

Effets externes des transports 2010

Monétarisation des effets sur l'environnement, les accidents et la santé

Résumé

18 juin 2014

Rapport à l'attention de l'Office fédéral de l'aménagement du territoire



Impressum

Mode de citation recommandé

Auteur: Ecoplan / Infrac
Titre: Effets externes des transports 2010
Sous-titre: Monétarisation des effets sur l'environnement, les accidents et la santé
Résumé
Mandant: Office fédéral du développement territorial
Lieu: Berne, Zurich et Altdorf
Date: 18 juin 2014
Distribution: www.ecoplan.ch

Groupe de suivi

Christina Hürzeler (ARE, direction)
Franziska Borer Blindenbacher (ARE)
Oberauner Iris Maria (OFEV)
Zbinden Manfred (OFROU)
Roman Rosenfellner (OFROU)
Schreyer Christoph (OFT)
Quandt Alexandra (OFS)
Rindlisbacher Theo (OFAC)

Equipe de projet

Heini Sommer (Ecoplan, direction de projet)
Christoph Lieb (Ecoplan)
Matthias Amacher (Ecoplan)
Markus Maibach (Infrac, suppléant de la direction de projet)
Daniel Sutter (Infrac)
Cuno Bieler (Infrac)
Remo Zandonella (Infrac)
Jürg Heldstab (Infrac)
Martin Rööfli (Swiss TPH)
Danielle Vienneau (Swiss TPH)
Laura Perez (Swiss TPH)
Hans Buser (nateco)
Thomas Künzle (Meteotest)

Le rapport exprime l'avis de l'équipe de projet. Il peut de ce fait présenter des points de vue divergents de ceux du mandant ou du groupe de suivi.

Ecoplan AG

Recherche et conseil

en économie et en politique

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14

CH - 3011 Berne

Tél. +41 31 356 61 61

bern@ecoplan.ch

Schützengasse 1

Boîte postale

CH - 6460 Altdorf

Tél. +41 41 870 90 60

altdorf@ecoplan.ch

Infrac AG

Recherche et conseil

www.infrac.ch

Binzstrasse 23

Boîte postale

CH-8045 Zurich

Tél.: ++41 44 205 95 95

Fax: ++41 44 205 95 99

zuerich@infrac.ch

Condensé

Cette étude présente les effets externes et sociaux (économiques) sur l'environnement, les accidents et la santé des transports en Suisse pour l'année 2010. Les calculs effectués jusqu'à présent pour les transports par la route et le rail ont été soumis à un contrôle méthodique et mis à jour pour l'année 2010 compte tenu de bases de données complètement réactualisées pour les douze domaines suivants: coûts de la santé, dégâts aux bâtiments, pertes agricoles, dégâts aux forêts et pertes de biodiversité dus à la pollution de l'air, bruit, climat, nature et paysage, dégâts aux sols, processus en amont et en aval, accidents et coûts supplémentaires dans les espaces urbains. Pour la première fois en Suisse, les coûts externes des transports par avion et par bateau ont été également déterminés dans chacun de ces domaines. Le transport routier a été complété des données relatives à la mobilité douce (déplacements à pied et à vélo). De plus, les effets positifs sur la santé de l'activité physique liée à la mobilité douce ont été pris en compte.

Au total, les coûts externes des quatre modes de transport se chiffrent à 9'400 millions de francs pour l'année 2010. Le principal responsable des coûts externes est le transport routier privé et motorisé de personnes dont les coûts atteignent 5'500 millions de francs, suivi du transport routier de marchandises qui génère des coûts évalués à 1'000 millions de francs (une partie des recettes de la RPLP a été internalisée), puis des transports publics routiers dont les coûts se montent à 190 millions de francs. Le transport aérien engendre des coûts externes de 920 millions de francs et le transport ferroviaire de 740 millions de francs. Le transport par bateau occasionne des coûts externes de 57 millions de francs. La mobilité douce génère des coûts externes de 900 millions de francs, mais aussi des bénéfices externes en matière de santé évalués à 1'300 millions de francs. En comparant les valeurs absolues présentées, il ne faut toutefois pas oublier de considérer que les prestations de transport des divers modes de transport sont très différentes les unes des autres. Les personnes-kilomètres et les tonnes-kilomètres parcourus par la route sont nettement plus élevés que par les autres modes de transport alors qu'ils sont nettement plus bas pour le transport par bateau.

Résumé

Contexte et but

L'Office fédéral de la statistique (OFS) et l'Office fédéral du développement territorial (ARE) établissent le compte des transports de la Suisse pour l'année 2010. Cette analyse réactualise le compte des transports pour l'année 2005 (OFS 2009) et, pour la première fois, prend en considération non seulement les transports par la route et le rail, mais également le trafic aérien et une partie du transport par bateau.

Le présent rapport est une contribution à l'établissement du compte global des transports. Il porte principalement sur l'évaluation des coûts externes engendrés par les modes de transport en 2010. Pour la première fois, tant les coûts que les bénéfices externes sous forme d'effets positifs sur la santé générés par la mobilité douce (déplacements à pied et à vélo) ont été inclus dans les calculs relatifs au mode de transport « route ».

Méthodologie

Les calculs des coûts externes sont focalisés sur les **effets sur l'environnement, les accidents et la santé**. Ils se basent sur les observations suivantes:

a) Définitions et base de prix

Les calculs prennent en compte les coûts tant sociaux qu'externes:

- Les **coûts sociaux** (ou économiques) des transports désignent les coûts sociaux qui résultent des activités liées aux transports. Ils sont composés de coûts internes et externes.
- Les **coûts internes** sont les coûts des déplacements assumés directement par les usagers des transports (par ex. primes d'assurance responsabilité civile des voitures automobiles).
- Les **coûts externes** désignent la part des coûts sociaux qui n'est pas directement couverte par les usagers des transports. L'exemple-type est le bruit occasionné par les transports qui n'est pas pris en considération dans le prix des billets de transport.

Les résultats des calculs effectués sur la base des prix 2010 sont présentés sous la forme de **coûts des facteurs**, c'est-à-dire que la fiscalité indirecte en a été déduite (par ex. la TVA).

b) Les coûts externes selon différents points de vue

Les effets externes peuvent être considérés de différents points de vue:

- **Approche « mode de transport »**: l'intégralité d'un mode de transport est considérée comme une unité. Selon cette approche, tous les coûts directement couverts par les usagers de ce mode de transport sont considérés comme internes (par ex. les coûts liés à un accident provoqué par une voiture ayant percuté un cycliste). Les coûts externes sont les

coûts qui ne sont pas imputés au mode de transport concerné. Il importe par conséquent de disposer de données permettant de savoir quel mode de transport engendre quels coûts et jusqu'à quel taux ces coûts sont couverts par chaque mode de transport (taux de couverture des coûts). L'approche par « mode de transport » fournit les données de référence pour l'établissement du compte des transports et constitue par conséquent le principal sujet du présent rapport.

- **Approche « catégorie trafic poids lourds »** : Cette approche a été imposée par le Tribunal fédéral pour le calcul du montant des recettes de la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP) pour les catégories de véhicules suivants: autocars, véhicules de livraison et camions. Avec cette approche, tous les coûts qui ne sont pas internalisés dans la catégorie trafic poids lourds sont comptés comme coûts externes. Au contraire de l'approche par « mode de transport », les coûts causés par exemple par un poids lourd à une voiture de tourisme sont, selon cette approche, considérés comme externes.
- **Approche « usager du mode de transport »** : le présent rapport étudie une troisième approche, celle de l'usager du mode de transport (pas d'analyse dans le résumé, cf. chapitre 16.3): selon cette approche, la délimitation entre coûts internes et externes se fait en considérant chaque usager. Tous les coûts qui ne sont pas imputés à celui qui les cause sont considérés comme des coûts externes. Cette approche est centrée sur l'efficacité économique des infrastructures de transport. Les coûts unitaires calculés selon cette approche donnent des informations sur la part des coûts internalisés.

c) Délimitation des modes de transport et champ d'analyse

La **délimitation** des modes de transport est calquée sur les définitions usuelles du compte des transports.

- Le transport routier comprend l'ensemble du trafic (y compris la mobilité douce) sur le réseau routier depuis la catégorie des autoroutes aux routes de troisième classe.
- Le transport ferroviaire englobe tous les moyens de transport utilisant le réseau ferroviaire (sauf les funiculaires et les chemins de fer à crémaillère).
- Dans les transports aériens sont comptabilisés tous les vols de/ et à destination d'aéroports nationaux et régionaux. Ne sont pas inclus dans les calculs les aérodromes, les héliports et les champs d'aviation militaire.
- Le transport par bateau prend en considération les ports rhénans de Bâle ainsi que les emplacements d'amarrage utilisés par les compagnies publiques de transport de personnes et pour le transport de marchandises.

Le calcul des coûts dans les transports **routiers et ferroviaires** obéit au **principe de territorialité**: il comprend les coûts engendrés par les transports en Suisse. Il en va tout autrement pour le **transport par bateau et par avion** pour lequel on applique le **principe du calcul de la moitié du trajet**, c'est-à-dire que seule la moitié de la distance depuis le lieu de départ ou de destination est considérée (les trajets intérieurs sont entièrement couverts tandis que les trajets depuis / à destination de l'étranger sont couverts à partir de/jusqu'à la moitié de la

distance). Ce principe permet de délimiter les calculs pour les transports internationaux (trafic aérien et navigation sur le Rhin).

d) Domaines de coûts et bénéfices pris en considération et modes de calcul

La présente étude porte principalement sur l'évaluation des coûts externes des transports dans 12 domaines sélectionnés. Le tableau ci-dessous présente les axes méthodologiques essentiels utilisés par domaine de coûts.

Figure R-1: Modes de calcul des coûts externes par domaine de coûts

Domaine de coûts	Méthode de calcul
Coûts de la santé dus à la pollution de l'air	Frais de traitement médical, pertes brutes de production, coûts de remplacements, coûts immatériels résultant d'une espérance de vie raccourcie et des maladies provoquées (que les coûts de dommages)
Dégâts aux bâtiments dus à la pollution de l'air	a. Coûts de rénovations supplémentaires (lieux exposés au trafic); b. Coûts résultant de la durée de vie plus courte des façades (lieux non exposés au trafic); c. Coûts supplémentaires de nettoyage (que les coûts de dommages)
Pertes agricoles dues à la pollution de l'air	Diminution des rendements agricoles en raison de la pollution à l'ozone (que les coûts de dommages)
Dégâts aux forêts dus à la pollution de l'air	a. Diminution des rendements sylvicoles en raison de la pollution à l'ozone; b. Diminution des rendements sylvicoles en raison de l'acidification des sols; c. Coûts occasionnés par une augmentation des chutes d'arbres lors de vents violents en raison de l'acidification des sols (que les coûts de dommages)
Pertes de biodiversité dues à la pollution de l'air	Coûts des mesures (virtuelles) de restauration d'écosystèmes riches en espèces (coûts de remplacement)
Bruit	Nuisances (baisse des revenus locatifs) et coûts de la santé (idem que coûts de la santé dus à la pollution de l'air – que les coûts de dommages)
Climat	Coûts des mesures de prévention à prendre pour atteindre les objectifs climatiques internationaux à long terme (coûts de prévention)
Nature et paysage	Coûts des mesures de remplacement: a. Disparition d'habitats naturels: coûts des mesures (virtuelles) de remplacement des surfaces de biotopes et d'écosystèmes perdues (habitats naturels) b. Fragmentation des habitats naturels: coût de la construction (virtuelle) d'ouvrages de liaisons
Dégâts aux sols dus à des substances toxiques	Coût des mesures (virtuelles) d'assainissement des sols contaminés par des substances toxiques (coûts de réparation)
Processus en amont et en aval	Coûts engendrés par la pollution climatique et atmosphérique pour la production, l'entretien et l'élimination de véhicules (moyens de transport), d'agents énergétiques (carburant, électricité) et d'infrastructures
Accidents	Frais de traitement médical, pertes brutes de production, coûts de remplacements, coûts immatériels, frais administratifs, dégâts matériels, coûts d'intervention de la police et frais juridiques (que les coûts de dommages)
Coûts supplémentaires dans les espaces urbains	a. Pertes de temps dues à des effets de barrage pour la mobilité douce (que les coûts des dommages); b. Dégradation des sites et de la qualité de vie: coûts de la requalification de traversées de localités fortement chargées (coûts de réparation)

A une seule exception près, la présente étude n'analyse pas les bénéfices des transports qui sont indiscutablement importants et très souvent internalisés. Pour la première fois en Suisse, les bénéfices internes et externes de la mobilité douce, et uniquement de celle-ci, (allongement de l'espérance de vie et diminution des séjours à l'hôpital grâce à la pratique d'une activité physique – calculés selon une méthode analogue à celle des coûts de la santé dus à la pollution atmosphérique, voir figure R-1) ont été calculés. Conformément au mandat d'étude imparti, les autres domaines de bénéfices de même que la détermination de la part de ces bénéfices qui pourraient être externalisée n'ont pas été étudiés (voir chapitre 2.2).

e) Traitement des montants internalisés

Les montants internalisés qui peuvent être directement attribués à un domaine de coûts (par ex. les taxes d'atterrissage calculées en fonction du bruit, le centime climatique) sont immédiatement déduits des coûts. Conçue pour l'internalisation des coûts externes du trafic poids lourds, la RPLP fait en revanche l'objet d'une comparaison avec les coûts externes du trafic poids lourds lors d'une analyse finale séparée. L'impôt sur les huiles minérales n'est par contre pas traité comme un montant internalisé car il est déjà imputé au compte d'infrastructures.

f) Traitement des incertitudes

Le calcul des coûts externes ne peut pas se faire sans recourir à un certain nombre d'hypothèses et de simplifications. Ces **incertitudes** sont traitées de la manière suivante: lorsque des estimations scientifiquement fondées existent, on s'y réfère en suivant une approche « **best guess** ». Lorsque tel n'est pas le cas, on retient **les hypothèses les plus modérées** (« approche **at least** »), c'est-à-dire que chaque fois que des hypothèses ou des simplifications sont entreprises, celles-ci sont « **aussi réalistes que possible, mais, en cas de doute, prudentes** ». Cela signifie qu'en cas d'incertitude, les hypothèses prudentes retenues vont plus dans le sens d'une sous-estimation des coûts et bénéfices réels que d'une surestimation.

Résultats des calculs des effets externes

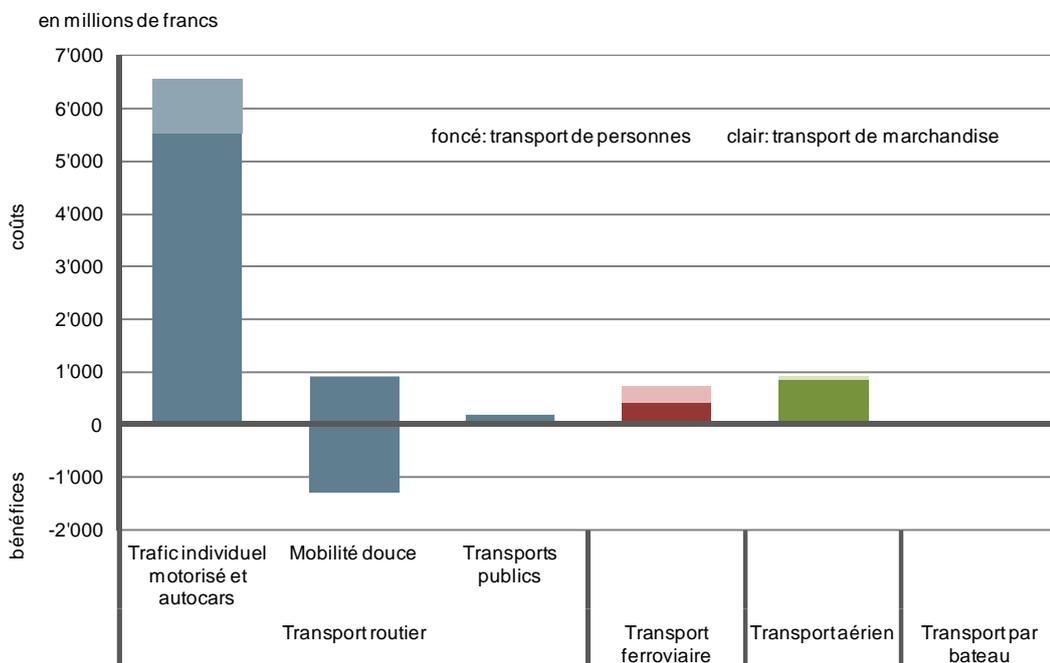
a) Effets externes de l'ensemble des transports

La figure R-2 et la figure R-3 indiquent que selon l'approche « mode de transport », les coûts externes atteignent au total 9'400 millions de francs pour l'année 2010. Le transport routier est le principal responsable de ces coûts (82%, soit 7'700 millions de francs – dont 5'500 millions de francs pour le transport routier motorisé de personnes, 1'000 millions de francs pour le transport de marchandises (une partie des recettes de la RPLP a été internalisée), 900 millions de francs pour la mobilité douce et 190 millions de francs pour les transports publics routiers). Le trafic aérien (10%, soit 920 millions de francs) occupe le deuxième rang. Le transport ferroviaire génère des coûts estimés à 730 millions de francs (soit 8%). Le

transport par bateau occasionne des coûts externes de 57 millions de francs (0.6%). Si l'on considère l'ensemble des transports, 84% des coûts externes sont le fait du transport de personnes et 16% celui du transport de marchandises. La mobilité douce génère des bénéfices externes en matière de santé évalués à 1'300 millions de francs. Il convient de relever que les prestations de transport des divers modes de transport sont très différentes les unes des autres. Les personnes-kilomètres et les tonnes-kilomètres parcourus par la route sont nettement plus élevés que par les autres modes de transport alors qu'ils sont nettement plus bas pour le transport par bateau.

Les tableaux mettent en évidence quatre domaines de coûts déterminants: le climat, les accidents, le bruit et les coûts de la santé dus à la pollution atmosphérique occasionnent des coûts allant de 1'750 à 2'000 millions de francs. Les processus en amont et en aval ainsi que le domaine nature et paysage génèrent chacun des coûts d'environ 900 millions de francs. Les dégâts aux bâtiments représentent quelque 350 millions de francs. Tous les autres domaines de coûts sont évalués à moins de 150 millions de francs. Une partie des recettes de la RPLP, soit 700 millions de francs (montant non ventilé entre les différents domaines de coûts), est déduite de ces coûts. Par ailleurs, la mobilité douce génère des bénéfices externes en matière de santé évalués à 1'300 millions de francs.

Figure R-2: Vue d'ensemble des effets externes en 2010 selon l'approche « mode de transport »
 Pour le transport routier/ferroviaire: principe de territorialité*, pour le transport aérien/bateau: principe de la moitié du trajet**



* Principe de territorialité : trafic à l'intérieur des frontières de la Suisse
 ** Principe de la moitié du trajet: trafic à l'intérieur des frontières de la Suisse ou la moitié de la distance en avion/ en bateau de la Suisse vers une destination étrangère et vice-versa (cf. chapitre 2.3.2)

Figure R-3: Vue d'ensemble des effets externes en 2010 selon l'approche « mode de transport »

Pour le transport routier/ferroviaire: principe de territorialité, pour le transport aérien/bateau: principe de la moitié du trajet

en millions de francs	Transport routier			Transport ferroviaire	Transport aérien	Transport par bateau	Total
	Trafic privé personnes et marchandises	Mobilité douce	Transports publics				
Santé (pollution de l'air)	1'444	-	60	185	37	29	1'756
Bâtiments (pollution de l'air)	297	-	12	38	8	6	362
Pertes agricoles (pollution de l'air)	52	-	4	1	2	1	59
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	45	-	3	1	1	1	51
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	134	-	7	2	3	3	148
Bruit	1'427	-	37	269	66	-	1'799
Climat	1'234	-	26	4	686	8	1'959
Nature et paysage	750	10	10	119	6	5	900
Dégâts aux sols	113	-	5	24	-	-	142
Processus en amont et en aval	704	34	20	48	108	3	917
Accidents	980	856	7	4	2	0	1'850
Espaces urbains	109	-	3	32	-	-	144
Déduction d'une part des recettes RPLP	-720	-	-	-	-	-	-720
Total	6'570	900	194	727	919	57	9'367
Bénéfices de la mobilité douce en matière de santé	-	-1'281	-	-	-	-	-1'281

Dans ce tableau ainsi que dans les tableaux ci-après, des différences d'arrondi peuvent apparaître dans les totaux finaux.

b) Effets externes du transport routier

Dans le transport routier, les voitures de tourisme sont à l'origine de la plus grande partie (63%) des coûts externes (cf. figure R-4). Les motocycles et les voitures de livraison engendrent respectivement 7.3% des coûts totaux tandis que les camions et les semi-remorques y contribuent pour 6.1% (une partie des recettes de la RPLP a été internalisée). Les bénéfices externes de la mobilité piétonne présentent un excédent de plus de 500 millions de francs: les bénéfices externes en matière de santé, estimés à 890 millions de francs, sont nettement plus élevés que les coûts liés aux accidents provoqués par la mobilité douce qui sont estimés à 360 millions de francs (idem pour les autres coûts externes de faible importance). Les coûts externes occasionnés par les trolleybus et les tramways sont très faibles.

Les coûts externes du trafic poids lourds calculés selon l'approche « catégorie de trafic » sont de 8% supérieurs aux résultats obtenus selon l'approche « mode de transport ». Bien qu'une partie des recettes de la RPLP soit internalisée, les coûts externes du trafic poids lourds dans les domaines étudiés s'élèvent à 570 millions de francs pour l'année 2010. Ce montant ne permet toutefois pas de tirer des conclusions quant à la question de savoir si le montant de la RPLP a été correctement apprécié pour couvrir les coûts du trafic poids lourds à la charge de la collectivité. La réponse à cette question nécessite la prise en compte des

coûts d'infrastructure (ou de la couverture suffisante ou insuffisante des coûts du trafic poids lourds dans les résultats des différentes catégories du compte routier) (cf. chapitre 16.1.1).

Figure R-4: Effets externes du trafic routier en 2010 selon l'approche « mode de transport » par domaine de coûts et catégorie de véhicule et en fonction des coûts par pkm ou tkm

Coûts externes en millions de francs	Transport de personnes									Transport de marchandises				Total	
	Transport individuel motorisé de personnes				Mobilité douce			Transports publics de personnes			Livraison	Camion	Semi-remorque		Tracteur/engin
	Voit.	Car	Moto	Cyclo-moteur	Vélo	EAV	Piéton	Bus	Trolley	Tram					
Santé (pollution de l'air)	1'019.2	22.7	8.3	0.6	-	-	-	60.2	n.a.	n.a.	129.3	169.4	94.9	n.a.	1'504.6
Bâtiments (pollution de l'air)	209.8	4.7	1.7	0.1	-	-	-	12.4	n.a.	n.a.	26.6	34.9	19.5	n.a.	309.7
Pertes agricoles (pollution de l'air)	27.0	1.2	0.6	0.0	-	-	-	3.7	-	-	6.1	10.0	6.9	n.a.	55.5
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	25.0	1.0	0.5	0.0	-	-	-	2.9	-	-	4.9	8.0	5.5	n.a.	47.9
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	86.5	2.3	1.1	0.0	-	-	-	6.8	-	-	12.3	18.8	13.0	n.a.	140.8
Bruit	644.1	17.2	249.7	1.7	-	-	-	35.4	0.3	1.1	142.6	233.6	137.8	n.a.	1'463.5
Climat	956.2	9.5	17.9	0.8	-	-	-	26.1	-	-	86.5	94.8	68.6	n.a.	1'260.6
Nature et paysage	601.1	4.0	9.0	0.5	4.2	0.1	5.9	9.3	0.1	0.1	45.9	53.5	36.1	n.a.	769.7
Dégâts aux sols	56.8	2.2	1.2	0.1	-	-	-	4.6	0.5	0.0	10.9	26.2	15.5	n.a.	117.9
Processus en amont et en aval	537.3	4.8	8.7	0.5	12.3	0.5	21.6	11.5	1.9	6.2	49.7	56.4	46.8	n.a.	758.1
Accidents	590.7	1.7	257.7	59.0	449.7	45.9	360.0	3.1	2.6	1.5	34.2	13.9	6.6	16.6	1'843.3
Espaces urbains	90.6	0.3	1.9	0.1	-	-	-	2.2	0.4	0.6	9.3	3.5	2.9	n.a.	111.8
Déduction de la part des recettes RPLP	-	-12.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-375.1	-332.1	-	-719.7
Total	4'844.2	58.9	558.1	63.6	466.2	46.5	387.5	178.2	5.8	9.5	558.3	348.0	122.2	16.6	7'663.8
en % du total	63.2%	0.8%	7.3%	0.8%	6.1%	0.6%	5.1%	2.3%	0.1%	0.1%	7.3%	4.5%	1.6%	0.2%	100.0%
Total selon approche "catégorie de trafic"		64.0										372.2	136.7		572.9
Bénéfices pour la santé de la mobilité douce	-	-	-	-	-388.5	n.a.	-892.2	-	-	-	-	-	-	-	-1'280.7
Coûts en cent/pkm (Pers.) ou cent/tkm (march.)	5.3	2.3	23.8	47.9	3.7	40.9	-10.3	7.0	1.1	1.0	52.6	4.4	1.2	n.a.	

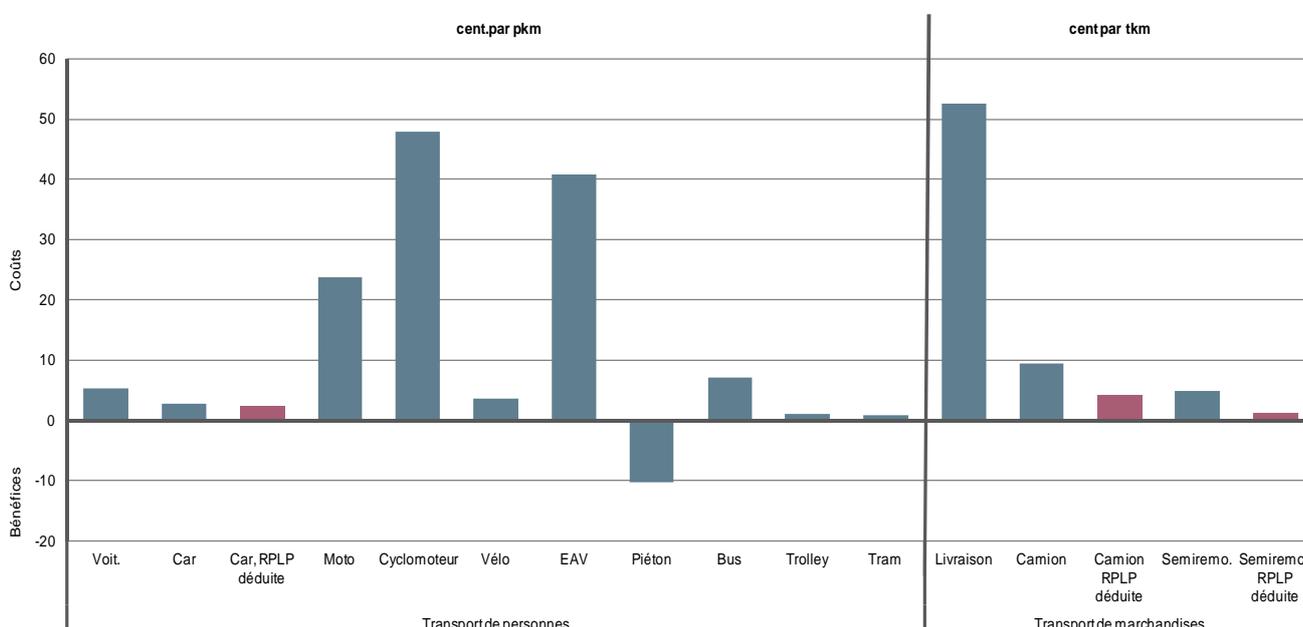
Voit = voitures de tourisme, Car = autocars, Moto = motorcycle, EAV = engins assimilés à des véhicules, Piéton = mobilité piétonne, Livraison = voiture de livraison, Engin = machines et engins de chantiers, n.a. = not available (non disponible)

Pour le transport de personnes, les cyclomoteurs et engins assimilés à des véhicules (EAV) sont à l'origine des coûts externes les plus élevés par personne-kilomètre (48 cent. respectivement 41 cent. / pkm; cf. dernière ligne de la figure R-4 et de la figure R-5) en raison du coût élevé des accidents qu'ils provoquent ; pour les EAV toutefois, ce résultat doit être nuancé du fait que les bénéfices qu'ils génèrent en matière de santé n'ont pas pu être estimés. Les motocycles occasionnent des coûts estimés à 24 cent. / pkm (essentiellement en raison des coûts élevés liés aux accidents et au bruit) et les voitures de tourisme des coûts de 5.3 cent. / pkm. Les transports publics routiers génèrent des coûts moyens de 4.8 cent. / pkm, un résultat qui n'est que légèrement inférieur à celui des voitures de tourisme en raison des coûts relativement élevés liés à la pollution atmosphérique et au bruit. Comme la base de données utilisée ne permet pas de différencier les autobus urbains et régionaux, les résultats relatifs aux autobus urbains dont la fréquentation est plus élevée sont moins bons qu'ils ne pourraient l'être si cette différenciation était effectuée. De plus, les voitures de tourisme engendrent sur les trajets en ville des coûts supérieurs aux trajets sur autoroute – les autobus urbains devraient par conséquent occasionner des coûts externes par pkm bien inférieurs à ceux des voitures de tourisme. Par ailleurs, les autobus remplissent souvent une

fonction de desserte si bien que les trajets en autobus constituent une étape dans une longue chaîne de trajets en transports publics avec des parcours plus longs en train (2.3 cent. / pkm). La mobilité piétonne génère des bénéfices externes de 10 cent. / pkm tandis que les déplacements à vélo occasionnent des coûts liés aux accidents causés par des cyclistes supérieurs aux bénéfices en matière de santé (au total, coûts de 4 cent. / pkm).

S'agissant des tonnes-kilomètres, les voitures de livraison sont responsables des coûts externes les plus élevés (53 cent / tkm) en raison des faibles volumes transportés. Les camions ainsi que les semi-remorques engendrent des coûts estimés à 4.4 cent./ tkm, respectivement 1.2 cent / tkm .

Figure R-5: Effets externes du trafic routier en 2010 selon l'approche « mode de transport » par pkm ou tkm



c) Effets externes du transport ferroviaire

Les coûts externes du transport ferroviaire atteignent un total de 727 millions de francs. Le transport de personnes en est responsable à hauteur de 410 millions de francs (soit 56%) et les coûts externes du transport de marchandises sont estimés à 317 millions de francs. En termes de prestations de transport, les coûts externes du transport de personnes s'élèvent à 2.3 cent. / pkm et ceux du transport de marchandises à 2.8 cent. / tkm.

Pour le transport ferroviaire, les coûts liés au bruit sont les plus conséquents (36% du résultat final). Ils sont suivis des coûts liés à la santé dus à la pollution atmosphérique (25%) et de ceux occasionnés à la nature et au paysage (16%). Les autres domaines de coûts contribuent chacun à hauteur de 6% ou moins du résultat total.

Figure R-6: Effets externes du transport ferroviaire en 2010 selon l'approche « mode de transport » par domaine de coûts

Coûts externes en millions de francs	Transport de personnes	Transport de marchandises	Total
Transport ferroviaire			
Santé (pollution de l'air)	116.0	69.1	185.0
Bâtiments (pollution de l'air)	23.8	14.2	38.0
Pertes agricoles (pollution de l'air)	0.1	0.7	0.8
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	0.1	0.6	0.7
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	0.2	1.3	1.5
Bruit	101.0	168.1	269.1
Climat	0.6	3.2	3.8
Nature et paysage	87.9	31.1	119.0
Dégâts aux sols	21.1	3.1	24.3
Processus en amont et en aval	29.2	18.8	48.0
Accidents	2.0	2.4	4.4
Espaces urbains	28.3	4.2	32.5
Total	410.3	316.7	727.0

d) Effets externes du transport aérien

Les coûts externes du transport aérien sont estimés à 919 millions de francs au total dont 92%, soit 842 millions de francs, sont le fait du transport de personnes et 77 millions de francs du transport de marchandises (cf. figure R-7). Il en résulte 2.7 cent / pkm, respectivement 7.6 cent / tkm. Les coûts climatiques qui représentent 75% du total constituent le poste le plus important des coûts du transport aérien. Le reste est ventilé de la façon suivante: 12% pour les processus en amont et en aval, 7% pour le bruit et 4% pour les coûts de la santé dus à la pollution de l'air. Les autres domaines de coûts représentent chacun moins de 1% du total (et ensemble: 2.4% du total). Selon que l'on se réfère, dans le cadre d'analyses de sensibilité, au taux minimal ou maximal du coût des émissions de CO₂ et des processus en amont et en aval, les coûts externes globaux du transport aérien oscillent entre 580 et 1'515 millions de francs.

Par ailleurs, 95% de ces coûts, soit 875 millions de francs, sont générés par les vols depuis / à destination d'aéroports internationaux et seulement 5%, soit 44 millions de francs, par les vols depuis / à destination d'aéroports régionaux (les aérodromes et les héliports ne sont pas considérés par l'étude). Les avions de lignes et les charters sont responsables de 90% des coûts, répartis à raison de la moitié entre les avions de lignes et les charters européens et intercontinentaux. Les hélicoptères génèrent 0.3% des coûts et le reste de l'aviation générale les 9% restants.

Figure R-7: Effets externes du transport aérien en 2010 selon l'approche « mode de transport » par domaine de coûts

Coûts externes en millions de francs	Transport de personnes	Transport de marchandises	Total
Transport aérien			
Santé (pollution de l'air)	33.8	3.3	37.1
Bâtiments (pollution de l'air)	7.6	0.8	8.4
Pertes agricoles (pollution de l'air)	1.4	0.1	1.6
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	1.2	0.1	1.3
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	2.7	0.3	3.0
Bruit	62.4	3.8	66.2
Climat	627.1	59.0	686.1
Nature et paysage	5.4	0.5	6.0
Dégâts aux sols	-	-	-
Processus en amont et en aval	98.3	9.3	107.6
Accidents	1.7	0.0	1.8
Espaces urbains	-	-	-
Total	841.8	77.3	919.0

e) Effets externes du transport par bateau

Les coûts externes du transport par bateau (calculés selon l'approche « mode de transport ») sont évalués à 57 millions de francs au total (cf. figure R-8). 53%, soit 31 millions de francs, sont le fait du transport de personnes sur les lacs suisses et 47%, soit 27 millions de francs, sont imputables au transport de marchandises. Ils reviennent, en termes de prestations de transport, à 19 cent. / pkm et 1.3 cent. / tkm. Pour le transport marchandises, on observe d'importantes différences entre le transport par bateau sur le Rhin (en aval de Bâle selon le principe du calcul de la moitié de la distance) et sur les lacs suisses: en aval de Bâle, les coûts sont estimés à seulement 0.5 cent. / tkm, mais sur les lacs à 46 cent / tkm (c'est-à-dire 95 fois plus). Cette grande différence s'explique par les tonnages transportés nettement plus petits et par les trajets nettement plus courts sur les lacs ainsi que par les émissions plus importantes de polluants (de plus, les données relatives au transport par bateau nous semblent comparativement moins fiables).

Pour ce qui est du transport par bateau, les émissions de PM10 sont responsables des coûts les plus élevés, soit 51% pour les coûts liés à la santé et 11% pour les dégâts aux bâtiments. Les coûts liés au climat représentent 14% du total et ceux qui touchent la nature et le paysage 9%. Les autres domaines de coûts ne représentent chacun que 6% ou moins des coûts (15% tous ensemble).

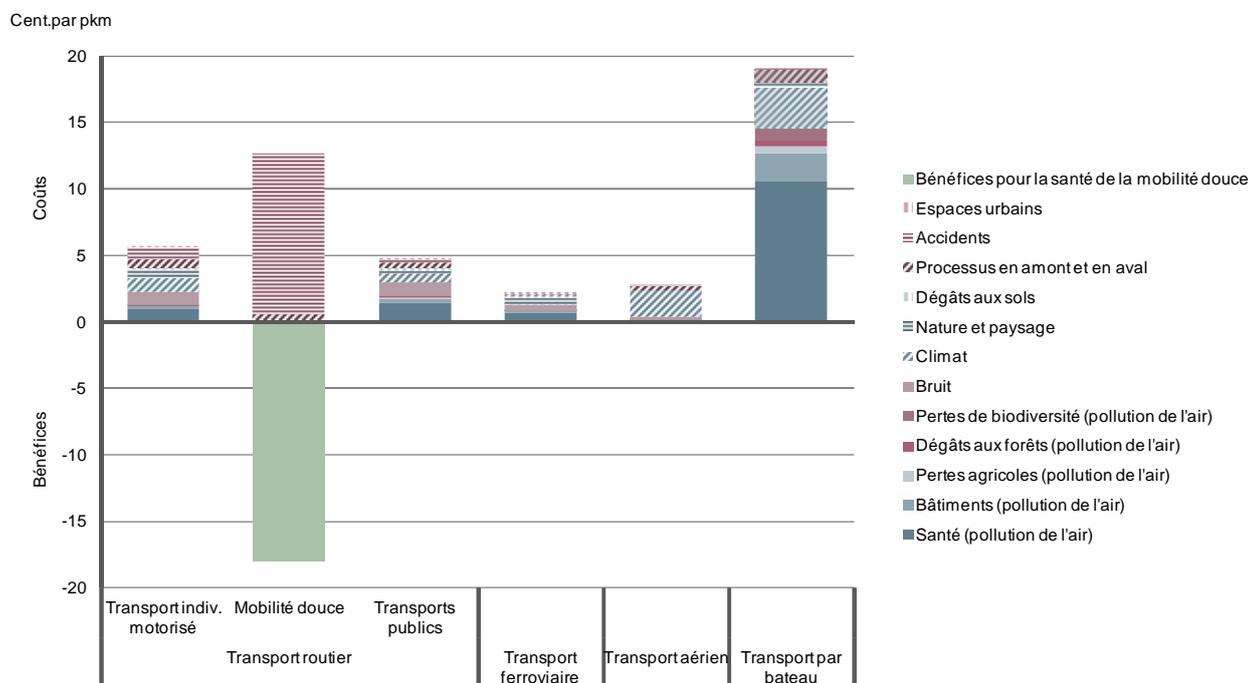
Figure R-8: Effets externes du transport par bateau en 2010 selon l'approche « mode de transport » par domaine de coûts

Coûts externes en millions de francs	Transport de personnes	Transport de marchandises	Total
Transport par bateau			
Santé (pollution de l'air)	17.0	12.5	29.4
Bâtiments (pollution de l'air)	3.5	2.6	6.1
Pertes agricoles (pollution de l'air)	0.8	0.6	1.4
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	0.7	0.5	1.2
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	1.6	1.1	2.7
Bruit	-	-	-
Climat	4.8	3.3	8.1
Nature et paysage	0.8	4.2	5.0
Dégâts aux sols	-	-	-
Processus en amont et en aval	1.5	1.9	3.4
Accidents	0.0	0.1	0.1
Espaces urbains	-	-	-
Total	30.6	26.8	57.5

f) Comparaison des effets externes des quatre modes de transport

Dans le domaine du **transport de personnes**, le trafic individuel motorisé est responsable de coûts externes évalués à 5.7 cent. / pkm, un chiffre légèrement supérieur à celui des transports publics routiers (4.8 cent. / pkm) (cf. figure R-9). Les coûts externes du transport ferroviaire estimés à 2.3 cent. / pkm sont les plus bas. En raison des très grandes distances parcourues et de son taux élevé de remplissage, le transport aérien coûte 2.7 cent. / pkm. Les coûts les plus élevés sont le fait du transport par bateau (19 cent. / pkm) et ce, principalement en raison des émissions très élevées de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre. De même, la mobilité douce engendre des coûts élevés par personne-kilomètre (essentiellement des coûts d'accidents) – mais les compense très largement par des bénéfices externes encore plus élevés en matière de santé qui, au final, se soldent par des bénéfices externes excédentaires évalués à 5.3 cent. / pkm. Il convient toutefois de noter que les différents modes de transport et catégories de véhicules sont difficilement comparables et qu'il n'est pertinent de faire de telles comparaisons qu'en analysant leurs déplacements sur des distances similaires (par ex. comparaison de plusieurs catégories de transport urbains ou comparaison de modes de transport pour de longs trajets).

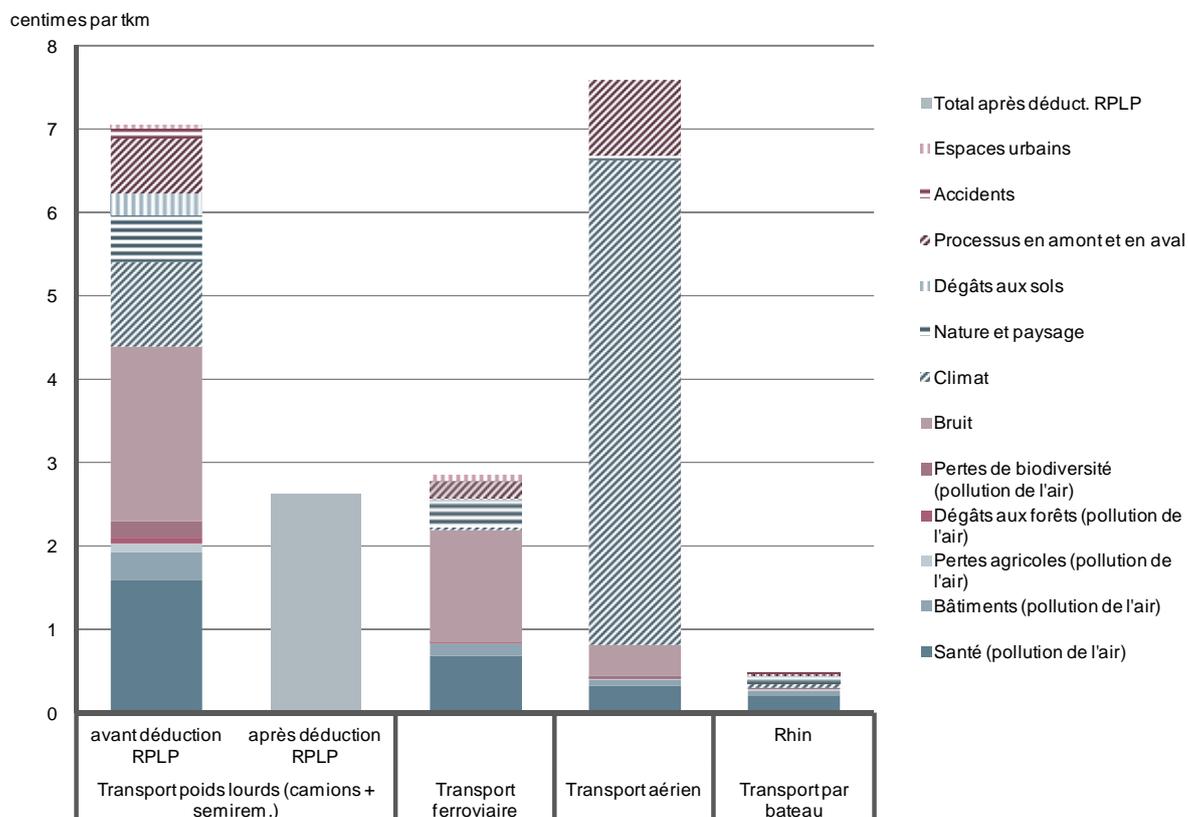
Figure R-9: Comparaison des modes de transport de personnes en 2010: coûts externes par pkm (approche « mode de transport »)
 Transport routier/ferroviaire: principe de territorialité, transport aérien/ par bateau: principe de la moitié du trajet



Dans le **transport de marchandises**, le transport routier engendre des coûts évalués à 7.1 cent. / tkm (moyenne des camions et des semi-remorques, cf. figure R-10) dont 4.4 cent. / tkm sont déjà internalisés par la perception de la RPLP, si bien que les coûts externes du transport routier de marchandises sont de 2.6 cent. / tkm. Les coûts nets sont donc plus bas que ceux du transport ferroviaire (2.8 cent. / tkm). Les calculs effectués pour le transport aérien aboutissent à 7.6 cent. / tkm et pour le transport fluvial sur le Rhin à 0.5 cent. / tkm (le transport de marchandises sur les lacs évalué à 46 cent. / tkm n'est pas présenté à la figure R-10 car seuls 2% des tonnes-kilomètres par bateau concernent la navigation sur les lacs). Lorsqu'on procède à une comparaison des modes de transport, il convient de relever les importantes différences de valeur qualitative à la tonne des marchandises transportées (par ex. biens de consommation de masse pour le transport par bateau et biens de haute qualité pour le transport aérien).

Figure R-10: Comparaison des modes de transport de marchandises en 2010: coûts externes par tkm (approche « mode de transport »)

Pour le transport routier/ferroviaire: principe de territorialité, pour le transport aérien/ par bateau: principe de la moitié du trajet



g) Incertitudes

Les incertitudes dans les calculs des coûts externes et sociaux sont parfois considérables. Elles ont fait l'objet d'analyses de sensibilité au cours desquelles les modifications opérées sur certaines hypothèses clés ont été analysées dans le but de connaître leur impact sur les résultats. La figure R-11 récapitule les résultats obtenus et indique les intervalles de variation des coûts externes par domaine de coûts des quatre modes de transports (approche « mode de transport »). Selon le domaine de coûts, les intervalles de variation vont de -11% / $+11\%$ à -50% / $+80\%$:

- **Santé (pollution de l'air):** l'évaluation des coûts immatériels correspondant aux années de vie perdues au moyen de la valeur statistique VLYL (value of life year lost) est peu fiable car elle présente une marge d'erreur de -50% à $+100\%$. Les coûts externes de la santé présentent ainsi un intervalle de variation allant de -35% à $+71\%$.
- **Bruit:** malgré les efforts conséquents entrepris pour développer des modèles de calcul de l'exposition au bruit qui soient fiables, les incertitudes dans les calculs de l'exposition au bruit présentent un écart de variation allant de -37% à $+44\%$.

- **Climat:** les incertitudes relatives aux coûts climatiques portent principalement sur l'estimation du taux des émissions de CO₂ qui vont de -45% à +80%.
- **Nature et paysage:** dans ce domaine, les incertitudes sont dues à la difficulté d'évaluer le coût de la fragmentation des habitats naturels dont le taux oscille entre -22% et +27%.
- **Accidents:** il est possible de déterminer avec une certaine exactitude les coûts externes des accidents ($\pm 11\%$), mais les variations résultent principalement des incertitudes touchant les montants des prestations de transfert et de la part disponible pour les recours.
- **Bénéfices en matière de santé de la mobilité douce:** les bénéfices pour la santé varient seulement de $\pm 15\%$. Les incertitudes sont liées à la difficulté de quantifier le rapport entre l'activité physique et les bénéfices pour la santé.

Figure R-11: Intervalles de variation observés dans le cadre des analyses de sensibilité

en millions de francs	Résultat de base	Valeur minimale	Valeur maximale	Intervalle de variation
Santé (pollution de l'air)	1'756	1'133	3'002	-35% à +71%
Bâtiments (pollution de l'air)	362	272	453	-25% à +25%
Pertes agricoles (pollution de l'air)	59	43	76	-27% à +29%
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	51	35	66	-32% à +30%
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	148	118	178	-20% à +20%
Bruit	1'799	1'136	2'593	-37% à +44%
Climat	1'959	1'069	3'528	-45% à +80%
Nature et paysage	900	703	1'140	-22% à +27%
Dégâts aux sols	142	71	213	-50% à +50%
Processus en amont et en aval	917	551	1'562	-40% à +70%
Accidents	1'850	1'649	2'056	-11% à +11%
Espaces urbains	144	116	256	-19% à +77%
Bénéfices pour la santé de la mobilité douce	-1'281	-1'092	-1'446	-15% à +13%

Ces incertitudes sont pour la plupart indépendantes les unes des autres si bien que les intervalles de variation se réduisent ou se compensent partiellement lorsqu'on additionne les domaines de coûts. Par ailleurs, il importe de noter que les hypothèses retenues dans plusieurs cas ponctuels sous-estiment les coûts effectifs.

h) Comparaison des effets externes avec les résultats antérieurs

Ce chapitre compare les nouveaux calculs pour l'année 2010 avec les résultats obtenus pour l'année 2005 (cf. Ecoplan, Infrass 2008). Cette comparaison est limitée aux transports routier et ferroviaire car on ne dispose pas de statistiques officielles pour les autres modes de transport pour l'année 2005.

Les coûts externes du **transport routier** calculés pour l'année 2010 sont pratiquement identiques aux résultats obtenus pour l'année 2005 (pour que les résultats du transport routier soient comparables, il a été fait abstraction des calculs relatifs à la mobilité douce introduits pour l'analyse des coûts de l'année 2010). En valeur réelle, c'est-à-dire en valeur corrigée du renchérissement, on observe une diminution. Cette constance des coûts est due aux effets opposés des différents domaines de coûts qui ont tendance à se compenser:

- Diminution de 330 millions de francs des coûts de la pollution de l'air en matière de santé en raison de l'acquisition de nouvelles connaissances sur le rapport de cause à effet entre la pollution atmosphérique et la perte d'années de vie.
- Diminution de 450 millions de francs des coûts externes des accidents essentiellement dû à la forte diminution de la fréquence et la gravité des accidents.
- Augmentation de 360 millions de francs des coûts externes du bruit en raison de l'inflation des prix, de la croissance démographique, de l'augmentation du nombre de logements et de l'abaissement des valeurs-seuils de bruit pour le calcul des coûts de la santé.
- Les pertes de biodiversité dues à la pollution de l'air (140 millions de francs) sont prises en considération pour la première fois.
- Augmentation de 130 millions de francs des processus en amont et en aval en raison de la prise en considération, pour la première fois, des émissions indirectes de polluants atmosphériques (jusqu'à présent, seuls les gaz à effet de serre étaient pris en compte dans les calculs) et en raison de l'augmentation des coûts climatiques.
- Augmentation de plusieurs autres domaines de coûts, principalement en raison de l'inflation des prix.

Figure R-12: Comparaison des calculs obtenus pour les années 2005 et 2010 (coûts externes selon l'approche « mode de transport »)

en millions de francs	Transport routier (sans mobilité douce)			Transport ferroviaire		
	2005	2010	Différence	2005	2010	Différence
Santé (pollution de l'air)	1'834	1'505	-329	120	185	65
Bâtiments (pollution de l'air)	274	310	36	15	38	23
Pertes agricoles (pollution de l'air)	63	55	-8	2	1	-1
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	64	48	-16	2	1	-1
Perte de biodiversité (pollution de l'air)	n.a.	141	141	n.a.	2	2
Bruit	1'101	1'463	363	74	269	195
Climat	1'256	1'261	4	7	4	-3
Nature et paysage	687	760	72	110	119	9
Dégâts aux sols	107	118	11	33	24	-9
Processus en amont et en aval	593	724	131	41	48	7
Accidents	1'435	988	-447	4	4	0
Espaces urbains	78	112	34	20	32	12
Total	7'492	7'483	-9	429	727	298

Dans le secteur du **transport ferroviaire**, les coûts ont augmenté de 69%, soit 298 millions de francs, entre 2005 et 2010. Comme pour le transport routier, une partie de cette augmentation, soit environ 60 millions de francs, est due à l'inflation des prix, à la croissance démographique, etc.. Le reste est principalement lié aux nuisances de bruit: l'évaluation des émissions sonores est désormais principalement basée sur le bruit nocturne (et non plus sur le bruit durant la journée) qui pour le transport ferroviaire n'est que légèrement en-dessous des valeurs des émissions sonores durant la journée. De plus, les valeurs-seuils à partir desquelles les émissions sonores sont prises en considération ont été abaissées. Par ailleurs, l'augmentation des émissions de PM10 qui se répercute sur les coûts de la santé et les dégâts aux bâtiments contribue de manière importante à cette hausse générale.

Effets sociaux: résultats

La figure R-13 présente l'ensemble des coûts et bénéfices sociaux dans les domaines étudiés. Les calculs relatifs aux effets externes ont été complétés d'une analyse des coûts et bénéfices (internes) suivants:

- **Bénéfices pour la santé de la mobilité douce:** l'activité physique pratiquée pour la mobilité douce a pour effet d'augmenter l'espérance de vie et de réduire le nombre de séjours hospitaliers. Aux bénéfices externes évalués à 1'281 millions de francs s'ajoute le prix virtuel des bénéfices immatériels (prévention de souffrances, douleurs et chocs et gain de joie de vivre) estimés à un peu plus de 11'000 millions de francs.
- **Coûts liés aux accidents:** les coûts internes des accidents se chiffrent à 10'300 millions de francs (dont 10'200 millions de francs pour le transport routier) et sont composés de coûts immatériels dans une proportion d'environ trois quarts. Les dégâts matériels à la charge des responsables des accidents ou de leur assurance responsabilité civile constituent également un poste de coûts important.
- **Effets de barrage:** les temps d'attente engendrés par le trafic motorisé dans le secteur de la mobilité douce (158 millions de francs) sont imputés au mode de transport « route ».
- **Montants internalisés:** les calculs des coûts externes ont été effectués après déduction des montants internalisés. Cependant ces montants doivent être pris en compte dans le calcul des coûts sociaux. Il s'agit de la part des recettes de la RPLP (720 millions de francs), des recettes du centime climatique (106 millions de francs, dont 105 millions de francs pour le transport routier) et des taxes d'atterrissage calculées en fonction du bruit et des émissions (34 et 4 millions de francs).

Les coûts sociaux totaux sont estimés à près de 20'700 millions de francs pour l'année 2010. En raison de l'importance de ses prestations de transport et du coût élevé des accidents de la route, le transport routier est responsable de 91% de ces coûts (18'800 millions de francs). Il convient toutefois de considérer le transport routier de manière différenciée: le trafic individuel motorisé engendre des coûts sociaux de 11'700 millions de francs, le transport de marchandises de 2'400 millions de francs et les transports publics routiers de 340 millions de francs. La mobilité douce occasionne d'une part des coûts estimés à 4'400 millions de francs et d'autre part des bénéfices évalués à 12'300 millions de francs : il en résulte donc un excé-

dent de bénéfices sociaux de 8'000 millions de francs. Le transport aérien engendre des coûts sociaux de 985 millions de francs (5%), le transport ferroviaire de 800 millions de francs (4%) et le transport par bateau de seulement 60 millions de francs (0.3%).

Figure R-13: Vue d'ensemble des effets sociaux pour l'année 2010

Transport routier/ferroviaire: principe de territorialité, transport aérien/ par bateau: principe de la moitié du trajet

en millions de francs	Transport motorisé voit +car	Mobilité douce	Transports publics	Transport ferroviaire	Transport aérien	Transport par bateau	Total
Santé (pollution de l'air)	1'444	-	60	185	41	29	1'760
Bâtiments (pollution de l'air)	297	-	12	38	8	6	362
Pertes agricoles (pollution de l'air)	52	-	4	1	2	1	59
Dégâts aux forêts (pollution de l'air)	45	-	3	1	1	1	51
Pertes de biodiversité (pollution de l'air)	134	-	7	2	3	3	148
Bruit	1'427	-	37	269	100	-	1'833
Climat	1'337	-	28	4	686	9	2'064
Nature et paysage	750	10	10	119	6	5	900
Dégâts aux sols	113	-	5	24	-	-	142
Processus en amont et en aval	704	34	20	48	108	3	917
Accidents	7'542	4'315	148	76	30	2	12'113
Espaces urbains	262	-	8	32	-	-	302
Total coûts sociaux	14'107	4'359	341	799	985	60	20'651
Bénéfices pour la santé de la mobilité douce	-	-12'314	-	-	-	-	-12'314
Effets externes selon "mode de transport"							
Totaux coûts externes	6'570	900	194	727	919	57	9'367
Bénéfices pour la santé de la mobilité douce	-	-1'281	-	-	-	-	-1'281
Différence entre effets sociaux et effets externes							
Différence entre coûts sociaux et coûts externes	7'537	3'459	148	72	66	2	11'284
Différence entre bénéfices sociaux et externes de la mobilité douce	-	-11'034	-	-	-	-	-11'034

86% de l'ensemble des coûts sociaux sont occasionnés par le transport de personnes et 14% par le transport de marchandises. La part du transport de personnes est ainsi légèrement supérieure à celle obtenue dans les calculs des coûts externes car dans le transport routier, les coûts liés aux accidents sont essentiellement engendrés par le transport de personnes. De plus, les bénéfices pour la santé de la mobilité douce sont imputables au transport de personnes.

Si l'on considère chacun des domaines de coûts et de bénéfices, les deux principaux domaines observés sont les coûts des accidents et les bénéfices pour la santé de la mobilité douce qui affichent +12, respectivement -12 milliards de francs. Les coûts climatiques, le bruit et les coûts de la santé dus à la pollution atmosphérique engendrent chacun des coûts allant de 1'750 à 2'100 millions de francs. Les processus en amont et en aval ainsi que le domaine nature et paysage entraînent chacun des coûts d'environ 900 millions de francs.