

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 dégâts aux bâtiments en Suisse imputables aux transports

Actualisation des coûts
externes 2000

RESUME

Mise à jour régulière des coûts externes: un mandat du DETEC

Selon la loi concernant une redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (1997), la Confédération est tenue de mettre à jour régulièrement les coûts externes des transports. Comme les estimations les plus récentes de ces coûts datent de 1993, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) a attribué le mandat de procéder à leur réactualisation complète. La présente étude porte sur les dégâts aux bâtiments dus à la pollution de l'air par les transports et constitue une mise à jour des travaux effectués en 1992 (INFRAS). La structure économique (analyse du lien de causalité entre la pollution de l'air et les dommages aux bâtiments, niveau des coûts) ainsi que la structure quantitative (surfaces et types de matériaux soumis à la pollution) ont été entièrement remaniées. L'étude fait référence aux dégâts occasionnés aux bâtiments durant l'année 2000 selon les éléments suivants:

- › Dépenses effectivement engagées pour des rénovations en raison de la réduction du cycle de rénovation dans des endroits exposés au trafic.
- › Coûts résultant d'une dégradation de l'état des façades le long et à proximité des zones exposées au trafic, sans tenir compte des travaux directs de rénovation. La réduction de la durée de vie des bâtiments qui en résulte entraîne des coûts supplémentaires.
- › Augmentation des coûts de nettoyage dans les endroits exposés au trafic.

L'étude porte sur les dépenses qui concernent les façades des bâtiments. Elle ne tient pas compte des dommages éventuels à des monuments culturels ou historiques.

Evidence des analyses empiriques

L'étude de 1992 avait déjà analysé, grâce à l'exploitation empirique des données spécifiques du Bureau Wüest&Partner, le lien de causalité entre la pollution de l'air et la plus grande fréquence des travaux de rénovation et de nettoyage. Du fait que la pollution atmosphérique ne constitue que l'un des nombreux paramètres pris en compte dans l'entretien des immeubles, ce lien de cause à effet est difficile à établir statistiquement. D'autres études effectuées à l'étranger arrivent à la même conclusion. C'est la raison pour laquelle la présente étude s'appuie non seulement sur une compilation des ouvrages de référence en la matière, mais également sur des enquêtes effectuées auprès d'expert/e/s et sur des évaluations approfondies effectuées par INFRAS. Le tableau ci-dessous montre les différents éléments pris en compte.

METHODES DE CALCUL DES COÛTS DES DOMMAGES AUX BATIMENTS		
Catégories de coûts	Zones exposées au trafic	Zones non exposées au trafic
Réduction du cycle de rénovation	Evaluation des travaux de rénovation et calcul de la fréquence de rénovation à proximité et à l'écart des axes principaux sur la base de la banque de données du Bureau Wüest&Partner	Par définition: pas de coût supplémentaire
Diminution de la durée de vie des façades	Analyse du lien de causalité entre la pollution atmosphérique et l'état des façades sur la base de la banque de données du Bureau Wüest&Partner	
Calcul des coûts de nettoyage	Evaluation comparative des fréquences de nettoyage sur les axes principaux et sur les routes secondaires et calcul des coûts de nettoyage grâce à des enquêtes détaillées entreprises auprès d'expert/e/s.	Hypothèse: pas de coût supplémentaire

Table R-1: Méthode multicritère pour le calcul des coûts des dommages aux bâtiments dans des zones exposées et non exposées au trafic. La base de données du Bureau Wüest&Partner comporte quelque 3'000 bâtiments représentatifs du parc immobilier suisse.

Les résultats des travaux d'analyse peuvent être résumés de la façon suivante:

- › A la différence des conclusions des études précédentes, il apparaît que les PM10 (particules fines en suspension) constituent le nouveau polluant principal. Les émissions de particules fines provoquent surtout des salissures et indirectement une corrosion de certaines parties des bâtiments.
- › Les travaux de rénovation sont plus fréquents dans les zones exposées au trafic que dans celles qui ne le sont pas. La mise à jour des données fait ressortir une augmentation de la fréquence des travaux de rénovation de 0.5%. Ce pourcentage est nettement plus modeste que celui de l'étude antérieure (1.2%, INFRAS 1992). Cette différence s'explique notamment par la diminution de la charge polluante. En effet, ces 10 dernières années, les immissions de PM10 ont baissé de 30 à 40%, les immissions de NO_x de 40 à 50% et les immissions de SO₂ de 60 à 70%.
- › Les statistiques démontrent l'existence d'un lien significatif de causalité entre les émissions de PM10 et l'état des façades: plus la charge polluante est élevée, plus il est probable que l'état des façades soit qualifié de mauvais (indépendamment de l'âge du bâtiment). Le tableau ci-dessous donne les indications relatives à chaque type d'urbanisation.

REDUCTION DE LA DUREE DE VIE DES FAÇADES RESULTAT DES EVALUATIONS EMPIRIQUES				
Type d'urbanisation	Immissions annuelles moyennes de PM10	Temps écoulé jusqu'à ce que l'état des façades atteigne un degré critique nécessitant des travaux de rénovation	Durée de vie moyenne des façades	Réduction de la durée de vie en années
Unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nbre d'années	Nbre d'années	Nbre d'années
1. métropoles	22.0	31.7	45	13.3
2. agglomérations faisant partie d'une aire métropolitaine	18.6	37.5	45	7.5
3. commune-centre dans une aire métropolitaine	17.6	39.5	45	5.5
4. autre type d'urbanisation dans une aire métropolitaine	16.4	42.5	45	2.5
Autres zones	10.9 - 7.2	63.9 - 49.2	45	-

Tableau R-2 Dans les zones densément urbanisées et exposées au trafic, la dégradation de l'état des façades permet de déterminer la diminution de la durée de vie d'un bâtiment.

- › Les entretiens qui ont eu lieu avec des expert/e/s étayent ces résultats empiriques sur le plan qualitatif. A noter toutefois que les spécialistes en la matière estiment que la pollution atmosphérique a eu nettement moins d'impact ces 10 dernières années. Ce phénomène est en particulier dû à la quasi-disparition des émissions de dioxyde de soufre (SO₂) qui, autrefois, avaient un effet particulièrement corrosif sur les façades en grès ainsi que sur les tôles et les matériaux synthétiques.
- › L'enquête effectuée auprès de diverses entreprises de nettoyage révèle que les dépenses engagées pour des travaux de nettoyage sont nettement plus élevées dans les zones exposées au trafic. Ce lien de causalité ne peut être quantifié que de manière approximative, par l'augmentation de la fréquence des nettoyages.

Extrapolation au niveau national: manière de procéder

Ces données exploitables empiriquement permettent de procéder à une extrapolation au niveau national. Ce calcul comprend plusieurs étapes:

1. La structure quantitative est basée sur la banque de données du Bureau Wüest&Partner. Cette dernière comprend toutes les surfaces des façades réparties en différentes catégories selon les principaux types de matériaux et peut être considérée comme une base

empirique solide. Les bâtiments sont classés par zones afin de mieux tenir compte des charges polluantes.

2. Le montant de chaque type de coût a été mis à jour suite à l'enquête entreprise auprès d'expert/e/s. L'accent est mis sur les coûts spécifiques des travaux de restauration, de rénovation et de nettoyage par unité de surface.
3. Les coûts de rénovation dans les zones exposées au trafic sont calculés sur la base de l'augmentation de la fréquence des travaux de rénovation (réduction du cycle de rénovation), de la surface des façades exposées au trafic et du coût des travaux de rénovation. Ces coûts sont imputés dans leur totalité au trafic.
4. L'augmentation des charges résultant de la réduction de la durée de vie des surfaces de façades, due aux immissions polluantes, est calculée à partir des données du cadastre des immissions, de la surface des façades non exposées au trafic et du prix de la construction des éléments de façade. Ces coûts sont imputés aux transports et à d'autres sources.
5. Le coût des travaux de nettoyage dans les endroits soumis à un fort trafic est extrapolé en fonction des surfaces de verre et de verre/métal exposées et du coût spécifique des travaux de nettoyage.
6. La répartition des dommages entre les différentes sources et les différents modes de transport se fait dans un premier temps sur la base des quotes-parts d'immissions, différenciées selon les types de zones ou d'urbanisation, et, dans un deuxième temps, en fonction des pourcentages d'émission de PM10.

Résultats: coûts globaux en Suisse

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des coûts des dommages aux bâtiments en Suisse par catégorie de coûts et par type de source principale. Ils s'élèvent à 546 millions de francs pour l'année 2000.

DOMMAGES AUX BATIMENTS EN SUISSE PAR CATEGORIE DE COUT ET PAR SOURCE PRINCIPALE EN 2000 EN MILLIONS DE FRANCS			
Catégories de coûts	Trafic	Autres sources	Total
Coûts supplémentaires de rénovation dans les zones exposées au trafic	141	-	141
Coûts supplémentaires résultant de la réduction de la durée de vie des façades	77	281	358
Coûts supplémentaires de nettoyage	47	-	47
Total	265	281	546

Tableau R-3 Le trafic est à l'origine de 49% de l'ensemble des dommages aux bâtiments.

Les dégâts aux bâtiments imputables au trafic se montent à 265 millions de francs par année (2000). La majeure partie des coûts concerne les métropoles et les agglomérations. Le tableau ci-après indique la répartition des coûts par mode de transport et par type d'habitat. Du fait que le rail émet des particules fines (par le frottement des roues sur les rails, l'usure des freins et des caténaires et le transport de ces particules par tourbillons), le trafic ferroviaire provoque également des dommages aux bâtiments, mais dans une mesure moindre.

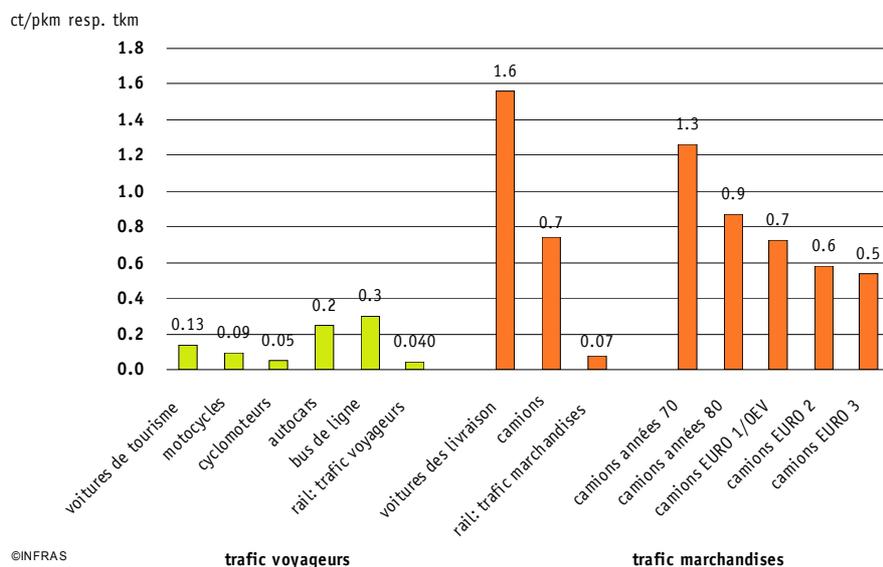
REPARTITION DES COUTS EN 2000 PAR TYPE D'HABITAT ET PAR MODE DE TRANSPORT EN MILLIONS DE FRANCS					
Type d'habitat	Route: trafic voyageurs	Route: trafic marchandises	Rail	Aviation	Coût total par année
Ville	62.3	53.2	7.0	2.5	125
Agglomération	52.3	49.5	5.6	2.6	110
Campagne	14.4	13.9	1.3	0.2	30
Total	129.1	116.6	14.0	5.3	265

Tableau R-4 Le trafic routier est à l'origine de 93% des dommages aux bâtiments imputables aux transports, dont 47% proviennent des transports routiers de marchandises.

Coûts unitaires dans le domaine des transports

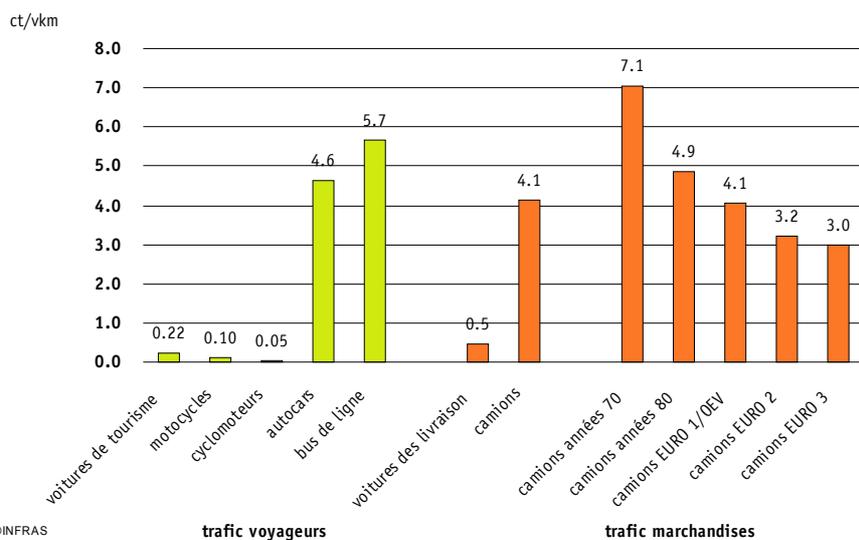
Les tableaux ci-dessous indiquent les coûts exprimés en centimes par personne-kilomètre ou par tonne-kilomètre (route et rail) et en véhicule-kilomètre (trafic routier).

TAUX MOYENS DES COÛTS IMPUTABLES A LA ROUTE ET AU RAIL



Graphique R-1 Le rail occasionne, dans le domaine du trafic voyageurs, 3,4 fois moins de coûts par personne-kilomètre. Pour le trafic marchandises, la différence est nettement plus importante, soit 10 fois moins par tonne-kilomètre. En raison de leur faible charge utile, les voitures de livraison entraînent des coûts spécifiques nettement plus élevés par tonne-kilomètre.

TAUX DES COÛTS IMPUTABLES AU TRAFIC ROUTIER

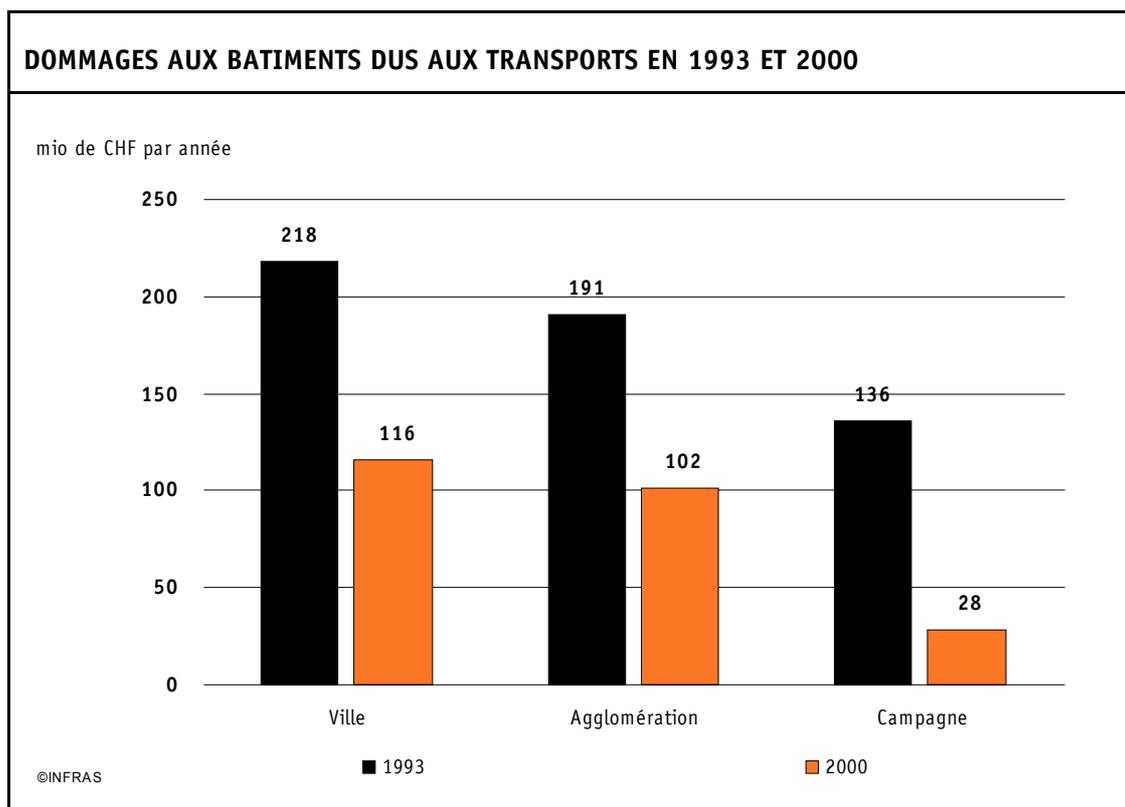


Graphique R-2 Les taux des coûts du trafic routier de marchandises pris en considération pour la redevance poids lourds liée aux prestations (RPLP) oscillent entre 3 et 7 centimes par véhicule-kilomètre.

Comparaison avec les évaluations précédentes

Le graphique ci-dessous présente l'évolution des dommages par rapport aux chiffres relatifs à 1993³. Les coûts ont baissé de près de 55%. Ce phénomène s'explique par les raisons suivantes:

- › Importante diminution des émissions de polluants atmosphériques corrosifs comme le NO_x et le SO₂, dus aux transports,
- › Recours plus fréquent à des matériaux de construction plus robustes pour les façades (façades de verre/d'acier),
- › Légère diminution conjoncturelle des coûts de rénovation et de construction,
- › Nouvelles données empiriques et nouvelle méthodologie qui permettent d'évaluer de manière plus prudente les dommages aux bâtiments occasionnés par la pollution atmosphérique.



Graphique R-3 Les valeurs relatives à l'année 1993 proviennent de l'étude INFRAS mise à jour en 1993 (selon INFRAS 1995). Remarque: afin de pouvoir comparer les résultats, les dégâts aux bâtiments pour l'année 2000 ne comprennent ici ni le trafic ferroviaire ni le trafic aérien car les coûts occasionnés par ces deux modes de transport n'étaient pas encore pris en compte en 1993.

³ Cf. INFRAS 1995.

Interprétation générale et concept d'actualisation

Dans la présente analyse, l'évaluation des dommages aux bâtiments est étayée par de nouvelles observations ainsi que par des données empiriques relatives aux immissions polluantes et aux surfaces des façades en Suisse. Ces conclusions ne sont pas seulement le reflet d'une réactualisation, mais participent d'une refonte complète de l'évaluation des dégâts aux bâtiments. Par rapport aux études effectuées à l'étranger, cette analyse est nettement plus complète et plus approfondie.

L'étude a montré qu'il est possible de mettre en évidence les coûts imputables à la pollution atmosphérique. Il faut cependant également admettre que ces coûts sont en réalité peu significatifs par rapport aux autres domaines des coûts externes et que leur estimation comptable a un sens surtout quand on compare les différents types d'habitat. Le mérite de la baisse entre 1993 et 2000 revient au secteur de la construction qui s'efforce en permanence d'améliorer les matériaux et de les rendre plus résistants aux agents extérieurs ou aux atteintes polluantes. Dans le futur, par conséquent, l'importance des dommages devrait continuer de s'atténuer.

Les émissions de particules s'avèrent, à l'heure actuelle, être la principale source de pollution et servent de données de référence pour la répartition des coûts entre les différents modes de transport. La proportion la plus élevée des dommages dus aux transports est imputable au trafic routier. Ici aussi, les améliorations futures escomptées (grâce au carburant diesel et à des moteurs plus propres) devraient faire diminuer ce type de coûts externes. Il sera par contre plus difficile de réduire les émissions de poussières fines provenant de phénomènes d'abrasion et de tourbillons, également attribuables au trafic ferroviaire.

Nous proposons, pour les actualisations futures, de procéder en plusieurs étapes comme suit:

- › A court terme (dans un délai de 5 ans), il semble judicieux d'envisager une simple mise à jour sur la base des pourcentages d'émissions polluantes et des taux indicatifs des coûts dans le secteur de la construction. De fait, les coûts varient en fonction des perspectives d'évolution des émissions et selon l'indice des prix de la construction. Cette mise à jour peut être effectuée sur la base des présentes perspectives d'évolution des émissions et des variations de l'indice des prix. Pour l'adaptation des barèmes de la RPLP par classe d'émissions, les prévisions y relatives ne pourront être pertinentes que si elles sont également renouvelées.

- › A long terme (dans un délai de 10 ans), il semble utile de vérifier la fiabilité des résultats à l'aide d'entretiens effectués auprès d'expert/e/s. Il est par ailleurs primordial de savoir si les nouveaux matériaux, la manière d'entretenir les immeubles de même que les nouvelles atteintes polluantes entraînent de nouveaux mécanismes et provoquent ainsi d'autres dommages aux bâtiments.

DETEC

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

étude

are
.....

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

**Les coûts externes imputables au
bruit du trafic routier et
ferroviaire en Suisse**

Actualisation pour
l'année 2000

Résumé

But et méthodologie

La présente étude a pour **but** d'évaluer les **coûts externes imputables au bruit du trafic routier et ferroviaire** en **Suisse** pour l'**année 2000**. Les résultats font la distinction entre le trafic voyageurs et le trafic marchandises.

Il n'a pas été possible, dans le cadre de cette étude, de procéder à un recensement exhaustif des coûts dus au bruit dans tous les domaines. Conformément au mandat confié, l'étude s'est limitée aux coûts dans le domaine du **logement** (réduction du revenu locatif du fait de la moindre demande, sur le marché, pour les logements exposés au bruit par rapport aux logements situés dans des zones calmes) et dans le domaine des effets sur la **santé humaine** (l'exposition au bruit peut mener à des troubles physiques et psychiques et nuire à la santé). Il est à noter que les **autres éléments de coûts**, comme par exemple les pertes dues au déclassement ou à la non-affectation des terrains à bâtir, les coûts engendrés pour éviter le bruit ou les problèmes de concentration observés à l'école ou sur le lieu de travail **ne sont donc pas pris en compte** dans cette étude.

Les coûts attribuables au bruit sont des coûts dits **externes**, c'est-à-dire la part des coûts qui n'est pas prise en charge par les responsables des nuisances, mais par des tiers. L'exposition au bruit est causée par les usagers des transports, mais elle est porte préjudice aux personnes qui habitent à proximité des voies de transport.

La **méthodologie suivante** a été utilisée pour évaluer les coûts imputables au bruit :

- la base de référence pour leur estimation en termes monétaires repose sur des évaluations détaillées sur l'**exposition au bruit** relative au trafic routier et ferroviaire pour l'année 2000 en Suisse ;
- compte tenu du nombre de logements exposés au bruit, il a été procédé dans une seconde étape au calcul de la **perte de revenu locatif** ; il a fallu pour cela déterminer d'une part la corrélation entre le niveau de loyer et l'exposition au bruit et, d'autre part, le niveau de loyer moyen ;
- l'exposition au bruit provoque aussi des **atteintes à la santé** supplémentaires ; dans un premier temps, on a établi la corrélation entre l'exposition au bruit et les atteintes à la santé, puis, sur cette base, on a calculé les cas de maladie et de décès dus au bruit ; ces coûts ont ensuite été exprimés en termes monétaires ;
- la somme des pertes de revenu locatif et des coûts pour la santé donne le montant global des coûts attribuables au bruit du trafic.

L'évaluation des coûts relatifs au bruit ne peut pas se faire sans recourir à un certain nombre d'hypothèses et de simplifications. Le principe adopté dans la présente étude 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** ».

L'exposition au bruit du trafic

Le bruit, qui est un son ressenti comme désagréable, peut varier en volume (pression acoustique), en fréquence et en durée. L'unité de mesure de l'exposition au bruit, le L_r , résulte du niveau de son continu en équivalent énergie (L_{eq}) et de divers facteurs correctifs (K) qui permettent de prendre en compte l'appréciation subjective de différentes sources de bruit. L'exposition au bruit a été mesurée à partir d'un seuil de 55 dB(A) le jour et de 45 dB(A) la nuit.

Pour le calcul de l'exposition au bruit dû au **trafic routier**, on a recouru à deux ensembles de données distincts, à savoir les structures quantitatives (« Mengengerüste ») déjà établies pour les cantons de Lucerne, Nidwald et Zurich (sans les villes de Lucerne, de Winterthur et de Zurich) et le sondage ponctuel effectué pour le reste de la Suisse. L'échantillon comprend trente cellules (« quadrats ») de 400 x 400 m. Dans chaque cellule de la trame, l'exposition au bruit a été mesurée en détail suivant le modèle CadnaA en tenant compte de la charge de trafic, des caractéristiques du tronçon routier considéré (vitesse, revêtement, pente), ainsi que des constructions et des parois de protection anti-bruit existantes. On a calculé les nuisances les plus élevées par maison d'habitation, puis on les a réparties en fonction des logements situés dans ces maisons d'habitation et des personnes qui y résident. Les résultats obtenus ont ensuite été extrapolés afin d'obtenir les valeurs pour l'ensemble de la Suisse.

L'exposition globale au bruit du **trafic routier** est donc obtenue en combinant les zones dont l'exposition est connue a priori avec les zones restantes dont les nuisances sonores ont été obtenues par extrapolation à partir de sondages. Le tableau ci-dessous présente l'exposition globale au bruit du trafic routier pour l'année 2000. Plus de 2,2 millions de personnes sont exposées durant la journée à une nuisance sonore qui dépasse le seuil défini ; la nuit, ce chiffre est de 2,1 millions.

Tableau 1 : Exposition au bruit du trafic routier en 2000

Classe de bruit	Evaluation jour			Evaluation nuit		
	Niveau d'évaluation L_r jour [dB(A)]	Personnes	Logements	Niveau d'évaluation L_r nuit [dB(A)]	Personnes	Logements
1				44,5 – 49,4	1'011'956	475'203
2				49,5 – 54,4	555'139	319'431
3	54,5 – 59,4	783'108	377'256	54,5 – 59,4	362'071	195'685
4	59,5 – 64,4	942'895	507'734	59,5 – 64,4	120'077	65'700
5	64,5 – 69,4	423'920	217'849	64,5 – 69,4	1'334	666
6	69,5 – 74,4	83'930	48'207	69,5 – 74,4	11	6
7	> 74,5	155	77	> 74,5	0	6
Total		2'234'008	1'151'123		2'050'588	1'056'697

Pour l'exposition au bruit dû au **trafic ferroviaire**, l'étude s'est fondée sur les relevés exhaustifs effectués par les CFF. En 1998, les CFF ont étudié l'exposition au bruit sur plus de 6'000

tronçons distincts et ont établi pour leur réseau un modèle numérique de terrain. Sur cette base et au moyen d'un modèle de calcul pour le bruit des chemins de fer (SEMIBEL), ils ont dressé un cadastre de l'exposition au bruit. Les mesures ont été effectuées, de jour et de nuit, en des points significatifs pour un petit groupe de bâtiments.

Le nombre de logements concernés a dû être traité séparément. On a utilisé pour cela des indicateurs spécifiques à chaque commune qui indiquent le rapport entre le nombre de personnes et le nombre de logements. Les données des CFF ont encore été majorées d'un taux général de 6% afin de tenir compte de l'exposition au bruit occasionnée par le trafic des entreprises de transport concessionnaires.

Le résultat des mesures de l'exposition globale au bruit du trafic ferroviaire en Suisse est résumé dans le tableau ci-dessous. Le nombre de personnes importunées par le trafic ferroviaire, soit 276'000 personnes durant la journée et 310'000 durant la nuit, est nettement inférieur à celui des personnes exposées au bruit du trafic routier.

Tableau 2 : Exposition au bruit du trafic ferroviaire en 2000

Classe de bruit	Evaluation jour			Evaluation nuit		
	Niveau d'évaluation Lr jour [dB(A)]	Personnes Total	Logements Total	Niveau d'évaluation Lr nuit [dB(A)]	Personnes Total	Logements Total
1				44,5 – 49,4	99'617	47'918
2				49,5 – 54,4	90'703	43'972
3	54,5 – 59,4	98'652	47'738	54,5 – 59,4	75'418	37'028
4	59,5 – 64,4	84'866	41'156	59,5 – 64,4	34'123	16'379
5	64,5 – 69,4	72'880	35'513	64,5 – 69,4	9'699	4'586
6	69,5 – 74,4	19'380	9'349	69,5 – 74,4	650	334
7	> 74,5	773	392	> 74,5	0	0
Total		276'551	134'150		310'211	150'217

La suite de cette étude présente les bases méthodologiques pour le calcul des coûts imputables au bruit (pertes sur le revenu locatif, nombre de cas et coûts pour la santé), de même que les résultats obtenus.

Les pertes sur le revenu locatif

On peut partir de l'idée que les logements exposés au bruit sont moins demandés que des logements comparables situés dans des zones tranquilles. Lorsque le marché du logement fonctionne normalement, cette baisse de demande entraîne une moins-value sur le prix de location. La différence entre le loyer d'un appartement exposé au bruit et celui d'un appartement comparable situé dans une zone calme correspond au coût du bruit imputable au trafic.

Il a été admis, pour l'étude des pertes sur le revenu locatif, qu'au-dessous d'un **niveau minimal de 55 dB(A)**, le bruit ne constitue pas une cause de réduction du prix de location. Ce

seuil de 55 dB(A) repose premièrement sur des valeurs empiriques relatives au nombre de personnes importunées par le bruit. Il correspond deuxièmement à la valeur de planification pour les zones résidentielles prévue par l'ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit et troisièmement à la valeur généralement reconnue dans la littérature spécialisée. Des études ont montré cependant qu'en dessous de 55 dB(A) se manifeste déjà une disposition à payer pour une atténuation du bruit. Si le niveau minimal était abaissé à 50 dB(A), l'augmentation des pertes sur le revenu locatif serait supérieure à 75%.

Le taux de **réduction du loyer de 0,8% par dB(A)** est la moyenne des chiffres obtenus par trois études menées en Suisse. Il a été déterminé selon la **méthode des prix hédonistes** (« Hedonic Pricing Method ») qui évalue, par des méthodes statistiques, les différentes caractéristiques d'un logement (p. ex. la tranquillité). Les résultats se fondent sur les prix de location du marché. Le loyer mensuel moyen correspond à 1'107 francs.

Les atteintes à la santé imputables au bruit : nombre de cas

L'effet du bruit sur les cas de maladie et de décès est déterminé selon le principe de la part imputable (« attribuable proportion »). Il s'agit de la part de réduction de cas de maladie ou de décès auquel on peut s'attendre s'il n'y avait pas d'exposition au bruit. Le lien de cause à effet entre l'exposition au bruit et la fréquence de certaines maladies a été déterminé à partir d'études internationales. Les résultats sont résumés dans le tableau 3. Le bruit provoque avant tout une augmentation relativement élevée des **maladies liées à l'hypertension**, mais aussi des **maladies cardiaques ischémiques** (infarctus du myocarde, angine de poitrine, etc.). Le total des 1'226 années de vie perdues (983 en raison du trafic routier, 243 par le fait du trafic ferroviaire) doit être attribué aux 143 cas de décès prématurés (114 et 29 respectivement).

Tableau 3 : Aperçu des années de vie perdues et des cas de maladie imputables au bruit en 2000

	Maladies cardiaques ischémiques par source de bruit le jour			Maladies liées à l'hypertension par source de bruit la nuit		
	route	rail	total *)	route	rail	total *)
Nombre d'années de vie perdues	274	56	330	708	188	896
Nombre d'années d'activité perdues	21	4	26	31	8	40
Nombre d'hospitalisations	82	17	99	272	72	344
Nombre de semi-hospitalisations	7	1	9	15	4	19
Nombre de journées d'hospitalisation	757	153	910	3'647	966	4'613
Nombre de jours d'activité perdus (seulement jours d'hôpital)	192	39	231	517	137	653
Nombre de traitements ambulatoires	101	20	121	10'569	2'800	13'369
Doses quotidiennes de médicaments (en milliers par an)				13'370	3'542	16'912

*) Les écarts de ± 1 unité sont dus aux arrondis.

Evaluation des atteintes à la santé imputables au bruit

On établit ensuite les coûts des atteintes à la santé. Les coûts pour la santé comprennent les éléments suivants :

- **coûts des traitements médicaux** : ces coûts comprennent aussi bien les frais de traitement hospitalier ou semi-hospitalier (infrastructure, corps médical, médicaments, etc.) que les frais de traitement ambulatoire (consultations médicales, médicaments, etc.) ;
- **pertes de production** : les personnes atteintes dans leur santé à cause du bruit 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 utilisés par type de maladie. Pour déterminer ces coûts unitaires, il a fallu résoudre des questions d'évaluation difficiles. La **détermination** des coûts immatériels pour les années de vie perdues a une importance particulière pour le résultat d'ensemble. 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.) comptés au taux de 7,7%. Cette manière de procéder facilite les comparaisons internationales.

Tableau 4 : Aperçu des coûts unitaires utilisés (en francs suisses et en coût des facteurs, pour l'année 2000)

	Maladies cardiaques ischémiques				Maladies liées à l'hypertension			
	DAP	FT	BPN	Total	DAP	FT	BPN	Total
Années de vie perdues	85'473	-	-	85'473	85'473	-	-	85'473
Années d'activité perdues	-	-	35'434	35'434	-	-	35'434	35'434
Hospitalisations	14'191	-	-	14'191	1'309	-	-	1'309
Semi-hospitalisations	1'546	902	74	2'522	1'309	731	41	2'081
Journées d'hospitalisation	-	902	-	902	-	731	-	731
Nombre de jours d'activité perdus	-	-	291	291	-	-	291	291
Traitements ambulatoires	-	-	12	12	1'309	-	7	1'316

DAP = disposition à payer, FdT = frais de traitement, BPN = baisse de production nette.

Résultats

Dans son ensemble, le bruit du trafic occasionne chaque année des **coûts** qui s'élèvent à **998 millions de francs suisses** (voir le tableau ci-dessous). La part du **trafic routier** est de **87% (869 millions)**, celle du **trafic ferroviaire** de **13% (129 millions)**. Il s'agit donc de près d'un milliard de francs, soit **140 francs suisses par habitant** ou environ 0,25% du PIB.

Les **pertes de revenu locatif** représentent la grande majorité de ces coûts (**88%, soit 874 millions de francs suisses** pour l'ensemble du trafic). Elles correspondent à 89% des coûts du trafic routier (770 millions) et 81% des coûts du trafic ferroviaire (104 millions) comme le montre le tableau 5 et la partie gauche du graphique 1. Les pertes sur les revenus locatifs concernent principalement les classes de nuisance sonore intermédiaires, c'est-à-dire celles qui se situent entre 60 et 69 dB(A).

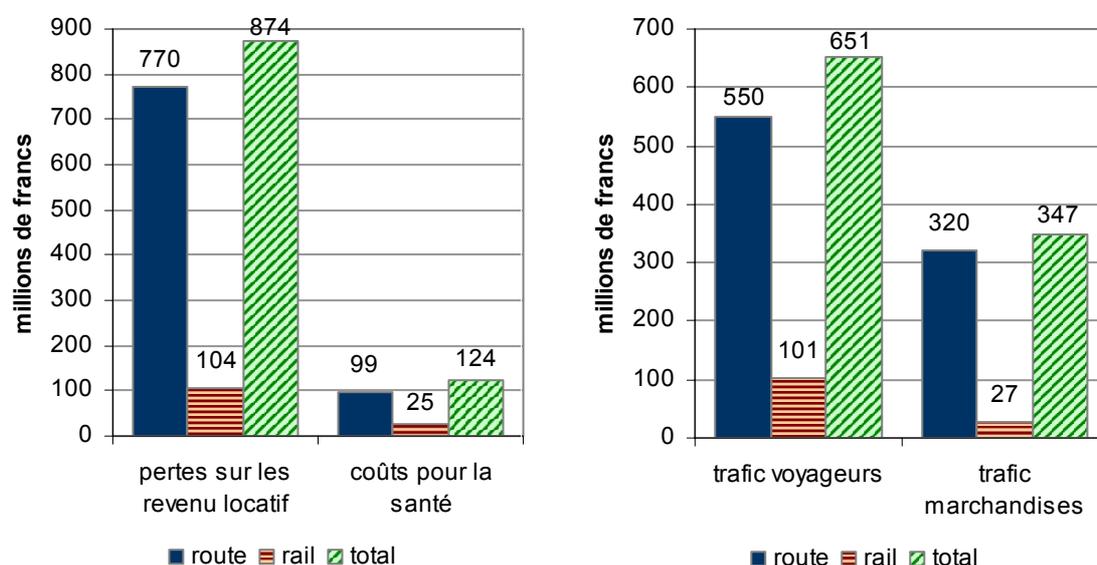
Les **coûts pour la santé** correspondent aux **12% restants**, à savoir **124 millions de francs suisses** (11%, soit 99 millions de francs, pour la route et 19%, soit 25 millions de francs, pour le rail). La plus grande partie des atteintes à la santé, soit 95%, sont des coûts immatériels (douleur et souffrances) évalués au moyen de la méthode de la disposition à payer. Une autre répartition montre que 81% des coûts sont causés par les années de vie perdues. Enfin, 76% des coûts pour la santé sont occasionnés par des maladies liées à l'hypertension et 24% par des maladies cardiaques ischémiques.

Le **trafic voyageurs** occasionne **65% des coûts**, soit **651 millions de francs suisses** (63% ou 550 millions pour la route et 79% ou 101 millions pour le rail ; voir le tableau 5 et la partie droite du graphique 1). Les 35% restants (347 millions) sont dus au trafic marchandises (37% ou 320 millions pour la route, 21% ou 27 millions pour le rail).

Tableau 5 : Répartition des coûts imputables au bruit (en millions de francs suisses, au prix de 2000)

		Trafic voyageurs	Trafic marchandises	Total	% du total
Route	Pertes revenu locatif	487,3	283,1	770,4	88,6%
	Coûts pour la santé	62,7	36,4	99,1	11,4%
	Total	549,9	319,5	869,4	100,0%
	% du total	63,3%	36,7%	100,0%	
Rail	Pertes revenu locatif	81,9	22,0	103,8	80,8%
	Coûts pour la santé	19,5	5,2	24,7	19,2%
	Total	101,4	27,2	128,6	100,0%
	% du total	78,8%	21,2%	100,0%	
Total	Pertes revenu locatif	569,1	305,1	874,2	87,6%
	Coûts pour la santé	82,2	41,7	123,8	12,4%
	Total	651,3	346,7	998,0	100,0%
	% du total	65,3%	34,7%	100,0%	

Graphique 1 : Répartition des coûts imputables au bruit, par domaines et modes de transport (en millions de francs suisses)



L'ensemble des coûts attribuables au bruit peut être converti en coûts unitaires spécifiques par prestation kilométrique ou prestation de trafic. Comme le montre le tableau 6, les coûts occasionnés par les véhicules bruyants sont plus d'onze fois supérieurs à ceux dus aux véhicules plus silencieux (trafic routier). Pour ce qui est du trafic voyageurs, les coûts par personne-kilomètre sont à peu près équivalents pour la route et le rail, mais ils sont toutefois moins élevés pour les transports publics routiers. En ce qui concerne le trafic marchandises, les coûts occasionnés par tonne-kilomètre sont cinq fois plus élevés sur la route que sur le rail.

Tableau 6 : Coûts unitaires par prestation kilométrique

		Trafic voyageurs			Trafic marchandises	
		VO, CM, TR	tram	moto, car, bus	VL	CA, SR
Ct/vhkm	route	0.76	2.36	8.74	2.36	8.74
Ct/trkm	rail		72.04		86.62	
Ct/pkm	route (transports individuels)		0.61			
	route (transports publics)		0.40			
	rail		0.69			
Ct/tkm	route				1.46	
	rail				0.28	

ct = centime, vhkm =véhicule-kilomètre, trkm = train-kilomètre, pkm = personne-kilomètre, tkm = tonne-kilomètre, VO = voiture de tourisme, CM = cyclomoteur, TR = trolleybus, car = autocar privé, bus = bus des transports publics, VL = voiture de livraison, CA = camion, SR = semi-remorque.

Evaluation des résultats

Il convient de souligner une fois de plus que les coûts externes imputables au bruit ne concernent ici que ses effets sur le niveau des loyers et sur la santé. **Les autres effets** comme par exemple les pertes dues au déclassement ou à la non-affectation des terrains à bâtir, les coûts engendrés pour éviter le bruit ou les problèmes de concentration à l'école et sur le lieu de travail **ne sont pas pris en compte. Les coûts présentés ici sous-estiment donc clairement les coûts réels.**

Les méthodes de calcul utilisées comprennent une part inhérente d'incertitude. Comme cela a été mentionné plus haut, nous avons adopté 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. **Pour cette raison également, les coûts établis sont nettement sous-estimés par rapport aux dommages effectifs.** Les éléments suivants confirment cette appréciation :

- Pertes de revenus locatifs :
 - Le seuil de bruit à partir duquel on escompte une perte de revenu locatif a été prudemment fixé à 55 dB(A), bien que certaines études situent cette limite plus bas.
- Atteintes à la santé :
 - Pour l'évaluation des années de vie perdues, il n'a pas été tenu compte du fait que l'espérance de vie de la population continue à augmenter.
 - Les traitements ambulatoires de l'angine de poitrine et la consommation de médicaments pour soigner les maladies cardiaques ischémiques n'ont pas été pris en considération. En outre, pour les jeunes jusqu'à 14 ans, il n'existe aucune donnée sur les traitements ambulatoires les concernant, ni sur la consommation de médicaments.
 - Pour ce qui est des autres maladies susceptibles d'être aggravées par l'effet du bruit (p. ex. taux de cholestérol trop élevé, asthme bronchique, pathologies cancéreuses, etc.), il n'existe pas ou pas encore de corrélations sûres. Il a donc fallu négliger ces manifestations pathologiques.
 - Il faut probablement doubler la valeur obtenue pour les coûts immatériels des années de vie perdues qui constituent 79% 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 au bruit, involontaire et incontrôlable, est perçu deux 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, ce qui entraînerait presque un doublement des 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.

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.

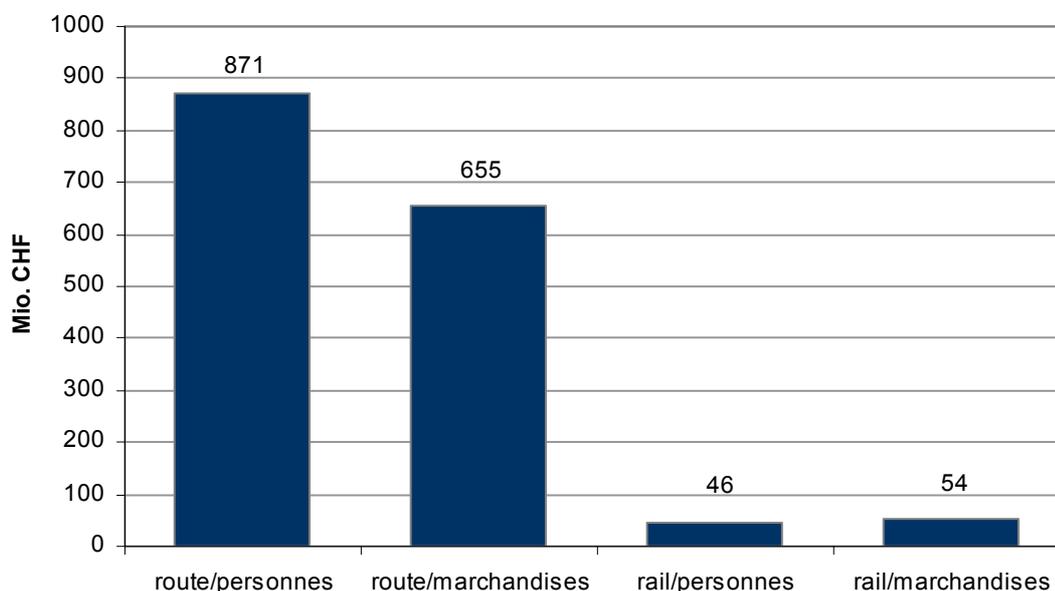
Comme déjà mentionné, l'évaluation des années de vie perdues est centrale pour le résultat global. Près de 81% de l'ensemble des coûts pour la santé sont dus aux décès prématurés ou aux années de vie perdues (ceux-ci sont formés à 95% par des coûts immatériels). Les nouveaux cas de bronchite chronique 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.

DETEC

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

étude

are

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

**Les coûts externes imputables
aux transports dans le domaine
de la nature et du paysage**

Monétarisation des pertes et
fragmentation des habitats

Résumé

Le trafic porte atteinte à la nature et au paysage

Aujourd'hui, le trafic routier et le trafic ferroviaire ne couvrent leurs coûts qu'en partie. Les coûts dus aux conséquences des immissions, du bruit, des accidents et des émissions de gaz à effet de serre sont supportés en majeure partie par la collectivité et non par les usagers de la route et du rail. Ces coûts sont appelés coûts externes. Conformément au principe de causalité (art. 74, 2e al. et art. 85, 1er al. cst.), il serait nécessaire de connaître ces coûts pour les imputer si possible à ceux qui les engendrent, autrement dit pour les internaliser.

Le trafic produit toutes sortes de conséquences pour la nature et le paysage. Ses répercussions complexes sur la nature et le paysage ont été identifiées dans un avant-projet et évaluées en fonction de leur pertinence. Trois effets ont été jugés importants, dont deux ont pu être quantifiés et chiffrés pour la première fois dans le présent travail:

- **Pertes d'habitats:** En utilisant le sol, le trafic diminue l'espace vital à la disposition de la faune et de la flore.
- **Fragmentations d'habitats:** En morcelant des paysages, les infrastructures de transport se transforment en obstacles, en partie infranchissables ou mortels, surtout pour les animaux. Elles limitent les migrations, grandes et petites, des animaux. L'espace vital disponible se rétrécit, ce qui peut isoler des parties de populations et restreindre les brassages génétiques. Il a également été tenu compte des nouveaux habitats naturels riches du point de vue écologique (par exemple les talus) qui ont été créés lors de la construction de nouveaux tronçons d'autoroute. Ces surfaces, qui réduisent les coûts, ont également été intégrées dans le bilan total.
- **Dégradation de la qualité des habitats:** En produisant du bruit, des poussières, des polluants atmosphériques et des vibrations, le trafic altère la qualité de l'habitat. Il n'a pas été possible de chiffrer la dégradation de la qualité des habitats.

Ces effets en chaîne sont examinés pour sept différents types d'infrastructure en dehors des zones d'habitation: les autoroutes, les semi-autoroutes, les routes nationales de 1^{ère} classe, les routes nationales de 2^{ème} classe, les routes nationales de 3^{ème} classe et les lignes ferroviaires à une ou plusieurs voies.

Calcul des coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage

Pertes d'habitats

Pour déterminer les pertes d'habitats, nous avons comparé la surface des habitats le long des infrastructures de transport en 1998/99 avec la surface des habitats dans les années cinquante et soixante. Les photographies aériennes numériques utilisées à

cette fin ont été interprétées et analysées en trois dimensions directement à l'écran. La diminution de la surface a été calculée pour 27 types d'habitats à l'aide d'un échantillon représentatif de 300 tronçons d'infrastructure d'un kilomètre de long environ, puis rapportée à l'ensemble du réseau des transports. La surface prise en considération englobe le tronçon de l'infrastructure de transport ainsi qu'une bande de part et d'autre de celle-ci (chemins de fer et routes nationales des classes 1 à 3: 10 m; semi-autoroutes: 10 à 20 m; autoroutes: 40 à 50 m). Ces bandes correspondent à l'influence que l'infrastructure de transport est supposée exercer sur les habitats. L'intégration des habitats dans l'environnement et leur degré de maturité ont été pris en compte.

Le calcul des coûts externes des pertes d'habitats s'effectue sur la base des coûts de remplacement. Les coûts externes correspondent aux coûts nécessaires à la recréation des surfaces perdues (achat de terrain, remise en état et mesures d'entretien). Pour calculer les coûts annuels, les coûts d'investissement ont été amortis sur une durée de trente ans (une génération).

Fragmentations d'habitats

La fragmentation spatiale a été mesurée pour six groupes d'animaux ayant des besoins d'espace et de mobilité différents. Sur la base des photographies aériennes, nous avons regardé si des espaces partiels existaient de part et d'autre de la voie de transport et recherché les endroits où les différents groupes d'animaux pouvaient, le cas échéant, traverser cette voie (pour les animaux sauvages, on est en présence d'une fragmentation quand il passe plus de 10 000 véhicules par jour). Nous avons tenu compte, dans ce travail, de l'état actuel des connaissances sur la fragmentation de l'habitat (voir les publications de l'OFEFP et de l'OFROU).

Nous avons calculé les coûts externes en estimant les coûts des ouvrages de liaison pour les groupes d'animaux pris en compte. Les coûts externes se composent des coûts d'investissement de ces ouvrages (construction, aménagement et végétalisation) ainsi que des coûts d'exploitation et des coûts d'entretien. Les ouvrages ont des dimensions différentes selon le type d'infrastructure (largeur et étendue).

Dégradation de la qualité des habitats

Même si nous réduisons le nombre de surfaces morcelées et remplaçons les surfaces quasi naturelles endommagées, nous ne tenons pas compte de tous les effets externes directs des infrastructures de transport sur les habitats. En effet, il subsiste des effets résiduels qui entraînent une dégradation de la qualité des habitats: pollutions dues à des substances nocives, bruit, découpage de surfaces quasi naturelles en mosaïques plus petites (perte de la mise en réseau). Ces conséquences réduisent la qua-

lité non seulement des habitats originels restants, mais aussi de ceux qui ont été créés depuis les années cinquante.

Les études entreprises montrent que la qualité des habitats se dégrade. Dans le cadre de la présente étude, la détérioration ne peut toutefois pas être quantifiée avec suffisamment de fiabilité pour procéder à une estimation des coûts.

Les coûts externes dans le domaine de la nature et du paysage

Les coûts externes du trafic répertoriés dans le domaine de la nature et du paysage s'élèvent en moyenne à 765 millions de francs par an (fourchette: 443 - 1 083 millions de francs/an, dont 179 - 337 millions pour les pertes d'habitats et 264 - 746 millions pour les fragmentations d'habitats). Environ 86% de ces frais sont occasionnés par la route – 37% rien que pour les autoroutes et semi-autoroutes – et 14% par le rail.

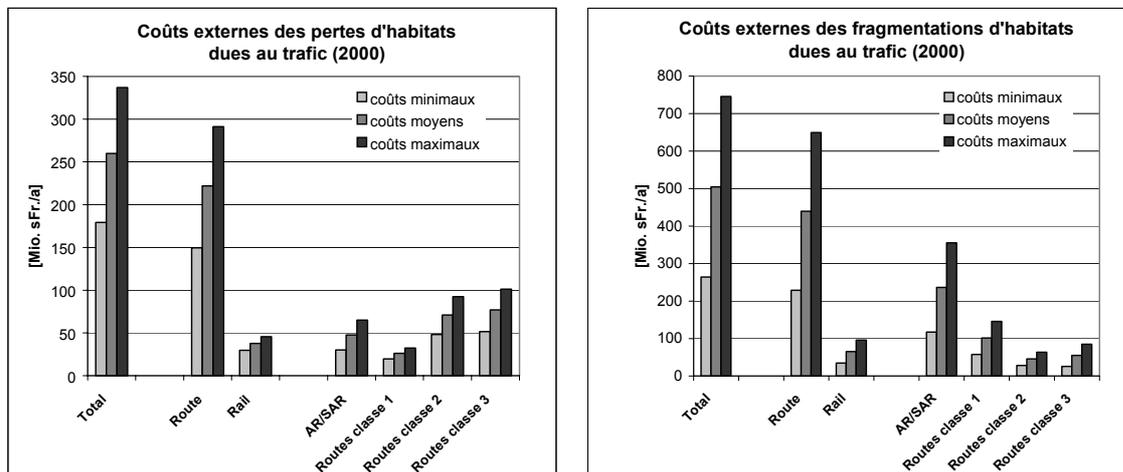


Figure R-1: Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats occasionnées par des infrastructures de transport en Suisse (2000).

En ce qui concerne les **pertes d'habitats**, plus de 85% des coûts externes sont à imputer aux infrastructures routières. Ce chiffre s'explique par la différence de densité des infrastructures: les infrastructures routières considérées en dehors des zones d'habitation (des autoroutes jusqu'aux routes nationales de troisième classe) ont une longueur totale de quelque 39 685 km, contre seulement 4 096 km environ pour le rail. En outre, la majeure partie des lignes de chemin de fer ont été construites avant les années cinquante, notre période de référence.

La distribution des coûts externes des fragmentations d'habitats est similaire à celle des coûts externes des pertes d'habitats: environ 87% des fragmentations sont occasionnées par les infrastructures routières – près de 54% par les autoroutes et les semi-

autoroutes (pour les infrastructures plus larges, les ouvrages doivent être plus importants).

Type d'infrastructure	Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats en millions de francs par an (2000)			
	Moyenne		Limite inférieure de la fourchette	Limite supérieure de la fourchette
Total	765	100%	443	1 083
Total route	662	86%	379	941
Total rail	103	14%	64	142
Autoroutes/semi-autoroutes	284	37%	147	421
Routes de première classe	128	17%	78	178
Routes de deuxième classe	117	15%	77	156
Routes de troisième classe	132	17%	77	186

Tableau R-1: Coûts externes des pertes et des fragmentations d'habitats dues au trafic, par type d'infrastructure, en Suisse (2000).

La répartition des coûts externes (moyens) du trafic dans le domaine de la nature et du paysage entre les différents usagers se présente comme suit:

Catégorie de trafic ou de véhicule	Coûts externes spécifiques nature et paysage (2000)	
	Route	Rail
Total transport de personnes	1,2 ct/v-km	0,7 ct/p-km
Cyclomoteurs	0,4 ct/v-km	
Motos	0,5 ct/v-km	
Voitures de tourisme	1,2 ct/v-km	
Cars	2,4 ct/v-km	
Total transport de marchandises	1,9 ct/v-km	1,2 ct/t-km
Véhicules légers	1,3 ct/v-km	
Camions	2,6 ct/v-km	
Semi-remorques	3,4 ct/v-km	

Tableau R-2: Coûts externes par véhicule-kilomètre (v-km, trafic routier), par personne-kilomètre (p-km, transport de personnes) et par tonne-kilomètre (t-km, transport de marchandises) dans le domaine de la nature et du paysage (2000).

Vérification et appréciation des résultats

Les pertes d'habitats constatées à partir de l'analyse des photographies aériennes ont été vérifiées sur la base d'une méthode indépendante (valeur de référence des surfaces des habitats selon Broggi/Schlegel 1989). Les coûts de remplacement qui en résultent

tent peuvent être comparés avec les coûts de remplacement calculés à partir de l'analyse des photographies aériennes.

En raison de la très grande variabilité de la nature et d'hypothèses de calcul diverses, la fourchette des résultats est considérable. Elle ne pourrait être réduite qu'au prix d'un énorme travail. Les différentes étapes de quantification et de monétarisation des effets externes du trafic sur la nature et le paysage se basent généralement sur des hypothèses conservatrices qui ont tendance à réduire les coûts:

- Les pertes d'habitats (surface), les fragmentations d'habitats (morcellement) et la dégradation de la qualité des habitats représentent les effets externes les plus importants du transport sur la nature. Pour des raisons méthodologiques, les répercussions plus difficiles à cerner comme la pollution et les nuisances sonores sur la faune et la flore n'ont pas pu être prises en compte. Ainsi, les coûts déterminés correspondent à des valeurs plutôt trop basses.
- Les conséquences esthétiques pour le paysage ne sont pas prises en compte.
- La période de référence "années cinquante" repose sur des avis d'experts et non sur des préférences établies de la population. Les affirmations quant au prix que les gens seraient prêts à payer et les décisions politiques (révision de la loi sur la protection de nature et du paysage) indiquent cependant que cette période de référence est réaliste.
- Il est très difficile de distinguer les pertes d'habitats dues au trafic de celles qui sont dues à l'agriculture. Il n'est pas exclu qu'une partie des pertes d'habitats dues au trafic soit imputable à l'agriculture.
- La méthode de quantification choisie avantage légèrement les chemins de fer, car les infrastructures ferroviaires existaient déjà pour la plupart dans les années cinquante. Par contre, les pertes d'habitats observées depuis les années cinquante dans le périmètre analysé (+/- 10 m) le long des infrastructures ferroviaires déjà existantes sont imputées à ces infrastructures, même si elles sont dues, dans certains cas, à des améliorations foncières ou à l'agriculture intensive.

En conséquence, on peut admettre que la fourchette des coûts externes du trafic dans le domaine de la nature et du paysage est réaliste et qu'elle résiste à l'examen. Compte tenu des études disponibles sur le prix que les citoyens seraient prêts à payer pour la protection de la nature et du paysage, la période de référence choisie, "années cinquante", devrait également correspondre aux préférences individuelles de la population à l'heure actuelle.