

Patrick Criqui
Julien Allaire

La relation entre la consommation d'espace par la ville et la consommation d'énergie pour la mobilité est aujourd'hui démontrée. La réduction de l'étalement urbain constitue l'une des dimensions-clé du développement de villes durables, alors que se confirme la nécessité de limiter significativement les consommations d'énergie du bâtiment et des transports, dans le cadre des politiques Facteur 4 qui visent à long terme à diminuer par quatre les émissions de gaz à effet de serre, en 2050 par rapport à 1990 dans le cas de la politique climatique française.

Pour parvenir à la ville Facteur 4, trois grands types de changements sociaux sont mobilisables : des changements technologiques, des mutations organisationnelles et comportementales. Dans les politiques qui se dessinent aujourd'hui pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des stratégies favorisant les changements technologiques ont déjà émergé. Les stratégies conduisant à privilégier une combinaison de changements organisationnels et comportementaux restent largement à définir.

Les invariants dans la relation ville-transport

Les villes se développent en interaction permanente avec leurs systèmes de transport (Clark, 1957). Elles se transforment avec l'apparition de nouveaux modes de déplacement et déploiement de ceux-ci au sein de l'aire urbaine. Ces nouveaux modes de déplacement permettent l'urbanisation de nouveaux territoires en permettant des relations rapides entre centre et zones périphériques. La vitesse de déplacement est un élément majeur pour la compréhension du développement urbain.

À la fin des années 1970, Y. Zahavi (1976) proposait une conjecture aujourd'hui célèbre, selon laquelle le temps de transport moyen des individus dans une agglomération était globalement identique, quels que soient la taille et le niveau de développement de cette agglomération. Il montrait que dans les villages africains où l'on se déplace principalement

à pied comme dans les villes américaines où l'on se déplace majoritairement en voiture, le temps moyen consacré au transport était d'un peu plus d'une heure par jour.

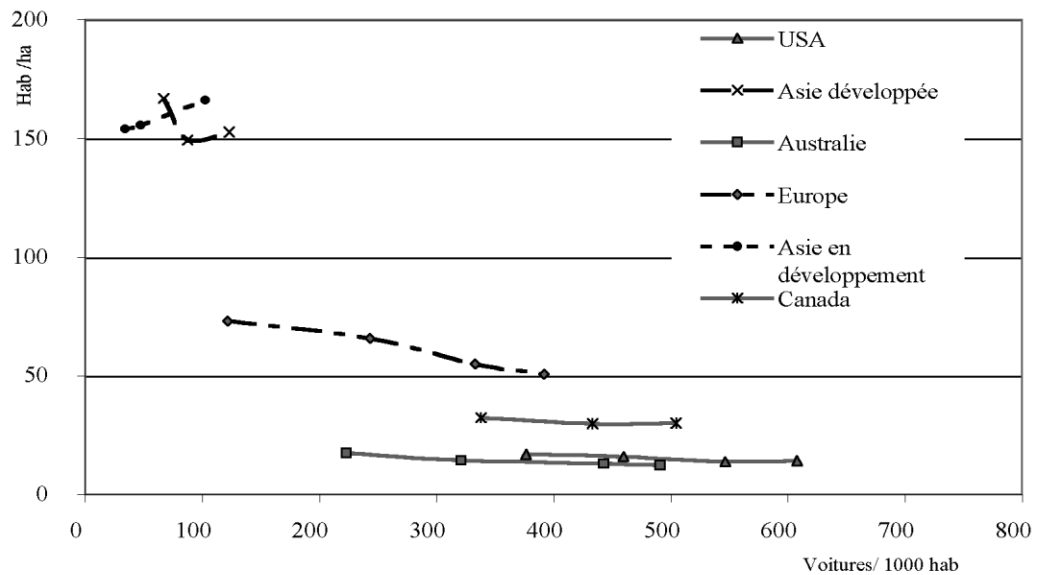
Cette conjecture permet de définir la ville par une dimension temporelle. Dans cette approche, les limites fluctuantes de la ville dépendent en effet des vitesses praticables selon les systèmes de transports urbains. La vitesse potentielle est l'élément qui définit l'emprise de la ville sur le territoire et façonne la forme urbaine. Depuis le début de la révolution industrielle jusqu'à nos jours, la tendance dominante est à l'augmentation des vitesses possibles et par conséquent à l'étalement des formes urbaines. Le développement de systèmes de transport de plus en plus rapides permet de parcourir des distances de plus en plus longues.

Y. Zahavi proposait également une conjecture relative au budget consacré au transport par les ménages (Zahavi, Talvitie, 1980). Il constatait que les ménages attribuent au transport une part fixe de leur budget (environ 11 %). L'augmentation du revenu dû à la croissance économique se traduit alors par une croissance proportionnelle des dépenses pour les transports.

Cependant la part des dépenses destinées au transport dépend aussi du système de transport de chaque ville (Schäfer, Victor, 2000). Dans les villes en développement, le budget de transport représente 3 à 5 % du revenu des individus, tandis que les habitants des villes américaines dépensent près de 12 % de leur budget pour leurs déplacements.

Trois formes urbaines pour trois modes de transports

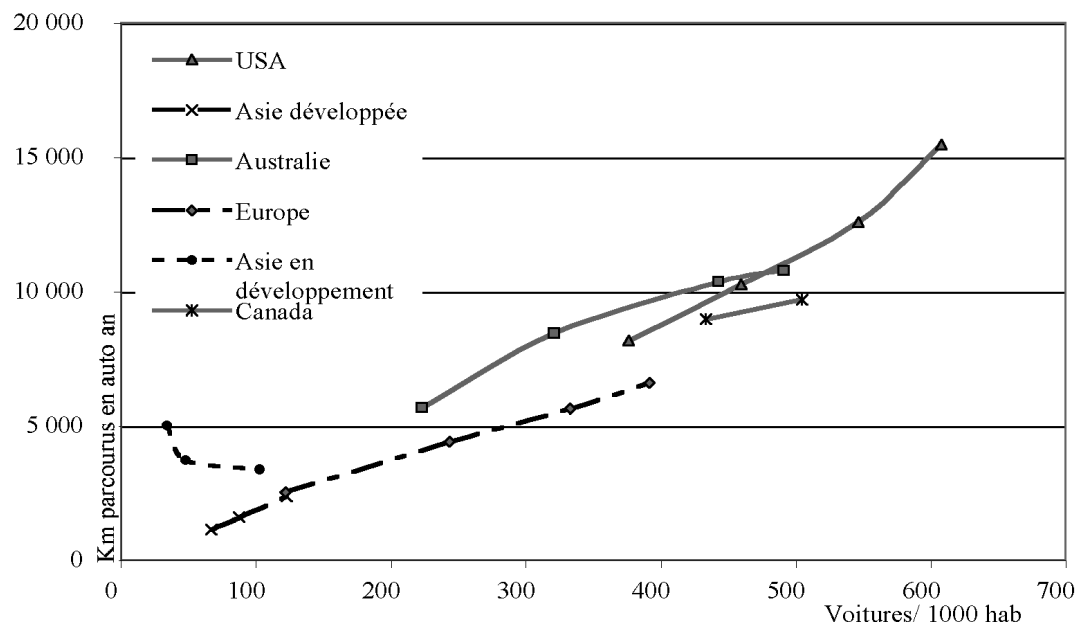
Il existe schématiquement trois types de modes de transport : les modes doux (principalement marche à pied et vélo), les



Densité de population et taux de motorisation (1960-1990)

Les données pour le Canada, l'Asie développée et Asie en développement sont celles de 1970 à 1990.

Données : ISTP



Propriété et usage de l'automobile (1960 à 1990)

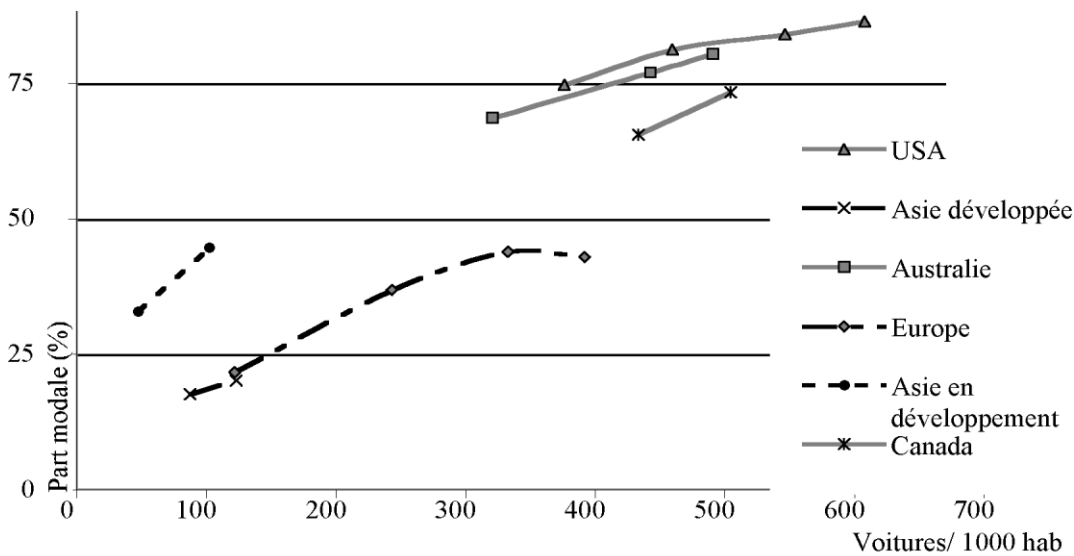
Canada : données pour 1980 et 1990 ; Asie en développement et Asie développée

Données 1970, 1980, 1990. Données : ISTP

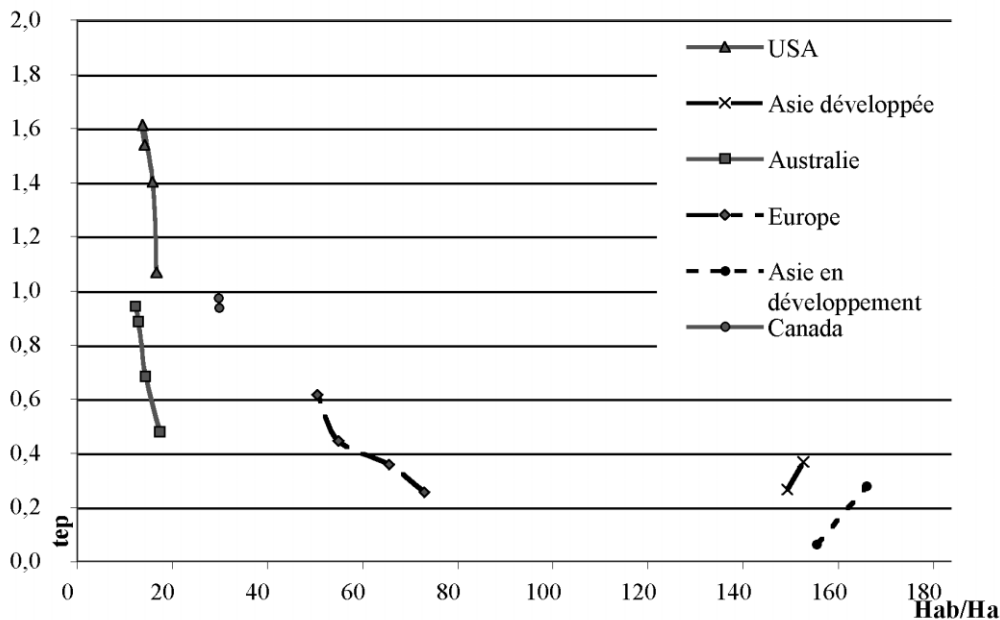
transports en commun (bus, tramway, métro) et la voiture particulière. Schaeffer et Sclar (1975) ont étudié les villes en les caractérisant par leur mode de locomotion dominant: la ville piétonne, la ville du transport en commun et la ville automobile. Comment évoluent la densité, la mixité et le *design* dans chaque cas (Cervero, Kockelman, 1997)?

La densité est la variable la plus aisément quantifiable, même si le choix des périmètres à mesurer est délicat. On

mesure généralement la densité de population, mais certains lui préfèrent la densité humaine, qui additionne densité de population et densité d'emploi pour une zone considérée (Fouchier, 1997). La mixité fonctionnelle correspond à la diversité des activités dans l'espace urbain. Elle apparaît fortement liée à la mixité sociale. Sa mesure est très délicate selon l'échelle du territoire considéré. L'étude du gradient de densité, de l'évolution de la densité à la périphérie selon les secteurs,



Propriété et part modale de l'automobile (1960 à 1990)
 Pour le Canada, l'Asie en développement et l'Asie développée sont celles de 1980 et 1990.
 Les part modales dans l'Asie en développement sont celles des modes de transport individuels, deux-roues motorisés compris. Données : ISTP



Consommation d'énergie pour la mobilité et densité de population (1960-1990)
 Pour le Canada, l'Asie développée et l'Asie en développement les données sont celles des années 1980 et 1990. Source : ISTP

permet de définir le poids du centre dans l'agglomération et indirectement la mixité des activités (Bertaud, Malpezzi, 2003). Enfin, le *design* correspond aux normes urbanistiques et architecturales établies dans chaque ville. Celles-ci tentent d'harmoniser l'immobile et le mobile au sein de l'espace urbain. Le *design* a donc une forte influence sur la gestion des flux. Cette troisième dimension est très qualitative. Elle peut être approchée par le coefficient d'usage des sols, mais dépend pour beaucoup

de la manière dont la rue est aménagée. La ville piétonne est une ville dense. Elle s'est structurée autour de la marche à pied qui permet de se déplacer à environ 5 km/h. Les seuls autres modes de transport terrestres jusqu'au XIX^e siècle utilisaient la force animale pour tirer des charges lourdes (charrette, âne, cheval, etc.) ou pour assurer aux plus riches un gain en vitesse et en confort par l'utilisation de l'énergie animale (char, calèche) ou humaine (chaise à porteur, pousse-pousse).

Selon Newman et Hogan (1987) la densité de population dans les villes piétonnes se situe entre 10 000 à 20 000 hab/km². Mais, au XVIII^e siècle, la densité de population dans les villes européennes atteignait de 50 000 à 70 000 hab/km² dans les centres-ville et 15 000 à 20 000 hab/km² dans les banlieues (Bairoch, 1985). Dans la ville piétonne, le gradient de densité était fort et l'usage des sols était très mixte. Les rues étaient particulièrement étroites, comme en témoignent les quartiers historiques des villes européennes.

La ville du transport en commun ressemble à celle qui a émergé avec l'avènement du rail urbain et de la bicyclette dans les pays industrialisés entre 1860 et 1940. La vitesse moyenne était alors située entre 10 et 20 km/h. Les villes se sont développées sous une forme étoilée autour des lignes de transport en commun. Les densités de population sont devenues plus faibles, entre 5 000 et 10 000 hab/km² selon Newman et Hogan (1987). Les zones d'activités et les zones résidentielles ont eu tendance à s'échelonner le long des voies du transport public. Le gradient de densité est devenu plus faible et les activités se sont polarisées dans de nouveaux centres secondaires. Le rail urbain a eu besoin d'espace pour s'implanter. Le développement des lignes de tramway a permis de mettre de l'ordre dans l'aménagement.

La ville automobile est apparue avec la généralisation de la motorisation individuelle après la seconde guerre mondiale d'abord aux États-Unis, puis en Europe et au Japon. Elle a été favorisée par des investissements massifs dans des infrastructures routières qui ont permis un étalement dans l'espace dans un rayon de 50 km, avec une densité de population de l'ordre de 1 000 à 2 000 hab/km² selon Newman et Hogan (1987). La vitesse moyenne est située entre 30 et 50 km/h. Il y a très peu de mixité des activités dans l'espace, les emplois sont concentrés dans le CBD (*Center Business District*) et les populations résident en périphérie. L'automobile est le mode de transport dominant et la forte ségrégation des activités dans l'espace ne permet pas l'utilisation de modes plus lents. Les transports en commun sont marginalisés et ne sont finalement destinés qu'aux populations ne pouvant pas conduire ou n'en ayant pas les moyens (personnes âgées, enfants, pauvres)¹. Le nombre de kilomètres parcourus dans ces villes est particulièrement élevé, les Américains parcourent ainsi plus de 60 km quotidiennement.

Ces trois schémas de villes s'inscrivent dans une évolution commune des trois dimensions de la forme urbaine à travers le temps. On constate une baisse de la densité moyenne de la population conjointe à la diminution de la mixité des activités dans l'espace. En même temps, l'aménagement de la rue favorise les modes de transports les plus rapides. La forme urbaine s'adapte ainsi aux systèmes de transport. Cette analyse rejoint celle de Clark (1957) qui considérait que depuis au moins la première révolution industrielle les systèmes de transport façonnent la ville, quoique la croissance urbaine antérieure contraigne le développement des nouveaux systèmes de transport. La relation entre les technologies de transport et l'organisation de la cité autour de celles-ci résulte

d'adaptations mutuelles (Hall, 1994), ou encore d'un processus de co-évolution. Ainsi, l'automobile n'a pas eu le même impact sur toutes les villes des pays industrialisés.

Différences internationales dans le développement de l'automobile

L'héritage urbain et la période de motorisation ont été différents selon les villes. La relation entre la ville et l'automobile au cours de la période 1960-1990 dans les villes américaines, européennes et asiatiques peut être comparée en s'appuyant sur la base de données construites par Newman et Kenworthy (1989) et développée par Kenworthy *et al.* (1999). Cet ouvrage compile les données de transport et de forme urbaine de 46 villes du monde (13 villes américaines, 11 villes européennes, 7 villes canadiennes, 6 villes australiennes, 3 villes asiatiques développées et 6 villes asiatiques en développement). Cette base présente des données pour les années 1960, 1970, 1980, 1990. Nous avons en particulier cherché à représenter l'évolution moyenne des paramètres de mobilité et de forme urbaine des villes considérées par ensembles continentaux (Europe, Asie développée et Asie en développement) ou par pays (États-Unis, Canada et Australie). Ces villes sont :

- Villes états-uniennes : Boston, Chicago, Denver, Detroit, Houston, Los Angeles, New York, Phoenix, Portland, Sacramento, San Diego, San Francisco, Washington
- Villes européennes : Brussels, Copenhagen, Amsterdam, Frankfurt, Hamburg, Munich, London, Paris, Stockholm, Vienna, Zurich
- Villes canadiennes : Calgary, Edmonton, Montreal, Ottawa, Toronto, Vancouver, Winnipeg
- Villes australiennes : Adelaide, Brisbane, Canberra, Melbourne, Perth, Sydney
- Villes asiatiques développées : Hong Kong, Singapour, Tokyo
- Villes asiatiques en développement : Bangkok, Kuala Lumpur, Manille, Jakarta, Seoul, Surabaya

On constate une tendance générale dans les villes développées à la réduction de la densité avec le développement de l'automobile. En 1990, les villes d'Asie développée atteignent un taux de motorisation de 120 voitures pour 1 000 habitants qui était celui des villes européennes en 1960. Mais en 1990 toujours, les villes asiatiques ont une densité deux fois plus élevée que les villes européennes. De la même manière, les villes européennes atteignent un taux de motorisation de l'ordre de 350 voitures pour 1 000 habitants au cours des années quatre-vingt, ce qui correspond à celui des villes australiennes et canadiennes au cours de la décennie précédente.

1. Le fait que les Américains peuvent avoir leur permis de conduire (à 16 ans) bien avant leur majorité (à 21 ans) montre que ce mode de transport est indispensable pour une personne active.

Les niveaux de densité à ce stade de la motorisation sont très différents dans ces trois zones géographiques. En Australie, la densité de population est inférieure à quinze habitants par hectare, au Canada elle est de l'ordre de trente habitants par hectare, tandis qu'en Europe, elle est supérieure à cinquante habitants par hectare.

La figure montre la relation entre la propriété de l'automobile et son utilisation. Sur tous les continents l'augmentation de la motorisation a entraîné une augmentation du nombre des kilomètres parcourus en voiture par personne. En Europe, la relation entre le taux de motorisation de la population urbaine et la mobilité automobile est linéaire. Aux États-Unis, la croissance de la mobilité motorisée est plus rapide; elle augmente à une vitesse particulièrement rapide à partir des années 1980. En Australie, on observe à l'inverse un léger déclin de la croissance du nombre de kilomètres parcourus.

Les différences sont également importantes pour le taux d'utilisation de la voiture selon les régions. Pour un taux de motorisation situé entre 200 et 400 voitures pour 1000 habitants, la mobilité automobile dans les villes européennes est moins élevée que dans les pays du nouveau monde. Ainsi, pour un taux de motorisation de 300 voitures pour 1000 habitants, atteint à la fin des années soixante pour les villes australiennes et dans la deuxième moitié des années 1970, pour les villes européennes, le nombre de kilomètres parcourus est un tiers moins élevé sur le vieux continent.

Cette moindre mobilité automobile est due à une part modale² de l'automobile moins importante pour les déplacements domicile-travail en Europe. Les villes européennes ont réussi à maintenir une part modale de l'automobile inférieure à 50 % au cours des années 1980.

Cette maîtrise de la part modale de la voiture est conjointe à un maintien de celle des transports publics à un niveau supérieur à 33 %. L'Europe développe au cours des années 1980, un modèle original, où la distance parcourue en transport en commun par habitant continue à augmenter, alors même que la distance parcourue en automobile augmente aussi. Mais dans tous les autres pays industrialisés les distances parcourues en transports publics et leur part modale baissent continuellement avec la motorisation. Au Canada et en Australie, la part modale des transports publics passe en dessous de 15 %, aux États-Unis, elle atteint moins de 10 %.

Le système automobile s'est donc particulièrement bien implanté dans les villes peu denses des États-Unis, d'Australie et du Canada, avec toutefois certaines nuances entre ces pays. En Europe on constate un blocage de son développement au cours des années 1980, dû à de multiples facteurs : la congestion, le maintien d'un certain niveau de transport en commun, l'augmentation du prix du carburant. Dans les trois agglomérations d'Asie développée considérées, on ne constate pas d'instauration d'un système automobile hégémonique. La propriété automobile est découragée, les systèmes de transport en commun sont assez performants et la ville reste dense.

La consommation de ressources énergétiques et spatiales

Croissance de la consommation d'énergie dans les transports et densité de la population sont inversement corrélées. Dans les villes asiatiques développées, avec une densité de 15 000 habitants/hectare on consommait en 1990 en moyenne environ 0,4 tonne-équivalent-pétrole par an et par habitant, et dans les villes américaines, avec 1500 habitants/hectare on consommait près de 1,6 tep par an et par habitant pour se déplacer. Les villes européennes se situent entre ces deux extrêmes : la densité est de 5000 hab/ha tandis que l'énergie consommée est de 0,8 tep par habitant par an.

La corrélation entre la consommation de ressources énergétiques pour la mobilité et la consommation de ressources territoriales des villes semble donc établie. Dans une ville étalée, l'habitat individuel domine, la mobilité se fait sur longue distance avec l'automobile et la consommation d'énergie est importante. À l'inverse dans une ville dense, la mobilité se fait sur courte distance, elle tend à la multi-modalité et la consommation d'énergie est moindre. Les villes les plus étalées sont celles qui ont connu le minimum de planification urbaine, à l'inverse dans les villes les plus denses des plans d'urbanisme ont été mis en oeuvre pour organiser la ville. Dans les villes étalées, la mobilité et les formes d'habitat sont individuelles. En revanche dans les villes denses, les déplacements reposent pour une large part sur les transports collectifs et les formes d'habitats sont en grande partie collectives. La question de la densité urbaine semble donc le « noeuve gordien » des politiques urbaines durables : il faudrait fortement l'augmenter alors que la tendance est au desserrement. L'individualisation des modes de transport et d'habitat consomme des ressources foncières et émet des gaz à effet de serre en grande quantité. Dans la perspective des scénarios Facteur 4, deux options se présentent pour réduire la consommation d'énergie dans les transports. La première consiste à agir plutôt sur la ville pour réduire les distances de déplacement et favoriser les modes de transport doux et collectif. La seconde vise simplement à améliorer l'efficacité énergétique des véhicules pour réduire les consommations et les émissions des déplacements automobiles.

Accroissement de la dépendance automobile ou ré-urbanisation ?

Le débat concernant les inconvénients de la dépendance automobile remonte à la période qui a suivi les chocs pétroliers. Pour P. Newman et J. Kenworthy (1989), le niveau des prix du carburant et l'efficacité des flottes de véhicules expli-

2. La part modale présentée ici est celle des déplacements domicile-travail.

quent 40 % de la consommation d'énergie du système de transport tandis que la densité de la population explique les 60 % restant. On a pu constater différents modes d'adaptation à des prix du pétrole très élevés sur les marchés internationaux. En Europe, on a favorisé le transport en commun et les individus ont ralenti leur transfert modal vers l'automobile. En Australie, on a diminué les distances de déplacement, tandis qu'aux États-Unis les performances énergétiques des moteurs ont été améliorées. Ces efforts ont permis de réduire la consommation d'énergie tandis que la distance de déplacement augmentait de 23 % de 1980 à 1990.

Les politiques d'usage des sols apparaissent comme primordiales pour diminuer durablement la consommation d'espace et d'énergie. C'est ce qu'on appelle la ré-urbanisation, c'est-à-dire l'augmentation de l'intensité des activités urbaines au sein de l'aire urbaine actuelle, plutôt que la poursuite de l'urbanisation des zones rurales. Il s'agit de réorienter les priorités dans les transports en favorisant les transports en commun ou les modes doux et en contraignant la circulation automobile.

Le recours à la planification urbaine pour contenir la consommation d'énergie dans les transports a soulevé des oppositions franches dans les pays ayant une conception très libérale de l'aménagement urbain comme les États-Unis. Pour les opposants aux politiques de re-densification les populations expriment par leurs comportements leur préférence pour des villes étalées et la ville compacte va à l'encontre

des choix des individus. Gordon et Richardson (1989) accusent ainsi Newman et Kenworthy de recommander des méthodes de planification « maoïstes ». Ils estiment que le marché atteint de lui-même une efficacité optimale et une certaine justice sociale. En revanche, Bourne (1992) considère que le futur de la ville ne peut être laissé dans les mains des économistes et aménageurs libéraux. La promotion de la ville étalée ne contribue, selon lui, qu'à accroître l'inefficacité et l'iniquité sociale. Les débats entre partisans et opposants de la ville compacte ont donc pris très souvent une forte tournure idéologique, les uns refusant la solution de la planification pour réduire la consommation d'énergie, tandis que les autres considèrent que le marché ne peut résoudre cette question de lui-même.

Ce débat renouvelle celui des urbanistes de la fin du XIX^e siècle, au cours duquel de nombreuses utopies urbaines ont pu être formulées (Choay, 1965). Dans les années 1930, on trouvait d'un côté Le Corbusier prônant la Ville Radieuse et Frank Lloyd Wright vantant les mérites de Broadacre City. Mais selon Fishman (1980), depuis les années 1970 ces utopies urbaines ont perdu de leur intérêt pour les planificateurs urbains, devenus pragmatiques et conscients de leur impuissance.

L'étalement urbain permis par l'automobile est devenu le modèle unique de développement urbain. D'un point de vue théorique, Fishman déplore ce pragmatisme qu'il considère comme une perte de confiance envers un bien et

Scénarios pour le devenir urbain et la ville Facteur 4

Systèmes socio-techniques	Ressources énergétiques	Technologie	Organisation	Comportement
Le scénario au fil de l'eau : La ville automobile	Pétrole maintenu à un prix faible par la préemption des ressources par les gros pays consommateurs	Automobile à moteur à explosion	Ville étalée, forte consommation d'espace, habitat individuel	Individualisation des déplacements
Utopie technologique : La ville automobile du futur	Électricité : nucléaire et capteurs d'énergies renouvelables	Automobile (électrique, hydrogène, biocarburant)	Ville étalée, banlieuisation généralisée	Individualisation des déplacements
Utopie sociale : La ville multimodale	Pétrole cher, fort recours à l'énergie métabolique	Transport en Commun, vélo et marche à pied et voiture partagée	Planification urbaine efficace, maîtrise de l'étalement et re-densification	Prédominance des déplacements collectifs et non motorisés.
La ville hybride	Efficacité énergétique, systèmes énergétiques distribués	Véhicule à basse consommation (hybride, ...) et transports collectifs et modes doux	Organisation hybride avec nouveaux pôles de densité moyenne et certaines zones peu denses	Par exemple : Véhicule particulier peu utilisé en semaine ; covoiturage.



Le tramway, symbole des efforts des villes européennes, ici à Orléans

un but communs. Breheny (1995), alors, de considérer : « Peut-être avons-nous maintenant trouvé un tel bien commun : le développement durable ! ».

Scénarios pour des villes Facteur 4

Dans le cadre des scénarios de division par quatre des émissions de gaz à effet de serre, on peut formuler deux stratégies largement différenciées, qui permettent de dessiner trois scénarios :

– Le premier, l'utopie technologique, considère que la réduction des émissions de CO₂ doit s'opérer avant tout par les changements technologiques. Des innovations dans les systèmes de transports permettraient de réduire les émissions de CO₂ sans réduire la consommation d'énergie, et de réduire la consommation d'énergie sans diminuer la mobilité des individus. Selon ce scénario, les solutions pour parvenir au Facteur 4 proviendraient essentiellement de l'offre de mobilité. Elles permettraient de découpler la dynamique de consommation d'énergie et d'urbanisation du territoire. On poursuivrait alors la tendance à l'augmentation des vitesses de circulation ainsi que les dynamiques d'individualisation dans les transports et l'habitat.

– La deuxième, l'utopie sociale, chercherait à parvenir à l'objectif de réduction des émissions par des changements organisationnels et comportementaux. La planification

urbaine et une organisation de la mobilité autour des transports collectifs et des modes de déplacement doux, pourraient maîtriser la consommation d'énergie des transports urbains. Ce scénario implique des changements de comportements des individus et une certaine réorganisation des activités dans l'espace urbain qui entraîneraient une réduction à la fois de la consommation énergétique et de la consommation d'espace.

– Entre ces deux options, se situerait un scénario de la ville hybride où les changements organisationnels et technologiques se cumuleraient pour faciliter la réalisation de l'objectif de Facteur 4. Dans ce cas, l'offre et la demande de mobilité s'adaptent pour permettre la réduction de la demande énergétique. Par une organisation spatiale de la ville, des modifications technologiques et des changements de comportement, on parviendrait à réduire la consommation d'énergie pour la mobilité. Ce dernier scénario peut revêtir de nombreuses formes, selon qu'on s'appuie plus sur la dimension sociale ou la dimension technologique.

Ces différents scénarios ont des probabilités de réalisation plus ou moins élevées selon les zones géographiques. L'héritage urbain et l'héritage technologique vont offrir des contraintes et des opportunités variables selon les différentes villes. Ainsi, les villes américaines auront une plus forte propension à s'appuyer sur l'utopie technologique. La dépendance à la vitesse dans ces villes et le modèle social porté par l'individualisation inciteront à favoriser la poursuite du modèle de ville étalée. Dans ce pays, le Facteur 4, s'il advient, sera plutôt porté par des changements dans les technologies de

transport. C'est la vision actuelle qui domine outre-atlantique. Le gouvernement s'efforce de stimuler l'innovation technologique dans l'automobile afin de répondre aux enjeux climatiques.

L'utopie sociale aura plus de chance d'être portée dans des pays en développement qui ne pourront assumer l'augmentation des prix du pétrole et la dépendance technologique. Dans les villes de ces pays, on recherchera l'efficacité énergétique des systèmes de transport par une amélioration de l'organisation urbaine et une adaptation des comportements individuels. Les petits pays en développement, s'ils consentent à s'éloigner d'un modèle de développement mimétique de l'*american way of life*, pourront s'inscrire efficacement dans cette perspective d'utopie sociale.

La plupart des pays se situeront entre ces deux extrêmes. Ainsi l'Europe, déjà inscrite dans une trajectoire de compromis pourrait s'orienter vers une ville hybride, à plus ou moins forte intensité technologique. Mais les grandes inconnues viendront de la Chine et de l'Inde qui vont devoir définir un nouveau modèle de développement dans les décennies à venir. La Chine, présente des opportunités pour suivre la trajectoire des villes d'Asie développée, malgré sa rapide motorisation actuelle.

De fait, son souhait de développer une industrie automobile par le développement du marché intérieur la conduit à une implantation rapide d'un système automobile dans les plus grandes villes du pays. Toutefois, elle pourrait aussi être l'épicentre d'une future révolution technologique qui pourrait par exemple s'appuyer sur le vélo électrique pour le transport individuel et le train à sustentation magnétique pour le transport collectif. La Chine est aujourd'hui l'un des

tous premiers pays à avoir développé ces technologies. Il faut ici enfin prendre en compte le fait que la Chine et l'Inde sont des pays affichant une très forte densité de population dans les zones peuplées. L'étalement urbain sera alors fortement contraint si ces pays veulent préserver les terres arables qui leur permettront d'assurer leur sécurité alimentaire (Brown, 2001).

Une combinaison d'innovations technologiques et sociales

Au cours des prochaines décennies, la nécessité de réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre s'imposera comme une contrainte structurante, y compris pour les politiques de développement urbain. Dans ce domaine, la gestion des ressources énergétiques et des contraintes environnementales devra en effet être fortement liée à la gestion des ressources territoriales.

Tous les pays devront faire face à des arbitrages difficiles entre leurs préférences pour l'indépendance énergétique, l'indépendance technologique, l'indépendance alimentaire, le respect de l'environnement local et de l'environnement global. Les politiques qui traduiront ces préférences devront s'appuyer sur une combinaison appropriée d'innovations technologiques, organisationnelles, comportementales – compte-tenu des dotations en ressources naturelles, en technologies et en infrastructures.

Le succès des politiques Facteur 4 sera probablement conditionné par l'adoption de politiques urbaines adaptées aux contraintes du XXI^e siècle.

Références bibliographiques

Bairoch P., (1985), *De Jericho à Mexico, villes et économie dans l'histoire*, Paris, Gallimard.

Bertaud A., Malpezzi S., (2003), « The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities : Implications for Economies in Transition » (www.alain.bertraud.com)

Bourne L. S., (1992), « Self-fulfilling prophecies ? Decentralization, inner city decline, and the quality of urban life », *Journal of the American Planning Association*, vol. 58, n° 4, pp. 509-513.

Breheny M. J., (1996), « Centrists, decentrists and compromisers », in Jenks M., Burton E., Williams K. (eds.), *The Compact City : a sustainable urban form ?*, Oxford, E & FN Spon.

Breheny M. J., (1997), « Urban compaction : feasible and acceptable ? », *Cities*, vol. 14, n° 4, pp. 209-217.

Brown L. R., (2001), « Paving the Planet: Cars and Crops Competing for Land », [en ligne], *Earth Policy Alerts*, n° 1, 14 février, www.earth-policy.org/Alerts/Alert12.htm.

Cervero R., Kockelman K., (1997), « Travel demand and the 3Ds : density, diversity and design », *Transportation Research part D*, vol. 2, n° 3, pp. 199-219.

Choay F., (1965), *L'Urbanisme : utopies et réalités*, Paris, Le Seuil.

Clark C., (1957), « Transport : maker or breaker of cities », *Town Planning Review*, vol. 28, pp. 237-250.

Fishman R., (1980), *L'utopie urbaine au XX^e siècle : Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, Le Corbusier*, Bruxelles, Pierre Mardaga.

Fouchier V., (1997), *Les densités urbaines et le développement durable. Le cas de l'Île-de-France et des villes nouvelles*, Paris, Éditions du SGVN.

Gordon P., Richardson H. W., (1989), « Gasoline consumption and cities », A reply, *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, n° 3, pp. 342-345.

Hall P., (1994), « Squaring the circle : can we resolve the Clarkian paradox ? », *Environment and Planning B : Planning and Design*, vol. 21, pp. 79-94.

Kenworthy J., Laube F., Barter P., Raad T. Pobooc C. Guia B., (2000), *An international sourcebook of automobile dependence in cities, 1960-1990*, Boulder, USA, University Press of Colorado.

Newman P., Hogan T., (1987), *Urban Density and transport : A simple model based on 3 city types*, Environmental Science, Murdoch University, Transport Research Paper n° 1.

Newman P. W. G., Kenworthy J. R., (1989a), *Cities and automobile dependence. An international sourcebook*, Brookfield, Gower Technicals.

Newman P. W. G., Kenworthy J. R., (1989b), « Gasoline consumption and cities. A comparison of U.S. cities with a global survey », *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, n° 1, pp. 24-37.

Papon F., Madre J.-L., (2003), « Existe-t-il des seuils de saturation de la mobilité de personnes ? », *Réalités industrielles*, novembre, pp.21-27.

Schaeffer K. H., Sclar E., (1975), *Access for all: transportation and urban growth*, Harmondsworth, Baltimore, Penguin Books.

Schäfer A., Victor D., (2000), « The future mobility of world population », *Transportation Research Part A*, vol. 34, n° 3, pp.171-205.

Zahavi Y., (1976), *Travel Characteristics in Cities of Developing and Developed Countries*, Washington D. C. : World Bank, Staff Working Paper n° 230.

Zahavi Y., Talvitie A., (1980), « Regularities in Travel Time and Money Expenditures », *Transportation Research Record*, n° 750, pp. 13-19.

Biographies

JULIEN ALLAIRE, économiste, chercheur doctorant au LEPII
Ses recherches portent sur le développement urbain et la maîtrise de l'énergie pour la mobilité. Dans sa thèse qu'il effectue sous la direction de Patrick Criqui, il a travaillé particulièrement sur le développement des villes chinoises en phase de motorisation rapide.

julien.allaire@upmf-grenoble.fr

PATRICK CRIQUE est économiste, directeur de recherches au CNRS et directeur du LEPII, à l'Université Pierre Mendès-France à Grenoble. Ses recherches portent sur la prospective et la modélisation des marchés énergétiques internationaux ainsi que sur les politiques de lutte contre le changement climatique à l'aide d'un modèle énergétique de long terme, le modèle POLES.

patrick.criqui@upmf-grenoble.fr