d'étude. Il conviendra dans ce cas de se rapprocher de l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air compétente dans la zone pour connaître les moyens de surveillance existants.

3.4.1 Etudes de niveau I

Le contenu des études de niveau I est le suivant :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude,
- Qualification de l'état initial par des mesures in situ,
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude et, selon la nature du projet, dans l'ensemble du domaine en zones urbanisées,
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution-population, croisant émissions de benzène ou concentrations simplifiées et population).
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité,
- Evaluation quantitative des risques sanitaires sur le seul tracé retenu.

Cette dernière s'appuie sur une méthodologie précise qui a été définie en 1983 par l'académie des sciences américaine. Le guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact de l'Institut de Veille Sanitaire de 2000 l'a retranscrite (accessible sur le site www.invs.sante.fr).

Les quatre points ci-dessous rappellent la démarche et précisent les polluants à prendre en compte pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires.

1. Identification des dangers et des valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Le travail d'identification des dangers et de quantification des facteurs d'émission des polluants par les véhicules a été réalisé par un groupe d'experts piloté par l'InVS. Ces résultats peuvent être considéré comme stables sur une période de temps relativement courte (3 à 5 ans).

Concernant l'identification des valeurs toxicologiques de référence, celle-ci a également été réalisée par le groupe d'experts.

Les tableaux en annexe 2 résument les informations retrouvées sur les facteurs d'émission. En annexe 3 les principales informations sur les substances disposant de VTR sont présentées.

Cependant du fait de l'évolution potentiellement plus rapide des informations dans ce domaine il est demandé aux maîtres d'ouvrage de vérifier l'actualité de ces VTR sur la base de données TERA².

2. Sélection des substances pertinentes pour l'évaluation du risque sanitaire

Cette étape a consisté pour le groupe d'experts à choisir les traceurs de risques sanitaires parmi tous les polluants ayant un facteur d'émission et une valeur toxicologique de référence.

Lors du roulage, les émissions liées à l'échappement, l'usure des équipements automobiles et l'entretien des voies ont été pris en compte. Les émissions liées à l'évaporation des essences sont d'avis d'experts systématiquement très inférieures aux facteurs d'émission à l'échappement, il n'est donc pas nécessaire de les prendre en considération. En revanche, les émissions par évaporation n'étant pas négligeables pour les véhicules à l'arrêt, celles-ci sont à retenir sur les tronçons disposant d'aires de parking où un nombre important de véhicules peut stationner.

L'ensemble des voies, modes d'exposition et types d'effets (exposition aiguë, exposition chronique par inhalation et voie orale, effets cancérigènes et non cancérigènes) sont également à prendre en compte. Pour réaliser la sélection finale des substances, le facteur d'émission de chaque polluant a été rapproché de sa valeur toxicologique de référence pour évaluer son danger potentiel relativement aux autres polluants.

Après classification des polluants, il a été nécessaire de sélectionner comme substances a priori pertinentes pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre des études d'impact des projets routiers celles qui génèrent le plus de risques :

- le polluant présentant le score le plus élevé (donc celui qui est classé en rang 1),
- tous les polluants dont le score est compris entre la valeur précédente et la valeur 100 fois inférieure,
- les substances rémanentes dans l'environnement (métaux) dont le score est compris entre le score maximal et la valeur 1000 fois inférieure.

Cette sélection a été opérée pour chaque type d'exposition (aiguë, chronique), chaque type de danger (cancérigène, non cancérigène) et chaque voie d'exposition (inhalation et ingestion).

Lorsqu'un polluant cancérigène est classé prioritaire pour l'une des deux voies d'exposition (inhalation ou ingestion), s'il est également cancérigène par l'autre voie, il doit systématiquement être sélectionné pour les deux voies d'exposition. Lorsqu'un polluant non cancérigène est classé prioritaire pour l'une des deux voies d'exposition (inhalation ou ingestion), s'il est responsable de l'atteinte du même organe cible par l'autre voie, il doit systématiquement être sélectionné pour être étudié pour les deux voies d'exposition.

En appliquant la méthodologie décrite ci-dessus, le groupe d'experts piloté par l'InVS a émis les recommandations concernant les substances à prendre en compte dans les études d'impacts, volet « air et santé », .Elles sont énumérées dans le tableau 4 ci-après.

² TERA : Toxicology Excellence for Risk Assessment & *Concurrent Technologies Corporation*
[//www.tera.org/iter/](http://www.tera.org/iter/)

Tableau 4 : Substances recommandées pour leur prises en compte dans les évaluations du risque sanitaire dans le cadre d'études d'impact d'infrastructures routières

Substances	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérigènes	Exposition chronique par voie orale, effets cancérigènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérigènes	Exposition chronique par voie orale, effets non cancérigènes
Acroléine	X			X	
Dioxyde d'azote	X			X	
Dioxyde de soufre	X				
Benzène	X	X		X	
Particules diesel		X		X	
Chrome		X			X
formaldéhyde		X		X	
1,3-butadiène		X		X	
acétaldéhyde		X		X	
Nickel		X		X	X
Cadmium		X		X	X
Benzo[a]pyrène		X	X		
Arsenic		X	X		X
Plomb				X	X
Mercure					X
Baryum					X

Concernant le benzène, sélectionné par la procédure pour ses effets cancérigènes dans les expositions chroniques par inhalation, il a également été retenu pour les autres types d'effets et d'exposition (exposition aiguë et effets non cancérigènes dans l'exposition chronique) en raison de son caractère prioritaire établi dans le Plan National Santé Environnement.

Concernant les aires de stationnement attenantes aux infrastructures, les émissions par évaporation de composés organiques volatils (hexane, benzène, toluène, m-xylène et p-xylène) ont également été étudiées par le groupe d'experts. Comparativement aux émissions de l'infrastructure proprement dite et après application d'une méthodologie de sélection identique, le benzène apparaît être le polluant à prendre en compte dans les évaluations du risque sanitaire.

On trouvera le document complet et recommandations du groupe de travail piloté par l'InVS sur le site de l'Observatoire des Pratiques de l'Évaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'Impact.

(http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm).

3. Evaluation de l'exposition des populations

Pour une voie donnée (inhalation, ingestion) l'exposition résulte du produit de l'intensité du contact et de sa durée. Elle est estimée pour des groupes de population homogènes quant à leurs modalités d'exposition en termes d'activité, d'âge, de durée et de fréquence d'exposition.

La dose d'exposition des personnes à un polluant résulte de la combinaison de quatre paramètres :

- les voies d'exposition,
- la concentration du polluant dans les milieux avec lesquels les personnes sont en contact,
- la fréquence des contacts avec le polluant,
- la durée de ces contacts.

Dans la mesure où il n'y a pas d'uniformité de comportements dans une population considérée, la construction de plusieurs scénarios d'exposition (autant que de situations contrastées) est nécessaire de façon à encadrer les niveaux d'exposition. Concernant la durée d'exposition, le choix en première approche d'une durée de 70 ans, correspondant conventionnellement à une exposition vie entière, est largement retenu car il est protecteur pour les populations. Celle-ci peut cependant être modulée en fonction de la durée de résidence des personnes en un même lieu et en fonction de la durée d'émission probable du projet.

La détermination de l'exposition nécessite de connaître les concentrations des différents polluants ainsi que leurs variations. L'observation de ces variations à court terme se fait classiquement à partir des mesures issues des réseaux de surveillance de la qualité, et plus particulièrement par des stations urbaines de fond.

Les projets routiers, dont la configuration peut être très variable, sont rarement couverts par des réseaux de stations existantes assurant une mesure complète des niveaux de pollution. De plus, pour pouvoir évaluer les concentrations de polluants après la mise en service du projet, il sera nécessaire de recourir à une modélisation trafic – émissions - concentrations à l'aide de modèles de diffusion nécessairement complexes (surtout en milieu urbanisé) ou à des campagnes de mesures spécifiques.

4. Caractérisation des risques

Pour les effets obéissant à des relations dose / réponse à seuil, le résultat de la caractérisation des risques est, pour un individu, égal au rapport de la dose d'exposition sur la VTR. Ce rapport est appelé « quotient de danger » (QD). Lors de la caractérisation des risques, les « quotients de danger » de substances ayant les mêmes effets doivent être additionnés. Lorsque le quotient de danger global est inférieur à 1, l'individu exposé est théoriquement hors de danger. Dans le cas contraire, cela signifie que l'effet indésirable peut se produire sans qu'il soit possible d'en déterminer la probabilité de survenue.

Pour les effets obéissant à des relations dose / réponse sans seuil (effets cancérigènes généralement), le résultat est exprimé en excès de risque individuel (ERI). L'excès de risque individuel est la probabilité de survenue d'un danger au cours de la vie entière d'un individu, compte tenu de sa dose journalière d'exposition et de l'excès de risque unitaire (ERU³) de l'agent étudié. Pour les substances cancérigènes, tous les ERI sont additionnés quel que soit le type de cancer, on obtient donc une somme de ERI.

³ L'excès de risque unitaire est la probabilité de survenue de l'effet chez un individu pour une exposition à une unité de dose durant toute la vie (en général $1\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour l'inhalation) et 24 heures sur 24.

Par ailleurs, le calcul d'un excès de risque collectif se fait ensuite en multipliant la somme des excès de risque individuel par la population concernée par cet excès, résidant donc dans les bandes d'études.

La présentation des résultats doit systématiquement s'accompagner d'une discussion sur les facteurs de surestimation, de sous-estimation et d'effets inconnus liés aux hypothèses prises au cours du déroulement de l'étude d'impact.

Pour un projet donné, l'impact sur la santé est présenté en l'état initial et à l'horizon du projet pour la situation de référence et la situation avec projet en place.

3.4.2 Etudes de niveau II

Les études de type II requièrent une analyse simplifiée des effets sur la santé avec utilisation de l'IPP (indice pollution-population).

Les polluants à prendre en considération, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- les NO_x,
- le CO,
- les hydrocarbures,
- le benzène,
- les particules émises à l'échappement,
- le dioxyde de soufre .

Pour la pollution particulaire, on retiendra le nickel et le cadmium.

Le contenu des études est le suivant :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d' étude,
- Qualification de l'état initial par des mesures in situ,
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet,
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé via un indicateur sanitaire simplifié (IPP indice pollution - population défini précédemment).
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité

3.4.3 Etudes de niveau III et IV

Les études de type III et IV requièrent une simple information des effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Les polluants, définis sur une base réglementaire, sont les suivants :

- les NO_x,
- le CO,
- les hydrocarbures,
- le benzène,
- les particules émises à l'échappement,

- le dioxyde de soufre .

Pour la pollution particulaire, on retiendra le plomb et le cadmium.

Le contenu des études de niveau III et IV est le suivant :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude (niveau III et IV),
- Réalisation éventuelle de mesures in situ pour la qualification de l'état initial (niveau III),
- Rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé (niveau III et IV).

3.5 Mesure de lutte contre la pollution atmosphérique de proximité

La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Plusieurs types d'actions peuvent être envisagés pour limiter, à proximité d'une voie donnée, la pollution :

- **La réduction ou la préservation par la « matière grise »** (éloignement des sites sensibles, à forte densité de population pour les projets neufs...), qui consiste à étudier les mesures constructives pour éviter au maximum les situations à risques
- **La réduction des émissions polluantes à la source** : indépendamment des mesures envisageables sur le véhicule lui-même, on peut influencer les émissions polluantes par une modification des conditions de circulation (limitation de vitesse à certaines périodes ou en continu, restrictions pour certains véhicules...). Ces mesures relèvent de la législation des transports.
- **La limitation de la dispersion des polluants** : on distingue deux types de pollution : la pollution gazeuse et la pollution particulaire. A l'inverse des ondes sonores, qui peuvent être stoppées par un écran ou un talus antibruit, la pollution gazeuse ne peut pas être éliminée par un obstacle physique. On pourra tout au plus limiter les situations à risques en facilitant sa dilution ou déviation du panache de polluants d'un endroit vers un autre. La diffusion de la pollution particulaire peut quant à elle être piégée par des écrans physiques et végétaux. Ces actions peuvent se faire de différentes façons :

Sur le tracé

- adaptation des profils en long (pentes et tracés)
- modulation du profil en travers de la route (route en déblai),
- utilisation d'enrobés drainants (piégeage des particules ; incertitudes sur le long terme).

Insertion d'obstacles physiques et mesures d'accompagnement⁴

A. Généralités

- augmenter la profondeur des dépendances vertes et créer des zones tampons faisant office de piège à poussières.
- imposer des marges de recul minimales.

B. Mise en place d'écrans végétaux :

- Distance du bord de la voie : 5 à 15 m
- Profondeur minimale de 10 m et hauteur minimale de 2 m
- Composition mixte (1/2 à 2/3 de conifères)
- Essences efficaces (liste non exhaustive) : Pin de Corse, Cyprès de Leyland, Pin Sylvestre, Orme, Tilleul, Alisier blanc, frêne, platane, érable champêtre, merisier, Pin noir, Thuya...

La végétalisation des talus et des merlons peut suivre des caractéristiques équivalentes.

⁴ Les connaissances françaises actuelles sur les mesures de réduction de la pollution de proximité sont regroupées dans le « volet air » du guide technique des études d'environnement dans les projets routiers (CERTU, SETRA, Annexe technique à la note méthodologique sur des études d'environnement dans les projets routiers « volet air », juin 2001). Ce chapitre est en cours d'actualisation.

C. Mise en place d'écrans physiques autres (murs anti-bruits, merlon...)

- Distance du bord de la voie de 0 à 5 m, hauteur minimale de 3,5 à 6 m suivant la distance à la voie

Un modèle de prise en compte des écrans acoustiques est contenu dans le programme MLuS-2002, la MLuS étant une circulaire du ministère fédéral des transports en Allemagne. Il décrit les écrans physiques assimilables à des murs ou à des talus antibruit.

Ce modèle, qui tient compte des effets des murs et des talus antibruit sur la propagation des polluants dus à la circulation, est présenté dans la brochure « Note explicative relative aux pollutions atmosphériques en bordure des routes avec ou sans constructions parsemées » de la MLuS-2002.

D'après les évaluations effectuées par les scientifiques allemands, il a été notablement possible de se prononcer sur :

- Les murs antibruit d'une hauteur comprise entre 4 et 6 mètres. Espace base bas-côté (voie extérieure) $a_F = 7$ mètres.
- Les remblais raides avec inclinaison vers la route de 1 : 0.5 ou inclinaison raide en sens opposé à la route de 1 : 2.5 ou encore plus raides,
- Les remblais antibruit avec inclinaison vers la route ou en sens opposé de 1 : 1.5 ou encore plus raide avec mur rapporté, hauteur du mur = 1 mètre et espace mur-bas-côté (voie extérieure) $a_F = 7$ mètres.
- Les remblais anti-bruit avec inclinaison vers la route plus plane 1 :0.5 à 1 :1.5 et inclinaison en sens opposé de 1 :2.5 ou plus raide et avec des hauteurs de 4 à 6 mètres. Espace base-bas-côté (voie extérieure) 1 mètre = $a_F = 10$ mètres.

Sont assimilables à des remblais anti-bruit :

- Les remblais avec inclinaison vers la route plus plane 1 :0.5 à 1 :1.5 et inclinaison en sens opposé de 1 :2.5 ou plus raide avec mur rapporté, hauteur du mur < 1 mètre et/ou espace mur-bas-côté (voie extérieure) 7 mètres = $a_F = 10$ mètres.

Ces deux dispositifs d'écrans peuvent être conjugués entre eux.

Cas particulier en milieu urbain

- Réduire la pollution de proximité en profitant d'écrans acoustiques (murs, talus ou merlon) déjà prévus ou en installant spécialement.
- Suivant leur performances techniques, mise en place de nouveaux procédés de murs « digesteurs » de NOx .

Cas particulier en milieu inter-urbain

- En milieu inter-urbain, envisager un accompagnement financier des exploitants au titre des changements de productions agricoles, maraîchères ou fruitières à proximité des infrastructures. (cas de cultures sensibles ou à haute valeur ajoutée)

- Actions de suivi, de surveillance et d'information.

Dans le cadre de très gros projets (études de type 1...) ou dans le cas où des problèmes de pollution sont à attendre (dépassement des objectifs de qualité de l'air, milieu fortement urbanisé...), des capteurs de mesures de la pollution peuvent être installés à demeure. L'implantation de ce type de station vient compléter le dispositif de surveillance des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et doit donc être réalisé en liaison avec celles-ci. Le maître d'ouvrage pourra réaliser le suivi de l'impact de l'infrastructure, associé à l'AASQA qui en assurera la surveillance et la diffusion de l'information. Ces stations sont majoritairement équipées d'analyseurs en continu, sur les polluants tels que NOx, Benzène, PM.

3.6 Appréciation des impacts du projet en phase chantier

En phase chantier, la pollution émise par tous les matériels roulants ainsi que les compresseurs, les groupes électrogènes, les centrales d'enrobage, etc., peut être considérée comme non négligeable momentanément. Elle sera donc évoquée de façon simple et générale.

Certaines installations de chantier peuvent être soumises à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Il sera donc nécessaire de tenir compte des prescriptions figurant dans l'arrêté préfectoral correspondant.

Une autre forme de pollution est la pollution sensible (odeurs, transparence de l'air, nuages de poussières) qu'il conviendra également de mentionner d'une manière succincte.

Enfin, il convient de se préoccuper également des nuisances liées aux modifications de circulation induites par le chantier (phénomènes de congestion, reports de trafic sur d'autres voies...). Dans le cas de chantiers importants sur une longue période, il peut être nécessaire de réaliser une étude spécifique à cette phase selon la proximité ou non de lieux sensibles.

3.7 Monétarisation et analyse des coûts collectifs

Le décret n° 2003-767 a introduit, pour les infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact pour une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.

La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet. Dans le cas d'études des impacts locaux, la quantification de ces externalités doit permettre d'éclairer les choix de projets et la mise en place de mesures d'atténuation des risques. Une application intéressante de la monétarisation est la comparaison des variantes d'un projet sur une base chiffrée. On procédera à cette évaluation, pour les effets de la pollution de l'air sur la santé, pour les projets conduisant à des études de niveau 1 ou 2.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport a officialisé les valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boiteux II ». Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes mais elles concernent notamment la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, rural), une valeur de l'impact, principalement sanitaire, de la pollution atmosphérique.

A ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics sans prendre en compte ni la répartition spatiale de la population ni des paramètres d'exposition.

Il devrait être possible d'affiner l'estimation des coûts sanitaires en prenant en compte l'exposition de la population dès lors que l'on se base sur le principe d'un lien de proportionnalité entre le coût sanitaire et l'IPP. La D4E et le SETRA développent actuellement ce type de démarche.

Avant de généraliser cette approche au niveau des services, il est prévu d'en valider l'algorithme et les différents paramètres, sur la base de quelques cas concrets. Une méthode simplifiée de calcul applicable aux cas réels sera alors définie. Elle utilisera, comme données en entrée, les prévisions de trafic et les densités de population. Elle pourra alors être diffusée aux services instructeurs.

Le calcul du coefficient de proportionnalité sera effectué en considérant des cas standards simples (densité de population homogène, circulation constante...) pour lesquels on calculera facilement à la fois l'IPP et (selon le rapport Boîteux) le coût externe de la pollution atmosphérique. Ce coefficient pourra alors être appliqué aux différentes valeurs de l'IPP correspondant à chaque variante étudiée.

On notera que ces calculs seront effectués lorsque l'IPP a été calculé, c'est à dire dans le cas d'études de niveau I ou II. A ce stade de développement méthodologique, les facteurs de sur-risque évoqués précédemment ne peuvent pas être pris en compte de manière quantitative dans la monétarisation.

4. ANNEXES

4.1 Annexe 1 : L'indice d'exposition de la population

Pour les études de niveau II et I, la présente note méthodologique propose l'élaboration d'un Indice Polluant/Population (IPP). Cet indicateur sanitaire permettra la comparaison des différentes variantes entre elles et entre la solution retenue et l'état de référence avec un critère basé non seulement sur les concentrations, mais aussi sur la répartition spatiale de la population demeurant à proximité des voies de circulation.

Cet outil est proposé et doit être utilisé comme une aide à la comparaison de situation et en aucun cas, comme le reflet d'une exposition absolue de la population à la pollution atmosphérique globale.

La démarche proposée comprend 3 points :

- ◆ Définition du domaine d'étude,
- ◆ Choix des polluants indicateurs,
- ◆ Mise en place de l'indicateur.

1) DOMAINE D'ETUDE

Dans le chapitre 2 de cette note méthodologique, il a été défini 2 niveaux pour la zone géographique d'étude : le domaine d'étude et la bande d'étude.

Pour l'exposition de la population, nous avons choisi de nous limiter, pour l'instant, à l'influence de proximité des infrastructures. Par conséquent, le domaine d'étude à retenir est l'ensemble des bandes d'étude, définie autour des tronçons routiers subissant une variation de trafic significative (au moins + ou - 10%). La largeur de la bande à prendre en compte en fonction de la charge de trafic est définie dans le paragraphe 2.1.2.

2) CHOIX DU POLLUANT INDICATEUR

Pour faire cette évaluation les traceurs de pollution de l'air choisis étaient les oxydes d'azote Nox (Cf. annexe technique à la note méthodologique sur les études d'environnement dans les projets routiers « volet air » du SETRA / CERTU de juin 2001). Le traceur à prendre désormais en compte dans la construction de l'IPP est le benzène, il a été retenu pour des critères de toxicité et de santé publique.

Les raisons de ce choix sont étayées au paragraphe 2.3.2 de la présente note méthodologique.

Les paragraphes suivants exposent la méthodologie relative à la construction de l'IPP. Les cartographies ne sont à prendre en compte qu'à titre purement indicatif et illustratif, puisqu'elles ont été réalisées à partir des NOx.

Le remplacement des NOx par le benzène ne remet pas pour autant en cause la méthode de construction de l'IPP.

Des études sont en cours au sein du ministère de l'équipement afin de déterminer le polluant à prendre en compte dans les études comparatives sanitaires pour l'action sur la pollution des sols et des végétaux.

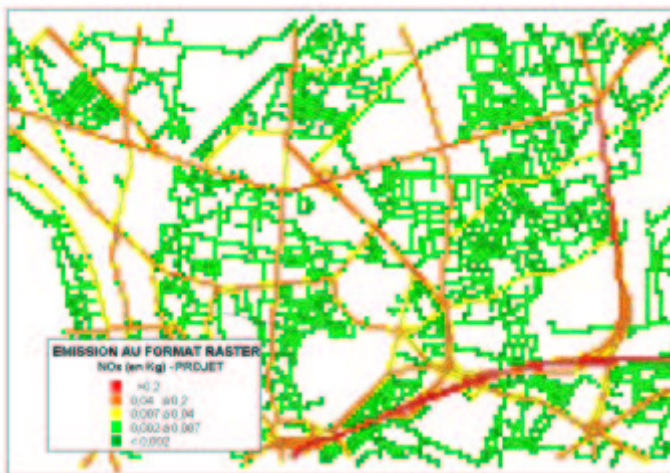
3) MISE EN PLACE DE L'INDICE POLLUTION/POPULATION (IPP)

3.1) Construction d'un cadastre d'émission

Une fois l'ensemble des émissions linéaires en provenance des infrastructures routières calculées, il est possible de générer un cadastre d'émissions en « rasterisant » ces émissions linéiques. Le domaine d'étude comme défini au chap. 2 est carroyée avec une maille de dimension fixe (de 50 à 200 m suivant la surface de l'étude). Sur chaque

maille, on calcule la somme des émissions présentes issues des différentes infrastructures présentes dans la maille (on pourra y adjoindre éventuellement les émissions ponctuelles industrielles si elles sont traitées dans l'étude). Bien entendu, il ne sera retenu pour chaque source linéique que l'émission calculée au prorata de la longueur du tronçon dans la maille par rapport à la longueur totale du tronçon.

Remarque : Afin de tenir compte des conditions aux limites influençant principalement les bords de notre domaine d'études, il conviendra de définir une zone géographique plus importante que celle réellement exploitée au point de vue de l'étude de l'indice pollution/population.



source : CERTU

3.2) Construction du Cadastre d'Émissions Influencé par le Vent (CEIV) :

Afin de tenir compte de l'influence du vent sur la dispersion en polluant (le benzène dans notre cas), il sera appliqué un modèle gaussien simple à chaque maille considérée comme une « source ponctuelle ».

Il est bien évident que cette méthode de diffusion n'est pleinement valable que dans quelques cas d'infrastructures en rase campagne et qu'elle ne prétend aucunement être exacte dans un contexte urbain ou semi-urbain. C'est la raison pour laquelle il n'est pas fait référence à un cadastre de concentration mais bien d'un CEIV.

La diffusion des polluants atmosphériques est fortement dépendante des conditions météorologiques, en particulier la direction et la vitesse du vent.

S' il est possible d' obtenir une extraction des données météorologiques METEO France, on utilisera les *méthodologies détaillées* ci-après :

- situation moyenne : on appliquera l' ensemble de la chronologie annuelle (en données tri horaires) sur le réseau dont le trafic aura été subdivisé pour suivre la même chronologie, (cf. nota1). Le CEIV sera donc la somme simple de ces 2920 calculs. L'utilisation de cette méthode lourde ne sera à préconiser que dans le cas de très gros projets sensibles sur le plan de la pollution atmosphérique et de la santé.
- situation la plus défavorable : on appliquera l' ensemble de la chronologie annuelle (pour les données tri horaires concernant l' heure de pointe) sur un réseau exprimé en $uvp_{\text{heure de pointe}}$. Le CEIV sera le somme simple de ces 365 calculs.

NOTA1 : le passage $uvp \leftrightarrow TMJA$ se fera à l' aide de courbe de trafic moyenne pour l' ensemble du réseau étudié, ou plus précisément par type de voie (autoroutes et axes structurants, RN/RD, voies urbaines...). Ce travail est également nécessaire pour le découpage en données tri horaires des trafics à appliquer pour les situations moyennes détaillées.

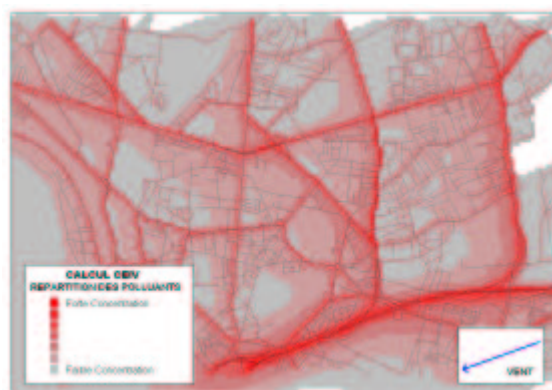
Les autres paramètres à prendre en compte pour le modèle gaussien sont :

- la classe de Pasquill : elle sera déterminée suivant les mesures météorologiques disponibles ou prise par défaut à C. Pasquill a proposé une description en 6 classes notées de A à F, d'une atmosphère très instable (forte diffusion turbulente à une atmosphère très stable (présence éventuelle d'inversions de température)).
- la hauteur de prise en compte du vent : dans la majorité des cas , elle sera égale à 10 m (hauteur de la mesure en station météo). Elle pourra être calculée pour les autres cas à l'aide de la formulation suivante :

$$U_{(h)} = U_{(10)} (h/10)^m$$

Où m est un exposant fonction de l'état de stabilité de l'atmosphère.

On trouvera ci-après un exemple de CEIV :



source : CERTU

3.3) Construction d'une base population

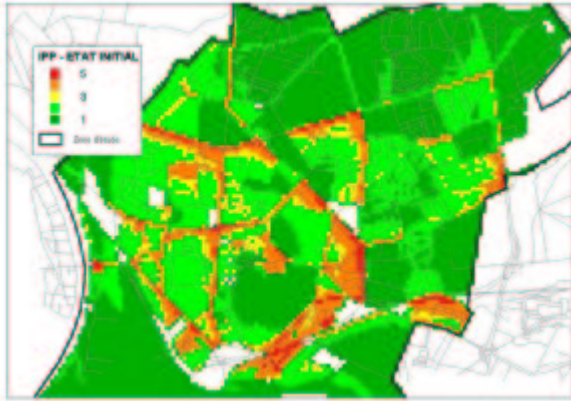
Le territoire de l'aire d'étude devra être découpé suivant des zones d'habitat homogène avec estimation de la densité de population. Cette partie fort délicate peut être réalisée par :

- l'exploitation des données INSEE donnant la population à l'îlot,
- l'exploitation de photographies aériennes,
- l'exploitation de l'occupation des sols suivant le recensement CORINE LANDCOVER géré par l'IFEN (données européennes),
- le découpage arbitraire de zones de population homogène sur une carte au 1/25 000^{ème} et attributions de densités forfaitaires (si celles-ci sont motivées).

Pour les zones à habitat différé (inscrites au POS), il conviendra de les prendre en considération et d'effectuer une estimation forfaitaire à partir d'indication moyenne et du type d'habitat sur les îlots avoisinants.

3.4) Élaboration de l'IPP

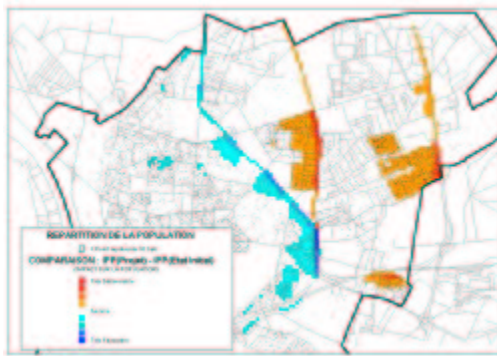
L'IPP est construit de la façon suivante : à chaque maille du CEIV est associée la population demeurant sur la surface de la dite maille. On obtient alors un tableau qui comprend, pour chaque maille, une population associée à une donnée d'émissions influencée par le vent. On détermine alors un histogramme de distribution par classes de valeurs d'émissions influencées par le vent (EIV) , en sommant, pour chaque plage entre 2 valeurs d'EIV (les bornes de la plage), l'ensemble des populations associées à cette plage. Il est alors obtenu une distribution qui peut ressembler à l'exemple ci-dessous :



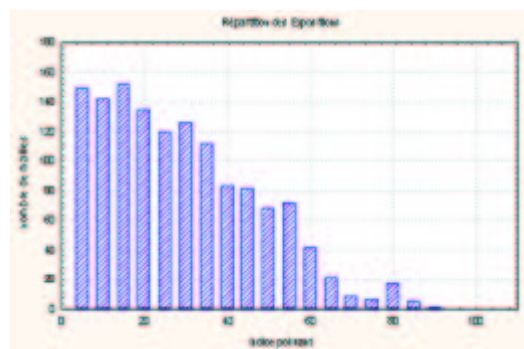
Source CERTU



Source CERTU



Source CERTU



Source CETE Nord Picardie

Cette distribution de l'IPP permet d'appréhender les différences d'exposition suivant les différentes variantes, la solution retenue et l'état de référence. Comme les effets sanitaires de la pollution sont proportionnels en première approximation aux concentrations, il peut être affirmé que l'IPP est bien représentatif de la santé des populations exposées à la pollution d'origine automobile. En calculant l'aire de l'histogramme population - EIV, nous arriverons à un indicateur global (propre à chacun des tracés étudiés) bien représentatif des conséquences sur un bilan « santé » global vis-à-vis des populations exposées. Dans le cas où il y a de fortes différences (> 20 à 30%) entre les indicateurs globaux propres à chaque tracé, il peut être raisonnablement admis que la solution à plus faible coefficient est la meilleure sur le plan de la santé. Lorsque les différences seront plus faibles, les bilans « santé » peuvent être considérés comme équivalents. L'état de la connaissance médicale actuelle ne permet pas en effet de répondre actuellement à la question suivante avec suffisamment de certitude : vaut-il mieux privilégier une solution avec une population importante exposée à de faibles niveaux (ou moyens) plutôt qu'une solution forte concentration avec une population faible (ou moyenne) ?

Pour les tracés neufs, il convient de rappeler que cette méthodologie n'a véritablement de sens que si l'on prend réellement en compte l'urbanisation future introduite par la nouvelle infrastructure. Ce point est d'ailleurs un des points délicats de la méthode et doit être traité dès le début des études en liaison avec les spécialistes de trafic qui doivent théoriquement prendre en compte cette future urbanisation lorsqu'ils mettent au point le modèle de trafic en milieu urbain ou péri-urbain.

4.2 Annexe 2 : Recensement des substances émises, des facteurs d'émission et des valeurs toxicologiques de référence

A l'issue de ces recherches bibliographiques, quatre tableaux de synthèse ont été construits. Le tableau 1(a, b, c, d) présentant les polluants, pour lesquels on dispose des deux types d'information (FE et VTR) et qui ont été sélectionnés. L'intégralité des polluants qui ont été recensés par le groupe d'expert est disponible dans le rapport publié sur le site de l'observatoire des pratiques d'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact.

Ce tableau est scindé en quatre parties selon l'origine des émissions : échappement, évaporation, équipements automobiles et entretien des voies.

Le tableau 1 est structuré de la manière suivante :

- la première colonne présente les références bibliographiques ayant permis d'identifier le polluant comme émis par le trafic routier ;
- la deuxième colonne indique le nom du polluant ;
- la troisième colonne présente sa formule chimique brute ;
- la quatrième colonne indique le numéro de CAS ;
- la cinquième colonne indique les sources bibliographiques dont sont issus les VTR ;
- la dernière colonne indique les sources bibliographiques dont sont issus les ces FE.

Tableau 1a. : POLLUANTS ÉMIS À L'ÉCHAPPEMENT

NOM	Formule	N°CAS	Valeur toxicologique de référence : source bibliographique	Facteurs d' émission
1,3-butadiène	C ₄ H ₆	106-99-0	US-EPA	Copert III
benzène	C ₆ H ₆	71-43-2	US-ATSDR,US-EPA, Health Canada	Copert III
formaldéhyde	CH ₂ O	50-00-0	US-ATSDR, Health Canada, US-EPA	Copert III
acétaldéhyde	C ₂ H ₄ O	75-07-0	Health Canada, US-EPA	Copert III
acroléine	C ₃ H ₄ O	107-02-8	Health Canada, US-EPA	Copert III
benzo[a]pyrène	C ₂₀ H ₁₂	50-32-8	Health Canada	Copert III
Cadmium	Cd	7440-43-9	Health Canada, US-EPA	Copert III
Chrome	Cr	7440-47-3	Health Canada, US-EPA, OMS	Copert III
Nickel	Ni	7440-02-0	Health Canada	Copert III
Plomb	Pb	7439-92-1	OMS	Copert III
dioxyde d'azote [2]	NO ₂	10102-44-0	OMS	Copert III
dioxyde de soufre	SO ₂	7446-09-5	OMS, US EPA	Copert III
PTS				Copert III (diesel)
PM2,5				CITEPA (diesel et essence)
PM0,1				CITEPA (diesel et essence)

Tableau 1b. : POLLUANTS ÉMIS PAR LES ÉQUIPEMENTS AUTOMOBILES

NOM	Formule	N°CAS	Equipement source	Valeur toxicologique de référence : source bibliographique	Facteurs d'émission
ETAUX					
Plomb	Pb	7439-92-1	pneumatiques	OMS	(% en masse dans les PM)
			freins		(% en masse dans les PM)
			antigel		
			lubrifiant		
Cadmium	Cd	7440-43-9	pneumatiques	Health Canada,US-EPA	
			freins		
Baryum	Ba	7440-39-3	pneumatiques	US-EPA	(% en masse dans les PM)
			freins		(% en masse dans les PM)
Nickel	Ni	7440-02-0	lubrifiant	Health Canada	
			pneumatiques		(% en masse dans les PM)
			antigel		
			freins		(% en masse dans les PM)
Chrome	Cr	7440-47-3	pneumatiques	US EPA , OMS	(% en masse dans les PM)
			freins		(% en masse dans les PM)
			lubrifiant		

Tableau 1c. : POLLUANTS ÉMIS PAR L'ENTRETIEN DES VOIES					
NOM	Formule	N°CAS	Source	Valeur toxicologique de référence : source bibliographique	Facteurs d' émission
METAUX					
Plomb	Pb	7439-92-1	glissière de sécurité	OMS	
			fondants routiers		(concentration maximale autorisée)
Cadmium	Cd	7440-43-9	glissière de sécurité	Health Canada, US-EPA	
			fondants routiers		(concentration maximale autorisée)
Nickel	Ni	7440-02-0	fondants routiers	Health Canada	(concentration maximale autorisée)
Mercure	Hg	7439-97-6	fondants routiers	US-ATSDR, US-EPA	(concentration maximale autorisée)

Tableau 1d. : POLLUANTS ÉMIS À L'ÉVAPORATION				
NOM	Formule	N° CAS	Valeur toxicologique de référence : source bibliographique	Facteurs d' émission
COV-ALCENES ET ALCYNES				
1,3-butadiène	C₄H₆	106-99-0	US-EPA	Copert III
COV HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES				
benzène	C₆H₆	71-43-2	US-ATSDR, US-EPA, Health Canada	Copert III

4.3 Annexe 3 : Recensement des valeurs toxicologiques de référence et des effets critiques

Tableau 1 : VOIE RESPIRATOIRE, exposition aiguë

N°CAS	NOM de la substance	VTR aiguë (mg.m ⁻³)	Source	Date de la dernière révision	Effet critique	Type d'étude	Facteur d'incertitude	Remarques
107-02-8	acroléine	1,14.10⁻⁴	ATSDR	1990	irritation oculaire	homme (volontaires)	100	
		0,05	OMS	1992	irritation oculaire	homme	?	Exposition de 30 minutes
71-43-2	benzène	0,16	ATSDR	1997	diminution de certains processus immunologiques	souris	300	
		4,8	OMS	1997	Effets sur le système nerveux central	homme	10	
10102-44-0	dioxyde d'azote	0,2	OMS	2003	Diminution des fonctions pulmonaires chez les sujets asthmatiques	homme	2	
7446-09-5	dioxyde de soufre	0,5	OMS	2000	Signes fonctionnels respiratoires	homme	-	VTR pour une exposition de 10 min
		0,026	ATSDR	1998	Bronchoconstriction avec réduction des fonctions pulmonaires	homme	9	

Tableau 2 : VOIE RESPIRATOIRE AVEC SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	VTR chronique (mg.m ⁻³)	Source	Date de la dernière révision	Effet critique	Type d'étude	Facteur d'incertitude	Remarques
106-99-0	1,3 butadiène	2.10⁻³	EPA	2002	développement (atrophie ovarienne)	animal	1000	
75-07-0	acétaldéhyde	0,3	OMS	1995	irritations du tractus respiratoire	rat (étude à court terme)	1000	
		9.10⁻³	EPA	1991	dégénérescence de l'épithélium olfactif	rat (étude à court terme)	1000	
		0,39	Health Canada	1998	dégénérescence de l'épithélium olfactif	rat (étude à court terme)	100	
107-02-8	acroléine	2.10⁻⁵	EPA	2003	lésions nasales	rat (étude subchronique)	1000	
		4.10⁻⁴	Health Canada	1998	lésions nasales	rat (étude subchronique)	100	
71-43-2	benzène	0,03	EPA	2003	diminution du nombre de lymphocytes	homme	300	
7440-43-9	cadmium	5.10⁻⁶	OMS	2000	altération de la fonction rénale	homme	-	
50-00-0	formaldéhyde	9,84.10⁻³	ATSDR	1999	altération de l'épithélium nasal	homme (milieu professionnel)	30	
7440-02-0	nickel	2.10⁻⁴	ATSDR	1997	inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire.	animal	30	
		1,8.10⁻⁵	Health Canada	1993	effet sur le poumon	animal	1000	
		5.10⁻⁵	RIVM	2001	inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire.	animal	100	
-	particules diesel	5.10⁻³	EPA	2003	effets respiratoires	animal	30	
		5,6.10⁻³	OMS	1996	effets respiratoires	animal	25	
7439-92-1	plomb	5.10⁻⁴	OMS	2000	effets systémiques neurologiques ou hématologiques	homme	-	

Tableau 2 : VOIE RESPIRATOIRE AVEC SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	VTR chronique (mg.m ⁻³)	Source	Date de la dernière révision	Effet critique	Type d'étude	Facteur d'incertitude	Remarques
106-99-0	1,3 butadiène	2.10⁻³	EPA	2002	développement (atrophie ovarienne)	animal	1000	
75-07-0	acétaldéhyde	0,3	OMS	1995	irritations du tractus respiratoire	rat (étude à court terme)	1000	
		9.10⁻³	EPA	1991	dégénérescence de l'épithélium olfactif	rat (étude à court terme)	1000	
		0,39	Health Canada	1998	dégénérescence de l'épithélium olfactif	rat (étude à court terme)	100	
107-02-8	acroléine	2.10⁻⁵	EPA	2003	lésions nasales	rat (étude subchronique)	1000	
		4.10⁻⁴	Health Canada	1998	lésions nasales	rat (étude subchronique)	100	
71-43-2	benzène	0,03	EPA	2003	diminution du nombre de lymphocytes	homme	300	
7440-43-9	cadmium	5.10⁻⁶	OMS	2000	altération de la fonction rénale	homme	-	
50-00-0	formaldéhyde	9,84.10⁻³	ATSDR	1999	altération de l'épithélium nasal	homme (milieu professionnel)	30	
7440-02-0	nickel	2.10⁻⁴	ATSDR	1997	inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire.	animal	30	
		1,8.10⁻⁵	Health Canada	1993	effet sur le poumon	animal	1000	
		5.10⁻⁵	RIVM	2001	inflammation chronique des voies respiratoires et fibrose pulmonaire.	animal	100	
-	particules diesel	5.10⁻³	EPA	2003	effets respiratoires	animal	30	
		5,6.10⁻³	OMS	1996	effets respiratoires	animal	25	
7439-92-1	plomb	5.10⁻⁴	OMS	2000	effets systémiques neurologiques ou hématologiques	homme	-	
10102-44-0	dioxyde d'azote	0,04	OMS	2003	Diminution des fonctions pulmonaires chez les sujets asthmatiques	homme	2	

Tableau 3 : VOIE RESPIRATOIRE SANS SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	Classe EPA/CIRC	ERU ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$)	Source	Date de la dernière révision	Site de cancer	Type d'étude	Remarque
106-99-0	1,3 butadiène	B2/2A	3.10^{-5}	EPA	2002	sang (leucémie)	homme	
			$5,8.10^{-6}$ (TC01 = $1,7 \text{ mg/m}^3$)	Health Canada	1997	sang (leucémie)	homme	
75-07-0	acétaldéhyde	B2	$2,2.10^{-6}$	EPA	1988	nez	rat	
		2B	$1,5.10^{-7}$ - 9.10^{-7}	OMS	1999	nez	rat	
7440-38-2	arsenic	A/1	$4,3.10^{-3}$	EPA	1998	poumon	homme	
			$1,5.10^{-3}$	OMS	1999	poumon	homme	
			$6,4.10^{-3}$ (TC05 = $7,8.10^{-3} \text{ mg/m}^3$)	Health Canada	1993	poumon	homme	
71-43-2	benzène	Ac/1	$2,2.10^{-6}$ – $7,8.10^{-6}$	EPA	2000	sang (leucémie)	homme	
			$4,4.10^{-6}$ – $7,5.10^{-6}$	OMS	1999	sang (leucémie)	homme	
			5.10^{-6}	RIVM	2001	sang (leucémie)	homme	
			$3,3.10^{-6}$ (TC05 = $1,5.10^4 \mu\text{g/m}^3$)	Health Canada	1991	sang (leucémie)	homme	
50-32-8	benzo[a]pyrène	B2	$1,1.10^{-3}$	EPA	1992	tumeurs du tractus respiratoire	hamsters	
			$3,12.10^{-5}$	Health Canada	1993	tumeurs du tractus respiratoire	hamsters	
			$8,7.10^{-2}$	OMS	1987	poumon	homme	
7440-43-9	cadmium	B1/1	$1,8.10^{-3}$	EPA	1998	poumon	homme	
			$9,8.10^{-3}$ (TC05 = $5,1.10^{-3} \text{ mg/m}^3$)	Health Canada	1994	poumon	rat	

Tableau 3 suite : VOIE RESPIRATOIRE SANS SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	Classe EPA/CIRC	ERU ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ⁻¹	Source	Date de la dernière révision	Site de cancer	Type d'étude	Remarque
7440-47-3	Chrome VI	I	$7,7\cdot 10^{-2}$ (TC05 = $6,6\cdot 10^{-4}$ mg/m³)	Health Canada	1993	poumon	homme	
		A	$1,2\cdot 10^{-2}$	EPA	1998	poumon	homme (travailleurs exposés au chromate pendant 20 ans)	chrome VI (N°CAS 18540-29-9)
		1	$4\cdot 10^{-2}$	OMS	1990	poumon	homme (travailleurs exposés au chromate pendant 20 ans)	Chrome métallique et composés du chrome III sont classés 3 par le CIRC
50-00-0	formaldéhyde	B1	$1,3\cdot 10^{-5}$	EPA	1991	nez	homme/rat	
		2A	-	OMS	1995	nasopharynx	homme	
7440-02-0	nickel métallique	2B	-	OMS	-	-	-	
-	particules diesel	2A	$3,4\cdot 10^{-5}$	OMS	1996	poumon	animal	

Tableau 4 : VOIE DIGESTIVE AVEC SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	VTR chronique (mg/kg/j)	Source	Date de la dernière révision	Effet critique	Type d'étude	Facteur d'incertitude	Remarque
7440-38-2	arsenic	3.10 ⁻⁴	EPA	1993	Peau (hyperpigmentation, kératoses)	homme	3	
		3.10 ⁻⁴	ATSDR	2000	Peau (hyperpigmentation, kératoses)	homme	3	
		2.10 ⁻³	OMS	1996	Peau (hyperpigmentation, kératoses)	homme	-	
		1.10 ⁻³	RIVM	2001	Peau (hyperpigmentation, kératoses)	homme	2	
7440-39-3	baryum	0,07	EPA	1998	hypertension	homme	3	
		0,02	RIVM	2000	système cardiovasculaire	homme	10	
7440-43-9	cadmium	5.10 ⁻⁴ (eau de boisson)	EPA	1998	Néphrotoxicité	homme	10	
		1.10 ⁻³ (aliments)	EPA	1998	Néphrotoxicité	homme	10	
		2.10 ⁻⁴	ATSDR	1999	Altération de la fonction rénale (microprotéinurie)	homme	10	
		1.10 ⁻³	OMS	2003	Altération rénale	homme	-	
		5.10 ⁻⁴	RIVM	2001	Altération rénale	homme	2	
7440-47-3	chrome	1,5	EPA	1998	aucun	rats, étude d'ingestion chronique	1000	sels insolubles de chrome III (N°CAS 16065-83-1)
		3.10 ⁻³	EPA	2000	aucun	rats exposés pendant 1 an à de l'eau contaminée	900	sels solubles de chrome VI (18540-29-9)

Tableau 4 suite : VOIE DIGESTIVE AVEC SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	VTR chronique (mg/kg/j)	Source	Date de la dernière révision	Effet critique	Type d'étude	Facteur d'incertitude	Remarque
7439-97-6	mercure	3.10⁻⁴	ATSDR	1999	développement neurologique	enfants	4,5	VTR portant sur le méthylmercure (N°CAS 22967-92-6)
		1.10⁻⁴	EPA	2001	développement neurologique	enfants	10	VTR portant sur le méthylmercure (N°CAS 22967-92-6)
		5.10⁻³	OMS	1972	rein pour le mercure inorganique, système nerveux central pour le méthylmercure	homme	na	Dose hebdomadaire tolérable provisoire pour le mercure total
	sels solubles de nickel	0,02	EPA	1998	Diminution du poids corporel et de certains organes	animal	300	
		5.10⁻³	OMS	1996	Diminution du poids de certains organes	animal	1000	
		0,05	Health Canada	1993	Diminution du poids corporel et de certains organes	animal	100	
		0,05	RIVM	2001	Diminution du poids corporel et de certains organes	animal	100	
7439-92-1	plomb	3,5.10⁻³	OMS	1996	Augmentation de la plombémie	homme	-	
		3,6.10⁻³	RIVM	2001	Augmentation de la plombémie	homme	-	

Tableau 5 : VOIE DIGESTIVE SANS SEUIL

N°CAS	NOM de la substance	Classe EPA/CIRC	ERU (mg/kg/j) ⁻¹	Source	Date de la dernière révision	Site de cancer	Type d'étude	Remarques
7440-38-2	arsenic	A	1,5	EPA	1998	peau	homme	
		1	1,5	OMS	1996	peau	homme	
			2,7	Health Canada	1993	peau	homme	
50-32-8	benzo[a]pyrène	B2	7,3	EPA	1994	estomac	souris	
		2A	-	OMS	1987	-	-	
		pas de classement RIVM	0,2	RIVM	2000	multisites (essentiellement foie et estomac)		rat, 2 ans

4.4 Annexes 4 : Adresses Utiles

4.4.1 Ministères

Ministère de l'Écologie et du développement Durable – DPPR

DEEEE

20, avenue de Ségur
75302 PARIS 07 SP

Ministère de la Santé et de la protection sociale – DGS

8, avenue de Ségur
75360 PARIS 07 SP

Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer – DR – mission environnement

92055 LA DÉFENSE cedex 04

4.4.2 Services centraux du METATTM

CERTU – Département Environnement

9, rue J. Récamier
69456 LYON cedex 06

CETU – 1^{er} arrondissement

25, avenue F. Mitterrand - case n°1
69674 BRON cedex

SETRA - CSTR

46, av. A. Briand - B.P. 100
92225 BAGNEUX cedex

4.4.3 Organismes divers

ADEME – Direction Air et Transports

27, rue Louis Vicat
75737 PARIS cedex 15

INERIS - Qualité de l' air

Parc technologique ALATA - BP 2
60 550 VERNEUIL EN HALATTE

INRETS

25, avenue F. Mitterrand - case 24
69675 BRON cedex

Institut de Veille Sanitaire

12, rue du Val d'Osne
94415 Saint-Maurice cedex

4.4.4 CETE**CETE de l'Est**

1, bd de la solidarité - BP 5230
57076 METZ cedex 03

CETE de Lyon

46, rue St-Théobald - BP 128
38081 ISLE d'ABEAU cedex

CETE Méditerranée

30 rue A Einstein - BP 37000
13791 AIX-EN-PROVENCE cedex 3

CETE Normandie - Centre

chemin de la Poudrière - BP 245
76121 GRAND-QUEVILLY

CETE Nord - Picardie

Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées
42 bis, rue du Marais
59482 HAUBOURDIN cedex

CETE de l'Ouest

M.A.N.
rue R. Viviani
44062 NANTES cedex 02

CETE du Sud-Ouest

rue P. Ramond - BP C
33165 ST-MEDARD-EN-JALLES cedex

DREIF

21-23, rue Miollis
75732 PARIS cedex

4.4.5 Sites Internet

ADEME
ECOLOGIE (Ministère)

www.ademe.fr
www.ecologie.gouv.fr

EQUIPEMENT (Ministère)

www.equipement.gouv.fr

INERIS

www.ineris.fr

INVS

www.invs-sante.fr

SANTE (Ministère)

www.sante.gouv.fr

OPERSEI http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm

(Observatoire des Pratiques d'Évaluation des Risques sanitaires dans les Études d'Impact)

4.5 Annexe 5 : Glossaire

Facteur d'Emission (FE) : quantité de polluant émis par la source, rapportée au temps, à la concentration dans les rejets solides, liquides ou gazeux (dans ce cas il faut aussi connaître la quantité rejetée par unité de temps), au km parcouru ou au km de voirie.

Numéro CAS (Chemical Abstract Service) : code numérique identifiant unique d'une substance chimique permettant d'éviter les confusions entre différents libellés de cette même substance. Elle a été mise au point par le Chemical Abstract Service Registry de l'American Chemical Society.

Valeur Toxicologique de Référence (VTR) : La valeur toxicologique de référence est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation quantitative entre une dose et un effet indésirable pour la santé (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet indésirable pour la santé (toxique sans seuil d'effet). Ainsi, dans le premier cas, il s'agit de toxiques obéissant à des relations exposition / risque à seuil dont la gravité des effets est croissante avec la dose. Les VTR sont alors des concentrations de référence (pour l'exposition par inhalation) ou des doses de référence (pour l'exposition par ingestion) en dessous desquelles l'exposition est considérée sans risque compte tenu des connaissances scientifiques du moment. La seconde catégorie est constituée des toxiques obéissant à des relations exposition / risque sans seuil comme certains produits cancérigènes et qui sont des substances pour lesquelles il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, les VTR sont présentées sous forme d'excès de risque unitaires (ERU) qui correspondent à la probabilité de survenue de l'effet pour une exposition à une unité de dose durant toute la vie (en général $1\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour l'inhalation) et 24 heures sur 24. Dans ce cas, c'est donc la probabilité de survenue de l'effet qui augmente avec la dose d'exposition. Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS, par exemple) ou des structures nationales (EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, CSHPF en France, etc.) après expertise scientifique de l'ensemble des connaissances disponibles.

RfD : reference dose. Correspond à la quantité de toxique, rapportée au poids corporel, qui peut être administrée à un individu sans provoquer d'effet nuisible en l'état actuel des connaissances.

MRL : minimum risk level. Même définition que RfD mais proposée pour des durées variables d'exposition

Adi : acceptable daily intake. Même définition que RfD

RfC : reference concentration. Concentration maximale théorique en composé toxique de l'air ambiant qu'un individu peut inhaler sans s'exposer à un effet nuisible.

CAA : concentration admissible dans l'air. Même définition que RfC.

ERU : Excès de risque unitaire. Probabilité de survenue de l'effet chez un individu pour une exposition à une unité de dose durant toute la vie (en général $1\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour l'inhalation) et 24 heures sur 24.

Ex : 10^{-6} / ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour une exposition par voie respiratoire. 10^{-6} est la probabilité de survenue de l'effet pour un individu soumis à une exposition de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant toute sa vie (assimilée à 70 ans). Cette valeur peut également se lire comme la survenue d'un cas de maladie si 1 million de personnes sont exposées pendant toute leur vie.

4.6 Annexe 6 : Sigles et acronymes

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

As : Arsenic ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

Cd : Cadmium

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

Circ : Centre International de Recherches sur le Cancer (en anglais, IARC : International Agency for Research on Cancer), appartient à l'OMS

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

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Gaz carbonique

COV : Composés Organiques Volatils

COPERT : COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France

C₆H₆ : Benzène

Ddass : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales

DDE : Direction départementale de l'équipement

DEEEE : Direction des Études Économiques et de l'Évaluation Environnementale

DGS : Direction Générale de la Santé

DPPR : Direction de la Préventions des Pollutions et des Risques

DR : Direction des Routes

Drass : Direction régionale des affaires sanitaires et sociales

DRE : Direction régionale de l'équipement

DREIF : Direction Régionale de l'Équipement Ile de France

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

EQRS : Evaluation quantitative des risques sanitaires

FE : Facteur d'émission

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HC : HydroCarbures

HCNM : HydroCarbures Non Méthaniques

Hg : Mercure

HPM : Heure de Pointe du Matin

HPS : Heure de Pointe du Soir

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

IPCS : International Program on Chemical Safety

IPP : Indice Polluant / Population

Iter : International Toxicity Estimates for Risk

Iris : Integrated risk information system

Jecfa : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
JMPR : Joint FAO/WHO Meeting on Pesticides Residue
MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable
MEET : Methodologies for Estimating air pollutant Emissions from Transport
METATTM : Ministère de l'Équipement, du Transport de l'Aménagement du Territoire, du Tourisme et de la Mer
MSPS : Ministère de la Santé et de la Protection Sociale
Ni : Nickel
NO : Monoxyde d'azote
NO₂ : Dioxyde d'azote
NO_x : Oxydes d'azote
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
O₃ : Ozone
Pb : Plomb
PDU : Plan de Déplacements Urbains
PL : Poids Lourd
Pt : Platine
RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'Environnement (Pays-bas).
SETRA : Services d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes
SFSP : Société française de Santé Publique
SIG : Système d'Information Géographique
SO₂ : Dioxyde de soufre
Tera : Toxicology Excellence for Risk Assessment & Concurrent Technologies Corporation
TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel
US-EPA : United States - Environmental Protection Agency
UVP : Unité de Voitures Particulières
VL : Véhicule Léger
VP : Véhicule Particulier
VTR : Valeur Toxicologique de Référence
VUL : Véhicule Utilitaire Léger
Zn : Zinc

