



HAL
open science

Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain

Frédéric Héran

► **To cite this version:**

Frédéric Héran. Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 2011, 59 | 2011, pp.83-112. 10.46298/cst.12107 . hal-04153005

HAL Id: hal-04153005

<https://hal.science/hal-04153005v1>

Submitted on 5 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

POUR UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE DES NUISANCES LIÉES AUX TRANSPORTS EN MILIEU URBAIN¹

FRÉDÉRIC HÉRAN
CLERSE (UMR CNRS 8019)
UNIVERSITÉ DE LILLE 1

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 accidents². Puis les impacts environnementaux -bruit et « fumées », on ne disait pas encore pollution- ont commencé à être étudiés au cours des années 50³. De multiples méthodes d'évaluation monétaire ont ensuite été mises au

¹ Nous remercions vivement J.-P. NICOLAS pour une lecture critique d'une toute première version de cet article qui a ensuite été présenté remanié au 9^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports, pendant la 12^{ème} WCTR à Lisbonne, les 12-15 juillet 2010. Nous restons bien sûr seul responsable de son contenu.

² 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'emballage des attelages...

³ En Grande-Bretagne, la commission présidée par C. 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, démemberment, préjudice esthétique* », (1963 : 49).

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 l'ensemble des 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 longs développements et une bibliographie 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.

1.1. 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 (BONNAFOUS, 1992 ; LAMURE, LAMBERT, 1993 ; JEANRENAUD et alii, 1993 ; ORFEUIL, 1997 ; QUINET, 1998 ; BONNAFOUS 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, chap. IV⁴ ; ORFEUIL, 2006), les vibrations provoquées par les moyens de transport lourds (MERLIN, 1994 : 628), les odeurs qui inhibent nos capacités olfactives, les îlots de chaleur que provoquent les vastes surfaces bituminées ou encore les contraintes architecturales imposées par les garages.

Il existe encore d'autres nuisances 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 infra-

⁴ 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.

structure. La consommation d'espace n'est pas prise en compte parce que les évaluations monétaires existantes sont très 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 : « [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* » (GRES-SIER, 2005 : 29). En milieu urbain, ces gains de temps représentent couramment plus de 80 % des avantages à en croire les « bilans LOTI » (prévus par la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs) 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. D'ailleurs, en milieu urbain, ce critère rend presque tout projet rentable, quitte parfois à gonfler un peu les gains de temps.

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 matériels, 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.

Il est certes 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 : 18) Et on s'aperçoit à l'occasion que l'indépendance de chaque nuisance est recherchée pour pouvoir utiliser le calcul économique⁵.

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 toutes les disciplines. Elle est issue du fonctionnalisme qui s'est progressivement imposé au cours du XIX^{ème} siècle et de la première moitié du XX^{ème} siècle et qui visait à segmenter les différents domaines du monde réel pour mieux en approfondir leur connaissance. L'effort était nécessaire et reste indispensable. Mais en l'absence d'intégration des résultats, il débouche sur une conception cloisonnée, émiettée du monde, qu'il s'agisse de l'organisation du travail avec le taylorisme, de la gestion des firmes avec l'organisation fonctionnelle d'H. FAYOL, de l'urbanisme avec le mouvement des architectes modernes ou de l'aménagement de la voirie avec les ingénieurs trafic (HÉRAN, TOSTAIN, 1994).

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 : 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.

1.3. 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 les solutions sectorielles soient forcément compatibles entre elles. Si des effets bénéfiques fortuits peuvent arriver, il est beaucoup plus fréquent qu'apparaissent diverses conséquences à la fois inattendues et opposées aux effets souhaités qu'il

⁵ Toute modélisation simplifie par définition la réalité, mais la simplification peut se révéler abusive.

est d'usage d'appeler des effets pervers⁶. 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 motos et scooters. Autre exemple : « *Le rétablissement des principales liaisons transversales aux infrastructures nouvelles* » préconisé par le Schéma Directeur de la Région Île-de-France (DREIF, 1994 : 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 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

⁶ « *Un effet pervers est un effet indirect indésirable, généralement opposé à l'objectif initial, et qui avait échappé à la prévision.* » (CERTU, SETRA, 1998 : 43) Comme le dit, avec un humour très britannique, Ph. 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 : 603 ; voir aussi GOODWIN, 1998).

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 énergétique⁷, ou encore des déviations d'agglomération qui reportent les coupures en périphérie (HÉRAN, 2011, chap. 12). La création d'îlots refuges sécurise les piétons mais est souvent l'occasion de les contraindre à traverser en deux temps ce 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) (HÉRAN, 2011, chap. 6).

5/ Les traitements qui aggravent d'autres nuisances

Ils sont assez fréquents. Les murs antibruit 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 et les riverains s'en plaignent. 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 certains carrefours 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 piétons⁸...

⁷ Une étude de l'ADEME a montré que si les véhicules électriques sont rechargés en période de pointe de consommation électrique (comme cela devrait être souvent le cas pour les véhicules Autolib' à Paris), ils peuvent devenir plus polluants que les véhicules thermiques, parce qu'ils mobilisent alors des centrales au fuel ou au gaz (MORCHEOINE, VIDALENC, 2009).

⁸ Ce dernier exemple a été finement analysé par l'architecte-urbaniste A. BRÈS (2005 : 32) 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.* ».

Le Tableau 1 fournit un aperçu des principaux effets pervers des solutions sectorielles. Il montre aussi que certaines de ces solutions peuvent avoir des impacts indirects bénéfiques, mais de tels cas apparaissent bien plus rares. Des doubles vitrages réduisent un peu la pollution. Des murs antibruit sécurisent aussi les abords de la voie. Parfois une solution réduit simultanément deux ou trois nuisances et en aggrave d'autres. Ainsi, 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, annulant à long terme les avantages. 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-voyants⁹. De plus, de nombreux impacts s'avèrent difficiles à déterminer, tant de multiples effets se combinent. Que dire des conséquences sur le bruit ou la pollution de feux coordonnés quand, d'une part, la fluidité du trafic est meilleure et, d'autre part, la vitesse est supérieure ? Et *quid* du bilan des accidents selon que la voirie est en surface ou en tunnel ? Tout dépend de la configuration des lieux. Etc. Quoi qu'il en soit, une telle matrice mériterait d'être systématiquement explorée par des équipes de recherche pluridisciplinaires.

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, en mars 2010, 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 circu-

⁹ 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.

lant 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, 2011, chap. 6).

Tableau 1 : Aperçu des quelques effets bénéfiques et pervers liés aux principales solutions sectorielles

Nuisance	Solution	Effet sur	Bruit	Pollution	Accidents	Congestion	Coupures	Conso. d'espace	Paysage
Bruit	Doubles vitrages		•	+			- ¹		
	Murs antibruit		•		+		--	-	--
	Enrobés drainants		0						
	Véhicules électriques		•	? ²	-				
Pollution	Pots catalytiques			0					
	Véhicules électriques		++	? ²	-				
Accidents	Ralentisseur dos d'âne		--	-	•				
	Meilleurs freinage et accélération		-	--	0		-		
	Sécurité passive du véhicule			-- ³	? ³				
	Itinéraires parallèles sécurisés				-		-- ⁴		
Congestion	Feux coordonnés		?	?	-- ⁵	0	-		
	Carrefours dénivelés			?	?	0	-- ⁶	--	--
	Nouvelles infrastructures		--	--	--	0	--	--	--
Effets de coupure	Passages piétons dénivelés				?	+	?	-	-
	Surélévation de l'infrastructure		-				?	+	--
	Mise en souterrain de l'infra.		++		?		?	+	+
Consommation d'espace	Plots, barrières anti stationnement				?		-	?	-
	Parkings ou voiries en élévation						- ⁶	•	--
	Parkings ou voiries en souterrain						- ⁶	•	+
Effets sur le paysage	Insertion paysagère des infrastructures							--	•

Impact direct : durable •, nul à long terme 0.

Impact indirect :

effet bénéfique : impact fort ++, impact faible ou partiel +.

effet indéterminé, car plusieurs impacts contraires ?.

effet pervers : impact fort --, impact faible ou partiel -.

1 Car les relations de voisinage deviennent difficiles.

2 Effet positif si leurs batteries sont rechargées la nuit.

3 A cause de l'alourdissement des véhicules.

4 A cause des détours imposés.

5 Car la vitesse des véhicules est accrue.

6 A cause des trémies d'accès.

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.

Encadré 1 : 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 Île-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, SETRA, 1998 : 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 première étape analytique fructueuse, 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 LE MOIGNE, 1977 : 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 peut être prise dans un processus cumulatif qui la renforce.

- . 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 (Cf. l'encadré 1 ci-dessus).
- . Les accidents sont parfois l'occasion de suraccidents, comme dans le cas des carambolages, mais peuvent aussi, il est vrai, inciter à la prudence.
- . 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, 2011, chap. 5).
- . 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.

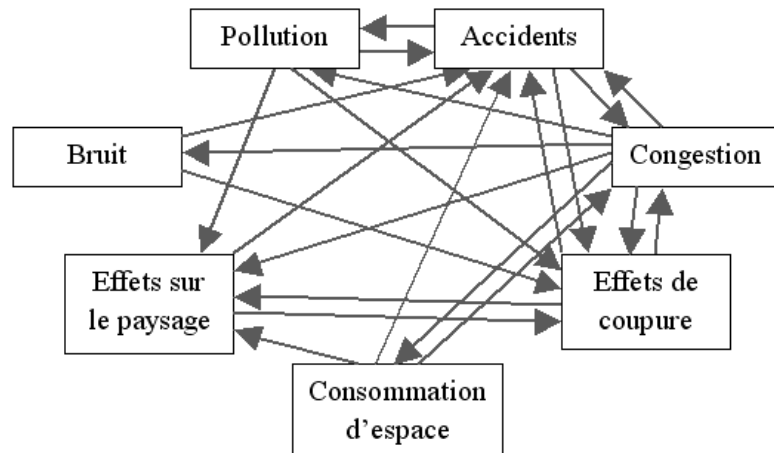
- . En perturbant l'attention, en augmentant le stress, le bruit participe à l'insécurité routière, et en remplissant l'espace, il contribue à accroître l'effet de coupure, dissuadant les déplacements à pied ou à vélo.
- . La pollution par les poussières salit les bâtiments et dégrade le paysage urbain. Et une simple flaque d'huile peut 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, envahissement 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, génère aussi une débauche de séparateurs et de signalisation qui sature 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 contri-

bue 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 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), même si nous manquons de données chiffrées pour évaluer l'importance de chacun de ces liens. Néanmoins, c'est déjà une première preuve que les nuisances font système. 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 : $(A + B) > (A) + (B)$. 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. « *Le tout est plus que la somme des parties* » affirmait déjà ARISTOTE dans sa Métaphysique, vers 350 av. J.-C., phrase célèbre régulièrement rappelée par les tenants de l'approche système.

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.

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

Impact indirect / Impact direct	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 inexistantes 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, surtout pour les personnes à mobilité réduite et pour les cyclistes très exposés. Ensuite, à cause des effets de coupure générés par les infrastructures de transport rapide, il peut être plus difficile de traverser les principales voies à pied que la ville en voiture. 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 dissuasive¹⁰. 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. D. 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 bruit, la pollution, l'insécurité routière, l'omniprésence des véhicules... (APPLEYARD et alii, 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'obésité¹¹. 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

¹⁰ 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.

¹¹ 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 minutes d'exercice physique par jour, même d'intensité modérée (source : OMS).

dégradation du cadre de vie dans les centres urbains. La réhabilitation des centres-villes a d'ailleurs permis un retour de certains 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 négative¹² (ou « effet boule de neige ») 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 : $A_t \Rightarrow B_t \Rightarrow A_t$. L'expression « cercle vicieux » devient alors tout à fait appropriée¹³. N'étant pas souhaitée par les récepteurs de la nuisance, la spirale négative est un type particulier d'effet pervers. En revanche, pour les émetteurs de la nuisance qui profitent de la situation, la spirale peut, bien sûr, être jugée positive¹⁴.

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 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 adolescents¹⁵. L'accompagnement en voiture, qui était encore dans les

¹² Les systémistes préfèrent utiliser le concept de « rétroaction positive », parce qu'ils considèrent qu'elle pousse le système à évoluer. Bien que rigoureux, ce vocabulaire étant peu intuitif, nous avons choisi de l'écarter.

¹³ Bien que juste, cette expression est peu appréciée tant elle dit de manière abrupte le caractère implacable et pervers du phénomène.

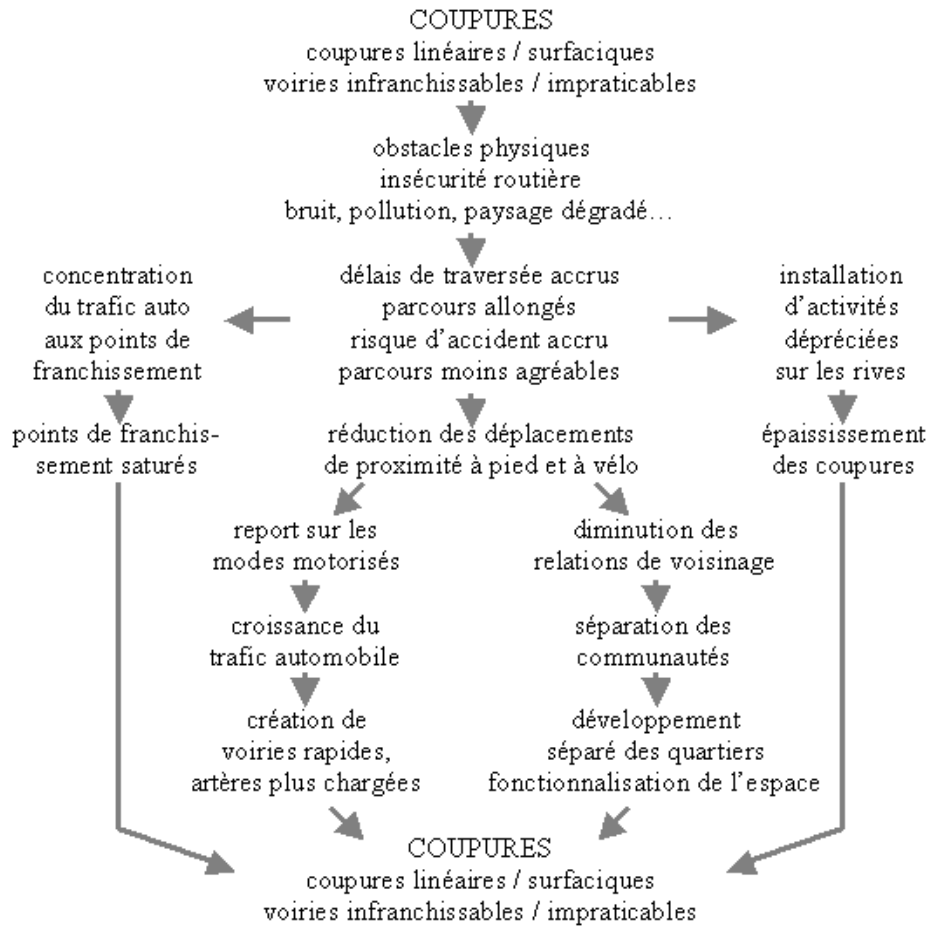
¹⁴ A propos de la dépendance automobile, G. DUPUY (1999 : 14-15) remarque : « *Au total, il y a bien un cercle vertueux ("magique" !) d'effets positifs qui, inmanquablement, enrôle avec lui un cercle vicieux d'effets négatifs dus au développement de l'automobile.* ».

¹⁵ En posant, à deux décennies d'intervalle, les mêmes questions dans les mêmes écoles, l'urbaniste anglais M. HILLMAN (1973 ; 1990) a pu mesurer la perte d'autonomie des enfants de 7 à 11 ans dans leurs déplacements. Alors qu'en 1971, 85 % d'entre eux se rendaient seuls à l'école, en 1990, ils ne sont plus que le tiers. Et les plus jeunes (7-8 ans) sont deux fois moins nombreux à être autorisés à traverser seuls la rue. La principale raison invoquée par les parents est le danger lié à la circulation (45 %) loin devant le manque de maturité de l'enfant [*child unreliable*] (20 %), la peur des agressions (20 %) et la distance trop grande (15 %).

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).

En général cependant, les spirales négatives ne sont pas isolées, mais multiples et enchevêtrées. 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 (Figure 2).

Figure 2 : L'autogénération des coupures



Source : HÉRAN, 2011, chap. 10.

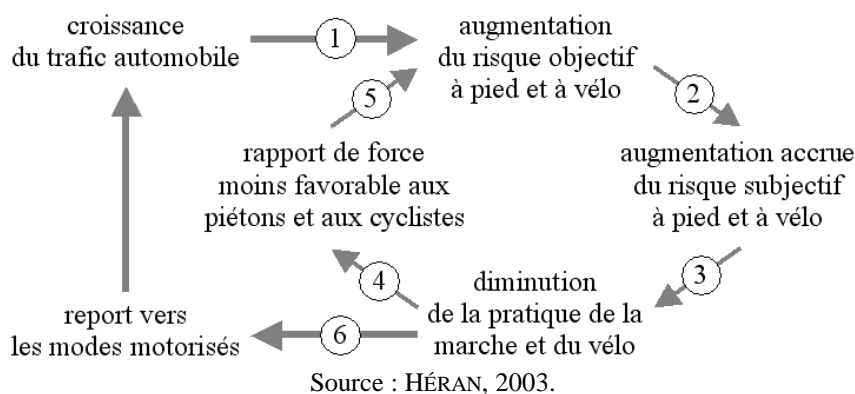
Enfin, chacun des quatre impacts indirects majeurs identifiés ci-dessus débouche lui-même sur une spirale négative qui le renforce.

1/ 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 (Figure 3).

- 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, 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. Aujourd'hui, si la pratique de la marche et surtout du vélo remonte dans certaines agglomérations, ce n'est que dans les centres-villes, parce que précisément le trafic y a été calmé (HÉRAN, 2011, chap. 2)¹⁶.

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



En outre, au sein même des modes motorisés, la congestion routière contribue à pousser les usagers des bus vers la voiture (ORFEUIL, 2006 : 154). Tout

¹⁶ Le succès des systèmes de vélos en libre service n'explique qu'environ 30 % de la hausse de la pratique du vélo à Lyon comme à Paris et il est, de plus, lié en partie aux politiques de modération de la circulation.

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 I. ILLICH (DUPUY, 1999 : 8-9).

2/ 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 Y. CHALAS (1997 : 50) 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 ? »* .

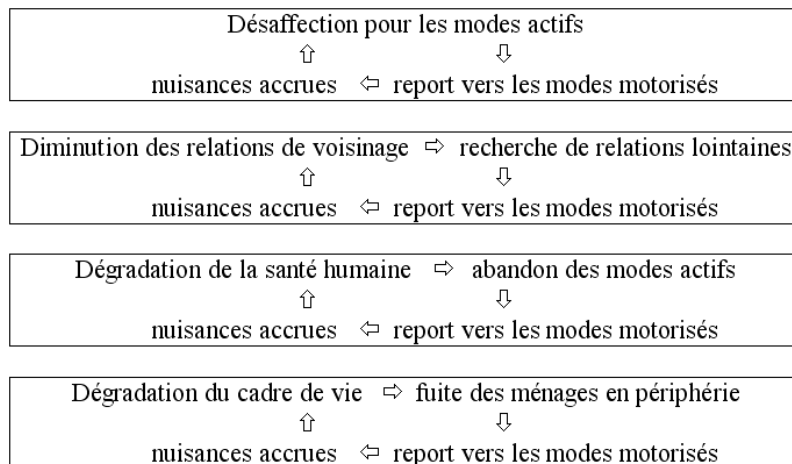
3/ De même, la dégradation de la santé liée au transport motorisé, et notamment à la sédentarité qu'elle favorise, tend à réduire l'usage des modes actifs dont on connaît pourtant les bienfaits en matière de santé, non seulement pour éviter l'obésité, mais aussi pour prévenir et même traiter de nombreuses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

4/ 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, THEYS, 2001). Ce phénomène bien connu a été dénoncé de façon virulente dès les années 60-70. Dans un pamphlet qui a beaucoup circulé, A. 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

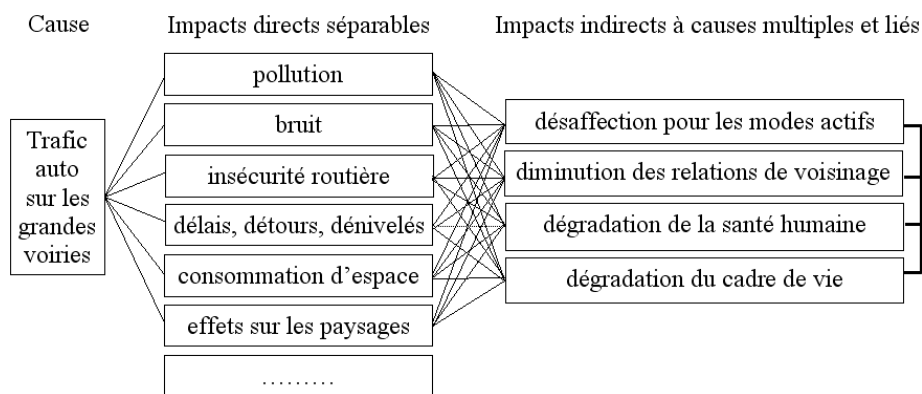
et perte de savoir-faire des techniciens). Idem pour les ménages installés dans le périurbain complètement dépendants de leur voiture, ou pour les personnes à la santé irrémédiablement affectée. Quant aux quartiers dégradés, seule une rénovation complète a quelques chances de redresser leur image.

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 (Figure 4).

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, ICHER, 1983 : 42 ; ENEL, 1998 : 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 peut aussi être 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, THEYS, 2001 : 128) Les transports motorisés renforcent les inégalités écologiques.

Toutefois, d'autres facteurs plus décisifs que la volonté de s'éloigner des nuisances interviennent dans le choix de localisation résidentielle, surtout pour les classes moyennes qui n'ont qu'une capacité d'arbitrage limitée, par exemple en parvenant à habiter dans le centre mais sur une artère très fréquentée.

Quoi qu'il en soit, 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^{ème} 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'endiguement 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).

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 ($e = 1/2(m.v^2)$). 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 limite de 50 à 30 km/h sur 80 % du réseau de voirie, la gravité des accidents est très fortement réduite -passant pour un piéton percuté à ces vitesses d'un risque mortel de 80 à 15 % (CETUR, 1990)-, bien que la vitesse moyenne soit seulement diminuée d'environ 10 %.

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, 2011, chap. 6). 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 actifs 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). La congestion est d'ailleurs provoquée non seulement par la motorisation accrue des ménages (i.e., le report modal),

mais aussi par la consommation d'espace de l'automobile très supérieure à celle des autres modes et par sa vitesse, c'est-à-dire par les distances accrues qu'elle permet de parcourir dans un temps donné.

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...	Appareil cardio-respiratoire altéré	Maladies pulmonaires, cardiovasculaires...
Odeurs	Combustion du carburant	Dégagement de composants aromatiques	Odeur altérée	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 abimé	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 censés 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 : 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 démonter 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 idée¹⁷, 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 essentiellement aux piétons et aux 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.

¹⁷ Comme celle qu'a réalisé APPLEYARD (1972) au début des années 70 à San Francisco et jamais reproduite depuis lors à notre connaissance, tant elle suppose de lourdes investigations.

Pourtant, depuis au moins les travaux 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). Cependant, ce ne sont pas 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, 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 publiques, 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 behavioriste 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 citoyens 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, 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.

CONCLUSION

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 devrait d'abord conduire à modifier profondément la manière d'étudier les nuisances. Pour maîtriser la diversité de leurs interactions, il devient nécessaire de rassembler des chercheurs dans des équipes pluridisciplinaires, tant sur le plan disciplinaire (physique, psychologie, sociologie, économie...) que dans les domaines d'application (bruit, pollution, accidents, etc.), ce qui n'a rien d'évident.

De plus, ce constat amène à revoir complètement le traitement des nuisances. Il ne s'agit plus de les endiguer, mais de les traiter autant que possible 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.

Une telle perspective soulève cependant bien des interrogations qui dépassent le cadre étroit de cet article : les bénéfices sont-ils 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 D., GERSON M.S., LINTELL M. (1981) *Livable Streets*. Berkeley, University of California Press, 364 p.

APPLEYARD D., LINTELL M. (1972) The environmental Quality of City Streets, the Residents' Viewpoint. *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 35, pp. 84-101.

BACHOFEN Ch. (1995) *Maîtriser les extensions périphériques. Fribourg en Brisgau, Munich, Hambourg, Vienne*. Rapport pour le Plan Urbain, Strasbourg, École d'architecture, REMU, 93 p.

BONNAFOUS A. (1992) Transports et environnement. Comment valoriser et maîtriser les effets externes ? *Économie et Statistiques*, n° 258-259.

BONNAFOUS A., BRUN G., NICOLAS J.-P. (1999) *Les transports et l'environnement. Vers un nouvel équilibre*. Conseil national des transports, Paris, La Documentation française, 176 p.

BRÈS A. (2005) *Inscription territoriale des mobilités et riveraineté des voies. Faire halte aujourd'hui*. Thèse, Université de Paris 1-Panthéon-Sorbonne, 318 p.

BRITISH MEDICAL ASSOCIATION (1997) *Road Transport and Health*. Londres, The Chameleon Press, 94 p.

BUCHANAN C.D. (1963) *Traffic in Towns*. Londres, HMSO, 264 p., (Trad. : L'automobile dans la ville. Paris, Imprimerie nationale, 1965, 224 p.).

CERTU (2002) *Évaluation 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 Y. (1997) Le déclin du quartier. *Urbanisme*, n° 297, pp. 49-53.

COHEN S. (2006) Considérations sur les courbes débit-vitesse. In *Séminaire vitesse. Apports récents de la recherche en matière de vitesse*. Arcueil, INRETS, pp. 57-66 (Actes INRETS n° 105).

CONFÉRENCE EUROPÉENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS (1998) *La mobilité induite par les infrastructures*. Rapport de la 105^{ème} table ronde d'économie des transports, Paris, CEMT, OCDE, 333 p.

DREIF (1994) *Schéma directeur de la Région Île-de-France*. Paris, DREIF, 314 p.

DRON D., COHEN DE LARA M. (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 G., (1999) *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*. Paris, Anthropos, 160 p.

EMELIANOFF C. (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 C., THEYS J. (2001) Les contradictions de la ville durable. *Le Débat*, n° 113, pp. 122-135.

ENEL F. (1998) *Les coupures routières en milieu urbain*. Rapport de synthèse, Paris, Véres consultants, recherche pour le Plan urbain, 92 p.

FABUREL G., MALEYRE I., PEIXOTO F. (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 J.-C. (1991) Le paysage des entrées de ville. *Recherche Transports Sécurité*, n° 32, pp. 127-137.

GOODWIN P.B. (1998) Unintended effects of transport policies. In D. BANISTER (ed.) *Transport policy and the environment*. Londres, E & FN Spon, pp. 114-130.

GOODWIN P.B. (2003) Unintended effects of policies. In D.A. HENSHER, K.J. BUTTON (ed.) *Handbook of Transport and the Environment*. Elsevier Ltd., pp. 603-613 (chapter 7).

GORZ A. (1973) L'idéologie sociale de la bagnole. *Le Sauvage*, n° sept.-oct.

GRESSIER Cl. (dir.) (2005) *Analyse comparative des méthodes d'évaluation des grandes infrastructures de transport*. Paris, Rapport du CGPC, 56 p.

HÉRAN F. (1998) Les conditions d'un report modal favorable à la marche et au vélo. *Transports, Environnement, Circulation*, n° 92, pp. 35-40.

HÉRAN F. (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.

HÉRAN F. (2003) La double spirale de l'insécurité routière à pied et à vélo. Intervention à la 5^{ème} journée d'étude de la FUBicy Villes cyclables, villes plus sûres, 11 avril, Dijon, 10 p.

HÉRAN F. (2009) Des distances à vol d'oiseau aux distances réelles ou de l'origine des détours. *Flux*, n° 76/77, pp. 110-121.

HÉRAN F. (2011) *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*. Paris, Economica, 220 p.

- HÉRAN F. (dir.), RAVALET E. (2008) *La consommation d'espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain. Application au cas de l'Île-de-France*. Rapport pour le PREDIT 3, lettre de commande 06 MT E012, 189 p.
- HILLMAN M., ADAMS J., WHITELEGG J. (1990) *One false move... a study of children's independent mobility*. Londres, Policy Studies Institute, 187 p.
- HILLMAN M., HENDERSON I., WHALLEY A. (1973) *Personal mobility and transport policy*. Londres, Policy Studies Institute, 134 p.
- HINE J., RUSSELL J. (1993) Traffic Barriers and Pedestrian Crossing Behavior. *Journal of Transport Geography*, Vol. 1, n° 4, pp. 230-239.
- INSERM (2008) *Activité physique. Contextes et effets sur la santé*. Éditions INSERM, 832 p.
- JACOBSEN P.L. (2003) Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, Vol. 9, pp. 205-209.
- JEANRENAUD Cl., SOGUEL N., GROSCLAUDE P., STRITT M.-A. (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 Cl., LAMBERT J. (1993) *Impact des transports terrestres sur l'environnement. Méthodes d'évaluation et coûts sociaux*. Bron, INRETS, 103 p. (Synthèse INRETS n° 23).
- LE MOIGNE J.-L. (1977) *La théorie du système général, théorie de la modélisation*. Paris, PUF, 258 p.
- LEPELTIER S. (2001) *Les nuisances environnementales de l'automobile*. Rapport d'information du Sénat n° 113, 216 p.
- LOIR Ch., ICHER J. (1983) *Les effets de coupure de voies routières et autoroutières en milieu urbain et périurbain*. Bordeaux, CETE du Sud-Ouest, CETUR, 131 p.
- MORCHEOINE A., VIDALENC E. (2009) Les transports électriques en France : un développement nécessaire sous contraintes. *ADEME & vous*, n° 21, 8 p.
- MERLIN P. (1994) Essai d'évaluation des coûts sociaux environnementaux liés aux transports. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, n° 4, pp. 625-640.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE L'ÉQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER (2004) *Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*. Paris, 30 p.

- NICOLAS J.-P. (1998) *Le coût des nuisances des transports : méthodes d'évaluation et usage des résultats obtenus*. Lyon, Laboratoire d'Économie des Transports, 22 p. (document de travail n° 98/02).
- NOLAND R.B., LEM L.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, n° 1, pp. 1-26.
- ORFEUIL J.-P. (1997) *Les coûts externes de la circulation routière*. Arcueil, INRETS, 110 p. (Rapport INRETS n° 216).
- ORFEUIL J.-P. (2006) Déplacements automobiles urbains et environnement. In E. DORIER-APPRILL *Ville et Environnement*. Paris, Sedes, pp. 147-168.
- POUYET J.-P. (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 M., FAURE A. (1995) Sécurité subjective, sécurité objective et comportements : l'apport des opérations "Ville plus sûre, quartiers sans accidents". Communication à la 5^{ème} conférence internationale sur les comportements de déplacement, octobre, 11 p.
- QUINET E. (1998) *Principes d'économie des transports*. Paris, Economica, 419 p.
- WILDE G.J.S. (1982) The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analysis*, Vol. 2, n° 4, pp. 209-225.
- WOLF G. (1992) Les deux-roues légers : sécurité et aménagements. In Th. BRENAC (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*. WHO Regional Publications, European Series, n° 89, edited by C. DORA, M. PHILLIPS, 86 p.