

Les transports après Kyoto : l'efficacité énergétique des villes

Jean-François Lefebvre et Mohamed Khouchane

Groupe de recherche appliquée en macroécologie (www.grame.qc.ca)

Décembre 2001

On ne peut mettre en œuvre une politique cohérente et efficace visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) sans y intégrer le secteur des transports. Sinon, tous les progrès qui pourraient être réalisés dans les autres secteurs risquent d'être annihilés par la croissance de la consommation énergétique des transports. On ne peut pas non plus dissocier la réduction des impacts des véhicules et l'aménagement urbain.

Dans la présente analyse, la consommation d'essence sera considérée comme un indicateur de la performance macroécologique de nos villes. Le but de l'exercice ? Mieux comprendre les incidences de l'aménagement urbain sur les besoins en transport, ce qui permettra de dresser les premiers jalons de ce que devraient être des villes viables. Viables à la fois d'un point de vue macroécologique (des villes qui offrent une bonne qualité de vie), mais aussi des villes qui permettent de réduire les incidences de l'activité humaine sur la biosphère.

Réduction de la consommation d'essence : les modèles traditionnels

« Les gouttes d'or noir qu'engloutissent gloutonnement nos millions de véhicules motorisés ont de grandes histoires à nous raconter. Elles peuvent nous décrire non seulement la gourmandise de nos voitures, mais également nous dresser d'excellents portraits des choix de société qui façonnent nos villes. C'est un excellent indicateur macroécologique. »
(Lefebvre, Guérard et Drapeau, 1995)

Comment peut-on réduire la consommation d'essence et les émissions polluantes qui lui sont associées? Plusieurs chercheurs ont tenté de répondre à cette question. Pour y arriver, ceux-ci ont réalisé de nombreux modèles visant à identifier les facteurs qui influencent la consommation d'essence, mais la plupart de ces modèles souffrent d'une carence à éviter en économétrie : la simplification ou l'omission de variables¹.

Plusieurs de ces modèles estiment la consommation d'essence sur la seule base de deux variables : le prix réel de l'essence et le revenu. Dans la plupart des autres études, on ne retrouve qu'une ou deux variables explicatives supplémentaires.

Dans ces cas, on obtient comme résultat des élasticités de la demande très élevées par rapport au prix de l'essence et au revenu. On constate que l'élasticité-revenu de l'essence est beaucoup plus faible dans toutes les études qui comportent un plus grand nombre de variables. Les implications sont énormes : cela signifie que la hausse du niveau de vie n'implique pas nécessairement une augmentation de la consommation d'essence. En conséquence, la hausse de nos émissions de gaz à effet de serre n'est pas un mal nécessaire et inévitable²!

D'autres modèles permettent d'analyser la consommation d'un véhicule en fonction du cycle de conduite (Dion, Rakha et Manar, 2001).

Une telle approche permet de conclure que l'on réduirait drastiquement la consommation et les émissions en éliminant les arrêts, voire tout ce qui pose la moindre contrainte à la conduite automobile. La réalité s'avère toutefois un peu plus complexe...

Si tous ces modèles sont des sources précieuses d'information, le peu de place que

¹ Les modèles diffèrent les uns des autres par le choix des variables explicatives, par la forme fonctionnelle, la structure du terme d'erreur, la dimension temporelle du modèle (statique ou dynamique) et la technique d'estimation utilisée.

² Pour la plupart des modèles traditionnels, la hausse des taux de possession et d'utilisation de l'automobile semble inévitable. Celle-ci est considérée comme reliée particulièrement à l'évolution des revenus.

ces études accordent aux variables urbaines constitue une sérieuse lacune. Heureusement, des études récentes se sont penchées sur ces aspects négligés.

Efficacité énergétique : les autos versus la ville

Depuis les années 1970, il est question de réduire la consommation des véhicules. Parmi les moyens les plus fréquemment proposés, on note la fabrication de véhicules plus efficaces, l'amélioration des habitudes de conduite et l'accroissement de la fluidité du trafic. On pense généralement ainsi : « S'il y a moins de congestion, je vais rouler plus vite, ce qui va donc réduire ma consommation d'essence. » C'est ce que nous allons appeler le *modèle linéaire*.

Dans cet esprit, plusieurs recherches ont visé à évaluer les économies de carburant que permettrait, potentiellement, la réduction de la congestion. La plupart de ces recherches ont été effectuées à l'aide de véhicules équipés d'instruments de mesure enregistrant la consommation d'essence sous diverses conditions de circulation.

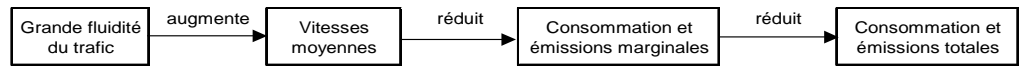
C'est en se fondant sur ce genre d'étude que l'on considère fréquemment, dans les analyses avantages-coûts, que les projets de construction routière entraînent un bénéfice en efficacité énergétique, ce qui contribue à justifier ces projets.

Plusieurs chercheurs remettent aujourd'hui en question la validité de ces études. On leur reproche de tenter d'évaluer un problème complexe, la consommation énergétique pour le transport urbain, en n'étudiant qu'une de ses composantes, la consommation d'essence d'un véhicule.

Nous devons les travaux les plus complets aux chercheurs australiens Peter Newman et Jeffrey Kenworthy. Ceux-ci incluent dans leur analyse des mécanismes de rétroaction : l'amélioration de la fluidité du trafic augmente les taux de possession d'automobile et les distances parcourues, tout en favorisant le choix de l'automobile comme mode de transport. Selon ces deux professeurs de l'Université Murdoch, l'amélioration de la circulation routière augmenterait la consommation énergétique de la ville.

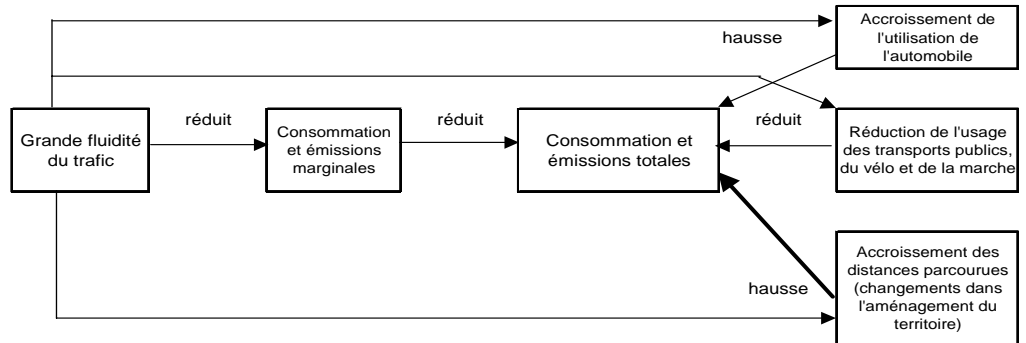
La figure 1 résume les hypothèses de ces deux modèles. Celui dans lequel les auteurs considèrent la présence de rétroactions est présenté sous deux conditions : dans un trafic très fluide ou en présence de congestion.

Figure 1
Comment la fluidité du trafic augmente la consommation d'essence

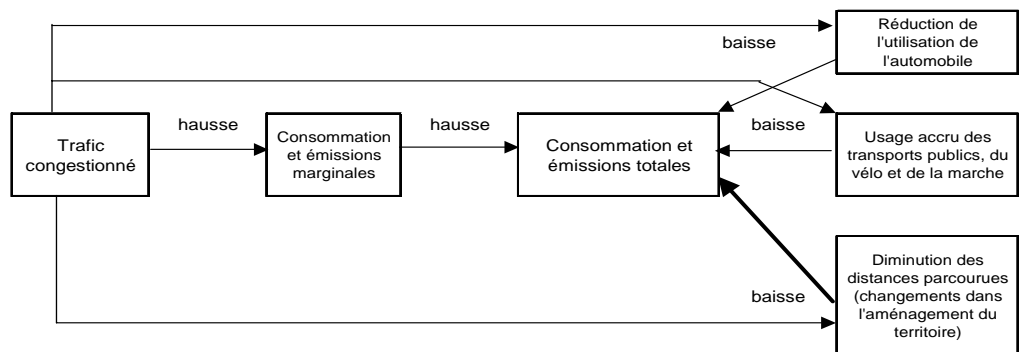


Modèle 1 : Relations strictement linéaires

(a)



(b)



Modèle 2 : Relations avec Feedback

a) Grande fluidité

b) Trafic congestionné

L'étude que nos deux chercheurs ont réalisée dans la ville australienne de Perth est convaincante. Les tableaux 1 et 2 présentent les principales caractéristiques des six secteurs étudiés, chacun partant de la ville centrale vers les banlieues³.

Le premier tableau décrit la fluidité du trafic (vitesse moyenne, arrêts par km) ainsi que la distance moyenne parcourue par trajet. À mesure que l'on s'éloigne du centre-ville vers les secteurs périphériques, la congestion tend à diminuer et l'on constate une amélioration significative de l'efficacité énergétique des véhicules (deuxième tableau). Celle-ci culmine dans les banlieues éloignées, où une vitesse moyenne de plus de 50 km/h permet à la plupart des véhicules de rouler à leur vitesse optimale. Dans ces conditions, les véhicules sont en moyenne 26 % plus efficaces que ceux circulant dans le secteur central congestionné.

³ Perth compte 900 000 habitants. La ville fut divisée en 38 zones et six grands secteurs.

Le paradoxe de Downs/Thomson

« Tous les efforts pour améliorer les déplacements en automobile à l'heure de pointe vont être vains si les transports publics ne sont pas également améliorés. Malheureusement, les tentatives pour améliorer les conditions du trafic en augmentant la capacité des routes peuvent mener à une détérioration des transports publics. Dans ce cas, une partie des déplacements va être transférée des transports publics vers les transports privés, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint là où chaque système est de moins bonne qualité qu'auparavant. »

Thomson, 1977

Dans les villes possédant un transport en commun doté de ses propres voies (train, métro), la construction de voies rapides aura donc comme effet de réduire l'attrait relatif des transports collectifs par rapport à l'automobile. Pire, il peut y avoir aggravation des problèmes de congestion et accroissement des temps de parcours. À l'imputation de deux pionniers, l'hypothèse que l'ajout de voies rapides peut ralentir les déplacements est appelée le paradoxe de Downs/Thomson.

Plusieurs faits et évidences empiriques tendent à valider le paradoxe de Downs/Thomson. Mentionnons que malgré la croissance gigantesque du réseau routier, la vitesse moyenne de la circulation automobile n'a cessé de chuter dans les principales villes des pays industrialisés. Les implications de cette analyse sont considérables. Ainsi, la raison pour laquelle les décideurs s'entêtent à poursuivre la construction routière en région urbaine peut être vue comme un échec des urbanistes et des économistes à les convaincre de la nécessité d'adopter une vision systémique des modes de transport urbain.

On doit ce concept à Downs, en 1962, et, de façon indépendante, à Thomson en 1977. (Cités in Mogdridge et al., 1987.)

Tableau 1
Déplacements automobiles et distances du centre-ville de six secteurs de Perth

Secteur	Distance de la ville centrale (km)	Vitesse moy. (km/h)	Arrêts par km	Distance moy. d'un trajet (km)		
				Travail	Magasinage	Tous motifs
1	2	33,8	1,57	7,0	2,7	5,0
2	5	41,3	0,89	6,8	3,7	5,7
3	9	45,5	0,89	9,3	3,8	6,0
4	11	46,7	0,67	13,0	4,2	6,9
5	13	44,9	0,76	11,9	5,4	7,2
6	19	52,2	0,32	13,0	5,9	8,8
Moyenne de Perth		43,4	0,84	10,0	4,4	6,6

Newman et Kenworthy, 1988.

Tableau 2
Variation de la consommation d'essence par véhicule et *per capita* selon la distance du centre-ville dans six secteurs de Perth

Secteur	Distance de la ville centrale (km)	Consom. par véhicule (ml/km)	Écart relatif à la moy. %	Consom. <i>per capita</i> (MJ/hb/an)	Écart relatif à la moy. %	% Trajets totaux en auto
1	2	147,0	+18,6 %	23 624	-22,0	61,2
2	5	128,5	+3,7 %	25 634	-15,4	71,2
3	9	118,5	-4,4 %	28 930	-4,5	73,5
4	11	117,4	-5,2 %	27 785	-8,3	64,7
5	13	119,0	-4,0 %	32 783	+8,5	72,7
6	19	108,9	-12,1 %	39 015	+28,8	78,1
Moyenne de Perth		123,9	-	30 286	-	71,4

Newman et Kenworthy, 1988.

Pourtant, malgré ce net avantage sur le plan des rendements énergétiques, les résidents du secteur le plus éloigné consomment en moyenne 65 % plus d'essence que ceux du secteur central. Il n'y a donc pas corrélation entre l'efficacité énergétique des véhicules et la consommation d'essence *per capita*. Si, dans les quartiers centraux congestionnés, l'efficacité marginale des véhicules est faible, les distances parcourues sont plus petites et l'usage des transports publics s'avère beaucoup plus élevé que dans les banlieues.

Il ressort de cette étude que les choix de localisation et de mode de transport expliqueraient la majorité des variations observées quant à la consommation d'essence. Ces résultats tendent à être confirmés par une importante étude comparative de 32 villes du monde, réalisée par ces mêmes auteurs. Les villes où les vitesses de circulation routière sont les plus élevées sont celles où l'on retrouve les plus hauts niveaux de consommation d'essence.

La remise en question des projets routiers

«Au lieu de faciliter la mobilité individuelle, la prolifération des automobiles a provoqué une crise née de l'encombrement qu'elle suscitait. La démarche traditionnelle pour résoudre ce problème a débouché sur un cercle vicieux : la construction de plus en plus de routes ne fait qu'attirer plus de voitures, ce qui accroît la pression pour qu'encore plus de routes soient construites.»

Michael Renner, Worldwatch Institute, 1989

Les Britanniques, comme plusieurs autres Européens, commencent à réaliser que « les vastes programmes de construction d'autoroutes ont exacerbé les problèmes de congestion et de pollution, tout en rendant les rues des centres urbains peu attractives pour les piétons. » Plusieurs planificateurs sont devenus plus prévoyants : à Oxford, l'autoroute de contournement déjà planifiée a été rejetée en faveur de voies réservées pour les autobus.

La ville californienne de Los Angeles offre une preuve indéniable que la construction de routes n'améliore pas la circulation routière. «Dans le sud de la Californie, où le nombre de kilomètres de routes est sans doute plus grand que partout ailleurs dans le monde, la vitesse moyenne de circulation ne dépasse pas 53 km/h et devrait tomber à 24 km/h d'ici l'an 2000. La Commission sur l'économie et l'organisation de l'État de Californie, composée de dirigeants d'entreprises et d'hommes politiques, a récemment averti que l'encombrement croissant avait placé la Californie au seuil d'une crise des transports qui influera sur la prospérité économique de l'État.»

En juin 1990, l'État californien augmentait sa taxe sur l'essence, une partie des fonds étant destinés à financer l'amélioration du transport en commun. Dans la ville de Portland, en Oregon, une partie des fonds accordés par le gouvernement fédéral pour construire des routes a été transférée à l'instauration d'une ligne de trolleybus (autobus électriques).

(Sources diverses, traduction libre, cités in Lefebvre, Guérard et Drapeau, 1995.)

Les deux revers de la médaille

Un projet illustre très bien comment on peut aboutir à deux conclusions totalement différentes selon que l'on ne tienne compte que de certains aspects du problème ou, au contraire, que l'on adopte une analyse beaucoup plus globale : le prolongement de l'autoroute 25 et la construction d'un nouveau pont devant relier Montréal et Laval, au coût de plus de 200 millions de dollars.

Pierre Veillat, professeur à l'Université de Montréal, a déjà affirmé que le prolongement de l'autoroute 25 et la construction d'un pont traversant la rivière des Prairies réduiraient de 2 % les émissions de CO₂ dans la région montréalaise. Son argumentation se fondait sur la logique suivante ⁴ :

- La construction d'une infrastructure routière permet à plusieurs personnes de faire le même voyage avec un itinéraire plus court (d'où des économies d'énergie et une réduction de la pollution).
- Les émissions unitaires de polluants étant plus élevées à de très faibles vitesses (dans un trafic congestionné), une augmentation de la fluidité implique une baisse des émissions.

L'auteur a toutefois ignoré les effets induits de la construction d'une autoroute et d'un pont menant tout droit dans un vaste territoire récemment dézonné de l'est de Laval. Il affirme tout simplement que « cet aspect échappe au seul ministère des Transports du Québec et ne fait pas l'objet d'analyse particulière ici. »

Ces effets sont pourtant importants :

- Émigration d'une partie de la population vers des banlieues de plus en plus éloignées ⁵;
- Déplacement de familles, depuis la ville vers les banlieues favorisées par le nouveau projet routier.

Les distances parcourues et le nombre de véhicules tendent à augmenter à long terme. Leur accroissement est généralement phénoménal, car les transports publics sont inexistantes dans les nouveaux développements, alors que les distances rendent les familles dépendantes de l'automobile pour leurs moindres déplacements. Ces facteurs influent à un point tel que, quelques années après la construction d'un nouveau pont, celui-ci devient congestionné, ce qui accroît de nouveau les émissions unitaires. On appelle le paradoxe Downs/Thomson l'hypothèse, maintes fois vérifiée, que l'ajout de voies rapides peut ralentir les déplacements (voir ci-contre).

L'analyse de Veillat semble valable à court terme, mais elle ne tient pas du long terme. En fait, selon son argumentation, les villes ayant le plus d'infrastructures routières devraient avoir une meilleure fluidité du trafic et afficheraient de plus bas niveaux d'émission de polluants. La réalité va totalement à l'opposé. Aujourd'hui, on commence à remettre en question plusieurs projets routiers (voir l'encadré de la page suivante).

Heureusement, on a pu assister à une première historique : le ministère des Transports du Québec s'est vu demander d'inclure les incidences sur l'effet de serre dans l'étude d'impact du projet de pont au-dessus de la rivière des Prairies. Cette initiative a déjà été qualifiée, il y a quelques années, de « folie furieuse » dans un éditorial du journal *Les Affaires*⁶!

La présente analyse ne signifie pas qu'il faille s'opposer à tous les projets de construction routière. Il implique que l'on doive considérer intelligemment les impacts

⁴ Veillat, non daté.

⁵ La distance n'est pas un critère important pour le choix du lieu de résidence, mais bien davantage le temps requis pour se rendre au travail. Les auteurs français parlent du « budget-temps ».

⁶ Éditorial de Jean-Paul Gagné, *Les Affaires*, 29 juin 1991.

écologiques et macroécologiques de chacun avant d'y donner son aval, dont celui d'un nouveau pont reliant Montréal à Laval.

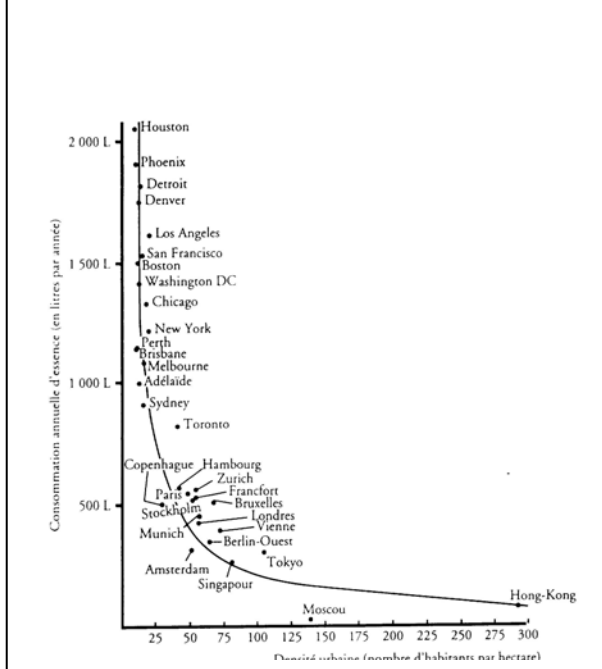
Les villes et la dépendance face à l'automobile

Nous avons mentionné, précédemment, l'importante étude réalisée par Newman et Kenworthy. Intitulée « *Cities and automobile dependence, an international sourcebook* », leur œuvre présente des comparaisons entre 32 villes du monde et couvre une large panoplie de variables urbaines et de transport. Pour la première fois, on compare quantitativement des villes avec des données standardisées recueillies selon une même méthodologie.

Pour cette tâche colossale, les chercheurs durent parcourir, durant des mois, les dédales administratifs des 32 villes sélectionnées, à la recherche des données requises. On comprend aisément pourquoi ce genre d'étude n'avait pas été réalisée antérieurement. Les villes choisies pour cette étude proviennent toutes, en l'occurrence, de pays industrialisés. Nous résumerons ici les principaux constats et conclusions de cette étude. Commençons par quelques observations sur la consommation d'essence :

Figure 2 Consommation d'essence en fonction de la densité urbaine dans 32 grandes villes du monde

(Newman et Kenworthy, 1989).



- La consommation d'essence *per capita* des 10 villes américaines choisies est en moyenne quatre fois plus élevée que celle des 12 villes européennes, 10 fois plus que celle des trois villes asiatiques (Tokyo, Singapour et Hong Kong) et un peu moins du double de celle de Toronto, la seule ville canadienne incluse dans l'étude.
- Même après des ajustements dans la consommation, pour tenir compte des différences dans l'efficacité énergétique des parcs automobiles, les Américains consomment encore trois fois plus que les Européens. Les flottes automobiles européennes possèdent de meilleurs rendements énergétiques que les nord-américaines, les flottes asiatiques emportant la palme d'or de l'efficacité.
- Après correction, Toronto (la seule ville canadienne incluse dans l'étude) apparaît comme nettement plus efficace que les villes américaines et australiennes, tout en consommant encore le double des villes européennes.

- La capitale russe ne peut être véritablement comparée aux autres villes, à cause de son contexte très particulier. On note toutefois que la consommation d'essence des Moscovites était, en 1980, 150 fois moindre que celle observée dans les villes américaines.
- On observe de grands écarts entre les villes d'un même pays, alors qu'il n'y a, dans ce cas, pas de variations technologiques significatives. Ainsi, la consommation d'essence par habitant à Houston dépasse de 40 % celle de New York.
- Les trajets sont plus longs dans les villes américaines, davantage étalées que leurs semblables du vieux continent.

Trois facteurs sont généralement considérés comme primordiaux dans la plupart des études traditionnelles qui visent à expliquer la consommation d'essence : le revenu des consommateurs, le prix de l'essence et l'efficacité énergétique des véhicules.

- Il existe une relation indéniable entre l'utilisation de l'automobile et la capacité d'acheter une voiture, donc le revenu. Mais le revenu n'est qu'un des facteurs, parmi d'autres, dans la détermination du niveau d'utilisation de l'automobile⁷.

⁷ Newman et Kenworthy (1989) obtiennent même un coefficient de corrélation de -0.12 entre la

- La plupart des auteurs trouvent des coefficients de corrélation très significatifs entre la consommation d'essence et son prix et entre celle-ci et les rendements des parcs automobiles⁸.

On a également évalué quelle serait la consommation d'essence de chaque ville étudiée si toutes avaient les mêmes revenus, prix de l'essence et niveaux d'efficacité énergétique que l'on retrouve aux États-Unis. Il a ainsi été estimé qu'en moyenne, ces trois facteurs expliquent moins de 40 % de la consommation d'essence dans le court terme et près de la moitié dans le long terme.

Sur les transports publics

- Plusieurs villes américaines fortement orientées vers l'automobile n'ont virtuellement pas de transport public (moins de 1 % des déplacements pour Houston, Phoenix et Détroit).
- Seules les villes offrant un service de transport par rail (train, métro, tramway) réussissent à attirer une proportion significative de passagers vers les transports collectifs.
- Non seulement les Européens utilisent davantage les transports en commun que les Américains (35 % comparativement à 19 % pour les déplacements liés au travail), mais ils utilisent aussi en bien plus grand nombre la marche et le vélo (21 % des déplacements en moyenne).
- Plus l'offre de transport public est grande, plus celui-ci tend à être utilisé⁹.
- On aurait pu les croire en compétition, pourtant l'utilisation des transports publics et des modes de transport non motorisés sont corrélés positivement. Les auteurs interprètent ce phénomène en suggérant qu'une amélioration des conditions pour les transports en commun (c'est-à-dire une densification urbaine impliquant une diminution des distances à parcourir) favorisera également la marche et le vélo.

Transport privé et forme urbaine :

- Les villes qui ont davantage de routes et d'espaces de stationnement sont clairement celles où les gens possèdent et utilisent le plus d'automobiles.
- Les villes où la circulation routière est la plus lente sont bien celles où la consommation d'essence *per capita* est la plus basse.

Finalement, il existe une forte relation négative entre la consommation d'essence et toutes les variables de densité. La relation entre la densité résidentielle et la consommation d'essence est particulièrement frappante. Celle-ci forme une courbe exponentielle très nette (figure 2, ci-contre). Un minimum de 30 habitants par hectare semble un seuil minimal critique en deçà duquel la consommation énergétique explose littéralement.

Pour Newman et Kenworthy, une politique de développement durable en milieu urbain doit reposer sur cinq impératifs :

- Densifier la ville;
- Orienter les infrastructures de transport de façon à favoriser les modes de transport autre que l'auto;
- Développer des contraintes au trafic automobile;

consommation d'essence et le revenu moyen pour les 10 villes américaines étudiées. Cette très faible relation négative va à l'encontre des notions communément admises. Ce résultat tend à confirmer la faiblesse de l'effet-revenu lorsqu'on inclut dans l'analyse un nombre suffisamment élevé de variables.

⁸ Ici encore, toute amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules est en partie annulée par l'accroissement de l'utilisation des véhicules (cela équivaut à une baisse du prix de l'essence).

⁹ Il est à noter que l'on prend moins les transports collectifs là où la vitesse moyenne des autobus est plus rapide. Ce paradoxe s'explique par le fait que les autobus circulent beaucoup plus vite dans les villes peu denses et orientées vers l'automobile, là où cette dernière est déjà structurellement favorisée.

- Accroître le degré de centralisation (emplois, services);
- Améliorer les performances des transports collectifs.

L'étalement urbain n'est pas inévitable. L'adoption d'une politique de développement durable des villes doit devenir le corollaire de toute stratégie visant à accroître l'efficacité énergétique et à réduire les impacts environnementaux des transports.

Références :

- LEFEBVRE, J.-F., GUÉRARD, Y. ET J.-P. DRAPEAU. L'autre écologie. Économie, transport et urbanisme. Une perspective macroécologique, Sainte-Foy, Éditions Multimondes et GRAME, 1995, 370 p.
- NEWMAN, P. W. G. ET J. R. KENWORTHY. *Cities and Automobile Dependence : An International Sourcebook*, Gower Publishing Company Limited, Hants, Angleterre, 1989.
- NEWMAN, P. W. G., KENWORTHY, J. R. ET T. LYONS. *Transport energy conservation policies for australian cities*, Western Australia, Institute of Sc. & Techno. Policy, Murdoch University, 1990.
- NEWMAN, P. W. G. ET J. R. KENWORTHY. *The transport energy trade-off: Fuel-efficient Traffic Versus Fuel-Efficient Cities*, Transp. Res. -A, vol. 22, no. 3, 1988, pp. 163-174.
- DION, RAKHA ET MANAR. *Modèle mécasopique de consommation du carburant et des émissions des polluants*, conférence présentée lors du congrès annuel de l'AQTR, Laval, 2001.
- DRIVEN TO SPEND. The impact of Sprawl on Household Transportation Expenses, www.transact.org/Reports/Driven/default.htm.

Une réalisation du Groupe de recherche appliquée en macroécologie (GRAME) :

www.grame.gc.ca



Bureau Lachine :

800, rue Sherbrooke, bur.213
Arrondissement Lachine
Montréal (Québec) H8S 1H2
Tél. : (514) 634-7205
Téléc. : (514) 634-7204

Bureau Centre-Ville :

315, rue René-Lévesques Est, bur.003
Montréal (Québec)
Tél. : (514) 874-0008
Téléc. : (514) 874-0004
grame@videotron.ca

Grâce à l'appui des partenaires suivants :



Programme d'aide aux priorités en environnement (PAPE)

Grâce à une production à 97 % hydroélectrique, Hydro-Québec contribue aux efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Elle est donc fière d'appuyer les initiatives du GRAME visant la protection du climat.