

DETEC

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication

étude

a r e

**Bundesamt für Raumentwicklung
Office fédéral du développement territorial
Ufficio federale dello sviluppo territoriale
Federal Office for Spatial Development**

**Les coûts externes de la santé
 dus à la pollution de l'air imput-
 able aux transports en Suisse**

Actualisation pour
l'année 2000

Résumé

But et méthodologie

Le **but** de cette étude est de calculer les **coûts externes de la santé dus à la pollution de l'air imputable au trafic routier et ferroviaire** en **Suisse** pour l'année **2000**. Les résultats font la distinction entre le trafic voyageurs et le trafic marchandises. Cette étude prend également en compte l'évaluation des coûts pour la santé engendrés par la pollution de l'air dans son ensemble (y compris toutes les autres émissions de l'industrie et de l'artisanat, des ménages, ainsi que de l'agriculture et de la sylviculture).

Les coûts pour la santé dus à la pollution de l'air sont des coûts dits **externes**. Par « coûts externes », il faut comprendre la part des coûts qui est prise en charge non pas par les personnes qui les occasionnent, mais par des tiers. La pollution de l'air est générée par les transports, mais elle est supportée par l'ensemble de la société.

La **méthodologie** suivante a été choisie pour calculer les coûts de la santé dus à la pollution de l'air :

- L'exposition actuelle de la population aux polluants, appelée **charge polluante**, sert de base à tous les calculs. Elle est déterminée à l'aide d'un modèle.
- L'exposition de la population aux substances nocives s'exprime par une **morbidity supplémentaire** et/ou une **réduction de l'espérance de vie**. La corrélation entre la charge polluante et la recrudescence de la morbidité et de la mortalité (relation dose-réponse) permet de déterminer le nombre de maladies et de décès dus à la pollution de l'air.
- Une dernière étape est nécessaire pour calculer les coûts de la santé sur cette base : il faut déterminer les **coûts** et les **pertes (d'utilité)** engendrés par ces décès et maladies supplémentaires pour les **personnes concernées** et pour la **collectivité**.

Le calcul des coûts pour la santé se fait selon le **principe de territorialité** : les coûts des immissions responsables de la pollution atmosphérique sont calculés pour la Suisse, sans tenir compte du fait qu'une partie de ces immissions est causée par des émissions polluantes venant de l'étranger et qu'une partie des émissions suisses est transportée à l'étranger par les vents (le transfert de polluants devant plus ou moins s'équilibrer de part et d'autre de la frontière).

Le calcul des coûts pour la santé dus à la pollution de l'air ne peut pas se faire sans recourir à un certain nombre d'hypothèses et de simplifications. Le principe adopté consiste à être « aussi réaliste que possible, mais plutôt prudent en cas de doute ». Concrètement, cela signifie que les hypothèses retenues vont davantage dans le sens d'une sous-estimation des coûts réels que d'une surestimation. Les ouvrages de référence en la matière qualifient cette approche de « **at least** ».

Exposition de la population aux polluants imputables aux transports

Les **PM₁₀** (particules respirables dont le diamètre n'excède pas 10 micromètres ou μm) ont été choisies comme **polluant principal** pour les calculs. Deux raisons à ce choix : le lien entre l'exposition à des particules fines et les atteintes à la santé est prouvé sans doute possible d'un point de vue épidémiologique et a fait l'objet d'études approfondies. En outre, en ce qui concerne la modélisation des polluants, l'exposition aux PM₁₀ peut être calculée avec plus de précision que l'exposition à d'autres fractions de poussière (comme les PM_{2,5}, particules respirables dont le diamètre n'excède pas 2,5 μm) et peut de plus faire l'objet d'une vérification sur la base de données mesurées en Suisse.

Le calcul des immissions est basé sur le modèle de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, développé par Infras et Meteotest. Ce modèle présente la Suisse sous la forme d'une grille composée de cellules (quadrats) de 200 x 200 mètres. Les **émissions** de PM₁₀ primaires et secondaires sont saisies pour chaque cellule. Les émissions de PM₁₀ primaires correspondent aux émissions des moteurs à combustion interne et des chauffages, aux poussières respirables produites mécaniquement suite à l'usure de la chaussée, des pneus et des freins, ainsi qu'à toutes sortes de poussières respirables provenant des chantiers, de l'agriculture, des carrières, des gravières, etc. Les émissions de PM₁₀ sont transformées en immissions de PM₁₀ sur la base d'un calcul de dispersion. Pour la modélisation des PM₁₀ secondaires, on a utilisé comme input des cartes d'immissions et des cadastres d'émission de polluants précurseurs (NO₂, SO₂, NH₃ et 32 composés organiques volatils). Puis les immissions sont superposées aux données obtenues dans le cadre du recensement de la population afin de déterminer l'exposition de la population aux PM₁₀ (charge polluante).

Tableau 1 : Participation en l'an 2000 des différentes sources de pollution aux immissions de PM₁₀

Sources de pollution	contrib. moyenne PM ₁₀		Trafic voyageur		Trafic marchandises	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Trafic routier	4,22	22%	2,41	13%	1,81	9%
Trafic ferroviaire	0,28	1,4%	0,13	0,7%	0,15	0,8%
Industrie / artisanat	7,65	40%	---	---	---	---
Ménages	2,12	11%	---	---	---	---
Agriculture / sylviculture	3,33	17%	---	---	---	---
PM ₁₀ naturels	1,33	7%	---	---	---	---
(Trafic aérien)	(0,19)	1,0%	---	---	---	---
Total (charge actuelle)	19,12	100%	2,53	13%	1,96	10%

Le tableau 1 montre l'exposition de la population. En l'an 2000, la population suisse a subi en moyenne **une charge de PM₁₀ de 19,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Le trafic routier génère en moyenne **4,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** d'immissions de PM₁₀, dont 2,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sont imputables au trafic voyageurs et 1,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au trafic marchandises. Le **trafic ferroviaire** ne génère que **0,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , soit 15 fois moins. Ce chiffre se répartit en 0,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le trafic voyageurs et 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le tra-

fic marchandises. Pour comparaison, la **valeur limite** légale **d'immissions** est fixée à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En l'an 2000, 41% de la population ont été exposés à une charge supérieure.

Cas de maladie et années de vie perdues en raison de la pollution de l'air

Les répercussions négatives des atteintes polluantes sur la santé ne font plus de doute désormais. De nombreuses études ont montré qu'un accroissement de la pollution de l'air entraîne une hausse de la mortalité et de la morbidité parmi la population. Il s'est avéré en particulier que les **maladies cardio-vasculaires et celles des voies respiratoires** sont liées à l'ampleur de la pollution.

La présente étude utilise la notion de **cas « attribuables »** pour calculer les cas de maladie et les décès dus à la pollution de l'air. Est considéré comme attribuable tout cas qui est lié à une certaine exposition de la population aux polluants et qui dépasse le risque de la population non exposée. Les résultats obtenus dans toute une série d'études effectuées en Suisse et à l'étranger ont été analysés, puis adaptés au contexte helvétique, afin de déterminer les liens de cause à effet entre la pollution de l'air et la fréquence de certaines maladies. Les **années de vie perdues** ont fait l'objet pour la première fois en Suisse de calculs précis: l'évolution de la population vivant en l'an 2000 jusqu'à son décès a été modélisée sur la base des probabilités de survie, d'une part en tenant compte de la pollution de l'air et d'autre part en n'en tenant pas compte, ce qui réduit la probabilité de décès. La différence entre ces deux résultats représente le nombre d'années de vie perdues. Les 42'449 années de vie perdues à cause de la pollution de l'air en général (15'399 par le trafic motorisé et 1'011 par le trafic ferroviaire) résultent de 3'746 décès prématurés (1'359 et 89).

Tableau 2 : Aperçu des cas de maladie et des années de vie perdues en raison de la pollution de l'air en l'an 2000

Atteintes à la santé	Charge polluante globale	Trafic routier	Trafic ferroviaire
Années de vie perdues	42'449	15'399	1'011
Jours d'hospitalisation pour maladies des voies respiratoires	5'858	2'127	140
Jours d'hospitalisation pour maladies cardio-vasculaires	9'780	3'551	233
Bronchite chronique (adultes)	999	363	24
Bronchite aiguë (enfants)	39'049	14'088	900
Crises d'asthme (adultes)	41'073	14'904	979
Jours d'activité réduite	1'773'821	643'647	42'283

Evaluation des atteintes à la santé dues à la pollution de l'air

Une troisième étape consiste à déterminer les coûts de ces atteintes à la santé. Les éléments suivants sont pris en compte pour calculer les coûts pour la santé :

- **Frais de traitement médical** : ces coûts comprennent aussi bien les frais de traitement hospitaliers (infrastructure, corps médical, médicaments, etc.) que les frais de traitement ambulatoire (visites médicales, médicaments, etc.).
- **Perte de production** : les personnes atteintes dans leur santé à cause de la pollution de l'air sont mises à l'écart provisoirement ou durablement de leur lieu de travail.
- **Coûts immatériels** : il s'agit de la perte de bien-être, de la douleur et des souffrances des personnes concernées. En cas de décès ou de maladies chroniques notamment, les coûts immatériels peuvent être sensiblement plus élevés que les coûts matériels (frais de traitement et pertes de production).

Le tableau ci-dessous montre les coûts unitaires par type de maladie. Pour déterminer les niveaux de coût, il a fallu résoudre des questions d'évaluation difficiles. L'**évaluation** des coûts immatériels pour les années de vie perdues a une importance particulière pour le résultat global. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode dite de la « **disposition à payer** » (« willingness to pay ») qui nous a permis d'estimer la réduction du risque de mortalité en termes monétaires. En nous basant sur des études internationales, nous pouvons attribuer la valeur de 85'000 francs suisses à une année de vie perdue. Pour l'évaluation des coûts immatériels en cas de maladie, nous avons également repris les montants de la disposition à payer publiés dans la littérature internationale. Le calcul des frais de traitement médical et de la perte de production nette (perte de production brute moins consommation propre) se fonde en revanche uniquement sur des données suisses.

Les résultats sont exprimés en **coût des facteurs**, soit après déduction des impôts indirects (TVA, etc.). Cette manière de procéder facilite les comparaisons internationales.

Tableau 3 : Aperçu des coûts unitaires utilisés (en francs suisses et en coût des facteurs, pour l'année 2000)

	DàP	FdT	PPN	Total
Années de vie perdues	85'473	-	4'397	89'870
Jours d'hospitalisation pour maladies des voies respiratoires	775	805	24	1'603
Jours d'hospitalisation pour maladies cardio-vasculaires	775	1'030	24	1'829
Bronchite chronique (adultes)	410'462	6'803	169	417'434
Bronchite aiguë (enfants)	257	54	-	312
Crises d'asthme (adultes ≥ 15 ans)	61	1	12	74
Jours d'activité réduite (adultes ≥ 20 ans)	185	-	12	197

DàP = disposition à payer, FdT = frais de traitement, PPN = perte de production nette

Résultats

La pollution de l'air imputable aux transports engendre des coûts pour 1'626 millions de francs suisses (cf. tableau suivant). Le **trafic routier** est responsable de **94 pour cent** de ce montant, soit **1'525 millions de francs suisses** et le **trafic ferroviaire** des **6%** restants, soit **100 millions de francs suisses** (cf. tableau 4 et graphique 1).

En ce qui concerne le **trafic routier**, **57%** des coûts, soit 871 millions de francs suisses, est dû au **trafic voyageurs**, les **43%** restants, soit 655 millions de francs suisses, sont générés par le **trafic marchandises** (cf. tableau 4 et graphique 1). Les chiffres sont presque inversés pour le **trafic ferroviaire** : le **trafic voyageurs** est à l'origine de **46%** des coûts, soit 46 millions de francs suisses, et le **trafic marchandises** engendre **54%** des coûts, soit 54 millions de francs suisses.

L'**ensemble de la pollution de l'air** – imputable aux transports, à l'industrie, à l'artisanat, aux ménages, à l'agriculture et à la sylviculture – provoque des coûts de la santé pour **4'204 millions de francs suisses**. Ce chiffre correspond à **628 francs suisses par habitant** ou environ 1,12% du PIB.

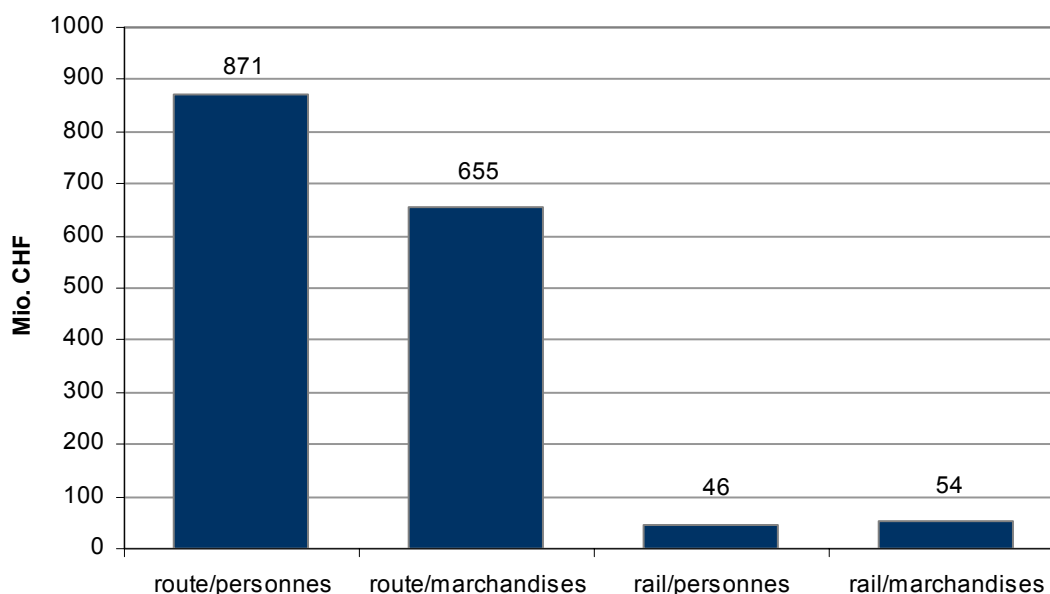
Comme déjà mentionné, l'évaluation des années de vie perdues est centrale pour le résultat global. Près de 81% de l'ensemble des coûts pour la santé sont dus aux décès prématurés ou aux années de vie perdues (ceux-ci sont formés à 95% par des coûts immatériels). Les nouveaux cas de bronchite chronique chez les adultes représentent environ 9,9% des coûts, les jours de réduction de l'activité environ 8,3%. Les quatre autres types de maladie sont d'importance mineure et correspondent à moins de 0,5%.

Tableau 4 : Coûts pour la santé de la pollution de l'air selon les différentes sources de pollution (en millions de francs suisses)

	DàP	FdT	PPN	Total
Trafic routier total	1'448.4	8.6	68.4	1'525.4
Trafic routier voyageurs	826.7	4.9	39.0	870.7
Trafic routier marchandises	621.7	3.7	29.4	654.7
Trafic ferroviaire total	95.1	0.6	4.5	100.2
Trafic ferroviaire voyageurs	43.6	0.3	2.1	45.9
Trafic ferroviaire marchandises	51.6	0.3	2.4	54.3
Total transports	1'543.5	9.2	72.9	1'625.6
Pollution de l'air globale	3'991.6	23.7	188.5	4'203.9

DàP = disposition à payer, FdT = frais de traitement, PPN = perte de production nette

Graphique 1 : Coûts pour la santé de la pollution de l'air selon les différentes sources de pollution (en millions de francs suisses)



L'ensemble des atteintes à la santé peut aussi être converti en coûts unitaires spécifiques par prestation kilométrique ou prestation de trafic. Comme le montre le tableau 5, les **coûts** par véhicule-kilomètre (vhkm) ou par train-kilomètre (trkm) sont, pour le transport tant routier que ferroviaire, **nettement plus élevés pour le trafic marchandises que pour le trafic voyageurs**. Que ce soit pour le trafic voyageurs ou pour le trafic marchandises, **la route engendre des coûts plus élevés par personne-kilomètre (pkm) et par tonne-kilomètre (tkm) que le rail**.

Tableau 5 : Coûts unitaires par prestation kilométrique

		Trafic voyageurs	Trafic marchandises
Cts/vhkm	route	1,68	10,10
Cts/trkm	rail	32,6	172,8
Cts/pkm	route	0,99	
	rail	0,31	
Cts/tkm	route		2,98
	rail		0,56

Cts = centimes, vhkm = véhicule-kilomètre, trkm = train-kilomètre, pkm = personne-kilomètre, tkm = tonne-kilomètre

Evaluation des résultats

Les méthodes de calcul utilisées comportent une part inhérente d'incertitude. Comme cela a été mentionné plus haut, nous avons choisi une approche prudente (« at least approach »), c'est-à-dire qu'il faut rester aussi réaliste que possible, mais faire preuve de prudence en cas de doute. C'est pourquoi nous pouvons affirmer que **les coûts présentés ici sont inférieurs aux atteintes réelles à la santé.**

Les éléments suivants confirment cette appréciation :

- Les atteintes à la santé sont évaluées en fonction de la seule charge polluante de PM₁₀. D'autres effets sur la santé, générés par d'autres polluants, indépendants des PM₁₀, ne sont pas compris dans les calculs.
- La pondération des émissions de polluants a été abandonnée malgré de premières indications allant dans le sens d'une toxicité éventuellement plus grande des émissions de particules de combustion par rapport aux émissions de particules mécaniques.
- Pour l'évaluation des années de vie perdues, nous n'avons pas tenu compte du fait que l'espérance de vie de la population allait continuer à augmenter.
- Différentes atteintes à la santé imputables à la charge polluante n'ont pas été prises en compte parce qu'aucune étude épidémiologique fiable n'est disponible à leur sujet ou parce que leur monétarisation pose problème, comme les consultations auprès des médecins de famille, les prescriptions de médicaments et l'automédication.
- En ce qui concerne la morbidité, seuls les effets à court terme de la pollution de l'air sont pris en compte dans la majorité des cas. Les effets à long terme n'ont pas fait l'objet d'un examen suffisant compte tenu des exigences élevées qu'ils posent en matière de méthode, alors que, comme pour la mortalité, ils sont probables. Les effets de la pollution de l'air sur les maladies chroniques ne peuvent donc être considérés qu'en cas de décès.
- Les effets de la pollution de l'air ne sont calculés que pour les groupes d'âge qui ont fait l'objet d'études et dont les résultats sont disponibles. Ainsi, la mortalité des personnes âgées de 1 à 29 ans n'a pas été prise en compte puisque ce groupe d'âge n'a pas été inclus pour l'instant dans les études à long terme. Il est toutefois fort possible que la pollution de l'air induise aussi une augmentation de la mortalité parmi ces personnes.
- Rien n'indique pour l'instant que la pollution de l'air soit sans risque au-dessous d'un certain seuil. Néanmoins, la présente étude ne quantifie les atteintes à la santé qu'à partir d'une concentration de référence de 7,5 µg/m³. De fait, aucune étude n'est actuellement disponible pour des concentrations plus basses.
- Il faut probablement doubler la valeur obtenue pour les coûts immatériels des années de vie perdues qui constituent 75% de l'ensemble des coûts pour la santé. Les montants retenus avec la méthode de la disposition à payer ont en effet été calqués sur ceux qui s'appliquent au contexte des accidents. Or, certains indices montrent déjà que le risque d'exposition à la pollution de l'air, involontaire et incontrôlable, est perçu deux fois (voire trois fois) plus fortement que le risque d'accident, consenti et contrôlable.

- L'évaluation porte sur les années de vie perdues et non sur les décès prématurés, dont la prise en compte ferait pratiquement doubler les coûts pour la santé. En d'autres termes, lors de la conversion de la valeur d'un décès prématuré en valeur d'années de vie perdues, le taux utilisé a été très prudent.
- Enfin, des valeurs prudentes ont généralement été retenues pour la détermination des autres coûts unitaires.