

L'évaluation économique du système des nuisances liées aux transports en milieu urbain

9^e séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports
WCTR, Lisbonne, 12-15 juillet 2010

Frédéric Héran – maître de conférences en économie à l'Université de Lille 1
chercheur au CLERSE (Centre lillois d'études et de recherches sociologiques et
économiques), UMR 8019 du CNRS et composante de la MESHS (Maison européenne
des sciences de l'homme et de la société), 2 rue des Canonniers, 59800 Lille
frederic.heran@univ-lille1.fr

Résumé. Les externalités négatives des transports en milieu urbain sont considérées d'ordinaire comme une collection de nuisances parfaitement distinctes. Chaque nuisance est identifiée, puis isolée, seuls les impacts directs sont vraiment pris en compte et les impacts indirects jugés négligeables. Il en résulte un traitement séparé de chaque nuisance qui provoque des effets pervers et contradictoires. Les externalités négatives forment en fait un système de nuisances interdépendantes qui convergent au niveau des impacts indirects, avec formation d'effets de synergie et de spirales négatives non négligeables. Aussi est-il préférable de prévenir les nuisances plutôt que de devoir les traiter. Et c'est pourquoi la modération du trafic automobile en volume et en vitesse est une solution intéressante. Quant à l'évaluation socio-économique des nuisances, elle ne se résume plus à une somme de coûts particuliers.

Mots clefs. externalités négatives – nuisances – milieu urbain – évaluation socio-économique

Table des matières

1. L'approche sectorielle ou les externalités négatives comme collection de nuisances isolées	2
1.1. Quatre nuisances majeures et quelques autres	3
1.2. Des nuisances jugées indépendantes	4
1.3. Les effets pervers des solutions sectorielles	5
2. L'approche systémique ou les externalités négatives comme ensemble de nuisances interdépendantes	8
2.1. Les liens directs entre nuisances	9
2.2. Les effets de synergie	10
2.3. Les spirales négatives	12
3. Les conséquences d'une approche systémique des nuisances	16
3.1. Système de nuisances et modes de vie	16
3.2. Des efforts accrus de prévention des nuisances	17
3.3. Une remise en cause des évaluations socio-économiques des nuisances	18
Références	21

La question des externalités négatives des transports en milieu urbain est un sujet ancien qui a émergé dès l'essor de l'automobile avec la multiplication des accidents¹. Puis les impacts environnementaux – bruit et « fumées », on ne disait pas encore pollution – ont commencé à être étudiés au cours des années 50². De multiples méthodes d'évaluation monétaire ont ensuite été mises au point (Nicolas, 1998) et diverses solutions techniques mobilisées : mesures de lutte contre les accidents, protections contre le bruit, normes antipollution... Avec le réchauffement climatique, l'attention se focalise désormais sur les gaz à effet de serre et les solutions pour les réduire : voitures électriques ou hybrides, moteurs propres, transports alternatifs à la voiture...

C'est pourtant sur l'ensemble des nuisances que va porter cet article. Peut-on en effet étudier de manière isolée chacune d'entre elles ? Pour le citoyen – qui est aussi parfois un élu – le découpage des externalités négatives par types n'a pas grand sens. Pour lui, vivre à côté d'une voie routière ou ferroviaire à fort trafic est tout simplement pénible, voire insupportable, et il ne cherche pas à faire de subtils distinguos entre les différents désagréments. A la réflexion, ce citoyen n'a pas forcément tort. Il est probable que les nuisances soient plus étroitement liées entre elles que ne le considèrent les spécialistes de chaque nuisance, et que leur résultante ait des impacts bien supérieurs à ce qu'il est convenu de retenir dans les évaluations d'experts. Telle est l'hypothèse qu'on se propose d'explorer.

L'enjeu n'est pas mince. Si cette hypothèse se confirme, alors les évaluations monétaires disponibles sous-estimeraient fortement les nuisances et les solutions sectorielles habituellement mises en œuvre ne seraient que des pis-aller. L'avenir de la mobilité urbaine ne passerait pas seulement par des voitures plus propres et quelques transports publics *high tech*, mais aussi et surtout par une modération de la circulation automobile, seule façon de réduire alors sensiblement les nuisances.

Pour explorer cette voie de recherche, nous allons d'abord revenir sur l'approche habituelle des externalités négatives en montrant qu'elle les considère comme une collection de nuisances isolées, puis envisager au contraire ces externalités comme un système de nuisances interdépendantes, pour en tirer enfin quelques conséquences quant à leur traitement et à leur évaluation socio-économique.

Mais avant d'entamer l'argumentation, une remarque méthodologique s'impose. Pour faire tenir ce vaste sujet dans le format réduit d'un article, de très nombreux aspects ne seront que brièvement évoqués, alors que chacun d'eux mériterait à lui seul de larges développements et une bibliographie beaucoup plus fournie. C'est toute la difficulté d'un travail transversal qui donne forcément une impression de superficialité quand il est limité à quelques pages.

1. L'approche sectorielle ou les externalités négatives comme collection de nuisances isolées

La façon dont les externalités négatives des transports en milieu urbain sont d'ordinaire envisagées apparaît singulièrement restrictive : seules quelques nuisances sont jugées importantes et les impacts indirects rapidement écartés. Si bien que les nuisances sont considérées comme indépendantes, malgré de graves problèmes de cohérence dans leur traitement.

¹ On ne remontera pas ici aux nuisances provoquées par la traction hippomobile : déjections des chevaux, bruit des roues cerclées de fer sur les pavés, accidents divers liés à l'emballement des attelages...

² En Grande Bretagne, la commission présidée par Colin Buchanan et réunie au début des années 60 pour étudier la circulation en ville constate que « l'automobile menace l'environnement de plusieurs façons : danger, peur, bruit, fumée, vibrations, démembrement, préjudice esthétique », (1963, p. 49).

1.1. Quatre nuisances majeures et quelques autres

Dans les rapports officiels comme dans les travaux des chercheurs les plus reconnus, seuls quatre effets négatifs externes sont jugés importants. Ce sont trois impacts environnementaux : la pollution locale, l'effet de serre et le bruit, auxquels s'ajoute l'insécurité routière. Les économistes des transports semblent unanimes sur ce point (Bonnafois, 1992 ; Lamure et Lambert, 1993 ; Jeanrenaud et alii, 1993 ; Orfeuil, 1997 ; Quinet, 1998 ; Bonnafois et alii, 1999 ; Boiteux 2001 ; Lepeltier, 2001 ; CERTU, 2002 ; Ministère des transports, 2004... pour ne citer que des travaux en langue française).

Quelques nuisances brièvement rappelées complètent parfois le tableau : la congestion comme externalité négative infligée par les automobilistes aux usagers des bus (Orfeuil, 1997), les effets de coupure, la consommation d'espace et les effets sur les paysages (Boiteux, 2001, chapitre IV¹ ; Orfeuil, 2006), les vibrations provoquées par les moyens de transport lourds (Merlin, 1994, p. 628), les odeurs ou encore les contraintes architecturales imposées par les garages.

Il existe encore d'autres nuisances mais qui ne sont pas spécifiques au milieu urbain, comme la consommation d'énergie fossile, l'impact de la production des véhicules et de la construction des infrastructures, le traitement des déchets ou la pollution des eaux et des sols..., ou qui concernent surtout la rase campagne comme l'impact sur la biodiversité ou la consommation de terres agricoles. La contribution des transports à l'effet de serre n'est pas non plus principalement liée aux déplacements urbains, mais il est vrai qu'ils y participent de façon non négligeable (de l'ordre de 40 %). De même, les accidents ne concernent pas majoritairement le milieu urbain (environ 40 % des tués et blessés hospitalisés), mais leurs impacts sur la qualité de vie est important.

Les quatre principales nuisances retenues sont aussi les seules externalités négatives qui soient à peu près évaluées par les économistes. De fait, tout se passe comme si ne comptaient que les nuisances monétarisées, malgré toutes les recommandations visant à quantifier ou à qualifier ce qui n'est pas monétarisable pour ne pas l'oublier. Par exemple, l'effet de coupure est trop souvent jugé négligeable parce qu'on ne sait l'appréhender qu'à travers le coût des pertes de temps des piétons pour traverser ou contourner une infrastructure. La consommation d'espace n'est pas prise en compte parce que les évaluations monétaires existantes sont controversées. Le préjudice esthétique est nié parce qu'impossible à évaluer, etc.

De plus, les nuisances monétarisées comptent bien peu dans les évaluations socio-économiques des projets d'infrastructure de transport, car « [les gains de temps] restent en moyenne l'élément prédominant dans les avantages monétarisés même lorsque sont pris en compte les effets environnementaux et, le cas échéant, les effets indirects sur le développement économique » (Gressier, 2005, p. 29). En milieu urbain, ces gains de temps représentent couramment plus de 80 % des avantages à en croire les bilans LOTI des grands projets d'infrastructure aujourd'hui disponibles. C'est dire combien une vitesse toujours accrue (ou le maintien des vitesses en cas de congestion croissante) reste le critère fondamental pour qu'un projet soit retenu. Et même qu'en milieu urbain, ce critère rend presque tout projet rentable, quitte parfois à gonfler un peu les gains de temps.

¹ Ces trois « effets externes négligés » ont fait l'objet d'une recherche sur l'état de l'art commandée par le PREDIT 2 (Héran, 2000), puis ont été évoqués dans le « rapport Boiteux 2 », mais sans avoir été monétarisés.

1.2. Des nuisances jugées indépendantes

Dès le départ, les nuisances des transports ont été considérées comme indépendantes les unes des autres. Chaque nuisance étant particulière, il semble aller de soi qu'elle a des conséquences spécifiques. La pollution provoque des maladies pulmonaires et cardiovasculaires, le bruit engendre du stress, les accidents génèrent des dommages corporels et psychiques, la congestion retarde les usagers, les effets de coupure compliquent les déplacements de proximité, etc. Il suffit de confier l'étude de chaque nuisance à des spécialistes patentés : ici de la pollution, là du bruit, ailleurs des accidents... pour cerner au mieux chaque phénomène et ses impacts, puis évaluer correctement son coût et déterminer enfin les solutions techniques les plus adéquates pour le maîtriser.

Ainsi, chaque nuisance a normalement sa gamme de solutions : des filtres pour les particules, des pots catalytiques pour le monoxyde de carbone, des murs et des doubles vitrages pour réduire le bruit, des voies séparées, des carrefours à feux ou dénivelés pour limiter les accidents, des passerelles ou des passages souterrains pour contourner les coupures, etc. Certes, il arrive que certaines externalités négatives résistent et ne bénéficient pas encore de solution adéquate à coût raisonnable, comme c'est le cas pour les émissions de CO₂ ou l'épuisement des réserves pétrolières. Mais les recherches continuent pour trouver des alternatives. Il est en tout cas rarement question de prévenir la nuisance elle-même en réduisant le trafic automobile ou sa vitesse ou en ne construisant pas une infrastructure. Les solutions sont là pour circonscrire et atténuer les nuisances et préserver la circulation.

De plus, il est bien envisagé que puissent exister certaines interférences entre nuisances, mais en imaginant uniquement des recouvrements – les fameux doubles comptes – et jamais le contraire, à savoir des effets de synergie. Autrement dit : 2 + 2 peut faire 3, mais jamais 5. A juste titre, le rapport Boiteux 2 (2001) met en garde le lecteur une dizaine de fois contre les doubles comptes. Encore plus clair, le CERTU explique : « Ces éléments [du calcul économique] devront être indépendants les uns des autres, de façon à éviter les doubles comptes dans l'établissement du bilan coûts / avantages. » (CERTU, 2002, p. 18) Et on s'aperçoit à l'occasion que l'indépendance de chaque nuisance est recherchée pour pouvoir utiliser le calcul économique¹.

Enfin, il n'est pas non plus question que des solutions visant à réduire une nuisance entraînent des effets pervers. Si de telles situations surviennent, il convient simplement de les minimiser en les traitant tant bien que mal. Dans tous les cas, ces impacts indésirables sont jugés *a priori* secondaires et ne sauraient remettre en cause un projet d'infrastructure.

Cette logique sectorielle très banale imprègne tout autant la démarche des ingénieurs que celle des économistes. Elle s'inscrit dans l'approche fonctionnaliste de la ville qu'a introduit le mouvement des architectes modernes avec à leur tête Le Corbusier. Comme les fonctions urbaines, les nuisances sont segmentées, classées et traitées, et la méthode paraît parfaitement rationnelle. Plus largement, cette logique correspond à la conception cartésienne de la résolution des problèmes. Il suffirait en effet d'appliquer le deuxième précepte de Descartes consistant à « diviser chacune des difficultés (...) en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre » (1637, p. 111). Il serait plus facile de traiter les problèmes en isolant leurs composantes, puis en les résolvant une par une. Cette idée de bon sens est aujourd'hui très répandue. Elle relèverait de la simple rationalité technique.

¹ Toute modélisation simplifiée par définition la réalité, mais la simplification peut se révéler abusive.

1.3. Les effets pervers des solutions sectorielles

L'approche segmentée des nuisances est pourtant source d'incohérences. Car, en l'absence de coordination, il n'y a aucune raison pour que des solutions sectorielles soient compatibles entre elles. Et de fait, il est fréquent qu'apparaissent diverses conséquences à la fois inattendues et opposées aux effets souhaités qu'il est d'usage d'appeler des effets pervers¹. Nous proposons de les classer en cinq catégories, selon 1/ que le problème n'est pas assez réduit ou 2/ qu'il est même aggravé, 3/ et 4/ qu'il est simplement retardé ou déplacé, ou encore 5/ qu'il est supprimé mais en générant au passage d'autres nuisances.

1/ Les traitements qui ne règlent que trop partiellement le problème. Tel est le cas des doubles vitrages qui n'atténuent le bruit qu'à l'intérieur des habitations, ou des filtres à particules qui sont incapables de retenir les particules ultrafines, ou encore des plots qui empêchent le stationnement illicite des voitures sur le trottoir mais pas des deux-roues motorisés. Autre exemple : « Le rétablissement des principales liaisons transversales aux infrastructures nouvelles » préconisé par le Schéma directeur de la Région Ile-de-France (DREIF, 1994, p. 123) masque en réalité la suppression des franchissements secondaires. Certes, il est fréquent qu'une solution soit plus ou moins partielle, dans la mesure où l'optimisation du coût social d'une nuisance suppose presque toujours un compromis, mais il n'est pas rare que le résultat soit assez éloigné du compromis souhaité.

2/ Les traitements qui aggravent le problème. Des cas aussi paradoxaux existent bel et bien. Si une passerelle remplace un passage piétons dangereux, mais qu'elle se révèle inutilisable par certaines personnes à mobilité réduite à cause des marches à escalader ou d'ascenseurs trop souvent en panne, ces usagers n'ont alors plus aucun moyen de traverser. De nombreux passages dénivelés, destinés à sécuriser les traversées, sont en fait si mal commodes qu'ils incitent les piétons à passer à niveau à leurs risques et périls. En milieu urbain, les pistes cyclables sécurisent les cyclistes en section courante mais augmentent les risques lors de leur réinsertion en carrefour, à tel point qu'elles sont désormais déconseillées sur les artères limitées à 50 km/h (Wolf, 1992).

3/ Les traitements qui ne règlent que temporairement le problème. Ils peuvent être illustrés en accidentologie par le phénomène d'homéostasie du risque (Wilde, 1982). Les solutions techniques qui améliorent la sécurité mettent en confiance l'automobiliste qui tend à prendre plus de risques, annulant les avantages espérés du dispositif. Ainsi, les progrès du freinage ont incité les conducteurs à réduire les distances de sécurité et à rouler plus vite. En 30 ans, les distances intervéhiculaires se sont réduites d'environ 20 % (Cohen, 2006). Un autre exemple concerne l'idée de mobilité induite par les infrastructures : la solution consistant à augmenter la capacité de la voirie pour réduire la congestion tend en fait à attirer de nouveaux véhicules qui finissent par saturer à nouveau la voirie, réduisant voire annulant les premiers bénéfices (CEMT, 1998 ; Noland, 2002). Et on pourrait encore citer les pots catalytiques ou les enrobés drainants dont l'efficacité décroît progressivement.

4/ Les traitements qui déplacent le problème. C'est le cas du mur antibruit qui réverbère les sons dans une autre direction, ou de la voiture électrique qui renvoie les problèmes de pollution en amont dans le secteur énergétique, ou encore des déviations d'agglomération qui reportent les coupures en périphérie (Héran, 2010, chapitre 13). La création d'îlots refuges sécurisent les piétons mais sont souvent l'occasion de les contraindre à traverser en deux temps ce

¹ « Un effet pervers est un effet indirect indésirable, généralement opposé à l'objectif initial, et qui avait échappé à la prévision. » (CERTU et SETRA, 1998, p. 43) Comme le dit, avec un humour très britannique, Phil Goodwin qui a travaillé sur les effets pervers des politiques de transport : « On espère que les principaux effets se réaliseront à peu près et que les effets omis ne seront pas importants. Ce n'est pas toujours vrai. » (2003, p. 603 ; voir aussi Goodwin, 1998)

qui n'est pas sans danger. L'amélioration de la sécurité passive des véhicules protège les automobilistes, mais alourdit les véhicules dont l'énergie cinétique accrue est un facteur aggravant des accidents. En créant des effets de coupure, les infrastructures rapides améliorent l'accessibilité éloignée (ou à distance) au détriment de l'accessibilité rapprochée (ou de proximité) (*ibid.*, chapitre 7).

5/ Les traitements qui aggravent d'autres nuisances. Ils sont assez fréquents. Les murs anti-bruit et les immeubles boucliers limitent les nuisances sonores mais renforcent la coupure visuelle et physique. Les ralentisseurs de type dos d'âne sécurisent les rues de desserte mais leur franchissement est bruyant. Les infrastructures en viaduc libèrent de l'espace au sol mais dégradent le paysage. La suppression des passages piétons en section courante ou les barrières qui canalisent les déplacements des piétons aux carrefours réduisent les conflits mais augmentent les détours. La création d'un réseau piétonnier distinct du réseau automobile se révèle en fait impraticable, à cause de son caractère illisible et peu rassurant. L'augmentation de la capacité de certaines voiries diminue la congestion, mais complique leur traversée. Les passages automobiles souterrains sous les carrefours facilitent la circulation, mais les trémies d'accès sont infranchissables pour les piétons¹...

Le tableau 1 fournit un aperçu des principaux effets pervers des solutions sectorielles. Il montre aussi que certaines de ces solutions peuvent réduire simultanément deux ou trois nuisances et en aggraver d'autres. La construction d'infrastructures souterraines permet de limiter tout à la fois le bruit, la consommation d'espace et l'impact sur le paysage urbain, mais leurs accès créent des obstacles et elles favorisent souvent le trafic. La voiture électrique est également très prisée pour sa capacité à réduire à la fois le bruit et la pollution locale, mais sans réduire les autres nuisances et en augmentant, à cause de son silence, le risque d'accident pour les piétons, les cyclistes et surtout les non-voyants².

¹ Ce dernier exemple a été finement analysé par l'architecte-urbaniste Antoine Brès qui explique : « Les effets de coupure générés par les voies en tranchée contraignent les traversées des piétons, empêchent le stationnement le long des voies latérales à ces ouvrages et découragent pour finir l'implantation des commerces alors même que l'objectif qui a présidé à leur réalisation était de libérer l'espace urbain de l'encombrement et de l'insécurité générés par le trafic automobile. Ces dispositifs dévitalisent en fait l'espace urbain par spécialisation et partition ; ils rendent impossible la mise en place d'une dynamique de riverainisation en supprimant toute interface entre circulation et fonctions urbaines. » (Brès, 2005, p. 32)

² Ce problème n'est pas encore visible dans les statistiques d'accidents, mais les constructeurs proposent déjà d'ajouter des avertisseurs spéciaux à leurs véhicules.

Tableau 1. Quelques effets pervers liés aux principales solutions sectorielles

Nuisance	Effet pervers sur							
	Solution	Bruit	Pollution	Accidents	Congestion	Coupsures	Conso. d'espace	Pay-sage
Bruit	Doubles vitrages					X ¹		
	Murs antibruit					X	/	X
	Enrobés drainants	—						
	Véhicules électriques		+	/				
Pollution	Pots catalytiques		—					
	Véhicules électriques	+	/					
Accidents	Ralentisseur dos d'âne	X	/			/		
	Meilleurs freinage et accélération	/	/	—		/		
	Sécurité passive du véhicule		X ²	/ ²				
	Itinéraires parallèles sécurisés			/		X ³		
Congestion	Feux coordonnés		—	X ⁴	—	/		
	Carrefours dénivelés				—	X ⁵	X	X
	Nouvelles infrastructures	X	X	X	—	X	X	X
Effets de coupure	Passages piétons dénivelés			/		/	/	
	Surélévation de l'infrastructure	/				/ ⁵	/	X
	Mise en souterrain de l'infra.	+				/ ⁵		
Consommation d'espace	Plots, barrières anti stationnement			/		X	/	/
	Parkings ou voiries en élévation					/ ⁵		X
	Parkings ou voiries en souterrain					/ ⁵		+
Effets sur le paysage	Insertion paysagère des infrastructures						X	

Effets pervers : X impact fort, / impact faible ou partiel, — impact nul à long terme. Effets bénéfiques : +.

¹ Car les relations de voisinage restent difficiles.

² Via l'alourdissement des véhicules.

³ A cause des détours imposés.

⁴ Car la vitesse des véhicules est accrue.

⁵ A cause des coupures liées aux trémies d'accès.

Cependant, tous ces effets pervers n'ont guère d'importance si le bilan de l'ensemble des effets est largement positif. Mais encore faut-il qu'un tel bilan soit réalisé, ce qui est rarement le cas : un effet pervers étant par définition inattendu, sa découverte bouscule les acteurs qui ont du mal à s'adapter. Ainsi, l'idée qu'existe un trafic induit par les infrastructures est désormais reconnue, mais pas toujours prise en compte. Chacun sait aujourd'hui que des modèles intégrant urbanisme et déplacements sont nécessaires, même s'ils sont encore loin d'être suffisamment opérationnels. Plus largement, avec le temps et les retours d'expérience, les évaluations socio-économiques des infrastructures de transport progressent. Le projet de rocade nord de Grenoble a reçu récemment un avis négatif unanime de la Commission d'enquête, au nom d'une analyse globale des impacts qui révèle un trafic induit et ses nuisances associées, des reports de trafic dans des zones sensibles, des atteintes au paysage et aux projets d'urbanisation (Pouyet, 2010). Ce cas reste cependant exceptionnel.

En revanche, en ce qui concerne les effets de coupure, personne n'imagine encore que le bilan de l'accessibilité puisse être négatif, puisque les dizaines de milliers d'automobilistes qui passent chaque jour sur une voie rapide sont beaucoup plus nombreux que les quelques centaines de piétons et cyclistes gênés par la traversée de cette voie. C'est pourtant là une erreur méthodologique manifeste : on ne peut comparer un flux motorisé concentré car circulant au plus rapide, à un flux non motorisé par nature plus dispersé car se déplaçant au contraire au plus court. De plus, à cause des difficultés de traversée, une partie des usagers non motorisés a renoncé à se déplacer ou s'est rabattue vers les modes motorisés. (Héran, 2010, chapitre 7)

Il faut se rendre à l'évidence : l'approche traditionnelle des nuisances est aujourd'hui très insuffisante. A trop vouloir circonscrire les effets externes, pour éviter notamment les doubles comptes, les solutions sectorielles en viennent à oublier des aspects essentiels et de nombreuses contradictions apparaissent, sans que le bilan des solutions proposées soit forcément positif, bien au contraire. Il devient nécessaire d'explorer systématiquement les relations entre les diverses nuisances.

Le cas instructif de la pollution

L'étude des polluants liés ou non au transport a considérablement progressé ces dernières années et plusieurs leçons peuvent en être tirées.

D'abord, il n'est plus question de s'arrêter aux seuls polluants primaires, car on sait que certains d'entre eux peuvent se combiner et produire des polluants secondaires redoutables tels que l'ozone troposphérique, qui provoque des irritations des yeux, de la gorge et des bronches. L'ozone (O_3) résulte de l'action du soleil sur les oxydes d'azote (NO_x) favorisée par la présence de composés organiques volatiles (COV). Il est en partie détruit au-dessus des villes par d'autres polluants et ne se concentre qu'à leur périphérie. C'est ainsi qu'en Ile-de-France, les plus fortes concentrations se rencontrent en forêt de Rambouillet, un lieu que beaucoup croient pourtant préservé. Ce bref exemple permet d'entrevoir la complexité du sujet. Le mélange des polluants est source de nombreuses réactions chimiques variant sans cesse selon les concentrations et les conditions atmosphériques et d'ensoleillement. On est encore loin d'en avoir compris toutes les subtilités et toutes les conséquences. Il apparaît en tout cas, qu'un impact indirect n'est pas forcément négligeable.

Ensuite, les polluants peuvent avoir des impacts à long terme considérables, par accumulation progressive dans les milieux de substances chimiques persistantes comme les métaux lourds, par concentration progressive de ces polluants dans l'air (cf. le CO_2), dans les eaux des lacs ou de la mer ou dans les sols via les eaux de ruissellement, ou bien encore dans les organismes vivants via la chaîne alimentaire. De tels phénomènes de concentration n'ont aucune raison de concerner uniquement les polluants.

Enfin, la pollution peut se combiner avec d'autres impacts et produire des effets de synergie, comme l'illustre l'exemple suivant (CERTU et SETRA, 1998, p. 42) : « la pollution chronique d'un cours d'eau, le recalibrage localisé de ses berges, la construction d'un seuil, la réalisation de terrassement dans son bassin versant sont des actions qui, prises indépendamment, ont des effets limités mais qui globalement peuvent altérer profondément la qualité biologique de la rivière. » Là encore, ces effets de synergie, bien connus des écologues, sont encore peu explorés dans le monde des transports.

2. L'approche systémique ou les externalités négatives comme ensemble de nuisances interdépendantes

Dans les années 60-70, les systémistes ont abondamment démontré que le précepte réductionniste de Descartes est en fait erroné. Si la décomposition d'un problème en ses parties peut être une phase analytique préalable à son traitement, il est en revanche absurde de résoudre ensuite séparément chacune des parties au risque de graves contradictions. Car les composantes du problème sont nécessairement liées entre elles et forment un système ouvert en perpétuelle évolution (voir par exemple la critique de ce réductionnisme par Jean-Louis Le

Moigne, 1977, pp. 13-16). C'est pourquoi, seule une solution globale ou intégrée, qui tienne compte de cette double dimension systémique et dynamique, a quelques chances de réussir.

Concrètement, trois types au moins de relations entre les diverses nuisances peuvent être distingués : des liens directs, des effets de synergie et des spirales négatives.

2.1. Les liens directs entre nuisances

Tout d'abord, chaque nuisance est prise dans un processus cumulatif.

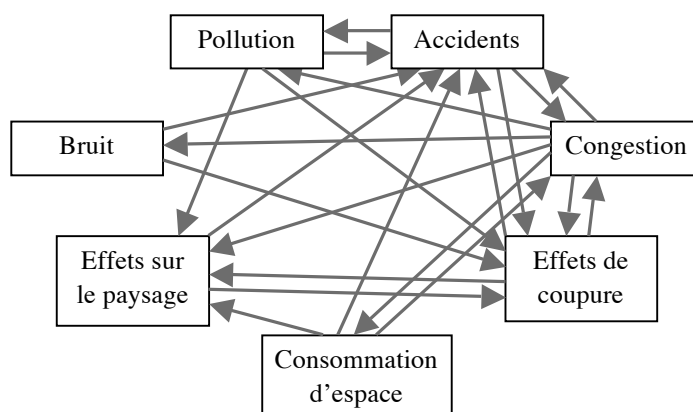
- Pour surmonter le bruit routier, chacun est obligé d'élever la voix, ce qui augmente le niveau sonore.
- Les polluants se combinent pour produire des polluants secondaires qui peuvent se révéler nocifs, comme c'est le cas de l'ozone (voir l'encadré ci-dessus).
- Les accidents sont parfois l'occasion de suraccidents, comme dans le cas des carambolages, mais aussi il est vrai d'une prudence accrue.
- La congestion s'étend facilement dans un réseau proche de la saturation.
- Les coupures tendent à s'épaissir, car les abords délaissés se dégradent et d'autres coupures s'y installent (Héran, 2010, chapitre 6).
- Un espace accru pour circuler rapidement (des voies séparées) réclame un espace accru pour se croiser (des échangeurs) et des espaces hors voirie pour stationner (des parkings).
- Les paysages dégradés favorisent un laisser-aller général, comme le montrent les entrées de ville (Gallety, 1991).

De plus, les nuisances entretiennent de nombreux liens directs entre elles, qu'il est instructif de recenser.

- En perturbant l'attention, en augmentant le stress, le bruit participe à l'insécurité routière, et en remplissant l'espace, il contribue à accroître l'effet de coupure, dissuadant les déplacements à pied ou à vélo.
- La pollution par les poussières salit les bâtiments et dégrade le paysage urbain. Et une simple flaque d'huile ou un nuage de fumée peuvent provoquer un accident.
- L'insécurité routière elle-même est un puissant facteur d'effet de coupure en générant ce que les Anglo-Saxons appellent une barrière de trafic (Hine & Russell, 1993). Un accident peut aussi provoquer une pollution et engendre souvent de la congestion.
- Au-delà des pertes de temps, la congestion entraîne d'ailleurs bien d'autres nuisances : bruit, pollution, effet de coupure, consommation de l'espace accordé aux autres modes (couloirs bus, bandes cyclables, trottoirs) et dégradation du paysage.
- La ségrégation des trafics qui est en partie à l'origine des effets de coupure a aussi généré une débauche de séparateurs et de signalisation qui sature désormais l'espace visuel urbain. Et les détours qu'engendrent les coupures sont sources de congestion.
- Dans les années 50-70, la réduction de la largeur des trottoirs, la suppression d'aménagements cyclables et l'envahissement des espaces publics par le stationnement ont accru l'insécurité des modes actifs. La consommation d'espace par les véhicules individuels motorisés contribue également à accroître la congestion et à dégrader le paysage.
- Enfin, en saturant l'espace de signes, l'affichage au bord des routes (qui fait partie de l'impact des transports sur les paysages) est un facteur d'insécurité routière, à tel point qu'il est interdit en Suède le long des routes pour ne pas distraire les conducteurs. Et par ailleurs, un environnement dégradé est une forme de coupure en constituant un frein à la pratique de la marche.

Au total, sur l'ensemble des impacts directs possibles entre nuisances, une majorité de relations existe effectivement (22 / 42 dans le cas de la figure 1). C'est déjà une première preuve que les nuisances font système. Et ce n'est pas la seule.

Figure 1. Les liens directs entre les principales nuisances



Lecture : le bruit peut contribuer à provoquer des accidents.

2.2. Les effets de synergie

Il y a effet de synergie entre plusieurs nuisances quand leur impact est supérieur à la somme des impacts de chaque nuisance : $(A + B) > (A) + (B)$. Ce qui signifie que l'impact d'une nuisance n'est pas proportionnel à son importance, son évolution n'est pas linéaire. A cause d'interférences avec d'autres nuisances, l'impact qui en résulte peut être bien supérieur – des accélérations, des effets de seuil et des irréversibilités peuvent se manifester – ou éventuellement inférieur, comme l'a montré depuis longtemps l'approche système¹.

Pour mettre en évidence de tels phénomènes, il faut s'aventurer plus avant dans l'analyse des impacts, en s'interrogeant sur les conséquences de l'accumulation des nuisances d'abord sur les modes de transport utilisés et le type de déplacements effectués, puis finalement sur l'homme et son environnement. Il apparaît alors que toutes les nuisances convergent vers quatre impacts indirects majeurs : 1/ la désaffection pour les modes actifs, 2/ la diminution des relations de voisinage, 3/ la dégradation de la santé humaine et 4/ la dégradation du cadre de vie. Bien sûr, aucun de ces quatre impacts indirects n'est attribuable aux seules nuisances des transports, comme c'est d'ailleurs le cas pour n'importe quelle nuisance, mais elles y contribuent pour beaucoup. Le tableau 2 résume la manière dont l'ensemble des nuisances – six d'entre elles ont été ici retenues pour simplifier la lecture – génèrent ces impacts indirects.

¹ « Le tout est plus que la somme des parties » affirmait déjà Aristote dans sa *Métaphysique*, vers 350 av. J.-C.

Tableau 2. Les quatre impacts indirects majeurs communs à l'ensemble des nuisances

Impact indirect	Désaffection pour les modes actifs	Diminution des relations de voisinage	Dégradation de la santé humaine	Dégradation du cadre de vie
Pollution atmosphérique	Gêne dans l'effort	Echanges peu agréables dans un environnement pollué	Maladies pulmonaires, cancers...	Bâtiments salis Fumées, odeurs
Bruit	Déplacements peu agréables dans un environnement bruyant	Echanges peu agréables dans un environnement bruyant	Effets de nature physiologique ou psychologique	Lieux calmes peu nombreux
Insécurité routière	Crainte de traverser les voies à pied ou d'emprunter les artères à vélo	Echanges limités par peur d'affronter le trafic	Traumatismes physiques et psychiques Décès et deuil	Risque d'accident préoccupant
Consommation d'espace	Espaces réduits pour les piétons souvent inexistants pour les cyclistes	Eloignement des espaces vécus	Stress lié aux espaces restreints	Peu d'espaces non soumis au trafic
Effet de coupure	Délais, détours et dénivelés dissuasifs	Relations réduites entre rives et à proximité	Obésité liée au manque d'exercice physique	Espaces éclatés, discontinus
Effet sur les paysages	Piétons et cyclistes peu visibles dans un paysage dominé par la voiture	Echanges peu agréables dans un paysage dégradé	Déprime dans des paysages agressifs et chaotiques	Espace urbain dominé par la circulation automobile

La désaffection pour les modes actifs est largement attribuable aux nuisances des transports (Héran, 1998). L'insécurité routière rend d'abord leur usage dangereux, notamment pour les personnes à mobilité réduite et les cyclistes plus exposés. Ensuite, à cause des effets de coupure générés par les infrastructures de transport rapide, il est plus facile de traverser la ville en voiture que les principales rues à pied. De plus, la consommation d'espace par les véhicules individuels motorisés tend à réduire l'espace accordé aux modes actifs. Enfin, le bruit, la pollution générés par le trafic, les paysages dégradés par les véhicules et les infrastructures rendent bien peu agréables les déplacements des modes actifs et notamment des piétons qui y sont très sensibles. Pour l'habitant qui souhaite se déplacer à pied ou à vélo, cette accumulation de difficultés, particulièrement présentes en périphérie urbaine, est fortement dissuasive¹. Il en découle un nécessaire accompagnement des personnes vulnérables et plus largement un report vers les modes motorisés et en particulier vers l'automobile.

La diminution des relations de voisinage contribue à détériorer le lien social, accroît le sentiment d'exclusion surtout chez les bas revenus et rend plus difficile l'accès aux services de proximité. S'il est difficile de croire que seuls quelques détours provoquent de tels effets, il devient parfaitement possible que des atteintes globales à l'environnement et aux personnes y parviennent. Donald Appleyard, urbaniste à l'Université de Berkeley, constate que les rues les plus circulées se vident de leurs familles qui préfèrent partir en périphérie fuyant à la fois le

¹ Les dernières enquêtes ménages déplacements (à Lille, Lyon, Rennes, Reims, Rouen et même Strasbourg) montrent toutes une hausse de la pratique du vélo dans le centre-ville où le trafic a été partout calmé et une baisse en périphérie en l'absence de mesures similaires.

bruit, la pollution, l'insécurité routière, l'omniprésence des véhicules... (Appleyard, Gerson & Lintell, 1981). Et ce phénomène accroît la ségrégation sociale.

Concernant la dégradation de la santé humaine, tout ou presque y concourt : l'insécurité routière bien sûr, mais aussi la pollution à travers les maladies pulmonaires et les cancers, le bruit source d'anxiété et de perturbation du sommeil, ou la dégradation des paysages assez déprimante. Même la consommation excessive d'espace par les véhicules y contribue en restreignant l'espace vital des piétons et des cyclistes, source de stress. Les effets de coupure sont peut-être les plus nocifs : en réduisant les déplacements des modes actifs, ils incitent les citoyens à utiliser les modes motorisés, limitant l'exercice physique et favorisant l'obésité¹. Et l'ensemble de ces impacts n'est pas sans conséquence sur la productivité du travail, comme le découvrent les entreprises qui se lancent dans les PDE (plans de déplacement d'entreprise). Certes, les transports ont aussi des impacts positifs sur la santé : ils facilitent l'accès aux soins, à une nourriture plus saine, à un habitat moins insalubre. Mais la question se pose aujourd'hui du bilan de santé publique des transports. Il est très probable qu'il soit devenu négatif, en particulier à cause de la montée rapide de l'obésité. (British Medical Association. 1997 ; WHO, 2000)

Enfin, la dégradation du cadre de vie est elle aussi la conséquence des multiples nuisances du transport : bruit, pollution, accidents, espaces réduits, déplacements contraints, paysages défigurés. Dans les années 60-70, ce phénomène a favorisé l'exode des familles en périphérie. L'aspiration des ménages à une qualité de vie meilleure dans un environnement plus calme, plus verdoyant, moins pollué et moins dangereux n'est que le revers de la dégradation du cadre de vie dans les centres urbains. La réhabilitation des centres-villes a d'ailleurs permis un certain retour des habitants. Certes, là encore, les transports motorisés facilitent aussi l'accès aux aménités, mais à un prix élevé : dépendance automobile pour beaucoup (le tiers des Français seulement serait aujourd'hui en position de choix modal) et nuisances accrues surtout en proche périphérie (Dupuy, 1999).

Ces quatre impacts indirects majeurs qui viennent d'être brièvement décrits sont eux-mêmes pris dans diverses spirales négatives qui les renforcent.

2.3. Les spirales négatives

Il existe une spirale négative (ou « effet boule de neige » ou « cercle vicieux »²) quand une nuisance engendre un impact qui en retour accroît la nuisance : $A_t \Rightarrow B_t \Rightarrow A_{t+1}$ avec $A_{t+1} > A_t$. En tournant, cette spirale provoque une accumulation de la nuisance qui peut à terme bloquer toute évolution. On entre alors dans une relation circulaire où la cause est aussi la conséquence de l'effet : $A_t \Rightarrow B_t \Rightarrow A_t$. En outre, ces spirales peuvent être multiples et enchevêtrées³. N'étant pas souhaitée, la spirale négative est un type particulier d'effet pervers.

L'exemple le plus simple est sans doute le phénomène dit de la maman-taxi (mais les pères et les proches sont aussi concernés). Pour éviter à leurs enfants d'affronter seuls à pied ou à vélo les risques de la circulation, les parents décident de les accompagner à leurs activités en

¹ Aujourd'hui, 14 % des adultes français sont obèses, en croissance de 5 % par an depuis 12 ans que l'on mesure le phénomène (source : enquêtes ObEpi). Plus de la moitié des Français ne fait pas assez d'exercice physique (source : INPES). Il suffirait pourtant d'au moins 30 min d'exercice physique par jour, même d'intensité modérée (source : OMS).

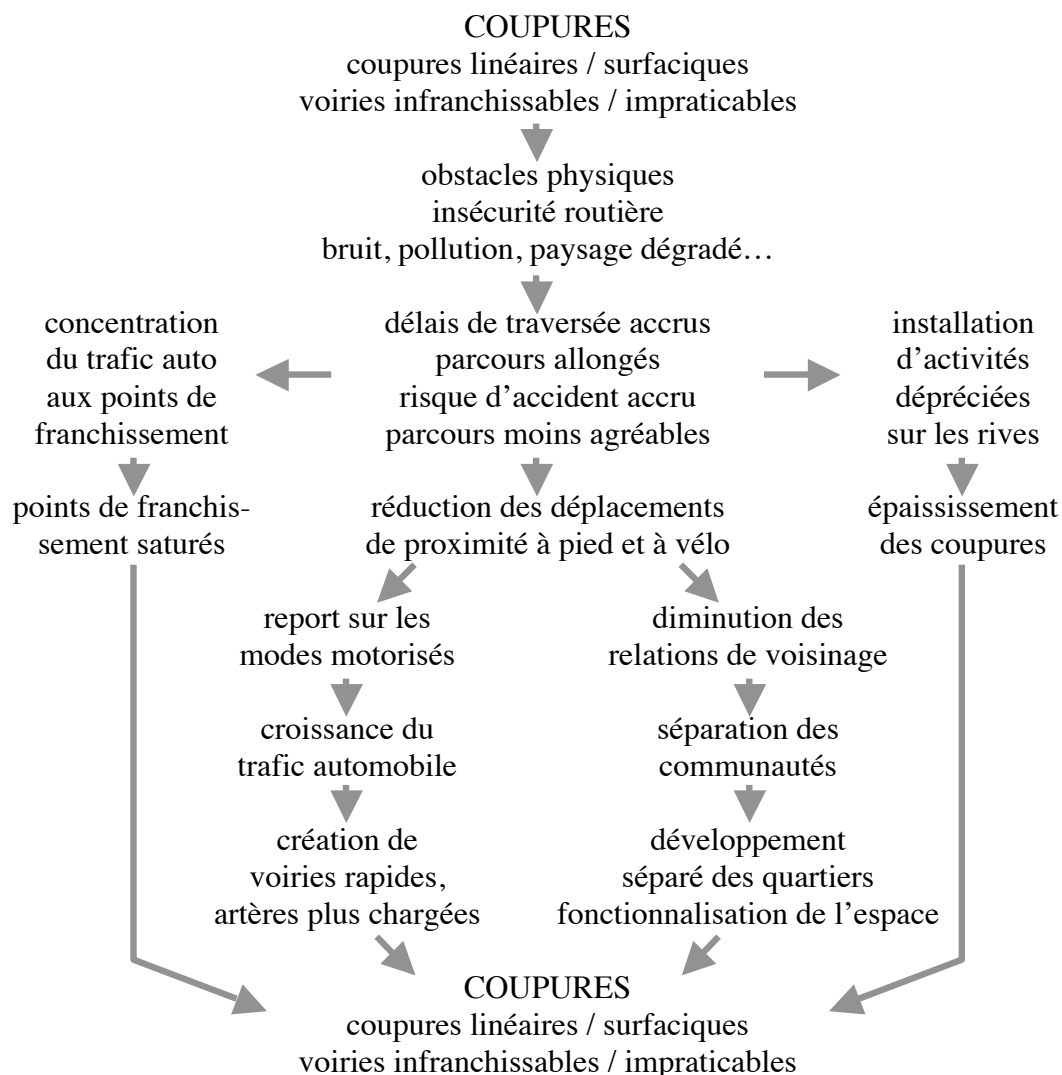
² Cette dernière expression est juste mais peu appréciée tant elle dit de manière abrupte le caractère implacable et pervers du phénomène.

³ En fait, une spirale négative est toujours l'envers d'une spirale positive, selon le point de vue adopté. « Au total, explique Gabriel Dupuy, il y a bien un cercle vertueux ("magique" !) d'effets positifs qui, immanquablement, enroule avec lui un cercle vicieux d'effets négatifs dus au développement de l'automobile. » (1999. pp. 14-15)

voiture, contribuant à accroître l'insécurité routière. D'où un encombrement massif des abords des écoles et centres d'activités par des véhicules s'arrêtant n'importe où, aux heures d'entrée et de sortie des enfants. Certes, présenté ainsi le phénomène est très simplifié, car bien d'autres facteurs interviennent, mais il est indéniable qu'il a contribué à changer en profondeur la mobilité des enfants et des adolescents. L'accompagnement en voiture, qui était encore dans les années 60 l'exception, est désormais devenu la règle, avec des incidences sur le développement de l'autonomie des enfants et sur les contraintes des parents. Chaque parent se retrouve aujourd'hui dans une situation bloquée où il ne lui est pas possible d'agir autrement sous peine de mettre en danger la vie de son enfant. Seules des opérations collectives lourdes de type pédibus ou vélobus, impliquant l'ensemble des acteurs concernés, permettent de briser la spirale négative (voir le site de l'ADEME qui soutient ses initiatives).

Certaines nuisances fonctionnent même comme de véritables cercles vicieux. Le cas de l'effet de coupure est sans doute le plus manifeste. Nous avons eu l'occasion d'en faire la démonstration dans un ouvrage tout récent (voir la figure 2).

Figure 2. L'autogénération des coupures



Source : Héran, 2010, chapitre 11.

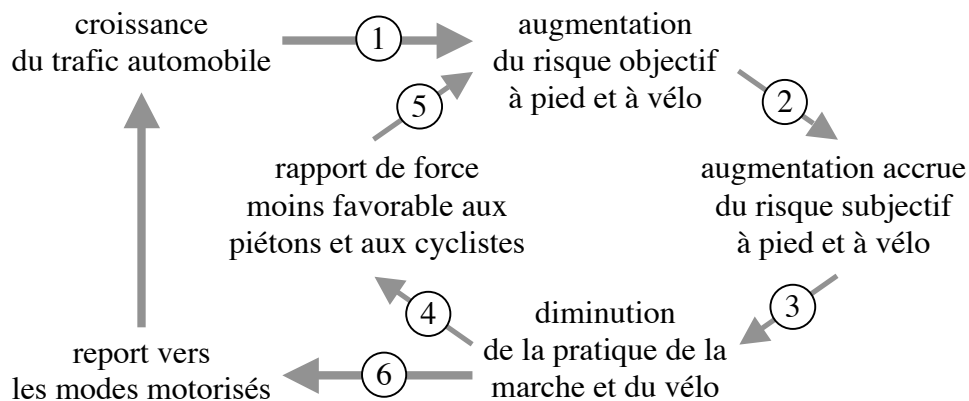
D'une façon plus générale, chacun des quatre impacts indirects majeurs identifiés ci-dessus débouche sur une spirale négative qui le renforce.

En ce qui concerne la désaffection pour les modes actifs, on sait que les usagers concernés sont peu à peu enfermés dans une insécurité routière qui tend, pour les piétons, à les cantonner à l'intérieur des quartiers et, pour les cyclistes, à les faire disparaître (voir la figure 2 ci-après).

- 1/ La croissance du trafic automobile augmente le risque objectif pour se déplacer à pied et à vélo, car les véhicules motorisés ont une inertie telle qu'ils représentent un risque considérable pour les usagers non protégés.
- 2/ L'augmentation du risque objectif finit toujours par être ressentie et dramatisée par les usagers qui tendent alors à surestimer ce risque (Prémartin et Faure, 1995).
- 3/ L'augmentation du risque subjectif entraîne une diminution de la pratique de la marche et du vélo.
- 4/ La diminution de la pratique dégrade le rapport de force entre usagers motorisés et non motorisés au détriment de ces derniers.
- 5/ Ce rapport de force de moins en moins favorable accroît encore le risque de se déplacer à pied ou à vélo (Jacobsen, 2003).
- 6/ Enfin, la diminution de la pratique de la marche et du vélo provoque un report des usagers non motorisés vers les modes motorisés qui renforce encore la croissance du trafic automobile.

Cette double spirale où n'intervient que l'insécurité routière serait encore renforcée en intégrant l'impact des autres nuisances.

Figure 3. La double spirale de l'insécurité routière à pied et à vélo



Source : Héran, 2003.

En outre, au sein même des modes motorisés, la congestion routière contribue à pousser les usagers des bus vers la voiture (Orfeuil, 2006, p. 154). Tout cela contribue à renforcer l'usage exclusif de l'automobile, comme de nombreux auteurs l'ont montré en intégrant il est vrai bien d'autres aspects que les nuisances : du « cercle magique » des ingénieurs routiers américains, au « monopole radical » dénoncé par Ivan Illich (Dupuy, 1999, pp. 8-9).

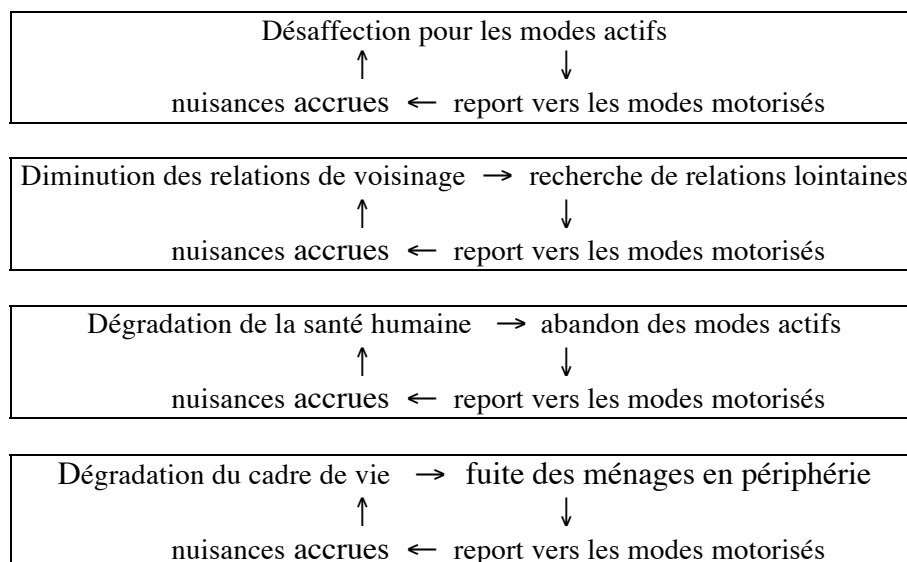
La diminution des relations de voisinage débouche quant à elle sur une modification en profondeur des relations sociales : à la limite, il n'est plus question de rencontrer l'autre autrement qu'en prenant sa voiture. Le sociologue Yves Chalas explique ainsi le « déclin du quartier » : « Comment un urbain qui vit actuellement en périphérie qui se déplace fréquemment et aisément [sous-entendu en voiture] hors du périmètre immédiat de son habitation pour subvenir à ses besoins et à ses désirs les plus divers en matière d'emploi, de consommation, de loisirs, de sociabilité peut-il encore trouver un intérêt réel, ou ne serait-ce que consacrer du temps, aux relations de voisinage, aux solidarités de proximité, à l'identité ou à l'appartenance dite de quartier ou locale ? » (1997, p. 50).

De même, la dégradation de la santé liée au transport motorisé, et notamment à la sédentarité qu'elle favorise, tend à réduire l'usage des modes actifs dont on connaît pourtant les bienfaits en matière de santé, non seulement pour éviter l'obésité, mais aussi pour prévenir et même traiter de nombreuses maladies chroniques : diabète, cancers, maladies cardiovasculaires... (INSERM, 2008).

Et enfin, non seulement la dégradation du cadre de vie urbain pousse les citadins à vivre en périphérie, mais ils s'y déplacent désormais en voiture contribuant à accroître encore les nuisances (Emelianoff et Theys, 2001). Ce phénomène bien connu a été dénoncé de façon virulente dès les années 60-70. Dans un pamphlet qui a beaucoup circulé, André Gorz (1973) tempête : « ... la bagnole a rendu la grande ville inhabitable. Elle l'a rendue puante, bruyante, asphyxiante, poussiéreuse, engorgée au point que les gens n'ont plus envie de sortir le soir. Alors, puisque les bagnoles ont tué la ville, il faut davantage de bagnoles encore plus rapides pour fuir sur des autoroutes vers des banlieues encore plus lointaines. Impeccable circularité : donnez-nous plus de bagnoles pour fuir les ravages que causent les bagnoles. » Ce cercle vicieux a pu être enrayé grâce à une reconquête coûteuse des centres-villes réaménagés en zones à trafic apaisé et sillonnés de lignes de tramway ou parsemés de stations de métro qui ont favorisé une requalification des espaces publics. Mais le problème s'est déplacé dans les banlieues qui restent plus que jamais soumises à la pression automobile.

Toutes ces spirales négatives, résumées succinctement dans le tableau 3, aboutissent à des situations bloquées dont il est très difficile de sortir ou à des coûts exorbitants. On l'a vu pour le phénomène des parents taxis, mais c'est aussi le cas pour la pratique de la bicyclette qu'il est bien difficile de relancer tant elle est devenue confidentielle (perte de crédibilité de ce mode et perte de savoir-faire des techniciens). Idem pour les ménages installés dans le péri-urbain complètement dépendants de leur voiture, ou pour les personnes à la santé irrémédiablement affectée. Quant aux quartiers dégradés, seule une rénovation complète a quelques chances de redresser leur image.

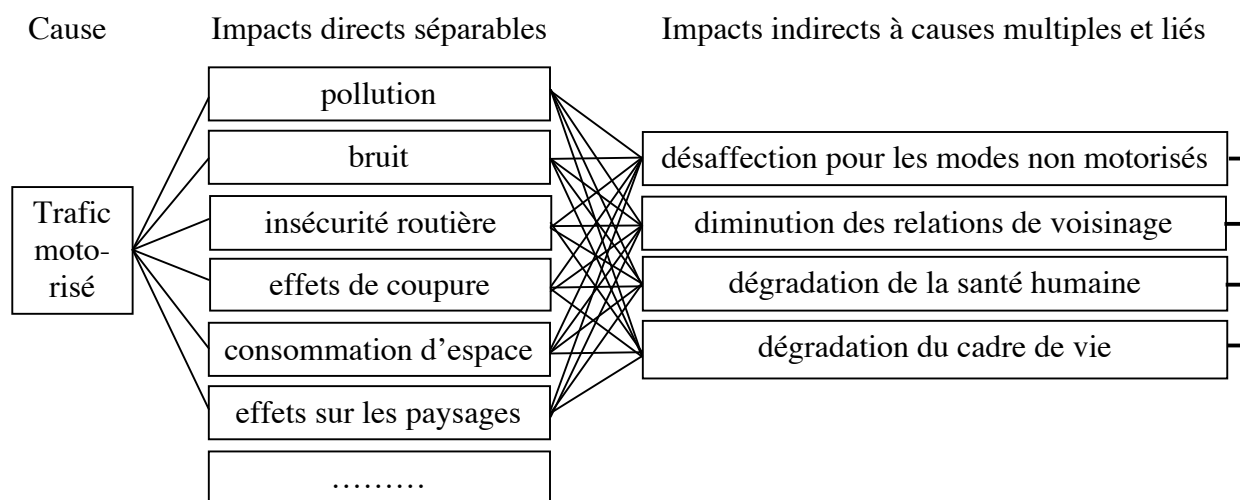
Tableau 3. Les spirales négatives des quatre impacts indirects majeurs communs à l'ensemble des nuisances



Au total, les nuisances liées aux modes motorisés apparaissent fortement interdépendantes, non seulement parce que leurs frontières sont loin d'être étanches, mais aussi parce qu'elles provoquent ensemble des impacts indirects majeurs qui eux-mêmes débouchent sur de redoutables spirales négatives. Les divers impacts ne sont donc ni séparés ni hiérarchisés mais font système. Ils peuvent être assez nettement distingués au premier niveau, mais s'entremêlent

dès le deuxième niveau, formant un inextricable réseau de causes et conséquences (voir la figure 3).

Figure 4. Le système de nuisances des transports en milieu urbain



3. Les conséquences d'une approche systémique des nuisances

Si les nuisances font système, alors leur perception, leur traitement et leur évaluation en sont profondément transformés.

3.1. Système de nuisances et modes de vie

Les citoyens – dont les élus – ont une perception globale des nuisances. Ils les appréhendent sans les découper en tranches, dénonçant par exemple l'ensemble des désagréments d'une voie rapide. Ils n'en ont pas une perception exacte pour autant : interrogés sur l'effet de coupure, ils évoquent principalement le bruit, car c'est la seule nuisance facile à percevoir et à nommer (Loir et Icher, p. 42 ; Enel, 1998, p. 20). Et surtout, avec le temps, les riverains sont bien obligés de s'y adapter, jusqu'à revoir leur mode de vie en fonction d'elles.

C'est pourquoi, le choix de localisation résidentielle des ménages est aussi le choix d'un mode de vie qui compose plus ou moins avec les nuisances. En clair, les ménages les plus fortunés ont les moyens, non seulement de vivre dans des logements à l'écart des nuisances, mais aussi dans des quartiers tranquilles, où les déplacements à pied ou à bicyclette sont possibles et les relations de voisinage préservées. A l'inverse, les ménages les plus modestes sont contraints de vivre à proximité de voies à fort trafic, dans des quartiers où seul un accès en voiture s'avère commode et où la rue et sa convivialité ont disparu. « En France, un quartier de banlieue construit en habitat collectif a quatre chances sur cinq d'être traversé par une voie rapide, et les habitants des grands ensembles ont une probabilité quatre fois plus grande qu'ailleurs de subir un niveau de bruit très gênant. » (Emelianoff et Theys, 2001, p. 128) Les transports motorisés renforcent les inégalités écologiques.

Les ménages ne sont pas les seuls à avoir compris que les nuisances font système. C'est la conviction implicite des promoteurs de l'« écologie urbaine » élaborée au début du 20^e siècle, comme aujourd'hui des tenants de la « ville durable » (Emelianoff, 2005). Ce dernier courant cherche désormais à s'émanciper des approches trop sectorielles.

3.2. Des efforts accrus de prévention des nuisances

Le seul moyen de limiter les effets pervers, contradictoires et coûteux des solutions sectorielles est de s'efforcer de mieux prévenir la production même de nuisances. Car la nuisance la plus facile à traiter, c'est évidemment celle qui n'existe pas. A défaut, un traitement à la source est préférable à l'endigement des effets. C'est pourquoi, il convient d'abord de rappeler les phénomènes physiques propres au transport qui sont à l'origine de chacune des nuisances (ce que résume le tableau 4 ci-après).

Pour l'insécurité routière, le phénomène qui en est la source, c'est l'énergie cinétique des véhicules, proportionnelle à leur masse et au carré de leur vitesse ($e = \frac{1}{2} m v^2$). Les trois facteurs explicatifs classiques – les caractéristiques du véhicule, le comportement du conducteur et l'aménagement – n'auraient aucun rôle si la loi de l'énergie cinétique n'existait pas. Cela signifie qu'en réduisant la vitesse moyenne, l'impact sur les accidents est forcément majeur, comme le prouvent les courbes reliant la gravité des accidents à la vitesse (rappelées par exemple dans CETUR, 1990). Percuté à 50 km/h, un piéton meurt dans 60 % des cas, mais à 30 km/h, dans 15 % des cas seulement, preuve que la relation n'est pas linéaire et qu'il existe un effet de seuil.

Pour le bruit, les vibrations de l'air sont provoquées surtout par les moteurs en dessous de 50 km/h et par le roulement au-dessus. Pour la pollution locale, la combustion incomplète de carburants plus ou moins purs explique les émissions de polluants. Là encore, le style de conduite et l'environnement peuvent accentuer ces deux phénomènes, mais ce sont bien les véhicules et les carburants qui sont surtout en cause. D'où l'efficacité des normes Euro réduisant le bruit et la pollution à la source sur les véhicules neufs.

L'effet de coupure, quant à lui est dû fondamentalement à la vitesse des véhicules qui oblige à la fois à ségréguer les trafics et à hiérarchiser les réseaux (Héran, 2010, chapitre 7). Impossible de laisser cohabiter des modes aux vitesses très différentes sans risque d'accidents graves, c'est pourquoi de nombreux dispositifs cloisonnent les usagers : voies séparées, carrefours à feux ou dénivelés, sens uniques... De même, si les véhicules motorisés acceptent d'importants détours pour rejoindre des voies rapides ou si les voyageurs acceptent de se rabattre vers les transports publics lourds, impossible en revanche d'imposer des détours aux modes qui ne sont pas motorisés.

La consommation d'espace à l'arrêt est due au gabarit de chaque mode et aux manœuvres pour stationner. Et la consommation d'espace en mouvement est due, non seulement à ce gabarit, mais aussi à la vitesse des véhicules qui imposent à la fois des distances de sécurité pour pouvoir freiner à temps, des espaces latéraux de sécurité pour se croiser sans risque (bandes d'arrêt d'urgence, terre-plein central, espaces libres dégagant la vue sur les côtés), ainsi que des échangeurs. Si bien qu'il faut en moyenne 9 m de large, et non 3,50 m, pour qu'un véhicule automobile puisse se déplacer à 130 km/h en périphérie urbaine (Héran, 2008).

Quant aux effets sur les paysages, ils sont liés à l'intrusion visuelle des infrastructures et des véhicules, mais aussi aux enseignes et à la publicité installées aux abords des voies et qui cherchent à capter le regard des automobilistes, des voyageurs ou des passants.

Tableau 4. Origine des nuisances et impacts directs

Nuisance	Origine	Phénomène physique	Milieux et sens concernés	Conséquences pour l'homme
Effet de serre	Combustion du carburant	Production de gaz à effet de serre : CO ₂ , CH ₄ ...	Environnement affecté	Changement climatique
Pollution de l'air	Combustion du carburant	Production de NO _x , CO, SO ₂ , COV, HAP, PM...	Poumons encrassés	Maladies pulmonaires, cardiovasculaires...
Odeurs	Combustion du carburant	Dégagement de composants aromatiques	Odorat altéré	Gêne olfactive
Bruit	Moteur, accélérations, roulement	Vibrations de l'air	Ouïe saturée	Stress
Accidents	Conduite selon véhicules et aménagements	Inertie (masse et vitesse des véhicules)	Corps abîmé	Traumatismes corporels et psychiques
Effet de coupure	Ségrégation des trafics et hiérarchisation des voies	Vitesse	Mouvements contraints	Diminution des relations de voisinage
Consommation d'espace	Stationnement et circulation des véhicules	Espace occupé selon la vitesse	Espace vital réduit	Mobilité réduite
Effets sur les paysages	Intrusions visuelles liées au transport	Saturation du champ visuel	Vue encombrée	Paysages dégradés

De ces investigations, il ressort, sans surprise, que ce sont les véhicules motorisés, leur présence, leur vitesse et leur masse, leurs moteurs et le carburant qu'ils utilisent, les infrastructures qu'ils parcourent et les enseignes et publicités que les automobilistes sont sensés regarder qui sont fondamentalement à l'origine des nuisances. C'est donc en acceptant de réduire le nombre de véhicules, leur vitesse, la taille des infrastructures et l'affichage, que la réduction des nuisances sera la plus forte et les effets pervers limités. On retrouve là les politiques de modération de la circulation qui passent par une généralisation des zones 30 dans les quartiers, y compris en périphérie, et une requalification des infrastructures rapides en autoroutes apaisées ou en boulevards urbains, afin d'encourager l'usage des modes alternatifs à l'automobile et de modifier les espaces de voisinage pour les rendre plus agréables, de façon à favoriser une vie à la fois plus saine et de meilleure qualité.

Ce type de solution n'a rien d'extraordinaire. Il est appliqué de longue date y compris dans certaines grandes villes, comme par exemple à Hambourg (1,7 millions d'habitants) qui a généralisé les zones 30 dès 1985 et limité depuis la construction de voies rapides (Bachofen, 1995, pp. 31-49). Il se heurte toutefois à la crainte d'une réduction de l'accessibilité du territoire que provoquerait une limitation des vitesses. Impossible ici, faute de place, de démontrer cette objection majeure. On se contentera de constater que les villes les plus en pointe dans la modération de la circulation ne dépérissent pas (outre Hambourg, cf. Amsterdam, Copenhague, Brême, Berlin, Munich, Berne...). Elles offrent, en revanche, une haute qualité de vie urbaine qui contribue à assurer leur attractivité, notamment chez les cadres.

3.3. Une remise en cause des évaluations socio-économiques des nuisances

Sauf erreur de raisonnement ou de calcul, les évaluations socio-économiques des nuisances sous-estiment toujours leur coût, pour de multiples raisons.

D'abord, il est impossible de tout quantifier : de nombreuses nuisances résistent encore à toute évaluation, comme le rappelle le rapport Boiteux. Comment estimer, par exemple, la réduction des relations de voisinage qu'engendre l'effet de coupure ? Il faudrait une enquête

approfondie auprès des riverains pour en avoir une idée¹, puis trouver une méthode capable de mesurer le phénomène. *A priori*, la méthode d'évaluation contingente est un candidat possible, mais on voit mal quelles questions poser aux habitants qui n'ont qu'une connaissance confuse du phénomène. Et surtout, les familles, qui contribuent fortement à créer du lien social, ont sans doute déjà déménagé des rues les plus encombrées de trafic.

Ensuite, quand les évaluations existent, elles ont du mal à tenir pleinement compte des effets indirects, des effets à long terme et des effets globaux. Comment évaluer, par exemple, la part incontestable du développement des modes motorisés dans la croissance de l'obésité ? Face à ces incertitudes, l'usage est de retenir les valeurs basses pour réduire les contestations en attendant mieux.

Enfin et surtout, les évaluations ignorent les impacts indirects majeurs qui résultent de la conjonction des impacts directs et qui ont été présentés *supra*. Le cas de l'effet de coupure est à ce titre exemplaire et mérite d'être détaillé.

En première analyse, il ne s'agit après tout que de quelques désagréments imposés par les infrastructures de transport aux piétons et cyclistes : temps d'attente pour traverser à cause des feux ou du trafic, contournements des infrastructures qui font obstacle et efforts pour utiliser des passerelles ou des passages souterrains, le tout se résumant à ce que l'on peut appeler « les 3 D » : délais, détours et dénivelés. En outre, ces usagers sont souvent beaucoup moins nombreux que le flot d'automobilistes ou de voyageurs qui empruntent l'infrastructure et pour cause les flux d'usagers non motorisés allant au plus court sont forcément dispersés alors que les flux d'usagers motorisés sont hiérarchisés et souvent concentrés.

Pourtant, depuis au moins les travaux de D. Appleyard (1972, 1981), les Anglo-saxons considèrent que les grandes infrastructures de transport provoquent ce qu'ils appellent la séparation des communautés (*community severance*), c'est-à-dire une diminution des relations de voisinage, compliquant l'accès aux commerces et services de proximité (école, poste...), entraînant le délitement du lien social et un sentiment d'exclusion, surtout chez les bas revenus (James et *alii*, 2005). Ce ne sont pas cependant les efforts supplémentaires nécessités par quelques obstacles qui expliquent à eux seuls cet effet, précise dès le départ Appleyard, mais aussi toutes les autres nuisances de la route ou de la voie ferrée : bruit, pollution, insécurité, coupure visuelle...

Certes, ces nuisances semblent déjà prises en compte par ailleurs. Concernant le bruit, les évaluations contingentes ou la méthode des prix hédoniques intègrent *a priori* toutes les gênes liées au bruit, y compris le déplaisir de déambuler dans la rue bruyante où on habite. De même, les évaluations de l'insécurité routière tiennent compte dans une certaine mesure du danger que représente la traversée ou l'emprunt des voies les plus chargées. Aussi, pour éviter les doubles comptes, conviendrait-il finalement de ne retenir que les impacts physiques directs et immédiats, propres aux coupures, c'est-à-dire les « 3 D », autrement dit pas grand chose. En réalité, c'est la conjonction des nuisances directes qui complique les relations de voisinage et aucune évaluation socio-économique actuelle des nuisances n'en tient compte.

Bref, si les nuisances font système, alors il convient d'aborder l'évaluation socio-économique du coût des nuisances, non plus comme une somme de coûts particuliers, mais de manière globale en changeant radicalement d'approche. Il ne s'agit nullement de nier tout intérêt aux évaluations sectorielles des nuisances – qui doivent continuer à être approfondies – mais seulement de relativiser leur portée. On ne fera ici qu'esquisser des voies de recherche.

En étant capable de prendre en compte de nombreuses caractéristiques de l'environnement, la méthode des prix hédoniques (MPH) est un candidat intéressant. Elle peut isoler dans les valeurs immobilières des écarts liés à l'existence alentour du logement de bruit, de pollution,

¹ Comme celle qu'a réalisé D. Appleyard (1972) au début des années 70 à San Francisco et jamais reproduite depuis lors à notre connaissance, tant elle suppose de lourdes investigations.

d'un paysage dégradé, ou encore d'un accès limité aux services de proximité et au voisinage. Ses limites sont cependant nombreuses. Ce ne sont pas directement les nuisances qui sont mesurées, mais la gêne perçue par les habitants qui peut être surestimée par ceux qui se sentent particulièrement oubliés des politiques, ou plus souvent sous-estimée, les ménages n'ayant pas une pleine conscience de toutes les nuisances, étant souvent eux-mêmes impliqués dans leur production. En outre, les plus sensibles aux nuisances, soit ont déménagé et ne sont plus là pour se plaindre, soit restent sur place faute de pouvoir partir et tentent de s'adapter au mieux en minimisant cette gêne. (Faburel *et alii*, 2005)

En révélant directement les dispositions à payer pour réduire les nuisances, la méthode d'évaluation contingente est encore plus attrayante. Mais, outre ses redoutables difficultés de mise en œuvre, elle souffre elle aussi d'une perception ambiguë des nuisances par les habitants restant sur place.

L'approche béhavioriste qui sous-tend ces deux méthodes suppose en effet que les comportements des habitants débouchent sur des choix individuels, certes parfois implicites mais néanmoins rationnels, qu'il suffirait d'observer finement pour les comprendre et les révéler. En réalité, les ménages sont pris dans de nombreuses contradictions – et en particulier dans les spirales négatives identifiées *supra* – qui les dépassent largement. Pour reprendre l'exemple des « mamans taxis », chaque parent prend une décision rationnelle en accompagnant son enfant en voiture pour le protéger de l'insécurité routière, et pourtant il contribue lui-même à accroître ce danger. Autre exemple : en fuyant la ville dense et ses nuisances pour s'installer dans des maisons individuelles qui ne sont accessibles qu'en voiture, chaque périurbain augmente les nuisances. Etc. Bref, les citadins peuvent être parfaitement conscients des nuisances des transports, tout en y contribuant fortement, non pas par cynisme ou « effet nimby » (*not in my back yard*), mais parce qu'ils ne peuvent en général guère faire autrement.

Pour évaluer le coût global des nuisances, une tout autre approche s'impose. L'idéal serait de comparer des modèles de ville – le périmètre le plus pertinent serait sans doute celui du bassin d'emploi – et de mesurer pour chacun d'eux les conséquences des choix effectués en matière d'infrastructures de transport sur les modes de déplacements utilisés et les distances parcourues avec leurs incidences sur la santé publique et l'environnement. Les villes ayant une certaine densité et mixité des fonctions urbaines, des réseaux piétons et cyclistes bien maillés, et des espaces publics de qualité permettant une répartition modale plus équilibrée devraient logiquement afficher un bien meilleur bilan environnemental que les villes aux caractéristiques opposées et tout cela à un coût bien moindre. Mais saura-t-on jamais réaliser des comparaisons aussi ambitieuses ? C'est l'un des paris de ceux qui cherchent à penser la ville durable.

Pour le dire avec un langage d'économiste, au lieu de minimiser séparément le coût social de chaque nuisance – c'est-à-dire la somme des dépenses de protection et du coût des dommages résiduels –, comme il est d'usage (Lamure et Lambert, 1993), il conviendrait de minimiser le coût social du système de nuisances, avec cependant des difficultés redoutables pour évaluer les termes de l'équation et la fonction correspondante, puis trouver le compromis correct – l'optimum social – entre mobilité motorisée et niveau des nuisances. On atteint clairement là les limites du calcul économique.

* * *

Les externalités négatives liées au trafic urbain ne peuvent plus être considérées comme une simple collection de nuisances parfaitement distinctes et aux impacts indirects négligeables, étudiées séparément par divers corps de spécialistes. Elles forment au contraire un système de nuisances interdépendantes qui convergent au niveau des impacts indirects, avec la formation d'effets de synergie et de spirales négatives non négligeables. L'ensemble contribue fortement

au rejet des modes actifs, à la diminution des relations de voisinage et à la dégradation de la santé humaine comme de l'environnement, un ensemble d'effets négatifs étroitement liés qui pèse lourd sur de nombreuses villes. Telles qu'elles sont conçues, les évaluations socio-économiques actuelles ne peuvent que les sous-estimer largement. Ce qui ne signifie pas bien sûr qu'elles doivent être abandonnées mais quelque peu relativisées et autant que possible complétées.

Prendre en compte un tel résultat amène à revoir complètement le traitement des nuisances. Il ne s'agit plus de les endiguer, mais de les traiter à la source, et plus encore de les prévenir de façon globale, afin de réduire les contradictions dans les solutions habituellement adoptées et, au-delà, de résorber cet ensemble de nuisances interdépendantes. C'est pourquoi les politiques de modération de la circulation apparaissent de loin les plus prometteuses. Ce sont elles qui permettent tout à la fois de relancer les modes actifs, de favoriser les relations sociales et d'améliorer la santé de la population tout en préservant mieux l'environnement.

Ce type de solution soulève cependant bien des interrogations qui dépassent le cadre étroit de cet article : les bénéfiques sont-ils bien supérieurs aux coûts, comme semble le montrer les villes les plus en pointe dans ce domaine ? Comment négocier la transition entre des villes fondées sur la vitesse et les véhicules individuels motorisés vers des villes plus lentes et moins motorisées ? Comment expliquer que chacun pourrait à terme trouver un meilleur équilibre entre toutes ses contraintes ?

Références

- APPLEYARD Donald, GERSON M. Sue, LINTELL Mark, 1981, *Livable Streets*, University of California Press, Berkeley, 364 p.
- APPLEYARD Donald, LINTELL Mark, 1972, "The environmental Quality of City Streets, the Residents' Viewpoint", *Journal of the American Institute of Planners*, 35, pp. 84-101.
- BACHOFEN Charles, 1995, *Maîtriser les extensions périphériques. Fribourg en Brisgau, Munich, Hambourg, Vienne*, rapport pour le Plan Urbain, Ecole d'architecture, REMU, Strasbourg, 93 p.
- BONNAFOUS Alain, 1992, « Transports et environnement. Comment valoriser et maîtriser les effets externes ? », *Economie et Statistiques*, n° 258-259.
- BONNAFOUS Alain, BRUN Gérard, NICOLAS Jean-Pierre, 1999, *Les transports et l'environnement. Vers un nouvel équilibre*, Conseil national des transports, La documentation française, Paris, 176 p.
- BRES Antoine, 2005, *Inscription territoriale des mobilités et riveraineté des voies. Faire halte aujourd'hui*, thèse, Paris : Université de Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, 318 p.
- BRITISH MEDICAL ASSOCIATION. 1997. *Road Transport and Health*. London: The Chameleon Press, 94 p.
- BUCHANAN Colin D., 1963, *Traffic in Towns*, Londres : HMSO, 264 p., traduction : *L'automobile dans la ville*, Paris : Imprimerie nationale, 1965, 224 p.
- CERTU, 2002, *Evaluation des transports en commun en site propre. Recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets TCSP*, Lyon : CERTU, 144 p.
- CERTU, SETRA, 1998, *Projets routiers urbains. Les études d'environnement dans les projets routiers. Guide méthodologique*, Lyon : CERTU, 191 p.
- CETUR, 1990, *Ville plus sûre, quartiers sans accidents. Savoir-faire et techniques*, Bagneux : CETUR, 317 p.
- CHALAS Yves, 1997, « Le déclin du quartier », *Urbanisme*, n° 297, pp. 49-53.

- COHEN Simon, 2006, « Considérations sur les courbes débit-vitesse », in *Séminaire vitesse. Apports récents de la recherche en matière de vitesse*, Actes INRETS n° 105, pp. 57-66.
- CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS, 1998, *La mobilité induite par les infrastructures*, rapport de la 105^e table ronde d'économie des transports, Paris : CEMT, OCDE, 333 p.
- DREIF, 1994, *Schéma directeur de la Région Ile-de-France*, Paris : DREIF, 314 p.
- DRON Dominique, COHEN DE LARA Michel, 1995, *Pour une politique soutenable des transports*, rapport au ministre de l'environnement, cellule de prospective et stratégie, Paris : La documentation française, 328 p.
- DUPUY Gabriel, 1999, *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Anthropos, Paris, 160 p.
- EMELIANOFF Cyria, 2005, « La ville durable en quête de transversalité », in N. MATHIEU, Y. GUERMOND (dir.), *La ville durable, du politique au scientifique*. Ed Cemagref, INRA, pp. 129-142.
- EMELIANOFF Cyria, THEYS Jacques, 2001, « Les contradictions de la ville durable », *Le débat*, n° 113, pp. 122-135.
- ENEL Françoise, 1998, *Les coupures routières en milieu urbain*. Rapport de synthèse, Paris : Véres consultants, recherche pour le Plan urbain, 92 p.
- FABUREL Guillaume, MALEYRE Isabelle, PEIXOTO Frédéric, 2005, *Nuisances sonores routières et ferroviaires en milieu urbain*, recherche pour le compte de l'ADEME dans le cadre du PREDIT 3, 2 tomes.
- GALLETY Jean-Claude, 1991, « Le paysage des entrées de ville », *Recherche Transports Sécurité*, n° 32, pp. 127-137.
- GOODWIN Phil B., 1998, "Unintended effects of transport policies", in BANISTER David (ed.), 1998, *Transport policy and the environment*, London: E & FN Spon, pp. 114-130.
- GOODWIN Phil B., 2003, "Unintended effects of policies", in HENSHER David A. & BUTTON Kenneth John (ed.), *Handbook of Transport and the Environment*, Elsevier Ltd., chapter 7, pp. 603-613.
- GORZ André, 1973, « L'idéologie sociale de la bagnole », *Le Sauvage*, n° de sept.-oct.
- GRESSIER Claude (dir.), 2005, *Analyse comparative des méthodes d'évaluation des grandes infrastructures de transport*, rapport du CGPC, 56 p.
- HERAN Frédéric (dir.), RAVALET Emmanuel, 2008, *La consommation d'espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain. Application au cas de l'Ile de France*, rapport pour le PREDIT 3, lettre de commande 06 MT E012, 189 p.
- HERAN Frédéric, 1998, « Les conditions d'un report modal favorable à la marche et au vélo », *Transports, Environnement, Circulation*, n° 92, nov.-déc., pp. 35-40.
- HERAN Frédéric, 2000, *Transports en milieu urbain : les effets externes négligés. Monétarisation des effets de coupure, des effets sur l'affectation des espaces publics et des effets sur les paysages*, Paris : La documentation française, 118 p.
- HERAN Frédéric, 2003, « La double spirale de l'insécurité routière à pied et à vélo », intervention à la 5^e journée d'étude de la FUBicy *Villes cyclables, villes plus sûres*, 11 avril 2003, Dijon, 10 p.
- HERAN Frédéric, 2009, « Des distances à vol d'oiseau aux distances réelles ou de l'origine des détours », *Flux*, n° 76/77, pp. 110-121.
- HERAN Frédéric, 2010, *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*, ouvrage à paraître.

- HINE Julian, RUSSELL John, 1993, "Traffic Barriers and Pedestrian Crossing Behavior", *Journal of Transport Geography*, Vol. 1 No. 4, pp. 230-239.
- INSERM, 2008, *Activité physique. Contextes et effets sur la santé*, Éditions INSERM, 832 p.
- JACOBSEN Peter L., 2003, « Safety in numbers : more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling », *Injury Prevention*, vol. 9, pp. 205-209.
- JEANRENAUD Claude, SOGUEL Nils, GROSCLAUDE Pascal, STRITT Marc-Alain, 1993, *Coûts sociaux du trafic urbain. Une évaluation monétaire pour la ville de Neuchâtel*, IRER, Programme National de Recherche Ville et Transport, n° 42, 98 p.
- LAMURE Claude, LAMBERT Jacques, 1993, *Impact des transports terrestres sur l'environnement. Méthodes d'évaluation et coûts sociaux*, Synthèse INRETS n° 23, 103 p.
- LE MOIGNE Jean-Louis, 1977, *La théorie du système général, théorie de la modélisation*, Paris : PUF, 258 p.
- LEPELTIER Serge, 2001, *Les nuisances environnementales de l'automobile*, rapport d'information du Sénat n° 113, 216 p.
- LOIR Christian, ICHER Jacqueline, 1983, *Les effets de coupure de voies routières et autoroutières en milieu urbain et périurbain*, Bordeaux : CETE du Sud-Ouest, CETUR, 131 p.
- MERLIN Pierre, 1994, « Essai d'évaluation des coûts sociaux environnementaux liés aux transports », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n° 4, pp. 625-640.
- MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'EQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER, 2004, *Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*, 30 p.
- NICOLAS Jean-Pierre, 1998, *Le coût des nuisances des transports : méthodes d'évaluation et usage des résultats obtenus*, document de travail n° 98/02, Lyon : Laboratoire d'économie des transports, 22 p.
- NOLAND Robert B. and LEM Lewison L., 2002, "A Review of the Evidence for Induced Travel and Changes in Transportation and Environmental Policy in the US and the UK", *Transportation Research D*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-26.
- ORFEUIL Jean-Pierre, 1997, *Les coûts externes de la circulation routière*, rapport INRETS n° 216, 110 p.
- ORFEUIL Jean-Pierre, 2006, « Déplacements automobiles urbains et environnement », in Elisabeth DORIER-APPRILL, *Ville et Environnement*, Paris : Sedes, pp. 147-168.
- POUYET Jean-Pierre (dir.), 2010, *Conclusions de la Commission d'enquête sur l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique du projet de rocade nord de Grenoble*, 12 p.
- PREMARTIN Marie, FAURE Anne, 1995, « Sécurité subjective, sécurité objective et comportements : l'apport des opérations "Ville plus sûre, quartiers sans accidents" », communication à la 5^e conférence internationale sur les comportements de déplacement, oct., 11 p.
- QUINET Emile, 1998, *Principes d'économie des transports*, Paris, Ed. Economica, 419 p.
- WILDE Gerald J.S., 1982, « The theory of risk homeostasis : implications for safety and health », *Risk Analysis*, vol. 2, n° 4, pp. 209-225.
- WOLF Gérard, 1992, « Les deux-roues légers : sécurité et aménagements », in Thierry BRÉ-NAC (dir.), *Sécurité des routes et des rues*, Bagnaux : SETRA, CETUR, pp. 167-189.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (Regional Office for Europe), 2000, *Transport, environment and health*, edited by Carlos DORA and Margaret PHILLIPS, WHO Regional Publications, European Series, No. 89, 86 p.