



Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres
Groupe opérationnel 1 : mobilité, territoires et développement durable

La consommation d'espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain Application au cas de l'Ile de France

Rapport final – juin 2008

Lettre de commande 06 MT E012

Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer
DRAST (Direction de la recherche et de l'animation scientifique et technique)



Frédéric Héran – CLERSE-IFRESI
frederic.heran@ifresi.univ-lille1.fr

Emmanuel Ravalet – LET
emmanuel.ravalet@entpe.fr



Auteurs

Frédéric HERAN, responsable de la recherche, est économiste au CLERSE (Centre Lillois d'Etudes et de Recherche en Sociologie et Economie), UPRESA 8019 CNRS, laboratoire membre de l'IFRESI (Institut Fédératif de Recherches sur les Economies et les Sociétés Industrielles) devenu depuis janvier 2008 la MESH (Maison européenne des sciences de l'homme et de la société), 2 rue des Canonniers, 59800 Lille, et maître de conférences à l'Université de Lille 1.

Emmanuel RAVALET est doctorant en économie des transports au LET (laboratoire d'économie des transports), à Lyon, sous la direction de Didier PLAT. Il est encadré pour cette recherche par Jean-Pierre NICOLAS, directeur adjoint du LET.

Financements

DRAST (direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques), Ministère de l'équipement et des transports.

Des développements concernant les transports publics seront financés par le STIF et la RATP.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien actif de nombreux organismes, en particulier le STIF, la RATP, la Mairie de Paris, la DREIF (notamment pour les données de l'EGT mises gratuitement à disposition) et l'IAURIF (notamment pour les données du MOS mises gratuitement à disposition). Qu'ils en soient ici vivement remerciés.

Sommaire

LES PRINCIPAUX RESULTATS DE LA RECHERCHE	4
INTRODUCTION GENERALE	6
PREMIERE PARTIE. APPROCHE GENERALE	10
CHAPITRE 1. LA CONSOMMATION D'ESPACE DE STATIONNEMENT	11
I – La demande d'espace de stationnement	11
II – L'offre d'espace de stationnement	15
CHAPITRE 2. LA CONSOMMATION D'ESPACE DE CIRCULATION	26
I – La demande d'espace de circulation	26
II – L'offre d'espace de circulation	50
CHAPITRE 3. LA CONSOMMATION TOTALE D'ESPACE PAR LES TRANSPORTS	61
I – La consommation d'espace par les transports	61
II – La consommation d'espace-temps par les transports	65
DEUXIEME PARTIE APPLICATION AU CAS DE L'ILE DE FRANCE	82
CHAPITRE 1. L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	83
I – L'offre d'espace de stationnement	83
II – L'offre d'espace de circulation	95
III – L'offre globale d'espace de stationnement et de circulation	99
CHAPITRE 2. LA DEMANDE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	101
I – La demande d'espace-temps de stationnement	101
II – La demande d'espace de circulation	106
III – La demande globale d'espace de stationnement et de circulation	110
CHAPITRE 3. LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	112
I – Le taux d'occupation des espaces de stationnement	112
II – Le taux d'occupation des espaces de circulation	114
III – Le taux d'occupation global	115
CONCLUSION	118
TROISIEME PARTIE. REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES	119
CHAPITRE 1. DU ROLE DE LA VITESSE EN AGGLOMERATION	120
I – Des effets supposés très bénéfiques	121
II – Des effets en réalité surestimés	125
Annexe. Calcul de l'accessibilité selon les zones en Ile de France	138
CHAPITRE 2. LE COUT DE LA CONSOMMATION D'ESPACE DES TRANSPORTS EN MILIEU URBAIN	142
I – Le coût des espaces de circulation et de stationnement	142
II – La consommation excessive d'espace comme nuisance	148
III – Exploration succincte des méthodes d'évaluation du coût d'une consommation excessive d'espace	157
IV – Le coût social de la consommation d'espace	159
CONCLUSION	166
SYNTHESE	168
GLOSSAIRE DES SIGLES	173
REFERENCES	175
TABLE DES MATIERES	184

LES PRINCIPAUX RESULTATS DE LA RECHERCHE

Dans un travail de recherche qui explore de façon systématique un domaine jusqu'ici peu étudié, il est normal de retrouver quelques résultats bien connus qui n'intéressent guère le lecteur. Mais il arrive aussi de découvrir des aspects nécessitant une refonte des concepts, de nouveaux constats, des méthodes originales ou des analyses plus approfondies. Ces avancées sont donc rassemblées ici pour permettre au lecteur qui le souhaite de mieux s'orienter dans le rapport et d'**aller directement à l'essentiel en fonction de ses intérêts.**

Des concepts

- Une distinction entre l'offre d'espace en surface et l'offre d'espace totale qui comprend aussi les espaces de stationnement en ouvrage ou en garage (p. 7).
- Une distinction claire entre offre et demande d'espace, plutôt que de parler de « consommation d'espace » (p. 8).
- L'intérêt d'utiliser le $m^2.h$ non seulement pour additionner les consommations d'espaces de stationnement et de circulation, mais aussi pour mesurer la demande de stationnement ou de circulation très variable dans le temps (p. 8).
- D'où la définition d'un taux d'occupation comme rapport de la demande d'espace-temps à l'offre d'espace-temps (p. 8).
- Une distinction entre détour moyen normal indépendant des distances parcourues et détours supplémentaires dépendant des distances parcourues (p. 37).

Des méthodes

- Une méthode d'évaluation de l'offre de places de stationnement sur toute une agglomération en l'absence d'un recensement exhaustif (p. 22).
- Un mode de calcul du linéaire de voirie en milieu urbain (p. 55).
- Une méthode d'évaluation du coût social de la consommation d'espace minimisant le coût des dommages et les dépenses résiduelles de protection (p. 164).

Des constats

- Un décompte de l'ensemble des places de stationnement en Ile de France – 8 millions – par type de places et selon les zones (p. 93).
- Une évaluation de la part de la voirie dans l'espace urbanisé plus importante dans le centre qu'en périphérie (p. 99).
- Des ratios assez stables entre surface commerciale et nombre de places de parking (p. 20).

- Une largeur moyenne d’emprise des autoroutes en Ile de France de 55 m, soit 8,5 m par file (p. 52).
- Le linéaire de voirie urbaine selon les départements et le type de voirie en Ile de France (p. 56).
- Un linéaire de voirie urbaine par habitant 6 fois moindre à Paris qu’en Grande couronne (p. 55).
- Une offre de stationnement bien supérieure à la demande sur le site de La Défense (pp. 17 et 67).
- En moyenne 1,7 place de stationnement pour une voiture en Ile de France, ce qui est moins qu’estimé d’habitude (p. 113).

Des analyses

Elles concernent :

- Une typologie distinguant quatre approches de la consommation d’espace de circulation : 1/ par le débit, 2/ par la courbe débit-vitesse, 3/ par la surface dynamique et 4/ par la consommation d’espace-temps de circulation (p. 35).
- Le rôle de la vitesse dans la consommation d’espace de circulation, avec une consommation d’espace-temps 3,5 fois plus grande à 130 km/h qu’à 30 km/h prouvant l’existence d’une vitesse vers 30 km/h minimisant la demande d’espace-temps (p. 70).
- L’origine des détours supplémentaires, avec 1/ la recherche d’une place de stationnement, 2/ les sens uniques, 3/ La desserte fine des quartiers, 4/ Le contournement des coupures et 5/ l’utilisation de voies express. D’où la détermination de coefficients de redressement des distances à vol d’oiseau pour obtenir les distances réelles (p. 41).
- Les conséquences de l’adaptation de la ville à l’automobile qui a conduit à des espaces automobiles surdimensionnés d’au moins 10 à 20 % (p. 59).
- Une comparaison des résultats de cette recherche sur les consommations d’espace-temps des divers modes de déplacement avec les travaux pionniers de la RATP (p. 78).
- La densité minimale d’un réseau de voirie 1/ pour desservir un territoire urbanisé : 100 m de voirie par ha, et 2/ pour que le réseau soit bien étoffé : 150 m de voirie par ha (p. 37).
- Les trois raisons des 1,7 place de stationnement pour une voiture en Ile de France : 1/ l’importance des « voitures immobiles » (celles qui n’ont pas été utilisées dans la journée), 2/ des places à fort taux d’occupation plus nombreuses que les places moins occupées et 3/ une certaine mixité des fonctions urbaines (p. 113).
- La supériorité de la densité sur la vitesse : la densité se révélant plus efficace que la vitesse pour varier et intensifier les échanges. C’est un résultat majeur qui justifie à la fois les politiques de densification et de modération de la circulation (p. 135).
- La consommation excessive d’espace comme nuisance (p. 151) et la nécessité de déterminer un seuil de nuisance (p. 159).
- Le caractère envahissant de l’automobile explicable par la place qu’elle occupe par personne transportée, sa taille, son bruit, son inertie, son agilité et sa prolifération (p. 151).
- Une classification des politiques de réduction de la consommation d’espace par les transports en distinguant 1/ la création de nouveaux espaces de circulation et de stationnement, 2/ la réglementation du trafic motorisé et 3/ la réaffectation des espaces existants au profit des modes alternatifs à l’automobile (p. 155).

INTRODUCTION GENERALE

ENJEUX

En ville, les transports consomment un espace important et tout particulièrement l'automobile. Chacun peut le constater en découvrant l'emprise des autoroutes et de leurs échangeurs, les vastes parkings à proximité des centres commerciaux ou des zones d'activité, l'encombrement des trottoirs par les voitures dans les zones denses ou même la taille de l'allée et du garage d'un pavillon. Or, en ville, l'espace est un bien particulièrement rare et coûteux. Et c'est bien pourquoi une consommation excessive d'espace peut être considérée comme une nuisance, tout comme l'excès de bruit, de pollution ou d'insécurité.

La question pertinente est donc de se demander si les modes de déplacement occupent trop d'espace au regard du service rendu. Comme dans bien d'autres domaines du transport, l'offre doit nécessairement excéder largement la demande. Mais de combien ? Là encore, il semble que, non seulement la voiture utilise à l'évidence beaucoup plus d'espace que les autres modes par personne transportée, mais qu'en outre elle gaspille cet espace si on en croit les nombreuses places de parkings en ouvrage toujours vides (un bon tiers des places de La Défense, par exemple), les voiries surdimensionnées (files de circulation inutiles, maxi giratoires...) ou les voiries secondaires quasi-désertes. Une gestion plus rigoureuse de ces espaces s'impose à l'évidence.

Car les conséquences d'un tel gaspillage ne sont pas minces. Le coût de ces espaces est d'abord important, tout particulièrement en centre-ville. D'autres usages concurrents de ces espaces sont aussi envisageables : que l'on songe par exemple aux parkings en surface à proximité des stations de transports publics lourds qui freinent les projets immobiliers pour-

tant judicieux dans des lieux aussi bien desservis (Frenay, 2001). Et une forte consommation d'espace contribue de façon non négligeable à l'étalement urbain et à la croissance du trafic automobile dans un contexte de rareté croissante des ressources, notamment énergétiques.

La question est donc posée de trouver le moyen d'au moins réduire ce gaspillage d'espace, sinon le trafic automobile lui-même.

OBJECTIFS

Cette recherche poursuit au moins trois objectifs. Elle vise d'abord à **mesurer** l'importance de la consommation d'espace par les transports en milieu urbain en dégagant des valeurs unitaires et en les appliquant au cas d'une grande agglomération. Pour des raisons de disponibilité des données et d'exemplarité, c'est l'agglomération parisienne qui a été retenue. La recherche tente aussi de **comprendre** les disparités dans la consommation d'espace de stationnement et de circulation, selon les modes (marche, bicyclette, deux-roues motorisés, transports publics et automobile), les motifs (travail, achat, loisirs...) et les zones (centre, proche périphérie et grande périphérie). Au passage, et ce n'est pas le moindre objectif, elle proposera de nombreux **outils d'analyse**, à commencer par une distinction systématique entre offre et demande d'espace dont le rapport permet de mesurer un taux d'occupation, révélant les niveaux et les écarts les plus manifestes.

En revanche, à ce stade de la réflexion, il ne s'agit pas de fournir directement des politiques de stationnement ou de circulation ou d'évaluer les politiques de déplacement existantes, mais avant tout d'affiner et d'élargir le diagnostic. Nous espérons bien démontrer que ce détour réflexif n'est pas inutile.

METHODOLOGIE

Le sujet traité soulève de nombreux problèmes de méthode dont les solutions seront détaillées au cours du rapport. Il convient néanmoins d'insister dès maintenant sur deux distinctions fondamentales.

Usage des sols et offre d'espace

L'**usage des sols** correspond à ce qui est en surface. Il est décrit aujourd'hui par les SIG, dont existent des versions nationales (BDCarto, BDTopo...) ou locales par agglomération. En Ile de France, le SIGR (SIG régional) décrit le MOS (mode d'occupation des sols). L'**offre d'espace** est un concept plus large qui comprend ce qui est en surface (l'usage des sols), mais aussi les espaces souterrains (tunnels, parkings...), aériens (ponts, viaducs...) ou en silo (parkings en élévation). Pour les routes, les deux notions sont assez proches, car la part d'ouvrages hors sol est assez faible. Mais pour le stationnement, ce n'est plus le cas, car les places de stationnement en ouvrage peuvent dépasser largement l'offre en surface (comme à Paris).

Dans une optique urbanistique, se contenter d'étudier l'usage des sols est suffisant et déjà riche d'enseignements. Dans une approche économique, il est nécessaire d'aborder l'offre et la demande d'espace, dans leurs dimensions réelles et monétaires : c'est l'ambition de cette recherche.

Offre et demande d'espace

L'expression « consommation d'espace » est souvent utilisée de façon assez ambiguë, car elle mêle les concepts d'offre et de demande qu'il est pourtant essentiel de bien distinguer. L'**offre d'espace** est très stable au cours du temps : elle augmente ou baisse par paliers au gré des investissements (nouvelle route...), des agrandissements (élargissement d'un trottoir...) ou des réductions (suppression d'un parking...). Il est donc logique de se contenter de mesurer de façon simple les superficies offertes (en m², en ha ou en km²), puis au besoin les écarts d'une année à l'autre. La **demande d'espace** est au contraire très variable selon le nombre d'utilisateurs, la période (l'heure, le jour, la semaine...), la vitesse... C'est dans ce cas seulement qu'une mesure plus élaborée de l'espace nécessaire au cours du temps devient pertinente (en m².h, en km².h ou en ha.an)¹.

Quant à la **consommation d'espace-temps** d'un mode de déplacement, au sens de L. Marchand (1977) et des ingénieurs de la RATP qui ont développé plus tard ses travaux (P. Auzannet, J. Vivier...), il s'agit, on le verra, non pas d'une demande, mais de l'offre moyenne d'espace-temps par mode en journée. Ce qui explique que cette consommation soit minimale en période de pointe et augmente en période creuse. Aussi, nous préférons utiliser les termes d'offre et de demande plus conformes aux habitudes des économistes et plus compréhensibles.

Comme dans le transport de marchandises ou dans le transport public de voyageurs, l'offre d'espace doit être, presque toujours, bien supérieure à la demande moyenne, à cause de l'impossibilité fréquente d'envisager un ajustement rapide de l'offre aux pointes de la demande. D'où un phénomène de congestion qui apparaît quand la demande se heurte au plafond de l'offre. Le rapport de la demande d'espace à l'offre d'espace définit un **taux d'occupation moyen** utilisable globalement ou déclinable par type d'usage (stationnement ou circulation), par mode, par zone, par motif, par période. Suivant les contextes et les interprétations, ce concept exprime de manière synthétique l'adéquation de l'offre à la demande ou l'excès d'offre par rapport à la demande.

Le choix d'offrir un espace réservé à un mode de transport est souvent une réponse à une forte demande ou à un besoin de sécurité. Il permet d'assurer à ce mode de bonnes conditions de circulation en conciliant notamment rapidité et sécurité, deux aspects généralement antinomiques. En réalité, toutes les emprises utilisées par les modes de transport terrestres sont réservées à un ou plusieurs de ces modes, mais jamais à tous. Un site propre tramway ou un couloir pour bus, taxis et vélos, comme une chaussée ou un trottoir, relèvent donc de l'offre d'espace et non de la « consommation d'espace ».

SOURCES

Il n'existe pas d'outil statistique principalement consacré à la mesure des consommations d'espace par les transports. L'information est dispersée dans quelques bases de données qui se

¹ Dans le domaine des transports publics, il est depuis longtemps habituel de raisonner en termes d'offre et de demande. La demande de transport doit être satisfaite par une offre correspondante suffisante, mais, pour diverses raisons, cette offre ne peut être ajustée en permanence à la demande, si bien que les places.km offertes dépassent toujours largement le nombre de voyageurs.km. En Ile de France, le ratio places.km annuelles / voyageurs.km annuels était ainsi en 1999 de 7 pour le chemin de fer, 4,27 pour le métro, 2,76 pour le tramway et 3,94 pour le bus (Navarre, 2002, p. 5).

limitent à mesurer l'usage des sols ou qui ont bien d'autres objectifs que de mesurer la consommation d'espace. Elle est aussi dispersée chez de nombreux agents économiques (comme pour le stationnement) ou diverses institutions (comme pour la voirie) qui n'envisagent souvent cette mesure que comme un aspect parmi bien d'autres. Pour évaluer l'offre d'espace, les SIG restent néanmoins une source intéressante mais incomplète pour ce qui est du stationnement et peu fiable pour ce qui est de la voirie. Pour évaluer la demande, les enquêtes ménages déplacements (l'EGT en Ile de France) peuvent être utilisées moyennant des traitements assez lourds et là encore fournissent des résultats partiels. Si bien qu'il faut se résoudre à combiner de multiples sources – avec tous les problèmes de cohérence que cela suppose – pour espérer cerner au mieux le sujet.

Un outil complémentaire s'est révélé particulièrement précieux : les photographies aériennes disponibles aujourd'hui gratuitement sur Internet et dont la précision est désormais de l'ordre de 10 cm (au moins en Ile de France). En pratique, c'est Google Earth et son outil de mesure des distances que nous avons le plus souvent utilisé pour évaluer les consommations unitaires d'espace ou vérifier diverses informations. Ainsi, il est aisé de mesurer la longueur moyenne utilisée par une voiture en stationnement le long d'un trottoir ou l'emprise d'une autoroute urbaine.

Pour des raisons d'accès aux données, on se limitera aux consommations d'espace de certains modes : marche, bicyclettes, deux-roues motorisés, véhicules individuels motorisés (VP et VU) et bus. Les déplacements en modes guidés – tramway, métro, RER et train de banlieue – ne sont pas pris en compte.

PLAN DU RAPPORT

Ce rapport final est divisé en trois parties. La première vise principalement à établir des valeurs unitaires dans tous les domaines de la consommation d'espace des transports en milieu urbain, selon les divers modes de déplacement, les motifs, pour le stationnement et la circulation. La seconde est une application systématique au cas de l'Ile de France. Le cas des transports publics s'est avéré assez spécifique, aussi seul le bus a été pris en compte et les modes ferrés pour l'instant écartés. La troisième partie propose deux réflexions complémentaires, l'une explorant le rôle clef de la vitesse en tant que convertisseur de temps en espace et l'autre défrichant la question du coût de la consommation d'espace.

PREMIERE PARTIE.

APPROCHE GENERALE

Le but de cette première partie est principalement d'établir des **valeurs unitaires** dans tous les domaines de la consommation d'espace des transports : stationnement et circulation, selon les divers modes de déplacement et les motifs. On définira par la même occasion de nombreux termes en s'appuyant sur la littérature existante et en la complétant parfois. On s'efforcera enfin de dégager quelques perspectives d'utilisation de ce travail de fond.

Les deux premiers chapitres sont consacrés respectivement aux consommations d'espace de stationnement et de circulation. Puis le troisième et dernier chapitre cherche à les envisager conjointement.

CHAPITRE 1.

LA CONSOMMATION D'ESPACE DE STATIONNEMENT

Pour commencer, un rappel de quelques distinctions s'impose.

1/ Il existe trois types d'aménagement des places de stationnement qui imposent des contraintes différentes :

- dans la rue, sur la chaussée, le long des trottoirs : pas de problème d'accès,
- dans un parking en surface : des accès à aménager, mais pas de bâti à construire,
- dans un parking souterrain ou un garage : des accès à aménager et du bâti à construire.

Les coûts de ces solutions sont évidemment très différents.

2/ Il convient de distinguer les **places de stationnement** et les **espaces de dégagement** pour accéder au parking et à la place et manœuvrer. Les espaces de dégagement peuvent être spécifiques comme dans un parking, ou bien utiliser les espaces de circulation générale comme pour les places le long des trottoirs. Dans le premier cas, ils doivent être ajoutés aux places de stationnement pour constituer les **espaces de stationnement**. Dans le second, ils font partie des espaces de circulation générale.

3/ Il faut enfin distinguer **l'offre** – les espaces de stationnement disponibles – de **la demande** – l'occupation effective de ces espaces –. Le rapport de la demande à l'offre mesure un **taux d'occupation** des espaces de stationnement.

On présentera d'abord la demande d'espace selon les modes et les types de stationnement (I), puis l'offre d'espace fixée par les normes et les pratiques des aménageurs, selon le lieu et le motif du déplacement (II). Autant la demande est plutôt facile à connaître, autant l'offre va se révéler ardue à recenser.

I – LA DEMANDE D'ESPACE DE STATIONNEMENT

Les consommations d'espace unitaires par mode (A) servent ensuite à estimer la demande globale (B).

A/ LA DEMANDE D'ESPACE DE STATIONNEMENT PAR MODE

Le stationnement peut se faire sur voirie, dans un parking ou en garage. On rappellera à chaque fois, en contrepoint, les valeurs spécifiques aux Etats-Unis, pour bien montrer qu'elles dépendent évidemment de la taille des véhicules.

1. La voiture

Le long d'un trottoir, un véhicule particulier consomme environ 2 m de large x 5 m de long = **10 m² par place** (CETUR, AIVF, 1988, p. 51). La taille des places est imposée par les véhicules les plus longs qui font environ 4,50 m – break, monospace... – d'où un espacement minimum de 5 m que les places soient ou non délimitées, à Paris comme en Province. Ce résultat a été vérifié à l'aide de Google Earth. (Aux Etats-Unis, la taille supérieure des véhicules impose 2,20 m x 6 m \approx 13 m².)

Pour le stationnement perpendiculaire ou en épis, la superficie¹ nécessaire correspond à celle d'une place de parking, soit 12 m² (voir ci-après).

Dans un parking en surface, la consommation moyenne d'espace est bien supérieure, car il faut ajouter les espaces de dégagement qui comprennent les allées de desserte des places et les voies d'accès à ces allées.

- La taille d'une place est, en France, de 2,30 à 2,50 m de large sur 5 m de long, soit environ 12 m² (aux Etats-Unis, de 2,50 à 2,70 m de large sur 6 m de long, soit environ 16 m²).
- Les allées de desserte des places ont, en France, 5 à 6 m de large, soit environ 7 m² supplémentaire par place (aux Etats-Unis, 6 à 7 m de large, soit environ 9 m² supplémentaire par place).
- Enfin, les voies d'accès augmentent de 20 % à 25 % les superficies précédentes, selon la taille du parking, sans compter les bandes herbeuses et les délaissés.

Au total, en France, il faut compter en moyenne **25 m² par espace de stationnement**, comme c'est habituellement reconnu par les aménageurs, notamment dans l'article 12 des PLU² (aux Etats-Unis, 32 m² ³).

Dans un parking en ouvrage, malgré le coût de l'équipement qui pousse à dimensionner les espaces au plus juste, la présence des murs et l'effet de paroi qu'elle provoque, ainsi que les espaces nécessaires aux gardiens, à la surveillance, à l'encaissement, aux locaux techniques... ne permettent pas de limiter ces **consommations unitaires** qui sont même **plutôt supérieures**. Par exemple, le nouveau parking en élévation « Disney Village » de 1368 places,

¹ En mathématique, la surface est un objet géométrique et la superficie (ou l'aire) est sa mesure. Mais par métonymie, cette mesure est souvent désignée dans le langage courant par l'objet lui-même : surface et superficie sont alors synonymes. Il nous arrivera, à la suite de nombreux auteurs, d'utiliser le terme surface dans le sens de superficie.

² Par exemple : le PLU de Marly-le-Roi, comme celui de Cesson, prévoit que « Les places doivent avoir les dimensions minimales suivantes : largeur : 2,30 m, longueur : 5 m. Un dégagement de 6 m doit être également prévu. » ; le PLU de Juvisy, comme celui de Combs-la-Ville, fixe les « Dimensions minimales des places pour véhicules particuliers » à : « Longueur : 5 m, largeur : 2,50 m, dégagement : 5 m ».

³ "A parking space is typically 8-10 feet [2,6 to 3,2 m] wide and 18-20 feet [5,8 to 6,5 m] deep, totaling 144 to 200 square feet [15 to 21 m²]. Off-street parking requires about twice this amount (300+ square feet [au moins 31,5 m²] per space) for access lanes, allowing 125 spaces per acre [0,4 ha]" (Litman, 2002, p. 6).

ouvert en 2004, occupe 36 231 m², soit 26,5 m² par place (source : communiqué du gestionnaire Vinci Park). On retiendra néanmoins **25 m² par espace de stationnement**.

Pour un garage, la consommation d'espace comprend la superficie du garage et l'espace de dégagement (allée d'accès au garage, espace de manœuvre...). Selon divers programmes de construction de logements en Ile de France consultés sur Internet (Bouygues, Kaufman & Broad...), la superficie moyenne d'un garage pour une voiture est de 2,80 m x 5 m = 14 m². Les maisons actuelles étant presque toujours construites un peu en retrait de la rue, il convient d'ajouter une dizaine de m² pour l'espace de dégagement devant le garage. Soit au total, un **espace de stationnement de 25 m²** comme pour les parkings. Quand un garage comporte 2 ou 3 places, on suppose que cette superficie est doublée ou triplée.

Il serait intéressant de retracer l'évolution historique de cette consommation d'espace. Il semble que les pavillons construits dans les années 30 comportaient souvent un garage (quand ils en avaient un) donnant directement sur la rue, alors que ces garages sont désormais presque systématiquement en retrait, sans doute pour permettre de stationner la voiture dans l'allée, sur l'espace privé, sans la rentrer pour autant dans le garage.

2. Les deux-roues

Il est essentiel de ne pas confondre bicyclettes et deux-roues motorisés dont les consommations d'espace vont du simple au double ou triple.

Pour les bicyclettes, une annexe d'une étude de l'IAURIF et *alii* (1996) détaille précisément l'espace occupé par véhicule selon divers équipements de stationnement en Europe. Dans les villes où les cyclistes sont nombreux, les garde-cycles sont généralement compacts et une bicyclette n'occupe alors qu'une superficie de **0,7 m²**, au lieu de 1,5 m² comme de nombreux documents français l'affirment en confondant bicyclettes et deux-roues motorisés.

Ainsi, la plupart des gares hollandaises de taille grande ou moyenne sont équipées de parcs vélos couverts, gardés et occupés jour et nuit, où les vélos sont rangés dans des râteliers à deux niveaux (0,6 à 0,8 m² par vélo). Même dispositif au parc vélos de la gare de Strasbourg. Il faut compter 50 % d'espace supplémentaire seulement pour tenir compte des espaces de dégagement, car un cycliste manœuvre très bien et le faible poids du vélo permet à l'usager de le déplacer latéralement en le tirant.

Pour les deux-roues motorisés, il faudrait distinguer plusieurs types. On se contentera d'estimer qu'un scooter comme une moto consomment environ 1 m x 2 m = **2 m²** pour une place de stationnement et le double dégagements compris.

3. Le bus

Un bus de 12 m de long occupe en parking une surface de stationnement de 3,2 x 13 m = **42 m²** et de 70 m² dégagements compris (selon les dépôts de bus de la RATP visibles sur Google Earth). Il faut multiplier ces superficies par 1,5 pour les bus articulés de 18 m.

Les arrêts de bus sont de plus en plus souvent en pleine chaussée ou dans des couloirs bus. A défaut, un arrêt occupe au moins 5 places de stationnement automobile (24 m).

4. Synthèse

La consommation d'espace à l'arrêt des divers modes de déplacement

Mode	Place de stationnement par véhicule m ²	Espaces de stationnement par véhicule m ²	Taux d'occupation pers./véh.	Place de stationnement par personne m ²	Espaces de stationnement par personne m ²
Véhicule particulier en Europe	10	25	1,3	7,7	19,2
Véhicule particulier aux Etats-Unis	13	32	1,2	10,8	26,7
Moto	2	4	1,05	1,9	3,8
Bicyclettes sur râteliers	0,7	1	1	0,7	1,0
Bicyclettes sur arceaux	1	1,5	1	1,0	1,5
Bus de 12 m	42	70	30	1,4	2,3
Bus de 12 m à l'heure de pointe			70	0,6	1,0

Rappel : l'espace de stationnement comprend la place de stationnement et l'espace de dégagement.

On retiendra que, par personne, une automobile utilise 4 à 5 fois plus d'espace de stationnement qu'une moto et 8 à 13 fois plus qu'une bicyclette.

B/ LA DEMANDE GLOBALE D'ESPACE DE STATIONNEMENT

Une voiture en stationnement sur voirie occupe une dizaine de m². Mais hors voirie, dans un parking comme dans un garage, elle occupe environ 25 m² dégagements compris. Or, selon l'enquête nationale transport de 1994, une voiture stationne hors voirie dans 87 % des cas quand elle est à domicile et dans 65 % des cas quand elle est à destination (Orfeuillat, 2000). De plus, elle ne passe qu'environ 40 % de son temps hors domicile. A un instant donné, elle occupe donc en moyenne **22 m²** :

$$40 \% \times (65 \% \times 25 \text{ m}^2 + 35 \% \times 10 \text{ m}^2) + 60 \% \times (87 \% \times 25 \text{ m}^2 + 13 \% \times 10 \text{ m}^2) = 22 \text{ m}^2$$

Répartition du stationnement au domicile et hors voirie en France en 1994

Stationnement	Hors voirie (25 m ²)	Sur voirie (10 m ²)	Total	Temps passé par an
Au domicile	87 %	13 %	100 %	60 %
Hors domicile	65 %	35 %	100 %	40 %
Total				100 %

Cette superficie unitaire a fortement augmenté depuis 50 ans avec le poids croissant des parkings et des garages par rapport aux places de stationnement le long de la voirie, mais elle ne peut plus guère progresser, puisqu'on s'approche du maximum de 25 m².

Sachant qu'il existe, en France en 2005, 30,1 millions d'automobiles en circulation (source : CCFA) et qu'un véhicule stationne 96 % de son temps, la **demande** d'espace de stationnement

ment du parc automobile un jour ouvrable est de $30,1 \text{ millions} \times 22 \text{ m}^2 \times 0,96 \approx 636 \text{ km}^2$, soit **0,12 % de la superficie de la France** ($636 / 550\,000$) ou presque l'équivalent de la superficie des trois départements de la Petite couronne de l'agglomération parisienne.

II – L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT

Les normes et les pratiques de construction des places de stationnement (A) peuvent ensuite servir à estimer l'offre globale (B).

A/ LES NORMES ET LES PRATIQUES DE CONSTRUCTION DES PLACES DE STATIONNEMENT

Conformément au Code de l'urbanisme, l'article 12 des PLU (ex POS) fixe les normes de construction des places de stationnement selon le type de zone. Ce sont presque toujours des normes minimales, car leur but originel est d'éviter l'encombrement de la voirie par le stationnement. Par obligation mais aussi pour des raisons économiques, les pratiques sont dans l'ensemble assez proches de ces normes.

L'offre de stationnement tend, en effet, à modérer la consommation d'espace : les promoteurs de parkings ont besoin de rentabiliser leurs investissements et les gestionnaires de réduire leurs coûts d'exploitation et c'est pourquoi, ils ont intérêt à répondre strictement à la demande. Ce sont d'ailleurs eux qui cherchent à promouvoir le foisonnement et la mutualisation des places de stationnement.

A l'inverse, la demande de stationnement – exprimée par les entreprises comme par les particuliers et relayée par les élus – cherche souvent à augmenter le nombre de places bien au-delà des « besoins » immédiats, car, l'investissement en parking relevant d'une logique de long terme, il est nécessaire non seulement de répondre aux besoins actuels mais aussi futurs, idéalement pour les 20 ou 30 ans à venir. Dans un contexte de hausse continue de la motorisation et des déplacements en automobile, la fixation de normes de stationnement élevées est tout à fait logique et répond aux critères d'une bonne gestion. Dans un contexte de ralentissement de la motorisation, de stagnation du trafic automobile et d'amélioration de la desserte en transports publics, la demande devrait au contraire fléchir, comme on commence déjà à l'observer dans certains cas (voir ci-après le cas de La Défense).

Cela dit, le but de cette section n'est pas de s'interroger sur la pertinence des normes de stationnement, mais seulement de trouver des ratios utilisables pour évaluer l'offre de stationnement à partir du parc de logements, de bureaux, de commerces... en utilisant des formules du type :

$$\text{Offre de places de stationnement réservées à un motif A} = \frac{\text{SHON totale pour l'activité A}}{\text{SHON moyenne par place dans l'activité A}}$$

1. Pour les logements neufs

Concernant les **normes**, l'IAURIF a fait le point en 1998 sur ce sujet en Petite couronne d'Ile de France, grâce à une enquête à laquelle 71 communes ont répondu. En voici un résumé.

La norme est souvent modulée en fonction de la taille du logement, soit selon le nombre de pièces, soit selon la superficie du logement (1 place de stationnement pour $x \text{ m}^2$ de SHON

affectée au logement), assorti parfois d'un nombre minimum de places par logement. Elle dépend rarement du zonage. Mais le quart des communes appliquent une norme identique quelle que soit la taille du logement.

Concrètement, la plupart des communes exigent une place de stationnement pour des logements d'1 à 2 pièces, et une place et demi pour des logements de 3 à 6 pièces.

L'étude de l'IAURIF note que « Pour les logements de 1 ou 2 pièces, plus de 90 % des POS préconisent des normes de stationnement supérieures aux besoins des ménages [mesurés par le taux de motorisation moyen en Petite couronne]. Pour les logements de 3 pièces, ce taux est de 60 %. » (p. 20). Ce qui signifie que les communes anticipent les besoins supposés croissants des ménages (multimotorisation) ou cherchent à pallier le déficit de places dans les immeubles anciens.

Depuis fin 2001, le PDU de l'Ile de France préconise de mieux tenir compte des taux de motorisation effectifs des ménages selon le lieu de résidence et la taille du logement (DREIF, 2001). Ainsi, en Petite couronne le taux de motorisation est nettement inférieur aux normes préconisées avant 2001 (voir le tableau ci-après).

Taux de motorisation en Petite couronne selon la taille du logement

	1 pièce	2 pièces	3 pièces	4 pièces	5 pièces	6 pièces
Logements récents (achevés entre 1982 et 1990)	0,45	0,75	0,97	1,17	1,33	1,53
Logements sociaux	0,30	0,49	0,73	0,87	0,91	0,92

Source : DREIF, 2001.

Puisqu'il s'agit presque toujours de normes plancher, les **pratiques** peuvent dépasser ces normes en cas de demande solvable, soit :

- pour le haut de gamme qui représente toutefois un segment assez réduit du marché,
- dans les centres-villes quand existe un déficit de places de stationnement,
- dans les lieux où existe un déficit de places pour les bureaux.

2. Pour les bureaux neufs

En Petite couronne d'Ile de France, selon l'étude de l'IAURIF déjà citée, les **normes** varient peu selon les communes et le zonage :

- « – 3 % des communes préconisent une norme de 30 % de la SHON,
- 51 % des communes préconisent une norme de 40 ou 50 % de la SHON,
- 37 % des communes préconisent une norme de 60 % de la SHON,
- 9 % préconisent des normes supérieures à 70 % de la SHON. » (p. 22)

Mais la norme est en général plus élevée dans les Hauts-de-Seine (60 %) qu'en Seine-Saint Denis (50-60 %) et plus encore que dans le Val-de-Marne (40 à 50 %). En d'autres termes, on retiendra qu'en Petite couronne, les bureaux neufs nécessitent des espaces correspondant à 50 % de la SHON, soit en moyenne **une place de stationnement pour 50 m² de SHON affectée aux bureaux**.

En Grande couronne, les quelques exemples glanés ici ou là – échantillon très insuffisant qui n'a aucune valeur statistique – indiquent que la norme retenue serait plutôt inférieure (voir le tableau ci-après). En l'absence d'étude sur le sujet, on retiendra des normes équivalentes.

En revanche beaucoup de places sont construites en surface et non plus en souterrain, sans qu'on connaisse leur proportion.

Normes de stationnement pour les bureaux dans quelques PLU en Grande couronne

Commune	Type de zone	SHON par place
Corbeil-Essonnes (91)	Dans un rayon de 500 m autour de la gare	120 m ²
	Ailleurs	60 m ²
Juvisy (91)		60 m ²
Poissy (78)	Zone périphérique	40 m ²
Chessy (77)	Zone boisée périphérique	40 m ²
Combs-la-Ville (77)	Centre-ville, zone d'habitat, équipements et commerces	40 m ²
	Zone d'activités	25 m ²
Marly-le-Roi (78)		30 m ²
Cesson (77)		25 m ²
Montigny-les-Cormeilles (95)	Dans un rayon de 300 m autour d'une gare	20 m ²
	Ailleurs	15 m ²

NB : les différentes normes ont toutes été ramenées à la SHON par place.

Depuis 2001, le PDU de l'Ile de France préconise des normes plus strictes visant à réduire l'usage de la voiture pour se rendre au lieu de travail dans les zones bien desservies en transports publics, en fixant des normes plafond, selon la formule suivante :

$$\text{Nombre de places de stationnement} = \text{taux d'utilisation de la VP préconisé} \times \text{taux de présence simultanée des actifs au travail}^1 / \text{taux d'occupation des véhicules}$$

Quant aux **pratiques**, il est difficile de les connaître. On supposera qu'elles s'écartent assez peu des normes préconisées pour les raisons générales invoquées en introduction de section.

Le cas de La Défense est cependant assez intéressant et mérite qu'on s'y attarde, car il montre une forte évolution des pratiques dans un contexte de baisse sensible de l'usage de la voiture.

En 2006, le site de La Défense concentrait :

- 150 000 emplois dans 3 millions de m² de bureaux (soit 20 m² par emploi),
- 20 000 résidents,
- 230 000 m² de commerces, dont 130 000 pour le centre commercial des Quatre temps.

Il existe environ 40 000 places de parking en souterrain, soit 100 ha d'espaces de stationnement pour un site de 160 ha.

- 24 700 places sont publiques (gérées par Vinci Park) accueillant aussi bien des véhicules d'employés, de visiteurs, de clients ou de résidents.
- 15 300 places sont privées appartenant à certaines tours de bureaux ou de logements. Toutes les tours n'ont pas leur propre parking, pour des raisons essentiellement techniques (présence en sous-sol de réseaux).

¹ Les employés ne sont jamais tous là simultanément, même à l'heure de pointe : certains travaillant à mi-temps, d'autres étant en déplacement ou en arrêt maladie, etc.

Selon leur gestionnaire actuel (en déc. 2007), Vinci Park, les parkings publics connaissent un taux d'occupation d'environ 50 % en journée et très faible la nuit. Leur fréquentation fluctue au gré des constructions ou rénovations des tours, mais baisse tendanciellement grâce à l'amélioration de la desserte en transports publics et à la réduction sensible de l'usage de la voiture. Certains parkings sont peu utilisés, comme le PA-PB sous les Quatre temps dont deux étages entiers, soit 1500 places, sont fermés depuis des années, y compris lors des plus fortes pointes de fréquentation du centre commercial.

On peut considérer que les 20 000 résidents, soit 8300 ménages, ont besoin – dans cette zone très bien desservie en transports publics – d'une seule place par logement, soit 8300 places. Or 20 % d'entre eux prennent leur voiture en journée pour aller au travail libérant ainsi 1700 places pour des employés. Et les commerces ont peut-être besoin tout au plus d'un millier de places en semaine aux heures de bureau. Il reste donc au moins 32 000 places pour les employés et visiteurs, soit **une place pour 100 m² de SHON** (deux fois moins que la norme en Petite couronne).

En 2006, 85 % des employés sont venus en transports publics et seulement 13 % en véhicule individuel motorisé¹ : 10,4 % en automobile et 2,5 % en deux-roues motorisés. Cette répartition modale n'a rien à voir avec une quelconque pénurie de places de stationnement, mais semble liée tout à la fois à l'excellente desserte en transports publics et aux difficiles conditions de circulation alentours.

10,4 % des 150 000 employés venus en voiture ne représentent que 15 600 automobilistes (conducteurs et passagers). Avec un taux d'occupation des véhicules de 1,15, cela suppose environ 13 600 voitures, soit, compte tenu d'un taux de présence simultanée de 80 % habituel pour les bureaux, 11 000 voitures tout au plus réellement présentes. Auxquels s'ajoutent – moyennant un taux d'occupation de 1,05 et un même taux de présence simultanée de 80 % – 3000 deux-roues motorisés au maximum, soit une demande de places équivalente à 700 voitures.

Bref, à l'heure de pointe, une demande équivalente à 11 700 places pour voiture, à laquelle il faudrait ajouter peut-être 1000 ou 2000 places pour les visiteurs, se partage une offre de 32 000 places. Conclusion : il existe actuellement à La Défense **environ 18 000 places de stationnement excédentaires**. A 14 000 € 2007 le coût d'investissement dans une place, cela représente 250 millions d'€. Les besoins ont été largement surestimés, alors qu'aujourd'hui une place pour 200 m² de SHON suffirait.

Il semble que la construction de parkings ait fortement ralenti puisque les tours les plus récentes comportent deux fois moins de places de stationnement, comme le montre le tableau ci-après. Mais l'offre semble toujours excédentaire par rapport à la demande.

¹ Cette part de marché était de 17 % en 1998, mais pour 50 000 salariés de moins qu'en 2006. Tout se passe comme si la presque totalité des déplacements supplémentaires engendrés par ces nouveaux salariés avait été absorbée par les transports publics.

Les places de stationnement dans quelques tours de La Défense

Tour	Année	SHON (m ²)	Places de parking	SHON par place (en m ²)
Granite	2007	68 000	500	136
T1	2007	69 600	581	120
Exaltis	2006	21 500	229	94
CBX	2005	42 800	?	
Adria	2002	53 000	608	87
Cœur Défense	2001	214 700	2810	76
EDF	2001	57 000	?	
Egée	1999	53 000	810	65
Descartes	1988	71 932	1200	60
Initiale	1988*	33 796	447	76
Total Coupole	1985	130 000	2290	57
Michelet	1985	77 750	2042	38

* Construction : 1966, rénovation : 1988.

Source des données : EPAD (2006), entretiens auprès de responsables des parkings et sites Internet sur les tours de La Défense. NB : il est difficile pour le moment d'en savoir plus, car le renouvellement de la concession des parkings publics est en cours.

3. Pour les commerces

Les **normes** les concernant ont été récemment précisées. Pour lutter contre l'étalement urbain, la loi SRU du 13 déc. 2000 a introduit dans son article 34, des **dispositions visant à limiter l'emprise des parkings des grands équipements commerciaux et cinématographique de périphérie**. Ainsi : « l'emprise au sol des surfaces, bâties ou non, affectées aux aires de stationnement annexes d'un commerce (...), ne peut excéder une fois et demie la surface hors œuvre nette des bâtiments affectés au commerce. », soit concrètement une place en surface pour 16,7 m² de SHON. Et « Lorsqu'un équipement cinématographique (...) n'est pas installé sur le même site qu'un commerce (...), l'emprise au sol des surfaces, bâties ou non, affectées aux aires de stationnement annexes de cet équipement cinématographique ne doit pas excéder une place de stationnement pour trois fauteuils. »

Ces dispositions appellent quelques commentaires.

- Elles **ne limitent en rien le nombre de places de stationnement, mais seulement leur emprise**, en incitant à construire ces places en sous-sol ou en élévation, ce qui surenchérit le coût de construction des équipements commerciaux.
- Elles **ne concernent que les nouveaux équipements commerciaux**, alors que l'essentiel des équipements a déjà été créé et qu'ils comportent souvent, du moins en Ile de France, des parkings en élévation.
- Elles **sont assez peu contraignantes**, dans la mesure où, selon le rapporteur de la loi, « à l'heure actuelle, l'emprise au sol moyenne des aires de stationnement est supérieure à deux fois la surface hors œuvre nette (SHON) des bâtiments affectés au commerce ». Il suffirait donc de construire un quart des places de parking en ouvrage pour respecter la loi. Toutefois, la grande distribution est obligée de le faire pour préserver l'accessibilité en voiture de ses centres commerciaux. Ces dispositions peu contraignantes ont été choisies, selon le rapporteur de la loi, pour éviter qu'« il existe des risques de distorsion de concurrence entre les anciens centres commerciaux, bien pourvus en parcs de stationnement, et les nouveaux centres. »

Les **normes** préconisées par les communes sont assez variables, car elles dépendent notamment de la surface commerciale et de la localisation. En Ile de France, dans les quelques PLU consultés, elles sont d'environ 20 m² de surface commerciale par place, pour les commerces de plus de 1000 m² situés en périphérie.

Quant aux **pratiques**, la grande distribution a bâti son modèle économique sur l'accessibilité en voiture et les facilités de stationnement pour les clients de ses centres commerciaux, hypermarchés, supermarchés et maxidiscomptes. Le mot d'ordre d'origine « No parking, no business »¹ reste aujourd'hui pleinement d'actualité, même en centre-ville². Le nombre de places est calculé par le distributeur en fonction de grilles empiriques liées à la fréquentation présumée³. Le commerce étant dimensionné en fonction de cette fréquentation, il est possible de constater des ratios assez stables entre surface commerciale et nombre de places de parking (voir le tableau ci-après). Par exemple, pour un centre commercial régional de 80 000 m², il faut environ 5000 places de parking.

Nombre de places de parking selon le type de commerce, hors hypercentre

Type de commerce	m ² de SHON par place
Grandes surfaces alimentaires non insérées dans un centre commercial	8
Centre commercial	16
Grandes surfaces spécialisées (bricolage, ameublement, sports et loisirs...)	20

Source : ces résultats reposent sur l'observation d'une trentaine de cas en Ile de France.

Voir aussi plus loin le cas des grandes surfaces de bricolage (chapitre 3, § II-A-3, ci-après).

On constate que les centres commerciaux ont besoin de deux fois moins de places de parking que les grandes surfaces isolées, car les boutiques qui doublent souvent la SHON sont moins fréquentées que l'hypermarché qui sert en général de locomotive, alors que leurs clients sont à peu près les mêmes. Ils sont aussi en général mieux desservis par les transports publics. Les GSS sont également bien moins fréquentées.

En définitive, il apparaît que les nouvelles normes de stationnement ne sont contraignantes que pour les grandes surfaces alimentaires isolées, non insérées dans un centre commercial. Mais la tendance est justement, depuis au moins les années 80, de développer autour d'elles des centres commerciaux et de ne plus en créer sans centres commerciaux.

4. Pour les autres lieux

Pour les **lieux d'enseignement**, les quelques normes qui ont été consultées – échantillon très insuffisant sans valeur statistique – montrent toutefois qu'il faudrait :

- une place par salle de classe en école primaire,
- 1 à 2 places par salle de classe en école secondaire,

¹ Slogan asséné dès les années 60 dans les séminaires de Bernardo Trujilio à Dayton (Ohio, USA) et destinés aux cadres commerciaux. Pas moins de 1500 Français feront le voyage pour assister à ces séminaires (Desse, 2002, p. 51).

² A l'exception de rares centres commerciaux très bien desservis par les transports publics, comme le Forum des Halles à Paris qui n'a que 1800 places de parking pour 87 000 m², soit 1 place pour 48 m² de surface commerciale.

³ Nous ne sommes pas parvenu pour l'instant à obtenir des exemples de telles grilles.

- une place pour 3 à 12 personnes (étudiants et personnels) en établissement d’enseignement supérieur.

Les **centres hospitaliers et cliniques** accueillent des personnels à horaires souvent décalés et de nombreux visiteurs. Les cas d’urgence imposent l’usage de la voiture, mode en général le plus efficace. Les normes observées dans les PLU sont d’une place pour 2 à 4 lits. On retiendra une moyenne d’**une place pour 3 lits**.

Pour les **salles de spectacle**, les **équipements sportifs** et les **stades**, les quelques cas examinés montrent que les normes sont très variables : **une place de stationnement pour 3 à 16 places assises**. Le stade de France qui peut accueillir 80 000 spectateurs ne dispose que de 5000 places de parking souterrain (soit une place de stationnement pour 16 places assises).

D’autres équipements sportifs tels que piscines, patinoires, tennis, gymnases... ont aussi parfois des normes spécifiques, comme à Montigny-les-Cormeilles.

Des normes ou au moins des pratiques existent pour bien d’**autres lieux** :

- les industries avec des normes proches de celles des bureaux,
- l’artisanat avec des normes proches de celles des commerces,
- les crèches et haltes-garderies avec des normes proches de celles des écoles primaires,
- les équipements culturels et associatifs,
- les restaurants,
- les hôtels et les foyers pour jeunes travailleurs ou pour travailleurs migrants (avec une place pour 1 à 2 chambres),
- les foyers pour personnes âgées,
- les résidences pour étudiants,
- les parcs d’attraction¹,
- les campings et les aires pour caravanes,
- les prisons²,
- les cimetières...

B/ L’OFFRE GLOBALE D’ESPACE DE STATIONNEMENT

Elle est **très mal connue**, puisque dispersée chez une multitude d’offres publics ou privés qui proposent une à plusieurs milliers de places. Cela va des propriétaires de garages, aux employeurs et jusqu’aux municipalités. Il est donc quasi impossible d’effectuer un recensement exhaustif de ces places. Seules quelques rares communes s’y sont essayé, notamment Paris qui a mobilisé pour cela des moyens considérables³. On se contentera d’envisager ici la question au niveau des grandes agglomérations et non de la France entière.

¹ Disneyland Paris draine 15 millions de visiteurs par an (la moitié, à lui seul, des 30 millions de visiteurs des parcs à thème français) et jusqu’à 60 000 visiteurs par jour. Le parking principal en surface comporte environ 10 000 places, auquel s’ajoute depuis 2004 le nouveau parking en élévation « Disney Village » de 1368 places.

² La maison d’arrêt de Fleuris Mérogis (la plus grande d’Europe) accueille 4000 détenus et comporte 600 places de stationnement, soit environ une place pour 7 détenus.

³ De nombreux enquêteurs, pendant plusieurs années en plusieurs vagues, ont passé au peigne fin tous les pâtés d’immeubles de la capitale.

Concrètement, il s'agit de proposer une **méthode d'évaluation de l'offre de places de stationnement**. L'idée est de distinguer les quatre grands types de stationnement existant – 1/ sur voirie, 2/ en parking de surface, 3/ en garage et 4/ en parking en ouvrage – et de trouver pour chacun d'eux une manière d'évaluer l'espace qu'il occupe.

1. L'espace utilisé par le stationnement dans la rue

Les agglomérations n'en ont pas une connaissance précise, même si l'information existe dans quelques communes¹. Il est toutefois possible d'en avoir une idée en constatant que les automobilistes préfèrent très souvent stationner dans la rue plutôt que dans les parkings ou même dans leur garage, pour accéder plus facilement à leur véhicule, pour échapper à l'ambiance peu agréable des parkings en ouvrage ou pour utiliser leur garage à d'autres usages. Ainsi, le **taux d'occupation moyen** des places de stationnement dans la rue est presque toujours élevé.

- Dans les centres-villes et en proche périphérie, il avoisine les 100 %. Il serait même supérieur en tenant compte du stationnement illicite (notamment des riverains la nuit).
- En grande périphérie, où la fonction résidentielle domine, il est un peu plus faible, surtout en journée quand les habitants sont partis au travail, mais les places le long de la voirie sont aussi moins nombreuses et les garages beaucoup plus fréquents.

L'offre peut donc être assez facilement déduite de la demande, en s'efforçant d'évaluer le taux d'occupation moyen :

$$\text{Offre de stationnement dans la rue} = \frac{\text{demande de stationnement dans la rue}}{\text{taux d'occupation moyen des places sur voirie}}$$

Et la demande peut être calculée grâce aux enquêtes ménages déplacements qui permettent de savoir directement si le stationnement a lieu « dans la rue » et indirectement combien de temps il dure (pour cette information, un traitement des données est nécessaire : il est décrit dans la deuxième partie consacrée au cas de l'Ile de France), pour les véhicules utilisés dans la journée, comme pour ceux qui sont laissés garés toute la journée. Ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Demande de places de stationnement dans la rue} = & \\ & (\text{nombre de déplacements par jour en véhicule particulier utilisant du stationnement} \\ & \text{dans la rue à destination} \times \text{durée de stationnement de chaque véhicule particulier} / 24 \text{ h}) \\ & + (\text{nombre de véhicules laissés garés dans la rue toute la journée}) \end{aligned}$$

Ces calculs sont à réaliser par zone : centre, proche périphérie et grande périphérie.

2. L'espace utilisé par les parkings de surface

Certaines agglomérations (dont l'Ile de France) connaissent de façon assez précise la superficie consacrée aux parkings de surface, grâce à l'actualisation régulière d'un SIG utilisant des photographies aériennes pour repérer l'affectation des sols aux divers usages. Cette informa-

¹ En 1998, l'IAURIF a réalisé une enquête sur le stationnement en Petite couronne, qui n'a pas porté principalement sur l'offre mais sur la politique de stationnement. Les communes qui ont répondu devaient néanmoins préciser le nombre de places sur voirie payantes et le « pourcentage de places payantes par rapport au total des places sur voirie ». Un tiers seulement des communes concernées par cette question (12/33) a su donner ce pourcentage qui suppose de connaître l'offre totale sur voirie et encore en donnant souvent un chiffre arrondi (10 %, 25 %...), ce qui suppose une connaissance assez grossière de cette offre.

tion comprend les places concernant les flottes de véhicules professionnels, souvent banalisés et rangés de façon très serrée. Elle ne comprend pas les places de stationnement le long des chaussées et les places en ouvrage ou en garage, qu'elles soient publiques ou privées. On y trouve, les parkings en surface de la grande distribution, des employeurs, des résidences, des grands sites industriels, les parcs relais, etc. Cette offre est particulièrement importante en grande périphérie.

En l'absence d'un SIG communal, plusieurs banques de données géographiques nationales (BDCarto, BDTopo, Corine Land Cover, Multinet, Spot Théma...) proposent aujourd'hui des estimations de l'affectation des sols. Le CERTU vient d'en faire réaliser une évaluation (Di Salvo, 2007). Les informations y sont encore assez peu précises.

3. L'espace utilisé par les garages des particuliers

La consommation d'espace par les garages des particuliers peut être appréhendée grâce aux enquêtes ménages déplacements qui permettent de savoir dans quelle proportion le stationnement au domicile a lieu dans un « garage, box ou autre emplacement réservé » ou pour l'EGT sur un « emplacement privé ». Il suffit ensuite de multiplier cette proportion par le nombre de véhicules possédés par les ménages, en faisant l'hypothèse que les véhicules qui n'ont pas bougé de la journée sont stationnés dans les mêmes conditions que les autres, pour avoir une première idée de l'offre. Mais il faut enlever à ce total la proportion estimée de ces places qui sont en surface et déjà décomptées lors de la première étape ou utilisées en journée par d'autres usagers et décomptées lors de l'étape suivante. Ainsi :

$$\begin{aligned} & \text{Offre de garages des particuliers} = 25 \text{ m}^2 \\ & \times \text{nombre de véhicules possédés par les ménages} \times \text{part des véhicules} \\ & \text{stationnant au domicile dans un « garage, box ou autre emplacement réservé »} \\ & \times \text{pourcentage de places non en surface et utilisées pour ce seul usage} \end{aligned}$$

Un tel calcul sous-estime néanmoins le nombre de garages, car tous les garages ne sont pas forcément utilisés pour du stationnement. Toutefois, dans ce cas, on peut supposer qu'ils le sont à d'autres usages et qu'il n'y a plus lieu de les compter comme garage¹.

Les garages des professionnels sont assimilables soit à des parkings en surface (§ 2 ci-dessus), soit à des parkings en ouvrage (§ 4 ci-après).

4. L'espace utilisé par les parkings en ouvrage

La consommation d'espace par les parkings en ouvrage est plus difficile à cerner. Un SIG qui s'intéresse à l'usage des sols peut identifier au mieux la superficie utilisée par les parkings en élévation (comme c'est le cas en Ile de France), mais sans préciser le nombre d'étages. Sa logique est bien sûr de connaître l'affectation des sols et non la consommation totale d'espace par les véhicules. Pour avoir une idée des parkings en ouvrage, il faut se résigner à les dénombrer en évitant les doubles comptes. Il en existe plusieurs sortes.

¹ Le RGP recense également les garages, mais nous n'avons pas utilisé ces données. Car en fait, d'après certaines enquêtes de l'IPRAUS, beaucoup de garages sont reconvertis comme pièce atelier, salle de jeu, chambre d'amis ou salle de séjour..., jusqu'aux trois quarts dans certains lotissements !

- Les **parkings publics en ouvrage** sont parfois gérés en régie directe, plus souvent par des SEM ou par des concessionnaires. Ils sont situés généralement en centre-ville ou à proximité des gares ou des pôles d'échange. Les SEM (liées à une ville, comme la Saemes à Paris, Lyon parc auto à Lyon, Parcus à Strasbourg...) et les concessionnaires (qui sont des sociétés internationales ou nationales comme Vinci Park, Effia, Epolia, Interparking, Q-Park...) fournissent en général la liste de leurs parcs et le nombre des places. Mais les parcs gérés en régie sont plus mal connus.
- Les **parkings en ouvrage des centres commerciaux et des grandes surfaces commerciales** sont moins faciles à recenser, car il existe certes trois sources fournissant le nombre de places (CERTU, 2003), mais qui ne précisent pas, semble-t-il (cela reste à vérifier), la part réalisée en ouvrage.
- Le CNCC (Conseil national des centres commerciaux) fournit des données pas toujours très fiables pour les 600 premiers centres commerciaux français dont la surface commerciale est supérieur à 5000 m² (coût ≈ 200 €).
- Le groupe privé américain ACNielsen commercialise une banque de données *Panorama trade dimension* assez coûteuse (≈ 500 €).
- Les chambres de commerce ont récemment constitué une base fiable mais non encore accessible aux chercheurs, *Urbanicom*, à partir des dossiers déposés auprès des CDEC (commissions départementales d'équipement commercial) qui doivent contenir la superficie et le nombre de places du parc de stationnement.

Pour éviter les doubles comptes (les parkings en surface étant déjà recensés), il faut tenter de connaître la part des places de stationnement réalisées en ouvrage. L'utilisation de Google Earth sur un échantillon représentatif de ces commerces permet d'en avoir une idée. Le tableau suivant indique cette proportion en Ile de France.

Proportion de places de parking en ouvrage dans les commerces d'Ile de France

Type de commerce	Surface commerciale par place (en m ²)	Places de parking en ouvrage
Centres commerciaux régionaux	16	85 %
Centres commerciaux interdépartementaux	16	60 %
Centres commerciaux intercommunaux	16	50 %
Centres commerciaux spécialisés	16	40 %*
Hypermarchés	8	40 %*
Zones de commerce actives	24	40 %*

* Pourcentages qui restent à mieux étayer.

Connaissant la SHON des commerces, on en déduit le nombre de places de parking, dont celles en ouvrage.

- Les **parkings souterrains des employeurs** sont impossibles à recenser tant ils sont nombreux, mais on peut en avoir une idée, en ce qui concerne les immeubles de bureaux modernes (de loin les plus nombreux) situés en zone dense et dotés en général de places en sous-sol imposées par les normes de stationnement (article 12 des PLU). Ces normes sont assez semblables d'une commune à l'autre : en Petite couronne d'Ile de France, les surfaces consacrées aux parkings sont d'environ 50 % de la SHON des bureaux (IAURIF, 1998), celle-ci étant régulièrement recensée par les CCI. Dès lors, on peut évaluer l'offre de stationnement des immeubles de bureaux situés en zone dense en proposant la formule suivante :

Offre de places de parking en souterrain pour les bureaux en zone dense =
0,5 x la SHON de ces bureaux

On supposera pour les autres activités (industries, artisans...) et pour les bureaux situés en grande périphérie que les places de stationnement sont le plus souvent en surface et donc déjà recensées par le SIG.

– Les **parkings en ouvrage des centres hospitaliers et cliniques**. Sachant qu'il faut en moyenne une place pour 3 lits et que ces équipements sont régulièrement rénovés ou agrandis presque toujours à l'intérieur d'un périmètre limité, on peut supposer que ces normes sont partout appliquées et qu'en zone dense les parkings sont entièrement souterrains et en périphérie pour moitié.

– Quelques **autres parkings en ouvrage** concernent des équipements souvent de grande taille comme des aéroports, des équipements de loisir (stades, équipements culturels...), des établissements universitaires et de recherche... qu'il est alors nécessaire de recenser un à un.

En conclusion, cette méthode de recensement de l'espace utilisé par les parkings reste apparemment sommaire et artisanale, mais elle est bien plus précise et complète que les données fournies par un SIG. Son application au cas de l'Ile de France réalisée dans la seconde partie est la preuve de son caractère opérationnel, du moins à l'échelle d'une agglomération et de ses principales zones (centre, périphérie).

CHAPITRE 2.

LA CONSOMMATION D'ESPACE DE CIRCULATION

Comme pour le stationnement, il convient de distinguer l'offre d'**espaces de circulation** et la demande d'**occupation de cet espace**.

L'offre peut être appréhendée directement par mesure des surfaces de circulation à l'aide d'un SIG. Mais, en pratique, une telle mesure reste très imparfaite, car, d'une part, elle laisse généralement de côté les rues étroites (par exemple, en Ile de France, les voies de moins de 25 m de large, soit toutes les voies secondaires et même certaines artères) et, d'autre part, elle ne distingue pas les espaces de circulation au sens strict – chaussées circulées et trottoirs – et les espaces de stationnement latéral ou sur terre-plein central.

Il apparaît finalement plus précis d'évaluer l'offre en multipliant le linéaire de voirie par la largeur moyenne des espaces de circulation (I) et la demande en multipliant la superficie consommée par un véhicule ou un piéton en mouvement par le nombre de déplacements (II). Enfin, le rapport de la demande à l'offre permet de calculer le taux d'occupation moyen de la voirie et de le comparer au taux d'occupation maximal de la voirie, mieux connu (III).

I – LA DEMANDE D'ESPACE DE CIRCULATION

Elle dépend bien sûr du mode de déplacement et il est habituel de déterminer simplement une « consommation d'espace par mode et par km parcouru ». Un tel calcul est en réalité très sommaire, car pour réaliser un déplacement entre une origine et une destination la demande d'espace varie de façon pas du tout négligeable, d'une part, de la vitesse de mouvement (A) et, d'autre part, de la distance effectivement parcourue donc des détours (B).

A/ LA SURFACE CONSOMMEE PAR UN VEHICULE EN MOUVEMENT

Elle a longtemps été appréhendée à travers les débits pratiqués selon la largeur de voirie (1). Un calcul direct permet pourtant de mieux tenir compte du rôle essentiel de la vitesse (2).

1. L'approche par le débit

Dès les années 50 au moins, les ingénieurs trafic ont déterminé les débits maximum des divers modes de transports, d'abord selon la largeur de voirie utilisée (ou d'emprise pour les modes guidés), puis selon la vitesse (courbes débit-vitesse).

Le débit d'une voirie est souvent calculé **par largeur de voirie**. Selon les sources, les évaluations distinguent la marche, la bicyclette, l'automobile en ville et sur autoroute, l'autobus sur voie réservée ou non, le tramway, le métro, le train de banlieue (RER), voire même l'avion et sont ramenés à une bande de 3,50 m de large (par exemple, Banque mondiale, 1975, p. 82 ; Direction générale des transports de la Commission européenne ; Beaucire, 1996...) ou parfois d'un mètre de large (United Nations, 1984 ; Lowe, 1989, p. 22) : cette largeur est moins facile à appréhender, mais autorise des comparaisons plus rigoureuses. En voici un exemple dans le tableau ci-après.

Débits maximaux selon les modes par mètre de largeur de voirie

Mode	Personnes par heure	Ecart / auto
Automobile en circulation urbaine	270	1
Automobile sur autoroute	750	3
Bicyclette	1500	6
Bus dans la circulation générale	2700	10
Piéton	3600	13
Train de banlieue	4000	15
Bus sur voie réservée	5200	19
RER (« surface rapid rail »)	9000	33

Source : United Nations, 1984.

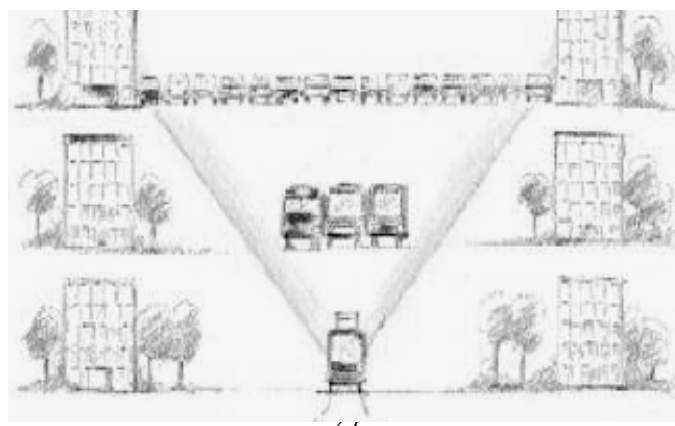
Ces données, souvent reprises, sont assez réalistes.

A l'inverse, on peut aussi calculer la **largeur nécessaire pour un même débit** selon chaque mode. L'UITP (2001, p. 8) rappelle ainsi que :

- « Pour transporter 50 000 personnes par heure et par direction, il faut :
- 175 m de largeur de routes pour les voitures, ou
 - 35 m de largeur de routes pour les bus, ou seulement
 - une emprise de 9 m de large pour un métro ou un RER. »

Cette façon d'appréhender la question autorise une représentation assez pédagogique pour les élus ou la population, comme l'indique le schéma ci-après.

Représentation de l'espace occupé par les divers modes à capacité égale



En 1991, pour persuader les habitants du bien fondé du choix du tramway, la communauté urbaine de Strasbourg utilisa un procédé équivalent en réalisant une affiche éloquent montrant trois photos de la même artère 1/ saturée de 177 voitures, 2/ sillonnée par trois bus et 3/ accueillant une rame de tramway dessinée au sol. Elle mobilisa 244 figurants un dimanche matin pour y parvenir. L’affiche précisait que pour transporter ces 244 personnes, les 177 voitures occupaient 1600 m² et une rame de tramway seulement 112 m², soit 14 fois moins.

Quelle que soit l’approche utilisée, la voiture individuelle apparaît comme le mode le plus consommateur d’espace de circulation. Selon ces sources et leurs hypothèses, **pour une même superficie, la voiture transporte 12 à 33 fois moins de personnes que les transports publics lourds.**

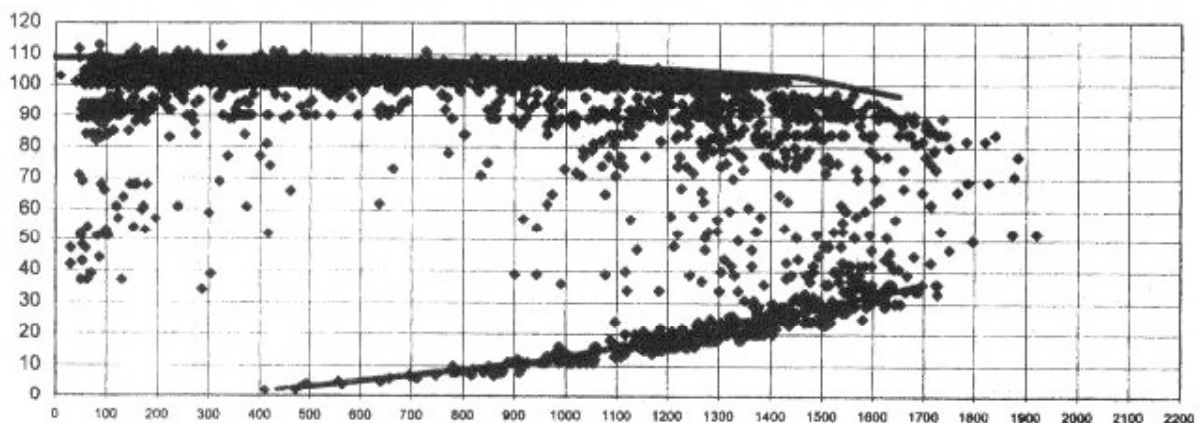
Pourtant, malgré leur intérêt, ces approches par le débit ont le double défaut de ne pas tenir compte :

- de l’emprise réelle d’une voirie qui, pour les modes non guidés, est bien plus large quand les vitesses autorisées sont élevées,
- et du temps d’occupation de la voirie qui diminue au contraire avec la vitesse.

Les courbes débit-vitesse relèvent d’une démarche purement empirique. Elles sont élaborées sur la base de comptages effectués grâce à des capteurs noyés dans les chaussées. Il s’agit d’un simple constat qui ne peut faire l’objet de contestation, sauf à mettre en doute la fiabilité des capteurs.

Ces courbes démontrent qu’il existe, sur les autoroutes et voies rapides, un maximum de capacité estimé habituellement aux alentours de 2000 unités de véhicules particuliers par heure et par voie et pour une vitesse d’environ 50 km/h. Car certes, une vitesse accrue tend au départ à augmenter la capacité, mais la distance intervéhiculaire s’accroissant fortement à grande vitesse finit par contrecarrer cet avantage.

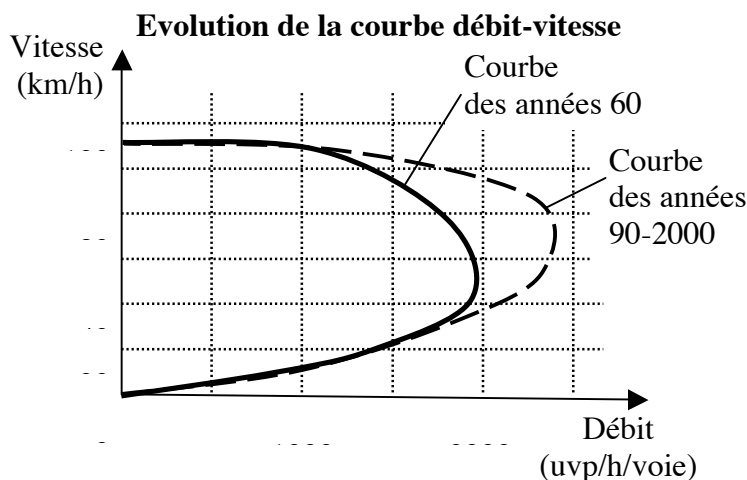
Un exemple de courbe débit-vitesse sur l’A6a, sens sud-nord au Pk 0,960 en janvier 1995



Source : SIER, URF.

S. Cohen, chercheur à l’INRETS et spécialiste reconnu, a toutefois démontré récemment que la capacité maximale d’une voie autoroutière serait plutôt d’environ 2400 uvp / h / voie et la vitesse critique d’environ 60 à 90 km/h, soit une augmentation non négligeable d’à peu près

20 %¹. Par exemple, sur le boulevard périphérique sud (trois voies par sens), la capacité maximale serait passée en 15 ans, entre juin 1979 et juin 1994, de 6690 à 7360 uvp, soit + 10 %, avec désormais 2450 uvp / h / voie. Sur les quatre voies du tronçon commun A4-A86, l'autoroute la plus congestionnée de France et comportant 10 % de poids lourds, la vitesse critique était en 2003 de 66 km/h avec une capacité de 2250 uvp / h / voie (Cohen, 2004).



Cette évolution s'explique par une réduction équivalente d'environ 20 % du temps intervéhiculaire (TIV) sur les voiries saturées de trafic (Cohen, 2006), sans doute à cause de l'efficacité accrue du freinage : généralisation de l'ABS, meilleure qualité des pneumatiques et des revêtements de chaussée. Aussi, malgré les conseils de prévention, ces améliorations techniques et l'expérience aidant ont peut-être un peu trop mis en confiance les automobilistes et entraîné une dérive dans leur comportement, et cela d'autant plus que le non respect des distances de sécurité n'est jamais sanctionné.

Peut-on, dès lors, utiliser ces courbes pour réguler la capacité ?

Sur les voies rapides et autoroutes, la vitesse correspondant à leur capacité maximale étant d'environ 60-90 km/h, la réduction de la vitesse limite devrait logiquement permettre d'augmenter leur capacité. Or les systèmes de régulation de la vitesse se développent depuis au moins deux décennies en Europe et particulièrement en Allemagne, mais leurs objectifs concernent surtout l'amélioration de la sécurité et la réduction des nuisances, et l'impact sur la capacité est loin d'être évidente². J.-B. Lesort indique prudemment : « des expérimentations récentes montreraient que la capacité pourrait être améliorée de cette façon par l'homogénéisation des vitesses individuelles (...) qui conduirait à une réduction des perturbations et donc à un retard d'apparition des situations de congestion » (2006, pp. 44-45).

¹ « Les capacités de base des sections homogènes des autoroutes américaines étaient, de 1965 à 1990, évaluée à 2000 unités de voitures particulières par heure et par voie (uvp / h / voie) dans des conditions de circulation qualifiées d'idéales. Depuis lors, diverses observations ont mis en évidence une augmentation sensible de cette valeur nominale. Depuis l'an 2000, cette capacité de base est passée à 2400 uvp / h / voie, soit un gain significatif de 20 %. » (Cohen, 2006, p. 61)

² En 1999, S. Care-Colin et P. Gendre, auteurs d'une synthèse sur les systèmes de régulation de la vitesse sur autoroute précisait : « L'augmentation de capacité n'a pas pu être réellement prouvée, mais il est certain qu'une meilleure utilisation des voies (celle de droite en particulier) et une apparition retardée des bouchons font que l'infrastructure semble plus débiter avec régulation des vitesses que sans régulation. » (p. 45)

Sur les artères, la présence de nombreux carrefours à niveau rend le problème plus complexe en réduisant par deux ou trois le débit. La solution a consisté à mettre en place des **plans de circulation**, expérimentés à Paris dès les années 50¹, puis diffusés massivement au cours des années 70 dans toutes les grandes villes de France (la circulaire n° 71 230 du 16 avril 1971 les a officiellement encouragés, financements de l'Etat à la clef). Le principe de ces plans est de **simplifier et coordonner la gestion des carrefours**, ce qui suppose la généralisation des sens uniques, la limitation des mouvements tournants, la multiplication des carrefours à feux et leur gestion centralisée par des systèmes de régulation². L'objectif principal est de réaliser des « ondes vertes », technique consistant à « décaler le passage au vert des carrefours pour que le flot des véhicules démarrant au premier feu ne rencontre que des carrefours au vert, le long de son trajet sur l'axe » (Cohen, 1986).

En d'autres termes, tous ces dispositifs permettent de retrouver, sur les axes limités à 50 km/h, les conditions de circulation en vigueur sur une autoroute, au moins le temps d'une onde verte. Et pour améliorer le débit, compte tenu du diagramme fondamental et problèmes de sécurité mis à part, la vitesse de coordination – c'est-à-dire la vitesse à laquelle sont censés se déplacer les véhicules pour bénéficier de l'onde verte – doit être la plus élevée possible. Ainsi à Lyon, elle est de 45 km/h sur le cours Lafayette et de 36 km/h sur l'axe Gambetta - Albert Thomas (source : Grand Lyon).

Selon C. Gérondeau (1969), « dans les quartiers centraux des agglomérations », les plans de circulation auraient permis « une augmentation de près de 40 % de la capacité accompagnée d'une réduction sensible des durées de parcours » (p. 58).

En France, avant que la vitesse limite en ville ne soit abaissée de 60 à 50 km/h en 1990, divers auteurs invoquaient l'existence d'un maximum de capacité vers 45-50 km/h pour justifier le souhait d'abaisser les vitesses en ville. Aujourd'hui, avec la hausse de la vitesse correspondant à la capacité optimale, cet argument ne tient plus. Et d'autres auteurs préconisent au contraire – en s'appuyant notamment sur les courbes débit-vitesse actuelles – le relèvement des vitesses à 70 km/h sur les grands axes urbains (les nationales non déclassées). Quant aux zones 30, elles apparaissent de moins en moins pertinentes, puisqu'elles réduiraient de façon plus du tout négligeable la capacité de la voirie.

Quoi qu'il en soit, comme la précédente, cette approche pourtant très documentée oublie que, pour les modes non guidés, des vitesses élevées imposent des emprises de voirie très larges. C'est avec la surface dynamique que cette question peut être aisément traitée.

¹ Les sens uniques destinés à « favoriser l'accroissement du débit » ont été instaurés pour la première fois dès les années 20, avec « le groupe formé par la rue Chaussée d'Antin et la rue Mogador ». Puis : « De 37 en 1922, le nombre de voies parisiennes à parcourir dans un seul sens est monté progressivement à 144 en 1927, 173 en 1928, 461 en 1949... » (Barles, Guillaume, 1998, pp. 213-214). Les années 50-60 ont connu une forte accélération avec dès août 1951 la mise en sens unique des Grands boulevards. Si bien que le total des sens uniques était de « 1532 en 1961, soit un tiers du réseau » (Guillaume, 1997, p. 28). Huit ans plus tard, selon C. Gérondeau (1969, p. 59) « la majorité des voies » était concernée. Et d'après notre estimation statistique, plus des trois quarts du réseau sont aujourd'hui traités.

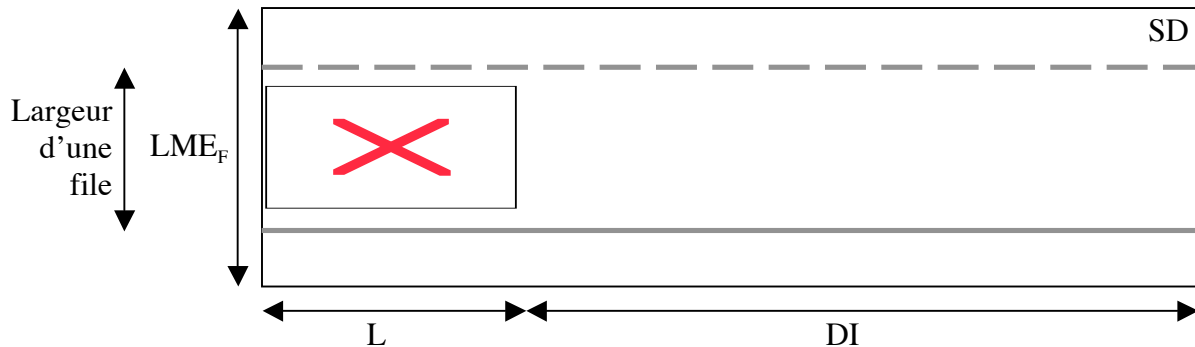
² La circulaire du 16 avril 1971 préconise : « lorsqu'il s'agit d'un carrefour complexe, de mettre à sens unique le maximum de "voies sortantes" et de supprimer les mouvements tournants qui nécessitent une phase spéciale [des feux] ». Voir déjà auparavant les travaux de R. Magnan (1951).

2. L'approche par la surface dynamique

Pour parvenir à calculer la surface consommée par un véhicule en mouvement (SD), il faut multiplier la somme de la longueur du véhicule (L) et de la distance intervéhiculaire (DI) par la largeur moyenne d'emprise par file de circulation (LME_F). Cette surface variant avec la vitesse, on l'appelle surface dynamique.

$$SD = (L + DI) \times LME_F$$

Schéma représentant le calcul de la surface dynamique



La longueur des véhicules

Les **véhicules particuliers** ont une longueur qui va de 2,50 m pour une Smart ForTwo à 4,50 m pour une Renault Espace ou un break. On adoptera comme **longueur moyenne : 4 m**. A noter que la longueur des véhicules n'a aucune incidence sur leur distance d'arrêt qui détermine la distance intervéhiculaire. C'est pourquoi, les petits véhicules n'ont qu'un faible intérêt pour réduire la congestion (Lamure, 1995).

Un **bus** a en général **12 m** de long et un bus articulé **18 m**.

Un **deux-roues motorisé** a une longueur moyenne de **2 m** et une **bicyclette 1,8 m**.¹

La distance intervéhiculaire

Un véhicule en circulation a besoin de maintenir une distance de sécurité avec le véhicule précédent pour pouvoir s'arrêter à temps en cas d'urgence. En principe, cet espace est au minimum égal à la distance d'arrêt (DA) qui comprend une distance de réaction (DR) puis une distance de freinage (DF) (Lechner, 1986 ; CETUR, 1989, p. 13).

$$DA = DR + DF$$

1/ La distance de réaction en m dépend du temps de réaction (TR) en s et de la vitesse (V) en m/s :

¹ Toutes les longueurs standards retenues dans ce paragraphe sont aussi les valeurs utilisées par la Sécurité routière dans ses algorithmes de calcul des temps intervéhiculaires à partir des interdistances repérées par les cinémomètres. Voir http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/IMG/Synthese/CT_VIT1.pdf

$$DR = TR \times V$$

On estime en général qu'un conducteur à l'attention diffuse met environ une seconde pour réagir (Malaterre, 1986), soit $TR = 1$.

2/ La distance de freinage en m dépend de la vitesse acquise en m/s et de la décélération en m/s^2 – elle-même fonction de g , la pesanteur terrestre, et de f , le coefficient d'adhérence (ou de frottement linéaire) – selon la formule suivante :

$$DF = \frac{V^2}{2 g f}$$

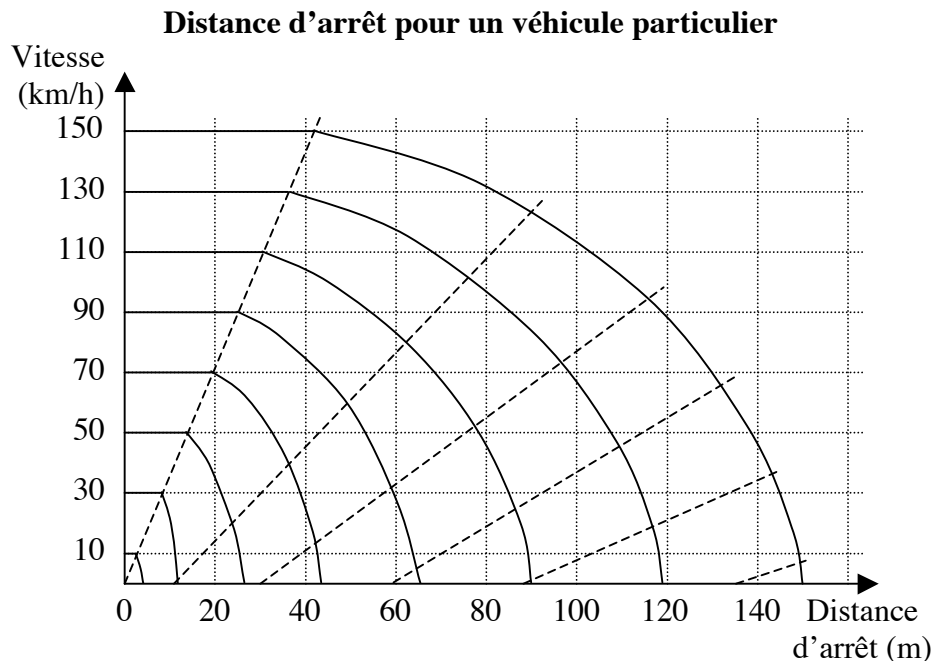
On sait que $g = 9,81 m/s^2$ et que, sur chaussée plane, droite et sèche, $f = 0,8$, soit $DF = 0,06371 V^2$.

3/ Au total, la distance d'arrêt est donc de :

$$DA = DR + DF = (TR \times V) + (V^2 / 2 g f) = V + 0,06371 V^2$$

Distance d'arrêt selon la vitesse

Vitesse (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Distance de réaction (m)	2,8	5,6	8,3	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36
Distance de freinage (m)	0,5	2,0	4,4	7,9	12	18	24	31	40	49	59	71	83
Distance d'arrêt (m)	3,3	7,5	13	19	26	34	44	54	65	77	90	104	119



En pratique, quand le trafic se densifie, les conducteurs observent souvent une distance entre véhicules bien inférieure à la distance d'arrêt, au prix d'une attention soutenue pour diminuer le temps de réaction. De plus, comme déjà signalé, le temps intervéhiculaire (TIV) moyen pratiqué sur des voiries saturées de trafic s'est même réduit en quelques décennies d'environ 20 % (Cohen, 2006). Que faut-il alors retenir comme distance intervéhiculaire ? Le décret du 30 nov. 2001 précise que les automobilistes doivent respecter un TIV de deux secondes.

Sachant, on l'a vu, que leur temps de réaction avant de commencer à freiner est d'environ une seconde, il ne leur reste qu'une seconde pour parvenir à s'arrêter. C'est suffisant en dessous de 60 km/h, mais il faudrait deux fois plus de temps vers 120 km/h : à cette vitesse, même un temps de réaction très rapide ne peut suffire. *A contrario*, la stricte observation de ces deux secondes réduirait le débit maximal d'une voie à 1600 uvp/h, précise Cohen (2006).

C'est pourquoi, il est finalement préférable de retenir une distance intervéhiculaire correspondant aux TIV pratiqués et au débit maximal aujourd'hui constaté sur le boulevard périphérique de 2450 uvp / h / voie. La relation suivante, estimée empiriquement, permet de retrouver à peu près ces résultats.

$$DI = DA - 0,05 V^2$$

D'où :

$$DI = (V + 0,06371 V^2) - 0,05 V^2 = V + 0,01371 V^2$$

La largeur moyenne d'emprise par file de circulation

On peut distinguer trois types de largeurs nécessaires à la circulation.

1/ La **largeur d'une file de circulation** (L_F). Elle est nécessaire aux véhicules non guidés en circulation pour éviter de se heurter en se croisant ou en se dépassant. Elle comprend, outre la largeur du véhicule c'est-à-dire son gabarit (G), une distance latérale de sécurité (DL) de chaque côté.

$$L_F = G + 2 DL$$

2/ La **largeur d'emprise en section courante par file de circulation** (LE_F) En fait, comme on l'a vu plus haut, la largeur de la file ne suffit pas pour rouler à des vitesses élevées. Ainsi, sur une autoroute ou une voie rapide, un terre-plein central, une bande d'arrêt d'urgence et des accotements sont nécessaires. Cette largeur d'emprise (LE) divisée par le nombre de files de circulation (NF) donne une idée déjà plus exacte de la largeur nécessaire pour se déplacer rapidement en voiture.

$$LE_F = LE / NF$$

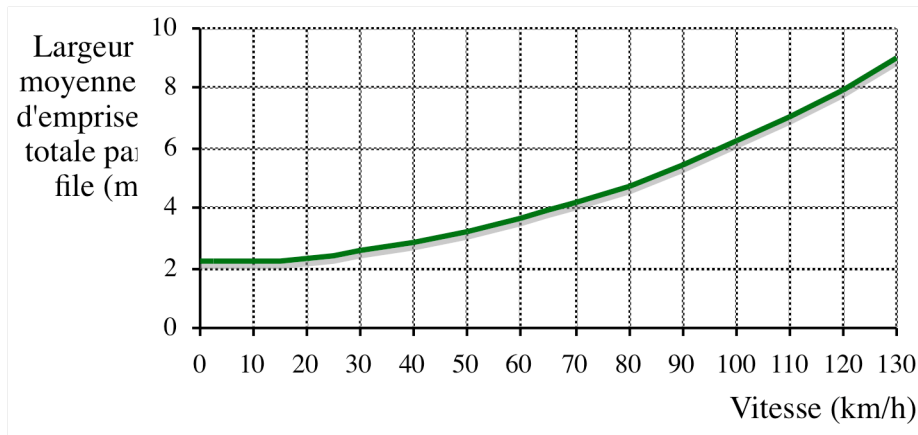
3/ La **largeur moyenne de l'emprise totale par file de circulation** (LME_F). Là encore, la largeur d'emprise par file en section courante ne reflète pas complètement le besoin d'espace d'une circulation rapide. Il convient d'ajouter la consommation d'espace des carrefours élargis, dotés de giratoires ou dénivelés qu'impose la vitesse :

- en zone 30, aucun élargissement de carrefours n'est nécessaire : des priorités à droite, des plateaux ou des mini giratoires suffisent ;
- dans les zones limitées à 50 km/h, des voies spécifiques pour faciliter les mouvements tournants, ou de petits giratoires peuvent être utiles ;
- dans les zones limitées à 70 ou 90 km/h, un terre-plein central, des voies spécifiques facilitant les mouvements tournants, des rayons de courbure plus larges, de grands giratoires, des passages dénivelés des voies centrales sont souvent de mise ;
- sur les voies rapides et les autoroutes, non seulement un terre-plein central, une bande d'arrêt d'urgence et des accotements, mais aussi de vastes et fréquents échangeurs s'avèrent indispensables.

Cette largeur moyenne d'emprise par file (en m) dépend du carré de la vitesse et de la fréquence des carrefours, selon la formule suivante qui en donne une approximation acceptable en milieu urbain pour toutes les vitesses (en m/s) :

$$LME_F = 2,2 + 0,0052 V^2$$

Relation entre la vitesse et la largeur moyenne d'emprise totale par file



On retrouve, en particulier, le résultat de la section I ci-dessus : pour une vitesse limite de 130 km/h, la largeur d'emprise par file doit être augmentée de 50 % pour obtenir la largeur d'emprise par file y compris échangeurs et bretelles : $LME_F = 1,5 LE_F$.

A noter enfin que pour les modes lents – la marche et la bicyclette – comme pour les modes guidés, la largeur de voirie ou d'emprise nécessaire ne varie pas selon la vitesse.

La surface dynamique

On obtient enfin la surface en mouvement appelée aussi « surface dynamique » (SD) en m^2 en multipliant la somme de la distance intervéhiculaire et de la longueur du véhicule, par la largeur moyenne d'emprise par file :

$$SD = (L + DI) \times LME_F$$

avec : $L = 4$

$$DI = V + 0,01371 V^2$$

$$LME_F = 2,2 + 0,0052 V^2$$

Soit, $SD = (4 + V + 0,01371 V^2) (2,2 + 0,0052 V^2)$. Ou encore :

$$SD = 8,8 + 2,2 V + 0,050962 V^2 + 0,0052 V^3 + 0,000071292 V^4$$

La surface dynamique est une fonction fortement croissante de la vitesse, car DI et LE augmentent tous deux principalement avec le carré de V (comme le tableau ci-après le montre).

La surface dynamique selon la vitesse

Vitesse (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Distance d'arrêt (m)	3,3	7,5	13	19	26	34	44	54	65	77	90	104	119
Distance intervéhiculaire (m)	2,9	6,0	9,3	13	17	20	25	29	34	38	43	49	54
Largeur d'emprise par file (m)	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,9	5,4	5,9
Largeur moyenne d'emprise totale par file (m)	2,2	2,4	2,6	2,8	3,2	3,6	4,2	4,8	5,5	6,2	7,1	8,0	9,0
Surface dynamique (m ²) par rapport à 30 km/h	15	24	34	48	66	89	119	157	205	263	334	419	521
			1	1,4	1,9	2,6	3,5	4,6	6,0	7,7	9,8	12	15

On constate que, par rapport à une circulation à 30 km/h, l'espace de circulation nécessaire est déjà double à 50 km/h, multiplié par 6 à 90 km/h et 15 fois supérieur à 130 km/h¹.

D'où l'avantage bien connu du guidage des modes. Déjà à moins de 50 km/h, un tramway moderne au gabarit pourtant plus généreux qu'un bus – 2,65 m contre 2,50 m – ne nécessite qu'une emprise de 6 m au lieu de 7 m pour un site propre bus. Au-delà de 50 km/h, une double voie ferrée n'occupe que 10 m de large, accotements compris, quand une autoroute à 2 x 2 voies réclame déjà au moins 30 m.

Mais, si pour les modes non guidés les écarts de consommation d'espace sont considérables selon la vitesse, le temps de déplacement est bien moindre à vitesse élevée, d'où l'intérêt de raisonner en consommation d'espace-temps, pour tenir compte non seulement des inconvénients, mais aussi des avantages de la vitesse, comme on le verra plus loin (chapitre 3, II-B-2).

Pour résumer cette section II, il apparaît que l'approche par le débit oublie l'impact et de la vitesse et de l'emprise. La courbe débit-vitesse ne résout que la question de la vitesse. Et le concept de surface dynamique ne peut envisager que le problème de l'emprise en négligeant les avantages de la vitesse. Seule l'approche par la consommation d'espace-temps de circulation développée au chapitre suivant permet de tenir compte pleinement et de la vitesse et de l'emprise.

Les quatre approches de la consommation d'espace de circulation

		Prise en compte de la vitesse	
		Non ou partielle	Oui
Prise en compte de l'emprise	Partielle	1. Approche par le débit	2. Approche par la courbe débit-vitesse
	Oui	3. Approche par la surface dynamique	4. Approche par la consommation d'espace-temps de circulation

¹ En Suisse, le mode de calcul des surfaces dynamiques est le suivant (Jeanrenaud, 1993, p. 73) : $SD = (LONG + 2V) \times LARG$, avec SD = surface dynamique en m², V = vitesse de croisière exprimée en m/s, $LONG$ = longueur du véhicule en m, $LARG$ = largeur de la bande de roulement (1 m pour les motocycles, 3,50 m pour les autres catégories). Cette formule simple surestime la consommation d'espace à faible vitesse et la sous-estime fortement à vitesse élevée. Ainsi, un véhicule de 4 m de long, circulant à 30 km/h, aurait besoin d'une surface dynamique de 72 m² et s'il roule à 130 km/h, il lui faudrait 267 m², soit seulement 3,7 fois plus.

B/ LES DISTANCES ET VITESSES DES MODES DE DEPLACEMENT

Pour évaluer la consommation d'espace d'un déplacement, il faut tenir compte, on vient de le voir, de la vitesse de chaque mode. Comme il est aujourd'hui impossible de connaître les vitesses instantanées de chaque mode, il faut se contenter d'approcher au moins les vitesses moyennes en divisant les distances réelles parcourues par les durées des déplacements.

Or de nombreuses enquêtes sur les déplacements ne fournissent au mieux que des distances à vol d'oiseau (ou portée des déplacements) entre origines et destinations, reconstituées de diverses manières : à partir d'un carroyage de 300 m de côté, comme le fait l'enquête globale de transport de l'Ile de France, ou bien à partir des centroïdes de fines zones, comme dans les enquêtes ménages déplacements des grandes villes de province.

Mais ce travail déjà délicat ne suffit pas, car il est parfois nécessaire de connaître aussi les distances réelles, par exemple, pour mieux calculer le coût des déplacements et leurs consommations d'énergie, pour ramener les accidents à des distances parcourues ou pour apprécier plus précisément la zone de desserte d'une gare ou d'une station de transport public.

Pour obtenir une estimation des distances réelles, il est alors nécessaire de redresser les distances à vol d'oiseau – ou distances euclidiennes – à l'aide de coefficients appelés aussi parfois « facteurs d'allongement » (Genre-Grandpierre, 2001) ou dans la littérature anglo-saxonne « facteurs de détour » (*detour factors*). Plusieurs auteurs et organismes en proposent (le CERTU et l'ADEME notamment). Mais les modes de calculs et leurs résultats sont variables car souvent peu argumentés.

Une fois mieux connues les distances réellement parcourues, on peut alors en déduire aisément les vitesses moyennes pratiquées.

Ainsi, on cherchera d'abord à comprendre l'origine des détours (1), puis à préciser les coefficients de redressement par mode et par type de milieu traversé (2) et enfin à calculer les distances et les vitesses moyennes pratiquées (3).

1. De l'origine des détours

Le terme de détour – « tracé qui s'écarte du chemin direct » selon Le Robert – est parfaitement approprié pour aborder les distances supplémentaires qu'imposent les distances réellement parcourues par rapport aux distances à vol d'oiseau. Le **coefficient de détour** peut être ainsi défini (E. Schaur, 1991, p. 82) :

$$\text{coefficient de détour} = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{distance à vol d'oiseau}}$$

Et le **coefficient de détour moyen** est la moyenne des coefficients de détour, qui peut être approchée par la formule :

$$\text{coefficient de détour moyen} \approx \frac{\text{moyenne des distances parcourues}}{\text{moyenne des distances à vol d'oiseau}}$$

Un coefficient multiplicateur peut aussi s'exprimer en un pourcentage d'accroissement (avec pourcentage d'accroissement = coefficient multiplicateur – 1). Ainsi on dira plus simplement : « un détour de 30 % » ou « un détour moyen de 22 % ».

Les mailles du réseau délimitent des îlots par nature infranchissables¹. Parcourir le réseau revient donc à contourner des îlots. Autrement dit, il est normal qu'il existe quelques détours pour ménager des espaces (ou îlots) entre les infrastructures, qu'ils soient bâtis, cultivés, boisés ou sauvages. Car il ne peut pas y avoir que des trajets rectilignes entre tous les points origine et destination, sinon tout l'espace serait occupé par des infrastructures. On peut donc considérer qu'il existe – au moins pour les voiries – un **détour moyen normal** et des **détours supplémentaires** liés à des causes particulières qu'il s'agira de déterminer. Cette distinction rejoint le débat sur l'intérêt de développer un réseau maillé ou hiérarchisé.

Le détour moyen normal

Le détour moyen normal correspond à un réseau viaire « bien maillé », c'est-à-dire où les mailles (les îlots) ne sont ni trop grandes, ni trop longues, gardent des dimensions normales pour éviter des détours excessifs aux usagers du réseau les plus sensibles à la distance.

Ainsi, **en milieu urbain**, il est nécessaire que les piétons puissent contourner les îlots en effectuant un déplacement « pas trop long ». Le critère qui peut être retenu consiste à prendre comme longueur limite du périmètre des îlots (hors impasses) la distance moyenne d'un déplacement à pied, soit un km (12 mn à 5 km/h), ce qui correspond à des îlots de seulement 2 ha s'ils sont très allongés et jusqu'à 7 ha si leur forme se rapproche du cercle. Si on souhaite que la ville soit au moins perméable aux déplacements à bicyclette, à défaut de l'être suffisamment à pied, le critère sera des îlots d'un périmètre maximal de 3 km, soit 20 à 65 ha selon leur forme.

Un autre critère plus sommaire consiste à prendre en compte la **densité du linéaire de voirie**, c'est-à-dire le linéaire de voirie par hectare urbanisé. Le cas de l'Île de France (voir le tableau ci-après) est sans doute généralisable. Paris dont le réseau est réputé bien maillé possède 165 m de voirie par ha. Les réseaux en damier des villes américaines ont un ratio similaire². On peut en conclure qu'**un réseau bien étoffé nécessiterait au moins 150 m de voirie par ha**, mais guère plus car la voirie saturerait vite l'espace et qu'à l'inverse, **la desserte d'un territoire urbanisé** (au sens de l'IAURIF) **imposerait au moins 100 m de voirie par ha**.

¹ Si un îlot est traversable (parc urbain, bâtiment construit sur pilotis...), il peut être décomposé en deux îlots non traversables.

² Ainsi, à New York sur l'île de Manhattan, les rues sont espacées de 80 m et les avenues de 290 m, soit une moyenne de 159 m de voirie par ha $[10\,000 \times (80 + 290) / (80 \times 290)]$ auxquels s'ajoutent Broadway et quelques ruelles.

Le linéaire de voirie par hectare en Ile de France

	Unité	75	92	93	94	PC	77	78	91	95	GC	IDF
Linéaire de voirie*	km	1567	2182	2355	2494	7031	7222	4578	5376	3788	20 964	29 562
Surface urbanisée**	km ²	95	150	208	192	550	666	488	408	314	1 876	2 521
Linéaire de voirie par surface urbanisée	m/ha	165	146	113	130	128	114	98	135	123	116	121

* Voiries communales, départementales et nationales. Données fournies par les Départements.

** Données fournies par le MOS 2003.

La densité du linéaire de voirie a cependant le défaut de ne pas tenir compte de la morphologie du réseau. Certains réseaux peuvent avoir la même densité viaire mais un détour moyen très différent. Le géographe C. Genre-Grandpierre (2001, p. 3) les a calculés pour le centre de Lille et pour un quartier périphérique de cette agglomération : il trouve une même densité de 160 m de voirie par ha, mais un coefficient de détour moyen de 1,25 dans le premier cas et de 1,9 dans le second. C'est pourquoi, il est préférable de retenir le critère du détour moyen.

Résultat, en milieu urbain, **le détour moyen normal est de 15 à 25 %**, soit un coefficient multiplicateur des distances à vol d'oiseau de 1,15 à 1,25. Ce qui signifie qu'il n'est guère possible de descendre en dessous de 15 % au risque d'encombrer l'espace par de la voirie au détriment du bâti, ni d'aller bien au-delà de 25 % sans provoquer des allongements de parcours dissuasifs pour les piétons. On peut en faire la démonstration analytique ou le vérifier empiriquement.

La **démonstration analytique** consiste à calculer le détour moyen dans des réseaux de forme canonique, puis d'en déduire ce que devrait être ce détour moyen dans des réseaux réels combinant ces formes (voir le tableau ci-après). Les réseaux des centres-villes européens, irréguliers mais bien maillés, se situant entre le type en damier au détour moyen encore correct mais assez élevé de 30 % et les types théoriques à base de triangles équilatéraux ou « en croix de Saint André » (avec beaucoup de carrefours en étoile) au détour moyen très faible de 10 et 6 %, ils devraient bénéficier d'un détour moyen d'environ 15 à 25 %.

Forme du réseau viaire et détour moyen

Forme des îlots et du réseau viaire	Détour maximum		Détour minimum	Détour Moyen
	d'un carrefour à l'autre	d'une rue à l'autre		
Formes canoniques				
– carrés (réseau en damier)	41,4 %	100 %	0	30 %
– rectangles (grille)	41,4 %	> 100 %	0	30 %
– triangles équilatéraux	15,5 %	100 %	0	10 %
– triangles rectangles isocèles (réseau en croix de St André ¹)	en étoile 8,4 % en croix 41,4 %	100 %	0	6 %
– hexagones (réseau en nid d'abeille)	46,4 %	73 %	15,5 %	30 %
Cas généraux				
– réseau régulier en damier				30 %
– réseau irrégulier mais bien maillé				15 à 25 %
– réseau irrégulier et peu maillé				> 35 %

Source : Héran et al., 1999.

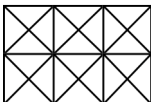
Ces dernières années, la **vérification empirique** de ce résultat est devenue plus aisée grâce aux SIG (systèmes d'information géographique) et même à la portée de tous avec les sites de calcul d'itinéraire (ViaMichelin, Mappy...) qu'il suffit d'appliquer à un réseau réputé dense et bien interconnecté tel que celui de Paris. Ainsi, le détour moyen dans cette ville est bien de l'ordre de 20 %, comme le tableau suivant l'illustre.

Evaluation empirique du détour moyen normal à Paris

Origine	Destination	A vol d'oiseau (km)	Au plus court (km)	Coefficient de détour
Gare du Nord	Porte de Versailles	7	8,5	1,21
81 r Championnet	28 r des St Pères	4,5	6	1,33
Place Bastille	Tour Eiffel	5,5	6,5	1,18
40 bd Berthier	30 rue Cl. Bernard	6,2	7,5	1,21
Radio France	8 r Butte aux Cailles	5,9	7	1,19
113 av de Clichy	Gare de Lyon	6,2	8	1,29
Place des Fêtes	Gare Montparnasse	6,6	7,5	1,14
28 r de l'Ourcq	Place Jussieu	5,3	7	1,32
40 av Gde Armée	Place A. Carrel	6,8	7	1,03
Pl. du Commerce	166 r Ménilmontant	8,2	10	1,22
Moyenne				1,21

Sources : *Google Earth, **ViaMichelin.

En **rase campagne**, du moins en plaine c'est-à-dire en l'absence d'obstacles naturels majeurs tels que des montagnes ou des lacs, le détour moyen normal du réseau de voiries destinées au trafic automobile (autoroutes, nationales et départementales) est un peu plus faible – le maillage meilleur – car les îlots peuvent être plus facilement triangulaires (ou les nœuds plus souvent en étoile) qu'en ville : on se rapproche d'un réseau en croix de Saint André. En revanche,

¹ Voici un réseau en croix de St André : 

le réseau des seules autoroutes, moins maillé, a un détour moyen bien supérieur. L'utilisation d'un logiciel de calcul d'itinéraires permet d'étudier facilement un échantillon de déplacements de ville à ville et de constater un détour moyen d'environ 13 % pour les trajets au plus court et d'environ 25 % pour les trajets les plus rapides (voir le tableau ci-après).

Evaluation empirique du détour moyen en France (hors zones montagneuses)

Origine	Destination	Distances			Coefficients	
		A vol d'oiseau*	Au plus court*	Au plus rapide*	Au plus court	Au plus rapide
Paris	Lille	204	217	220	1,06	1,08
Bobigny	Verdun	217	235	259	1,08	1,19
Saint Brieuç	Moulins	507	557	607	1,10	1,20
Poissy	Talence	500	555	612	1,11	1,22
Paris	Beaune	276	307	312	1,11	1,13
Rennes	Issoudun	305	338	419	1,11	1,37
Boulogne/mer	Charleville-M.	245	275	341	1,12	1,39
Vannes	Limoges	368	414	464	1,13	1,26
Cholet	Auxerre	346	391	478	1,13	1,38
Metz	Tours	450	509	562	1,13	1,25
Nancy	Calais	401	454	509	1,13	1,27
Bourges	Bayonne	501	571	689	1,14	1,38
Troyes	Rochefort/mer	464	532	559	1,15	1,20
Caen	Blagnac	632	725	844	1,15	1,34
Amiens	Niort	447	515	542	1,15	1,21
Auch	Chartres	530	618	660	1,17	1,25
Toulouse	La Rochelle	350	409	419	1,17	1,20
Laon	Lons-le-Saunier	352	414	448	1,18	1,27
Périgueux	Angers	272	322	341	1,18	1,25
Lorient	Rouen	379	451	462	1,19	1,22
Moyenne					1,13	1,25

Sources : *Google Earth, **ViaMichelin

qui propose d'office un itinéraire « conseillé » peu différent de l'itinéraire rapide.

Dès lors, il apparaît que le coefficient de 1,1 retenu par l'ADEME (2003) pour les longues distances, issus de travaux de l'INRETS (Orfeuill, 1984 puis Gallez et Hivert, 1998) est quelque peu sous-estimé. Les itinéraires au plus court ont certes des coefficients proches de 1,1 (un peu supérieurs toutefois), mais sont en fait peu utilisés. Car, plutôt que de choisir l'itinéraire au plus court, les automobilistes préfèrent en général emprunter les autoroutes, certes plus chères et au parcours cependant 10 % plus long, mais à la fois plus rapides et plus sûres. Le coefficient de 1,3 retenu par l'enquête nationale transports apparaît en revanche plutôt surestimé. Il serait donc préférable de retenir un coefficient de 1,2.

En ville comme ailleurs, le détour moyen normal est globalement **indépendant de la distance parcourue**, car un réseau bien maillé est par définition adapté aux distances parcourues par chaque mode.

Ainsi, en milieu urbain, le réseau parcourable à pied est en principe plus dense que celui parcourable à vélo, lui-même plus dense que celui parcourable en voiture. Le piéton peut emprunter pratiquement toutes les rues et toujours dans les deux sens, le plus souvent sur deux voies – les trottoirs situés de chaque côté –, mais aussi s'engager dans des venelles, des

escaliers ou traverser des petites rues en biais, des parcs publics, certains îlots bâtis... Le cycliste bénéficie d'un réseau nettement moins étoffé, mais il est presque partout admis dans les aires piétonnes et devrait pouvoir emprunter la plupart des sens uniques à contresens, comme c'est déjà le cas dans de nombreuses villes européennes et dans certaines villes françaises telles que Strasbourg ou le centre de Bordeaux (Asencio, Héran et Giess, 2006). L'automobiliste quant à lui ne peut circuler dans les aires piétonnes (sauf parfois à certaines heures), ni s'engager dans les sens interdits, mais bénéficie de certaines voiries réservées : voies rapides, autoponts, tunnels... Autrement dit, si, dans une zone urbaine dense disposant d'un réseau viaire bien maillé, le piéton peut utiliser presque 100 % du réseau, le cycliste est limité à 80 ou 90 % et l'automobiliste à peut-être la moitié, en fonction de l'importance des aires piétonnes et des sens uniques.

En rase campagne, les réseaux sont également adaptés aux distances parcourues. Sur longue distance, c'est le réseau de grandes voiries qui est utilisé. Sur distances plus courtes, c'est le réseau départemental qui est préféré.

Dans la réalité cependant, les réseaux comportent bien d'autres causes de détour (détaillées ci-après) et la forme des réseaux de proximité est assez différente de celle des réseaux lointains : les rues des quartiers sont souvent organisées en damier ou selon des configurations complexes générant un fort détour moyen, alors que les voiries interquartiers et plus encore les voiries interurbaines forment des réseaux avec carrefours en étoile à détour moyen bien plus faible. Ce qui explique pourquoi divers auteurs constatent ou adoptent un coefficient de détour qui décroît avec la distance (voir notamment Genre-Grandpierre, 2001, p. 6 ; l'ADEME, 2003¹ ou Godinot et Nicolas, 2007).

Les détours supplémentaires

Au détour moyen normal s'ajoutent des **détours supplémentaires** provoqués par cinq types de difficultés, qui n'affectent pas tous les modes au même degré et dont les trois premiers ne concernent que le milieu urbain.

1/ La **recherche d'une place de stationnement** est une source classique d'allongement de parcours. Selon une récente étude, elle représenterait environ 5 % de la circulation dans Paris (Lefauconnier et Gantelet, 2005), soit en moyenne une voiture sur 20. Elle est sûrement plus faible en Petite couronne et insignifiante en Grande couronne.

2/ Les **sens uniques** obligent les usagers à contourner le premier ou le dernier îlot pour partir ou arriver dans le bon sens de la rue. A Paris, les trois quarts de la voirie sont en sens unique².

¹ Pour tenir compte du fait que les détours diminuent quand la distance augmente, C. Gallez et L. Hivert (1998) adoptent la formule suivante reprise par l'ADEME et permettant de calculer d, la distance réelle en km, à partir de d^e, la distance euclidienne :

$$d = d^e(1,1 + 0,3e^{-d^e/20})$$

Concrètement, le coefficient est de 1,4 pour une distance à vol d'oiseau de 1 km, 1,3 pour 8 km, 1,2 pour 20 km et 1,1 au-delà de 90 km. La formule est reprise par l'ADEME (2003, p. 35) dans son logiciel « DEED » : Diagnostic Energie Environnement Déplacements.

² Cette donnée n'est pas disponible auprès des services de la ville, ni de la Préfecture de police. Nous avons donc procédé à un tirage aléatoire de 601 tronçons de rues entre deux carrefours consécutifs puis dénombré

En banlieue, la proportion est nettement moindre (de l'ordre de 50 % ?). Pour les véhicules motorisés, la gêne est faible. Pour les cyclistes qui se déplacent à la force de leurs mollets et sur des distances plus courtes, des sens uniques généralisés allongent d'environ 20 % les parcours, ce qui est loin d'être négligeable (Héran, 2002)¹. C'est pourquoi, l'instauration de contresens cyclables est nécessaire (Asencio et al., 2006). Plus de 80 % des sens uniques peuvent en être dotés, comme c'est par exemple le cas aux Pays-Bas. Strasbourg en est à plus de 50 %. Bordeaux les a généralisés dans tout son vaste hypercentre.

3/ La **desserte fine des quartiers** contraint plus ou moins tous les modes. Pour préserver la tranquillité et la sécurité d'un lotissement, d'un centre-ville ou d'un quartier historique, le trafic de transit est interdit et l'accès organisé par des boucles de desserte qui obligent les usagers à entrer et sortir du même côté. Les trajets terminaux s'en trouvent sensiblement allongés. Ces boucles, en plein essor, ne devraient pas concerner les usagers non motorisés, mais c'est loin d'être toujours le cas. Quant aux bus, l'obligation de desservir les quartiers au plus près, notamment pour les scolaires et les personnes à mobilité réduite, est une importante source de détours qui peut facilement doubler la distance à vol d'oiseau.

4/ Le **contournement des coupures** peut se révéler très contraignant. Ces coupures sont naturelles (fleuves, vallées, collines...) ou artificielles (créées par l'homme), linéaires (autoroute, voie ferrée, canal...) ou surfaciques (zone commerciale, parc urbain, hôpital...), infranchissables ou impraticables (artère sans trottoirs ou sans aménagements cyclables), physiques (obstacle à contourner) ou dangereuses (barrières de trafic – *traffic barriers*) (Héran, 2000). Elles s'agglomèrent souvent en faisceau de coupures linéaires (autoroute + voies ferrées...), en coupure surfacique composite (un espace vert accolé à une zone d'activité), en voirie impraticable traversant une coupure linéaire (un pont encombré de trafic traversant un fleuve) ou passant entre des coupures surfaciques (un boulevard très circulé entre un hôpital et un cimetière) et vont jusqu'à provoquer l'enclavement de certains quartiers (comme c'est le cas de nombreux quartiers dits sensibles) et parfois de communes entières (comme Vaulx-en-Velin près de Lyon ou Dugny en Seine-Saint Denis).

Les coupures engendrent à chaque fois des îlots de grande dimension. Le détour dépend de la longueur ou de l'emprise de la coupure, mais aussi de sa proximité avec les lieux d'origine et de destination. Elles sont généralement traitées en zone urbaine dense, mais beaucoup moins en périphérie où elles morcellent le territoire, comme en Seine-Saint Denis.

5/ Enfin, l'**utilisation de voies express** peut allonger fortement les parcours tant les grandes vitesses autorisées permettent des gains de temps substantiels. Dans les déplacements automobiles interurbains, l'utilisation des autoroutes plutôt que des routes nationales et départementales entraîne un détour supplémentaire non négligeable de l'ordre de 10 % (voir ci-dessus), mais permet de réduire le temps de parcours d'environ 20 %.

En milieu urbain, où la vitesse moyenne sur les voiries rapides est jusqu'à cinq fois supérieure à la vitesse moyenne en ville, le détour moyen supplémentaire est bien plus fort : la distance parcourue en utilisant des voies express peut être jusqu'à trois fois plus longue que la distance

77 % de tronçons à sens unique. Calculé en linéaire de voirie, le résultat n'est pas sensiblement différent (Héran, 2005).

¹ Dans l'hypercentre de Besançon (la boucle), où des sens uniques dissuadent le transit des véhicules motorisés, le facteur d'allongement supplémentaire des parcours est de 30 %, le détour moyen passant de 1,20 pour les piétons à 1,56 pour les voitures (Genre-Grandpierre, 2001, p. 4).

parcourue par l'itinéraire au plus court, comme l'illustre l'exemple fictif présenté dans le tableau ci-après.

**Exemple de gain de temps réalisé grâce à l'utilisation d'une voie rapide
au prix d'un allongement des distances parcourues**

Type de parcours	Distance à vol d'oiseau (km)	Distance réelle (km)	Vitesse moyenne (km/h)	Temps (mn)
Parcours urbain	8	10	20	30
Parcours mixte	8	30	65	27,6
– part urbaine		4	20	12
– part sur voie express		26	100	15,6

Deux **exemples réels** permettent de se rendre compte de l'existence effective de tels cas. Le premier concerne un trajet en taxi dans Paris, de la Gare du Nord à la porte de Versailles : il n'y a que 7 km à vol d'oiseau ou 8,5 km au plus court en 28 mn, mais 17 km (le double) au plus rapide par le boulevard périphérique en 25 mn. Le second concerne un déplacement en Grande couronne, au nord de l'Essonne, de la rue Victor Hugo située dans un lotissement à Montgeron jusqu'à la zone industrielle de la Vigne aux Loups à Chilly-Mazarin où travaillent 3600 salariés : il n'y a que 9,3 km à vol d'oiseau et déjà 16,3 km au plus court faisable en voiture en 36 mn, mais 32 km (le double) pour s'y rendre au plus vite en 31 mn en utilisant 19 km de voies express (A6, A104 et N6). Le parcours au plus court est déjà allongé de 75 % à cause de nombreuses coupures dont la Seine, des voies ferrées, etc. Il est encore doublé à cause de l'utilisation des voies express, soit au total un allongement de parcours de 243 % (facteur multiplicateur de 3,4) par rapport à la distance à vol d'oiseau. Bilan : un gain de temps de 5 mn. Certes, un usager rationnel, utilisant le coût généralisé du transport pour déterminer ses choix modaux et d'itinéraire, préférera réduire de moitié la longueur de son trajet, quitte à perdre 5 mn. Les temps fournis concernent l'heure creuse de jour, mais les écarts ne seraient pas très différents à l'heure de pointe, car la demande de trafic se répartit constamment selon la disponibilité des espaces de voirie.

Cet impact des voiries rapides dans l'allongement des parcours est d'autant plus fort quand elles sont nombreuses et que manquent des voies intermédiaires entre ces voiries et le réseau de desserte¹, comme c'est souvent le cas en Ile de France (Noël et Charre, 2000).

Au contraire du détour moyen normal, **les détours supplémentaires compliquent l'accès aux extrémités du déplacement**. C'est pourquoi, ils dépendent de la distance parcourue en étant relativement plus importants pour les trajets courts. Les usagers non motorisés, se déplaçant à la force de leurs muscles, y sont très sensibles. Il est donc parfaitement justifié de considérer globalement que le facteur de détour diminue quand la distance augmente.

¹ « Plus généralement, plus le réseau est hiérarchisé fonctionnellement, c'est-à-dire plus les vitesses de circulation autorisées sont variables, plus le facteur d'allongement calculé pour des plus courts chemins en temps augmente (plus de 25 % d'accroissement dans le cas de Tourcoing par exemple). » remarque également C. Genre-Grandpierre (2001, p. 4).

Résumé des raisons expliquant les détours supplémentaires en milieu urbain

Raison / Mode	La recherche d'une place de stationnement	Les sens uniques	La desserte fine des quartiers	Le contournement des coupures	L'utilisation de voies express
Piétons	Pas concernés	Pas concernés	Parfois contraints par les boucles de desserte	Fortement concernés	Pas concernés
Cyclistes	Peu concernés, car stationnement illicite toléré sur trottoir	Fortement concernés, car déplacements courts		Très fortement concernés, car déplacements inter-quartiers	Pas concernés
Deux-roues motorisés	Très concernés dans les centres-villes	Faiblement concernés, car déplacements longs	Contraints par les boucles de desserte	Faiblement concernés, car modes motorisés	Très concernés en périphérie
Automobilistes			Fortement concernés en périphérie		
Bus	Pas concernés				Seulement pour les bus directs

Réseau maillé versus réseau hiérarchisé

Tous ces résultats peuvent être théorisés à la lumière du débat sur la forme maillée ou hiérarchisée des réseaux (Dupuy et Offert 2005).

Les modes motorisés ne sont sensibles qu'au temps de parcours et non aux distances parcourues. C'est aujourd'hui devenu un lieu commun que de le rappeler. Aussi sont-ils prêts à effectuer des détours pour gagner du temps. De cette caractéristique découle tout l'intérêt de hiérarchiser le réseau viaire (et aussi celui des transports publics). Les voies de desserte se branchent sur les voies de distribution, qui se raccordent aux voies artérielles, elles-mêmes rejoignant les voies rapides urbaines (typologie des voiries utilisée par le CERTU). Pour que cette hiérarchisation soit à la fois efficace et sans danger, une voie de niveau donné ne doit être connectée qu'à une voie de niveau immédiatement supérieur ou inférieur. A la limite, explique G. Brun (2005), ces réseaux tendent vers une forme arborescente, fractale : la même morphologie se retrouvant à plusieurs échelles, de la desserte du centre à celle des lotissements en périphérie (comme dans la logique de collecte et distribution par des hubs).

En revanche, les modes non motorisés sont très sensibles aux distances parcourues et se déplacent toujours au plus court, ce que ceux qui insistent sur les temps de parcours ne semblent pas réaliser (ou ne veulent pas admettre ?)¹. Obliger piétons ou cyclistes à faire des

¹ De très nombreux exemples prouvent que les piétons vont au plus court : pour traverser tel parc près de la mairie de Lille, ils n'ont pas hésité à créer un chemin direct à travers les pelouses et buissons que les services de la ville ont fini par aménager ; pour accéder à tel hypermarché, ils sont prêts à traverser une 4 voies à leurs risques et périls ; pour franchir à niveau telle petite voie ferrée qui passe au milieu d'une commune périphérique (Lezennes), ils découpent régulièrement le grillage plutôt que de prendre la passerelle située à côté mais qui culmine à 5 m... C'est impressionnant, dangereux, interdit, mais c'est ainsi. Pour les cyclistes, la règle du plus court chemin est presque aussi puissante : remontée des sens interdits, utilisation des pistes cyclables unidirectionnelles en sens inverse pour éviter de traverser la rue, franchissement des carrefours en diagonale, etc. Il ne s'agit ni de justifier, ni de déplorer ces comportements, mais de constater qu'ils existent et correspondent à une logique d'économie d'énergie musculaire parfaitement compréhensible.

détours ne peut que leur faire perdre du temps et il faut de puissantes raisons (de sécurité notamment) pour que cette obligation soit comprise. Pour ces usagers, un réseau bien maillé, non hiérarchisé, est indispensable sur tout le territoire urbanisé. Pour eux assurément, « une ville n'est pas un arbre », selon l'expression de Ch. Alexander (1967), et doit rester « passante » (Mangin, 2004).

Ainsi, le réseau viaire est tiraillé entre une logique de hiérarchisation des voies, favorable aux modes motorisés, et une logique de maillage, nécessaire aux modes non motorisés. Il suffirait donc, en théorie, de dissocier les deux réseaux viaires : l'un hiérarchisé pour les voitures (voies rapides, voies intermédiaires, voies de desserte) et l'autre finement maillé pour les piétons et cyclistes. Cette solution était déjà préconisée par Le Corbusier dans La charte d'Athènes (1933), puis par le rapport Buchanan (1963), et elle a été appliquée notamment dans les villes nouvelles.

Mais en pratique, le second réseau doit pouvoir franchir les nombreuses coupures provoquées par les voies rapides et artérielles du premier, ce qui s'avère irréalisable sans quelques forts désagréments pour les non motorisés : passages dénivelés peu commodes et fatigants, temps d'attente interminables aux feux et traversées dangereuses, ou détours dissuasifs. En outre, ce double réseau rend la ville peu lisible, car il contraint les usagers qui peuvent être tour à tour piétons, cyclistes ou automobilistes à un double apprentissage. Enfin il limite les relations entre usagers des deux réseaux : pas de dépose minute possible, pas de maraude pour les taxis¹. Aussi, presque partout, la tendance est aujourd'hui d'éviter la dissociation entre réseaux piétons, cyclables et automobiles. Ainsi a-t-on supprimé certaines passerelles du quartier de La Partdieu à Lyon au profit de passages piétons classiques, ou bien réhabilité le boulevard circulaire de La Défense en modérant les vitesses et en créant des bandes cyclables.

Beaucoup considèrent cependant que les piétons ayant des déplacements de faible portée n'ont pas vocation à parcourir la ville et peuvent se contenter de limiter leurs mouvements à l'intérieur de leur quartier, voire de leur lotissement, sans qu'il soit nécessaire de prévoir de nombreux franchissements des grands axes qui jouxtent de tels lieux. Pour en sortir et donc parcourir une distance non négligeable, un mode motorisé s'imposerait, qu'il s'agisse de la voiture ou des transports publics. Ainsi la hiérarchisation du réseau et les vitesses qu'il autorise sont préservées. Un tel raisonnement sous-estime beaucoup la mobilité des piétons et bien plus encore celle des cyclistes dont la portée des déplacements est triple de celle d'un piéton à dépense d'énergie identique².

C'est pourquoi, si on tient à rendre la ville plus accueillante aux piétons et cyclistes, il est inévitable de réduire la hiérarchisation des voies, c'est-à-dire de modérer les vitesses pour

¹ « Prenons par exemple la séparation entre piétons et voitures (...). A un niveau de pensée superficiel, c'est manifestement une bonne idée. Il est dangereux que des voitures allant à 120 à l'heure soient en contact avec des enfants qui jouent. Mais l'idée n'est pas toujours parfaite. (...) les taxis urbains ne peuvent fonctionner que précisément parce que piétons et véhicules ne sont pas rigoureusement séparés. » précise Ch. Alexander (1967, p. 8).

² La portée des déplacements à pied n'est pas négligeable : en un quart d'heure, un écolier parcourt déjà un km. Celle de cyclistes adultes l'est encore moins. Une enquête réalisée dans le cadre d'une recherche pour le PREDIT 2 et portant sur 100 itinéraires réguliers effectués par des cyclistes lillois a montré qu'ils parcouraient en moyenne 4,5 km en périphérie ou sur des itinéraires radiaux, et moitié moins en centre-ville (Héran et al., 1999). On ne peut considérer qu'il s'agisse là de simples « déplacements locaux », sauf peut-être dans les très grandes agglomérations.

faciliter le maillage du réseau, en rendant les voies principales à la fois franchissables et praticables pour ces modes. C'est aussi la conclusion des experts du CERTU ou des spécialistes dont il a publié les travaux dans les années 1990 (Gambard et alii, 1995 ; Goût, 1996 ; Faure, 1996 ; Werquin et Demangeon, 1998...).

2. Les coefficients de redressement

A l'issue de ces réflexions, il apparaît que les coefficients de redressement destinés à obtenir les distances réelles à partir des distances à vol d'oiseau sont nettement différents selon les zones traversées et selon les modes.

Pour les **véhicules motorisés**, les facteurs d'allongement de parcours sont bien plus importants en périphérie qu'au centre, au moins dans les grandes villes : les voiries rapides y sont plus nombreuses et le maillage du réseau viaire y est moindre car les coupures plus fréquentes et insuffisamment traitées. Certes, la recherche de stationnement est plus facile et la présence des sens interdits moindre, mais ces facteurs ont une plus faible influence. Si bien que le détour moyen est de l'ordre de 20 à 25 % au centre et peut-être le double en périphérie, comme une évaluation exploratoire le suggère (voir le tableau ci-après). Le CERTU (2005, p. 14) retient un unique coefficient encore provisoire de 1,4 au-delà d'une distance à vol d'oiseau d'un km et qui constitue une moyenne correcte.

Evaluation empirique du détour moyen en Grande couronne d'Ile de France

Origine	Destination	Motif	A vol d'oiseau (km)	Au plus rapide (km)	Coefficient de détour
Brie-Comte-R. 9 r Paul Doumer	Noisiel 7 bd Pierre Carle	Travail (Nestlé)	18,5	22,2	1,20
Brunoy 10 av des Peupliers	Champs/Marne 6 av Blaise Pascal	Travail (ENPC)	18,5	31,0	1,68
Louvenciennes Ch. des Gds Prés	Poissy 45 r J-P Timbaud	Travail (Peugeot)	10,7	13,2	1,23
Ermont 4 rue Utrillo	Cergy-Pontoise rue de la Boucle	Université	13,8	17,9	1,30
Villeparisis 12 av. Louis	Gonesse av plaine de France	Achat (Ikéa)	9,8	16,3	1,67
Sarcelles pl. de France	Garges-lès-G. 4 r d'Alsace	Achat	2,7	3,6	1,36
Chelles 20 av. J. Jaurès	Mitry-Mory 10 av. de Verdun	Visite	7,5	14,4	1,92
Bezons 5 r Mozart	Sartrouville 8 av. Beauséjour	Visite	4,7	5,8	1,24
Argenteuil 5 rue Bichet	Montmorency 10 r J. Moulin	Hôpital	6,4	9,0	1,41
Massy 8 r Pasteur	Versailles Pl. d'Armes	Tourisme (château)	13,9	25,7	1,85
Moyenne			10,6	15,9	1,49

Sources : *Google Earth, **ViaMichelin.

Pour les **cyclistes**, les facteurs d'allongement de parcours sont différents selon les zones. Au centre, les nombreux sens interdits sont pénalisants, alors qu'en périphérie, ce sont surtout les coupures qui entravent leur progression. Le détour moyen est supérieur à 20 % au centre et à 30 % en périphérie. Lors d'une enquête réalisée dans l'agglomération lilloise (hors Roubaix et Tourcoing), il a été demandé à cent cyclistes quotidiens (60 hommes et 40 femmes, 37 ans d'âge moyen) de détailler rue par rue un parcours fréquent. Résultat : le détour moyen constaté est de 22 % au centre (comme il s'agit de trajets réellement effectués, tous les sens interdits n'ont pas forcément été respectés...), de 24 % pour les relations centre - périphérie et de 34 % en périphérie (voir le tableau ci-après). On est loin du coefficient de 1,15 retenu provisoirement par le CERTU (2005, p. 14), 1,25 serait préférable.

Calcul du détour moyen sur 100 trajets effectués à vélo dans l'agglomération lilloise

Type de trajets	Nombre de trajets	Distance à vol d'oiseau (en km)	Distance réelle (en km)	Coefficient de détour moyen
Centre - centre	31	1,8	2,2	1,22
Centre - périphérie	47	3,7	4,6	1,24
Périphérie - périphérie	22	3,4	4,5	1,34
Ensemble	100	3,0	3,8	1,26

Source : Héran et al., 1999.

Pour les **piétons**, le centre bien maillé est favorable : le détour moyen y est d'environ 20 %. Mais la périphérie beaucoup moins perméable est dissuasive : le détour moyen y dépasse sans doute les 30 %.

Sous l'impulsion de J.-L. Séhier, directeur du cadre de vie, la communauté urbaine de Lille a développé un outil logiciel permettant de cartographier précisément les zones accessibles à pied – les « cartes ZAP » – en dessinant les courbes isochrones autour d'un générateur de trafic (Palmier, 2001). Cet outil permet de mesurer un **taux de desserte** en rapportant l'aire réellement parcourable à l'aire atteignable à vol d'oiseau :

$$\text{taux de desserte} = \frac{\text{surface réellement accessible}}{\text{surface accessible à vol d'oiseau}}$$

Ce concept est directement lié au détour moyen par la formule :

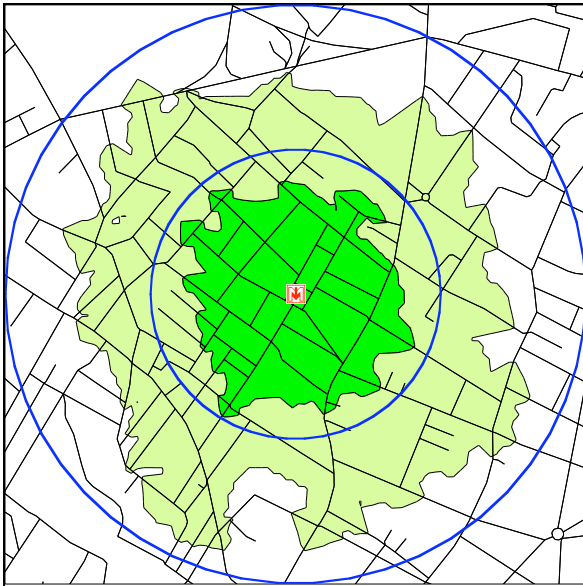
$$\text{taux de desserte} \approx (1 - \text{pourcentage de détour moyen})^2$$

Table de correspondance entre détour moyen et taux de desserte

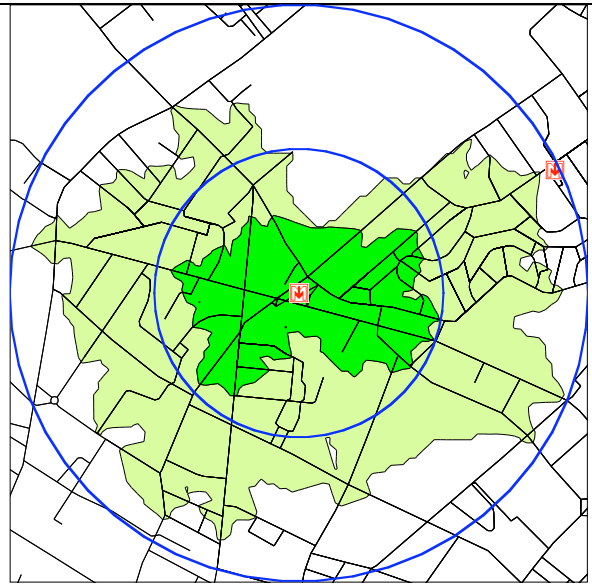
Coefficient de détour moyen	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5
Pourcentage de détour moyen	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Taux de desserte	90%	81%	72%	64%	56%	49%	42%	36%	30%	25%

Ainsi, comme pour le détour moyen, il existe un **taux de desserte normal**, quand le réseau est bien maillé et qui se situe entre 70 et 55 % (15 à 25 % de détour moyen). Mais la présence de coupures linéaires ou surfaciques peut faire tomber ce ratio bien en deçà de 50 % (voir des exemples de cartes ZAP, page suivante) équivalent un détour moyen supérieur à 30 %. D'autres auteurs ont également développé des outils similaires, notamment l'IPRAUS – Institut parisien de recherche : architecture, urbanisme, société – ou A. Landex et S. Hansen (2006) au Danemark. Et la réflexion préalable est encore plus ancienne (O'Sullivan et Morral, 1995). La ville de Nantes a également réalisé un équivalent des cartes ZAP pour apprécier la zone de desserte réelle de certains centres commerciaux de quartier (Duhayon, Pages et Prochasson, 2002, p. 46).

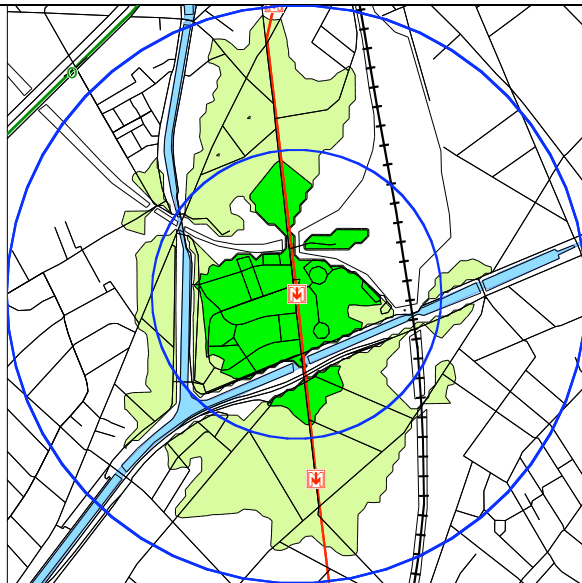
Exemples de cartes ZAP



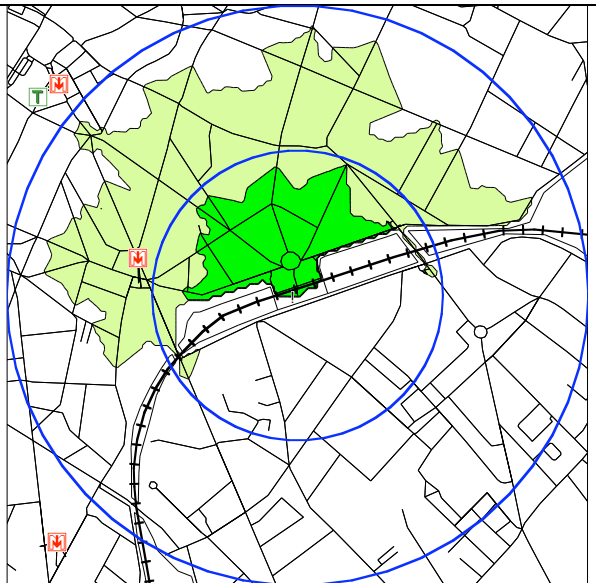
Taux de desserte de 59 %.
Un réseau dense et maillé assure une forte
aire d'influence à cette station de métro.



Taux de desserte de 54 %.
Une vaste emprise au nord ampute la zone
de desserte de cette station de métro.



Taux de desserte de 32 %.
Des coupures linéaires (voies ferrées,
canaux) réduisent la zone accessible à pied.

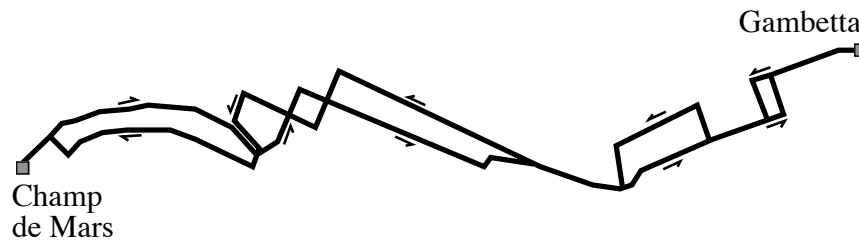


Taux de desserte de 29 %.
L'absence de sortie au sud de la gare
de Tourcoing la rend peu accessible à pied.

Source : Pouillaude, 2004.

Pour les **bus**, tout dépend de la finesse de la desserte. Dans le centre, les bus sont pénalisés par les sens uniques, à moins qu’existent des couloirs à contresens¹. En périphérie, les bus directs peuvent se contenter d’emprunter radiales ou rocades avec très peu de détours, l’usager se débrouillant pour se rabattre sur ces lignes. Les lignes de desserte des quartiers ont au contraire des parcours compliqués qui peuvent doubler les distances à vol d’oiseau. Le CERTU (2005, p. 14) retient un coefficient uniforme encore provisoire de 1,5, ce qui est acceptable.

Exemple de ligne de bus au parcours allongé et compliqué par les sens uniques



A Paris, la ligne RATP n° 69 emprunte des sens uniques sur 80 % de son parcours. Boulevard Saint Germain (vers la gauche du schéma) la ligne comporte deux arrêts séparés de 10 m, situés du même côté de l’artère pour des bus allant pourtant vers des destinations opposées. Difficile pour un usager de s’y retrouver.

Les coefficients redressant les distances à vol d’oiseau dépendent donc avant tout des modes de déplacements et de la morphologie des réseaux qui les concernent très différente selon les zones. En centre-ville, la densité humaine (habitants et emplois) et l’importance des déplacements à pied qui en résulte ont rendu nécessaire un bon maillage du réseau, alors qu’en périphérie, l’importance des déplacements en voiture a conduit à hiérarchiser le réseau, pénalisant du même coup les usagers non motorisés. Les écarts se sont ainsi nettement creusés, ces dernières décennies, entre le centre des grandes villes où la part des déplacements à pied et surtout à bicyclette s’accroît et la périphérie où elle continue de décliner, comme le montrent les enquêtes ménages déplacements des villes de Strasbourg (dès 1997), Paris (2001), Lille (2006) ou Lyon (2006). Aussi, il paraît désormais plus pertinent de différencier ces fameux coefficients en fonction des zones traversées – centre, périphérie, rase campagne – plutôt qu’en fonction des distances. En tout cas, des vérifications empiriques reposant sur un échantillon représentatif de déplacements réels par mode et par zone traversée sont indispensables, comme on a tenté ici de le montrer. De telles investigations seraient d’ailleurs en cours (CERTU, 2005, p. 10).

3. Les distances parcourues et les vitesses réelles de chaque déplacement

Certes, ces estimations des coefficients de détour restent grossières, mais elles permettent néanmoins de mieux apprécier les distances effectivement parcourues, en multipliant les

¹ Dans les années 70, suite à la circulaire du 16 avril 1971, l’extension des plans de circulation a entraîné la multiplication des sens uniques, favorisant l’usage de la voiture et en même temps compliquant les parcours des bus qui ont vu leur clientèle chuter de l’ordre de 10 à 30 % (CETE de Lyon, 1975). Voir l’exemple présenté en annexe.

portées – fournies par l’EGT ou calculées entre centroïdes de zones pour les EMD – par ces coefficients. On en déduit alors pour chaque déplacement effectué avec un mode la vitesse moyenne réelle par simple division de la distance parcourue par la durée.

$$\text{vitesse moyenne} = \frac{\text{portée du déplacement} \times \text{coefficient de détour}}{\text{durée du déplacement}}$$

Les écarts sont loin d’être négligeables, puisque les portées et les vitesses déduites des portées (que proposent l’EGT¹) sont augmentées globalement, sur l’ensemble d’une agglomération, d’environ 25 % pour les piétons, 30 % pour les cyclistes, 40 % pour les automobilistes et 50 % pour les transports publics.

Ainsi, en combinant la surface d’un véhicule en mouvement, dont on a vu qu’elle est variable selon la vitesse (en sous-section A), et les distances et vitesses réelles (reconstituées par la méthode expliquée ci-dessus), on peut obtenir la demande d’espace de circulation par mode.

II – L’OFFRE D’ESPACE DE CIRCULATION

La multiplication de la largeur moyenne des espaces de circulation (A) par le linéaire de voirie (B) permet d’appréhender l’offre d’espace de circulation (C).

A/ LA LARGEUR D’EMPRISE DES DIFFERENTS ESPACES DE CIRCULATION

Ces largeurs dépendent des gabarits et des vitesses des usagers et des modes de déplacements.

1. Les trottoirs

Selon le décret du 31 août 1999 « relatif aux prescriptions techniques concernant l’accessibilité aux personnes handicapées de la voirie publique ou privée ouverte à la circulation publique », « La largeur minimale du cheminement doit être de **1,40 mètre hors mobilier urbain ou autre obstacle éventuel** : elle peut toutefois être réduite à 1,20 mètre lorsqu’il n’y a aucun mur de part et d’autre du cheminement ».

Mais les trottoirs ne servent pas qu’aux déplacements. Ils doivent pouvoir accueillir bien d’autres usages : les chalands et le lèche-vitrine, les touristes qui flânent, les enfants et leur jeux, des terrasses, des étalages, des plantations... C’est pourquoi, en pratique, chaque fois que les flux de piétons sont importants comme sur les artères des centres-villes ou dans les rues commerçantes, les trottoirs sont souvent bien plus larges qu’1,40 m.

En revanche, il est fréquent qu’ils aient moins d’1,40 de large :

- faute de place, dans les rues étroites où le trafic automobile a été maintenu,
- à cause de la pression du trafic, dans les radiales traversant les faubourgs,

¹ « La vitesse moyenne est définie comme le rapport entre la somme des portées et la somme des durées des déplacements considérés. » (DREIF, 2001, p. 40.). Définies ainsi, les vitesses moyennes sont assez éloignées des vitesses réelles.

- par économie d'espace, dans les rues de desserte des quartiers pavillonnaires, anciens comme plus récents.

Et ils peuvent même arriver qu'ils soient inexistantes, comme en grande banlieue, dans les villes à croissance rapide, où les aménagements ne suivent pas.

2. Les aménagements cyclables

Les pistes cyclables unidirectionnelles et les bandes cyclables doivent avoir une largeur minimale d'1,50 m et les pistes cyclables bidirectionnelles une largeur minimale de 2 m, selon les recommandations du CERTU (2000). La largeur des bandes peut être ponctuellement limitée à 1,20 m faute de place. En pratique, c'est assez souvent cette largeur qui est retenue.

3. Les chaussées

Les largeurs des files de circulation dépendent des vitesses pratiquées par les véhicules et aussi de la fréquence et du gabarit des poids lourds. Le tableau suivant présente les largeurs les plus souvent utilisées.

Largeur des files de circulation selon la vitesse limite autorisée

Voirie limitée à	Largeur d'une file de circulation
30 km/h	2,50 m
50 km/h	3,00 m
70 km/h	3,20 m
90, 110, 130 km/h	3,50 m

Les voiries communales et départementales

Les voiries communales, pour l'essentiel des voies de desserte, ne comportent en général qu'une ou deux files de circulation, soit une chaussée avec un gabarit de 3 à 6 m, hors stationnement.

Les voiries départementales comportent presque toujours au moins deux files de circulation (une dans chaque sens) et supportent souvent des poids lourds (bus et camions). Le gabarit de leur chaussée est donc souvent d'au moins 7 m.

Dans les grandes villes, des avenues et boulevards communaux et certaines départementales peuvent comporter 2 x 2 ou 3 files, soit 12 à 20 m de largeur de chaussée.

Les voiries rapides et les échangeurs

Pour autoriser des vitesses élevées en préservant les automobilistes comme les riverains des risques d'accident, il est nécessaire d'isoler la voirie de son environnement. Aussi, outre les files de circulation, l'emprise d'une autoroute ou d'une voie rapide urbaine comprend un terre-plein central, une bande d'arrêt d'urgence, des accotements comportant une partie engazonnée pour dégager la vue, et un fossé indispensable pour le bon écoulement des eaux de pluie, avec parfois des barrières de sécurité, des talus ou des murs de soutènement. De plus, la vitesse impose des carrefours dénivelés (échangeurs et bretelles), très rapprochés en agglomération, qui augmentent encore la largeur moyenne de l'emprise.

Ainsi, selon les données fournies par la mairie de Paris, la superficie du **boulevard périphérique** est de 100 ha pour 30 km à l'air libre (plus 5 km couverts ou sous des ponts) auxquels s'ajoutent 38 ha d'échangeurs et bretelles pourtant très compacts (plus une partie en souterrain), soit 38 % d'espace supplémentaire nécessaire. La largeur moyenne d'emprise est de 33 m, mais en comptant les échangeurs, elle est de 46 m.

Pour les autoroutes d'Ile de France et plus généralement en milieu urbain,

- l'emprise est plus large (environ 36 m), malgré un nombre moyen de voies inférieur, car le terre-plein central, les bandes d'arrêt d'urgence et les accotements sont plus généreux pour autoriser des vitesses supérieures,
- les échangeurs sont un peu plus fréquents en proche périphérie, mais bien plus étalés en grande périphérie : les deux effets se compensent. Pour tenir compte de l'emprise des échangeurs, on peut estimer qu'il faut augmenter la largeur moyenne de l'emprise d'au moins 50 % (soit environ **55 m d'emprise moyenne**)¹.

La **largeur nécessaire pour qu'un véhicule circule à grande vitesse**, n'est donc pas de 3,5 m par file, mais d'environ **8,5 m par file**, soit 2,5 fois plus (voir le tableau ci-après).

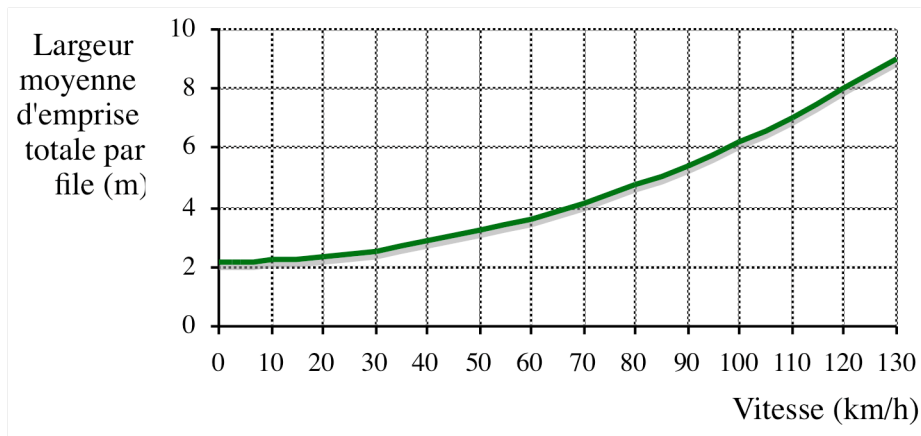
Largeur d'emprise par file de quelques autoroutes en Ile de France en tenant compte des échangeurs et bretelles

Voirie rapide	Vitesse limite km/h	Nombre moyen de files par sens	Largeur d'emprise m	Distance moyenne entre échangeurs km	Largeur d'emprise avec échangeurs m	Largeur d'emprise avec échangeurs par file m
Périph. parisien	80	3,75	33,0	1,1	45,5	6,1
A86	90	2,5	31,5	1,6	47,3	9,5
A1 > Roissy	110	3,2	36,4	1,8	54,6	8,5
A3	130	3,2	36,9	1,6	55,4	8,6
A4 > Disneyland	130	4	42,5	2,2	63,8	8,0
A13 > Orgeval	70-110	3	35,5	3,4	53,3	8,9

Sources : pour la fréquence des échangeurs, <http://wikisara.free.fr> ;
pour les largeurs moyennes, Google Earth.

¹ Selon Michel Labrousse, adjoint au directeur de la DDE des Yvelines, qui s'exprimait lors du Débat public sur le projet de prolongement de l'A12, le 30 mars 2006 : « la largeur de l'autoroute sera de 33 m tout compris. En outre, un échangeur autoroutier s'inscrit dans un carré de 200 mètres de côté. ». Cela signifie, qu'à raison d'un échangeur probable tous les 2 km, l'autoroute aura 167 m de largeur supplémentaire pendant 200 m tous les 2 km, soit une largeur moyenne supplémentaire de 16,7 m, soit exactement 50 %. Ce qui confirme notre hypothèse.

La relation entre la vitesse et la largeur moyenne d'emprise totale par file



Au contraire, pour les modes lents – la marche et la bicyclette – comme pour les modes guidés, la largeur de voirie ou d'emprise nécessaire ne varie pas selon la vitesse.

4. Les giratoires

Les places et carrefours ont des formes très variées. On n'en tiendra pas compte en considérant que l'emprise des voiries qui s'y croisent suffit à rendre compte de leur consommation d'espace. Les grands giratoires, de diamètre supérieur à 50 m, constituent cependant une exception, tant leur emprise est grande.

Il existe, en effet, divers types de giratoires :

- les giratoires exceptionnels (ou maxi giratoires), dont le diamètre extérieur est supérieur à 70 m, destinés surtout aux carrefours supportant un fort trafic, avec de nombreux poids lourds et ayant un grand nombre de voies d'accès ;
- les grands giratoires, dont le diamètre extérieur va de 50 à 70 m ;
- les giratoires ordinaires, dont le diamètre extérieur se situe entre 30 et 50 m ;
- les petits giratoires, dont le diamètre extérieur est inférieur à 30 m, plus spécialement indiqués en milieu urbain ;
- les mini-giratoires, dont l'îlot central est franchissable et le diamètre extérieur inférieur à 24 m, surtout adaptés aux zones 30.

Exemples de maxi giratoires

Le carrefour Jean Moulin au nord de Chilly-Mazarin (91), construit récemment à proximité d'une zone industrielle, est un maxi giratoire de 102,50 m de diamètre extérieur, avec 4 branches et 3 files de circulation. Il représente, avec les accotements, une emprise d'1,3 ha. Sur la D 310 à Grigny (91), trois maxi giratoires successifs, à 4 branches et seulement 2 files, font plus de 95 m de diamètre. Autour de Disneyland Paris (77), six immenses giratoires de plus de 95 m de diamètre accueillent les visiteurs. **Le plus grand, au sud du centre commercial du Val d'Europe**, a 125 m de diamètre extérieur, soit une superficie avec les accotements de **1,8 ha**. Sans doute sont-ils destinés à marquer symboliquement l'entrée dans le domaine, mais c'est aussi une manière de signifier que les visiteurs motorisés sont les bienvenus.

5. Les couloirs bus

Ils sont de plus en plus souvent ouverts aux vélos, même quand ils ne peuvent pas être élargis. Car il est dangereux et impossible d'imposer aux cyclistes de rouler coincés entre les bus à droite et les voitures à gauche. Les couloirs bus ont en général une largeur de **3,50 m**. Pour faciliter le dépassement des cyclistes par les bus dans les couloirs très fréquentés, il est recommandé d'élargir ces couloirs à **4,20 m** (CERTU, 2000) ou même 4,50 m à Paris.

6. Les voies ferrées

Les modes guidés utilisent une emprise bien moindre qu'une voirie rapide. On peut considérer qu'une voie ferrée utilise une plateforme de 3,50 m à laquelle s'ajoute des accotements, soit une emprise moyenne de **5 m** (estimation réalisée avec Google Earth).

B/ LE LINEAIRE DE CHAQUE TYPE D'AMENAGEMENT

La question de l'accès à l'information est assez délicate et mérite d'abord un développement (1). Il est ensuite intéressant d'étudier le linéaire de voirie communale selon la surface urbanisée (2) et la densité de la population (3).

1. L'accès à l'information

L'information est le plus souvent dispersée dans chaque institution en charge d'un type de voirie et il n'est pas simple de la compiler.

- La voirie communale reste souvent à la charge directe des communes, mais elle est de plus en plus prise en charge, en totalité ou en partie, par les groupements de communes (communauté d'agglomération, communauté urbaine...). Difficile de savoir à quel niveau s'adresser et les départements eux-mêmes n'ont souvent qu'une connaissance approximative du total du linéaire de voirie communale.
- La voirie départementale vient d'être augmentée par les « routes nationales d'intérêt local » transférées de l'Etat aux Départements. Il convient de vérifier que le linéaire en tient compte.
- Les autoroutes et nationales comportent souvent de nombreuses bretelles de raccordement, parfois très longues. Le linéaire ne précise pas toujours si elles sont comprises ou non.

Les SIG des agglomérations recensent le réseau principal de voirie, mais pas forcément tout le réseau secondaire. Et les linéaires disponibles dans les banques de données ne correspondent pas toujours à la réalité du fait notamment de l'existence d'arcs multiples pour décrire une voirie dotée de chaussées séparées ou de contre-allées. Ainsi, à ce jour, l'utilisation du SIG de l'Ile de France pour mesurer le linéaire de voirie s'est avérée impossible.

Enfin, seules les voies publiques sont généralement prises en compte, alors que le linéaire de voiries privées peut parfois être non négligeable, comme par exemple à Nantes.

En pratique, ce sont ceux qui ont besoin de ramener certaines données à la longueur de la voirie qui calculent ce linéaire, en particulier les spécialistes de sécurité routière.

2. Le linéaire de voirie en milieu urbain

Pour parvenir néanmoins à mesurer ce linéaire en se limitant à la zone urbaine, la solution utilisée consiste à :

- retenir tout le réseau communal, en général calculé par le département, y compris celui des villages qui est faible et qu’il serait trop fastidieux de déduire, ce qui conduit à surestimer légèrement ce type de linéaire,
- multiplier la longueur du réseau départemental par la part de la surface urbanisée dans la superficie totale du département, ce qui conduit à sous-estimer légèrement ce type de linéaire,
- repérer sur une carte le linéaire du réseau national (nationales et autoroutes) situé en zone urbaine.

On obtient ainsi un linéaire de voirie en milieu urbain et par département assez précis, mais qui néglige cependant les voies privées (le tableau ci-après résume le mode de calcul).

Le mode de calcul du linéaire de voirie en milieu urbain par département

Réseau urbain	Source	Problème	Conséquence
– communal	Calculé par le département	Impossible de retirer les rues des villages	Légère surestimation du linéaire
– départemental	Département	Multiplier ce linéaire par la part de la surface urbanisée dans la superficie totale	Légère sous-estimation du linéaire
– national	Mesuré sur carte	Distinguer voirie souterraine et à l’air libre	Pas de biais

3. Le linéaire de voirie urbaine selon la surface urbanisée

Le linéaire de voirie urbaine dépend principalement de la surface urbanisée. Il peut varier cependant du simple au double par hectare urbanisé, selon la qualité du maillage du réseau qui est en général bien meilleure au centre qu’en périphérie.

Ainsi comme l’indique le tableau ci-après, **Paris** – où le maillage est ancien et très dense dans l’hypercentre – dispose de **165 m de voirie par hectare de surface urbanisée** contre **seulement 98 m dans les Yvelines** (1,7 fois moins). La moyenne est de 128 m en Petite couronne et de 116 m en Grande couronne.

Or, un bon maillage du réseau est essentiel pour favoriser les déplacements des usagers non motorisés, mais aussi des usagers des transports publics dont les déplacements de rabattement sur les stations ou les gares sont très souvent effectués à pied ou à vélo. Car tous ces usagers restent très sensibles à la distance et non seulement au temps¹. Et un bon maillage raccourcit les trajets et réduit les effets de coupure (Héran, 2003). Cependant, il faut bien construire de la voirie pour assurer un minimum de desserte et, à l’inverse, un excès de voirie serait du gaspillage. Aussi les écarts entre les bons et mauvais maillages ne peuvent être démesurés. En

¹ Il est d’usage aujourd’hui d’insister sur les temps de parcours et de considérer que les distances ne comptent plus. C’est là un raisonnement applicable uniquement aux déplacements exclusivement motorisés, ce qu’oublie souvent de préciser les auteurs.

résumé, **pour desservir un territoire urbanisé, il faut au moins 100 m de voirie par ha et pour bien le desservir, au moins 150 m.**¹

4. Le linéaire de voirie urbaine selon la densité de population

En revanche, le linéaire de voirie urbaine varie beaucoup plus avec la densité de population, c'est-à-dire en fonction de l'étalement urbain.

Il existe des écarts très importants entre Paris qui n'a besoin que de 0,74 m/hab. et la Seine-et-Marne avec 6,05 m/hab. (soit 8,1 fois plus). La moyenne est de 1,64 m/hab. en Petite couronne et de 4,38 m/hab. en Grande couronne. Ainsi, **Paris a 2,2 fois moins de voiries par habitant qu'en Petite couronne et 5,9 fois moins qu'en Grande couronne.** En tenant compte des emplois et des visiteurs (touristes...), ces écarts seraient encore plus importants. On comprend mieux pourquoi Paris peut se permettre des aménagements de voirie de qualité.

Le linéaire de voirie en zone urbaine en Ile de France

	Unité	75	92	93	94	PC	77	78	91	95	GC	IDF
Superficie	km ²	106	176	236	245	657	5915	2284	1804	1246	11 249	12 013
Surface urbanisée	km ²	95	150	208	192	550	666	488	408	314	1 876	2 521
Population	milliers	2125	1429	1382	1227	4038	1194	1354	1134	1105	4 787	10 952
Densité à l'espace urb.	hab./ha	224	95	66	64	73	18	28	28	35	26	43
Voirie communale	km	1567	1800	2000	1700	5500	6712	4200	5000	3500	19 412	26 444
Voirie départementale*	km	0	340	303	333	976	493	334	326	266	1 419	2 395
Voirie nationale*	km	0	42	52	61	155	17	44	50	22	133	323
Voirie totale*	km	1567	2182	2355	2094	6631	7222	4578	5376	3788	20 964	29 162
- par surface urbanisée	m/ha	165	146	113	109	121	114	98	135	123	116	119
- par habitant	m/hab.	0,74	1,53	1,70	1,71	1,64	6,05	3,38	4,74	3,43	4,38	2,66

*En zone urbaine. Le mode de calcul du linéaire de voirie est expliqué au § 2.

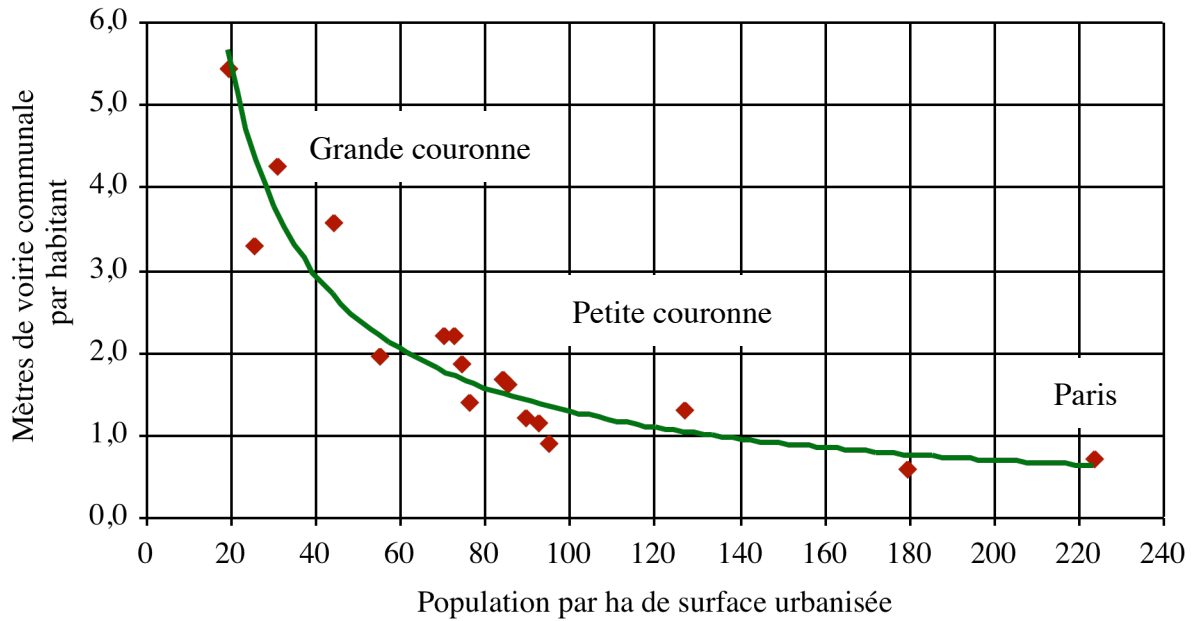
La surface urbanisée est fournie par le MOS 2003, la population par le RGP 1999.

Avec quelques rares données sur les linéaires de voirie communale glanées sur les sites officiels des communes ou communautés d'agglomération d'Ile de France, il est possible de tracer une courbe reliant le linéaire de voirie communale par habitant à la densité à l'espace urbain (voir le graphique ci-après). Le choix des villes est exclusivement lié à la disponibilité des données et n'est donc pas *a priori* lié à cette relation. Les écarts à la courbe obtenue sont remarquablement faibles, ce qui démontre la robustesse de la relation (et la prise en compte de la part urbaine des départementales la renforcerait encore). Pourtant, divers facteurs qui devraient également jouer sont ignorés, comme l'importance des emplois et la présence de zone d'activités, la taille des ménages ou celle des logements. Comme on pouvait s'en douter, la densité est donc un facteur explicatif essentiel de la longueur de la voirie.

Cette relation est similaire à la fameuse courbe de Newman et Kenworthy (1989) reliant la consommation annuelle de carburant à la densité urbaine, et l'explique en partie (voir ci-après).

¹ C'est tout l'avantage de la grille américaine que de garantir un maillage correct du territoire au fur et à mesure de l'extension urbaine. Ainsi, à New York sur l'île de Manhattan, les rues sont espacées de 80 m et les avenues de 290 m, soit une moyenne de 159 m de voirie par ha $[10\,000 \times (80 + 290) / (80 \times 290)]$ auxquels s'ajoutent Broadway qui traverse la ville en biais et quelques ruelles.

Le linéaire de voirie communale par habitant selon la densité de population par surface urbanisée dans quelques communes d'Ile de France

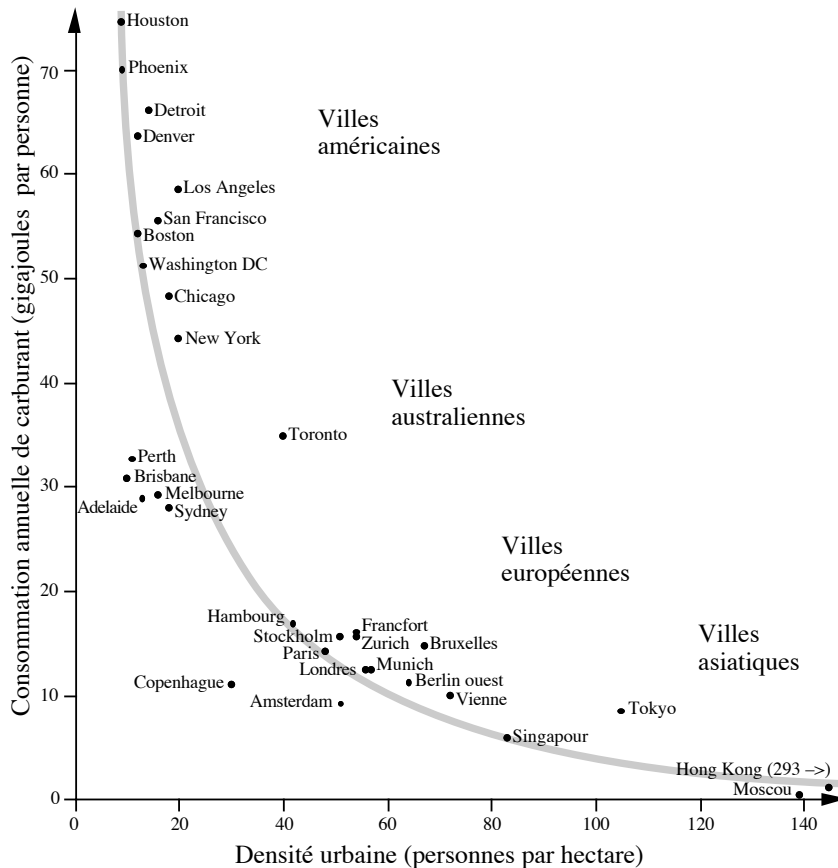


Données correspondantes

Communes ou communautés d'agglomération	Département	Voirie communale ou communautaire	Espace urbain construit 1999	Population 1999	Densité à l'espace urbain	Linéaire de voirie communale par habitant
Villiers-Saint-Frédéric	78	13	124	2 386	19	5,4
Villebon-sur-Yvette	91	31	366	9 373	26	3,3
Morangis	91	43	326	10 111	31	4,3
Cormeilles-en-Parisis	95	70	446	19 643	44	3,6
Chenevières-sur-Marne	94	35	323	17 837	55	2,0
Longjumeau	91	44	285	19 957	70	2,2
Noisy-le-Grand	93	128	805	58 217	72	2,2
Villiers-sur-Marne	94	50	357	26 632	75	1,9
Versailles	78	120	1121	85 726	76	1,4
Clamart	92	82	578	48 572	84	1,7
Champigny	94	121	871	74 237	85	1,6
Sceaux	92	24	218	19 494	89	1,2
Châtenay-Malabry	92	35	331	30 621	93	1,1
Plaine commune	93	290	3251	307 528	95	0,9
Arc de Seine	92	200	1193	151 105	127	1,3
Puteaux	92	24	227	40 780	179	0,6
Paris	75	1532	9500	2 125 000	224	0,7

Source : informations trouvées sur les sites Internet de ces 17 villes d'Ile de France.

La consommation de carburants selon la densité urbaine



Source :
Newman et
Kenworthy (1989).

C/ LA SURFACE DE CIRCULATION

L'offre d'espaces de circulation peut être calculée par type de réseau (1), puis être affectée à chaque mode (2). On sait par ailleurs que les espaces automobiles sont surdimensionnés (3).

1. Par type de réseau

Il suffit, pour chaque type de réseau, de multiplier sa longueur par sa largeur moyenne. Le résultat reste certes un peu fruste, mais il est tout de même plus précis que ce que fournissent actuellement les SIG.

2. Par mode

L'affectation des surfaces de circulation à chaque mode est plus ou moins aisée selon la spécificité de chaque réseau.

- Certains réseaux sont réservés à un seul mode : trottoirs, aménagements cyclables, voies ferrées.
- D'autres sont partagés entre certains modes : aires piétonnes ouvertes aux piétons et presque toujours aux cyclistes, couloirs bus souvent ouverts aux vélos et taxis, voies rapides et autoroutes empruntées par les véhicules particuliers, les véhicules utilitaires, les taxis et quelques bus.
- Enfin, la plupart des rues sont ouvertes à tous les modes non guidés, mais pas aux piétons.

Pour affecter les espaces de circulation mixtes aux modes qui les utilisent, la solution logique consiste à les pondérer à la fois par les parts modales de chaque mode et par la place relative de chacun de ces modes dans la circulation.

3. Des espaces automobiles surdimensionnés

Sur le plan historique, **l'adaptation des villes à l'automobile** au cours des années 50-90 (qui a commencé dès les années 20 à Paris) **a eu tendance à surdimensionner les espaces de circulation des voitures**, non seulement via la construction de larges voiries en périphérie, mais aussi par la mise en place systématique de plans de circulation au cours des années 70 (voir la circulaire du 16 avril 1971 et les financements accordés par l'Etat). Tout était bon pour accorder partout plus d'espace à l'automobile alors en pleine expansion.

Plusieurs mécanismes ont abouti à des espaces surdimensionnés (Héran, 2005).

- La **mise en sens unique du maximum de rues** et l'équipement des carrefours en feux de signalisation gérés de façon centralisée ont permis d'accroître le trafic tout en facilitant son écoulement. Mais de nombreuses voiries sont désormais trop larges pour écouler le trafic qu'elles supportent. Par exemple, telle rue comporte deux files en sens unique, alors qu'une seule suffirait (cas de la rue Louis Blanc à Paris).
- Le **gabarit uniforme des voies** correspond bien aux nécessités d'une gestion du trafic reposant sur une modélisation du réseau en arcs et nœuds. Mais cette solution apparemment logique ne tient pas compte de l'importance d'un traitement subtil des mouvements tournants par élargissement des voies seulement à proximité des carrefours. Par exemple 2 x 2 files sont imposées sur tout un parcours, alors que des parties en section courante de seulement 2 x 1 file ne limiteraient pas l'écoulement du trafic (cas du bd des Maréchaux sud à Paris ou de la RD7 dans les Hauts-de-Seine actuellement en débat).
- Des **4 voies desservant certains quartiers en périphérie** ont été aménagées pour faire partie d'un vaste réseau qui n'a finalement jamais été terminé. Leur réduction à 2 x 1 voie n'aurait aucune incidence sur la circulation. C'est le cas de nombreuses voies dans les villes nouvelles.
- Des **antennes autoroutières desservant des centres-villes** ont parfois été construites, alors qu'un simple boulevard plus économe en espace suffirait. C'est le cas de l'A103 à Rosny-sous-Bois ou de la voie de desserte de Fontenay à Montreuil (d'ailleurs jamais terminée).
- Les **places aménagées en vastes ronds-points** permettent certes un écoulement correct du trafic, mais consomment des espaces manifestement bien trop grands. Ainsi, les projets de réaménagement de certaines places parisiennes se multiplient et montrent qu'à trafic égal les espaces automobiles pourraient être réduits des 2/3 place de la Concorde, de moitié place de la Bastille et d'1/3 places de la République et du Colonel Fabien.
- Des **maxi giratoires** ont souvent été construits pour écouler un important trafic et faciliter les mouvements tournants des poids lourds. Mais ils ont parfois acquis des tailles démesurées, bien au-delà des besoins manifestes : plus de 90 m de diamètre extérieur, plus d'1 ha d'emprise. Voir les exemples déjà cités plus haut.

– Enfin, pour certains **échangeurs** qui améliorent assurément l'écoulement du trafic, de simples giratoires auraient suffi.

On peut estimer grossièrement qu'**à niveau de trafic donné, les espaces accordés à l'automobile sont aujourd'hui surdimensionnés d'environ 10 à 20 %**, dans le centre comme en périphérie. De nombreuses villes (dont Paris) en ont pris conscience et se sont lancées dans une reconquête de ces espaces en les réaménageant en profitant souvent de l'occasion, il est vrai, pour réduire en outre le trafic (Le Gal et *alii*, 2002). Il faudra des années pour y parvenir.

CHAPITRE 3.

LA CONSOMMATION TOTALE D'ESPACE PAR LES TRANSPORTS

Pour aborder la consommation d'espace par les transports, la première idée qui vient naturellement à l'esprit est de mesurer les superficies utilisées par les infrastructures de transport, y compris les parkings, puis de les comparer à d'autres utilisations du sol. L'exercice est intéressant mais ne reflète que **l'offre d'espace** consacré au transport et ne dit rien sur la demande. Cette offre évoluant lentement dans le temps, elle est facile à appréhender et c'est en général elle que l'on envisage (I).

La **demande d'espace** de transport est au contraire extrêmement variable dans le temps, puisqu'elle fluctue sans cesse : chaque heure, chaque jour, chaque mois, selon la circulation et le stationnement. Pour l'évaluer, il est nécessaire d'ajouter la dimension temporelle et de travailler sur des consommations d'espace-temps, ce qui est moins facile à concevoir (II).

I – LA CONSOMMATION D'ESPACE PAR LES TRANSPORTS

Il s'agit de mesurer la superficie utilisée par les infrastructures de transport, y compris les parkings, autrement dit la surface de la voirie au sens large (mais pas les emprises des modes guidés et les dépôts de bus laissés de côté dans cette recherche).

La **voirie au sens large** comprend tous les espaces publics ou privés, de circulation et de stationnement, quel que soit le mode (donc y compris les trottoirs), mais les espaces de stationnement en ouvrage n'en font habituellement pas partie.

Quelques travaux de recherche ont depuis longtemps tenté d'évaluer la superficie de la voirie selon les villes. Certains auteurs les ont récemment synthétisés et complétés (Apel, 2000 ; Litman, 2002). Les SIG (systèmes d'information géographique) facilitent aujourd'hui le décompte des superficies et la présentation des résultats. Mais ils négligent bien sûr les parkings en ouvrage et les infrastructures souterraines, mais aussi les voies de desserte jugées sans doute trop difficiles à repérer et assimilées d'ordinaire aux surfaces bâties. Car l'objectif des SIG est de mesurer l'usage des sols et non l'offre d'espace.

Aujourd'hui comme hier, le recueil des données que réclame cet exercice reste considérable, si bien que peu de villes disposent de données fiables et complètes.

A/ LA PART DE LA VOIRIE DANS L'ESPACE URBANISE

Elle est globalement connue, mais peu expliquée. Quelques ratios particuliers parsèment aussi la littérature.

1. Le ratio global

Pour les rares auteurs qui ont travaillé sur ce sujet, cette part apparaît très variable selon la densité urbaine : on passerait de moins de 10 % en milieu très dense à plus de 30 % dans les villes très étalées (voir tableau ci-après).

La part de la voirie (au sens large) dans l'espace urbanisé

Type d'urbanisme	Centres moyenâgeux très denses	Villes d'Europe de densité moyenne	Villes américaines peu denses
% de voirie	7 à 10 %	15 à 30 %	30 à 40 %
Exemples	7 % dans l'hypercentre de Montpellier	17 % à Delft (NL) 24 % à Oldenburg (D) 26 % à Berne (CH)	38 % à Denver (USA) 35 à 40 % à Los Angeles ¹

Sources : notamment Apel, 2000 et Litman, 2002.

Ce résultat suggère que la part des transports dans l'espace urbanisé croît quand la densité faiblit. Or une récente étude réalisée pour le CERTU (Di Salvo, 2007) aboutit à un résultat exactement contraire. Cette étude utilise directement les bases de données géographiques aujourd'hui disponibles pour calculer la consommation d'espace par l'urbanisation (au sens de surfaces bâties) et les transports dans neuf aires urbaines de province, en distinguant trois zones : la ville centre, la banlieue et la couronne. Que ce soit avec « BDCarto + Corine Land Cover » ou avec BDTopo, la part de l'espace consommé par les transports passe de 4 à 23 % en ville centre, à 4 à 9 % en banlieue et à seulement 1,5 à 4 % dans le périurbain.

Comment expliquer cette contradiction ? A vrai dire, il paraît normal que le réseau viaire soit moins dense en banlieue, comme le trouve M. Di Salvo. Et comme elle retient au dénominateur en périphérie toutes les surfaces, y compris les espaces ruraux interstitiels (bois, cultures, eaux...), il est logique de tomber à moins de 5 %. Quant aux villes américaines, l'urbanisation y est très différente avec des autoroutes urbaines et des parkings aux emprises réputées très généreuses. Les « streets and traffic facilities » repérées par D. Apel, comprennent sans doute les larges espaces latéraux destinés à éloigner les habitations du trafic. Il est donc probable que la relation trouvée par Di Salvo soit la bonne, mais qu'elle soit cependant beaucoup moins marquée : c'est ce que confirmera l'application au cas de l'Ile de France (voir la deuxième partie).

¹ Certains auteurs prétendent que cette part serait de 62 % à Los Angeles. Mais cette statistique est très vraisemblablement erronée, selon D. Shoup cité par T. Litman (2002, p. 9). Un calcul assez grossier effectué à partir des photos disponibles sur Google Earth montre que l'espace urbanisé de cette mégapole comprendrait au plus 5 % d'autoroutes urbaines, mais au moins 25 % de voirie hors autoroutes (car même les rues de desserte sont larges et rarement à sens unique) et 5 à 10 % de parkings en surface hors voirie, soit au total environ 35 à 40 %.

D. Apel insiste aussi sur la surface de voirie par habitant très différente selon les villes : de 35 m² par habitant à Delft, ville réputée pour ses déplacements à vélo, à presque 9 fois plus à Denver, ville automobile par excellence (voir le tableau ci-après).

La surface de voirie (au sens large) par habitant (en m²)

Delft (NL)	Berne (CH)	Oldenburg (D)	Denver (USA)
35	50	85	300

Source : Apel, 2000.

L'importance du recours à la voiture explique pour l'essentiel de tels écarts. Dans les villes de forte densité, les usagers se déplacent beaucoup à pied, à vélo ou en transports publics sur des voiries peu consommatrices d'espace et sans avoir beaucoup besoin de stationner, et les automobilistes bénéficient de nombreux parkings souterrains. Dans les villes étalées, les usagers circulent au contraire essentiellement en voiture, ce qui suppose à la fois des voiries plus larges et plus rapides, très « spatiophages », et des espaces de stationnement nombreux et constitués souvent de parkings en surface. Un phénomène cependant limité par un moindre maillage des réseaux de voirie (comme on l'a vu au chapitre précédent). Si bien que c'est avant tout le stationnement qui explique les écarts.

2. Quelques ratios particuliers

– **Dans les lotissements.** Selon A. Guengant (1992) qui a travaillé sur l'agglomération rennaise, « en moyenne, l'emprise de la voirie représente le cinquième du périmètre aménagé » (p. 24). Cette emprise comprend des places de stationnement public pour les visiteurs, mais ne tient pas compte des espaces privés utilisés par les véhicules dans chaque parcelle. Nous avons considéré au chapitre 1 qu'un garage d'une place occupe en moyenne 14 m² et son accès 11 m². Pour des parcelles de 600 m² en moyenne, avec logement comportant un garage d'une seule place, ces 25 m² représentent 3,3 % du périmètre aménagé (25 / [600 x 1,25]) à ajouter au 20 % estimés par Guengant, soit **près du quart de l'espace consacré à la voiture dans les lotissements.**

La création de parkings ou de garages à l'entrée des lotissements, et non pas dans chaque pavillon, comme c'est le cas dans certains quartiers aux Pays-Bas, permettrait tout à la fois :

- de réduire l'espace consacré à la voirie,
- de sécuriser les jeux des enfants,
- de limiter l'usage de la voiture pour de courts trajets,
- de réduire le coût des logements ou d'accroître les surfaces habitables...

Cela suppose la mise en place d'un système de chariot pour le transport de charges lourdes entre le parking et les logements (voir sur les « quartiers sans voiture », Faure et Campina, 2005).

– **Dans les zones commerciales.** Un hypermarché nécessitant en moyenne une place de stationnement pour 8 m² de surface commerciale (voir chapitre 1), il utilise 3 fois plus d'espace de stationnement que de surface commerciale. En tenant compte de l'espace occupé par les bureaux et les réserves, **l'emprise des parkings (s'ils sont en surface) est environ le double de celle de l'hypermarché.**

Un centre commercial nécessitant en moyenne une place de stationnement pour 16 m² de surface commerciale (voir chapitre 1), il utilise 1,5 fois plus d'espace de stationnement que de surface commerciale. En tenant compte de l'espace occupé par les bureaux et les réserves,

l'emprise des parkings (s'ils sont en surface) est du même ordre que celle du centre commercial.

De plus, il faudrait tenir compte des voies de distribution du trafic dans la zone commerciale, des bretelles d'accès entre la voie express et l'hypermarché ou le centre commercial, et de la station service. Ce qui peut augmenter de 10 à 25 % l'espace occupé par les parkings.

A contrario, dans les hypermarchés ou les centres commerciaux des centres-villes fréquentés en large majorité par des clients venus autrement qu'en voiture (Beauvais, 2003), les parkings et voiries annexes sont considérablement moindres.

B/ LA REPARTITION DE LA VOIRIE

1. Entre circulation et stationnement et selon les zones

La façon dont se répartit la voirie entre circulation et stationnement est très mal connue. Tout porte à croire qu'elle est néanmoins très différente entre les zones denses et moins denses.

Dans les centres-villes et les faubourgs, qui concentrent d'importants flux toute la journée, la concurrence pour l'occupation de l'espace est très importante, tant pour la circulation que pour le stationnement. Les voies principales sont surtout utilisées pour écouler le trafic et le stationnement y est souvent réduit sinon supprimé. Les petites rues servent au contraire de parking en les mettant en sens unique pour augmenter le stationnement latéral. La création de parkings en ouvrage en compensation des places de stationnement supprimées sur les artères ne parvient pas à réduire la pression du stationnement en surface, car non seulement les usagers préfèrent stationner à l'air libre, mais la capacité accrue d'écoulement du trafic augmente la demande de stationnement.

En grande périphérie, la voirie au sens strict (hors parkings) sert surtout à la circulation, car le stationnement peut être organisé hors chaussée dans des parkings ou des garages. Dans certains cas, comme dans les zones commerciales, les zones d'activités ou l'habitat collectif, l'espace dévolu au stationnement est bien supérieur à celui attribué à la circulation. Dans d'autres, comme les lotissements, il est nettement moindre.

2. Par mode

S'il ne fait aucun doute que les espaces réservés à l'automobile occupent l'essentiel de la voirie, la part laissée aux piétons est, en revanche, très mal connue.

Par exemple, à Paris, le préfet Haussmann avait prévu pour les nouvelles avenues des trottoirs correspondant à au moins 50 % de l'espace viaire¹. Sous la pression automobile, les trottoirs de plusieurs axes ont été rognés dans les années 50. Avenue de l'Opéra ou boulevard de Magenta, ils sont passés d'une largeur de 7,50 m à 4 m, soit une part de l'espace viaire passée de 50 à 27 %.

¹ « Avant Haussmann les trottoirs représentaient au maximum 40 % de la largeur de la rue. Après Haussmann le nombre des avenues et boulevards est fortement augmenté, et ces voies nouvelles offrent au moins 50 % de trottoirs. (...) Boulevards offrant plus de 50 % de trottoirs : axe Sébastopol / St Michel, boulevards des Batignoles, d'Italie, Richard Lenoir, avenue R. Poincaré et G. Mandel, etc. » (Werquin et Demangeon, 1998, p. 13 et p. 15, note 6).

II – LA CONSOMMATION D’ESPACE-TEMPS PAR LES TRANSPORTS

Depuis les travaux pionniers de Louis Marchand (1977, 1983, 1984, 1991, 1993 ; pour un historique voir Héran, 2000), ingénieur à la RATP, on sait qu’il est possible de raisonner sur des consommations d’espace-temps en utilisant des unités de mesure multipliant des superficies et des durées : m².h (mètres carrés x heures), km².h (kilomètres carrés x heures), pl.h (places de stationnement x heures), ha.an (hectares x ans)... Si de telles mesures peuvent dérouter au premier abord, elles ne sont pas plus compliquées à utiliser que les mesures des flux de trafic (véh.km, t.km ou voy.km) ou de la congestion (h.km).

Il ne s’agit pas seulement d’une méthode pour additionner des consommations d’espace de stationnement et de circulation, comme l’a conçue à l’origine L. Marchand, mais d’une approche indispensable si l’on veut raisonner correctement sur l’offre et la demande d’espace par les transports, exactement comme pour appréhender l’offre et la demande dans les transports publics. Pour le montrer, il convient de traiter d’abord séparément stationnement (A) et circulation (B), avant de les aborder conjointement (C).

A/ LA CONSOMMATION D’ESPACE-TEMPS PAR LE STATIONNEMENT

Elle est très différente selon qu’il s’agit de l’offre (1) ou de la demande (2).

1. L’offre d’espace-temps de stationnement

Les espaces de stationnement sont généralement réservés à ce seul usage. Il existe cependant quelques exceptions, par exemple :

- une place occupée par un marché de plein air une ou deux demi-journées par semaine ou par des manifestations exceptionnelles et le reste du temps par du stationnement,
- un terrain agricole (pré, champ après récolte...) mobilisé ponctuellement pour le stationnement des véhicules lors d’événements rares (manifestations sportives ou culturelles).

Mis à part ces cas particuliers, l’offre d’espace de stationnement se confond avec l’offre d’espace-temps de stationnement et il paraît incongru de les distinguer.

Par exemple, un parking d’un ha (soit environ 450 places) pendant un an (soit 8760 h) correspond à une consommation d’espace-temps d’un ha.an, ou 87,6 km².h. Le gain en information est faible !

Dans le cas d’un marché bihebdomadaire occupant 0,2 ha pendant 8 h (de 7 h à 15 h, nettoyage des lieux compris), toutes les semaines de l’année, la consommation d’espace-temps annuel du marché est de 1,7 km².h et celle du parking de 15,8 km².h, soit un total de 17,5 km².h. Il est cependant plus simple de retenir la part de temps utilisé par le marché, soit 16 h / 168 h = 4,7 %.

2. La demande d’espace-temps de stationnement

Cette demande étant très variable dans le temps, la mesure de la consommation d’espace-temps du stationnement prend ici tout son sens. Il n’est plus possible de se contenter des superficies consommées et la prise en compte du temps de stationnement devient nécessaire. Toutes sortes d’addition et de comparaison de stationnement selon des espaces, durées ou modes différents deviennent possibles.

Exemples.

- Une voiture stationnée le long d'un trottoir pendant 2 h consomme $10 \text{ m}^2 \times 2 \text{ h} = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{h}$.
- Un automobiliste qui stationne son véhicule 4 h dans un parking consomme plus d'espace que s'il le gare 8 h le long d'un trottoir : $4 \text{ h} \times 25 \text{ m}^2 = 100 \text{ m}^2 \cdot \text{h} > 8 \text{ h} \times 10 \text{ m}^2 = 80 \text{ m}^2 \cdot \text{h}$.
- Un client qui va deux fois par semaine au supermarché à vélo en stationnant à chaque fois 1 h consomme : $2 \times 0,7 \times 1 = 1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{semaine}$ et un client qui va à l'hypermarché en voiture une fois par semaine et y stationne 2 h consomme : $1 \times 25 \times 2 = 50 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{semaine}$. Le premier utilise $50 / 1,4 = 36$ fois moins d'espace que le second.

3. Le taux d'occupation des espaces de stationnement

C'est le rapport de la demande à l'offre. Mais il est d'habitude calculé à un moment donné (voir ci-après l'encadré rappelant quelques définitions des concepts de base). En utilisant les offres et demandes d'espace-temps (en $\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ou places.heures), il est possible d'envisager ce ratio sur n'importe quelle période (de l'heure à l'année). Le taux d'occupation est par définition toujours inférieur à 100 %, car l'offre de places de stationnement est très rigide et la demande beaucoup plus variable. Si on tient compte du stationnement illicite dans la demande mais pas dans l'offre, le taux d'occupation peut dépasser les 100 %.

Rappel de quelques définitions

Le **taux d'occupation à un moment donné** est le rapport entre le nombre instantané de véhicules sur places autorisées, et le nombre de places autorisées (source CERTU).

Le **taux d'occupation sur une période donnée** est le rapport entre la demande et l'offre d'espace-temps de stationnement.

Le **taux de rotation** est le rapport entre le nombre de véhicules relevés en stationnement sur places autorisées, et le nombre de places autorisées (source CERTU).

La **banalisation** des places est une méthode d'exploitation qui consiste à donner aux usagers abonnés un droit d'entrée dans un parc de stationnement, sans que soit précisée la place de stationnement qu'ils doivent utiliser (source Sareco).

Le **foisonnement** est le phénomène selon lequel tous les titulaires d'un abonnement dans un parc de stationnement ne sont pas présents simultanément. Le **coefficient de foisonnement** relatif à une catégorie d'abonnés est le rapport entre le nombre maximum d'abonnés présents simultanément et le nombre total d'abonnés. Exemple : le coefficient de foisonnement de la catégorie « employés de bureau » est fréquemment de l'ordre de 0,65 (source Sareco).

Le **mode d'affectation des places de stationnement** peut néanmoins améliorer ou dégrader fortement ce taux d'occupation. On peut distinguer trois modes d'affectation :

- les **places banalisées** ou « foisonnées », utilisables par n'importe qui et pour n'importe quel motif. Exemple : les places de stationnement sur la voirie utilisées aussi bien pour les achats, les affaires professionnelles ou comme stationnement résidentiel. Autre exemple : les places de parking non attribuées utilisant la non coïncidence des pointes de demande en

stationnement : les places laissées libres à un instant donné par les uns pouvant être occupées par les autres ;

- les **places réservées** à un seul usage (ou motif de déplacement) et utilisables par un seul type d'usagers : clients, salariés, visiteurs, usagers des transports publics... Exemples : parkings d'hypermarché, d'université, d'hôpital ou parcs relais... ;
- les **places privatives**, attribuées exclusivement au véhicule d'une personne pour un usage particulier, cette personne en étant le plus souvent locataire ou propriétaire. Exemples : garage au domicile, certaines places de stationnement au lieu de travail...

Dès lors, seules les places banalisées peuvent offrir un excellent taux d'occupation. Car elles sont susceptibles de servir à plusieurs utilisateurs, pour divers motifs et toute la journée, y compris la nuit.

Les places réservées à un seul usage engendrent un taux d'occupation bien plus faible. Car elles ne peuvent servir à plusieurs usagers que si une utilisation successive des places est possible. Ce n'est pas le cas, par exemple, pour des places réservées aux véhicules de salariés travaillant 8 h en journée, mais cela le devient pour des salariés travaillant à temps partiel ou en 2 ou 3 x 8. C'est toujours le cas pour les clients d'un centre commercial qui se succèdent pendant son ouverture.

Enfin, les places privatives entraînent un taux d'occupation souvent très bas, chaque fois que l'utilisation effective d'une place se limite à peu de temps pendant la période d'attribution (jour, semaine, mois, année...). Par exemple, une place attribuée au lieu de travail peut n'être utilisée que 8 h par jour (taux d'occupation de 33 %), 170 h par mois (taux d'occupation de 24 %), 1800 h par an (taux d'occupation de 20 %), voire encore moins en tenant compte des absences du salarié pour raisons personnelles (maladie...) ou pour déplacements professionnels, soit 1500 h par an (taux d'occupation de 17 %).

Voici **quelques exemples** de taux d'occupation annuel.

Dans le cas de **La Défense** détaillé plus haut, on a pu montrer que 18 000 des 40 000 places de parking en souterrain sont en permanence inutiles (soit 45 % des places). Mais le taux d'occupation global par an est encore bien inférieur. Selon leur gestionnaire, les 25 000 places publiques connaissent un taux d'occupation d'environ 50 % en journée et 5 % la nuit, soit 50 % le tiers des heures de l'année et 5 % les deux tiers restants, correspondant à un **taux d'occupation de 20 %**. Pour les places privées, ce taux est sans doute du même ordre.

Dans le cas des **grandes surfaces de bricolage** qu'il a été possible d'étudier, le taux d'occupation est particulièrement bas : aux alentours de **8 %** (voir le tableau ci-après). Car pour faciliter le transport des objets lourds et encombrants, l'accès en voiture est jugé crucial et le parking doit être réservé aux clients.

**Le taux d'occupation des places de stationnement
dans les grandes surfaces de bricolage en 2004**

	Résultats
Nombre de magasins*	3054
Surface totale de vente*	6 705 597 m ²
Surface de vente par magasin	2196 m ²
Nombre de places de parking par magasin*	169
Surface d'une place dégagements compris	25 m ²
Surface du parking par magasin	4225 m ²
Surface commerciale par place de parking	19,5 m²
CA total des grandes surfaces de bricolage*	11 460 M€
CA par magasin	3 752 505 €
Dépense moyenne par client par visite*	30 €
Nombre de clients par magasin et par an	125 083
Pourcentage de clients venus en voiture**	90%
Nombre de clients venus en voiture par magasin et par an	112 575
Temps moyen passé par le client en magasin*	1 h
Temps moyen passé par le client à marcher sur le parking ou à charger son véhicule**	0,1 h
Temps moyen passé par une voiture de client sur une place de parking	1,1 h
Offre annuelle d'espace-temps de stationnement	37 112 400 m ² .h
Demande annuelle d'espace-temps de stationnement	3 095 817 m ² .h
Taux d'occupation annuel des parkings	8 %

Sources : * données fournies par la profession, ** hypothèses.

En revanche, **au domicile**, une voiture qui sert tous les jours à aller au travail, à faire parfois des achats et quelques autres activités et à partir de loin en loin en week-end ou en vacances, reste néanmoins environ **60 % du temps dans un garage privatif**.

Le tableau ci-après propose une estimation du taux d'occupation moyen de quelques types de places privées ou réservées à un seul usage.

**Ordre de grandeur du taux d'occupation annuel
des places de stationnement pour automobile**

Place de parking disponible	Taux d'occupation annuel
– au domicile	≈ 60 %
– au lieu de travail	≈ 20 %
– au parc de loisir – à l'hypermarché – au multiplexe	≈ 10 %

B/ LA CONSOMMATION D'ESPACE-TEMPS PAR LA CIRCULATION

Là encore, elle est très différente selon qu'il s'agit de l'offre (1) ou de la demande (2).

1. L'offre d'espace-temps de voirie

Comme pour le stationnement, la question est un peu triviale et se confond avec l'offre d'espace, car presque toutes les voiries sont réservées aux seuls déplacements et cette affectation ne varie pas dans le temps. Mais il existe quelques exceptions :

- une bande d'arrêt d'urgence ouverte uniquement en cas d'affluence (exemple du tronçon commun entre l'A4 et l'A86),
- un pont dont certaines voies sont utilisées le matin dans un sens et le soir dans l'autre sens (plusieurs exemples aux Etats-Unis),
- une voie ferrée banalisée pouvant servir dans les deux sens, selon les pointes de trafic...

Et une substitution entre les files de stationnement et les files de circulation est toujours possible.

- Dans de nombreuses rues résidentielles où la demande de stationnement est forte, la mise en sens unique a conduit à supprimer une file de circulation au profit du stationnement (Héran, 2002).
- A l'inverse, pour faciliter la circulation automobile, des files de stationnement peuvent être supprimées (cas des axes rouges à Paris).

Il est assez difficile d'attribuer une voirie à un mode. Car si les voiries sont parfois réservées à un seul mode : un trottoir, une piste cyclable, une voie de tramway ou une voie ferrée... elles sont plus souvent partagées par plusieurs types de véhicules : une aire piétonne par définition accessible à des véhicules mais avec priorité aux piétons, un couloir ouvert aux bus, taxis et vélos, une autoroute réservée aux modes motorisés (voitures, bus, poids lourds et deux-roues motorisés de plus de 50 cm³), la chaussée d'un boulevard ouverte à tous les véhicules sauf les piétons... Dans ces derniers cas, il faut utiliser des clefs de répartition calquées sur l'usage, c'est-à-dire la demande.

Par exemple, dans un couloir bus-vélos-taxis comme celui du boulevard Sébastopol, à Paris, il circule plus de cyclistes et de clients dans les taxis que d'usagers dans les bus (source : mairie de Paris).

2. La demande d'espace-temps de circulation

Pour les automobiles

Comme on l'a vu au chapitre précédent, la demande d'espace-temps de circulation augmente très rapidement avec la vitesse, parce qu'à la fois la distance intervéhiculaire et la largeur moyenne d'emprise par file de circulation s'accroissent principalement avec le carré de la vitesse. Mais le gain de temps, permis par une vitesse accrue, limite cette progression. Ainsi :

$$Cd_k = SD \times T_k$$

avec :

- Cd_k = consommation d'espace-temps de circulation (ou de déplacement) par km parcouru,
- SD = surface dynamique,
- T_k = temps pour parcourir un km.

Comme $T_k = 1 / (3,6 V)$ pour tenir compte du fait que V est exprimée en m/s, on a :

$$Cd_k = SD / (3,6 V)$$

qui est une fonction de V que l'on peut, en remplaçant SD par la valeur déterminée au chapitre précédent, approximer par la formule :

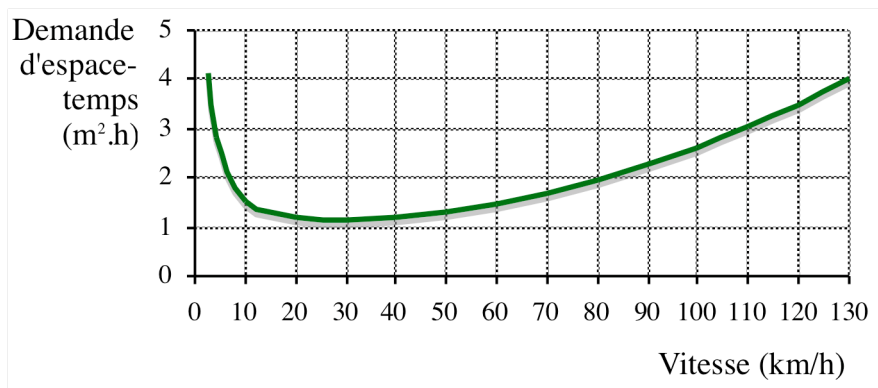
$$Cd_k = 2,444 V^{-1} + 0,611 + 0,014156 V + 0,001444 V^2 + 0,0000198 V^3$$

La vitesse reste donc un facteur important d'accroissement de la demande d'espace-temps, et cela malgré le temps qu'elle permet de gagner¹, comme l'indiquent le tableau et le graphique correspondant suivants.

La demande d'espace-temps de circulation d'une automobile par km parcouru selon la vitesse

Vitesse (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Surface dynamique (m ²) par rapport à 30 km/h	15	24	34	48	66	89	119	157	205	263	334	419	521
Temps pour parcourir un km (mn)	6	3	2	1,5	1,2	1,0	0,86	0,75	0,67	0,60	0,55	0,50	0,46
Consommation d'espace-temps par km parcouru selon la vitesse (m ² .h) par rapport à 30 km/h	1,5	1,2	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0
	1,4	1,0	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,7	3,1	3,5

La relation entre la vitesse et la demande d'espace-temps de circulation d'une automobile par km parcouru



Ainsi, entre 20 et 40 km/h la circulation d'une voiture n'exige qu'1,2 m².h par km, alors qu'à 130 km/h, il lui faut 4 m².h par km soit 3,5 fois plus d'espace-temps. La stricte prise en compte des temps d'arrêt nécessaires à la place des TIV pratiqués doublerait presque cet écart.

Autrement dit, **il existe une vitesse se situant aux environs de 30 km/h qui minimise la demande d'espace-temps de circulation**. Ce résultat est très différent de celui obtenu avec la relation débit-vitesse qui montre que la capacité d'une voirie est maximale quand les véhicules circulent aux alentours de 60-90 km/h. En tenant compte de l'impact de la vitesse sur la

¹ « Tout surcroît de vitesse d'un véhicule augmente son coût de propulsion, le prix des voies de circulation nécessaires et, ce qui est plus grave, la largeur de l'espace que son mouvement dévore », précisait déjà I. Illich en 1973.

largeur d'emprise des voies de circulation, la vitesse qui minimise la demande d'espace-temps est en réalité deux fois moindre. Si les distances intervéhiculaires étaient respectées, l'écart serait encore supérieur.

Cependant, en milieu urbain, la situation est plus complexe. La vitesse moyenne chute à cause des nombreux carrefours. En milieu dense, elle n'est que de 15 à 20 km/h (16 km/h à Paris), avec de grandes variations de vitesse : les véhicules roulant parfois à 50 km/h et, à d'autres moments, restant à l'arrêt environ le tiers du temps global. Il est donc nécessaire d'augmenter la demande d'espace correspondant à la vitesse moyenne d'environ 50 % pour parvenir à une demande moyenne d'espace-temps de **1,8 m².h / véh.km**.

Pour les deux-roues motorisés

Le raisonnement est quasi identique à celui concernant les véhicules particuliers. Les usagers en 2RM n'ont pas à minimiser leur effort et ont, comme les automobilistes, des vitesses beaucoup plus disparates que les cyclistes. C'est pourquoi, alors que le cycliste bénéficie d'aménagements particuliers (bandes, pistes et contresens cyclables), le 2RM peut et doit s'insérer dans la circulation générale au milieu des files de circulation, conformément au code de la route. Il utilise donc en principe la même largeur et la même distance intervéhiculaire qu'une voiture.

Certes, la pratique est assez différente. Sur les voiries rapides, de nombreux 2RM ont pris l'habitude de slalomer entre les deux files les plus à gauche, au mépris de la loi et sans jamais être verbalisés, et cela au détriment de leur sécurité¹. En ville, les 2RM circulent environ deux fois plus rapidement que les voitures (source : mairie de Paris) en dépassant couramment les files de voitures ralenties ou à l'arrêt, là encore à leurs risques et périls². Ils peuvent également circuler à deux de front à faible vitesse. Tous ces comportements délictueux réduisent assurément leur demande d'espace, mais en l'absence de données, il est très difficile de dire dans quelle proportion et on se contentera de rester dans le cadre légal.

En revanche, un 2RM est deux fois moins long qu'une voiture (2 m au lieu de 4 m). Cette seule différence ne modifie pratiquement pas les résultats concernant les véhicules particuliers : la demande d'espace par un 2RM est donc assimilable à celle d'une voiture.

Pour les modes non motorisés

Pour les piétons, leur vitesse dépend de leur nombre par unité de surface. Selon le spécialiste américain J. Fruin (1987), un piéton va à la vitesse de 4 km/h (soit 1 km en 15 mn ou 0,25 h) quand il dispose dans une foule d'1,2 m² en moyenne. En effet, le gabarit d'un piéton est de 0,6 m, mais il a besoin pour se mouvoir et pour limiter la promiscuité d'une interdistance de 1,5 m et d'une distance latérale de 0,1 m de chaque côté, soit une superficie d'environ 0,8 x 1,5 = 1,2 m². Ce qui représente une demande d'espace-temps de 1,2 x 0,25 = **0,3 m².h par km** que l'on considèrera pour simplifier comme indépendante de la vitesse. Cette valeur est con-

¹ Sur le périphérique parisien où cette pratique est très répandue, les 2RM ne représentent que 5 % des usagers, mais les 2/3 des victimes d'accidents (source : *Bilan des déplacements à Paris*). Il y est donc 38 fois plus dangereux de circuler en 2RM qu'en voiture... [(95 / 1/3) / (5 / 2/3) = 38].

² A Paris, hors voies rapides urbaines, le risque d'être tué ou blessé grave en 2RM est également de l'ordre de 30 à 40 fois supérieur qu'en voiture (selon nos propres calculs non encore publiés).

forme au débit de 3600 piétons par heure et par mètre de largeur de trottoir fourni par les travaux des Nations Unies cités plus haut.

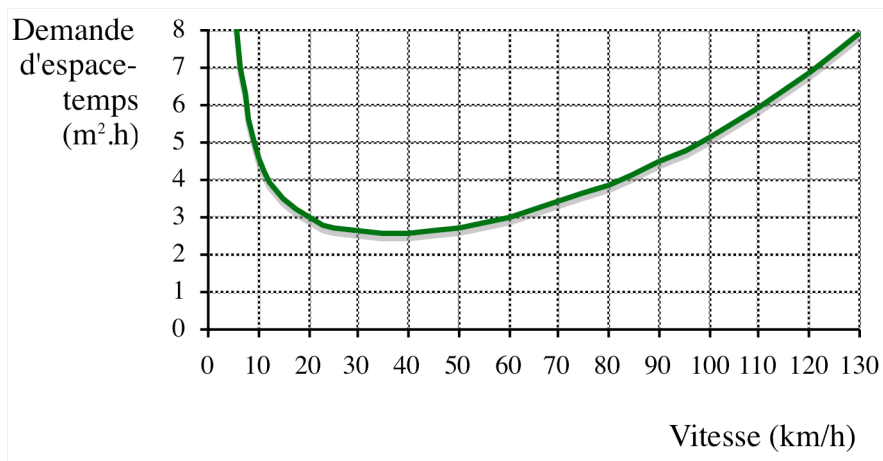
Pour les cyclistes, on estimera de même que leur vitesse est peu variable, car, pour minimiser leur effort, les cyclistes cherchent, quoi qu'il arrive, à maintenir leur allure (Carré, 1999). Selon diverses sources (Bracher, 1987 ; Douay et Hasiak, 1994 ; Agence de la mobilité, 2007), cette vitesse est de 14 km/h en ville de porte à porte, soit 1 km en 0,07 h. Le gabarit du cycliste en mouvement ou « gabarit dynamique » est de 1 m (CERTU, 2000). Mais le cycliste a besoin pour sa sécurité d'une distance latérale supplémentaire de 0,2 m de chaque côté et d'une distance intervéhiculaire d'environ 4 m – du même ordre que celle des voitures à la même vitesse – à laquelle s'ajoute la longueur du vélo qui est d'un peu moins de 2 m, soit une superficie d'environ $1,40 \times 6 = 8,4 \text{ m}^2$. Sa demande d'espace-temps est donc de $8,4 \times 0,07 = 0,6 \text{ m}^2 \cdot \text{h}$ par km.

Pour les bus urbains

Pour un bus de 12 m x 2,50 m d'emprise au sol et qui ne dépasse pas les 50 km/h dans ses déplacements, la demande d'espace-temps varie surtout aux faibles vitesses (voir le graphique ci-après). Par rapport à un véhicule particulier, un bus est à la fois plus long et plus large et respecte sans doute un peu mieux les distances de sécurité. Aussi utilise-t-il environ 2,5 fois plus d'espace-temps qu'une voiture. **Pour un bus articulé de 18 m**, la demande d'espace-temps est un peu plus importante : environ 3 fois plus qu'une voiture.

En milieu urbain, la fréquence des arrêts aux stations et aux carrefours double environ ces résultats, soit une demande moyenne d'espace-temps d'environ **7 et 10 $\text{m}^2 \cdot \text{h}$ / véh.km** respectivement pour les bus de 12 et 18 m.

Demande d'espace-temps de circulation d'un bus par km parcouru selon la vitesse



Comparaisons entre modes

Connaissant la demande d'espace-temps de chaque mode par véh.km, il est maintenant possible de l'envisager aussi par personne en tenant compte des taux d'occupation et d'effectuer des comparaisons (voir le tableau ci-après).

On peut en tirer plusieurs constats.

- Un piéton a besoin de deux fois moins d'espace-temps qu'un cycliste, car malgré une vitesse moyenne trois fois plus importante, le cycliste a besoin de bien plus d'espace devant lui pour circuler et sa bicyclette a aussi une certaine emprise.
- Un cycliste consomme deux fois moins d'espace-temps qu'un automobiliste sur voirie limitée à 50 km/h, surtout parce que son gabarit est plus étroit.
- Un deux-roues motorisé utilise au moins autant d'espace-temps qu'un automobiliste, car c'est un mode très fragile à grande vitesse, qui doit, en principe, bien rester dans sa file et respecter les distances de sécurité.
- Selon sa vitesse, l'utilisateur d'un bus à l'heure de pointe consomme trois à six fois moins d'espace-temps qu'un piéton et 6 à 12 fois moins qu'un cycliste, car si la demande d'espace de cet usager est supérieure à celle d'un piéton, il occupe en revanche moins longtemps l'espace, allant plus vite.
- L'utilisateur d'un bus à l'heure de pointe a besoin d'environ 15 fois moins d'espace-temps qu'un automobiliste circulant sur voirie limitée à 50 km/h. Toutefois, l'utilisateur d'un bus ne transportant que 15 voyageurs utilise autant d'espace-temps que l'utilisateur d'une voiture transportant 4 personnes. Or en Ile de France, le taux d'occupation moyen des bus RATP n'est que de 17,4 voyageurs par bus (Servant, 2005).

Demande d'espace-temps de circulation par mode et par personne selon la vitesse

	m ² .h / véh.km	Taux d'occupation	m ² .h / voy.km	Ecart / bus
Piéton à 5 km/h	0,3	1	0,3	6
Cycliste à 14 km/h	0,6	1	0,6	12
Deux-roues motorisé				
– à 10 km/h	1,1	1,05	1,1	22
– à 30 km/h	1,0	1,05	1,0	20
– à 50 km/h	1,2	1,05	1,1	22
– à 70 km/h	1,6	1,05	1,5	30
– à 90 km/h	2,2	1,05	2,1	42
– à 130 km/h	3,9	1,05	3,8	75
Voiture				
– à 10 km/h	1,5	1,3	1,2	24
– à 30 km/h	1,1	1,3	0,9	18
– à 50 km/h	1,3	1,3	1,0	20
– à 70 km/h	1,7	1,3	1,3	26
– à 90 km/h	2,3	1,3	1,8	36
– à 130 km/h	4,0	1,3	3,1	62
Bus de 12 m				
– à 10 km/h	4,6	50	0,09	2
– à 30 km/h	2,6	50	0,05	1
– à 50 km/h	2,7	50	0,05	1
Bus articulé de 18 m				
– à 10 km/h	6,4	70	0,09	2
– à 30 km/h	3,3	70	0,05	1
– à 50 km/h	3,2	70	0,05	1

Pour faciliter les calculs, on peut enfin retenir des valeurs moyennes indépendantes de la vitesse, comme l'ont fait initialement L. Marchand et tous les autres contributeurs à sa suite. Mais cette simplification ne se justifie qu'à des vitesses inférieures à 50 km/h. Ainsi, on re-

tiendra que **sur des voiries limitées à 50 km/h, l'usager d'un véhicule individuel motorisé apparaît en moyenne 5 fois plus consommateur d'espace de circulation que le piéton, 3 fois plus que l'usager d'un bus et 2,5 fois plus que le cycliste** (voir le tableau ci-après).

**Demande moyenne d'espace-temps de circulation
par mode et par personne pour des vitesses inférieures à 50 km/h**

	m ² .h / véh.km	Taux d'occupation	m ² .h / voy.km	Ecart / piéton
Piéton	0,3	1	0,3	2
Cycliste	0,6	1	0,6	4
Deux-roues motorisé	1,7	1,05	1,6	11
Voiture	1,8	1,3	1,4	9
Bus de 12 m	7	50	0,15	1
	7	17	0,3	3
Bus articulé de 18 m	10	70	0,15	1
	10	23	0,3	3

A partir de ces résultats par mode, la consommation d'espace-temps de circulation de tous les déplacements multimodaux est ensuite aisément calculable.

3. Le taux d'occupation des espaces de circulation

Le taux d'occupation – rapport de la demande à l'offre – peut être appliqué à tout espace de circulation parcouru par un ou plusieurs modes (rappel : ces espaces sont toujours réservés à un seul ou à un nombre limité de modes de déplacement). Par définition, il est toujours inférieur à 100 % sauf en cas de congestion.

En réalité, le taux d'occupation est en moyenne très bas pour deux raisons. D'une part, l'offre de voirie est très rigide et ne peut varier à court terme qu'à de rares exceptions. D'autre part, la demande d'espace de déplacement est au contraire très variable dans le temps et dans l'espace. Elle est maximale aux heures de pointe, plus réduite aux heures creuses de jour et très faible la nuit. Et elle est moins marquée les jours de faible activité. Elle est également élevée sur les axes principaux et beaucoup plus faible sur les voies de desserte. Et elle est globalement plus forte dans le centre qui concentre les flux qu'en périphérie. C'est pourquoi, le **taux d'occupation global de la voirie** dans une agglomération et sur l'ensemble d'une année est certainement **toujours inférieur à 20 %**. Autrement dit, pour se déplacer dans une ville avec une bonne qualité de service, l'offre de voirie doit excéder très largement la demande d'espace de circulation.

Dans le cas particulier des **couloirs bus**, le raisonnement est du même type. La demande d'espace de circulation des bus qui y circulent est bien sûr bien moindre que l'offre d'espace que représentent ces couloirs. Pour le dire plus simplement, ces couloirs ont l'air vide, même si c'est moins le cas à l'heure de pointe¹. Par exemple, dans un couloir où circulent 60 bus à l'heure transportant chacun 50 personnes à 15 km/h, la distance moyenne entre deux bus est de 250 m, soit une offre d'espace-temps par bus de 50 m².h / km ou de 1 m².h / voy.km (ce que L. Marchand appelle une « consommation ») pour une demande d'espace-temps de circu-

¹ Et c'est le cas même pour les bus à haut niveau de service de Curitiba ou de Bogota.

lation par bus de $7 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{km}$ ou de $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$, soit un taux d'occupation de 15 %. Mais, comme chacun sait, ce piètre résultat masque la forte capacité de transport des bus et un simple raisonnement en terme de débit horaire de voyageurs permet de retrouver des résultats plus favorables aux bus.

Tous ces résultats n'ont rien d'original. Il est simplement désormais possible de les calculer.

C/ LA CONSOMMATION D'ESPACE-TEMPS PAR LE STATIONNEMENT ET LA CIRCULATION

Grâce à l'unité de mesure qu'est le $\text{m}^2 \cdot \text{h}$, il devient possible d'additionner très simplement les consommations d'espace-temps de stationnement et de circulation. Mais cela n'a d'intérêt que pour la demande et non pour l'offre tant la première varie rapidement dans le temps au contraire de la seconde. Les applications sont très variées.

1. Quelques calculs de la demande d'espace-temps

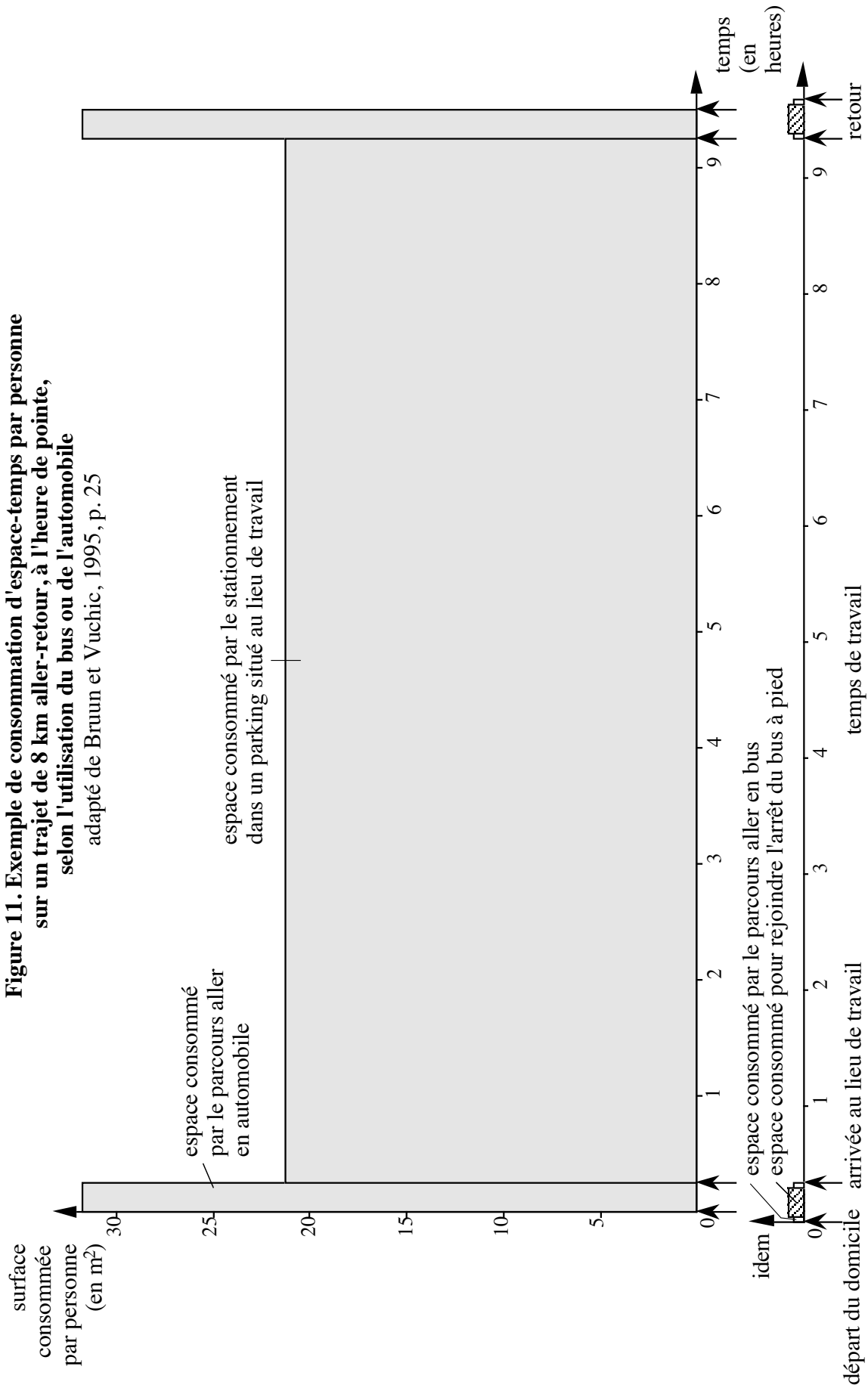
La demande d'espace-temps peut d'abord être calculée pour un aller-retour à une activité, puis des comparaisons effectuées selon les modes utilisés. Dès 1977, c'est l'idée première de L. Marchand, reprise plus tard par E. Bruun et V. Vuchic (1995), chercheurs à l'Université de Pennsylvanie, mais appliquée à un exemple édifiant et pourtant assez typique de la situation américaine. Ils comparent l'espace-temps utilisé par un salarié qui se rend à son travail en bus, en effectuant les trajets d'extrémité à pied, et celui consommé par un autre salarié qui utilise une voiture en la laissant sur un parking toute la journée. L'écart apparaît considérable (voir le schéma ci-après) : le premier salarié consomme **300 fois plus d'espace-temps** que le second ! Cet exemple révèle l'intérêt majeur des transports publics qui n'ont besoin que d'un très faible espace-temps de stationnement au contraire des véhicules particuliers.

On peut de même calculer l'espace-temps nécessaire aux déplacements effectués pour un motif particulier sur une période donnée (la semaine, le mois, l'année...) et selon les modes utilisés. Ainsi, faire des courses alimentaires à bicyclette deux fois par semaine au supermarché situé à un km nécessite beaucoup moins d'espace-temps que de se rendre à l'hypermarché situé à 5 km une fois par semaine mais en voiture.

Il est aussi possible de comparer les consommations d'espace-temps en circulation et stationnement de deux ménages types selon leur localisation au centre ou en périphérie. Les écarts sont probablement considérables. Entre un ménage en grande périphérie qui possède deux véhicules utilisés presque chaque jour sur de longues distances et un autre en proche périphérie qui n'en possède qu'un et qui l'utilise un jour sur deux, la demande doit sans doute varier d'un facteur 5 à 10.

Enfin des calculs globaux peuvent aussi être réalisés : par exemple sur la demande journalière d'espace-temps de l'ensemble des déplacements dans une agglomération, comme la deuxième partie va le montrer pour le cas de l'Ile de France.

Figure 11. Exemple de consommation d'espace-temps par personne sur un trajet de 8 km aller-retour, à l'heure de pointe, selon l'utilisation du bus ou de l'automobile
 adapté de Bruun et Vuchic, 1995, p. 25



On constate dans ce cas que l'automobiliste consomme 300 fois plus d'espace-temps que l'utilisateur du bus.

2. Quelques comparaisons entre offres et demandes d'espace-temps

L'unité de mesure qu'est le $m^2.h$ permet aisément toutes sortes de comparaisons entre offres et demandes d'espace-temps de stationnement et de circulation.

Par exemple, il est facile de calculer précisément le **taux d'occupation d'un parking**. On sait qu'il est égal au rapport entre :

- la demande d'espace-temps pour le stationnement et la circulation dans les allées
- et l'offre d'espace-temps que représente la superficie du parking.

Soit un parking d'hypermarché de 1000 places accueillant 1 000 000 de véhicules de clients par an stationnant en moyenne 1 h 30 (données fictives mais réalistes). La demande annuelle d'espace-temps pour le stationnement est de :

$$1\,000\,000 \text{ véhicules par an} \times 10 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ h} = 15 \text{ km}^2.h$$

La demande annuelle d'espace-temps pour accéder aux places de stationnement dépend de la longueur du parcours (qu'on peut estimer à 500 m pour entrer, chercher une place puis quitter le parking, soit 50 cm par place existante dans un parking), de la distance entre véhicules (14 m y compris la longueur du véhicule), de la largeur d'une voie de circulation (3 m) et de la vitesse des véhicules (20 km/h), soit :

$$(14 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,5 \text{ km} / 20 \text{ km/h}) \times 1\,000\,000 = 1,05 \text{ km}^2.h$$

Or l'offre d'espace-temps est de :

$$1000 \text{ places} \times 25 \text{ m}^2 \times 8760 \text{ h par an} = 219 \text{ km}^2.h$$

Le taux global d'utilisation du parking est donc de :

$$(15 \text{ km}^2.h + 1,05 \text{ km}^2.h) / 219 \text{ km}^2.h = 7,3 \%$$

Ce qui montre très simplement la faible utilisation de tels espaces. Par comparaison, le **taux d'occupation d'une place de stationnement le long du trottoir** dans une grande ville est couramment supérieur à 95 %, mais doit rester nettement inférieur à 100 % grâce à une politique tarifaire visant à encourager la rotation des véhicules et à faciliter la recherche de place (Dussart et Taterode, 1987 ; CERTU, 2003).

Bien d'autres comparaisons sont envisageables, par exemple :

- entre le taux d'occupation des espaces de circulation et celui des espaces de stationnement dans un quartier ou une ville,
- entre les taux d'occupation globaux de la voirie d'une ville généreuse en espace viaire et d'une ville plus économe de tels espaces ;
- montrant l'évolution au cours de l'histoire du taux d'occupation de la voirie d'une ville...

ANNEXE. COMPARAISON AVEC LES TRAVAUX PIONNIERS DE LA RATP

L. Marchand¹, P. Auzannet et J. Vivier ont été ou sont encore ingénieurs à la RATP. Ils ont tous trois successivement développé la mesure de la « consommation d'espace-temps » des divers modes de déplacement (pour un historique, voir Héran, 2000). En fait, contrairement à ce que laisse supposer cette expression, il ne s'agit pas de la demande d'espace-temps, mais de l'offre moyenne d'espace de voirie par mode en journée. Mais comme « sur une infrastructure utilisée à sa capacité optimale » demande et offre se confondent, nos calculs rejoignent à peu près ceux de Marchand.

La consommation d'espace-temps de stationnement selon L. Marchand

Pour calculer la consommation d'espace-temps de stationnement, L. Marchand a proposé en 1984 la formule générale suivante pour le mode i :

$$Cs_i = \frac{s_i h_i}{n_i}$$

avec Cs_i = consommation d'espace-temps de stationnement (en $m^2 \cdot h$)
 s_i = surface nécessaire au stationnement du véhicule (en m^2)
 h_i = durée du stationnement (en heures)
 n_i = taux d'occupation du véhicule (en nombre de personnes)

Pour les **automobiles**, il utilise $s_i = 10 m^2$. Il ne retient donc que le stationnement le long de la voirie et ne s'intéresse ni aux parkings en surface, il est vrai très peu nombreux dans Paris, ni aux parkings souterrains. Il suppose aussi, ce qui est à peu près vrai à Paris, que les places sont toujours occupées, puisque la consommation d'espace ne varie pas selon les heures du jour. Par conséquent, il se situe dans une logique d'usage des sols et ses hypothèses sont valables à Paris mais pas pour le reste de l'Île de France.

Pour les **deux-roues**, il retient une valeur de $1,5 m^2$ par place qui correspond à l'espace occupé à l'arrêt par un deux-roues motorisé mais pas par une bicyclette qui en occupe deux fois moins, comme on l'a déjà noté.

La consommation d'espace-temps de circulation selon L. Marchand

Pour calculer la consommation d'espace-temps de circulation, L. Marchand (1984) a proposé la formule générale suivante pour le mode i :

$$Cd_i = \frac{d_i l_i k}{v_i n_i}$$

¹ Son premier texte ainsi que les calculs détaillés par A. Schmider sont parus en 1977 dans la revue Métropolis. Puis d'autres textes de 1984, 1988 et 1991 systématisent ses travaux et esquissent les applications potentielles. Les hypothèses utilisées dans les calculs ont été affinées au début des années 80 à l'occasion de formations effectuées à l'ENPC, puis repris et appliqués par divers auteurs dans de nombreux documents (notamment Beauvais, 1982).

avec Cd_i = consommation d'espace-temps de circulation (ou de déplacement) (en $m^2 \cdot h$)
 d_i = distance entre deux véhicules, incluant la longueur d'un véhicule (en m)
 l_i = largeur de la voie de circulation (en m)
 k = longueur du déplacement (en km)
 v_i = vitesse moyenne (en km/h)
 n_i = taux d'occupation du véhicule (en nombre de personnes)

On reconnaît dans cette formule, la surface dynamique ($SD = d_i \times l_i$) et le temps de déplacement ($T_i = k / v_i$). Mais pour Marchand, la vitesse n'est en fait qu'un paramètre et non une variable. Elle n'est introduite dans la formule que pour calculer le temps de déplacement. Par conséquent, la surface dynamique ne varie pas non plus en fonction de la vitesse. Ce qui intéresse Marchand, c'est uniquement la consommation d'espace-temps de circulation « sur une infrastructure utilisée à sa capacité maximale ».

L'auteur propose ensuite une autre formulation de Cd_i :

$$Cd_i = \frac{1000 \ l_i \ k}{q_i \ n_i}$$

avec q_i = débit de la voie de circulation (en véhicules par heure) et $q_i = \frac{1000 \ v_i}{d_i}$

Cette seconde formule permet d'utiliser directement les débits maximaux constatés sur la voirie pour calculer la consommation d'espace-temps de circulation : les débits des piétons sur les trottoirs, des cyclistes sur les pistes cyclables, des bus dans les couloirs bus, des voitures sur les artères ou sur les voies rapides urbaines, et d'utiliser en particulier les résultats des courbes débit-vitesse. Et donc comme ces courbes, l'approche de Marchand aboutit à la même ignorance de l'emprise réelle des voies rapides utilisées par les modes non guidés. Il est vrai que cet auteur n'a travaillé que sur le cas de Paris qui n'a pas d'autoroute : il pouvait donc légitimement négliger cette question.

Enfin, nous avons tenté de retrouver les hypothèses implicites utilisées par L. Marchand pour évaluer la consommation d'espace-temps de circulation. Ce n'est guère facile, car les seuls éléments dont on dispose se résument au tableau suivant souvent repris par lui-même et d'autres auteurs dans divers documents. L. Marchand, interrogé en 1997, n'a pas conservé ses hypothèses, mais il est parti des débits constatés sur les espaces de circulation, nous a-t-il affirmé.

**Consommation d'espace par personne (en m² x h)
pour un déplacement d'une longueur de 5 km
réalisé sur une infrastructure utilisée à sa capacité optimale**

	Stationnement	Circulation	Consommation totale
Piéton	0	2	2
Deux-roues			
• travail (durée 9 h)	13,5	7,5	21
• loisirs (durée 3 h)	4,5	7,5	12
• achats (durée 1 h 30)	2,3	7,5	10
Automobile (1,25 personne / véhicule)			
• travail (durée 9 h)	72	18	90
• loisirs (durée 3 h)	24	18	42
• achats (durée 1 h 30)	12	18	30
Autobus (50 personnes / bus)			
• voirie banale	0	3	3
• voie réservée			
60 bus / sens / heure	0	6	6
30 bus / sens / heure	0	12	12
Métro	0	1	1

Source : Marchand, 1993, p. 5.

Il faut d'abord comprendre qu'il s'agit vraisemblablement d'un aller-retour de 2 x 5 km, soit 10 km. Le tableau suivant tente de retrouver les résultats de Marchand.

**Hypothèses probables de L. Marchand
pour évaluer la consommation d'espace-temps de circulation**

Mode	Dis- tance d _i (m)	Lar- geur l _i (m)	Vitesse v _i (km/h)	Taux d'oc- cupation n _i (pers/véh)	Débit q _i (véh/h)	Consommation d'espace-temps Cd _i (m ² .h/pers.km)
Piéton	1,4	0,7	5	1	3571	0,2 (0,3)
Deux-roues	6	1,5	12	1	2000	0,75 (0,6)
Voiture	15	2,7	18	1,25	1200	1,8 (1,2)
Autobus						
- sur voirie banale	50	3	10	50	200	0,3 (0,07)
- sur voie réservée						
60 bus/sens/h	250	3	15	50	60	1
30 bus/sens/h	500	3	15	50	30	2
Métro	500	3	25	600	50	0,1

Entre parenthèses : les valeurs issues de nos propres calculs.

Pour les piétons, nous avons retenu un espace de mouvement (0,3 m².h/km) plus généreux que celui de Marchand (0,2) qui paraît particulièrement contraint. Les débits constatés ont été mesurés en Chine, nous a-t-il répondu. Ils sont sans doute un peu moins élevés à Paris.

Pour les « deux-roues », Marchand confond, comme il est d'usage dans les années 70-80, bicyclettes et deux-roues motorisés. Dans son esprit cependant, il s'agit bien de vélos sur piste cyclable, nous a-t-il expliqué. La vitesse que nous avons retenue est un peu plus grande que

celle qui est sans doute la sienne (14 km/h au lieu de 12), mais mieux documentée. Cette modification suffit à expliquer l'écart de consommation d'espace-temps que nous retenons de $0,6 \text{ m}^2 \cdot \text{h}/\text{km}$ au lieu de $0,75$.

Pour la voiture, Marchand suppose une consommation d'espace de circulation de $2,25 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{véh.km}$ (soit $1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ avec un taux d'occupation des véhicules de 1,25). Ce qui correspond, par exemple, à une surface de 15 m de long et 3 m de large divisée par 20 km/h. Nous avons retenu une valeur moyenne en circulation limitée à 50 km/h un peu moins grande de $1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{véh.km}$ (soit $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ avec un taux d'occupation des véhicules de 1,2).

En ce qui concerne le bus sur voirie banale, les résultats de Marchand ne paraissent pas fondés. Pour lui, la consommation d'espace-temps d'un bus contenant 50 voyageurs est de $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$, soit 4 fois plus que notre estimation de $0,07$. La seule façon d'arriver à son résultat est d'imaginer une distance moyenne entre véhicules de 50 m. L'auteur semble donc supposer qu'un bus dans la circulation générale a besoin d'une voirie bien peu encombrée.

Pour le bus sur voie réservée, il est impossible de retrouver les valeurs de L. Marchand de $0,6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ quand passent 60 bus/h et de $1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ quand passent 30 bus/h avec 50 voyageurs par bus. Les calculs donnent nécessairement plus, soit respectivement 1 et $2 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ et encore en considérant des « voies réservées » de 3 m de large seulement, c'est-à-dire des couloirs bus non protégés.

Enfin, pour le métro, il faudrait retenir des débits et des taux d'occupation des rames assez extraordinaires pour parvenir aux $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$ de Marchand. Mais sans doute n'a-t-il retenu que les consommations d'espace des parties aériennes des lignes 2 et 6 du métro parisien.

La consommation moyenne d'espace-temps

En heure de pointe, la voirie est pratiquement saturée et la demande est presque équivalente à l'offre. La consommation d'espace-temps est alors assimilable à la demande. Mais en heure creuse, la demande est bien inférieure à l'offre. La consommation d'espace par mode augmente alors en proportion expliquent les ingénieurs de la RATP. P. Auzannet et J. Vivier estiment ainsi qu'en moyenne, à Paris dans une journée de 14 h, la consommation d'espace-temps de circulation pour les automobiles n'est plus de $1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$, mais d'environ $6 \text{ m}^2 \cdot \text{h} / \text{voy.km}$. Tout se passe comme si, au lieu d'utiliser 15 m de distance intervéhiculaire en heures pleines, les voitures avaient besoin en moyenne dans une journée de 50 m pour saturer l'espace. Comme si dans un bus au tiers plein, un voyageur avait besoin de 3 places ! Pour expliquer un tel raisonnement, il convient d'admettre que la consommation d'espace-temps de circulation ne correspond pas à une demande mais bien à une offre moyenne par mode ou par usager.

En utilisant le concept de taux d'occupation, ce résultat devient plus simplement : en journée, compte tenu des pointes et des creux du trafic, des artères très fréquentées et des voies de desserte moins utilisées, la voirie parisienne destinée aux déplacements automobiles n'est utilisée en moyenne qu'à 30 %. Sur 24 h, ce taux est certainement inférieur à 20 %. Car pour maintenir une qualité de service suffisante à l'heure de pointe, le réseau de voirie parisien doit être bien entendu surdimensionné (tout comme l'offre de transport public par rapport à la demande) et cela d'autant plus que l'offre de voirie est très rigide.

DEUXIEME PARTIE

APPLICATION AU CAS DE L'ILE DE FRANCE

Quand il a fallu envisager un terrain d'application, c'est naturellement l'agglomération parisienne qui s'est imposée. Car on y trouve à la fois les personnes et institutions les plus habituées à appréhender la consommation d'espace-temps des transports et de nombreuses données et analyses nécessaires à ce travail, fournies notamment par :

- une première estimation de la consommation d'espace-temps selon les modes dans Paris, proposée en 1998 par P. Auzannet, ingénieur à la RATP (la seule existante à ce jour),
- les enquêtes globales transport (EGT), réalisées par la DREIF, un peu plus poussées que les enquêtes ménages déplacements des villes de province,
- le MOS, l'atlas cartographique informatisé du mode d'occupation des sols en Ile de France, établi avec minutie par l'IAURIF,
- l'observatoire des déplacements à Paris, mis en place par la ville de Paris, qui contient notamment un décompte minutieux des places de stationnement,
- le compte transport de voyageurs en Ile de France, établi par le STIF, qui tente d'intégrer les consommations d'espace-temps des transports...

Cette seconde partie a choisi d'explorer d'abord l'offre d'espace-temps de stationnement et de circulation (chapitre 1), puis la demande correspondante (chapitre 2) et enfin le taux d'occupation global, rapport de la demande à l'offre (chapitre 3). Les offres et demandes globales d'espace-temps seront toujours exprimées en $\text{km}^2 \cdot \text{h}$ par jour ouvrable de semaine.

CHAPITRE 1.

L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

L'offre d'espace de stationnement est d'abord estimée (I), puis celle de la circulation (II) et enfin les deux conjointement (III). A chaque fois, la question délicate des sources est traitée, puis les méthodes élaborées dans la première partie appliquées.

Le SIGR (système d'information géographique de la région Ile de France) est une source, en effet, tout à fait remarquable par la qualité de ses données, mais le MOS (mode d'occupation des sols) ne recense pourtant pas complètement les espaces consacrés aux déplacements, loin s'en faut. Il manque en effet le stationnement en souterrain et le long de la voirie, ainsi que la voirie secondaire, Il est donc nécessaire de compléter cette information par d'autres sources, tant pour le stationnement que pour la voirie.

I – L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT

L'objectif est de s'intéresser à tous les types de stationnement publics comme privés, en surface comme en ouvrage (voir la typologie ci-après). Mais l'offre d'espaces est très diversement connue. Elle est assez bien connue pour les parkings publics (en surface, en élévation ou souterrains), nettement moins pour le stationnement le long de la voirie et très mal pour le stationnement privé au domicile ou au travail, en garage ou en sous-sol.

Typologie des espaces de stationnement

Stationnement	En surface	En ouvrage
Public	Places le long de la voirie Parkings publics en surface	Parkings publics souterrains ou en élévation, concédés ou non
Privé	Parkings privés réservés aux salariés, clients, fournisseurs des activités industrielles et commerciales	Parkings en sous-sol d'immeubles d'habitation ou de bureaux Garages privés au domicile

Après un état des sources utilisables (A), l'offre d'espace de stationnement pour les voitures est détaillé (B) et celle pour les deux-roues esquissée (C).

A/ LES SOURCES UTILISABLES CONCERNANT LE STATIONNEMENT

Le MOS (voir sa présentation en encadré page suivante) ne permet qu'une appréhension très partielle de l'offre de stationnement (1), tout comme la base Sitadel (2), aussi d'autres sources sont nécessaires (3).

1. Les données issues du MOS

Le MOS mesure d'abord la superficie des **parkings en surface** des centres commerciaux, des hypermarchés, des grandes emprises d'activité, des aéroports, des parcs de loisir et de l'habitat collectif discontinu, comme il est bien précisé dans les définitions des postes. Mais il est probable que certains petits parkings de surface peu structurés échappent à ce recensement : cour d'une société de service servant à l'accueil permanent de la clientèle, cour d'immeuble régulièrement encombrée par des véhicules en stationnement...

Il mesure également la superficie occupée par les **parkings en élévation**. Pour déduire le nombre de places offertes, il suffirait d'estimer leur nombre moyen d'étages en utilisant la formule :

$$\begin{aligned} & \text{Nombre de places offertes dans les parkings en élévation} \\ & = \text{superficie de ces parkings} \times \text{nombre moyen d'étages} \end{aligned}$$

Ce n'est en réalité guère facile, car au moins trois cas assez différents sont à distinguer :

- les parkings à nombreux étages très coûteux à construire,
- les parkings à un seul étage (deux niveaux), bien plus économiques, construits en éléments préfabriqués au-dessus d'un parking en surface classique,
- et les parkings d'un seul niveau situés sur le toit de certains centres commerciaux ou d'autres bâtiments.

Bien que situées en surface, le MOS ne distingue pas les **places situées le long de la voirie** qu'il assimile de fait à des espaces de circulation. Cette négligence, liée sans doute au manque de précision de l'outil, tend malgré tout à sous-estimer fortement le stationnement en surface.

Enfin, mesurant l'usage des sols, le MOS ignore bien sûr les **parkings souterrains** et les **garages**.

2. Les données issues de la base Sitadel

Sitadel (Système d'Informatisation et de Traitement Automatisé des Données Élémentaires sur les Logements et les Locaux) est une base nationale d'informations relatives à la SHON des constructions neuves, recueillie à partir des permis de construire. Les communes et les DDE documentent un logiciel comportant notamment une rubrique « Aires de stationnement et parkings ». Cette rubrique comprend :

- « – les garages réparation (réservé à une entreprise),
- les garages d'entreprise de déménagement,
- les garages d'entreprise de transport,
- les garages de mairie,
- les parcs de stationnement gratuits et publics,
- les parcs de stationnement payants. »

Présentation résumée du MOS

Selon le site Internet de l'IAURIF, le MOS (mode d'occupation du sol) est l'atlas cartographique informatisé qui permet de suivre et d'analyser en détail l'évolution de l'occupation du sol en Ile de France : extension de l'urbanisation, mutation des tissus urbains, transformation des espaces ruraux... Il est réalisé et régulièrement actualisé par l'IAURIF. Le premier inventaire complet date de 1982. Les mises à jour suivantes datent de 1987, 1990, 1994, 1999 et 2003.

Chaque mise à jour du MOS est établie à partir d'une couverture photographique aérienne complète de l'Ile-de-France et de diverses sources d'information complémentaires (fichiers administratifs, informations adressées par les communes, etc.). Comme la précédente, la mise à jour 2003 a été réalisée directement à l'écran, à partir d'une orthophotographie numérique régionale en couleur de résolution 1 mètre acquise auprès de l'IGN.

Les informations sur l'occupation du sol régional sont traduites sous forme, soit de cartes, dont la précision peut atteindre le 1/5000 (1 mm pour 5 m), soit de tableaux chiffrés : bilans de surfaces par type d'occupation et par zone géographique.

L'information de base dépend essentiellement des distinctions en 83 postes réalisées dans l'affectation de l'usage des sols. Ces distinctions ont été choisies par les concepteurs du MOS principalement dans un **but urbanistique et non pour mesurer précisément la consommation d'espace par les déplacements** dans l'agglomération ou plus généralement pour comprendre les déplacements. On peut trouver cependant des postes permettant d'appréhender ces questions. Mais ils ne sont souvent guère homogènes du point de vue de l'objectif poursuivi ici.

Sur les 83 postes du MOS, 7 concernent les transports :

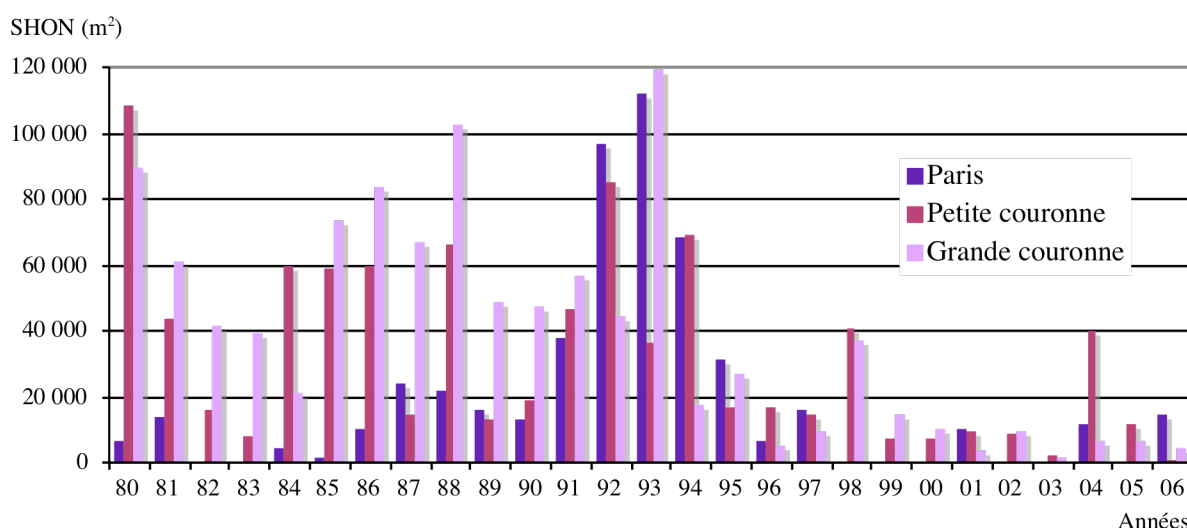
N°	Intitulé	Définition
76	Emprises de transport ferré	Faisceaux de triage, les gares, les installations d'entretien du matériel, voies ferrées y compris les remblais et déblais.
77	Autoroutes	Autoroutes, y compris les bretelles d'accès, les talus de remblais et déblais, les échangeurs en entier.
78	Voies de plus de 25 m d'emprise	Voies à caractère non autoroutier, d'une largeur > 25 m d'immeuble à immeuble, réservé en principe à la ville.
79	Parkings de surface	Tous les parkings de surface, avec une emprise propre, à l'exclusion des parcs souterrains. Ce poste comprend les parkings associés aux équipements et à l'habitat.
80	Parkings en étages	Tous les parkings en étages, avec une emprise propre, à l'exclusion des parcs souterrains. Ce poste comprend les parkings associés aux équipements et à l'habitat.
81	Gares routières, dépôts de bus	Gare routière, d'autobus, d'autocar pour voyageurs. Les installations de transport de marchandises sont repérés dans les activités de stockage. Ce poste inclut les dépôts d'autobus RATP.
82	Installations aéroportuaires	Seules l'aérogare, les installations techniques (hangars,...) et les pistes sont dans ce thème. Les parkings, surfaces en herbe, installations industrielles, et entrepôts sont repérés comme tels.

On ne connaît pas la ventilation de la rubrique selon ces catégories ou selon les communes, mais seulement le chiffre global par département.

Mais cette rubrique ne comprend pas « les surfaces de plancher hors œuvre des bâtiments ou des parties de bâtiments aménagés en vue du stationnement de véhicules » qui sont exclues de la SHON selon la circulaire n°90/80 du 12 novembre 1990.

En résumé, **Sitadel décompte les parcs de stationnement en surface ou en ouvrage et certains types de garages, mais pas les parkings souterrains ou les garages dans les immeubles de bureaux ou les habitations.** Il ne mesure que le flux de constructions nouvelles et ignore le flux des destructions. Néanmoins, il est possible de rapprocher ces données de flux des données de stock proposées par le MOS. Toutefois, le principal intérêt des données de Sitadel est de révéler l'évolution de l'offre de stationnement, comme l'indique le tableau ci-après.

Evolution de la SHON des parcs de stationnement selon Sitadel



Depuis 25 ans, l'effort de construction des parcs de stationnement est resté soutenu en Grande couronne pendant toutes les années 80 et jusqu'en 1993. En Petite couronne, l'évolution a été assez semblable avec cependant quelques creux notamment en 1982-83 et 1989-90. Enfin, Paris a connu de gros investissements surtout sous la 3^e mandature Chirac. Depuis 1995, la construction de parcs de stationnement est restée partout relativement modeste.

3. Les autres sources de données

Pour aborder directement l'offre de stationnement, il n'existe qu'un seul fichier disponible concernant toute l'Ile de France, mais ne portant que sur un aspect de l'offre : celui des **parcs relais**. Ce fichier progressivement amélioré et de mieux en mieux tenu à jour par le STIF recense plus de 100 000 places. Les gestionnaires de **parcs de stationnement concédés** – la Saemes, Vinci Park, Effia, Epolia, Interparking, Q-Park... – fournissent également l'état de leur parc (en général sur Internet). Mais les **parcs gérés en régie** sont très mal connus.

On trouve aussi de manière incidente des informations concernant le stationnement dans des fichiers dont ce n'est en rien l'objectif. Une rubrique souvent assez mal renseignée signale le nombre de places de parking offertes, C'est le cas des fichiers sur l'offre commerciale, l'offre

de bureaux, l'offre de places payantes dans certaines villes, etc. Toutes ces données ont en outre la fâcheuse tendance à se recouper plus ou moins.

C'est pourquoi, il apparaît inévitable de reconstituer les données à partir des activités : bureaux, commerces, habitat..., comme la première partie l'a montré.

B/ L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT POUR LES VOITURES

Les multiples sources donnent toutes des résultats partiels qui vont d'abord être présentés avant de tenter une synthèse en utilisant la méthode d'évaluation de l'offre de stationnement proposée et détaillée dans la première partie, fin du chapitre 1. Rappelons qu'il s'agit de distinguer les quatre grands types de stationnement existant – 1/ sur voirie, 2/ en parking de surface, 3/ en garage et 4/ en parking en ouvrage. L'apparente précision des résultats ne doit pas faire illusion. Il s'agit en fait d'ordres de grandeur.

1. Les places de stationnement sur voirie

Comme, le taux d'occupation moyen des places de stationnement dans la rue est presque toujours élevé, l'offre peut être assez facilement déduite de la demande, en s'efforçant d'évaluer le taux d'occupation moyen par zone. Quant à cette demande, elle peut être évaluée par zone à partir des données de l'EGT. On s'est efforcé de rendre cohérentes les diverses données. Pour Paris, l'offre est connue grâce à une enquête de la ville. Et la demande évaluée grâce à l'EGT correspond bien à cette offre.

Ainsi, l'offre sur voirie serait d'environ **1,2 million** de places, dont la moitié en Grande couronne, plus du tiers en Petite couronne et 1/6 à Paris (voir le tableau ci-après).

L'offre de places de stationnement sur voirie évaluée à partir de la demande

Zone	Paris	PC	GC	IdF
VP+VU utilisés	149	365	446	960
Demande* VP+VU non utilisés	40	40	31	110
Total	189	405	477	1070
Taux d'occupation**	99%	95%	80%	88%
Offre = demande / taux d'occupation	191	426	596	1213

En milliers de places ou de véhicules.

Sources : *traitements des données de l'EGT 2001, **estimation.

Le stationnement le long des rues peut se faire de façon longitudinale, perpendiculairement ou en épis, et sur les côtés, les contre-allées ou le terre-plein central. Certaines communes (notamment Paris) connaissent cette offre. Ce qui permet de déterminer le nombre de places offertes par km de voirie.

Ainsi à Paris, il existe l'équivalent de 191 000 places de stationnement le long de la voirie pour 1532 km de voiries (hors périphérique), soit 125 places par km. Une place ayant une longueur de 5 m, cela signifie qu'en moyenne 60 % d'un seul côté de la rue sont occupés par du stationnement. En fait, de nombreuses rues n'ont pas de stationnement (« axes rouges », ruelles...) et d'autres, disposant de contre-allées, peuvent avoir jusqu'à 6 files de stationnement (par exemple, l'avenue d'Iéna). En Petite couronne, le ratio ne serait plus que de 61 places par km et en Grande couronne, il tomberait à 28 places par km.

Places de stationnement selon le linéaire de voirie

Zone	Paris	PC	GC	IdF
Offre (milliers de places)	191	426	596	1213
Linéaire de voirie (km)*	1532	7031	20 964	29 562
Places par km	125	61	28	41

Source : *voir ci-après.

Par ailleurs, on connaît, grâce à l'EGT, la répartition des véhicules des Franciliens au domicile selon le type de stationnement (voir le tableau ci-après).

Le type de stationnement au domicile des véhicules des Franciliens

Nombre de véhicules stationnés	Paris	PC	GC	IdF
– sur la voie publique	198 32%	453 28%	521 22%	1171 25%
– sur un emplacement privé	394 64%	1097 69%	1824 76%	3315 72%
– dans un parc de stationnement	20 3,3%	42 2,6%	49 2,1%	111 2,4%
Nombre de VP possédés	612 100%	1592 100%	2394 100%	4598 100%

En milliers de véhicules ou de places. Source : EGT 2001.

Il s'avère que l'offre de places sur voirie (évaluée au § 1) ne suffit pas la nuit pour le stationnement des véhicules au domicile, à Paris comme en Petite couronne (voir le tableau ci-après). Ces résultats sont tout à fait plausibles. A noter que les véhicules utilitaires ne sont pas pris en compte dans ce calcul, car on peut supposer qu'ils disposent très souvent de places hors voirie.

Le taux d'occupation des places la nuit sur la voie publique

	Paris	PC	GC	IdF
Nombre de véhicules stationnés au domicile sur la voie publique	198	453	521	1171
Nombre de places offertes sur la voie publique	191	426	596	1213
Taux d'occupation	1,03	1,06	0,87	0,97

2. Les places de parkings en surface

Le MOS fournit la superficie des **parkings en surface** qu'ils soient publics ou privés, y compris les parkings situés dans des cours d'une certaine taille. En considérant que chaque place occupe 25 m², on en déduit le nombre de places.

Comme le MOS fournit aussi l'occupation du sol par les **parkings en élévation**, on peut en profiter tout de suite pour évaluer le nombre de places dans ces parkings en utilisant également un ratio de 25 m² par place et moyennant des hypothèses sur le nombre moyen d'étages. A Paris, les parkings en élévation sont plutôt rares et comportent de nombreux niveaux. En banlieue, il s'agit souvent de parkings relais, mais on en trouve aussi beaucoup à proximité de centres commerciaux, sur deux étages comme à Rosny 2, Parly 2, Vélizy 2, Cora Massy ou Parinor, ou sur trois étages à Belle Epine ou Créteil Soleil.

Au total, il y aurait **2,8 millions de places de parking en surface** dont 2 millions en Grande couronne, 740 000 en Petite couronne et tout de même 35 000 à Paris. Et **50 000 places dans des parkings en élévation**, dont 30 000 en Petite couronne, 15 000 en Grande couronne et 5000 à Paris (voir le tableau ci-après).

**Estimation du nombre de places de parking en surface et en élévation
selon les zones à partir des données du MOS (2003)**

Parkings		Paris	PC	GC	IdF
En surface	Superficie (m ²)	863 581	18 515 025	50 109 048	69 487 654
	Nombre de places	34 543	740 601	2 004 362	2 779 506
	Offre d'espace (m ²)	863 581	18 515 025	50 109 048	69 487 654
En élévation	Superficie (m ²)	19 814	255 918	183 522	459 253
	Nombre d'étages	6	3	2	
	Nombre de places	4 755	30 710	14 682	50 147
	Offre d'espace (m ²)	118 884	767 753	367 043	112 536 680

3. Les places en garage pour les particuliers

On a vu, au § 1, la façon dont se répartissent les véhicules des Franciliens au domicile selon le type de stationnement. 2/3 à 3/4 des véhicules stationnent sur un « emplacement privé ». Mais il est probable qu'à Paris et dans une moindre mesure en Petite couronne, une part non négligeable de ces places servent aussi le jour pour le travail. Etant décomptées à l'étape suivante, elle doivent être ici déduites pour éviter un double compte. De même certaines places se trouvent dans des parkings de surface déjà décomptées. En conséquence, pour obtenir les places de stationnement au domicile sur un emplacement privé réservé à ce seul usage, il faut réduire ce nombre de places d'un certain pourcentage indiqué dans le tableau ci-après. Il y aurait ainsi un total de **3,1 millions de places** au domicile sur un emplacement privé réservé à ce seul usage, dont 1,8 en Grande couronne, 1 en Petite couronne et 0,3 à Paris. On suppose également que si certains véhicules sont absents de la région, d'autres aussi nombreux et venant d'ailleurs les remplacent et stationnent de la même manière.

Les places de stationnement au domicile sur un emplacement privé réservé

Zone	Paris	PC	GC	IdF
Nombre de VP stationnant au domicile sur un emplacement privé	394	1097	1824	3315
Part des places déjà décomptées par ailleurs (hypothèse)	20%	8%	2%	72,1%
Nombre de VP stationnant au domicile sur un emplacement privé réservé à ce seul usage	315	1009	1788	3112

En milliers de véhicules ou de places.

4. Les places en ouvrage

Elles ne concernent qu'assez peu les particuliers. On peut les appréhender sur la base de calculs liés à chaque type d'activités : bureaux, commerces, parcs relais...

Les places en ouvrage offertes par les bureaux

Il est possible d'en avoir une idée grâce aux données de l'ORIE (Observatoire régional de l'immobilier d'entreprise en Île-de-France) et au prix de quelques hypothèses sur la SHON par place et la part en ouvrage (voir le tableau ci-après). On constate que les activités de bureau nécessiteraient à elles seules environ un million de places de parking, dont 600 000 en Grande couronne, 240 000 en Petite couronne et 160 000 à Paris. Plus de la moitié (**545 000**) seraient en ouvrage en faisant l'hypothèse, certes assez fragile, qu'elles le seraient presque

toutes à Paris, à plus de 80 % en Petite couronne et à 30 % en Grande couronne. Le taux de places en ouvrage en Grande couronne est très mal étayé et mériterait une enquête spécifique.

Estimation du nombre de places de parking dans le parc de bureaux en Ile de France au 1^{er} janv. 2007

Zone	Stock immédiat*	Taux de vacance*	Parc total	SHON par place	Nombre de places	Part en ouvrage	Places en ouvrage
Paris	551 000		16 144 175	100	161 442	95%	153 370
- quartier central des affaires	307 000	5,8%	5 293 103	100	52 931		
- centre-ouest hors QCA	63 000	2,0%	3 150 000	100	31 500		
- 5 ^e , 6 ^e , 7 ^e	14 000	1,1%	1 272 727	100	12 727		
- 12 ^e , 13 ^e	45 000	2,5%	1 800 000	100	18 000		
- 14 ^e , 15 ^e	47 000	2,6%	1 807 692	100	18 077		
- 3 ^e , 4 ^e , 10 ^e , 11 ^e	39 000	2,3%	1 695 652	100	16 957		
- 18 ^e , 19 ^e , 20 ^e	36 000	3,2%	1 125 000	100	11 250		
La Défense	176 000	5,7%	3 087 719	100	30 877	100%	30 877
Croissant ouest	519 000		6 459 701	50	129 194	80%	103 355
- boucle nord	113 000	8,6%	1 313 953	50	26 279		
- Neuilly, Levallois	77 000	5,6%	1 375 000	50	27 500		
- Péri Défense	156 000	9,7%	1 608 247	50	32 165		
- boucle sud	173 000	8,0%	2 162 500	50	43 250		
1 ^e couronne	448 000		4 699 418	50	93 988	80%	75 191
- nord	213 000	11,9%	1 789 916	50	35 798		
- sud	147 000	9,1%	1 615 385	50	32 308		
- est	88 000	6,8%	1 294 118	50	25 882		
≈ Petite couronne					254 060	82%	209 423
2^e couronne ≈ Grande cour.	809 000		18 137 376	30	604 579	30%	181 374
- 2e couronne sud	217 000	6,8%	3 191 176	30	106 373		
- pôle Roissy	74 000	7,3%	1 013 699	30	33 790		
- St Quentin en Yvelines	103 000	7,9%	1 303 797	30	43 460		
- Marne la Vallée	64 000	4,9%	1 306 122	30	43 537		
- reste 2e couronne	351 000	3,1%	11 322 581	30	377 419		
Ile de France	2 503 000	5,2%	48 528 389		1 020 081	54%	544 167

* Source : CB Richard Ellis, 2007. A noter que la distinction utilisée ici entre 1^{ère} et 2^e couronne n'est pas exactement la même que celle qui est utilisée dans l'EGT. Le taux de vacance est le stock immédiat divisé par le parc total de bureaux. Ainsi, à défaut d'un accès (très coûteux) aux données de l'ORIE, nous avons déduit le parc total du taux de vacance et du stock immédiat fournis par l'étude de CBRE qui utilise les données de l'ORIE.

Les places en ouvrage offertes par les activités commerciales

A partir de l'inventaire des CDEC et de l'IAURIF (2006), et en utilisant les ratios déterminés en première partie, les places hors voirie nécessaires aux activités commerciales peuvent être à peu près dénombrées (voir le tableau ci-après). Il y aurait ainsi environ 210 000 places hors voirie, dont **130 000** (60 %) en ouvrage. Parmi celles-ci, près de 80 000 seraient en Grande couronne, près de 50 000 en Petite couronne et 3000 à Paris.

**Estimation du nombre de places de parking hors voirie
des activités commerciales en Ile de France en 2006**

	Paris	PC	GC	IdF
Places hors voirie	3 255	76 200	132 270	211 725
dont en ouvrage	3 255	48 050	77 954	129 259
soit en %	100%	63%	59%	61%

Les parcs relais en structure

Le STIF les recense assez précisément. Ces parcs servent presque exclusivement aux usagers des transports publics. Mais ce n'est pas tout à fait le cas à Paris, notamment. Il y aurait donc environ 110 000 places en P+R, dont 40 % – **45 000** – en structure : 25 000 en Grande couronne, 14 000 en Petite couronne et 6000 à Paris (voir le tableau ci-après).

Les places en parcs relais

	Paris	PC	GC	IdF
Places	6 268	27 798	78 384	112 450
Places en structure	6 268	13 976	25 282	45 526
soit en %	100%	50%	32%	40%

Les places en ouvrage dans les aéroports

Les aéroports de Roissy et d'Orly, tous deux situés presque entièrement en Grande couronne, offrent respectivement 12 000 et 20 000 places dont à chaque fois la moitié en ouvrage, soit **16 000** places au total. Il existe aussi quelques garages privés à proximité, surtout près de Roissy, dont certains sont peut-être en ouvrage.

Les places en ouvrage offertes par les hôpitaux et cliniques

En appliquant le ratio d'une place de parking pour 3 lits aux nombres de lits offerts en Ile de France, on constate que les places de parking nécessaires aux hôpitaux et cliniques devraient être d'environ 30 000, dont 12 000 en Grande couronne, 11 000 en Petite couronne et 7000 à Paris (voir le tableau ci-après). Mais ce ratio n'est pas appliqué à Paris grâce à la bonne desserte en transports collectifs, comme dans une moindre mesure en Petite couronne. Les places en ouvrage seraient ainsi de l'ordre de **15 000**, dont 6000 en Grande couronne comme en Petite couronne et 3000 à Paris. Ces résultats sont fragiles et on est là au limite de ce type d'exercice.

**Estimation du nombre de places de parking des hôpitaux et cliniques
en Ile de France en 2007**

	Paris	PC	GC	IdF
Lits*	21 232	33 028	37 112	91 372
Nombre théorique de places de parking (1 place pour 3 lits)	7 077	11 009	12 371	30 457
Nombre plus réaliste de places de parking**	3 539	8 807	12 371	24 717
dont en ouvrage**	2 831	6 165	6 185	15 181
soit en %	80%	70%	50%	

* Source : Agence régionale de l'hospitalisation d'Ile de France. Estimations grossières.

Les parkings publics en ouvrage

On peut avoir une idée du nombre de places offertes dans les parkings publics à partir des données fournies par les principales sociétés de gestion de ces parcs : Saemes, Vinci Park, Effia, Epolia, Interparking et Q-Park (voir tableau ci-après). Soit tout de même près de **110 000** places, dont plus de la moitié à Paris, le tiers en Petite couronne et le dixième en Grande couronne.

Les places dans les parkings publics des principales sociétés de gestion

	Paris	PC	GC	IdF
Places	57 774	37 806	12 277	107 857
en %	54%	35%	11%	100%

Mais ces données sont à la fois parcellaires et en partie redondantes avec celles déjà recensées :

- il manque des parcs gérés en régie par certaines communes,
- certains parkings correspondent à des parcs relais, à des parkings de centres commerciaux ou de centres hospitaliers, ou bien sont loués à des employeurs ou à des particuliers pour du stationnement proche du domicile, toutes choses déjà prises en compte.

Les autres places en ouvrage

Il reste encore quelques places en ouvrage, notamment :

- dans des parkings commerciaux à Paris mais dont la plupart sont louées à des employés de bureau ou à des particuliers (places déjà comptées),
- dans des parkings souterrains liés à l'accueil du public de centres culturels ou sportifs ou de certains services publics ou privés : l'Opéra, le stade de France (5000 places), des lieux d'enseignement, des restaurants, etc.

Il est très difficile de les dénombrer, mais cela ne devrait pas représenter plus de quelques milliers de places.

Au total, **l'ensemble des parkings en ouvrage** devrait approcher les **860 000 places**, dont les deux tiers (550 000) concernent les lieux de travail, le sixième (130 000) les commerces, 5 % (45 000) les parcs relais et le reste peut-être 130 000 places (voir le tableau ci-après).

Les places dans les parkings en ouvrage

	Paris	PC	GC	IdF
Bureaux	153 370	209 423	181 374	544 167
Commerces	3 255	48 050	77 954	129 259
Parcs relais	6 268	13 976	25 282	45 526
Parcs publics et autres	77 000	30 000	20 000	127 000
Total	239 893	301 449	304 610	845 952

La répartition de ces places selon les zones révèle le poids très important des parcs publics à Paris et inversement des parcs liés aux commerces en Grande couronne, ce qu'explique une pratique de la ville et notamment des achats toute différente (voir le tableau ci-après).

La répartition des places dans les parkings en ouvrage

	Paris	PC	GC	IdF
Bureaux	64%	69%	60%	64%
Commerces	1%	16%	26%	15%
Parcs relais	2%	5%	8%	5%
Parcs publics et autres	32%	10%	7%	15%
Total	100%	100%	100%	100%

5. L'offre globale

Il est maintenant possible de tenter une évaluation globale de l'offre de places de stationnement en Ile de France et des surfaces correspondantes. Hors Paris, les résultats restent fragiles et il ne s'agit que d'une **estimation** (voir le tableau ci-après). Ils sont toutefois parfaitement plausibles. Il y aurait donc environ **8 millions de places de stationnement en Ile de France**, dont plus de la moitié en Grande couronne (4,7), un tiers en Petite couronne (2,5), et 10 % à Paris (0,8). Sur l'ensemble de ces résultats, le nombre de places en garages et box est le plus fragile.

Les places de stationnement en Ile de France (milliers de places)

	Paris	PC	GC	IdF
Stationnement sur voirie	191	426	596	1 213
Parkings en surface	35	741	2 004	2 780
Garages et box des particuliers	315	1 009	1 788	3 112
Parkings en ouvrage	240	301	305	846
Total	781	2 477	4 693	7 951

La répartition de ces places selon les zones indique qu'à Paris, le quart des places de stationnement se trouve sur voirie, 4 % seulement en parkings en surface et plus de 70 % en parkings en ouvrage, garage ou box. A l'inverse, en Grande couronne, les places sur voirie sont deux fois plus rares (13 %), celles en parkings en surface 10 fois plus nombreuses et celles en parkings en ouvrage 5 fois moindres (voir le tableau ci-après).

La répartition des places de stationnement en Ile de France

	Paris	PC	GC	IdF
Stationnement sur voirie	24%	17%	13%	15%
Parkings en surface	4%	30%	43%	35%
Garages et box des particuliers	40%	41%	38%	39%
Parkings en ouvrage	31%	12%	6%	11%
Total	100%	100%	100%	100%

On peut maintenant traduire ces résultats en termes de consommation d'espace (voir tableau ci-après). La **superficie des parkings en surface et du stationnement sur voirie** en Ile de France est d'environ **82 km²**, soit l'équivalent de 85 % de l'espace urbanisé de Paris. Quant à **l'offre totale d'espace** (y compris le stationnement en garage et en ouvrage), elle est de **181 km²**, soit plus du double de la seule superficie des parkings en surface et du stationnement sur voirie. Ainsi, il y a trois fois plus d'espace de stationnement par surface urbanisée et trois fois moins d'espace de stationnement par habitant à Paris qu'en Grande couronne, car la densité de population à l'espace urbanisé y est 9 fois supérieure, mais la motorisation des habitants 1,7 fois moindre et l'usage de la voiture bien moindre.

L'offre d'espace de stationnement pour les VP et VU selon les zones

	Paris	PC	GC	Ile de France	P/GC
Places de stationnement sur voirie (milliers)	191	426	596	1 213	
Espace de stationnement sur voirie (km ²)	1,9	4,3	6,0	12,1	
Places de parkings en surface (milliers)	35	741	2 004	2 780	
Espace pour les parkings en surface (km ²)	0,9	18,5	50,1	69,5	
Places dans les garages et box des particuliers (mil.)	315	1 009	1 788	3112	
Espace pour les garages et box des particuliers (km ²)	7,9	25,2	44,7	77,8	
Places dans les parkings en ouvrage (milliers)	240	301	305	846	
Espace pour les parkings en ouvrage (km ²)	6,0	7,5	7,6	21,4	
Offre totale de places (milliers)	781	2 477	4 693	7 951	
Offre totale d'espace y compris en structure (km ²)	16,7	55,5	108,4	180,6	
Offre totale d'espace y compris en structure par jour ouvrable (km ² .h)	400	1333	2601	4334	
Offre totale d'espace en surface pour le station ¹ (km ²)	2,8	22,8	56,1	81,6	
Surface urbanisée (km ²)	95	550	1 876	2 521	
Population 1999 (milliers)	2125	4038	4 787	10 952	
Densité à l'espace urbain	224	73	26	43	8,8
Motorisation (voitures / habitant)	0,29	0,39	0,50	0,42	0,58
Espace de stationnement par surface urbanisée	17,5%	10,1%	5,8%	7,2%	3,0
Surface de stationnement par surface urbanisée	2,9%	4,1%	3,0%	3,2%	
Espace de stationnement par habitant (m ²)	8	14	23	16	0,35
Surface de stationnement par habitant (m ²)	1,3	5,6	11,7	7,5	

C/ L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT POUR LES DEUX-ROUES

Pour les vélos et les 2RM, les données ne sont connues que pour Paris et seulement sur l'espace public. Quelques parkings publics offrent aussi des places.

L'offre d'espace de stationnement des deux-roues sur l'espace public

	Paris	PC	GC	IdF
Places pour vélo sur l'espace public (en 2005)	14 500			
Surface par vélo (m ²)	1,2			
Surface totales pour les vélos (ha)	1,7			
Places pour 2RM sur l'espace public (en 2005)	14 500			
Surface par 2RM (m ²)	2			
Surface totales pour les 2RM (ha)	2,9			
Surface totales pour les deux-roues (ha)	4,6			

II – L’OFFRE D’ESPACE DE CIRCULATION

Il convient de recenser d’abord les sources utilisables (A), puis de détailler l’occupation du sol par la voirie (B).

A/ LES SOURCES UTILISABLES CONCERNANT LA VOIRIE

Le MOS ne permet qu’une appréhension très partielle de l’offre de voirie (1), aussi, pour calculer sa surface des données sur le linéaire et la largeur des voiries sont nécessaires (2).

1. Les données issues du MOS

Le MOS recense les emprises des autoroutes, y compris les échangeurs et les talus, et des voies non autoroutières de plus de 25 m d’emprise d’immeuble à immeuble, mais ignore les voiries de largeur inférieure à 25 m, dont l’importance n’est pas du tout négligeable, puisque l’essentiel de la voirie communale est concerné.

Ainsi à Paris, le réseau principal a le plus souvent une emprise supérieure à 25 m, mais ce n’est pas le cas, par exemple, de la rue de Rennes (22 m) ou de la rue La Fayette (20 m). Si on estime que :

- le réseau principal représente 15 % du réseau total et a en moyenne 30 m d’emprise,
 - le réseau secondaire représente 85 % du réseau total et a en moyenne 12,6 m d’emprise,
- on parvient à la surface totale de 2350 ha pour 1532 km de réseau, cohérente avec l’estimation réalisée par ailleurs par la ville.

**Répartition de la surface de la voirie à Paris
selon le réseau primaire et secondaire hors bd périphérique**

Type de réseau	Caractéristiques		Répartition du linéaire de voirie	Répartition de la surface de la voirie
Voirie principale*	Longueur	240 km	15 %	31 %
	Largeur moyenne	30 m		
	Surface	720 ha		
Voirie secondaire*	Longueur	1 292 km	85 %	69 %
	Largeur moyenne	12,6 m		
	Surface	1 630 ha		
Total**	Longueur	1 532 km	100 %	100 %
	Surface	2 350 ha		

* Selon notre estimation. ** Résultats cohérents avec les données fournies par la ville.

Conclusion, en général, le réseau principal – défini ici comme les voiries de plus de 25 m d’emprise, hors autoroutes – représente une faible proportion du linéaire de voirie, mais une proportion nettement plus importante de sa surface. Il faut néanmoins multiplier au moins par deux la surface du réseau principal pour obtenir la surface totale du réseau de voirie. Il apparaît donc **difficile d’utiliser les données incomplètes du MOS pour évaluer la surface de la voirie.**

Le MOS ne permet pas *a fortiori* de distinguer chaussées et trottoirs.

2. Les données sur le linéaire et la largeur des voiries

Une solution alternative complémentaire consiste à partir du linéaire de voirie puis à le multiplier par une estimation des largeurs moyennes par type de voirie pour parvenir à évaluer la surface.

On a vu dans la première partie (chapitre 2, section I) comment calculer d'une manière générale le **linéaire de voirie** en milieu urbain. Concrètement, le SIGR dispose d'une base d'informations sur les « Routes d'Ile-de-France » comportant 192 182 entités de type « Ligne » en 2003. Cette base est assez complète, mais le linéaire de la voirie communale paraît peu fiable : pour de nombreux exemples de voirie, on ne retrouve pas dans la base les données connues par ailleurs.

Pour pallier cet inconvénient, il est apparu préférable d'utiliser les données collectées à divers titres par les Départements sur les différents types de voiries. En effet, ils connaissent en général, parfois sommairement, le linéaire de **voiries communales** qui comprend cependant aussi les rues des villages situés hors agglomération parisienne, ce qui tend à surestimer un peu ce linéaire. Ils connaissent bien sûr précisément le linéaire de **voiries départementales**, mais quel que soit le territoire traversé. Pour corriger ce biais, il s'avère nécessaire de multiplier ce linéaire par la part de la surface urbanisée dans la superficie totale, car les départementales sont à peu près également réparties sur le territoire. Elles sont cependant légèrement plus nombreuses en ville, aussi cette méthode de correction du biais tend à sous-estimer un peu ce linéaire. Enfin, les **routes nationales** situées en agglomération et dont le linéaire est devenu assez faible depuis le transfert récent d'une bonne partie d'entre elles aux Départements peuvent être directement décomptées sur Google Earth.

On obtient un total de **29 600 km de voiries urbaines en Ile de France**, dont 5 % à Paris, le 23 % Petite couronne et 72 % en Grande couronne (voir le tableau ci-après).

Le linéaire de voirie en zone urbaine en Ile de France (en km)

Voirie	75	92	93	94	PC	77	78	91	95	GC	IdF
- communale	1567	1800	2000	1700	5500	6712	4200	5000	3500	19 412	26 444
- départementale	0	340	303	333	976	493	334	326	266	1 419	2 395
- nationale	0	42	52	61	155	17	44	50	22	133	323
Total	1567	2182	2355	2094	6631	7222	4578	5376	3788	20 964	29 162
Répartition	5%				23%					72%	100%

Source : voir le § ci-dessus.

Quant à la **largeur moyenne d'emprise des voiries** et la **part utilisée par les trottoirs**, il est possible d'en avoir une idée, certes un peu sommaire, en combinant les largeurs standard de chaque type de voirie et des observations directes à l'aide de Google Earth (voir le tableau ci-après).

**Largeurs moyennes d'emprise des voiries et des trottoirs
en Ile de France selon la zone (en m)**

Type de voirie	Paris	PC	GC
Autoroutes et voies rapides urbaines*	46	52	55
Nationales urbaines dont trottoirs	0	30 2,5	35 2
Voirie départementale dont trottoirs	30 7,4	20 2,0	20 2,0
Voirie communale dont trottoirs	12,6 2,5	10 1,5	10 1,0

*Bien que voirie communale, le boulevard périphérique est assimilé dans ce rapport à une autoroute urbaine.

B/ L'OCCUPATION DU SOL PAR LA VOIRIE (HORS PARKINGS)

Elle peut être détaillée de différentes façons : par zone, par type de voie et par mode de déplacement.

1. La répartition de la voirie par zone et par type de voie

Les résultats des calculs de superficie révèlent que **la voirie occupe en Ile de France 336 km²**, dont les deux tiers en Grande couronne, le quart en Petite couronne et 7 % à Paris. Cet espace viaire est consommé à 79 % par la voirie communale, à 16 % par la voirie départementale urbaine et à 5 % par les voies express et nationales (voir le tableau ci-après).

Largeur moyenne et surface d'emprise des voiries (au sens strict)

	Paris	PC	GC	IdF	P/PC
Autoroutes et voies rapides urbaines - Longueur km	35	127	90	252	
(pour Paris, BP assimilé à autoroute) - Largeur m	46	52	55		
- Surface km ²	1,6	6,6	5,0	13,2	
Nationales urbaines - Longueur km	0	28	43	71	
- Largeur m		30	35		
- Surface km ²	0	0,8	1,5	2,3	
Voirie départementale urbaine - Longueur km	240	976	1 419	2 635	
(pour Paris ≈ voiries principales) - Largeur m	30	20	20		
- Surface km ²	7,2	19,5	28,4	55,1	
Voirie communale - Longueur km	1 292	5 500	19 412	26 204	
(pour Paris : autres voiries) - Largeur m	12,6	10	10		
- Surface km ²	16,3	55,0	194,1	265,4	
Total de la voirie urbaine km	1 567	7 031	20 964	29 562	
Surface de la voirie urbaine (au sens strict) km ²	25	86	229	336	
Surface des places de stationnement sur voirie km ²	2,0	4,3	6,0	12,3	
Part de la voirie dans l'espace urbanisé	26%	15%	12%	13%	2,2
Surface de voirie par habitant m ²	12	21	48	31	0,25

La part de la voirie (hors parkings) dans l'espace urbanisé s'élève à **26 % de la surface de Paris** (24 % si on enlève la surface des places de stationnement sur voirie). C'est une valeur plutôt élevée qui s'explique par l'importance des espaces publics dans la capitale, notamment grâce aux nombreuses percées réalisées. Ainsi, il y a deux fois plus de voirie dans l'espace

urbanisé à Paris qu'en Grande couronne, car la densité du réseau est 1,4 fois supérieure (voir ci-dessus) et les trottoirs plus larges. Mais **la surface de voirie par habitant est 4 fois moindre à Paris qu'en Grande couronne**, grâce à une densité 9 fois supérieure.

2. La répartition de la voirie selon les modes

Pour les trottoirs, mis à part Paris qui connaît avec précision leur superficie, on en est réduit, pour le reste de l'Ile de France, à des hypothèses encore assez sommaires sur leur largeur moyenne (voir le tableau ci-après). La superficie totale serait **de l'ordre de 76 km²**. Malgré leurs faibles largeurs, les trottoirs de la Grande couronne représentent les 3/5 de la superficie des trottoirs de la région, grâce à son important linéaire de voiries communales.

La superficie des trottoirs en Ile de France

	Paris	PC	GC	IdF
Nationales urbaines (km)	0	28	43	71
Largeur moyenne des trottoirs (m)		2,5	2,0	
Surface des trottoirs (km ²)	0	0,14	0,17	0,31
Voirie départementale (km)	0	1168	8 440	9 608
Largeur moyenne des trottoirs (m)	7,4	2,0	2,0	
Surface des trottoirs (km ²)	3,6	3,9	5,7	13,1
Voirie communale (km)	1292	5400	19 412	26 204
Largeur moyenne des trottoirs (m)	2,5	1,5	1,0	
Surface des trottoirs (km ²)	6,5	16,5	38,8	61,8
Surface totale des trottoirs (km ²)	10,0	20,5	44,7	75,2
Répartition selon les zones	13%	27%	60%	100%

Enfin, la **répartition de la voirie selon les modes** montre bien le poids des trottoirs à Paris et leur faiblesse en périphérie et inversement pour les chaussées (voir le tableau ci-après).

Répartition de la voirie selon les modes

	Paris		PC		GC		Ile de France	
Chaussées (km ²)	12,4	49%	57,1	70%	178,3	78%	248	74%
Couloirs bus (km ²)	0,7	3%	?		?		1	0%
Stationnement (km ²)	1,9	8%	4,3	5%	6,0	3%	12	4%
Trottoirs (km ²)	10,0	40%	20,5	25%	44,7	19%	75	22%
Total voirie urbaine (km ²)	25	100%	82	100%	229	100%	336	100%

A noter aussi, la part trois fois plus importante accordée au stationnement sur la voirie à Paris qu'en Grande couronne, à cause à la fois du peu d'espace disponible pour construire des parkings en surface et du coût élevé du stationnement en ouvrage.

III – L’OFFRE GLOBALE D’ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

Il convient de distinguer l’offre en surface (A) et l’offre y compris les parkings en ouvrage et les garages (B).

A/ L’OFFRE TOTALE D’ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION EN SURFACE

Il s’agit de la consommation d’espace par la voirie au sens large, y compris les parkings. Aux 336 km² de voirie au sens strict, il faut donc ajouter 70 km² pour atteindre **410 km²** (voir le tableau ci-après). La **part de la voirie** (au sens large) dans l’espace urbanisé est de **27 % à Paris**, alors qu’elle n’est que de **15 % en Grande couronne**, soit un facteur de 1,8 entre les deux zones (1,4 entre Paris et la Petite couronne)¹. Ce résultat rejoint les conclusions de la récente étude de M. Di Salvo (2007) déjà citée en première partie, bien que la méthode utilisée dans ce travail soit très différente et ne recouvre pas exactement la même chose. On a donc bien **une baisse de l’espace urbanisé consommé par les transports quand on s’éloigne du centre**.

L’offre d’espace de stationnement et de circulation en surface en Ile de France

	Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Superficie de la voirie au sens strict (km ²)	25	82	229	336	
Parkings en surface (km ²)	0,86	18,5	50,1	70	
Superficie de la voirie au sens large (km ²)	26	101	279	406	
Surface urbanisée (km ²)	95	550	1876	2 521	
Population 1999 (milliers)	2125	4038	4787	10 950	
Densité à l’espace urbain	224	73	26	43	8,8
Part de la voirie dans l’espace urbanisé	27%	18%	15%	16%	1,83
Surface de voirie par habitant (m ²)	12	25	58	37	0,21

Il y a cependant cinq fois moins de surface de voirie par habitant à Paris qu’en Grande couronne (grâce notamment à une densité neuf fois supérieure), et 2,3 fois moins en Petite couronne qu’en Grande couronne (grâce entre autres à une densité 2,8 fois supérieure). Ces écarts seraient encore plus grands si le maillage de la voirie en périphérie était meilleur.

B/ L’OFFRE TOTALE D’ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

En tenant compte aussi des espaces de stationnement en ouvrage et des garages des particuliers, il faut encore ajouter pas moins d’une centaine de km² pour atteindre **510 km²** (voir le tableau ci-après). Ce qui réduit un peu l’écart entre Paris et la Grande couronne, la capitale ayant une part du stationnement hors espaces publics plus importante que la périphérie.

¹ On retrouve à peu près l’écart entre le linéaire de voirie par ha à Paris et en Grande couronne (voir première partie, chapitre 2, I-B).

**L'offre d'espace de stationnement et de circulation en Ile de France
y compris les espaces en ouvrage ou privés**

	Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Superficie de la voirie au sens large (km ²)	26	101	279	406	
Places de stationnement en ouvrage ou en garage (km ²)	14	34	52	100	
Superficie des espaces pour les VP	40	135	331	506	
Part du stationnement hors espaces publics	35%	25%	16%	20%	
Population 1999 (milliers)	2125	4038	4787	10 950	
Surface de voirie par habitant (m ²)	12	25	58	37	0,21
Espaces pour les VP par habitant (m ²)	19	33	69	46	0,27

CHAPITRE 2.

LA DEMANDE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

La demande correspond, faut-il le rappeler, à l'occupation effective de l'espace. Comme dans le chapitre précédent, on passera en revue d'abord la consommation d'espace de stationnement (I), puis la consommation d'espace de circulation (II) et enfin la consommation d'espace globale pour le stationnement et la circulation (III). Cette demande étant très variable dans le temps, on est en fait obligé de raisonner en consommation d'espace-temps.

I – LA DEMANDE D'ESPACE-TEMPS DE STATIONNEMENT

Après un bref exposé des sources utilisables (A), on proposera une première méthode simple d'évaluation globale (B), complétée par une méthode plus sophistiquée d'évaluation par zone et par motif (C).

A/ LES SOURCES UTILISABLES CONCERNANT LE STATIONNEMENT

La principale source est l'EGT (enquête globale de transport) (1). Mais cette enquête n'a pas été réalisée pour évaluer des consommations d'espace et des sources complémentaires sont nécessaires (2).

1. L'EGT

Certaines données nécessaires sont bien renseignées :

- les modes de déplacement et le véhicule utilisé,
- les motifs du déplacement,
- l'heure précise du début et de la fin du déplacement en heures et minutes et donc la durée du déplacement,
- le type de stationnement à destination (sur voie publique, sur emplacement privé, dans un parc de stationnement...),
- l'enchaînement des déplacements et le programme d'activités.

L'EGT fournit également, c'est une de ses spécificités, la **portée** du déplacement définie comme « la distance à vol d'oiseau entre l'origine et la destination d'un déplacement ». Pour

situer les OD et mesurer cette portée, un quadrillage précis de la région a été réalisé, avec des carrés de 300 m de côté. Chaque origine ou destination est donc située assez précisément.

De cette portée et de la durée du déplacement, l'EGT déduit une « **vitesse** » de déplacement définie comme le rapport entre ces deux valeurs. Elle peut également calculer des « **distances** » parcourues définies comme le produit du nombre de déplacements par leur portée.

2. Les autres sources possibles

Il convient de compléter les résultats de l'EGT par des données unitaires sur les consommations d'espace de stationnement et de circulation déterminées dans la première partie.

De plus, il est clair que, dans l'EGT, « la portée ne représente pas exactement la distance parcourue », rappelle la DREIF (2001). Elle la sous-estime même de façon non négligeable, car les distances réelles sont souvent bien supérieures à cause de divers obstacles et aménagements. Par conséquent, la vitesse et les distances parcourues globales fournies par l'EGT sont sous-estimées d'autant. Pour évaluer la demande d'espace de circulation, on utilisera donc les coefficients de correction discutés en première partie.

B/ LA DEMANDE SELON LES ZONES

Chaque déplacement à l'aide d'un véhicule individuel se termine par le stationnement du véhicule pendant un certain temps – c'est-à-dire jusqu'à sa réutilisation pour un autre déplacement – sur une place située sur la voirie, dans un garage, dans un parking en surface ou en ouvrage. Moyennant quelques traitements, l'EGT permet de calculer assez précisément la demande d'espaces de stationnement selon les zones et les motifs.

1. La durée de stationnement à destination

Bien entendu, la marche ne nécessitant pas de stationnement est exclue. Tous les autres modes comprennent du stationnement. Certains circulant une grande partie de la journée stationnent peu (transports collectifs, taxis, VU en tournée). D'autres passent environ 96 % de leur temps en stationnement (VP, VU, 2RM, vélos...).

Dans la mesure où la méthodologie diffère selon les modes de déplacements considérés, il a fallu, dans un premier temps, extraire les données du fichier EJS2001 (fichier déplacements de l'EGT 2001) selon le mode considéré dans le déplacement. **Quatre fichiers** de données ont ainsi été créés : **VP, VU, 2RM et vélo** et les déplacements numérotés.

Pour calculer la **durée du stationnement**, l'heure et la minute de départ du déplacement suivant ont été rapportés sur chaque enregistrement. Diverses situations se sont alors présentées, notamment le cas des derniers déplacements de la journée. L'hypothèse retenue a été la répétitivité à l'identique des déplacements des individus d'un jour sur l'autre. Le véhicule de retour au ménage en fin de journée est donc supposé y rester garé jusqu'au lendemain à l'heure du premier déplacement de l'individu (enregistré le jour d'enquête). En cas de non-retour au domicile, la durée de stationnement est calculée jusqu'à minuit et le lieu (motif à destination et zone concernée) est retenu pour une redistribution des véhicules non utilisés.

A cette étape, un **petit travail d'apurement** s'est imposé pour corriger les quelques erreurs de frappe pour les horaires des déplacements. Certaines données manquaient parfois égale-

ment, et lorsque cela a été possible, nous avons tenté d'estimer l'heure manquante au regard des autres déplacements de l'individu en question. Ce travail a concerné respectivement 0,4 %, 0,9 %, 0,5 % et 0,1 % des enregistrements pour les fichiers VP, VU, 2RM et vélo. Quelques autres modifications ont été apportées aux données à cette étape (recodage de 00 h en 24 h, de 1 h en 25 h, etc. pour le calcul des durées de stationnement par exemple).

Voici le **principe général du calcul** utilisé (les codes entre parenthèses sont ceux de l'EGT 2001).

Soit a un déplacement et b le déplacement suivant (voir DEPL), utilisant le même véhicule (voir NUMOY). Soit Da, le motif à destination de a (voir DMD) et Ob, le motif à l'origine de b (voir DMO). On sait que le motif à destination de a est le même que le motif à l'origine de b : $Da = Ob$.

Soit TFa, l'heure exacte de fin de a (voir DHF DMF), Tib, l'heure exacte de début de b (voir DHI DMI) et DSDa, la durée de stationnement à destination de a. On sait que cette durée est égale à la différence entre l'heure de fin du premier déplacement et l'heure du début du second : $DSDa = Tib - TFa$.

En fait, le problème est un peu plus compliqué et on a plusieurs cas de figure :

a/ **Reprise du véhicule dans la journée avec déplacements consécutifs**. Exemple : aller-retour domicile-hypermarché en voiture.

$$DSDa = Tib - Tfa \quad \text{avec } n^\circ \text{ de } b = n^\circ \text{ de } a + 1$$

b/ **Reprise du véhicule dans la journée avec déplacements non consécutifs** : il s'intercale d'autres déplacements. Exemple : domicile-travail en voiture le matin, aller-retour à pied au restaurant à midi, travail-domicile en voiture en fin de journée.

$$DSDa = Tib - Tfa \quad \text{avec } n^\circ \text{ de } b > n^\circ \text{ de } a + 1$$

Le n° du mode (NUMOY) doit être identique, mais il n'est pas sur le fichier déplacement...

c/ **Reprise le lendemain du véhicule, laissé la veille au même endroit**. On fait l'hypothèse que les déplacements effectués par un individu sont identiques d'une journée à l'autre. Exemple : travail-domicile à 18 h, puis domicile-travail à 8 h le lendemain, soit un stationnement de la voiture au domicile de 14 h.

$$DSDa = 24 + Tib - Tfa$$

avec soit des déplacements consécutifs : dernier de la journée puis premier de la journée,
soit des déplacements non consécutifs.

d/ **Pas de reprise du véhicule dans la journée**. Exemple 1 : domicile-travail à vélo le matin, déplacement en train pour affaire avec retour un autre jour et le vélo attend au lieu de travail. Exemple 2 : domicile-aéroport en voiture, puis voiture laissée à 7 h au parking quelques jours, soit $24 - 7 = 17$ h de stationnement à ce parking le premier jour.

$$DSDa = 24 - Tfa$$

e/ **Véhicule non utilisé dans la journée, mais stationné quelque part.** Dans ce cas, la durée de stationnement par jour est facile à calculer : c'est 24 h. Le problème est d'affecter ce stationnement à un motif et à une zone. On connaît le nombre de véhicules par ménage, précisé dans le fichier ménages (MNV4 pour les VP, MNVUT pour les VU, MRMT pour les 2RM, MRSM pour les « deux-roues sans moteur » (c'est-à-dire les vélos...). Mais le stationnement de ces véhicules n'est pas lié directement à un déplacement, donc à un motif et à une zone. En fait, on peut quand même affecter le stationnement de ces véhicules globalement (c'est-à-dire pas par ménage) à un motif et à une zone en considérant que ces véhicules sont stationnés par motif et par zone dans les mêmes proportions que le cas d/ ci-dessus. Exemple : si 3 % des véhicules restent en fin de journée sur un lieu de travail situé en Petite couronne, on peut penser qu'en moyenne 3 % des véhicules que possèdent les individus et non utilisés dans la journée sont stationnés au lieu de travail en Petite couronne.

Quelques croisements ont ensuite été réalisés pour recenser les durées de stationnement de l'ensemble des véhicules selon le motif à destination, la zone (Paris, Petite couronne et Grande couronne) et l'heure de la journée. Les déplacements ont été pondérés grâce à la variable « poids » disponible dans les fichiers de l'EGT.

Pour dénombrer les véhicules non utilisés, il a fallu mobiliser les variables correspondantes dans le fichier ménage (nombre de VP, nombre de VU, nombre de 2RM ou nombre de vélos).

2. La consommation d'espace de chaque type d'emplacement

Pour les véhicules utilisés dans la journée, c'est la variable « DST » qui a servi à renseigner le type de stationnement des véhicules du parc automobile francilien. Et pour les véhicules non utilisés dans la journée, c'est la variable « MST » du fichier ménage. Conformément aux valeurs unitaires trouvées au chapitre 1 de la première partie, on a considéré que, pour les VP et VU, un stationnement sur voie publique occupe 10 m² et ailleurs 25 m². Pour les 2RM, on a retenu que la valeur d'1,5 m² quel que soit le lieu de stationnement et pour les vélos : 0,7 m² (voir le tableau ci-après).

La surface des espaces de stationnement selon le mode et le type de stationnement

Mode et type de stationnement	Surface
VP sur voie publique (codes 01 à 04)	10 m ²
VP sur emplacement privé (codes 05 à 07)	25 m ²
VP dans un parc de stationnement (codes 08 à 11)	25 m ²
2RM	1,5 m ²
Vélo	0,7 m ²

3. La consommation d'espace-temps de stationnement à destination

Il devient maintenant facile de calculer, pour chaque déplacement, les consommations d'espace-temps en stationnement à destination, en multipliant la durée de stationnement à destination (voir § 1). par la consommation d'espace correspondant au type de véhicule et de stationnement (voir § 2).

Pour déterminer les consommations d'espace en stationnement et leurs variations nycthémérales, les calculs présentés ci-dessus ont été refaits pour chaque demi-heure de la journée.

A noter qu'aucun calcul de consommation d'espace-temps en stationnement n'a pu être effectué dans le fichier de l'EGT 1991 car un travail d'apurement trop important aurait été nécessaire : près de 2000 lignes présentent des incohérences menant à des durées de stationnement, soit négatives, soit démesurées.

4. Les résultats

La demande de stationnement des VP + VU représenterait finalement en Ile de France en 2001 environ **2178 km².h** (voir le tableau ci-après). En supposant qu'un véhicule roule en moyenne une heure par jour, la **demande d'espace de stationnement du parc automobile francilien serait donc d'environ 95 km²** (2178 km².h / 23 h), soit 3,8 % de la surface urbanisée de l'Ile de France, c'est-à-dire **l'équivalent de la surface urbanisée de Paris** (95 km²).

La pression du stationnement est particulièrement forte à Paris, puisque la demande de stationnement à l'espace urbanisé y est 5 fois plus forte qu'en Grande couronne (12,9 / 2,6 = 5). Cela s'explique à la fois par une densité de population à l'espace urbanisé 9 fois plus forte et une densité d'emplois très importante, mais cet impact est réduit par le faible taux de motorisation des Parisiens et leur faible usage de la voiture en semaine.

La demande de stationnement selon les modes et les zones en Ile de France (en km².h)

	Paris	PC	GC	IdF		P/GC
Vélos	8,2	17,1	38,5	63,7	2,8%	
dont vélos utilisés	0,5	0,4	1,0	1,8	0,1%	
2RM	2,8	3,9	6,0	12,7	0,6%	
dont 2RM utilisés	1,4	2,0	1,6	5,0	0,3%	
VP + VU	283	758	1 137	2 178	96,6%	
dont VP + VU utilisés	136	525	858	1 519	99,6%	
Tous modes	294	778	1 181	2 254	100%	
dont modes utilisés	138	528	861	1 526	100%	
Part des VP utilisés dans la journée	51%	71%	78%	72%		
Surface urbanisée (km ²)	95	550	1 876	2 521		
Surface urbanisée (km ² .h)	2 280	13 200	45 024	60 504		
Demande d'espace de stationnement rapportée à l'espace urbain						
– tous modes	12,9%	5,9%	2,6%	3,7%		5,0
– dont modes utilisés	6,0%	4,0%	1,9%	2,5%		3,2

Sources : traitement des données de l'EGT et MOS.

Pour les VP utilisés dans la journée, on découvre au passage que :

- les véhicules restent en moyenne **70 % de la journée stationnés au domicile**, mais 59 % à Paris contre 74 % en Grande couronne ;
- les véhicules passent environ **21 % de la journée sur le lieu de travail**, mais 26 % à Paris contre 18 % en Grande couronne (voir le tableau ci-après).

Car si, à Paris, 51 % seulement des véhicules sont utilisés dans la journée, ils servent en revanche plus intensément : compte tenu des difficultés de circulation et de stationnement, l'automobiliste évite de prendre sa voiture ou bien seulement quand cela en vaut la peine. En grande périphérie, c'est l'inverse, les véhicules sont utilisés plus facilement, mais servent finalement moins longtemps, surtout sans doute les deuxièmes ou troisièmes voitures des ménages.

La demande d'espace-temps de stationnement des VP selon les motifs

Motifs \ Zone	Paris	PC	GC	Ile de France	
				%	M. d'h
Domicile	58,9%	67,4%	73,9%	70,1%	50,6
Travail	26,3%	23,5%	17,7%	20,6%	14,9
Affaires prof.	4,7%	2,0%	1,4%	1,9%	1,4
Ecole	0,3%	0,6%	0,6%	0,5%	0,4
Achats	0,6%	1,3%	1,6%	1,4%	1,0
Affaires perso.	6,5%	4,1%	3,7%	4,1%	3,0
Loisirs	2,6%	1,1%	1,1%	1,3%	0,9
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100%	
Millions d'h	7,2	25,4	39,6		72,2

II – LA DEMANDE D'ESPACE DE CIRCULATION

Chaque déplacement effectué occupe un certain espace qui dépend du mode utilisé, du temps de déplacement et de la vitesse. Tous ces facteurs étant renseignés dans l'EGT et disposant par ailleurs de valeurs unitaires de consommation d'espace par mode et selon le temps de déplacement et la vitesse du mode (calculées au chapitre 1, section II), il est possible de calculer la consommation d'espace de chaque déplacement décrit dans l'EGT. Après la présentation du mode de calcul (A), les résultats sont détaillés (B).

A/ LE CALCUL DE LA DEMANDE D'ESPACE DE CIRCULATION

C'est un calcul où doivent entrer en ligne de compte les distances et vitesses effectivement réalisées et donc les détours, les consommations d'espace de circulation selon la vitesse, et l'affectation de la consommation d'espace des déplacements de chaque type de liaison selon les zones. Et tout cela par mode.

On utilise pour cela les coefficients de redressement des distances à vol d'oiseau proposés en première partie, chapitre 2, section I-B, puis la courbe de consommation d'espace-temps selon la vitesse définie au chapitre 3, section II-B.

1. Les coefficients de détour selon les modes et les types de liaisons

Les divers modes de déplacement sont soumis non seulement à un détour moyen normal de l'ordre de 20 % en milieu urbain, mais aussi à des détours supplémentaires qui varient suivant les modes et le type de milieu traversé (voir première partie, chapitre 2, section I-B).

A Paris, le réseau viaire est bien maillé, mais les sens uniques sont très nombreux (77 % de la voirie est concernée selon nos calculs), aussi :

- les piétons circulent aisément sans effectuer de grands détours ;
- les cyclistes, soumis aux sens uniques sont contraints à des détours supplémentaires non négligeables (de l'ordre de 15 % s'ils respectent les sens interdits) ;
- et les automobilistes et deux-roues motorisés qui effectuent des trajets plus longs sont un peu moins affectés par les sens uniques (détours de l'ordre de + 10 %), mais ils cherchent souvent à passer par le périphérique pour éviter le centre encombré, ce qui peut doubler les distances parcourues. Les automobilistes doivent aussi trouver une place de stationnement (détour moyen supplémentaire de 5 %).

En Petite couronne, la qualité du réseau viaire est un peu moindre qu'à Paris. Les coupures et les voiries rapides sont bien plus nombreuses, et les sens uniques presque aussi présents qu'à Paris, mais les lotissements sont rarement desservis par des boucles. C'est pourquoi :

- les piétons qui circulent surtout au sein des quartiers n'ont pas trop de difficultés ;
- les cyclistes effectuant des trajets plus longs sont bien plus confrontés aux coupures et sont néanmoins soumis aux sens uniques ;
- et les automobilistes et deux-roues motorisés qui circulent sur des trajets encore plus longs sont peu concernés par les sens uniques, mais cherchent beaucoup à profiter des voiries rapides quitte à effectuer d'importants détours.

En Grande couronne, le réseau viaire est peu perméable : les coupures restent nombreuses comme les voiries rapides, des boucles desservent souvent les lotissements et parfois les piétons et cyclistes y sont également soumis, mais les sens uniques sont plus rares.

- les piétons ont du mal à sortir de leur lotissement sans détours ;
- les cyclistes se heurtant en outre aux nombreuses coupures ;
- quant aux automobilistes et deux-roues motorisés, à cause du peu de voiries intermédiaires, ils cherchent plus encore qu'en Petite couronne à profiter des voiries rapides.

En bus, faute d'investigations supplémentaires, on retiendra le coefficient proposé par le CERTU, quel que soit la zone, soit 50 %.

A noter que les usagers qui voudraient se déplacer à vélo en sont fortement dissuadés, à Paris par la concurrence du métro, et en banlieue par les nombreuses coupures et les allongements de parcours qu'elles provoquent. A cela s'ajoute, partout et peut-être surtout en Petite couronne, le danger lié à la densité et à la vitesse du trafic.

Le tableau ci-après résume les hypothèses retenues sur les coefficients de détour par zone.

Détour moyen selon les zones et les modes

Zone	A pied	A vélo	En VP, VU, 2RM	En bus
Paris	1,2	1,3	1,3	1,5
Petite couronne	1,25	1,35	1,4	
Grande couronne	1,3	1,35	1,5	

Il est maintenant possible d'imaginer les détours moyens par type de liaison dans le tableau ci-après.

Détour moyen selon les zones et les modes

Liaison	A pied	A vélo	En VP, VU, 2RM	En bus
Paris <-> Paris	1,2	1,3	1,3	1,5
Paris <-> PC	1,2	1,3	1,3	
Paris <-> GC	-	-	1,4	
PC <-> PC	1,25	1,35	1,4	
PC <-> GC	1,25	1,35	1,4	
GC <-> GC	1,3	1,35	1,5	

Pour les liaisons Paris – Grande couronne, le coefficient de détour est assimilable à celui de la Petite couronne qu’elles traversent. Pour les liaisons Petite couronne – Grande couronne, le coefficient retenu sera également celui de la Petite couronne.

2. Les distances parcourues et les vitesses réelles de chaque déplacement

Certes, ces estimations des détours moyens restent grossières, mais elles permettent néanmoins d’obtenir des portées et des vitesses de déplacement plus réalistes. Il suffit, en effet, de multiplier les portées et les vitesses fournies par l’EGT par les coefficients de détour par type de liaison et par mode pour se rapprocher des distances effectivement parcourues et des vitesses moyennes réelles. Les écarts sont loin d’être négligeables, puisque portées et vitesses sont augmentées globalement d’environ 25 % pour les piétons, 33 % pour les cyclistes et 40 % pour les automobilistes.

Pour les déplacements en bus, ne disposant pas de données ni sur les distances parcourues, ni sur les vitesses, la question n’a pu être traitée.

3. La consommation d’espace-temps de circulation de chaque déplacement

On peut la déterminer en utilisant les formules ou les données unitaires pour les divers modes, présentées dans la première partie, chapitre 3, § II-B-2.

Pour les véhicules particuliers, la consommation d’espace-temps de chaque déplacement varie avec la vitesse. On utilise directement la formule trouvée en y intégrant la vitesse fournie par l’EGT augmentée par le coefficient de détour. A des vitesses moyennes très faibles, la consommation d’espace s’envole. Les valeurs aberrantes, heureusement très rares, ont été corrigées.

Pour les **deux-roues motorisés**, le traitement est identique à celui des VP.

Pour les **piétons** et les **cyclistes** qui circulent à vitesse à peu près constante, une valeur unique suffit quelle que soit la vitesse.

- piéton : 0,3 m².h par km,
- cycliste : 0,6 m².h par km.

Pour les **bus**, le traitement est possible mais les données sur les distances et les vitesses manquent.

4. L'affectation des consommations d'espace-temps de circulation aux zones traversées

En toute rigueur, il faudrait pour cela connaître précisément les lieux d'origine et de destination puis utiliser un modèle de trafic. On se contentera, après diverses réflexions (s'inspirant notamment des résultats de Courel, Meyere et Nguyen-Luong, 2005), d'utiliser les coefficients proposés dans les tableaux suivants. Les déplacements Ile de France – hors Ile de France représentent moins de 1,5 % des déplacements journaliers et ont été écartés, faute de connaître leur portée. Les types de liaison sont décrites dans la colonne DZDMODMD.

Déplacements en VP, VU et 2RM

Liaison \ Zone	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Total
Paris <-> Paris	1	0	0	1
Paris <-> PC	0,4	0,6	0	1
Paris <-> GC	0,15	0,60	0,25	1
PC <-> PC	0,07	0,93	0	1
PC <-> GC	0,02	0,48	0,50	1
GC <-> GC	0,01	0,04	0,95	1

Déplacements en bus

Liaison \ Zone	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Total
Paris <-> Paris	1	0	0	1
Paris <-> PC	0,4	0,6	0	1
Paris <-> GC	0,15	0,60	0,25	1
PC <-> PC	0,2	0,8	0	1
PC <-> GC	0,2	0,5	0,3	1
GC <-> GC	0,15	0,25	0,6	1

Déplacements à pied et à vélo

Liaison \ Zone	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Total
Paris <-> Paris	1	0	0	1
Paris <-> PC	0,5	0,5	0	1
Paris <-> GC	-	-	-	1
PC <-> PC	0	1	0	1
PC <-> GC	0	0,5	0,5	1
GC <-> GC	0	0	1	1

5. Le taux d'occupation des véhicules

Pour les modes individuels, voici les taux d'occupation retenus :

- vélo : 1,
- 2RM : 1,05 (estimation),
- VP et VU : 1,29 (source EGT).

Pour le bus, l'IAURIF a calculé le taux d'occupation global pour l'Ile de France qui est de 17,4 voyageurs par bus RATP (Servant, 2005). Mais, comme le remarque cet auteur, « le taux d'occupation varie énormément selon le type de desserte géographique (zone de desserte

plus ou moins dense) et la période horaire (heures de pointe ou heures creuses) ». Il faudrait donc déterminer au moins des taux d'occupation spécifiques à chaque zone. En outre, il faut pouvoir dégager des données de l'EGT les distances parcourues en bus. Tout ce travail n'a pu être réalisé dans le cadre de cette recherche.

B/ LES RESULTATS

Ils ne comprennent donc pas les déplacements en bus. Mais leur prise en compte ne modifierait pas les grandes tendances. Ainsi, il se confirme que la demande d'espace de circulation des véhicules individuels motorisés – VP, VU et 2RM – est écrasante : 98,6 % en moyenne en Ile de France, la marche et le vélo n'exigeant qu'une infime demande d'espace-temps : 1,4 %, avec de fortes disparités entre Paris (4,9 %)¹ et la Grande couronne (1 %) (voir le tableau ci-après).

La demande d'espace de déplacement selon les modes et les zones

	Paris		PC		GC		IdF	
Marche (km².h)	0,48	3,4%	0,62	1,1%	0,61	0,7%	1,7	1,0%
Vélo (km².h)	0,22	1,5%	0,12	0,2%	0,28	0,3%	0,6	0,4%
DRM (km².h)	1,2	8,1%	2,6	4,5%	1,9	2,0%	5,6	3,4%
VP + VU (km².h)	12,4	87,0%	53,5	94,2%	90,2	97,0%	156,1	95,2%
– VP	11,7	82,1%	50,7	89,3%	85,7	92,2%	148,1	90,3%
– VU	0,7	4,9%	2,8	4,9%	4,5	4,9%	8,0	4,9%
Tous modes (km².h)	14,3	100%	56,8	100%	93,0	100%	164,1	100%
Surface urbanisée (en milliers de km².h)	2,3		13,2		45,0		60,5	
Demande d'espace des modes rapporté à l'espace urbanisé	0,63%		0,43%		0,21%		0,27%	

On constate aussi que la demande rapportée à l'espace urbanisé est 3 fois plus forte à Paris qu'en Grande couronne (0,63 / 0,21), ce qui indique la forte pression de la circulation sur le territoire.

III – LA DEMANDE GLOBALE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

L'addition et la comparaison des demandes d'espaces de stationnement et de circulation pour les VP et VU révèle le poids très important du stationnement (voir le tableau ci-après). Les voitures passent en effet l'essentiel de leur temps à l'arrêt. Ce poids du stationnement est cependant assez variable d'une zone à l'autre. Paris concentre à la fois de nombreuses voitures « immobiles » (c'est-à-dire qui n'ont pas été utilisées dans la journée) et du stationnement au lieu de travail, au contraire de la Grande couronne.

¹ Une récente étude a montré qu'à Paris les distances parcourues à pied sont très sous-estimées : en tenant compte des déplacements à pied inférieurs à 300 m ignorés par l'EGT, des déplacements terminaux des usagers des transports publics et des déplacements touristiques, il faudrait carrément doubler ces distances (Golias, 2007).

**La demande d'espace de stationnement et de circulation
selon les zones pour les VP + VU (km².h)**

	Paris	PC	GC	Ile de France
Demande d'espace de stationnement	283 95%	758 93%	1137 92%	2178 93%
Demande d'espace de circulation	14 5%	57 7%	93 8%	164 7%
Demande totale d'espace	297 100%	815 100%	1230 100%	2342 100%

CHAPITRE 3.

LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

Le taux d'occupation ou rapport de la demande à l'offre est utilisé depuis longtemps pour apprécier le degré d'utilisation des places de stationnement (I). Mais on peut l'appliquer tout aussi bien à l'usage de la voirie, grâce à l'unité de mesure qu'est le $m^2.h$ (II). Et enfin évaluer le taux d'occupation global des espaces affectés au transport (III).

I – LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE STATIONNEMENT

L'offre de stationnement est *a priori* très supérieure à la demande, car les places ne sont jamais occupées en permanence. On verra que ce n'est pas si évident dans le cas bien documenté de la voiture (A). Pour les autres modes, il est difficile de tirer quelques conclusions (B).

A/ LE TAUX D'OCCUPATION DES PLACES DE STATIONNEMENT POUR VOITURE

Il peut être envisagé globalement (1) ou au cas par cas (2).

1. Le taux d'occupation global

Toutes places de stationnement confondues, il est enfin possible de déterminer le taux d'occupation global (voir le tableau ci-après).

**Le taux d'occupation global des espaces de stationnement pour VP + VU
par jour ouvrable**

	Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Offre d'espace de stationnement (km ² .h)	400	1333	2601	4334	
Demande d'espace de stationnement (km ² .h)	283	758	1137	2178	
Taux d'occupation des espaces de stationnement ou nombre moyen de places pour une voiture	71% 1,4	57% 1,8	44% 2,3	50% 2	1,6
Part des voitures qui n'ont pas bougé dans la journée*	49%	29%	22%	28%	
Taux d'occupation des espaces de stationnement utilisés par les seules « voitures mobiles » ou nombre moyen de places pour une voiture mobile	55% 1,8	48% 2,1	38% 2,7	42% 2,4	1,5

* Source : EGT, 2001.

Le taux d'occupation global est d'environ 50 %, mais il est 1,6 fois supérieur à Paris (71 %) qu'en Grande couronne (44 %). Un taux d'occupation global de 50 % signifie concrètement que la moitié de l'espace consacré au stationnement est vide. Mais cela ne veut pas dire qu'il existe deux places de stationnement pour une voiture en Ile de France, car les places sur voirie qui n'ont que 10 m² sont beaucoup plus utilisées que les places hors voirie qui font 25 m². Le tableau suivant donne une idée des taux d'occupation selon que les places sont sur ou hors voirie et permet d'en déduire le nombre moyen de places pour une voiture.

**Estimation du taux d'occupation des places de stationnement pour VP + VU
par jour ouvrable**

		Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Sur voirie	Offre de places (milliers)	191	426	596	1213	
	Demande de places (milliers)	189	405	477	1070	
	Taux d'occupation	99%	95%	80%	88%	
Hors voirie	Offre de places (milliers)	590	2051	4097	6738	
	Demande de places (milliers)	433	1188	1809	3430	
	Taux d'occupation	73%	58%	44%	51%	
Total	Offre de places (milliers)	781	2477	4693	7951	
	Demande de places (milliers)	622	1593	2286	4501	
	Taux d'occupation	80%	64%	49%	57%	1,6
Nombre moyen de places pour une voiture		1,25	1,55	2,05	1,75	
Part des voitures qui n'ont pas bougé dans la journée		49%	29%	22%	28%	
Nombre moyen de places pour une voiture mobile		1,5	1,8	2,3	2	

Ainsi, **il faut en moyenne 1,75 places de stationnement pour une voiture en Ile de France, soit 40 m²**. Ce résultat est plus faible qu'on pouvait *a priori* le penser¹. Trois raisons l'expliquent.

¹ Le GART estime, par exemple, que « Chaque voiture a non seulement besoin de voies publiques, mais aussi d'aires de stationnement : en moyenne, trois emplacements de 20 m² chacun (domicile, travail, loisirs). » (1991, p. 8). La source de ce calcul apparemment sommaire n'est pas précisée. G. Dupuy, quant à lui, remarque qu'en Ile de France, entre 1982 et 1994, à chaque automobile supplémentaire ajoutée au parc a correspondu 170 m² de nouvelle surface de stationnement (1999, p. 37, d'après les données MOS de l'IAURIF). Ce type de raisonnement à la marge, que nous n'avons pas vérifié, tend à surestimer la consommation d'espace par le stationnement.

- Les « voitures immobiles » (celles qui n'ont pas été utilisées dans la journée) sont plus nombreuses que l'on croit. Par définition, le taux d'occupation de leur place est de 100 %.
- Les places à fort taux d'occupation (le long de la voirie, au domicile ou dans une moindre mesure au travail) sont beaucoup plus nombreuses que les places moins occupées (près des centres commerciaux ou des centres de loisir...).
- Une certaine mixité des fonctions urbaines existe malgré tout en Ile de France – notamment par rapport aux villes américaines – ce qui favorise le foisonnement des places de stationnement le long de la voirie et dans les parcs publics¹.

Le taux d'occupation est cependant 1,6 fois supérieur à Paris qu'en Grande couronne, car les « voitures immobiles » y sont relativement plus nombreuses, les places à fort taux d'occupation aussi et la mixité des fonctions urbaines bien plus grande. L'offre d'espace de stationnement varie donc surtout selon les milieux : il faut 1,25 place pour une voiture à Paris et plus de deux places en Grande couronne. **L'étalement urbain et la fonctionnalisation des espaces contribuent à augmenter sensiblement le nombre de places de stationnement par véhicule.**

On peut aussi raisonner à partir des seules « voitures mobiles » (celles qui se déplacent dans la journée). Les taux d'occupation se réduisent alors : il faut à ces voitures en moyenne 2 places : 1,5 places à Paris et 2,3 en Grande couronne. *A contrario*, les « voitures immobiles » n'ont besoin plus que d'une seule place.

2. Les taux d'occupation particuliers

Ce taux d'occupation moyen sur toute l'Ile de France masque d'énormes différences qui ont déjà été quelque peu explorées dans la première partie. L'attention se focalise forcément sur les places les moins occupées, mais ce ne sont pas les plus nombreuses loin de là.

On a pu ainsi montrer (en première partie, chapitre 3, § II-A-3) que les 25 000 places souterraines publiques de La Défense ont un taux d'occupation de seulement 20 % par an.

B/ LE TAUX D'OCCUPATION DU STATIONNEMENT DES AUTRES MODES

Concernant les deux-roues, l'offre restant largement insuffisante par rapport à la demande, un taux d'occupation n'a guère de sens. Si on suppose que l'offre officielle est de fait au moins égale à la demande, le taux d'occupation serait de 100 %.

II – LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE CIRCULATION

Il peut être calculé pour les modes individuels motorisés (A) et pour les piétons (B).

¹ Une certaine mixité existe même en périphérie. Beaucoup de multiplexes se sont installés à proximité d'un centre commercial pour pouvoir partager le parc de stationnement (Desbouis, Laurent et Medeville, 1999, p. 192).

A/ LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE CIRCULATION UTILISES PAR LES MODES INDIVIDUELS MOTORISES

La comparaison entre offre et demande montre d'abord que le taux d'occupation est globalement très faible (2,7 %), car le réseau est très peu utilisé la nuit et les voies de desserte – qui représentent en gros les trois quarts de la surface de la voirie – peu fréquentées même le jour. Ensuite, le taux d'occupation est 2,1 fois plus fort à Paris qu'en Grande couronne : la pression du trafic automobile est nettement plus forte dans le centre, mais aussi en Petite couronne où le taux d'occupation est presque aussi élevé, car les trottoirs y sont beaucoup moins larges qu'à Paris et la pression du trafic presque aussi élevée.

Le taux d'occupation des espaces de circulation des VP + VU + 2RM selon les zones

	Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Offre d'espace de circulation (km ² .h)	299	1371	4279	5949	
Demande d'espace de circulation (km ² .h)	14	56	92	162	
Taux d'occupation	4,5%	4,1%	2,2%	2,7%	2,1

B/ LE TAUX D'OCCUPATION DES TROTTOIRS

Il est extrêmement faible : moins de 0,1 % en Ile de France. Même à Paris il n'est que de 0,2 % (voir le tableau ci-après). Un tel résultat s'explique aisément : outre que les trottoirs sont peu utilisés la nuit et dans les voies de desserte de jour, ils servent aussi à bien d'autres usages que les déplacements : plantations, terrasses de restaurants, étals des commerces, aération de la ville, ensoleillement des façades... Ce sont donc les écarts entre le centre et la périphérie qui ont surtout un sens. Malgré leur largeur, Paris a des trottoirs 3,5 fois plus utilisés qu'en Grande couronne.

Le taux d'occupation des trottoirs selon les zones

	Paris	PC	GC	IdF	P/GC
Offre d'espace de circulation (km ² .h)	240	493	1072	1806	
Demande d'espace de circulation (km ² .h)	0,48	0,62	0,61	1,71	
Taux d'occupation	0,20%	0,13%	0,06%	0,09%	3,5

III – LE TAUX D'OCCUPATION GLOBAL

Il est enfin possible d'appréhender le taux d'occupation de l'ensemble des espaces de stationnement et de circulation, pour l'Ile de France (A), puis pour Paris (B).

A/ POUR L'ILE DE FRANCE

Ces espaces apparaissent 2,4 fois plus utilisés à Paris qu'en Grande couronne (42 / 18). C'est là un indice synthétique de la pression générale du trafic dans le centre, mais aussi de la sous-utilisation de ces espaces en périphérie (voir le tableau ci-après).

**Offre et demande d'espace de stationnement et de circulation
selon les zones pour les VP + VU + 2RM (en km².h)**

	Paris	PC	GC	Ile de France
Offre d'espace de stationnement	400 57%	1333 49%	2601 38%	4 334 42%
Offre d'espace de circulation	299 43%	1371 51%	4279 62%	5 949 58%
Offre totale d'espace	699 100%	2704 100%	6880 100%	10 283 100%
Demande d'espace de stationnement	283 95%	758 93%	1 137 93%	2 178 93%
Demande d'espace de circulation	14 5%	56 7%	92 7%	233 7%
Demande totale d'espace	297 100%	814 100%	1229 100%	2 411 100%
Taux d'occupation	42%	30%	18%	23%

On remarque d'ailleurs que, si à Paris l'offre d'espace de stationnement domine sur l'offre d'espace de circulation, en Grande couronne c'est l'inverse.

B/ POUR PARIS

Grâce aux données précises, disponibles pour Paris *intra muros*, il est possible d'évaluer l'offre et la demande d'espace de stationnement (ici en surface) et de circulation, selon les modes, à l'heure de pointe ou par jour ouvrable. **Les résultats suivants sont encore exploratoires et proposés à titre indicatif.** Ils n'ont pas encore été validés par les services techniques de la ville et leur mise au point prendrait un temps qui dépasserait les limites de cette recherche.

Sous réserve que les résultats soient corrects, on découvre néanmoins sans surprise (voir le tableau ci-après) que si l'offre d'espace en surface est relativement équilibrée entre modes non motorisés (42 %) et véhicules individuels motorisés (VP + 2RM) (55 %), la demande d'espace en revanche est beaucoup plus faible à l'heure de pointe pour les premiers (5,5 %) que pour les seconds (93 %) et l'écart est encore plus grand pour une journée de 24 h (2 % contre 97 %). C'est une indication de plus de l'énorme pression du trafic motorisé sur l'espace parisien. Le cas des deux-roues motorisés est difficile à traiter car de nombreuses hypothèses fort discutables sont nécessaires.

Enfin, ces résultats peuvent être calculés par personne transportée, par km parcouru ou par déplacement effectué...

**Offre et demande d'espace de stationnement et de circulation
à Paris, selon les modes, à l'heure de pointe (en km².h)**

	Offre				Demande				Taux d'occupation		
	Station- nement	Circu- lation	Total	%	Station- nement	Circu- lation	Total	%	Station- nement	Circu- lation	Total
Piétons		10,0	10,0	40,2%		0,3	0,3	4,4%		2,9%	2,9%
Vélos	0,02	0,4	0,4	1,6%	0,01	0,1	0,1	1,1%	50,0%	16,4%	17,9%
2RM	0,03	1,1	1,2	4,7%	0,01	0,5	0,6	8,5%	50,0%	47,9%	47,9%
VP	1,91	10,6	12,5	50,2%	1,85	3,7	5,6	84,1%	97,0%	35,0%	44,5%
Autobus	0,04	0,8	0,8	3,4%	0,01	0,1	0,1	1,9%	15,0%	15,1%	15,1%
Total	2,0	22,9	24,9	100%	1,9	4,7	6,6	100%	94,4%	20,6%	26,5%
%	8,0%	92,0%	100%		28,5%	71,5%	100%				

**Offre et demande d'espace de stationnement et de circulation
à Paris, selon les modes, par jour ouvrable (en km².h)**

	Offre				Demande				Taux d'occupation		
	Station- nement	Circu- lation	Total	%	Station- nement	Circu- lation	Total	%	Station- nement	Circu- lation	Total
Piétons		240,0	240,0	40,2%		0,8	0,8	1,2%		0,3%	0,3%
Vélos	0,4	9,1	9,5	1,6%	0,2	0,2	0,4	0,6%	50,0%	1,8%	4,0%
2RM	0,7	27,4	28,1	4,7%	0,3	1,3	1,7	2,5%	50,0%	4,8%	5,9%
VP	45,9	253,6	299,5	50,2%	44,9	17,3	62,3	94,9%	97,9%	6,8%	20,8%
Autobus	0,9	19,2	20,1	3,4%	0,0	0,5	0,5	0,8%	4,2%	2,6%	2,7%
Total	47,9	549,2	597,1	100%	45,5	20,1	65,6	100%	95,1%	3,7%	11,0%
%	8,0%	92,0%	100%		69,4%	30,6%	100%				

CONCLUSION

Tous ces calculs concernant l'Ile de France restent des **évaluations globales certes grossières mais cohérentes**.

La marge d'erreur demeure en effet importante. La détermination de l'offre de stationnement souffre encore de difficultés non négligeables, notamment pour les places au domicile et au travail. L'estimation de l'offre de voirie repose sur des hypothèses de largeurs fragiles. Et la méthode pour évaluer la demande de circulation est sûrement discutable. Nous en sommes bien conscients.

Mais les résultats sont néanmoins cohérents. Il est possible de leur trouver sans peine des explications sensées. Certes, nos connaissances n'en sont pas bouleversées. Mais quelques impressions fausses sont remises en cause :

- il faut moins de places de stationnement par voiture que l'on croit (plutôt 2 que 3) ;
- les voitures passent plus de temps au domicile qu'estimé d'habitude (plutôt les trois quarts de la journée que 60 %) ;
- la ville étalée consomme une part d'espace consacrée au transport moindre que la ville dense, au contraire de ce que certains affirment, mais au prix d'un médiocre maillage du réseau qui n'est pas sans conséquences pour les usagers non motorisés ;
- en revanche, la part d'espace viaire par habitant est bien supérieure en périphérie qu'au centre (4 fois plus en Grande couronne qu'à Paris).

Et trois facteurs de consommation d'espace généralement négligés sont apparus :

- la vitesse qui accroît fortement l'emprise des voiries ;
- les détours, notamment pour rejoindre une voie express ;
- l'héritage de la période d'adaptation de la ville à l'automobile qui a surdimensionné bien des aménagements.

Quoi qu'il en soit, la voie est maintenant ouverte vers des évaluations mieux étayées.

TROISIEME PARTIE.

REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES

Il reste à aborder deux questions fondamentales étroitement liées au sujet. La première concerne la vitesse qui est au cœur de la consommation d'espace (chapitre 1) et la seconde son coût, un thème encore bien peu abordé dans la littérature (chapitre 2). Ces réflexions sont de nature exploratoire. Elles ne prétendent pas être parfaitement maîtrisées et il reste bien des approximations à lever et des approfondissements à réaliser. Elles s'inscrivent néanmoins parfaitement dans ce que doit être une « recherche ».

CHAPITRE 1.

DU ROLE DE LA VITESSE EN AGGLOMERATION

Ce chapitre vise à explorer un facteur qui joue à l'évidence un rôle clef dans les différences de consommation d'espace-temps selon les modes et les zones, à savoir : la vitesse. Il n'est pas question de prétendre tout ramener à ce seul facteur, mais de constater simplement que bien des aspects abordés jusqu'ici lui sont liés et d'explorer comment la théorie économique en rend compte.

La vitesse est d'abord au cœur du rapport entre l'espace et le temps. Car, d'une part, en permettant d'aller plus loin dans un temps donné, elle est capable de transformer du temps en **gain d'espace** et d'accroître ainsi le nombre de destinations accessibles. Mais, d'autre part, elle est aussi, on l'a vu, très **consommatrice d'espace**, dans la mesure où un mobile doit disposer d'un espace d'autant plus confortable alentour qu'il souhaite se déplacer plus rapidement sans risque et doit accepter des allongements de parcours pour rejoindre les voies les plus rapides. Bien plus, la vitesse contribue à accroître l'étalement urbain et à réduire la densité. De ces deux tendances – gain et gaspillage d'espace –, laquelle l'emporte ? Pour répondre à cette question cruciale, on se propose de partir du discours standard en économie des transports, puis de l'amender.

L'accroissement des vitesses de transport en agglomération est généralement présenté par les économistes et bien d'autres spécialistes à leur suite comme un progrès considérable de multiples points de vue : gains de temps ou au moins accessibilité croissante, choix de destinations plus large source d'efficacité économique, desserrement urbain évitant la promiscuité, accès au foncier et aux biens de consommation à coût réduit en périphérie pour les ménages à revenus modestes... La liste des bienfaits de la vitesse est impressionnante et à côté ses nuisances semblent avoir bien peu de poids. Dans les années d'après-guerre, les villes européennes ont ainsi multiplié les plans de circulation, les voies rapides urbaines et les transports collectifs lourds, et plus récemment quelques unes ont même opté pour des péages urbains, l'objectif étant toujours de limiter la congestion et d'accroître la « mobilité »¹.

¹ Au terme de vitesse – trop prosaïque sans doute ou trop diversement connoté – est souvent préféré celui de mobilité, plus valorisant et utilisé alors dans un sens équivalent. La confusion courante entre la mobilité définie strictement (notamment par le CERTU) comme le nombre de déplacements par jour et la mobilité mesurée en passagers-km et donc directement fonction de la vitesse (par exemple dans les travaux de R. Prud'homme) n'est pas du tout anodine.

Pourtant, depuis quelques années, de nombreuses villes se sont lancées dans des politiques de modération de la circulation et particulièrement de la vitesse, en instaurant des zones 30 dans tous les quartiers, non seulement en centre-ville mais également en périphérie, en transformant les pénétrantes en « boulevards urbains » limités à 50 km/h, en réduisant fortement la construction de voies rapides, ou même en instaurant des « autoroutes apaisées ».

Ces politiques qui ne cessent de se répandre apparaissent en contradiction manifeste avec celles plus traditionnelles qui tentent de profiter des bienfaits de la vitesse. Les villes qui les adoptent font-elles fausse route, comme certains l'affirment (Baumstark, 2003 ; Didier et Prud'homme, 2007, chapitre VI) ? Elles n'ont pourtant pas du tout l'air d'en souffrir et le recul semble désormais suffisant pour en juger. Des villes comme Amsterdam, Berlin, Munich, Copenhague, Berne ou Portland à l'étranger, Nantes, Strasbourg ou Grenoble en France, engagées pourtant dans des politiques de modération de la circulation depuis plus de 10 ans, ne connaissent aucun déclin bien au contraire. Mais le fait que Paris, ville capitale, s'y essaie depuis peu avec détermination, que l'Île de France inscrive des objectifs de réduction du trafic automobile dans son PDU et que le SDRIF s'y conforme ne passe pas inaperçu et suscite de vifs débats.

Ce chapitre voudrait revenir sur les arguments justifiant la vitesse en agglomération, en commençant par les rappeler en détail (section I), puis en s'interrogeant sur leur réalité (section II). Il apparaîtra alors que les effets positifs de la vitesse sont certes réels mais très surestimés et qu'il y a effectivement place aujourd'hui pour des politiques de modération de la circulation sans impact négatif pour l'activité économique et moins consommatrices d'espace.

I – DES EFFETS SUPPOSES TRÈS BÉNÉFIQUES

Pour la plupart des économistes des transports et des ingénieurs des ponts et chaussées, la vitesse est parée de toutes les vertus, car soit elle fait « gagner du temps » et « le temps, c'est de l'argent », soit elle permet d'augmenter le choix des destinations à temps de déplacement donné, et par conséquent d'accroître la satisfaction des consommateurs comme des producteurs et de favoriser le développement économique. Tout cela serait vrai non seulement pour les déplacements interurbains, ce qui est aisément concevable, mais aussi pour les déplacements en milieu urbain où pourtant la configuration des territoires et la complexité des échanges sont tout autres. De ce raisonnement découle l'essentiel des politiques de transport préconisées par les économistes, qu'il s'agisse de l'investissement dans les voies rapides urbaines, de la réalisation de lignes de transports publics lourds ou de la mise en œuvre de péages urbains.

Même si beaucoup trouvent ces analyses quelques peu simplistes, ou même « magiques » (Wiel, 2007, p. 81), ils sont pourtant nombreux à les admettre de fait, comme on le verra. C'est le cas des ingénieurs et économistes qui y adhèrent globalement, mais aussi des urbanistes, géographes ou sociologues qui, même s'ils formulent de nombreuses critiques, n'ont pas les outils permettant de contrer ces raisonnements fondés souvent sur des modélisations.

1. Des gains de temps

La vitesse a un avantage immédiat que chacun peut immédiatement percevoir : elle fait « gagner du temps ». Et en diminuant les temps de déplacement, la vitesse « favorise le rapprochement des hommes ».

Tout projet d'infrastructure de transport est encore aujourd'hui principalement justifié par ces gains de temps qui représentent couramment 80 à 90 % des avantages mesurés par les évaluations socio-économiques obligatoires pour tous les grands projets (Boiteux, 2001 et MEDD, 2004). Les autres avantages concernent en général une diminution globale de l'insécurité routière, du bruit et parfois de la pollution pour les populations exposées.

Ces gains reposent sur la comparaison des temps de déplacement entre la situation avec le projet réalisé et une situation de référence correspondant à l'absence de projet au même horizon temporel. La méthodologie est identique selon qu'il s'agit d'une infrastructure en rase campagne ou en ville. Il est supposé que les gains de temps sont tout aussi nécessaires dans les deux milieux. Les évaluations sont simplement plus complexes en milieu urbain, car il est difficile non seulement de bien définir la situation de référence comme le projet lui-même, tant de nombreuses options sont possibles, mais aussi de calculer l'impact des nuisances sur les nombreuses et diverses populations concernées.

2. Une accessibilité accrue

La vitesse permet également d'augmenter la portée des déplacements dans un temps donné et donc le nombre de destinations accessibles, classiquement évalué par la densité en habitants + emplois (ou « densité humaine ») multiplié par la surface accessible en une heure¹. Cet impact est réputé vérifié y compris en milieu urbain où l'urbanisation est pourtant loin d'être homogène : la densité étant très différente entre le centre et la périphérie.

J. Poulit² explique ainsi que, dans les agglomérations, le nombre de déplacements, tous modes confondus, n'augmente pas, restant autour de 3,5 à 4 par jour ; le temps consacré aux déplacements non plus, se limitant à environ une heure par jour ; seule la portée des déplacements augmente et avec elle la vitesse. Aussi, « le territoire s'épanouit », et le nombre de « destinations convoitées » s'accroît. Certes, la vitesse favorise l'étalement urbain et tend à réduire globalement la densité, mais le bilan resterait largement positif.

Dans le cas de l'Ile de France, précise Poulit :

« les vitesses moyennes des déplacements motorisés à vol d'oiseau sont passées de 12,4 km/h en 1976 à 13,6 km/h en 1983, 13,9 km/h en 1991 et 14,6 km/h en 2001. (...) Corrélativement, les portées de déplacement ont régulièrement progressé, dans un temps de déplacement resté stable. Les portées à vol d'oiseau des déplacements motorisés sont ainsi passées de 6 km en 1976 à 6,4 km en 1983, 6,8 km en 1991 et 7,1 km en 2001. La portée des déplacements collectifs ou individuels a progressé en Ile de France de 0,72 % par an et le territoire couvert de 1,44 %. Si on tient compte de la part des déplacements

¹ Pour chacun des motifs de déplacement, cet indicateur est une approximation acceptable, car il est à peu près proportionnel au nombre de lieux accessibles pondéré par leur importance.

² Préfet, ancien directeur régional de l'équipement d'Ile de France de 1994 à 1996, directeur de l'Institut géographique national de 1997 à 2002, J. Poulit est sans doute le défenseur le plus résolu de ce point de vue. Dans un ouvrage destiné au grand public et paru en 2005, il s'efforce de mettre à la portée de tous son travail de modélisation, en réussissant le tour de force de n'écrire aucune équation. Il explique en introduction du chapitre II comment il est parvenu à imposer ses raisonnements au CGPC (Conseil général des ponts et chaussées) en faisant ajouter *in extremis* une annexe (n° II) à l'*Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport* de 2004, après avoir réussi à en persuader le directeur de cabinet du ministre de l'équipement.

effectués en marche à pied qui s'est transférée sur des déplacements motorisés de plus grande portée, la portée moyenne a augmenté de 1,4 % et le territoire couvert de 2,8 % par an. (...) [Or,] la densité d'occupation du territoire en tissus bâtis a baissé de 0,74 % par an au cours des vingt cinq dernières années. Le nombre de destinations liées à des résidences ou à des activités a ainsi cru de $(1,4 \%) \times 2 - 0,7 \% = 2,1 \%$ par an. Celui des destinations liées à des espaces non bâtis a cru de son côté de $(1,4 \%) \times 2 + 0,7 \% = 3,5 \%$ par an. » (Ministère des transports, 2004, annexe II)

Par rapport à une approche exclusivement en termes de gains de temps, ce raisonnement est présenté, à juste titre, comme un progrès important. Car il permet de tenir compte plus complètement du service rendu par un déplacement qui ne représente pas seulement un coût généralisé (prix + valeur du temps), mais aussi une possibilité d'accéder au lieu de destination envisagé (Koenig, 1974). Il est donc préférable de raisonner en terme d'accessibilité, sachant que le coût généralisé ne varie pratiquement pas à temps de déplacement et à niveau de vie constants.

Le raisonnement de J. Poulit n'est pas vraiment contesté. De nombreux auteurs admettent de fait son point de vue, même s'ils ne reprennent pas ses calculs qui paraissent quelques peu mécanistes et simplificateurs. Ils le font très simplement en considérant vitesse et densité comme des options plus ou moins équivalentes.

Par exemple, M.-H. Massot et J.-P. Orfeuil de l'INRETS résument une recherche sur l'évolution des relations domicile-travail par ce titre : « La mobilité, une alternative à la densification du centre » (1995, p. 23). Le géographe F. Beaucire affirme de même que « la vitesse est un substitut de la densité » : « la nouvelle vitesse, celle de l'automobile, procure, à investissement-temps constant ou modeste, la possibilité d'accéder à de nouveaux lieux, c'est-à-dire aussi la possibilité de s'éloigner des ressources (la distance), sans porter atteinte à leur accessibilité (la durée) » (...) « Mais la forte concentration en un lieu de nombreuses ressources (c'est la forme héritée) procure finalement une diversité et une abondance comparables. » (2006, p. 8 ; voir aussi 1998, p. 149 et Bavoux, Beaucire, Chapelon et Zembri, 2005, p. 208) Même l'urbaniste M. Wiel considère que « Vitesse et densité sont deux moyens, complémentaires ou concurrents, de réaliser des interactions sociales dans la sphère privée, professionnelle et publique. » (2007, p. 139)

A vrai dire, à suivre J. Poulit, la vitesse fait bien plus que compenser la baisse de la densité, puisque, selon lui, dans le cas de l'Île de France tout au moins, l'accessibilité qu'elle permet croît 4 fois plus vite que la densité ne baisse (+ 2,8 % par an contre + 0,7 % par an). Sans reprendre ces calculs, F. Ascher en est également persuadé : « le potentiel d'échanges, c'est-à-dire le nombre d'interactions possibles à partir d'un même lieu dans un temps donné, a tendance à croître, dans la mesure où la baisse des densités est moins rapide que l'augmentation des vitesses de déplacement » (1998, p. 112). A défaut d'adhérer à ces raisonnements, chacun se contente au moins de dire que les effets de la vitesse et de la densité paraissent équivalents. Et c'est aujourd'hui presque un lieu commun que de l'affirmer.

3. Un choix de destinations plus large

En augmentant l'accessibilité, la vitesse élargit le choix des destinations possibles, non pas le nombre de destinations qui reste stable à 3,5 à 4 déplacements par jour, mais la diversité des destinations atteignables. Dès lors, le choix peut devenir plus pertinent. Or, les agents économiques – consommateurs et producteurs – ont une « préférence pour la variété » et sont donc

prêts à profiter au maximum de ce choix élargi. L'adéquation entre offre et demande en est améliorée sur tous les marchés et il en résulte une efficacité économique accrue dans tous les domaines.

Ainsi, le consommateur bénéficie d'un éventail de biens et services plus large correspondant mieux à ce qu'il désire, y compris dans le domaine des loisirs. Les actifs peuvent trouver plus facilement un emploi correspondant bien à leur formation professionnelle et les employeurs des salariés adaptés à leurs besoins. Les entreprises accroissent leurs clients potentiels et finalement leurs débouchés, trouvent plus facilement les fournisseurs adéquats.

En poursuivant l'analyse, il est possible d'en déduire que la productivité et donc les revenus et la richesse devraient augmenter et le chômage se réduire selon le nombre de destinations accessibles et donc selon la taille des villes. Et en effet, explique J. Poulit (2005) : « On constate une croissance régulière des salaires en fonction de la taille des agglomérations : plus la ville est grande, plus les salaires sont élevés. » (p. 42). De même : « plus l'agglomération est grande, plus la richesse produite est importante » (ibid.). Idem pour le taux d'activité : « Plus la ville est grande, plus il y a d'actifs par ménage au travail » (p. 43), avec effet bénéfique sur le taux de chômage : « C'est aussi dans les zones urbaines que le chômage a tendance à être le plus modéré. » (p. 45) Et comme avec la portée accrue des déplacements « le nombre d'espaces verts commodément accessibles augmente », finalement « le bien-être s'améliore » (p. 46). L'auteur chiffre précisément toutes ces évolutions.

Mais peut-on interpréter ces constats en affirmant que c'est la vitesse accrue des modes de transport qui permet tous ces bienfaits ? L'auteur ne laisse clairement entendre sans jamais toutefois prétendre que ce serait le seul facteur explicatif.

R. Prud'homme et L. Chang-Woon (1999) arrivent à des conclusions similaires en étudiant plus particulièrement le marché du travail et s'estiment même capables de chiffrer ce qu'apporte un supplément de vitesse :

« On sait depuis longtemps que la productivité d'une agglomération (par travailleur, mais aussi par unité de capital) augmente avec la taille de l'agglomération même lorsque l'on contrôle les effets de spécialisation et de qualification. L'explication la plus convaincante est que les grandes villes ont de grands marchés de l'emploi. Plus le marché de l'emploi est grand, plus grande est la probabilité que chaque travailleur trouve l'emploi qui correspond le mieux à ses capacités, et plus est grande la probabilité que chaque entreprise trouve les travailleurs dont elle a besoin. Un grand marché de l'emploi assure un meilleur ajustement de l'offre de travail à la demande de travail et donc une meilleure productivité, ainsi que des salaires plus élevés.

Cependant, ce qui compte ici, ce n'est pas tant la taille potentielle du marché de l'emploi (le nombre total d'emplois ou de travailleurs), mais bien la taille effective de ce marché (le nombre d'emplois auxquels un travailleur peut accéder à un coût raisonnable en argent et en temps). C'est là que les transports et les infrastructures de transports jouent un rôle clé. La taille effective du marché de l'emploi est en effet fonction de trois facteurs : le nombre total d'emplois dans l'agglomération, la localisation relative des emplois et des résidences et la vitesse à laquelle les travailleurs peuvent se rendre à leur travail.

Ce modèle simple de productivité urbaine a été testé et mesuré sur le cas de vingt-deux agglomérations françaises. (...) Toutes choses égales par ailleurs, augmenter la vitesse des déplacements de 10 % augmenterait la productivité et la production de près de 3 %. Améliorer les transports contribue ainsi à la croissance. » (Didier et Prud'homme, 2007, pp. 15-16)

4. Un desserrement urbain

Au cours des 19^e et 20^e siècles, l'accroissement des vitesses et son accès à moindre coût (la « mobilité facilitée » selon l'expression de M. Wiel, 1999) a joué un rôle positif considérable dans le desserrement des villes en réduisant la promiscuité et l'insalubrité, tout en rendant possible leur énorme développement. L'expansion du cheval, puis de la bicyclette, du tramway et du train, et enfin de la voiture a permis aux villes de s'étendre sans rompre leur unité, du moins jusqu'aux années 70 (Studený, 1995).

Chacun peut désormais profiter à la fois des aménités urbaines et d'un espace de vie confortable et agréable en périphérie, en devenant propriétaire d'une maison individuelle avec jardin. Les sociologues ont bien décrit cette révolution des modes de vie qui a séduit des millions de personnes (Urry, 2000). De même, chaque activité économique peut se développer sur un vaste terrain tout en améliorant son accessibilité. La grande distribution l'a bien compris qui a choisi d'installer ses hypermarchés, grandes surfaces spécialisées et multiplexes dans de grandes zones commerciales en frange d'agglomération à proximité des nœuds du réseau routier rapide, pour capter à la fois les habitants des centres-villes et de la grande périphérie (Beauvais, 2000).

5. Un accès au foncier et à la consommation à coût réduit

En particulier, cette mobilité facilitée et diverses incitations financières permettent aux ménages à revenus plutôt modestes d'accéder à des terrains et à des logements bien moins coûteux en périphérie et d'échapper ainsi aux grands ensembles. Cet argument, souvent invoqué, a pris beaucoup de poids avec la hausse des prix de l'immobilier. De même, ces ménages profitent de l'essor de la grande distribution en périphérie qui a su mettre à leur disposition des biens et services à prix réduits.

Certes, tout cela suppose l'usage obligatoire d'au moins une voiture par ménage et souvent de plusieurs (en Ile de France, plus de la moitié des ménages de Grande couronne sont multimotorisés). La voiture étant dès lors indispensable à tous ceux qui ne peuvent s'offrir un accès aux logements et aux standards de consommation du centre, toute politique visant à limiter son usage peut être considérée comme une atteinte aux populations modestes. C'est la thèse défendue notamment par l'urbaniste F. Ascher (1998).

II – DES EFFETS EN REALITE SURESTIMES

Sans prétendre nier les effets positifs de la vitesse, il est néanmoins possible de les relativiser fortement, en remontant la série des cinq effets précédemment recensés.

1. Des coûts fonciers et des biens de consommation en périphérie pas si attractifs

Habiter en grande périphérie plutôt qu'à proximité du centre est, en réalité, à peu près aussi coûteux. Le foncier est certes moins cher, mais les coûts de transport bien supérieurs absor-

bent la différence, à cause de l'importance des distances à parcourir, de la nécessité d'utiliser une voiture et de la multimotorisation du ménage souvent indispensable. Du fait de leur mauvaise connaissance des frais de transport, les ménages arbitrent mal entre localisation du logement et coûts du transport et privilégient ainsi à tort l'éloignement. Ils y sont en outre encouragés par la pénurie de terrains en proche périphérie, par les dispositifs d'aide à l'accession sociale (prêt à taux zéro...) et par les établissements financiers prêteurs qui ne s'intéressent qu'à la part du budget consacré au logement.

En Ile de France, une étude d'A. Polacchini et J.-P. Orfeuil (1998) montrent ainsi que les dépenses de logement + transport selon les zones de résidence sont équivalentes (comme le détaille le tableau suivant).

- Pour les accédants à la propriété, le budget mensuel moyen par personne consacré au logement et aux déplacements est tout à fait semblable en proche banlieue et en Grande couronne. Ce résultat s'explique uniquement par l'importance bien plus grande des frais de transport en grande périphérie (et non par les dépenses de logement ou par la superficie disponible par personne).
- Pour les locataires du secteur privé, ceux qui vivent en Grande couronne conservent un faible avantage.

Certes, l'étude ne tient pas compte de la tendance des ménages les plus modestes à comprimer au maximum les frais de transport en achetant des véhicules d'occasion assez âgés et en les réparant eux-mêmes. *A contrario*, la prise en compte de la fiscalité locale, dont on sait qu'elle est plus faible dans les communes riches que dans les communes pauvres, renforcerait ces résultats. Enfin, la hausse des prix de l'immobilier ayant touché toute l'Ile de France et les écarts de prix entre types de logements étant restés à peu près les mêmes entre le centre et la périphérie, la situation n'a pas fondamentalement changé depuis lors (DREIF et ADIL 75, 2005) et d'autres travaux sont venus confirmer pour l'essentiel ces résultats (Orfeuil, 2004, p. 82).

Ainsi, explique P. Merlin (2004, p. 99), le « choix » de vivre en périphérie dans une maison individuelle entourée de verdure relève le plus souvent de l'autojustification et résulte en fait de contraintes financières (les 30 % du revenu consacrés au logement à ne pas dépasser) ne permettant pas d'envisager une autre forme d'habitat. D'ailleurs « le mode de vie des habitants des nouveaux villages ne diffère [guère] de celui des citadins » et « la disposition d'un jardin se paie de nombreux inconvénients dans la vie quotidienne ».

Acheter à moindre coût dans les grandes surfaces périphériques est également un calcul beaucoup moins avantageux qu'il y paraît. Car, d'abord, l'écart de prix entre les grandes et moyennes surfaces s'est nettement atténué, suite à des améliorations dans la gestion des supermarchés et au développement rapide des hard-discounters en zone plus dense (Desse, 2001). Ensuite, les consommateurs sous-estiment fortement les frais de transport nécessaires pour accéder aux grandes surfaces¹. Ils mésestiment également le temps passé à accéder aux zones commerciales, à déambuler dans les vastes parkings et les allées du magasin et à attendre aux caisses. Enfin, les clients qui acceptent de se rendre à pied ou à vélo dans les commerces de proximité peuvent aussi limiter le nombre de leurs déplacements en optimisant le transport de

¹ La grande distribution utilise cette ignorance pour faire supporter aux clients le coût élevé de l'accès des biens au plus près du consommateur, non sans de grandes conséquences sur la croissance des distances parcourues pour motif achat (Beauvais, 2003).

leurs achats courants par des moyens de portage simples : caddy pour les piétons, sacoches voire remorque pour les cyclistes (Héran, 2004). Ces solutions, qui paraissent encore incongrues en France tant les achats sont supposés nécessiter une voiture, sont très répandues dans les villes européennes les plus accueillantes aux modes non motorisés. Pour les achats particulièrement lourds ou encombrants, la solution classique de la livraison à domicile est un complément efficace, d'ailleurs en plein essor avec le développement de l'e-commerce.

**Budget logement et budget transport des ménages
selon la zone de résidence en Île-de-France**

Zone de prix immobiliers	Très élevé (1)	Élevé (2)	Moyen (3)	Faible (4)
Prix moyen du m ² en location privée	91	79	62	54
Taille moyenne des ménages	1,8	2,2	2,7	2,8
Revenu mensuel moyen par personne (en F 1994)	11 500	8 800	7 300	6 200
– % de locataires du secteur privé	64 %	50 %	27 %	19 %
– % de locataires du secteur public	3 %	17 %	23 %	29 %
– % d'accédants à la propriété *	1 %	6 %	16 %	18 %
– % de propriétaires	32 %	27 %	34 %	34 %
Distance quotidienne moyenne parcourue par pers. (km)	10	13	18	20
Temps de transport moyen par jour et par personne (mn)	83	86	82	79
Locataires du secteur privé				
Superficie disponible en m ² par personne	29	22	23	24
– % du revenu consacré au logement	28 %	26 %	25 %	26 %
– % du revenu consacré aux déplacements	5 %	9 %	15 %	19 %
Total (taux d'effort)	33 %	35 %	40 %	45 %
Budget mensuel moyen par personne consacré au logement et aux déplacements (en F 1994) **	3 795	3 080	2 920	2 790
Accédants à la propriété *				
Superficie disponible en m ² par personne	ns	26	27	25
– % du revenu consacré au logement	ns	28 %	26 %	27 %
– % du revenu consacré aux déplacements	ns	9 %	20 %	26 %
Total (taux d'effort)	ns	37 %	46 %	53 %
Budget mensuel moyen par personne consacré au logement et aux déplacements (en F 1994) **	ns	3 256	3 358	3 286

(1) Zones 1 et 2 : ouest parisien et une commune des Hauts-de-Seine.

(2) Zones 3 à 5 : reste de Paris, zones des Hauts-de-Seine et des Yvelines à coût élevé.

(3) Zones 6 et 7 : zones à prix moyen de la petite couronne, zones à coût élevé en grande couronne.

(4) Zones 8 et 9 : zones à prix faible de Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne et grande couronne.

* Il s'agit de personnes propriétaires de leur résidence mais en cours de remboursement de leur emprunt ayant financé l'achat.

Source : reconstitué par J.-P. Orfeuil (1998) à partir de Polacchini et Orfeuil (1998), *Budget logement et budget transport en Île-de-France*, INRETS / DREIF. ** Calcul ajouté par nous à partir des données du tableau.

2. Un étalement urbain

En augmentant la portée des déplacements, la vitesse accrue des transports est directement à l'origine de l'étalement urbain et l'explique pratiquement à elle seule, comme le démontre C. Enault (2004), chercheur à l'INRETS, auteur d'une thèse sur le sujet. Car on sait depuis Y. Zahavi (1973) que tout le temps gagné à aller plus vite est en fait utilisé pour aller plus loin. A budget temps de transport constant, la ville s'étend au rythme de la vitesse croissante des modes de transport.

L'histoire urbaine montre, en effet, au moins en Europe, qu'à chaque époque les grandes villes ont toujours été à peu près à l'échelle du mode de déplacement courant le plus rapide pour traverser la ville en une heure hors encombrements (Newman et Kenworthy, 1996). Plus que les transports, c'est d'abord leur vitesse qui a façonné les villes. Le diamètre (D) d'une grande ville européenne monocentrique serait donc approximativement égal à la vitesse maximale du mode le plus courant (V) x une heure, soit : $D \approx V$. Et la superficie de la ville (S) serait alors à peu près égal à $\pi (D/2)^2$, soit : $S \approx 0,8 V^2$ (voir le tableau ci-après).

Superficie des villes monocentriques selon la vitesse moyenne du mode de transport dominant

	Ville pédestre	Ville des transports publics	Ville automobile
Vitesse moyenne du mode de transport dominant	5 km/h	20 km/h	50 km/h
Distance aller-retour parcourable en 1 h ou diamètre de la ville	5 km	20 km	50 km
Superficie (ordre de grandeur)	20 km ²	300 km ²	2000 km ²

L'étalement urbain progresserait donc au rythme du carré de l'augmentation de la vitesse. Un modèle aussi rudimentaire ne prétend pas rendre compte des différences de densité d'agglomérations telles que Paris, Londres ou Berlin : à l'évidence, des éléments historiques et institutionnels jouent également fortement. Dans le cas de l'Île de France, il apparaît néanmoins que, de 1982 à 2003, le carré de la vitesse des modes mécanisés dominants (VP et TC) a augmenté de 20,7 %. Si on suppose que la vitesse maximale a crû de façon proportionnelle, la surface urbanisée devrait avoir augmenté de $0,8 \times 20,7 = 16,6$ %, or elle a en fait progressé de 18,1 % (voir le tableau ci-après). La vitesse accrue expliquerait bien l'essentiel de l'étalement urbain.

Augmentation de la surface urbanisée de l'agglomération parisienne en fonction de l'accroissement de la vitesse des modes mécanisés

	Source	1982	2003	Variation
Vitesse des modes mécanisés (km/h)	EGT	13,4	14,7	
Variation du carré de la vitesse	ΔV^2			20,7 %
Variation théorique de la surface urbanisée	$0,8 \Delta V^2$			16,6 %
Surface réellement urbanisée (km ²)	MOS	2134	2522	18,1 %

NB : les dates des EGT (1983 et 2001) et des MOS (1982 et 2003) ne coïncidant pas tout à fait, des extrapolations linéaires ont été réalisées sur les vitesses fournies par l'EGT.

Plus généralement, comme l'a montré récemment sur l'agglomération lyonnaise J.-P. Nicolas (2007), chercheur au LET (laboratoire d'économie des transports), il existe une très solide

relation inverse entre vitesse et densité (voir les données concernant la dernière enquête ménages déplacements dans le tableau suivant) : « lorsqu'on prend ensemble les 57 observations des 3 enquêtes confondues, on trouve un R^2 ajusté de 0,95 et les coefficients des variables sont tous largement significatifs au seuil de 95 %. Les droites de régression obtenues pour chaque enquête apportent des résultats extrêmement bons eux aussi, même si le nombre d'observations est plus réduit. »

Vitesse et densité selon les zones à Lyon en 1995

Zones	HC	RLV	1CE	1CO	2CE	2CO	3CE
Hypercentre	HC	5,4	10,3	16,7	15,4	20,5	26,7
Reste de Lyon et Villeurbanne	RLV		8,4	16,3	16,4	22,9	26,5
Première couronne est	1CE			9,7	21,1	21,1	24,9
Première couronne ouest	1CO				12,0	24,6	22,1
Deuxième couronne est	2CE					11,9	29,1
Deuxième couronne ouest	2CO						15,4
Troisième couronne est	3CE						18,9
Vitesse moyenne en km/h	13,5						
Densité en habitants + emplois / ha	25,2	276	98,1	41,3	29,4	16,1	9,7

Source : traitement de l'enquête ménages déplacements par J.-P. Nicolas (2007). NB : « les chiffres en italiques et petits caractères doivent être pris avec réserve, compte tenu du faible nombre de déplacements effectivement observés lors de l'enquête ».

Tout se passe comme si, d'une part, la vitesse ne pouvait augmenter en milieu dense, à cause du danger et des nuisances qu'elle provoque (insécurité routière, bruit, effet de coupure...) et que, d'autre part, toute densification ne pouvait que générer des flux plus complexes et de la congestion, conduisant inévitablement à réduire la vitesse devenue de toute façon inutile¹. En ce sens, vitesse et densité sont bien des alternatives, car on ne peut avoir en même temps l'une et l'autre (mais elles ne sont pas forcément équivalentes du point de vue de l'accessibilité qu'elles procurent, on le verra).

Bref, quoi qu'on fasse, la vitesse génère inévitablement de l'étalement urbain, c'est-à-dire de faibles densités. C'est là un résultat essentiel dont il faut tirer toutes les conséquences.

3. Un hyperchoix pas toujours utile et parfois nocif

L'argument d'un élargissement de l'univers des choix comme facteur essentiel de compétitivité et directement lié à l'accroissement des vitesses apparaît triplement critiquable. Il suppose implicitement, d'abord que l'effet de ce choix élargi est toujours bénéfique, ensuite que la variété est recherchée plus que tout autre avantage et enfin que c'est forcément en allant plus vite et plus loin que l'on peut profiter d'un tel choix.

Aujourd'hui, le choix est souvent déjà très important et son élargissement n'apparaît plus aussi décisif. Certes, sur bien des marchés, cette diversité s'avère encore fort utile. Mais il existe d'autres situations où elle n'apporte aucun avantage particulier. Et elle peut même,

¹ « Si nous avons la densité, la vitesse devient vite nuisible, et si nous avons la vitesse la densité n'est plus nécessaire. » (Wiel, 2007, p. 171) « Ceux qui veulent plus de densité, quelles que soient les raisons qui les motivent, doivent savoir qu'il leur faudra brider la vitesse. » (ibid., p. 139)

dans certains cas de plus en plus fréquents, se révéler nocive : le choix devient si considérable qu'il perturbe l'ajustement entre offre et demande. L'agent perd du temps à s'orienter dans cet « hyperchoix », ce qui peut même parfois le décourager à réaliser l'échange (Schwartz, 2004).

Les agents sont censés forcément rechercher un choix plus large. La « préférence pour la variété », l'« intérêt pour la diversité » de la part des consommateurs comme des firmes sont jugés en quelque sorte évidents, naturels¹. En l'absence d'alternative, on ne voit pas en effet ce que ces agents peuvent souhaiter d'autre. En réalité, le choix porte généralement entre la diversité ou la spécialité, les gains de variété ou d'échelle, une multiplication ou un approfondissement des échanges et la réponse est souvent un mélange de ces deux dimensions. Il ne suffit pas d'établir des relations entre offreurs et demandeurs, il est au moins aussi crucial, sinon plus, de les construire dans la durée, en fidélisant les clients ou en instaurant des partenariats avec les fournisseurs. Or, si la diversité des contacts est favorisée par des déplacements de portée accrue, la construction des relations en face à face, qui reste dans bien des cas une nécessité pour innover (Rallet et Torre, 2007), suppose au contraire le renouvellement des mêmes déplacements, ce que facilite la proximité physique.

Quant au rôle de la vitesse dans l'accès à un choix élargi, s'il est bien réel, il n'est pas le seul moyen d'y parvenir : la densité est une autre solution dont il convient de mesurer l'efficacité par rapport à la vitesse (c'est l'objet du paragraphe 2.4).

Sur le marché du travail, le problème pour un employeur n'est pas simplement de choisir entre un certain nombre de candidats, mais d'abord de définir correctement ses besoins en personnel et de comprendre qu'ils peuvent fortement varier en fonction de l'organisation du travail adoptée, des formations assurées, de la dynamique de développement imaginée. Pour attirer les talents ou retenir les bons salariés, offrir de bonnes conditions de travail, des perspectives de carrière, un travail enrichissant et valorisé peuvent s'avérer plus déterminants qu'une bonne accessibilité. Une localisation médiocre peut souvent amener l'entreprise à développer d'autres facteurs de compétitivité qu'elle aurait autrement négligés.

Pour les demandeurs d'emploi, la qualité d'un dossier (connaissances, savoir-faire, savoir-être, parcours...) est sans conteste bien plus importante que la multiplication des candidatures, comme le soulignent depuis longtemps tous les spécialistes de l'insertion professionnelle, y compris pour les cadres (voir les recommandations de l'APEC). Il n'est donc pas forcément crucial d'avoir accès à un très large marché de l'emploi. Une accessibilité correcte suffit le plus souvent, ce que l'on trouve en périphérie comme au centre.

Sur le marché des biens et services, le consommateur bénéficie déjà, dans la plupart des cas, d'un choix considérable : « Nous sommes entrés dans une ère d'hyperchoix. » et « tous les secteurs et toutes les catégories de produits » sont concernés, car, soit les marchés sont saturés et les offreurs multiplient les nouveautés pour attirer le client, soit les marchés sont en plein essor et les offreurs sont soumis à des demandes foisonnantes, expliquent des experts du CREDOC (Larceneux et Berger, 2006). Face à cet hyperchoix, le consommateur serait de plus en plus dérouté, incapable de s'informer efficacement et de choisir, allant même parfois jusqu'à renoncer à son achat (Schwartz, 2004). Il existerait même un niveau optimal dans

¹ « La ville permet de satisfaire l'intérêt pour la diversité que ressentent les firmes et les consommateurs » affirme par exemple E. Quinet (1998, p. 66), sans estimer qu'il soit besoin d'en dire plus dans un ouvrage qui fait pourtant autorité.

l'agrément lié au processus de choix qui se situerait aux alentours de sept produits alternatifs, croient pouvoir affirmer certains chercheurs : en deçà, le consommateur souhaite un choix plus grand et, au-delà, il commence à trouver difficile et désagréable de devoir choisir entre trop d'alternatives. Dans ces conditions, accroître indéfiniment l'accessibilité des territoires n'a plus autant de sens. Seul un nombre réduit de biens et services en profiterait réellement.

Par exemple, les grands hypermarchés proposent aujourd'hui plus de 50 000 références, alors que les supermarchés savent désormais proposer à proximité un choix de produits largement suffisant (de l'ordre de 20 000 références) et que se développent rapidement les hard discounters au choix pourtant fort limité (environ 5000 références). Le développement de l'hyperchoix a clairement atteint ses limites et la grande distribution s'y adapte sans états d'âme en diversifiant les formats de ses magasins et en revenant à des stratégies classiques de fidélisation de la clientèle pour éviter le phénomène en plein essor de « zapping » des clients d'une grande surface à l'autre (Desse, 2001).

De même, sur le marché des loisirs, les clients ne cherchent plus seulement des destinations toujours plus nombreuses et plus lointaines, mais également à approfondir leur connaissance d'une destination. Les prestataires de loisirs eux-mêmes les y encourage de plus en plus afin de fidéliser leurs clients et de diversifier leurs services.

Bref, un choix élargi n'est intéressant qu'en cas de rareté de l'offre sur l'aire de marché accessible. ce qui arrive souvent pour les compétences de haut niveau ou très spécialisées, ou pour certains biens intermédiaires. Mais en cas d'abondance comme sur le marché des biens et services de grande consommation, élargir le choix n'est pas pertinent et peut même provoquer des effets pervers.

4. Une accessibilité en périphérie réduite

Si à court terme la vitesse accroît assurément l'accessibilité, à long terme, il en va tout autrement : la vitesse contribue si fortement à « dédensifier »¹ l'agglomération, que l'accessibilité finit par être au moins deux fois moindre en périphérie qu'au centre. Le premier à l'avoir remarqué n'est autre que J. Poulit lui-même. En 1972-73, il rédige, en tant que directeur de la division urbaine du SETRA, une note sur *L'approche économique de l'accessibilité* où il présente l'« exemple d'application » suivant :

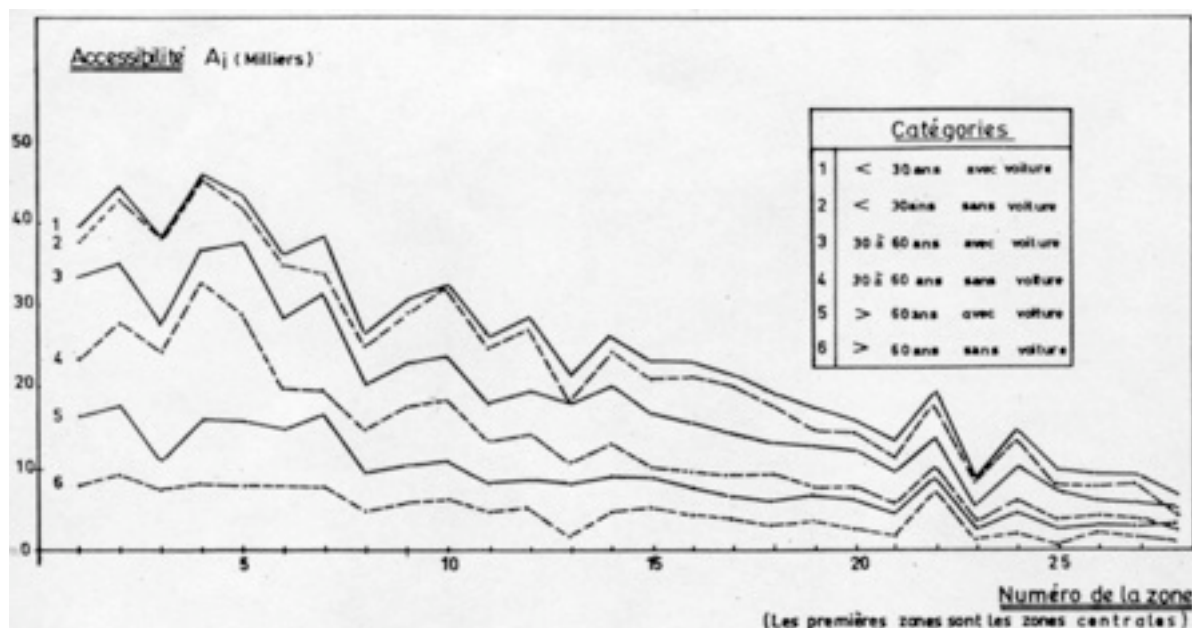
« Considérons une agglomération de structure traditionnelle comportant une concentration d'emplois et de services au centre et des zones résidentielles peu denses en périphérie. Vaut-il mieux du seul point de vue de l'accessibilité résider au centre ou en périphérie ? *A priori*, le centre apparaît moins accessible que les autres zones de l'agglomération. Les difficultés de circulation y sont en effet bien plus importantes. En fait, le calcul d'accessibilité de chaque zone vis-à-vis de tous les biens et services de l'agglomération montre que ce sont les zones centrales qui offrent la meilleure accessibilité. Si les vitesses de déplacement y sont plus faibles, les distances à parcourir pour bénéficier des choix souhaités y sont également plus faibles. L'accessibilité au total y est supérieure. Si l'on fait abstraction des facteurs d'environnement et des charges de viabilisa-

¹ Il s'agit d'une réduction non seulement de la densité d'un territoire donné (par exemple Paris *intra muros*), mais aussi et surtout de la densité moyenne du territoire urbanisé dont les frontières s'étendent (par exemple l'agglomération parisienne).

tion, le centre apparaît ainsi comme un lieu de résidence privilégié. C'est aussi un lieu d'emploi privilégié. Ce résultat explique d'ailleurs l'importance des charges foncières qui y sont constatées » (1973, p. 9)

Certes, Poulit ne mesure pas cette différence d'accessibilité selon les zones. Mais, son subordonné, G. Koenig, s'en charge. En 1977, celui-ci, présente, parmi d'autres applications, les résultats d'une étude sur l'accessibilité urbaine à Marseille en utilisant les données de l'enquête ménages déplacements de 1966. Il y démontre que « les résidents des zones centrales bénéficient d'une meilleure accessibilité que ceux des zones périurbaines » (p. 13). Le tableau suivant issu de cette étude indique notamment que, sur un total de 28 zones, les 5 zones les plus centrales ont une accessibilité en voiture 4 à 5 fois supérieure aux 5 zones les plus périphériques.

L'accessibilité selon les groupes sociaux et les zones dans le cas de Marseille



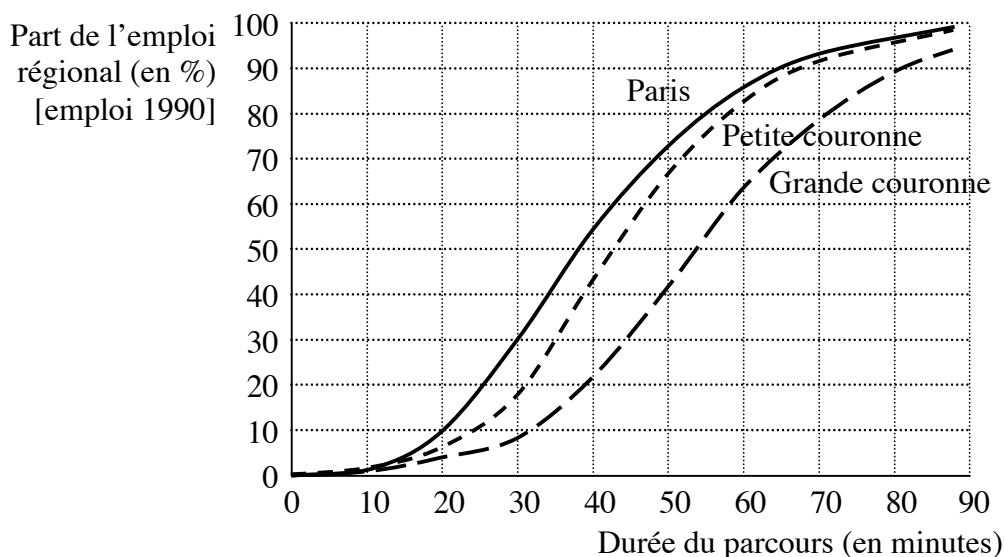
Source : G. Koenig, 1977, p. 13.

Plus récemment, R. Prud'homme et L. Chang-Woon (1999) ont calculé l'accessibilité au marché de l'emploi francilien selon la localisation résidentielle et parviennent à des conclusions semblables : « pour une zone située au centre de Paris » la taille du marché du travail accessible en 60 mn « est égale à environ 4 millions d'emplois » et en 45 mn « à environ 2,7 millions d'emplois, alors que pour une zone se trouvant en banlieue, à environ 30 km du centre », la taille de ce marché du travail accessible en 60 mn « compte environ 2,9 millions d'emplois » et en 45 mn « seulement 1,2 million. » (p. 66)

Développant ces travaux, S. Wenglenski (2002) est encore plus précise : « Pour l'ensemble des actifs et quel que soit le mode de transport, il existe de fortes disparités entre Paris et la Grande couronne » (voir le graphique ci-dessous). Ainsi, pour une durée de parcours domicile-travail de 30 mn, les Parisiens accèdent déjà à plus de 30 % des emplois de l'Ile de France, alors que les habitants de Grande couronne ne peuvent rejoindre que 8 % de ces emplois. Pour un temps de parcours de 45 mn, ces proportions sont respectivement de 65 % et 30 % et pour une heure elles sont de 85 % et 62 %. Ces courbes ont le mérite de bien montrer

que les écarts se creusent puis se réduisent quand les temps de parcours s'allongent. Quand on retient un temps d'une heure comme c'est l'usage, les écarts s'estompent déjà fortement.

Accessibilité à l'emploi francilien par type de localisation résidentielle selon le temps de parcours, tous modes confondus



Source : RGP 1990 et DREIF 1990.

(Graphique extrait de Wenglenski, 2002)

Comme le signale J. Poulit, ces résultats sont parfaitement cohérents avec la variation des valeurs foncières selon les zones. C'est bien dans les centres-villes particulièrement accessibles que les valeurs foncières sont aussi les plus élevées (2 à 3 fois plus qu'en périphérie). Certes, la tendance des classes aisées à vouloir vivre entre soi dans des quartiers bourgeois tend à modifier quelque peu ce schéma¹ qui reste cependant globalement valable : les centres sont généralement des lieux considérés par les ménages, les entreprises de services ou les administrations comme plus accessibles que la périphérie.

Nous avons tenté de mesurer les différences d'accessibilité selon les zones, dans le cas de l'Ile de France en utilisant non pas des portées correspondant à un temps arbitraire d'une heure, mais les portées réelles des déplacements, tels qu'ils sont effectués dans chaque zone. Sur la période de 1982 à 2003, les déplacements mécanisés durent toujours environ une demie heure (32 mn à Paris, 27 mn en Grande couronne), mais leur portée moyenne a augmenté de 4,9 à 5,3 km à Paris et de 7,6 à 8,6 km en Grande couronne. Selon nos calculs, dont on trouvera le détail en annexe, en 2003, le nombre moyen de destinations accessibles par déplacement mécanisé était de 3,1 millions à Paris contre 1,4 million seulement en Grande couronne, soit

¹ O. Morlet (2000) estime que dans le cas de la région parisienne le « marquage social » est devenu le principal facteur explicatif des coûts du logement, devant l'accessibilité « assimilée rapidement à la distance-temps au centre » : « Le facteur du revenu des habitants apparaît comme prépondérant dans l'explication des valeurs foncières comparé à celui de l'accessibilité relative des différentes communes au centre de l'agglomération. C'est ce qui explique que les logements de Neuilly-sur-Seine sont trois fois plus chers que ceux de Saint-Denis et deux fois plus chers que ceux de Clichy alors que la distance-temps de ces trois communes au centre de Paris est la même. Même constat pour les prix observés à Montfermeil qui sont trois fois moins élevés que ceux de Sceaux alors que ces deux communes sont aussi éloignées l'une que l'autre du centre. »

2,2 fois moins. Cet écart serait encore plus grand si, au lieu d'utiliser la surface urbanisée, on parvenait à calculer un indicateur plus pertinent de la surface à laquelle rapporter population et emplois ou si on retenait plus de trois zones. De plus, en 22 ans, l'écart ne s'est réduit que d'environ 6 %. Et cela est principalement dû à la moindre densité en habitants + emplois de Paris. Car, si la vitesse des déplacements en automobile en périphérie s'est accrue grâce à la construction de voies rapides, celle des transports publics a également progressé, notamment pour les déplacements radiaux, grâce à des investissements dans les transports lourds (RER, métro, tramway).

Pour les déplacements à pied, la situation est encore plus contrastée, puisqu'aucun gain sensible de vitesse n'est à espérer. Ainsi, bien que les habitants de la Grande couronne acceptent de marcher sur des distances moyennes un peu plus longues que les Parisiens (700 m au lieu de 610 m), ils peuvent pourtant accéder à 8 fois moins de destinations. Il n'est donc guère intéressant pour eux de se déplacer à pied. Mais s'ils décident de prendre leur voiture pour circuler en Grande couronne, ils ne peuvent accéder, en fait, qu'à cinq fois plus de destinations qu'un simple piéton dans Paris et à deux fois moins de destinations qu'un cycliste parisien¹.

A Lyon, on constate à peu près les mêmes écarts de vitesse et de densité qu'à Paris selon le centre (c'est-à-dire les communes de Lyon et Villeurbanne) et les premières et deuxième couronnes (voir le tableau ci-dessus). Aussi, tout porte à croire que les rapports entre les nombres de destinations accessibles selon les zones sont du même ordre qu'en Ile de France.

Bien d'autres vérifications seraient souhaitables, mais le résultat ne fait aucun doute : en contribuant à créer de vastes zones périphériques peu denses, la vitesse réduit bel et bien l'accessibilité de ces zones par rapport à celle du centre². Il est en général plus intéressant de vivre et de travailler en zone dense, si on tient à profiter d'un maximum de contacts. Et c'est bien pourquoi tant de ménages et d'entreprises souhaitent continuer à s'installer dans le centre, malgré des déplacements plus lents et des coûts fonciers très élevés. Ce résultat est fondamental, car il démontre la **supériorité de la densité sur la vitesse pour nouer des contacts**³. Autrement dit, **densité et vitesse ne sont pas des alternatives équivalentes**.

¹ Avec une même quantité d'énergie métabolique, un cycliste parcourt au moins 3 fois plus de distance qu'un piéton, soit un espace 10 fois supérieur.

² F. Ascher estime qu'« on peut considérer que le potentiel d'échanges directs est le même dans une ville où la densité est de 3 et où les gens se déplacent à pied à 6 km/h, et dans une ville où la densité n'est que d'un demi, mais où les déplacements se font en transports mécanisés à 36 km/h. Autrement dit, les potentialités d'échange et d'interactions sont théoriquement les mêmes dans une ville piétonne et à Los Angeles. » (1998, p. 112) On pense évidemment à Paris *intra muros* quand il évoque une « ville piétonne » (à Paris, 52 % des déplacements se font à pied), aux détails près que la densité de Los Angeles n'est pas 6 mais plutôt 10 fois moindre que celle de Paris et que la vitesse n'y est pas 6 fois supérieure mais peut-être seulement triple ou quadruple, car le métro et le RER – qui ne peuvent être attractifs que dans une ville suffisamment dense – assurent une vitesse moyenne des déplacements non négligeable.

³ Suite à un séminaire sur « les Transports dans la Ville », Yves Martin, président de la section technique du Conseil général des Mines, a envoyé à Emile Quinet, qui présidait le débat ce jour-là, quelques réflexions que lui ont inspiré « les travaux de la DREIF » : « Il existait, au début du siècle, une agglomération dense, très bien desservie en transports en commun qui était Paris. Sa densité dépassait 200 hab./ha. Un siècle plus tard, l'agglomération Ile de France a une densité moyenne de 50 hab./ha ; elle est caractérisée par un noyau (Paris) à 200 hab./ha, une zone de transition (la petite couronne à 75 hab./ha), puis un espace très peu dense où les zones les plus denses (les Villes Nouvelles) ont 20 hab./ha. Pour avoir accès au même nombre d'interlocuteurs en 30 minutes de déplacement dans une ville à 20 hab./ha, il faut pouvoir s'y déplacer 3,17 fois plus

Pourtant, depuis sa note de 1973, J. Poulit n'a plus évoqué cet aspect et il semble même aujourd'hui l'ignorer. C'est en fait parce qu'il considère « un territoire commodément accessible, défini par le double du temps moyen de transport, soit par exemple, en Ile de France, une heure » (Ministère des transports, 2004, annexe II). Ce choix a pour effet de rendre la ville presque entièrement accessible de partout, comme si l'urbanisation était homogène (territoire isotrope). Quant au raisonnement consistant à comparer l'évolution de la portée globale et des destinations accessibles à celle de la densité globale, il gomme lui aussi les disparités entre zones. Enfin, Prud'homme, Chang-Woon et Wenglenski ne tirent pas non plus de conclusion de leur constat.

L'anisotropie joue en fait sur deux plans. D'une part, l'essentiel des déplacements reste interne aux zones, or la portée des déplacements dans les zones peu denses est certes plus importante que dans la zone centrale, mais pas au point de compenser la bien moindre densité. D'autre part, les déplacements entre zones sont minoritaires et s'il est possible d'accéder assez rapidement du centre à l'essentiel des destinations situées en périphérie, l'inverse n'est pas vrai : il est certes possible d'accéder aussi vite de la périphérie au centre mais pas à toute la périphérie, car il faut en général beaucoup de temps pour se rendre d'un côté à l'autre d'une agglomération malgré l'existence de rocade¹. Au total, un usager peut donc atteindre deux à trois fois moins de destinations quand il est en périphérie que lorsqu'il est au centre.

Pour compenser un peu ce désavantage, il est essentiel pour les entreprises de se situer aux nœuds du réseau des voies rapides. Mais tout le monde ne peut pas bénéficier d'une telle localisation. Plus largement, la multiplication des voies rapides et des transports publics lourds en rocade, plutôt qu'en radiale, pourrait peut-être éviter cette moindre accessibilité. Il existe, en fait, de fortes limites à ce type de solution : les rocades autoroutières génèrent des nuisances (bruit et pollution), consomment d'importants espaces² et provoquent des effets de coupure qui réduisent les déplacements de proximité et donc l'accessibilité rapprochée (Héran, 2000). Leur enfouissement est d'un coût exorbitant et ne supprime ni la pollution, ni même complètement l'effet de coupure à cause des trémies d'accès des entrées et sorties (Héran, 2006)³. Mais surtout, pour effacer l'écart d'accessibilité entre le centre et la périphérie, il faudrait augmenter les vitesses moyennes en périphérie d'environ 50 %, ce qui est difficilement envisageable. Il est donc clair que la densité est plus efficace que la vitesse, même s'il existe aussi des limites à la densification. Ce résultat rejoint les conclusions d'une récente table ronde de la CEMT qui se demande si ce ne serait pas finalement « la densité de population, et non la taille des villes, qui serait le principal déterminant de l'efficacité de la production » (2006, p. 8).

vite que dans une ville à 200 hab./ha. On est loin d'une telle performance, ce qui suggère que la ville à 20 hab./ha, telle que nous la fabriquons aujourd'hui, n'est pas aussi "efficace" que la ville à 200 hab./ha. » (Martin, 1998)

- ¹ Pour un Parisien, il est aussi rapide de se rendre à Cergy ou à Melun en voiture qu'en transports publics (environ 30 à 40 mn). Mais pour un habitant de Cergy, il est impossible d'aller à Melun dans un temps aussi court, qu'il prenne la voiture en contournant plus ou moins toute l'agglomération ou les transports collectifs en la traversant : il lui faut en fait au minimum 1 h 15 en voiture et 1 h 20 en transports publics.
- ² Selon nos calculs, une autoroute urbaine nécessite une largeur moyenne (y compris les bas côtés et les échangeurs) 9 fois plus grande que la largeur des voies de circulation.
- ³ Pour des raisons de débit (dans un tunnel à 2 voies, il peut circuler à l'heure de pointe 10 fois plus de voyageurs en métro que de passagers en automobile), seuls un métro ou un RER et quelques rares tunnels ou ponts routiers dans des environnements contraints par le relief se justifient vraiment dans les grandes agglomérations. Ce qui tend justement à maintenir l'accessibilité du centre...

Quant au récent constat d'une certaine dérive des budgets temps de transport dans les grandes villes américaines (Crozet et Joly, 2006), il pourrait être lié à des banlieues de plus en plus étalées et spécialisées contraignant les Américains à allonger de plus en plus leurs déplacements automobiles pour préserver un minimum d'accessibilité à leurs diverses activités.

5. Des gains de temps illusoirs

Sur ce point, l'accord est quasi-unanime. Y. Zahavi, J. Poulit et bien d'autres auteurs insistent sur le fait qu'à long terme, les usagers préfèrent aller plus loin, à temps de déplacement constant, que de profiter des gains de temps.

Le problème est plutôt dans le maintien des méthodologies d'évaluation des grands projets d'infrastructures de transport en milieu urbain qui reposent toujours sur les gains de temps. C'est bien pourquoi J. Poulit est parvenu à inciter le ministère des transports à préconiser, dans son instruction-cadre de mars 2004, un calcul des accessibilités pour mieux justifier les projets. Mais ce calcul – par ailleurs assez lourd à réaliser – changerait-il beaucoup le choix des investissements ? On peut en douter, car la méthode préconisée par Poulit oublie l'impact de la vitesse sur la réduction de la densité à long terme. Or c'est bien à cet horizon que tient à se situer cette méthode qui récuse d'entrée l'approche par les gains de temps parce qu'elle ignore que les usagers préfèrent augmenter la portée de leurs déplacements à long terme. Ainsi, avec la « méthode Poulit », un nouveau projet d'infrastructure augmente au moins aussi sûrement l'accessibilité qu'il réduit les gains de temps et la plupart des projets trouvent aisément leur justification.

Il reste toujours à concevoir une méthode d'évaluation des projets qui soit vraiment cohérente avec leur impact réel à long terme et l'avancée que constitue incontestablement une approche en terme d'accessibilité à court terme reste très insuffisante.

* * *

En définitive, la vitesse en ville est loin d'apparaître aussi bénéfique que l'affirme la théorie standard. Si la mobilité facilitée a incontestablement joué un rôle positif au départ en favorisant le développement urbain, en réduisant la promiscuité et en améliorant l'accessibilité et la taille des marchés, les acquis sont maintenant largement suffisants. D'abord parce que les gains de temps sont illusoirs, tout le monde en convient. Mais aussi parce que les réseaux actuels de transport rapide contribuent si fortement à dédensifier les agglomérations (d'un facteur 12 en Ile de France entre le centre et la Grande couronne) que l'accessibilité s'en trouve réduite au moins de moitié en périphérie par rapport au centre. Et enfin parce que l'impact globalement positif d'une diversité croissante des destinations accessibles tend à se réduire, à cause des effets pervers de l'hyperchoix.

De plus, la vitesse ne permet pas un accès au foncier à moindre coût quand les coûts de transport finissent par dépasser les coûts du logement, ni même aux biens de consommation, alors qu'en revanche l'étalement urbain et l'accroissement des trafics qu'il génère provoquent un cortège de nuisances bien réelles et largement sous-estimées. Si certaines sont aisément perceptibles et correctement évaluées, comme les accidents, le bruit et la pollution (Merlin, 2004), d'autres sont bien plus difficiles à appréhender, restant « invisibles » (Wiel, 2006), comme la ségrégation sociale (Berger, 2004), la consommation d'espace, la perte d'attractivité des transports publics, la disqualification des modes non motorisés (Héran, 2000) ou la dépendance automobile (Dupuy, 1999)... Ainsi, la densité, la proximité et la modération de la

circulation qui leur est indispensable apparaissent comme les seules à permettre à la fois une diversité et un approfondissement des relations, tous deux sources de productivité pour les activités économiques, générateurs de satisfaction pour les populations et garants d'une ville durable.

Bref, la situation actuelle n'a plus grand chose à voir avec celle d'il y a un siècle. Si, à l'époque, le desserrement urbain et l'amélioration des transports étaient une nécessité urgente, désormais, la vitesse est devenue au contraire excessive et l'étalement urbain qu'elle provoque source de dysfonctionnements : baisse de l'accessibilité et nombreuses nuisances. Il est temps de revenir à une ville plus dense, certes un peu moins rapide mais plus accessible, moins dépendante de l'automobile et moins gaspilleuse de ressources non renouvelables, offrant finalement une meilleure qualité de vie et une plus forte attractivité.

En Europe, les exemples de telles villes abondent et en France les signes de changements profonds se multiplient. Les politiques de déplacement visant à modérer la circulation automobile et à relancer les modes alternatifs progressent : le retour du tramway est partout un succès, la relance de la bicyclette n'est plus contestable, la mobilité à pied ne baisse plus et la mobilité automobile commence à décliner (voir les résultats concordants des cinq dernières enquêtes ménages déplacements de Lille, Lyon, Rouen, Rennes et Reims effectuées en 2006-2007). Les politiques d'urbanisme visant à densifier et à mixer les fonctions urbaines émergent : renforcement des polarités secondaires, opérations immobilières autour des pôles d'échanges et des terminus des lignes de transports publics, reconquête des friches industrielles, amélioration des espaces publics. Enfin, les populations sont très majoritairement favorables à ces politiques quand elles sont cohérentes et bien expliquées.

Il ne s'agit pas de réduire brutalement les vitesses et d'entretenir la congestion, comme certains le craignent. Les politiques de modération de la circulation n'ont qu'un faible impact sur les vitesses moyennes¹ et la congestion est un phénomène typiquement urbain qui n'est pas plus marqué dans les villes européennes denses bien gérées, car les modes lents (marche, vélo, transports publics) sont aussi les modes les plus économes en espace contribuant ainsi à limiter fortement les encombrements. En revanche, si la vitesse n'est plus la clef principale du développement économique urbain, les solutions visant à améliorer à tout prix la vitesse sont à reconsidérer avec attention. La construction de voies rapides ou de RER, n'apparaît plus du tout aussi évidente, puisque le risque est grand d'accroître l'étalement urbain, et finalement de réduire à terme l'accessibilité avec des densités peu favorables aux contacts.

¹ Contrairement à une idée commune, réduire la vitesse limite sur l'essentiel du réseau n'implique pas une réduction proportionnelle de la vitesse moyenne de déplacement. Une expérimentation réalisée dans la ville de Toulouse l'a récemment montré (Abbadie et Barthe, 2005). Un trajet représentatif de 7,6 km a été défini, utilisant pour moitié des rues principales et pour l'autre moitié des rues secondaires susceptibles d'être aménagées en zone 30. Ces rues secondaires représentaient environ les 3/4 de la voirie. Deux véhicules ont ensuite emprunté 100 fois ce trajet et les temps de parcours ont été mesurés. Résultat : malgré une diminution de la vitesse limite de 50 à 30 km/h (soit moins 40 %) sur le réseau secondaire, la vitesse moyenne sur l'ensemble du trajet n'a diminué que de 9 % en période de pointe et de 15 % en période creuse. Nous estimons en outre que, si l'expérimentation avait tenu compte de la possibilité de remplacer les feux tricolores par des mini giratoires ou des priorités à droite dans les futures zones 30, comme le préconise le CETUR (1992) puis le CERTU (2006), et compte tenu de la fréquence des feux et de leurs temps de cycle, ces écarts auraient encore été réduits d'environ un tiers, soit une vitesse moyenne sur l'ensemble du trajet diminuée de 6 % en période de pointe et de 10 % en période creuse.

C'est pourquoi, en agglomération, les effets positifs de la vitesse relèvent aujourd'hui largement du mythe, au sens où il s'agit bien d'une représentation idéalisée d'effets supposés, qui ne correspond pas à la réalité. La fascination qu'exerce cette représentation repose sans doute sur les facilités de modélisation qu'elle permet. Mais ce n'est pas parce que le modèle est élégant qu'il est fidèle. A moins que renoncer un tant soit peu à la mobilité facilitée, conquête du 20^e siècle, soit pour la génération d'après-guerre difficilement concevable ?

Quoi qu'il en soit, en milieu urbain, c'est à la densité et non à la vitesse qu'il faut attribuer les bienfaits d'une bonne accessibilité. Densifier la ville ou maintenir de hautes densités est le seul moyen d'assurer à la fois, c'est-à-dire sans trop de contradictions, une accessibilité et une proximité permettant en même temps une variété et une intensité des échanges.

ANNEXE. CALCUL DE L'ACCESSIBILITE SELON LES ZONES EN ILE DE FRANCE

J. Poulit propose la modélisation suivante :

« Le nombre de destinations accessibles dans un temps de transport stable varie au prorata de la superficie des territoires accessibles dans un temps stable et de la variation de la densité d'occupation de ces territoires en destinations convoitées. On peut illustrer ce phénomène en adoptant un territoire commodément accessible, défini par le double du temps moyen de transport, soit par exemple, en Ile de France, une heure (temps qui n'est dépassé que par 10 % des usagers). Au sein de ce territoire [l'Ile de France], le nombre de destinations accessibles est de la forme $d.V^2$, avec d densité moyenne d'occupation du territoire en destinations convoitées et V vitesse moyenne de déplacement à partir de la zone émettrice i . Le nombre des destinations évolue ainsi annuellement comme le double du taux d'évolution de la vitesse moyenne ΔV et comme le taux d'évolution de la densité d'occupation du territoire Δd » (Ministère des transports, 2004, annexe II).

Pour la comprendre, il faut considérer par exemple que le nombre de destinations accessibles (A) par un mode de déplacement donné est égal à la surface accessible (S) multipliée par la densité en habitants + emplois (D) (nous préférons utiliser une majuscule). Cette surface accessible (S) est elle-même égale au carré de la portée du déplacement (P) multipliée par π . Et la portée est bien sûr égale à la vitesse (V) multipliée par le temps de déplacement (T). Si le temps T est fixé à une heure on obtient, conformément à la remarque de Poulit, une accessibilité proportionnelle à $D.V^2$ ¹ :

$$A = S.D = \pi.P^2.D = \pi.(V.T)^2.D = \pi.D.V^2$$

Mais un tel résultat suppose à la fois que le calcul de l'accessibilité soit le même quel que soit le type de déplacement dans l'agglomération et que la fixation du temps de déplacement à une heure soit le bon critère. Or ces deux hypothèses ne sont pas vérifiées si on entre dans le détail des déplacements effectués dans l'agglomération. Le cas de l'Ile de France où on dispose de

¹ Dans son ouvrage de 2005, Poulit oublie curieusement le facteur π en affirmant « Je peux rencontrer un nombre de personnes (...) égal à $d.V^2$ » (p. 57). Cette erreur est reproduite dans le rapport au Conseil d'analyse économique rédigé par Didier et Prud'homme (2007, p. 117).

nombreuses données, notamment sur les portées, les vitesses et l'occupation du sol, permet de le montrer, en se contentant pourtant de ne distinguer que les trois zones habituelles (Paris, Petite couronne et Grande couronne) ce qui, on le sait, est quelque peu réducteur (Courel et alii, 2005).

Tout d'abord, le nombre de destinations accessibles par les 3,5 déplacements réalisés en moyenne par jour à partir de chaque zone doit être pondéré par l'importance de chaque type de liaison avec les trois zones. Or, le poids (a) des déplacements selon le type de liaison entre zones est très différent. En particulier, les déplacements internes à chaque zone sont prépondérants mais moins qu'à Paris où ils ne représentent que 61 %, qu'en Grande couronne où ils culminent à 85 %. Voir le tableau ci-après.

**Répartition des déplacements selon le type de liaison
en Ile de France, en %, en 2001**

	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Total
De Paris vers	60,6	28,1	11,3	100
De Petite couronne vers	17,7	69,7	12,6	100
De Grande couronne vers	5,5	9,6	85,0	100

Source : EGT.

Ensuite, les portées sont également très différentes selon le type de liaison. Elles sont faibles dans les liaisons internes aux zones et beaucoup plus fortes entre zones. Voir le tableau ci-après.

**Répartition des portées des déplacements motorisés
selon le type de liaison en Ile de France, en km, en 2001**

	Paris	Petite couronne	Grande couronne
De Paris vers	3,2	8,3	24,4
De Petite couronne vers	8,3	4,0	15,8
De Grande couronne vers	24,4	15,8	5,7

Source : EGT.

Pour les déplacements motorisés internes aux zones, on peut admettre, avec Poulit, que le nombre de destinations accessibles soit proportionnel au carré de la portée et donc au carré de la vitesse. Mais la densité en habitants + emplois par surface urbanisée est 10 fois plus faible à la périphérie qu'au centre. Si bien que, malgré une portée des déplacements intrazones plus grande en Grande périphérie qu'à Paris, le nombre de destinations accessibles y est 3,3 fois moins important. Même pondéré par l'importance des déplacements internes aux zones, l'écart reste d'un facteur 2,3 (voir le tableau ci-après). La situation est encore pire en Petite couronne, car malgré une hausse de la portée des déplacements, la densité y chute fortement par rapport à Paris, à cause de la présence de nombreuses utilisations du sol comportant peu d'emplois ou d'habitants (entrepôts, gares de triage, cimetières...), déplacées par Paris en banlieue à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle.

A noter que la portée moyenne des déplacements doit être augmentée d'un facteur $b = \sqrt{2} \approx 1,4$ pour obtenir le nombre moyen de destinations accessibles (on peut faire varier ce paramètre pour mesurer la sensibilité du résultat à cette hypothèse). Dès lors, le nombre moyen de

destinations accessibles de la zone i à la zone i pondéré par la fréquence de ces déplacements est : $A_{i-i} = S_i \cdot D_i \cdot a_{i-i} = \pi \cdot (b \cdot P_{i-i})^2 \cdot D_i \cdot a_{i-i}$

**Densité en habitants + emplois par ha de surface urbanisée
en Ile de France, en 2003**

	Paris	Petite couronne	Grande couronne
Densité (D) en habitants + emplois par ha de surface urbanisée	386	93	36
Portée (P) des déplacements intrazonales (km)	3,2	4,0	5,7
Nombre moyen de destinations accessibles (A)	2467	471	752
Nombre moyen pondéré de destinations accessibles (milliers)	1495	330	642

Source : RGP et MOS.

Pour les déplacements entre zones différentes, seules les destinations accessibles dans la zone d'arrivée doivent être prises en compte. Aussi :

- pour les déplacements de Paris vers la Petite couronne, on enlève, à la surface accessible (calculée selon la formule précédente), la surface urbanisée de Paris (S_p) forcément accessible avec une portée $b \cdot P_{p-PC}$ de 11,6 km, d'où :
 $A_{p-PC} = [\pi \cdot (b \cdot P_{p-PC})^2 - S_p] \cdot D_{PC} \cdot a_{p-PC} = 868\ 000$;
- pour les déplacements de Paris vers la Grande couronne, on enlève de même, à la surface accessible, la surface urbanisée de Paris et de la Petite couronne ($S_p + S_{PC}$), d'où :
 $A_{p-GC} = [\pi \cdot (b \cdot P_{p-GC})^2 - (S_p + S_{PC})] \cdot D_{GC} \cdot a_{p-GC} = 749\ 000$;
- pour les déplacements de la Petite couronne ou de la Grande couronne vers Paris, on retient l'espace urbanisé de tout Paris :
 $A_{PC-p} = S_p \cdot D_p \cdot a_{PC-p} = 637\ 000$ et $A_{GC-p} = S_p \cdot D_p \cdot a_{GC-p} = 192\ 000$;
- pour les déplacements de la Petite couronne vers la Grande couronne, on enlève, à la surface accessible, la surface urbanisée de Paris et de la Petite couronne ($S_p + S_{PC}$) presque entièrement accessibles avec une portée $b \cdot P_{PC-GC}$ de 22,1 km, d'où :
 $A_{PC-GC} = [\pi \cdot (b \cdot P_{PC-GC})^2 - (S_p + S_{PC})] \cdot D_{GC} \cdot a_{PC-GC} = 363\ 000$;
- pour les déplacements de la Grande couronne vers la Petite couronne, on retient l'espace urbanisé de toute la Petite couronne :
 $A_{GC-PC} = S_{PC} \cdot D_{PC} \cdot a_{GC-PC} = 567\ 000$.

Là encore Paris s'avère privilégié, car il est relativement facile d'accéder du centre à toute la périphérie. La Grande couronne parvient également à accéder assez aisément à Paris et à la Petite couronne, mais les habitants de la périphérie s'aventurent bien plus rarement hors de leur zone que les Parisiens. Pour les habitants de Petite couronne, il est certes assez facile d'aller à Paris mais bien plus difficile d'aller dans toute la Grande couronne. La question du temps de déplacement à prendre en compte n'est donc pas indifférente. Certes, en 1 h, il est presque possible d'aller d'un bout à l'autre de l'agglomération et peu importe alors que l'on soit situé au centre ou en périphérie, mais en prenant les portées réelles des déplacements, il en va autrement.

Le tableau suivant détaille l'ensemble des résultats.

Estimation de l'évolution des destinations accessibles en Ile de France

	Source ou calcul	Paris		Petite couronne		Grande couronne		Total ou moyenne	
		1982	2003	1982	2003	1982	2003	1982	2003
Période		1982	2003	1982	2003	1982	2003	1982	2003
Population (H) (milliers)	RGP	2180	2147	3900	4211	3990	4950		
Emplois (E) (milliers)	RGP	1808	1601	1629	1777	1267	1725		
Surface urbanisée (U) (km ²)	MOS	95	95	620	646	1514	1876		
part de la surface totale (%)	MOS	89,9	90,0	81,3	84,7	13,4	16,6		
Densité en habitants + emplois (D) (milliers / ha)	D = (H+E)/U	421	386	89	93	35	36		
Modes mécanisés (m)									
Portée des déplacements (Part modale) (km)	EGT								
– de Paris vers		3,1	3,2	8,2	8,3	21,5	24,7	4,9	5,3
– de Petite couronne vers		8,2	8,3	3,7	4,0	13,9	15,9	5,7	5,9
– de Grande couronne vers		21,5	24,7	13,9	15,9	4,6	5,9	7,6	8,5
Espace moyen accessible (S _m) (km ²)	(1)								
– de Paris vers		59	64	316	331	1514	1876		
– de Petite couronne vers		95	95	43	51	251	333		
– de Grande couronne vers		95	95	221	269	133	211		
Part des déplacements (a) (%)	EGT								
– de Paris vers		63,0	60,6	26,2	28,2	10,8	11,2	100	100
– de Petite couronne vers		20,4	17,4	68,9	70,1	10,6	12,5	100	100
– de Grande couronne vers		7,6	5,2	9,7	9,5	82,6	85,3	100	100
Estimation du nombre de destinations accessibles (A _m) (milliers)	(1)								
– de Paris vers		1571	1495	739	868	566	749	2877	3112
– de Petite couronne vers		814	637	262	330	178	363	1254	1331
– de Grande couronne vers		305	192	536	567	380	642	1222	1400
Marche (n)									
Portée des déplacements internes à la zone (P _n) (km) (2)	EGT	0,47	0,61	0,58	0,60	0,57	0,70		
Espace moyen accessible (S _n) (km ²)	S _n = πP _n ²	138	233	208	220	202	306		
Estimation du nombre de destinations accessibles (A _n) (milliers)	A _n = S _n *D	82	126	26	29	10	15		

NB : les dates du MOS (1982 et 2003), de l'EGT (1983 et 2001) et du RGP (1982 et 1999) ne coïncident pas tout à fait. Aussi, des extrapolations linéaires ont été réalisées sur les résultats de l'EGT et des actualisations utilisées pour le RGP.

(1) Voir les formules ci-dessus.

(2) Les déplacements à pied entre les zones sont négligeables : moins de 3 %.

CHAPITRE 2.

LE COUT DE LA CONSOMMATION D'ESPACE DES TRANSPORTS EN MILIEU URBAIN

Ce chapitre a pour seul objectif de contribuer à défricher ce sujet encore largement en jachère, de révéler certaines impasses et d'ouvrir des pistes de recherche. Il n'a pas la prétention d'aborder toutes les dimensions du sujet, mais de préciser d'abord le coût des espaces de stationnement et de circulation (I), puis de montrer que seule la consommation excessive d'espace peut être considérée comme une nuisance (II), d'explorer au passage les méthodes d'évaluation susceptibles d'être utilisées (III) et enfin de tenter d'évaluer le coût social des dommages (IV). Il insiste avant tout sur les méthodes qui ont grand besoin d'être améliorées, plutôt que sur l'évaluation précise des coûts.

I – LE COUT DES ESPACES DE CIRCULATION ET DE STATIONNEMENT

Pour aborder cette question, il est bon de commencer par rappeler que la valeur d'une voirie urbaine dépend de sa qualité d'espace public (A), puis de préciser qu'il n'est pas si difficile d'établir le coût des espaces de stationnement et de circulation (B), mais que sa prise en compte comme nuisance laisse perplexe, comme l'indique l'état du débat sur le coût de la consommation d'espace (C).

A/ LA VALEUR DE LA VOIRIE URBAINE, COMME ESPACE PUBLIC

La voirie n'est pas concevable sans la penser aussi comme espace public (1) et dans ses relations avec l'espace bâti (2).

1. Voirie et espace public

Une voirie urbaine n'est pas qu'un espace de circulation et de stationnement aux caractéristiques géométriques et fonctionnelles, c'est aussi et d'abord un **espace public** qui accueille de nombreux usages et usagers (CNT, 2005).

C'est évident pour les trottoirs ou les aires piétonnes, car chacun sait qu'ils ne se limitent pas à une bande de circulation, mais accueillent également des plantations, des terrasses de café

ou de restaurants, des étals de commerçants ou du mobilier urbain, et que ces espaces sont fréquentés non seulement par des personnes se déplaçant à pied pour un motif utilitaire, mais aussi par des clients qui pratiquent le lèche vitrine, des flâneurs (touristes et promeneurs), des enfants qui jouent, des joggeurs, des riverains qui discutent ou prennent l'air.

C'est aussi le cas, dans une moindre mesure, des chaussées dont l'usage ne se limite pas à la circulation des véhicules, mais qui peuvent également servir à l'occasion pour des manifestations (comme Paris-plage...), des fêtes de quartier, des convois exceptionnels, des courses cyclistes, le déploiement de la grande échelle des pompiers, etc. Ce n'est que dans le cas des voiries express (voies rapides et autoroutes) ou des voiries souterraines que la fonction circulatoire devient exclusive de tout autre usage. Mais, en milieu urbain, cette dissociation des fonctions circulation et vie locale – préconisée par les tenants de la Charte d'Athènes (Le Corbusier, 1993) – ne peut être que limitée à quelques tronçons de voirie, puisque l'essentiel du réseau viaire doit nécessairement assurer une fonction de desserte locale (Brès, 1998).

Même si certains ont voulu la réduire à sa fonction circulatoire¹, la voirie urbaine est bien avant tout un espace public qui participe de l'urbanité et du lien social.

2. Espace public et espace bâti

L'espace public est en très étroite relation avec l'espace bâti. Leurs existences mêmes sont liées. Ce sont en quelque sorte des produits joints (au sens économique du terme), bien plus complémentaires que substituables. Il est rare que des espaces viaires soient transformés en immeubles ou, à l'inverse, que des percées soient réalisées dans le tissu urbain. Pour certains urbanistes, l'espace public est d'ailleurs défini comme l'ensemble des espaces non bâtis, composant les creux de la ville, par opposition au bâti qui en compose les pleins (Julien, 2001).

Ainsi, la valeur d'un espace public dépend certes de ses qualités intrinsèques liées à son aménagement : revêtement, plantations, mobilier urbain, éclairage..., mais aussi de l'environnement bâti et de ce qu'il accueille ou génère :

- l'esthétique des constructions environnantes (hauteurs, volumes, façades, matériaux...),
- la densité humaine qui assure l'animation de la rue,
- l'équilibre entre les activités (habitat, emplois, commerces, restauration, loisirs...).

C'est pourquoi, la conception de tels espaces doit s'inscrire dans un plan d'ensemble, un projet urbain (Mangin et Panerai, 1999).

De manière symétrique, la valeur d'un logement dépend non seulement de ses caractéristiques internes (taille, disposition des pièces, confort...), mais aussi de son environnement :

- l'existence d'une vue dégagée et agréable, une exposition ensoleillée,
- un trafic ne générant pas trop de nuisances (bruit, pollution, accidents...)
- et surtout une bonne accessibilité...

En résumé : la voirie apporte l'accessibilité nécessaire aux immeubles et les immeubles la densité humaine justifiant la voirie. En langage plus économique, les transports contribuent à valoriser le foncier et les immeubles dont les activités sont la raison d'être des transports qui n'ont pas d'utilité en eux-mêmes.

¹ Le sociologue américain R. Sennett déplore ainsi que « L'espace public [soit] devenu un dérivé du mouvement », cité par T. Paquot (2006).

La valeur de l'espace public et celle de l'espace bâti sont donc étroitement liées¹. C'est pourquoi, on peut considérer que leurs valeurs sont semblables ou, qu'en d'autres termes, le coût du foncier est le même qu'il s'agisse d'immeubles ou de voirie, que les voiries soit nouvelles ou anciennes. Pour les voiries nouvelles, le coût d'expropriation est d'ailleurs proche des coûts sur le marché foncier. Pour les voiries anciennes, pour lesquelles les évaluations sont pratiquement impossibles², mais qui jouent le même rôle que les voiries nouvelles, il apparaît logique de considérer que leur valeur est également proche des coûts sur le marché foncier. C'est aussi la conclusion du « rapport Boiteux 2 » (2001, p. 71) :

« Ainsi, si l'on suppose que le foncier est complètement fongible à long terme entre ses différentes utilisations (voirie, bâti, espace récréatif, etc.), on peut considérer que le prix du foncier révèle le prix de l'espace en ville quelle que soit son affectation. »

B/ LA VALEUR DES ESPACES DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION

Ces deux types d'espace ont eux aussi des valeurs communes explique, dès 1984, L. Marchand :

« le tarif du stationnement sur voirie n'est que l'expression du coût de la location temporaire (une heure par exemple) d'une surface de 10 m² sur chaussée en bordure de trottoir : soit à Paris, aujourd'hui, une valeur de 6 F et une valorisation de l'unité "m² x h" à 0,60 F. Plus généralement, on peut observer que les coûts de création de m² d'espaces nouveaux pour la fonction transport (qu'il s'agisse d'autoroutes urbaines, de parkings ou de lignes de métro) s'ils sont rapportés au nombre total d'heures d'utilisation correspondant à leur durée de vie conduisent à des valeurs actualisées du "m² x h" qui sont du même ordre de grandeur que celles obtenues pour le stationnement sur voirie.

On peut alors considérer que le marché de l'espace viaire existant et celui de l'espace créé sont suffisamment équilibrés pour ne constituer en réalité qu'un seul marché : la voirie existante représente une valeur semblable à celle d'une voirie équivalente qu'il faudrait construire ex nihilo. » (1984, pp. 7-8, c'est l'auteur qui souligne en gras)

Le raisonnement de Marchand se résume ainsi : si le coût du m².h de stationnement est du même ordre que celui d'une voirie nouvelle, alors on peut considérer que celui d'une voirie ancienne n'est pas différent et qu'il n'existe qu'une valeur du m².h, de l'ordre de 0,60 F 1984. A Paris, depuis 2002, le coût d'une heure sur une place de stationnement rotatif (de 9 h à 19 h du lundi au vendredi, avec un temps de stationnement limité à deux heures consécutives) se situe aujourd'hui entre 0,30 € dans le quartier central des affaires (un quadrilatère entre Etoile et Châtelet, les Grands Boulevards et la Seine), 0,20 € dans les autres quartiers centraux et 0,10 € dans les arrondissements périphériques (hormis à l'ouest). La moyenne se situe donc vers 0,15 € le m².h minimum.

¹ Comme le bâti, la voirie est d'ailleurs un patrimoine souligne Yan Le Gal (2002).

² « Pour les voies les plus anciennes, dont l'emprise est publique depuis très longtemps (parfois plusieurs siècles), le problème de savoir si l'espace a été payé ou non à un prix correct lors de son acquisition n'a plus grand sens, mais guère moins que celui de la valeur actuelle des infrastructures anciennes : que vaut telle route établie sur un tracé qui existait déjà en partie il y a plusieurs siècles, dont les terrassements, ainsi que les ouvrages d'art, datent du début du siècle ? » (Quinet, 1993, p. 58)

On peut trouver au moins trois arguments qui militent en ce sens :

- En ce qui concerne le stationnement, le prix des places disponibles sur la voie publique n'a pas uniquement comme objectif de tarifer un espace rare et de faciliter la rotation des véhicules, mais aussi de rendre attractif pour des promoteurs privés l'investissement dans de nouveaux espaces de stationnement en ouvrage et d'équilibrer ainsi le marché du stationnement (Dussart et Taterode, 1987)¹.
- En ce qui concerne la circulation, les voiries nouvelles comme les voiries anciennes jouent un rôle identique dans la valorisation du bâti, qui lui-même contribue à valoriser les voiries, qu'elles soient nouvelles ou anciennes (voir ci-dessus).
- Enfin, les espaces de stationnement et de circulation sont en partie substituables, comme l'indiquent le stationnement supprimé sur certaines voiries du réseau principal pour faciliter le trafic (les « axes rouges » à Paris) ou les nombreuses rues mises en sens unique pour ajouter une file de stationnement.

Pourtant, selon le rapport « Boiteux 2 » (2001, p. 70) :

« Cette méthode [de L. Marchand] a été fortement contestée. Le raisonnement suppose que le prix du stationnement reflète le coût social de l'espace de voirie existant ; or, il n'y a pas de raison pour que ce soit le cas (notamment parce que la tarification du stationnement sur voirie poursuit d'autres objectifs que de refléter ce coût). D'autre part, la méthode souffre d'une lacune fondamentale : elle ne distingue pas le $m^2 \times h$ d'heure creuse (dont le coût économique d'usage est nul ou presque) et le $m^2 \times h$ d'heure de pointe (dont le coût économique d'usage est égal au coût marginal de congestion de la voirie et peut être très élevé). »

Le premier argument a été clairement illustré par la décision de la municipalité prise en 2001 de réduire fortement le prix du stationnement résidentiel, à partir de 2002, essentiellement dans les rues situées hors du quartier central des affaires et sur les artères accueillant des commerces ou des bureaux, pour inciter les Parisiens à ne pas prendre leur voiture, ce qui confirme que d'autres objectifs sont effectivement poursuivis. Mais on peut néanmoins admettre que les places de stationnement rotatif sont bien les plus convoitées, et que leur tarification reflète malgré tout – certes grossièrement – le coût social de l'espace de voirie existant.

Le second argument paraît excessif, du moins en ce qui concerne Paris, dans la mesure où il n'y a pratiquement pas d'heures creuses de jour dans la capitale, car la pression automobile y est élevée et la mixité des fonctions urbaines encore assez forte. Les places sont tour à tour occupées par des résidents, des salariés, des livreurs, des artisans, des touristes, des clients... Quant aux heures creuses de nuit, les ingénieurs de la RATP ont toujours pris soin de les écarter de l'analyse. Pour la voirie affectée à la circulation, le raisonnement est le même. Les écarts ne sont donc pas si énormes et il peut paraître justifié, même si cela reste grossier, de considérer un prix unique du $m^2 \cdot h$ pour les heures de jour.

Ainsi, la critique porte avant tout sur le caractère trop rudimentaire de l'analyse, sans l'invalider complètement pour autant. En fait, le problème majeur est ailleurs.

¹ C'est pourquoi, la forte baisse du tarif résidentiel décidée en 2001 a été beaucoup critiquée, car elle décourage l'usage des parkings en ouvrage.

C/ LE DEBAT SUR LE COÛT DE LA CONSOMMATION D'ESPACE

S'il apparaît possible d'évaluer le coût de la consommation d'espace viaire, reste cependant une question clef : faut-il considérer l'ensemble du coût de cette consommation d'espace comme l'évaluation d'une nuisance ?

Le CETUR répond clairement non :

« Les transports génèrent des effets externes négatifs (bruit, pollution...) et des effets externes positifs parmi lesquels on peut citer la valorisation du foncier (phénomènes des plus-values foncières). Dans ces conditions, il paraît excessif d'affecter l'intégralité du coût du foncier pour évaluer le coût de la consommation d'espace sur une voirie existante. » (SOFRETU, CETUR, 1994, p. 51 de la synthèse, note 1)

Et il propose de retenir, mais sans vraiment le justifier, un coût de la consommation d'espace évalué à 0,18 F le m².h en stationnement comme en circulation, soit 3,5 fois moindre que les 0,60 F de L. Marchand.

La RATP puis le STP se conformeront plus tard à ces recommandations. Ainsi, J. Vivier tente de justifier le coût proposé par le CETUR – devenu CERTU en 1993 – en proposant une autre méthode que L. Marchand :

« Plusieurs méthodes d'évaluation peuvent être envisagées. Louis Marchand propose de se fonder notamment sur la tarification observée du stationnement sur voirie. On aboutit alors à des valeurs très élevées (plus de 1 franc par m² x heure [en 1997]) dans l'hypercentre, où il n'y a guère que des places tarifées au prix du stationnement rotatif de courte durée, et plus modérées dans les arrondissements périphériques et en proche couronne, où l'offre se répartit entre stationnement résidentiel et stationnement rotatif (entre 0,1 à 0,5 franc par m² x heure selon le type de stationnement et la localisation). Une telle approche conduirait à un prix moyen du m² x heure de l'ordre de 1 franc dans les arrondissements centraux de Paris, 0,25 franc dans les arrondissements périphériques et 0,1 franc en première couronne.

Le coût d'amortissement d'un investissement de création d'un nouvel espace de stationnement ou de circulation en souterrain est une autre voie possible (proposée par Louis Marchand), dès lors que cette création correspond à la mise en œuvre d'une politique de résorption de la pénurie de places de stationnement sur voirie. Elle conduit à des valeurs plus homogènes, entre 0,3 franc et 0,7 franc par m² x heure (pour un amortissement sur 50 ans, avec un taux d'intérêt annuel réel de 5 % et une occupation "utile" de l'espace créé de 3 600 heures par an).

En définitive, nous avons retenu une approche plus globale et assez sommaire, fondée sur le coût du foncier et un taux de rentabilité "normal" du capital qui conduit à des valeurs très modérées du m² x heure. »

Et l'auteur d'en déduire le tableau suivant :

Coût du m² x heure selon la localisation

Localisation	Prix moyen du m ² de terrain	Revenu annuel « normal » du capital foncier au taux de 6%	Nombre annuel d'heures « utiles » à la circulation ou au stationnement	Coût du m ² .h
Paris	10 000 F	600 F	3 600	0,167 F
Première couronne	5 000 F	300 F	3 600	0,083 F
Deuxième couronne	2 000 F	120 F	3 600	0,033 F

Source : Vivier, 1997, annexes, p. 122.

On constate que :

- le prix moyen du m² de terrain est nettement sous-estimé ;
- l'occupation utile de l'espace créé, estimée à 3600 heures par an, correspond à une amplitude journalière de 12 h pendant 300 jours par an, ce qui semble réaliste ;
- le calcul du revenu annuel du capital foncier est assez sommaire.

Sur ce dernier point, L. Debrincat, économiste au STP, a affiné ces travaux en utilisant les méthodes d'actualisation préconisées par le Commissariat Général du Plan. Elle obtient les valeurs un peu supérieures suivantes :

Coût du m² x heure selon la localisation

Localisation	Coût du m ² x heure	
Paris	0,232 F	(0,035 €)
Première couronne	0,116 F	(0,018 €)
Deuxième couronne	0,046 F	(0,007 €)

Source : STP et *alii*, 1998.

Mais ces valeurs restent très en deçà des premiers résultats de Marchand, à peu près divisés par 5. Et malgré cette estimation très basse, faute d'arguments suffisamment convaincants, le coût de la consommation d'espace n'a jamais été intégré dans le total des coûts externes des transports en Ile de France.

Car les économistes s'interrogent. Ainsi estime le « rapport Boiteux 1 » (1995) :

« ... le compte régional transport propose une évaluation d'un coût de la consommation d'espace considéré comme un phénomène dominant pour les transports en milieu urbain. L'espace viaire est un capital public qu'il convient d'appréhender comme un stock qui intègre les coûts fonciers et l'ensemble des dépenses réalisées dans le passé¹. Pour un déplacement, cette consommation se compose de l'espace utilisé par les véhicules en circulation et de l'espace consacré au stationnement. Il est calculé à partir des coûts fonciers et d'investissement réalisés et des coûts de fonctionnement associés rapportés au trafic de chacun des modes. On détermine ainsi un coût économique de la consommation d'espace qui est actuellement non tarifé (ou partiellement pour le stationnement) et qui est nettement plus élevé pour l'automobiliste que pour l'utilisateur de transport collectif. L'estimation, qui ne constitue à l'heure actuelle qu'une ébauche de proposition s'élève à 3,80 F par véhicule x kilomètre à Paris et 2 F à 2,50 F en banlieue.

¹ Coût des déplacements pour la collectivité en Ile de France, RATP, mars 1993.

Il est certain que la prise en compte de cette notion, qui est loin de faire l'objet d'un consensus sur son utilisation¹, modifierait largement les résultats du calcul socio-économique, au moins pour les déplacements liés à la VP. On ressent intuitivement la nécessité de prendre en compte dans le domaine du transport une valorisation d'un espace rare en milieu urbain mais celle-ci n'est pas évidente à mesurer ni à monétariser. » (annexe 2, pp. 99-100, les deux notes font partie de la citation)

Six ans plus tard, le « rapport Boiteux 2 » s'interroge toujours et redoute les doubles comptes (2001, p. 70) :

« Toutefois, ce type de calcul pose un problème dans la mesure où l'analyse économique des projets prend en compte d'autres effets qui interfèrent pour partie avec la consommation de l'espace. De ce fait, si ce type d'approche permet bien une première estimation, très approchée, des performances des différents modes de transport en termes de consommation d'espace-temps, il ne saurait en revanche être utilisé, sans double compte, dans un calcul économique où sont déjà intégrées, dans le bilan coût-avantage, les répercussions de l'opération envisagée sur les conditions antérieures d'utilisation de l'espace. »

Alors, faut-il carrément renoncer à toute prise en compte du coût de la consommation d'espace, comme R. Darbera (1992) l'affirme ?

« il ne faut pas allouer aux déplacements le coût d'opportunité de l'espace occupé par les rues. La circulation crée (à côté de beaucoup d'externalités négatives) une externalité positive, qui, au même titre que les espaces verts et les voies piétonnes, compense exactement le coût d'opportunité de l'espace utilisé. »

Pour tenter d'avancer dans ce débat, il est temps de se demander en quoi la consommation d'espace peut être ou non considérée comme une nuisance, une question cruciale pourtant encore peu explorée.

II – LA CONSOMMATION EXCESSIVE D'ESPACE COMME NUISANCE

La consommation d'espace par les transports est-elle vraiment une nuisance ? Pour répondre à cette question, il convient d'abord de revenir brièvement sur la conception économique classique de ce qu'est une nuisance (A), puis de constater que, conformément à cette conception, les dommages ne sont engendrés que par une consommation excessive d'espace par certains usagers au détriment d'autres usagers (B) et enfin d'explorer les politiques d'aménagement spatial permettant de traiter ces dommages (C).

A/ LA CONCEPTION ECONOMIQUE DES NUISANCES

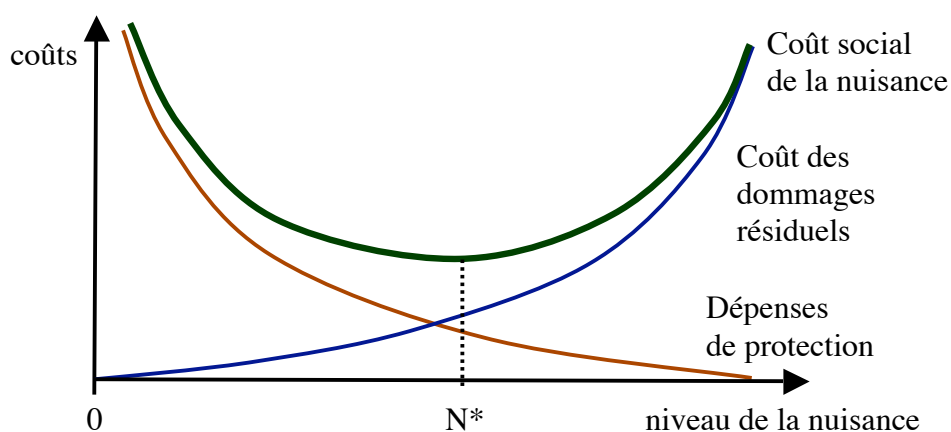
Pour les économistes, la maîtrise d'une nuisance repose sur un compromis à réaliser entre les dépenses de protection et le coût des dommages résiduels, de façon à minimiser le coût social total (voir le schéma ci-après), sachant que :

¹ Les discordances portent sur les risques de double compte et la façon de valoriser les investissements passés.

coût social total = dépenses de protection + coût des dommages résiduels

Et à l'optimum, le coût marginal des dommages doit être égal aux dépenses marginales de protection.

La détermination du niveau optimal d'une nuisance



Source : Lamure et Lambert, 1993, p. 6.

Même s'il est bien difficile d'évaluer tous ces coûts et de tracer ces courbes (comme on le verra ci-après), un tel raisonnement a d'abord le mérite de rappeler que l'idée de « **nuisance zéro** » – c'est-à-dire de suppression totale de la nuisance – n'a aucun sens, si on la considère comme un objectif. Car un tel objectif n'est pas réalisable, ni même souhaitable. Une ville sans aucun bruit serait un enfer, la suppression de toute pollution coûterait une fortune, une totale absence d'accidents exigerait des déplacements très lents, la disparition de toute congestion supposerait des chaussées quasi désertes, etc. En fait, l'idée de « nuisance zéro » a bien un sens si on la considère comme **un principe** vers lequel il convient de tendre, mais qu'il ne faut pas atteindre : ce que rappelle, par exemple, l'ambitieuse politique de sécurité routière de la Suède intitulée « Vision zéro »¹.

Le raisonnement économique a également l'avantage de montrer qu'on ne peut laisser se développer une nuisance sans qu'elle finisse par avoir des conséquences coûteuses, insupportables. Car de multiples effets apparaissent, puis se combinent et se renforcent mutuellement.

La consommation d'espace rentre bien dans ce type de logique. D'une part, il est normal qu'un mode de transport consomme un certain espace : c'est dans sa nature même. D'autre part, dans les cas limites tels que ceux existant par exemple aux Etats-Unis, il apparaît excessif que plus du tiers de l'espace urbanisé soit consacré aux transports, comme à Denver (38 % selon Apel, 2000) ou à Los Angeles où ce serait du même ordre selon nos calculs (voir première partie, chapitre 3, section I). De même, sur un espace viaire donné ouvert aux divers modes de déplacement, il peut sembler anormal que l'essentiel de l'espace soit accaparé par un seul mode.

¹ Il en est exactement de même en gestion de production : les « cinq zéros » préconisés par les ingénieurs japonais dans les années 80 – zéro stock, zéro délai, zéro défaut, zéro panne, zéro papier – ne sont en rien des objectifs mais des principes : ils sont inatteignables et ne doivent surtout pas être atteints ont démontré bien des gestionnaires, mais c'est néanmoins ce vers quoi il convient de tendre.

Comme pour les autres nuisances, **ce n'est donc pas la consommation d'espace en soi qui pose problème, mais son excès et ses conséquences**, dont il faut prendre toute la mesure.

B/ LES DOMMAGES ENGENDRES PAR UNE CONSOMMATION EXCESSIVE D'ESPACE

Dans le domaine des transports, tout effet négatif externe est par définition provoqué par certains usagers (les émetteurs) et subi par d'autres usagers (les récepteurs). La consommation excessive d'espace rentre bien dans ce cadre. L'espace étant rare en milieu urbain, sa consommation pour un certain usage se fait nécessairement au détriment d'autres usages : des voiries ou des voies ferrées au lieu d'immeubles ou de parcs urbains, des chaussées pour les voitures au lieu de trottoirs ou d'aménagements cyclables, etc. Or, ce sont les véhicules individuels motorisés qui, par leur caractère envahissant (1), provoquent la plupart des conflits d'usage (2) et engendrent des dommages (3).

1. Le caractère envahissant des véhicules individuels motorisés

Plusieurs phénomènes se conjuguent pour donner à ces véhicules un caractère très envahissant, générateur de congestion.

1/ La **place occupée** par personne transportée. Comme la première partie l'a montré, le mode le plus consommateur d'espace est de loin l'automobile. Certes, sur le plan de la circulation, les écarts en termes de $m^2 \cdot h$ par voy.km sont peu marqués entre les voyageurs en bus sur voie réservée, les cyclistes sur aménagements cyclables et les automobilistes. Mais en terme de stationnement, il en va tout autrement, puisqu'un bus ne stationne que brièvement en centre-ville et qu'un vélo prend 8 à 13 fois moins d'espace par personne qu'une voiture. Le stationnement est le talon d'Achille de la voiture (d'où l'intérêt du taxi et de l'autopartage).

2/ La **taille**. Une automobile occupe un volume 20 fois supérieur à celui d'un piéton ou 10 fois supérieur à celui d'un cycliste avec sa bicyclette. En un siècle, ses dimensions n'ont cessé de croître. Le succès des 4x4 repose d'ailleurs en partie sur leurs formes hautes et galbées. Le paysage urbain est aujourd'hui saturé de véhicules, dont la présence s'impose au regard.

3/ Le **bruit**. C'est l'autre impact sensoriel des véhicules motorisés. Le bruit du moteur domine aux faibles vitesses et le bruit de roulement au-delà de 50 km/h. L'univers sonore urbain est aujourd'hui saturé par le bruit des automobiles et deux-roues motorisés, ce qui renforce encore leur présence. Un piéton ne peut se faire entendre. Une sonnette de bicyclette est peu audible dans le trafic et perce mal les habitacles de mieux en mieux insonorisés.

4/ L'**inertie**. Le poids et la vitesse des véhicules individuels motorisés leur procurent une énergie cinétique considérable face aux usagers non motorisés ($e = \frac{1}{2} m v^2$). Et de fait, on n'a jamais vu un piéton ou un cycliste renverser une voiture. De même, la simple masse d'une voiture, d'une moto ou même d'un scooter à l'arrêt constitue un obstacle. Impossible pour les piétons et cyclistes de les déplacer s'ils encombrant leurs espaces. Les lois de la physique tournent forcément à l'avantage des plus lourds.

5/ L'**agilité**. Les automobiles peuvent se glisser dans tout espace d'au moins 1,80 m de large, escalader une bordure d'une quinzaine de cm, gravir des pentes de 15 %... Et les deux-roues motorisés, encore bien plus agiles, peuvent circuler pratiquement dans les mêmes lieux que les piétons, hormis les escaliers.

6/ La **prolifération**. Avec la motorisation croissante de la société, les véhicules se multiplient et créent une dynamique en leur faveur, imposant partout leur nombre. Difficile pour des piétons de rester à discuter sur un trottoir quand une voiture veut s'y installer, de refuser de s'écarter quand une moto y circule. Face au flot automobile, les piétons et les cyclistes passent inaperçus. De récentes recherches ont d'ailleurs montré que le risque d'accident des modes non motorisés s'accroît fortement avec leur marginalisation (Jacobsen, 2003).

Grâce à toutes ces facultés, dans les zones où la lutte pour l'espace est particulièrement forte, c'est-à-dire en milieu urbain, les véhicules individuels motorisés tendent à occuper tout l'espace disponible, tout comme un gaz, une métaphore souvent utilisée. Les nouveaux espaces dévolus à l'automobile n'échappent pas à cette règle et sont eux aussi rapidement saturés. C'est ainsi qu'en libérant de l'espace en surface, la création d'une ligne de métro favorise aussi le trafic automobile.

Existe-t-il cependant une limite à cet envahissement ? Force est de constater que dès que se concentrent quelques milliers d'habitants libres de se déplacer à leur guise en voiture, des encombrements de la voirie deviennent inévitables, dès qu'un générateur de trafic même modeste provoque un afflux de véhicules, à certaines heures ou occasions : desserte des écoles, du marché hebdomadaire, du stade un jour de match important... **La congestion est inhérente aux déplacements automobiles en milieu urbain**, parce que la voiture a besoin d'espaces considérables.

Le cas limite de **Los Angeles** est particulièrement éclairant. Depuis les années 20 et le démantèlement de son réseau de tramways, cette ville a accordé sans restriction de très importants espaces viaires à l'automobile, en construisant plus de 1000 km d'autoroutes urbaines (dont certaines à 2 x 6 voies), en installant partout de vastes parkings, en refusant tout couloir bus, en négligeant l'aménagement de trottoirs dans de nombreuses rues. Résultat : la part de la voirie dans l'espace urbanisé y est aujourd'hui proche de 40 %. Pourtant, la congestion automobile y est importante et récurrente. A tel point que, depuis la fin des années 80, la ville a dû renoncer au tout automobile et a accepté de se lancer dans une politique de développement des transports publics, en construisant un métro, en réactivant certaines lignes de chemin de fer, en réservant des voies autoroutières aux bus et aux véhicules transportant deux personnes ou plus (high occupancy vehicle lanes)... Cet exemple est la preuve que, même dans un environnement urbain peu dense (en moyenne 30 habitants par ha) et malgré le déploiement d'aménagements considérables, la voiture ne peut pas assurer à elle seule des déplacements fluides¹.

Ainsi, qu'on le veuille ou non, **l'usage libre de l'automobile en milieu urbain est forcément contraint par sa consommation d'espace**. Et corollaire : **aucune politique d'aménagement viaire ne peut desserrer durablement cette contrainte**. Invoquer la liberté de déplacement (article 1 de la LOTI) pour justifier une politique d'aménagement en faveur de l'automobile n'a donc pas de sens, car, en ville, l'usage de la voiture est forcément limité. Il existera toujours une pénurie d'espace automobile, des problèmes de congestion. Et puisque même la création d'espaces nouveaux ne parvient jamais à terme à satisfaire la demande, **le rationnement ou la tarification de l'espace viaire automobile est inévitable**.

¹ Le cas de Paris est *a fortiori* bien plus édifiant. Si les déplacements en voiture devaient s'y faire dans la même proportion qu'à Los Angeles, il faudrait raser toute la ville pour construire à la place la voirie nécessaire...

2. Les conflits dans l'usage de l'espace

La rareté de l'espace en milieu urbain entraîne deux types de conflits d'usage : d'une part, sur la voirie existante entre modes de déplacement et, d'autre part, dans l'affectation des sols entre le transport et les autres activités.

1/ **Le partage de la voirie**¹. A court terme, l'espace consacré aux déplacements n'est pas extensible. Aussi, les modes les plus envahissants tendent à occuper tout l'espace existant au détriment des autres usagers. Et comme il n'existe pas de limite naturelle à cette tendance (on l'a vu ci-dessus), les conflits sont inévitables. En d'autres termes, les véhicules (à l'origine hippomobiles puis) automobiles étant de loin les plus consommateurs d'espace par personne transportée (ou par colis transporté), ils exercent une forte pression sur les piétons, les cyclistes et les usagers des transports publics beaucoup plus économes en espace.

Pour donner un ordre de grandeur, en un siècle et demi, la part de l'espace viaire accordée aux piétons et cyclistes est passée dans les centres-villes peut-être des trois quarts à 30 à 40 % et en périphérie à seulement 10 à 20 %. Les piétons s'étaient appropriés toutes les rues secondaires et ce n'est que dans les années 20 à 30 qu'ils ont été chassés de la chaussée puis contraints de traverser les rues sur les passages cloutés (Guillaume, 2000). A Paris, du temps d'Haussmann, les trottoirs représentaient au moins 50 % de l'espace viaire des nouvelles avenues, puis cette part est descendue vers 40 % en 1900, et à peine 30 % en 1940. Aujourd'hui, la seule règle qui demeure, depuis le décret du 31 août 1999, est que « La largeur minimale du cheminement doit être de 1,40 mètre hors mobilier urbain ou autre obstacle éventuel », ce qui justifie malgré tout l'élargissement des trottoirs dans quelques rues étroites.

2/ **L'affectation des sols**. A plus long terme, l'espace consacré aux transports peut être étendu au détriment des autres usages des sols. Comme la demande d'espace des véhicules (hippomobiles puis) automobiles est très forte, elle tend à s'imposer au centre comme en périphérie. Au centre, cela s'est traduit surtout par l'élargissement des rues, les percées, la création de gares ferroviaires ou l'aménagement de rocade sur les glacis des anciennes fortifications... En périphérie, se sont répandus avant tout les parkings en surface, les voies express et leurs échangeurs, les dépôts de bus et les voies de garage des tramways et métros.

En deux siècles, dans les centres-villes, on peut estimer que l'espace consacré aux transports est passé de 10-15 % à 20-25 % et que, par habitant, compte tenu de la perte de population, il a peut-être doublé. Malgré une consommation d'espace par les transports moindre en périphérie, de l'ordre de 15 % à cause de réseaux trop peu maillés, le ratio par habitant y est 4 fois supérieur (voir partie 2, chapitre 1, II-B).

3. La nature des dommages

L'identification des dommages peut maintenant être abordée de front. Les modes les plus consommateurs d'espace – pour l'essentiel l'automobile – provoquent en fin de compte deux types de dommages : une insuffisance d'espace pour les autres usagers – les modes alternatifs à l'automobile – et une restriction de l'espace accordé aux autres activités que le transport.

¹ L'expression « partage de la voirie » est assez ambiguë car elle recouvre pour certains la cohabitation entre les modes et pour d'autres leur ségrégation.

1/ **L'insuffisance des espaces utilisables par les modes alternatifs à l'automobile** s'exprime par :

- des trottoirs souvent trop étroits, limités à la stricte circulation des piétons qui peuvent à peine se croiser, ou parfois même inexistants comme c'est parfois le cas en périphérie. On sait pourtant, que la qualité des espaces publics joue un rôle important dans la pratique de la marche et des activités qui lui sont étroitement liées (GART, 2000) ;
- des aménagements cyclables souvent absents sur la voirie principale ou une cohabitation trop risquée à cause de la vitesse excessive des véhicules motorisés. La continuité, un maillage correct et un niveau de sécurité homogène sont pourtant indispensables (CERTU, 2000) ;
- des couloirs de bus trop rares, avec des usagers soumis aux aléas du trafic automobile. De récents travaux ont souligné l'importance pour les usagers d'une bonne régularité des transports publics (Debrincat, 2005) ;
- quelques lignes de métro peu maillées à la place d'un réseau de tramway (voir les cas de Toulouse et Bordeaux).

Cette situation tend à réduire la mobilité des piétons, des cyclistes et des usagers des transports publics. Car elle rend les déplacements à pied et à vélo peu agréables, parfois dangereux quand les espaces sont restreints, plus longs ou même impossibles quand les espaces manquent (comme c'est le cas lorsque des détours sont imposés par des franchissements en nombre insuffisant). Et elle ralentit ou dissuade également les déplacements en bus englués dans les embouteillages. Un cercle vicieux s'installe : les difficultés de déplacement de ces usagers amènent certains d'entre eux à se reporter vers l'usage de l'automobile, ce qui aggrave encore la situation de ceux qui restent.

2/ **La restriction des espaces accordés aux autres activités que le transport** passe par :

- des tissus urbains anciens traversés par des voiries nouvelles à l'occasion de la démolition reconstruction de quartiers « vétustes », du traitement de friches industrielles, de percées ou d'élargissement de rues...
- des espaces verts, agricoles ou naturels réduits, avec des « ceintures vertes » rognées par des projets routiers (ou ferroviaires),
- des espaces bâtis repoussés loin des stations de transports publics par des parkings relais occupant les espaces les plus proches, des lotissements sans accès direct à la voirie principale limitée à des voies rapides bordées d'accotements et de délaissés, des zones commerciales entourées de vastes parkings et inaccessibles à pied ou à vélo...
- des surfaces habitables (dans les maisons individuelles ou les immeubles) et des jardins réduits par la place occupée par les garages et leurs accès...

Ces évolutions limitent là encore les déplacements de proximité ou en transport public. Car elles éloignent les fonctions urbaines, réduisent la densité humaine et compliquent les trajets.

Au total, le principal dommage qui résulte d'une forte consommation d'espace par l'automobile est **la diminution des déplacements utilisant des modes alternatifs**. Ainsi, le partage de la voirie selon les modes reflète la répartition modale. Mais c'est un miroir grossissant puisque l'automobiliste consomme bien plus d'espace que les autres usagers.

Car, en l'absence de traitement de la pénurie d'espace automobile (par la réalisation de parkings en ouvrage, de voiries souterraines, de lignes de métro, de percées en zone dense, de voies rapides en périphérie...), tout espace gagné par les uns est forcément perdu par les autres. Et comme la voiture consomme beaucoup plus d'espace de circulation et surtout de

stationnement que les autres modes par personne transportée, la mobilité automobile ne peut compenser la mobilité à pied, à vélo ou en transport public et débouche forcément sur des problèmes de congestion avec étalement de l'heure de pointe¹. **Dans un espace viaire donné et sans la création d'espaces nouveaux, favoriser l'automobile réduit nécessairement la mobilité des modes alternatifs.**

La difficulté est cependant de déterminer le rôle de la pénurie d'espace dans la réduction d'usage d'un mode. Pour l'automobile, personne n'ignore que la congestion est déterminante. Pour les transports publics, on sait qu'elle réduit la vitesse commerciale et provoque ainsi des pertes de temps et de l'inconfort. Pour la bicyclette, l'absence d'aménagements cyclables dans les zones 50 et plus interdit presque toute pratique. Et pour les piétons, les trottoirs étroits et l'omniprésence de l'automobile dissuadent fortement la marche. Il faudrait donc attribuer au manque d'espace une part importante de la baisse de la mobilité. Pour déterminer cette part, des enquêtes seraient nécessaires, par exemple en étudiant *a contrario* le regain de pratique de la marche et du vélo constaté dès que sont accordés à ces modes de déplacement des espaces suffisants. Il est donc essentiel de bien comprendre quelles sont les politiques permettant de traiter les dommages.

C/ LES POLITIQUES DE TRAITEMENT DES DOMMAGES

Pour traiter de la pénurie d'espace, il est d'usage chez les économistes de distinguer, d'une part, la création de nouvelles infrastructures et leur dimensionnement optimal et, d'autre part, l'allocation optimale de la ressource spatiale en utilisant trois outils de régulation possible : 1/ la file d'attente jugée très peu efficace car génératrice de congestion, 2/ la réglementation par la quantité (dont relèvent les plans de circulation et les diverses mesures de police) estimée peu efficace car ces normes sont mal différenciées, et 3/ la réglementation par les prix (à savoir la tarification du stationnement et le péage) considérée comme la plus pertinente grâce à sa vertu incitative et non prescriptive à adopter un comportement conforme à l'intérêt général².

Cette typologie globalement acceptable a cependant le défaut de ne pas rendre compte de certains types d'aménagement aussi importants aujourd'hui que l'élargissement des trottoirs, la création de zones 30 ou l'aménagement de sites propres pour transports en commun qui ne correspondent ni à la création d'espaces vraiment nouveaux, ni à des mesures purement réglementaires. Aussi, est-il préférable de proposer une typologie un peu différente en distinguant 1/ la création de nouveaux espaces de circulation et de stationnement qui accroît l'offre d'espace, 2/ la réglementation du trafic motorisé par les quantités ou les prix, solution qui cherche à réduire la demande ou 3/ la réaffectation des espaces existants au profit des modes alternatifs à l'automobile qui répartit autrement l'offre d'espace selon les modes. Ainsi, toutes les mesures utilisables par les politiques de déplacement peuvent être appréciées au regard de leur impact sur la consommation d'espace des divers modes.

¹ Le terme mobilité est utilisé au sens du CERTU, à savoir le nombre de déplacements sur une période donnée.

² Voir par exemple, F. Lévêque (1999) pour la circulation, qui rajoute d'ailleurs à cette liste le permis négociable de droits à circuler et la ville privée, ou R. Darbera et J.-Y. D'Halluin (2003) pour le stationnement.

1. La création de nouveaux espaces

La création de nouveaux espaces vise à augmenter l'offre de façon à ne léser aucun mode de déplacement pour que tout le monde soit *a priori* gagnant. C'est le cas typiquement des parkings souterrains aménagés sous les grandes places en centre-ville, favorisant à la fois le stationnement automobile et les déplacements des piétons, ou bien la construction de lignes de métro qui favorisent la circulation automobile en surface (au contraire des tramways qui la réduisent). C'est pourquoi, une telle politique d'aménagement est souvent plébiscitée par les usagers comme par les élus. Mais elle coûte, on s'en doute, beaucoup plus cher que le partage de la voirie et elle n'est jamais sans quelques inconvénients. On peut distinguer quatre types d'aménagement.

1/ La création d'**espaces souterrains** : tunnels, métros, passages piétons sous les chaussées, parkings... Ils ont *a priori* l'avantage d'éviter toute emprise en surface, mais ils nécessitent malgré tout des trémies d'accès provoquant souvent des effets de coupure non négligeables pour les piétons¹.

2/ La création d'**espaces aériens** : toboggans, métros aériens, passerelles... Leurs rampes d'accès occupent néanmoins un espace important et ils posent de délicats problèmes d'insertion dans le paysage.

3/ La création d'**espaces aménagés en surface dans le tissu urbain existant** : parkings à niveau ou en élévation, percées ou élargissement de rues par alignement des façades... Elle suppose des terrains disponibles soustraits à d'autres usages ou des expropriations.

4/ La création d'**espaces aménagés en surface sur des terrains non encore urbanisés** : rocadés, parkings... Ces espaces participent directement à l'étalement urbain.

2. La réglementation du trafic motorisé

Il consiste à limiter l'accès des véhicules individuels motorisés à des espaces de stationnement ou de circulation situés dans les lieux les plus fortement congestionnés ou pollués, en général le centre ou ses voies d'accès. Ce filtrage réduisant le trafic automobile, il favorise un certain report vers les modes économes en espace.

C'est le cas, par exemple, des 200 ZTL italiennes (zones à trafic limité), instaurées dans les années 80-90 pour réduire la pollution automobile dans les centres historiques, qui ont permis une relance de la marche et surtout de la pratique de la bicyclette (Lieutier, 1997). Suite à l'instauration du péage, Londres connaît également entre 2002 et 2006 une hausse significative des véhicules non soumis au péage entrant dans la zone : les cycles (+ 50 %), les taxis (+ 13 %) et les bus et autocars (+ 25 %), et une baisse sensible des « 4 roues et plus » (- 21 %) (Transport for London, 2007, p. 21).

On distingue habituellement la réglementation par les quantités – les normes fixant l'usage – et celle par les prix – la tarification –. Les normes appliquées à la circulation sont fixées par les plans de circulation : feux tricolores et autre signalisation, files de circulation, sens uni-

¹ Ainsi, le projet de dénivellation / couverture de la RN 13 dans Neuilly-sur-Seine, sensé « supprimer les effets de coupure » (selon le *Dossier du débat public*), créera en fait, en 1,4 km, quatre trémies d'accès annihilant presque entièrement cet impact espéré (Héran et Darbéra, 2006).

ques, limitations de vitesse... et les normes appliquées au stationnement par les plans du même nom : délimitation des zones de stationnement, limitations horaires, places réservées à certains usagers... La tarification peut concerner la circulation avec l'instauration d'un péage, ou le stationnement quand il est rendu payant.

Parce que relevant de la prescription, les normes seraient moins respectueuses de la liberté individuelle que la tarification relevant de l'incitation. Ce point de vue fréquent oublie que la voiture évolue forcément dans un univers de contraintes, car il est physiquement impossible de lui accorder toute la place qu'elle réclame (voir ci-dessus). De plus, en pratique, toutes les réglementations (normes ou tarifs) en arrivent toujours à favoriser certaines catégories d'usagers pour diverses raisons : véhicules d'urgence, riverains, artisans, livreurs, handicapés ou personnes fortunées prêtes à payer un tarif élevé sans justification économique : la discrimination peut être tout autant normative que tarifaire¹. Les deux modes de réglementation sont finalement assez proches.

3. La réaffectation des espaces existants

Elle ne vise pas à créer de nouveaux espaces et ne se contente pas néanmoins de réglementer les espaces existants. En revanche, elle se fait nécessairement en faveur de certains modes et au détriment des autres. L'exemple parisien l'illustre fort bien (Héran, 2005).

Pour accompagner l'essor de l'automobile, il paraissait naturel – pour la grande majorité des élus, des techniciens et de la population – de lui accorder sans cesse plus de place, grâce à la disparition des tramways (dès les années 20-30 à Paris), l'aménagement de passages dénivelés (bd des Maréchaux dès les années 30), l'élargissement des chaussées au détriment des trottoirs (bd de Magenta, avenue de l'Opéra... dans les années 50), du stationnement illicite toléré ou faiblement verbalisé... Les plans de circulation ont également permis d'augmenter les espaces de circulation au détriment du stationnement (axes rouges) et à l'inverse d'accroître le stationnement dans les rues étroites mises en sens unique.

Ces dernières années, la tendance s'est inversée et les espaces sont maintenant plus souvent redistribués en faveur des modes alternatifs à l'automobile, selon trois modalités.

1/ La protection des espaces menacés d'envahissement : les trottoirs, les aménagements cyclables, les couloirs bus... Elle peut se faire par des obstacles physiques (potelets, banquettes...) ou par des mesures de police (verbalisation accrue, radars...). Compte tenu du faible respect de ces espaces, de telles mesures – qui ne visent pourtant qu'à une meilleure application de la loi – ont déjà un impact important sur le trafic automobile. Les obstacles ont cependant le double désavantage de représenter un danger pour les aveugles et les deux-roues (CERTU, 1997) et d'occuper eux-mêmes un certain espace qui peut être pris, soit sur l'espace à protéger, par exemple des potelets sur les trottoirs jusqu'à les rendre inutilisables quand ils sont très étroits (cas de nombreuses ruelles dans Paris), soit sur l'espace automobile, par exemple les banquettes protégeant les couloirs bus (comme rue de Rivoli).

2/ L'extension des espaces viaires destinés aux modes alternatifs à l'automobile. Elle passe par l'élargissement des trottoirs (bd de Magenta, av. Jean Jaurès...), la création d'aménagements cyclables (pistes et bandes), la réalisation de lignes de transport en commun en site

¹ Voir à ce sujet les travaux de Jules Dupuit dès 1849 (cité par Raux, 2007, p. 34-35).

propre (tramway des Maréchaux, couloirs bus) ou l'installation d'arceaux de stationnement pour vélos sur des places pour voiture. Dans un premier temps, l'impact sur le trafic automobile peut rester limité, car la ville a hérité de la période du « tout automobile » des espaces surdimensionnés qu'il est possible de réduire en moyenne de 10 à 20 % sans affecter le trafic (voir partie 1, chapitre 3, § II-C)). Dans un second temps, dès cette marge utilisée, l'impact sur le trafic automobile devient bien plus fort.

3/ La mixité des espaces de déplacement en favorisant la cohabitation entre les modes. La cohabitation est en effet bien plus économe en espace que la ségrégation, mais elle suppose une modération de la circulation reposant à la fois sur la réduction des vitesses et du trafic. Ainsi, dans une zone 30, les aménagements cyclables et les passages piétons deviennent inutiles (CETUR, 1992). De même, dans une aire piétonne, des tramways, des bus ou des cyclistes peuvent circuler à petite vitesse au milieu des piétons. Cette solution a un potentiel considérable, puisqu'elle peut concerner 80 % du linéaire de voirie, comme le prouve de nombreuses « villes 30 » étrangères (CERTU, 2006).

Dans les zones urbaines denses où la vitesse moyenne des voitures est de toute façon assez faible, cette redistribution des espaces en faveur de modes non seulement aussi rapides – que sont le vélo ou le bus sur voie réservée – mais de plus économes en espace accroît nettement l'accessibilité. C'est bien pourquoi de nombreux hypercentres ont été aménagés en vastes plateaux piétonniers ouverts aux transports publics et aux cycles (Strasbourg, Dijon, Grenoble, Bordeaux...). C'est aussi la raison du succès des tramways qui augmentent la capacité viaire

Pour compléter ces réflexions préliminaires, il reste maintenant à explorer brièvement les méthodes d'évaluation des coûts disponibles.

III – EXPLORATION SUCCINCTE DES METHODES D'EVALUATION DU COUT D'UNE CONSOMMATION EXCESSIVE D'ESPACE

Parmi les nombreuses méthodes disponibles pour évaluer le coût des nuisances des transports¹, certaines paraissent plus appropriées que d'autres pour aborder le coût d'une consommation excessive d'espace viaire. Voici une brève exploration de ces méthodes et de leur potentiel.

A/ LA METHODE D'EVALUATION CONTINGENTE

Elle suppose que l'on demande directement aux usagers (habitants, mais peut-être aussi employés, clients ou touristes), ce qu'ils seraient prêts à payer pour disposer de trottoirs suffisamment larges, d'un réseau cyclable continu, sûr et maillé ou des couloirs bus et des tramways plus nombreux. Mais comme de tels aménagements ne peuvent se faire qu'au détriment des espaces de stationnement et de circulation automobiles, il faudrait également leur demander s'ils sont prêts à subir une dégradation des conditions de stationnement et de circulation en voiture et quel dédommagement ils accepteraient. Or, il n'est pas sûr que les automobilistes soient conscients de l'importance des espaces qu'ils consomment. Certains considèrent

¹ Voir par exemple la typologie proposée par J.-P. Nicolas (1998) qui croise deux critères en considérant la valorisation des préférences individuelles ou collectives, déclarées ou révélées.

au contraire que ce sont les couloirs bus, les aménagements cyclables et les trottoirs qui, paraissant forcément assez vides, constituent un gaspillage.

On sait cependant que les Français comme les Européens sont majoritairement favorables à une redistribution des espaces en faveur des modes alternatifs à l'automobile. De nombreuses enquêtes d'opinion l'ont montré (voir par exemple GART et *alii*, 2001). Il n'est donc pas absurde d'explorer sérieusement cette approche (qui n'a jamais été tentée à notre connaissance), même si l'exercice paraît assez complexe.

B/ LA METHODE DES PRIX HEDONISTES

L'objectif serait de pouvoir déceler dans les variations de prix des transactions immobilières la part relevant de l'insuffisance des espaces viaires destinés aux déplacements de proximité, un aspect qu'il paraît bien difficile d'isoler.

Y. Song et G. Knapp (2003) ont toutefois réussi à mesurer le consentement à payer des ménages pour bénéficier des aménagements urbains du « nouvel urbanisme » à Portland (Etats-Unis). Une maison située dans un tel quartier aurait une valeur 18 % plus élevée que dans un quartier traditionnel, grâce essentiellement à de « meilleurs connections internes des rues, [des] rues plus nombreuses, [un] meilleur accès piétonnier aux zones commerciales, [la] proximité d'une gare et [une] multiplicité des modes de transport » (cité par Terra, 2005). Ces critères dépassent cependant les seules considérations sur la consommation d'espace.

C/ LA METHODE DU COUT DES DOMMAGES

Elle suppose que puisse être déterminé un **seuil** au-delà duquel la nuisance provoque des dommages.

Ainsi, le principal dommage d'une consommation excessive d'espace par l'automobile est, on l'a vu, la réduction des espaces accordés aux modes alternatifs (et son corollaire la réduction de leurs déplacements) ou, ce qui revient au même, les espaces hors sol qu'il faut créer pour éviter cette réduction d'espace. Mais pour mesurer cet excès de consommation d'espace, il convient de préciser d'abord ce qu'est la **répartition souhaitable des espaces entre modes** (et la répartition modale correspondante), autrement dit d'évaluer le seuil de nuisance.

L'exercice est évidemment délicat et son résultat forcément discutable. Mais cette difficulté existe pour toutes les nuisances. On ne peut l'invoquer pour renoncer. Par exemple, le seuil de nuisance des particules fines émises par les moteurs diesel ne cesse d'être discuté et remis en cause, sans pour autant qu'il soit question d'abandonner toutes considérations sur le sujet.

La répartition modale la plus consommatrice d'espace est celle qui accorde la priorité à la voiture. A l'inverse, la plus économe correspond à celle de la ville piétonne. Comme il ne s'agit, ni d'accepter l'envahissement automobile, ni de revenir aux ruelles d'une ville à pied, la répartition modale souhaitable se situe forcément entre ces deux extrêmes.

Pour préciser la question, sans doute faudrait-il commencer par étudier les agglomérations qui semblent avoir trouvé une répartition modale favorable à une certaine maîtrise de la consommation d'espace par les transports. Ainsi, les exemples de grandes agglomérations européennes vertueuses montrent que des parts modales pour la voiture inférieures à 45 % sont possibles (cf. Munich, Berne, Amsterdam ou Copenhague...) avec bien souvent plus de 40 %

de part modale pour les piétons et cyclistes et plus de 20 % pour les transports publics. Ces villes ont-elles une plus faible consommation d'espace viaire par habitant, ou plus précisément une offre d'espace de circulation et de stationnement (y compris en ouvrage ou privée) par habitant bien maîtrisée ? C'est très probable. Il faudrait tenter de le montrer.

A noter que la réduction par l'automobile de la consommation d'espace par habitant ne résulte pas seulement de politiques volontaristes de maîtrise de l'étalement urbain, mais aussi de spécificités historiques et géographiques :

- l'ancienneté de la ville dont les centres, à l'origine piétonniers, sont très économes en espace (c'est encore le cas de Paris, malgré les nombreuses percées), atout dont bénéficient moins les villes plus jeunes (comme Berlin),
- les contraintes du site telles que montagnes (comme à Grenoble, Fribourg-en-Brisgau ou Berne), marais, polders, fleuves ou bords de mer (comme aux Pays-Bas)...

Pour déterminer cette répartition souhaitable des espaces entre modes, une revue de la littérature ne saurait suffire et une recherche à part entière paraît nécessaire.

Une fois défini le seuil de nuisance, il suffit de mesurer l'écart entre la répartition souhaitable et la répartition effective des espaces entre modes, puis de monétariser les consommations d'espace excessives.

D/ LA METHODE DU COUT D'EVITEMENT

Elle suppose que l'on puisse d'abord déterminer la part de voirie souhaitable dans un espace urbanisé et la répartition normale de la consommation d'espace selon les modes, puis chiffrer le coût des solutions à réaliser pour éviter tout déséquilibre. Cet exercice rejoint dans sa première étape la méthode précédente. Mais il s'oriente ensuite sur la recherche de solutions et de leur coût.

L'idée consiste alors à évaluer le coût de tous les moyens visant à limiter l'envahissement de l'espace par l'automobile ou à créer de nouveaux espaces. Or on dispose sur ce sujet de nombreux éléments de coût.

C'est donc cette dernière approche qui semble la plus praticable, même si elle suppose que soit fixé un objectif de maîtrise de la consommation d'espace par l'automobile, exercice délicat et forcément discutable.

IV – LE COUT SOCIAL DE LA CONSOMMATION D'ESPACE

Il est maintenant possible de tenter d'évaluer le coût des dommages (A) et les dépenses de protection (B) pour obtenir le coût social de la consommation d'espace par l'automobile (C). Mais on est encore loin de pouvoir tracer avec précision les courbes correspondantes.

A/ LE COUT DES DOMMAGES

Les dommages recouvrent essentiellement une baisse de la mobilité des modes alternatifs à l'automobile : il devient désagréable et pénible de se déplacer à pied sur des espaces restreints, fortement dissuasif de circuler à bicyclette sur des artères sans aménagements cycla-

bles, très pénalisant d'utiliser un bus englué dans le trafic. Aussi beaucoup d'usagers sont contraints à se reporter vers l'automobile plus coûteuse.

Dès lors, le coût des dommages correspond au **surcoût des déplacements qui doivent être réalisés en voiture, au lieu de pouvoir l'être en modes alternatifs**, à cause d'une pénurie d'espace pour ces modes. Toute la difficulté est de réussir à dénombrer ces déplacements, sachant que les reports modaux ne sont pas tous liés à des problèmes de pénurie d'espace. Seules des recherches supplémentaires reposant notamment sur des études de cas pourraient contribuer à établir des valeurs de référence.

B/ LES DEPENSES DE PROTECTION

Pour protéger des espaces soumis à une forte demande d'utilisation par l'automobile, il est possible :

- d'agir directement en installant des protections physiques ou en surveillant les lieux,
- de diminuer la pression sur ces espaces en en créant de nouveaux,
- de limiter les accès par une réglementation, à l'aide d'aménagements dissuasifs évitant le transit des véhicules ou de systèmes de contrôle d'accès.

1. Le coût de protection des espaces existants

Pour limiter l'envahissement des espaces par la voiture, il est possible d'installer des obstacles physiques, tels que potelets ou barrières, de prendre des mesures de police visant à verbaliser les contrevenants ou encore de favoriser la cohabitation des divers modes de déplacement.

1/ Les **obstacles physiques** concernent tout autant la circulation que le stationnement et varient selon l'objectif visé.

– De nombreux obstacles permettent d'**empêcher le stationnement illicite des VP et VU sur le trottoir** (CERTU, 1999). Mais ils sont inefficaces contre les 2RM ou les vélos (ces derniers sont cependant 2 à 3 fois moins encombrants que les 2RM). En l'absence de mesures de police suffisantes, leur généralisation paraît indispensable comme le montre le cas de Paris, où il en existe le long de presque tous les trottoirs sans stationnement latéral et au débouché de pratiquement toutes les sorties des immeubles riverains, à raison d'un obstacle environ tous les 1,30 m. Même des ruelles de seulement 3,50 m de large, où des voitures peuvent tout juste se croiser en rasant les façades, sont équipées de potelets implantés sur les deux minuscules trottoirs, les rendant d'ailleurs inutilisables (exemple du passage Cardinet dans le 17^e). Ces obstacles disposés en limite de trottoir sont en général des potelets, mais peuvent aussi être des barrières (devant les sorties d'écoles ou de certains bâtiments publics), des bordures hautes, d'autres éléments de mobilier urbain (bancs, lampadaires, colonnes Moris...) ou des plantations. Pour ne tenir compte que de leur fonction de protection contre le stationnement illicite, on assimilera tous ces obstacles à des potelets.

Le coût de ce type de protection peut être estimé à partir du cas parisien. Il existe à Paris l'équivalent de 191 000 places de stationnement. A raison de 5 m par place, cela représente 955 km de trottoirs protégés par du stationnement latéral. Or le réseau viaire comprend 1532 km (hors périphérique), soit un linéaire double de trottoirs, c'est-à-dire 3064 km. Il existe donc à peu près 2100 km de trottoirs – les 2/3 – à protéger par des obstacles, nécessitant l'équivalent d'1 600 000 potelets. Le coût d'un potelet posé étant de l'ordre de

150 €, cela correspondant à un investissement initial d'environ 240 M€, soit 160 000 € par km de voirie parisienne. La durée de vie moyenne d'un potelet étant peut-être de 20 ans (cela reste à documenter), la dépense de protection des trottoirs serait de l'ordre de 8 000 € par km de voirie et par an. A cela s'ajoute le coût de l'espace occupé par ces obstacles qu'on peut estimer à une bande d'au moins 20 cm de largeur, car les potelets sont rarement plantés dans les bordures de trottoirs en granit, difficiles et coûteuses à percer, mais en retrait, soit, à raison des 2/3 des trottoirs à équiper, 270 m² par km de voirie. Le coût annuel d'un m² de voirie étant de l'ordre de 540 € (0,15 €/m².h x 3600 h/an), cela représente 150 000 € par km de voirie et par an, soit beaucoup plus que le coût des potelets eux-mêmes, quelles que soient les hypothèses retenues.

– Des bornes rétractables ou des barrières mobiles permettent d'**éviter l'envahissement des aires piétonnes**. Mais leur coût est très élevé (de l'ordre de 50 000 € l'unité) et leur fiabilité assez faible, d'où leur rareté. La encore, elles n'empêchent pas la circulation des 2RM (voir par exemple dans la rue Montorgueil).

– Des avancées de trottoir au droit des passages piétons (ou « oreilles ») protégées par des potelets peuvent **supprimer le stationnement illicite sur les passages piétons**, mais elles servent aussi et surtout à améliorer la sécurité des piétons en augmentant leur visibilité et en diminuant la longueur des traversées. Leur coût est d'environ 25 000 € pour un carrefour simple.

– Enfin, des bordures ou des banquettes peuvent **protéger les couloirs bus et les bandes cyclables** du stationnement ou de la circulation illicite. Leur coût est d'environ 50 € par mètre pose comprise, soit 50 000 € par km de couloir. Ces protections occupent en outre une bande de 30 à 70 cm de large, soit en moyenne 500 m² par km de couloir. Le coût annuel d'un m² de voirie étant de l'ordre de 540 €, cela représente 270 000 € par km de couloir et par an, soit bien plus que le coût des bordures elles-mêmes.

Les obstacles physiques prenant eux-mêmes un certain espace, il apparaît qu'en zone dense, le coût de cette consommation d'espace est souvent bien supérieure au coût des dispositifs techniques utilisés.

2/ Les **mesures de police** consistent à verbaliser les comportements illicites des véhicules individuels motorisés qui s'accaparent indûment l'usage de certains espaces en stationnant ou en circulant sur les trottoirs, sur les aménagements cyclables ou dans les couloirs bus. Elles supposent un renforcement conséquent des moyens matériels et humains de surveillance et de sanction, qu'il est difficile de chiffrer. Leur efficacité dépend beaucoup du montant des amendes et de leur taux de recouvrement (Perez-Diaz, 1995).

A noter que si les mesures de police sont efficaces, les obstacles physiques deviennent inutiles. Ces deux solutions sont donc alternatives, du moins pour les véhicules à quatre roues mais pas pour les deux-roues que bien peu d'obstacles arrêtent et pour lesquels seules des sanctions sont efficaces. Il est probable que les coûts de ces deux solutions ne sont pas très différents, aussi, à cause de leur caractère largement alternatif, il ne faut les décompter qu'une fois. En France, les amendes étant insuffisantes et difficiles à recouvrer, ce sont les obstacles physiques qui sont privilégiés et qu'il faut seuls prendre en compte.

3/ L'**extension des aménagements destinés aux modes alternatifs** consiste à affecter des espaces automobiles à d'autres modes moins consommateurs d'espace par personne transportée. Voici quelques ordres de grandeur des coûts de ces aménagements :

- Tramway : 20 M€ par km hors requalification des voiries alentours.
- Couloir bus en site propre : 5 M€ par km.
- Piste cyclable unidirectionnelle de 1,50 m de large avec peu de traversées : 0,2 M€.
- Bande cyclable unidirectionnelle avec traversées fréquentes : 0,01 M€ hors assise et revêtement. Sur une voirie nouvelle en périphérie, la bande cyclable nécessite un soubassement identique au reste de la chaussée, ce qui la rend plus chère qu'une piste.
- Arceau vélo posé avec 2 places par arceau et arceaux espacés de 80 cm : 50 € par place.
- Parking vélo couvert avec places sur 2 niveaux espacées de 50 cm : 600 € par place.

4/ Les **aménagements de modération de la circulation** visent à réduire à la fois la vitesse et le trafic pour favoriser la cohabitation de tous les modes de déplacement.

La **zone 30** nécessite, selon le code de la route, des aménagements aux entrées et sorties et il est recommandé par le CERTU d'ajouter des dispositifs ralentissant les véhicules (chicanes, trottoirs traversants, plateaux ou mini giratoires...), de limiter le transit des véhicules en jouant sur les sens de circulation et d'instaurer des contresens cyclables généralisés. Le coût d'investissement d'une zone 30 ainsi équipée est d'environ 1 M€ par km.

L'**aire piétonne** doit bénéficier aux entrées et sorties de dispositifs capables de filtrer les véhicules motorisés seuls autorisés à certaines heures et d'un aménagement soigné de l'espace public : pavage, mobilier urbain... Le coût d'investissement d'une aire piétonne est aussi d'environ 1 M€ par km.

2. Le coût de nouveaux espaces

Alors que les actions directes (protections physiques et mesures de police) pénalisent les véhicules individuels motorisés, la création de nouveaux espaces améliore au contraire leur circulation et leur stationnement tout en réduisant la pression sur les modes alternatifs à l'automobile.

Pour la circulation, la création de nouveaux espaces concerne pour l'essentiel les lignes de transports publics souterraines ou parfois en viaduc (dont on rappelle que leur réalisation permet aux transports publics d'échapper à la congestion provoquée par l'automobile), les tunnels routiers et les voiries de surface créées parfois sur des terrains urbanisés, plus souvent en frange d'agglomération. Pour le stationnement, il s'agit de parkings en ouvrage dans les zones denses ou en surface dans les zones périphériques. Voici quelques ordres de grandeur du coût de ces nouveaux espaces.

Une **ligne de métro lourd** coûte au moins 100 M€ par km. Un **tunnel routier** encore plus car de gabarit supérieur : 170 M€ par km pour le bouclage souterrain de l'A86 (branche est), par exemple. Une voie rapide urbaine revient environ à 50 M€ par km.

Pour les **parkings**, une enquête du STP sur les parcs relais donne des indications intéressantes que l'on peut traduire en € 2008. Un parc souterrain est environ 9 fois plus coûteux qu'un parc au sol et un parc en élévation environ 4 fois plus coûteux.

**Coût d'investissement et d'exploitation d'un parc relais
en Ile de France, au 1^{er} janvier 1999**

Configuration du parc	Coût d'investissement par place hors charge foncière		Coûts d'exploitation par place hors impôts et taxes	
	En F 1999 HT	En € 2008 HT	En F 1999 HT	En € 2008 HT
Parc au sol	10 000 à 15 000	≈ 2 300	200 à 400	≈ 55
Parc en élévation	40 000 à 60 000	≈ 9 200	2 000 à 4 000	≈ 550
Parc en souterrain	70 000 à 150 000	≈ 20 000	3 000 à 5 000	≈ 730

Source : STP, 1999, pp. 20 et 25.

Le prix d'achat d'une place de stationnement à Paris varie de 10 000 à 50 000 €. Dans les parkings souterrains, le loyer d'une place dans les arrondissements centraux de Paris varie d'environ 3 € pour une heure à 200 € par mois (parfois bien plus), soit de 0,3 € à 0,03 € le m².h et deux fois moins aux portes de Paris. Pour ces calculs, on tient compte qu'une place occupe certes 25 m² en parking accès compris, mais libère en fait 10 m² en surface le long de la voirie. On retient également 3600 h par an pour le stationnement rotatif (12 h par jour, 300 jours par an) et 8760 h pour le stationnement par abonnement mensuel (24 h x 365 jours).

3. Le coût d'une réglementation du trafic automobile

Les dispositifs de filtrage des usagers aux entrées d'une zone sont encore assez chers, mais les techniques évoluent rapidement. De nombreuses solutions existent du contrôle d'accès par gardiens, comme à l'entrée de nombreuses ZTL italiennes (zones à trafic limité), aux barrières de péage automatisées, avec par exemple contrôle des plaques minéralogiques par caméra comme à Londres.

Le plan de circulation peut être aussi utilisé comme un moyen de limiter l'accès automobile à un quartier en instaurant des boucles de desserte rendant impossible tout transit (l'utilisateur doit entrer et sortir du même côté). C'est, par exemple, la solution adoptée à Strasbourg depuis 1992 pour accéder à l'hypercentre (l'« ellipse insulaire »).

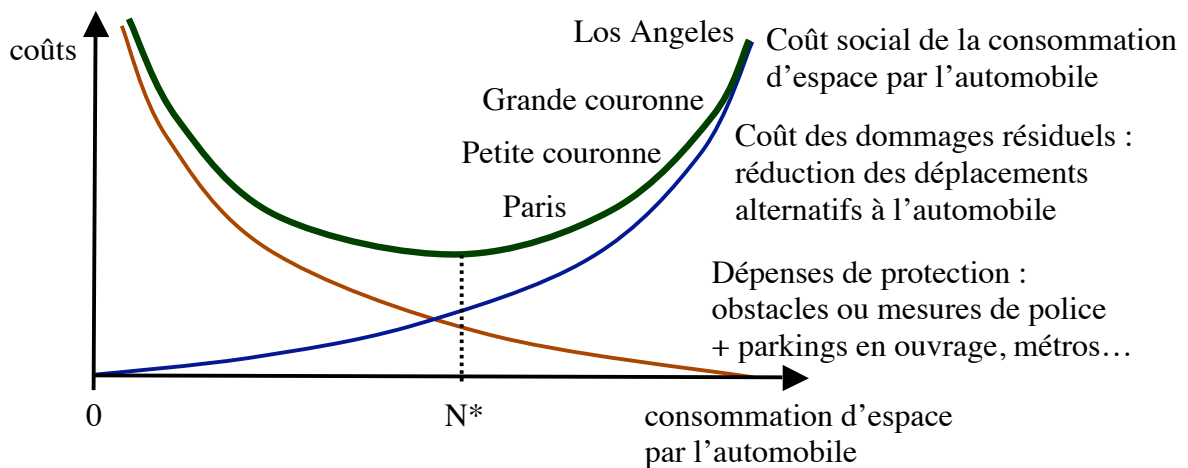
Tous ces éléments de coût restent à mieux étayer. Ils montrent, en tout cas, qu'il n'y a pas grande difficulté à établir les dépenses de protection.

C/ L'EQUILIBRE ENTRE LE COUT DES DOMMAGES ET LES DEPENSES DE PROTECTION

L'objectif est maintenant de trouver un équilibre entre le coût des dommages et le coût des dépenses de protection (voir le graphique ci-après). Pour éviter que l'automobile n'envahisse à court terme les espaces viaires et à plus long terme l'espace urbanisé, et ne réduise l'usage des modes alternatifs, des mesures de protection de ces modes s'imposent.

Il est clair qu'une ville comme Los Angeles est très éloignée de cet équilibre. En Ile de France, Paris en serait, à l'inverse, assez proche, même s'il reste beaucoup à faire pour réaménager les places surdimensionnées, « civiliser » quelques grands axes, passer en zone 30 dans de nombreux quartiers et élargir les trottoirs de bien des rues secondaires. La situation serait bien plus critique en Petite couronne où la pression automobile est presque aussi forte qu'à Paris, car l'espace viaire moindre et les mesures de protection bien moindres. Ce serait encore pire en Grande couronne à cause de la pression automobile non seulement sur l'espace viaire mais aussi sur les espaces urbanisés et des espaces agricoles limitrophes.

La détermination du niveau optimal de la consommation d'espace par l'automobile



* * *

Ce chapitre s'est efforcé de montrer dans quelle mesure la consommation d'espace des modes de déplacement en milieu urbain peut être considérée comme une nuisance. Tout d'abord, les véhicules individuels motorisés sont les seuls modes qui soient à l'origine de cette nuisance, à cause de leur caractère envahissant très spécifique : place occupée par personne transportée, taille, bruit, inertie, agilité et prolifération. Ensuite, seule la consommation excessive d'espace pose problème et non la consommation d'espace en elle-même. Comme pour toutes les nuisances, il existe un seuil de nuisance à déterminer. Enfin, l'impact majeur est la réduction des déplacements alternatifs à l'automobile, que ce soit par envahissement de la voirie au détriment des piétons, des cyclistes ou des transports en commun de surface ou par extension des espaces viaires sur les espaces urbanisés ou agricoles.

Pour éviter cet impact, la première solution consiste à protéger les espaces existants par des obstacles physiques (potelets, barrières...), des mesures de police (verbalisation...) ou des aménagements modérant la circulation de type zone 30 ou aire piétonne. La seconde vise à créer des espaces nouveaux en souterrain (parkings, tunnels, métros...), dans le tissu urbain existant (parkings en élévation, percées...) ou dans des zones non encore urbanisées (parkings en surface, roades...).

Deux grandes difficultés restent cependant à surmonter. La première concerne la définition du seuil de nuisance. Pour l'étayer, des investigations doivent être réalisées dans les agglomérations qui ont trouvé une répartition modale favorable à une certaine maîtrise de la consommation d'espace par les transports. Elles pourraient ainsi servir de référence et permettre par comparaison de mieux appréhender le coût de la consommation excessive d'espace. Cette difficulté assez redoutable concerne en fait toutes les nuisances.

La seconde plus spécifique est de parvenir à déterminer quelles sont les solutions les plus efficaces parmi l'éventail identifié, c'est-à-dire les moins coûteuses à accessibilité égale. La création de ligne de métro en zone dense semble bien plus efficace que la création de parkings souterrains dégageant des files de circulation en surface ou que des tunnels routiers. Les zones 30 semblent également plus efficaces que la ségrégation des trafics.

Par rapport à l'approche traditionnelle des coûts de congestion, l'évaluation des coûts de la consommation d'espace telle qu'esquissée dans ce chapitre est pour l'instant beaucoup moins aboutie, mais déjà bien plus riche, puisqu'elle montre que la congestion résulte du caractère nécessairement envahissant des véhicules individuels motorisés, et qu'elle concerne non seulement les usagers des bus, mais aussi les piétons et surtout les cyclistes qui ont pratiquement disparus principalement de ce fait.

Ainsi, le péage, toujours mis en avant par les économistes comme solution la plus efficace aux problèmes de congestion, apparaît comme un outil singulièrement limité : il ne prend pas en compte l'intérêt qu'il y aurait à l'associer – voire à le substituer ? – à d'autres mesures telles que la réaffectation des espaces ou la modération de la circulation qui peuvent contribuer fortement à rendre plus attractifs des modes moins consommateurs d'espace.

CONCLUSION

Les réflexions de cette troisième partie tendent à relativiser singulièrement les solutions classiques préconisées par les économistes pour améliorer les déplacements urbains et au premier rang desquelles figure **le péage**. Certes, ses avantages sur la réglementation par les quantités sont largement démontrés par la théorie, et il n'est pas question de le nier. Mais force est de constater que le péage fait partie des solutions qui considèrent que l'augmentation de la vitesse en milieu urbain est primordiale.

Le premier chapitre a pourtant révélé que la vitesse a moins d'avantages et plus d'inconvénients et que ne l'affirme la théorie standard. Elle est notamment, à long terme, la principale cause d'étalement urbain et de création des voiries qui l'accompagne. En augmentant la portée des déplacements dans un temps donné, elle ouvre à l'urbanisation des espaces périphériques toujours plus éloignés. La meilleure accessibilité des territoires qui devrait en résulter est en réalité plus que compensée par leur « dédensification ». Malgré des vitesses bien supérieures en périphérie qu'au centre, les destinations accessibles dans un temps de déplacement moyen (par exemple, une demi-heure) y sont en fait environ 2 à 3 fois moindres. La densité apparaît ainsi plus efficace que la vitesse pour développer les relations économiques et sociales.

Et le second chapitre vient de montrer que la consommation excessive d'espace par l'automobile se fait au détriment des modes alternatifs et tend à réduire leur mobilité, non seulement directement, en rendant peu agréables, plus longs ou plus dangereux les déplacements à pied, à vélo ou en bus et notamment le rabattement avec ces modes sur les transports publics, mais aussi indirectement en rendant plus performants les modes individuels motorisés.

Aussi, les politiques visant à modérer la circulation et à réaffecter les espaces automobiles en faveur des modes les plus économes en espace s'avèrent tout autant dignes d'intérêt que le péage, même si elles sont plus difficiles à appréhender par la théorie. Ces deux types de solutions ne sont d'ailleurs pas exclusives et peut-être convient-il de mieux les associer.

Quoi qu'il en soit, à l'instar de bien d'autres pays européens plus avancés, il serait bon, aujourd'hui en France, d'explorer plus à fond la **modération générale des vitesses**, de façon à réduire l'impact de la vitesse comme convertisseur de temps en espace. Concrètement, il s'agit de mettre en œuvre la « **ville 30** », c'est-à-dire de généraliser les zones 30 dans 80 % des rues de la ville, de limiter à 50 les voiries interquartiers, de transformer les voies rapides en boulevards urbains et d'« apaiser » les autoroutes. Cette solution est très efficace, car elle réduit tous les impacts des transports sur la consommation d'espace. Elle diminue l'emprise

des voies express, elle rend les chemins directs plus attractifs, elle facilite le traitement des effets de coupure, elle redonne aux déplacements non motorisés comme en transports publics économes en espace une performance meilleure relativement à celle de l'automobile et elle contribue à limiter l'étalement urbain. Tout cela sans pénaliser l'activité économique et en renforçant la cohésion sociale, comme on a tenté de le montrer dans la troisième partie.

De telles vitesses, abaissées progressivement, inciteraient les commerces à se localiser plus près des clients (plus de supermarchés et moins d'hypermarchés...), les bureaux à s'installer à proximité des lignes de transports publics et certains salariés à habiter plus près des emplois, tout en libérant des espaces urbanisables (certes insuffisants à eux seuls) par réduction des places de parkings en surface et des emprises des voies express requalifiées en boulevard.

SYNTHESE

Objectifs

Cette recherche s'inscrivant dans le développement de « méthodes innovantes » a poursuivi plusieurs objectifs.

Elle s'est d'abord efforcée de mesurer l'importance de la consommation d'espace par les transports en milieu urbain, en dégagant des valeurs unitaires et en les appliquant au cas de l'agglomération parisienne. Bien que complexe, ce cas est en effet à la fois exemplaire et bien documenté. Le cas des transports publics s'est avéré assez spécifique, aussi seul le bus a été pris en compte dans ce travail et les modes ferrés n'ont pu être retenus. Mais des développements ultérieurs seront réalisés.

Puis elle a tenté de comprendre l'origine des disparités dans la consommation d'espace de stationnement et de circulation, selon les modes (marche, bicyclette, deux-roues motorisés, bus et automobile) et les zones (centre, proche périphérie et grande périphérie) en explorant notamment le rôle clef que joue la vitesse en tant que convertisseur de temps en espace.

Elle a enfin proposé de multiples concepts et analyses, notamment pour aborder le coût de cette consommation d'espace, un sujet encore largement en friche.

Methodologie

Plusieurs distinctions ont structuré la recherche.

La première a consisté à distinguer nettement l'usage des sols et l'offre d'espace. L'**usage des sols** correspond à ce qui est en surface et relève d'une approche urbanistique. Il est décrit aujourd'hui par les SIG, dont existent des versions nationales (BDCarto, BDTopo...) ou locales par agglomération. En Ile de France, le SIGR (SIG régional) décrit le MOS (mode d'occupation des sols). L'**offre d'espace** est un concept plus large qui comprend ce qui est en surface (l'usage des sols), mais aussi les espaces souterrains (tunnels, parkings...), aériens (ponts, viaducs...) ou en silo (parkings en élévation). Elle correspond à une approche économique. Pour les routes, les deux concepts sont assez proches, car la part d'ouvrages hors sol est assez faible. Mais pour le stationnement, ce n'est plus le cas, car les places de stationnement en ouvrage peuvent dépasser largement l'offre en surface (comme à Paris).

Une deuxième distinction dissocie clairement l'offre et la demande d'espace. L'expression « consommation d'espace » est en effet souvent utilisée de façon assez ambiguë et devrait être évitée. L'**offre d'espace** est très stable au cours du temps : elle augmente ou baisse par paliers au gré des investissements. Il est donc logique de se contenter de mesurer de façon simple les superficies offertes (en m², en ha ou en km²), puis au besoin les écarts d'une année à l'autre. La **demande d'espace** est au contraire très variable dans le temps, au cours de l'heure, du jour, de la semaine ou de l'année. Elle varie même à chaque instant selon la vitesse. C'est dans ce cas qu'une mesure plus élaborée de l'espace nécessaire au cours du temps devient pertinente (en m².h ou en km².h). Comme dans le transport de marchandises ou dans le transport public de voyageurs, l'offre d'espace doit être, presque toujours, bien supérieure à la demande moyenne, à cause de l'impossibilité fréquente d'envisager un ajustement rapide de l'offre aux pointes de la demande. D'où un phénomène de congestion qui apparaît quand la demande se heurte au plafond de l'offre.

Le rapport de la demande à l'offre définit un **taux d'occupation moyen** des espaces utilisable globalement ou déclinable par type d'usage (stationnement ou circulation), par mode, par zone, par motif. Suivant les contextes et les interprétations, ce concept exprime de manière synthétique l'adéquation de l'offre à la demande ou l'excès d'offre par rapport à la demande.

Sources

Elles ont posé de redoutables problèmes. Car il n'existe pas d'outil statistique principalement consacré à la mesure des consommations d'espace par les transports. L'information est dispersée dans quelques bases de données qui se limitent à mesurer l'usage des sols ou qui ont bien d'autres objectifs que de mesurer la consommation d'espace. Elle est aussi dispersée chez de nombreux agents économiques (comme pour le stationnement) ou diverses institutions (comme pour la voirie) qui n'envisagent souvent cette mesure que comme un aspect parmi bien d'autres.

Pour évaluer l'offre d'espace, les SIG sont apparus néanmoins comme une source intéressante mais incomplète pour ce qui est du stationnement et peu fiable pour ce qui est de la voirie. Pour évaluer la demande, les enquêtes ménages déplacements (l'EGT en Ile de France) ont été utilisées, mais moyennant des traitements assez lourds et ont, là encore, fourni des résultats partiels. Si bien qu'il a fallu se résoudre à combiner de multiples sources – avec tous les problèmes de cohérence que cela suppose – pour espérer cerner au mieux le sujet.

Principaux résultats

Par personne transportée, les véhicules individuels motorisés demandent un espace beaucoup plus important que tous les autres modes. L'utilisation du $m^2 \cdot h$ permet d'en rendre compte.

En terme de **stationnement**, cet inconvénient est manifeste. Une voiture a besoin, en moyenne en Ile de France, d'1,7 place (8 millions de places pour 4,7 millions de véhicules), soit 40 m^2 . C'est plutôt faible car 28 % des voitures ne bougent pas de la journée et les places à fort taux d'occupation (le long de la voirie, au domicile ou dans une moindre mesure au travail) sont beaucoup plus nombreuses que les places moins occupées (près des centres commerciaux ou des centres de loisir...). Mais les voitures stationnent 23 h par jour. En revanche, un bus ne stationne que brièvement en centre-ville, un vélo prend 8 à 13 fois moins d'espace par personne qu'une voiture et le piéton n'est pas concerné. Le stationnement est, sans conteste, le talon d'Achille de la voiture (d'où l'intérêt d'ailleurs du taxi et de l'auto-partage).

En terme de **circulation**, le désavantage est un peu moindre, du moins sur des voiries limitées à 50 km/h : l'usager d'un véhicule individuel motorisé (voiture transportant 1,3 personne ou 2RM respectant à peu près le code) apparaît en effet 5 fois plus consommateur d'espace que le piéton, 3 fois plus que l'usager d'un bus transportant 17,4 voyageurs (moyenne en Ile de France) et 2,5 fois plus que le cycliste. Car au-delà de 50 km/h, la voiture utilise un espace qui croît rapidement avec la vitesse : la demande d'espace-temps étant minimale vers 30 km/h et 3,5 fois plus grande à 130 km/h, à cause de la largeur d'emprise des autoroutes et de leurs échangeurs et malgré un temps d'occupation de l'espace bien moindre. Et la vitesse augmente aussi la consommation d'espace via l'allongement des parcours. Par leur attractivité, les voies express drainent des véhicules qui n'hésitent pas à doubler les distances parcourues pour gagner un peu de temps. En créant des effets de coupure, ces infrastructures allongent en outre les trajets des piétons et des cyclistes qui finissent par se reporter vers les modes motorisés.

Pour répondre à cette forte demande, émanant des véhicules hippomobiles dès le 19^e siècle puis de l'automobile, l'offre d'espace viaire s'est fortement développée. En un siècle et demi, dans Paris elle est passée de 10 à 15 % de l'espace urbanisé à 25 % (160 m de voirie à l'ha), mais en Grande couronne elle n'est que de 15 % de l'espace urbanisé au prix d'un faible maillage du réseau (environ 100 m de voirie à l'ha) très pénalisant pour les usagers non motorisés contraints à de grands détours.

En conséquence, à cause de leur importante demande d'espace et parfois à l'insuffisance de l'offre de voirie, les véhicules individuels motorisés exercent une forte pression sur les modes non motorisés et les usagers des bus et tramways beaucoup plus économes en espace, mais aussi sur l'usage des sols, au centre comme en périphérie. Cette situation entraîne **deux types de conflits d'usage** :

- sur la voirie existante entre modes de déplacement, l'automobile stationnant sur les trottoirs ou empêchant la circulation des cyclistes et des bus,
- et, plus largement, dans l'affectation des sols entre le transport et les autres activités, l'automobile rognant les espaces bâtis, récréatifs ou agricoles.

Pour y remédier, il existe trois types de mesures aux impacts assez différents.

1/ **Augmenter l'offre d'espace.** La création de nouveaux espaces de circulation et de stationnement devrait satisfaire *a priori* tout le monde, mais elle est très coûteuse et n'est jamais sans inconvénients, qu'il s'agisse :

- d'espaces souterrains avec leurs trémies d'accès qui provoquent des effets de coupure,
- d'espaces aériens qui posent des problèmes d'insertion dans le paysage,
- d'espaces aménagés en surface dans le tissu urbain existant qui supposent des terrains disponibles soustraits à d'autres usages ou des expropriations,
- d'espaces aménagés en surface sur des terrains non encore urbanisés participant directement à l'étalement urbain.

2/ **Réduire la demande d'espace.** La réglementation du trafic motorisé consiste à limiter l'accès des véhicules à des espaces de stationnement ou de circulation situés dans les lieux les plus fortement congestionnés, en général le centre ou ses voies d'accès. Ce filtrage réduisant le trafic automobile favorise un certain report vers les modes économes en espace. La réglementation peut être réalisée par les quantités ou par les prix. Dans le premier cas, il s'agit de modifier les plans de circulation ou les plans de stationnement. Dans le second, la tarification peut concerner la circulation avec l'instauration d'un péage, ou le stationnement quand il est rendu payant.

3/ **Redistribuer l'offre d'espace.** La réaffectation des espaces existants – le « partage de la voirie » – vise à réduire les espaces du mode le plus envahissant par nature – l'automobile – au profit des modes alternatifs. Elle peut se faire de trois manières :

- par la protection des espaces menacés d'envahissement (trottoirs, aménagements cyclables, couloirs bus...), via des obstacles physiques (potelets, banquettes...) ou des mesures de police (verbalisation accrue, radars...);
- par l'extension des espaces viaires destinés aux modes alternatifs à l'automobile : l'élargissement des trottoirs, la création d'aménagements cyclables ou la réalisation de lignes de transport en commun en site propre. Ces mesures n'affectent pas forcément tout de suite le trafic automobile, la ville ayant hérité de la période du « tout automobile » des espaces surdimensionnés en moyenne de 10 à 20 % ;
- par la mixité des espaces de déplacement en favorisant la cohabitation entre les modes, car la cohabitation est en effet bien plus économe en espace que la ségrégation, mais elle suppose une modération de la circulation reposant à la fois sur la réduction des vitesses et du trafic. Cette mixité est réalisable dans des zones 30, des zones de rencontre et des aires piétonnes dont le potentiel est considérable, puisqu'elles peuvent concerner 80 % du linéaire de voirie.

Le partage de la voirie fait craindre à beaucoup d'économistes une baisse des vitesses et de l'accessibilité. Il est pourtant possible de montrer, qu'en milieu urbain, les avantages de la vitesse sont surestimés et ses inconvénients sous-estimés.

Si la mobilité facilitée a incontestablement joué un rôle positif au départ en réduisant la promiscuité, en améliorant l'accessibilité et la taille des marchés, les acquis sont maintenant largement suffisants. D'abord parce que les gains de temps sont illusoire, tout le monde en convient. Mais aussi parce que les réseaux actuels de transport rapide contribuent si fortement à dédensifier les agglomérations (d'un facteur 12 en Ile de France entre le centre et la Grande couronne) que l'accessibilité s'en trouve réduite au moins de moitié en périphérie par rapport

au centre. Et enfin parce que l'impact globalement positif d'une diversité croissante des destinations accessibles tend à se réduire, à cause des effets pervers de l'hyperchoix.

De plus, la vitesse ne permet pas un accès au foncier à moindre coût quand les coûts de transport finissent par dépasser les coûts du logement, ni même aux biens de consommation, alors qu'en revanche l'étalement urbain et l'accroissement des trafics qu'il génère provoque un cortège de nuisances bien réelles. Si certaines sont aisément perceptibles et correctement évaluées, comme les accidents, le bruit et la pollution, d'autres sont bien plus difficiles à appréhender, comme la ségrégation sociale, la consommation d'espace, la perte d'attractivité des transports publics, la disqualification des modes non motorisés ou la dépendance automobile...

Ainsi, **la densité s'avère plus efficace que la vitesse** pour varier et intensifier les échanges, ce qui justifie à la fois les politiques de densification et de modération de la circulation.

Enfin, il est maintenant clair que **la consommation excessive d'espace par l'automobile représente bien une nuisance**, dans la mesure où elle restreint de diverses façons l'usage des autres modes. Dès lors, le **coût social de la consommation d'espace** est un compromis entre le coût des dommages correspondant au surcoût des déplacements qui doivent être réalisés en voiture, au lieu de pouvoir l'être en modes alternatifs, et les dépenses de protection liées à la création de nouveaux espaces, à la réglementation du trafic motorisé par les quantités ou par les prix ou à la réaffectation des espaces existants. Cette voie de recherche reste à étayer, mais le cadre est désormais posé.

GLOSSAIRE DES SIGLES

2RM : deux-roues motorisé.

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

ADIL 75 : Agence départementale d'information sur le logement de Paris.

AFSA : Association des sociétés françaises d'autoroutes.

APEC : Association pour l'emploi des cadres.

CCFA : Comité des constructeurs français d'automobiles.

CCI : Chambre de commerce et d'industrie.

CDEC : Commission départementale d'équipement commercial.

CEMT : Conférence européenne des ministres des transports.

CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques.

CETUR : Centre d'études sur les transports urbains.

CNCC : Conseil national des centres commerciaux.

CREDOC : Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie.

DDE : Direction départementale de l'équipement.

DREIF : Direction régionale de l'équipement d'Ile de France.

EGT : enquête globale de transport (sur les déplacements des Franciliens).

EMD : enquête ménages déplacements (dans les agglomérations de province).

ENPC : Ecole nationale des ponts et chaussées.

EPAD : Etablissement public pour l'aménagement de La Défense.

GART : Groupement des autorités responsables de transport.

GC : Grande couronne (grande banlieue de l'agglomération parisienne).

GSS : grandes surfaces spécialisées.

IAURIF : Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région Ile de France.

INRETS : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité.

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques.

IPRAUS : Institut parisien de recherche : architecture, urbanistique, société (Ecole d'architecture de Paris Belleville).

LET : Laboratoire d'économie des transports (Université de Lille 2).

LOTI : loi d'orientation des transports intérieurs du 30 déc. 1982.

MEDD : Ministère de l'écologie et du développement durable.

MELTT : Ministère de l'équipement, du logement, des transports et du tourisme.

MOS : mode d'occupation des sols, fourni par le SIG de l'Ile de France.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques.

ORIE : Observatoire régional de l'immobilier d'entreprise en Île-de-France.

PC : Petite couronne (proche banlieue de l'agglomération parisienne).

PDU : plan de déplacement urbain.

PLU : plan local d'urbanisme (ex POS : plan d'occupation des sols).

PMR : personnes à mobilité réduite.

RATP : Régie autonome des transports parisiens.

RER : réseau express régional.

RGP : recensement général de la population.

SDRIF : schéma directeur de la région Ile de France.

SETRA : service d'études techniques des routes et autoroutes.

SHON : surface hors œuvre nette.

SIG : système d'information géographique.

SIGR : système d'information géographique régional (de l'Ile de France).

SITADEL : système d'informatisation et de traitement automatisé des données élémentaires sur les logements et les locaux.

STIF : Syndicat des transports d'Ile de France.

TC : transport collectif.

TIV : temps intervéhiculaires.

VIM : véhicule individuel motorisé (VP + VU + 2RM).

VP : véhicule particulier.

VU : véhicule utilitaire.

REFERENCES

- ABBADIE Chrystel, BARTHE Catherine, 2005, *Effet d'une généralisation des zones 30 sur le temps de parcours en milieu urbain. Le cas de Toulouse*, Lyon : CERTU, 40 p.
- ADEME, 2003, *Logiciel "DEED" : Diagnostic Energie Environnement Déplacements. Présentation et analyse fonctionnelle du logiciel DEED*, ADEME, 90 p.
- AGENCE DE LA MOBILITE, 2007, *Etude comparative des temps de déplacement selon les modes. Synthèse*, Mairie de Paris, Direction de la voirie et des déplacements, 4 p.
- ALEXANDER Christopher, 1967, « Une ville n'est pas un arbre », *Architecture, Mouvement et Continuité*, 4^e trim., pp. 3-11.
- APEL Dieter, 2000, «Traffic system, space demand and urban structure», *Vélo Mondial 2000*, Amsterdam, juin, 13 p.
- ASCHER François, 1998, *La République contre la ville. Essai sur l'avenir de la France urbaine*, La Tour d'Aigues : Ed. de l'Aube, 200 p.
- ASENCIO Serge, GIESS Yannick, HERAN Frédéric, 2006, *Les contresens cyclables. Avec présentation de 73 cas français*, FUBicy (Fédération française des Usagers de la BICYclette), ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), Ministère de l'Equipement et des Transports (Direction de la sécurité et de la circulation routière), Strasbourg, 2^e éd., 200 p.
- BANQUE MONDIALE, 1975, *Transports urbains*, Washington, Banque mondiale.
- BARLES Sabine, GUILLERME André, 1998, *La congestion urbaine en France (1800-1970)*, rapport de recherche pour le Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement, Plan Urbanisme, Construction et Architecture, ARDU (Association pour la Recherche et le Développement en Urbanisme) et LTMU (Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines), 277 p.

- BAUMSTARK Luc, 2003, « Le coût économique des politiques de réduction de la mobilité », 39^e colloque de l'ASRDLF (Association de science régionale de langue française) *Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales*, Lyon, 1-3 sept. http://www.enpc.fr/fr/formations/dea_masters/tradd/site/documents/reduc-mob.pdf
- BAVOUX Jean-Jacques, BEAUCIRE Francis, CHAPELON Laurent, ZEMBRI Pierre, 2005, *Géographie des transports*, Paris : Armand Colin, Collection U, 232 p.
- BEAUCIRE Francis, 1996, *Les transports publics et la ville*, Les Essentiels, Toulouse, Milan, 64 p.
- BEAUCIRE Francis, 1998, « Urbanisme et mobilité. Les termes de l'équation », in *Les transports et la ville. Analyses et diagnostics. Actes du séminaire des acteurs des transports et de la ville*, Paris : Presses de l'ENPC, 263 p. **CDU 39988(1)**
- BEAUCIRE Francis, 2006, « Songer à la vitesse », in Agence d'urbanisme de la région grenobloise, « Excès de vitesse », *Les dossiers de demain*, n° 5, 50 p. http://www.sciences-po-urbanisme.fr/urba/IMG/pdf/La_vitesse_.pdf
- BEAUVAIS Jean-Marie, 1982-1983, *Consommation d'espace des différents modes de transport urbain*, phase 1 : recherche méthodologique, 31 p., phase 2 : application numérique, 48 p.
- BEAUVAIS Jean-Marie, 2000, *Stratégie de localisation de la grande distribution alimentaire et conséquences sur la mobilité*, rapport de recherche pour l'ADEME, 79 p.
- BEAUVAIS Jean-Marie, 2003, *Evolution du commerce et utilisation de la voiture*, Beauvais consultants, rapport de recherche pour le ministère de l'équipement et des transports, Tours, 134 p.
- BERGER Martine, 2004, *Les périurbains de Paris. De la ville dense à la métropole éclatée ?*, CNRS Editions, 320 p.
- BOITEUX Marcel (dir.), 1995, *Transports : pour un meilleur choix des investissements*, rapport pour le Commissariat général du Plan, La documentation française, Paris, 325 p.
- BOITEUX Marcel (dir.), 2001, *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, rapport pour le Commissariat général du Plan, rapporteur Luc Baumstark, Paris : La documentation française, 325 p. <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/014000434/0000.pdf>
- BRACHER Tilman, 1987, *Concepts pour le trafic cycliste*, Direction fédérale de la circulation, Berlin.
- BRES Antoine, 1998, « Le système des voies urbaines : entre réseau et espace », *Flux*, n° 34, pp. 4-20.
- BRUN Gérard, 2005, « Les réseaux : des spéculations morphologiques aux applications pratiques », *Flux*, n° 62, pp. 4-9.
- BRUUN Eric, VUCHIC Vukan, 1995, *The time-area Concept : Development, Meaning and Applications*, Transportation Research Board, 74th Annual Meeting, jan. 22-28, Washington D.C., 27 p.
- BUCHANAN Colin D., 1963, *Traffic in Towns*, HMSO, Londres, 264 p., traduction : *L'automobile dans la ville*, Imprimerie Nationale, Paris, 1965, 224 p.
- CARE-COLIN Serge, GENDRE Patrick, 1999, *Régulation des vitesses sur voies rapides urbaines. Une synthèse des expérimentations*, Lyon, CERTU, 90 p.
- CARRE Jean-René, 1999, *RESBI. Recherche et expérimentation sur les stratégies des cyclistes au cours de leurs déplacements*, Arcueil : rapport de recherche INRETS-DERA, n° 9904, 86 p.

- CB Richard Ellis, 2007, *Le marché des bureaux en Ile de France*, CBRE, 52 p.
- CEMT, 2006, *Transport, formes urbaines et croissance économique*, conclusions de la 137^e table ronde d'économie des transports, CEMT, Paris : OCDE, 18 p.
<http://www.cemt.org/online/conclus/rt137f.pdf>
- CERTU, 1997, *La protection des trottoirs contre le stationnement*, Lyon, 113 p.
- CERTU, 2000, *Recommandations pour des aménagements cyclables*, Lyon, 108 p.
- CERTU, 2003, *Déplacements et commerces. Des sources de données pour le commerce*, CERTU, Lyon, 84 p.
- CERTU, 2003, *Les politiques de stationnement après la loi SRU. Pourquoi ? Comment ?*, Lyon, CERTU, 252 p.
- CERTU, 2005, *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements*, Lyon : CERTU, 45 p.
- CERTU, 2006, *Zones 30. Des exemples à partager*, Lyon : CERTU, 148 p.
- CETE de Lyon, 1975, *Compte-rendu des journées d'études sur les plans de circulation favorables aux transports collectifs*, Arc-et-Senans, 2-3 déc. 1974, 52 p.
- CETUR, 1989, *Réduire la vitesse en agglomération. Mesures localisées d'exploitation et d'équipement de la voirie*, Bagneux, 144 p.
- CETUR, 1992, *Guide « zone 30 »*, Bagneux : CETUR, 64 p.
- CETUR, AIVF, 1988, *Guide général de la voirie urbaine. Conception, aménagement, exploitation*, CETUR, Bagneux, 197 p.
- COHEN Simon, 1986, « Régulation du trafic et sécurité aux carrefours à feux », *Recherche Transports Sécurité*, n° 9/10, pp. 69-72.
- COHEN Simon, 2004, *Conditions de circulation sur le tronç commun A4-A86. Evaluation de la situation de référence*, Arcueil, rapport INRETS, 37 p.
- COHEN Simon, 2006, « Considérations sur les courbes débit-vitesse », in *Séminaire vitesse. Apports récents de la recherche en matière de vitesse*, Actes INRETS n° 105, pp. 57-66.
- CONSEIL NATIONAL DES TRANSPORTS, 2005, *Une voirie pour tous. Sécurité et cohabitation sur la voie publique au-delà des conflits d'usage*, Paris, rapport du CNT, 2 tomes.
- COUREL Jérémy, MEYERE Alain, NGUYEN-LUONG Dany, 2005, « Répartition géographique des déplacements : une nouvelle approche », *Les cahiers de l'Enquête Globale de Transport*, 20 p.
- CROZET Yves, JOLY Iragaël, 2006, « Budgets temps de transport et vitesses : de nouveaux enjeux pour les politiques de mobilité urbaine », actes du colloque *La ville aux limites de la mobilité*, Paris : Presses universitaires de France, pp. 287-296.
- DARBERA Richard, 1992, « Le coût total de la voiture particulière et des transports collectifs dans une grande agglomération : le cas de Paris », communication n° 919 à la *Conférence mondiale sur la recherche dans les transports* (WCTR), Lyon, 29 juin-4 juillet, 13 p.
- DARBERA Richard, D'HALLUIN Jean-Vianney, 2003, « Les droits négociables sont-ils une alternative au stationnement payant ? », *Transport, environnement, circulation*, n° 179-180, pp. 22-29.
- DEBRINCAT Laurence et GOLDBERG Jonathan (STIF), Duchateau Hugues (Stratec), KROES Eric et KOUWENHOVEN Marco (RAND Europe), 2005, *Valorisation de la régularité des radiales ferrées en Ile de France* Syndicat des transports d'Ile de France, ATEC, 12 p.
http://www.stif-idf.fr/IMG/doc/ATEC_Irregularite.doc

- DESBOUIS Gérard, LAURENT François, MEDEVILLE Nathalie, 1999, *Les multiplexes, impact sur la mobilité et l'urbanisation en Île-de-France*, 1. rapport final. 2. synthèse d'étude, Association pour la Recherche sur l'Aménagement Urbain et Commercial, 226 p.
- DESSE René-Paul, 2001, *Le nouveau commerce urbain. Dynamiques spatiales et stratégies des acteurs*, Presses universitaires de Rennes, 198 p.
- DI SALVO Magali, 2007, *Quelle est la consommation d'espace par les transports et par l'urbanisation ? Rapport de synthèse et d'expérimentation*, Lyon, CERTU, 64 p. Téléchargeable sur le site du CERTU.
- DIDIER Michel, PRUD'HOMME Rémy, 2007, *Infrastructures de transport, mobilité et croissance*, rapport au Conseil d'analyse économique, Paris : La Documentation Française, 241 p. Téléchargeable sur <http://www.cae.gouv.fr/>
- DOUAY Sophie, HASIAK Fabrice, 1994, *Le vélo dans la chaîne de transport*, ENTPE, travail de fin d'études, sous la direction d'Edith METZGER, CETE de Lyon, mémoire soutenu le 16 juin 1994, 104 p.
- DREIF et ADIL 75, 2005, *La prise en compte des dépenses de transport dans les projets d'accession. Une aide à la cohérence des choix résidentiels*, Paris : DREIF et ADIL 75, 24 p. http://www.adil75.org/pdf/Adil_DRE%2018%20mars%2005.pdf
- DREIF, 2001, *Les normes de stationnement dans les plan locaux d'urbanisme. Méthodes et bonnes pratiques*, PDU Ile de France, Paris : La Documentation Française, 64 p.
- DREIF, 2004, *Les déplacements des Franciliens en 2001-2002. Enquête globale de transport*, Paris : Direction régionale de l'équipement d'Ile de France, 42 p.
- DUHAYON Jean-Jacques, PAGES Adeline, PROCHASSON François, 2002, *La densité : concept, exemples, mesure*, CETE de l'ouest, Lyon : CERTU, 92 p.
- DUPUY Gabriel, 1999, *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Anthropos, Paris, 160 p.
- DUPUY Gabriel, OFFNER Jean-Marc, 2005, « Réseau : bilans et perspectives », *Flux*, n° 62, pp. 38-46.
- DUSSART Robert, TATERODE Maurice, 1987, « La politique du stationnement à Paris », *Transport Environnement Circulation*, n° 79-80, pp. 18-31.
- ENAULT Cyril, 2004, *Comment la vitesse agit-elle sur l'étalement urbain ?*, document de travail, INRETS-LVMT-Université de Marne la Vallée, 17 p. <http://thema.univ-fcomte.fr/IMG/pdf/articlerelationvitesseetalementCEnault.pdf>
- EPAD, 2006, *Etude mobilité transports à La Défense*, réalisation MV2 ETC pour l'EPAD, 20 p.
- FAURE Anne (dir.), 1996, *Entre les tours et les barres*, Lyon : CERTU, 205 p.
- FAURE Anne, CAMPINA Federica, 2005, « Les déterminants de la demande de transport dans les milieux urbains denses », *Transport Environnement Circulation*, n° 185, pp. 54-60,
- FRENAY Patrick, 2001, « P+R versus urbanisation autour des nœuds de transports publics », *Transport Environnement Circulation*, n° 166, pp. 20-29.
- FRUIN John J., 1987, *Pedestrian Planning and Design*, Revised Edition, Elevator World, Inc., Mobile, AL.
- GALLEZ Caroline, HIVERT Laurent, 1998, *BEED, mode d'emploi. Synthèse méthodologique pour les études « budgets énergie environnement des déplacements »*, rapport de convention ADEME-INRETS, 85 p.
- GAMBARD Jean-Marie, APARICIO A., LUNDEBREKKE E., 1995, « Conception et architecture des voies urbaines », *Routes / Roads*, spécial II (10.08B) pp. 51-84.

- GART, 1991, *Métrobusvaltram, pour que ça roule*, Paris : GART, 34 p.
- GART, ADEME, PREDIT, UTP, 2001, *Mobiscopie. Opinions des Français sur les déplacements urbains*, GART, Paris, 102 p.
- GENRE-GRANDPIERRE Cécile, 2001, *Laisser leur chance aux modes non motorisés par l'aménagement des réseaux routiers*, V^e rencontres de Théo Quant, Besançon, 12 p.
- GERONDEAU C., 1969, *Les transports urbains*, PUF, Que sais-je ?, Paris, 127 p.
- GODINOT Cécile, NICOLAS Jean-Pierre, 2007, *L'évolution des vitesses sur l'agglomération lyonnaise. Ce que nous disent les enquêtes ménages de 1976, 1985 et 1995*, Lyon : Laboratoire d'économie des transports, document de travail n° 98/02.
- GOLIAS Ronan, 2007, « Utiliser l'accessibilité piétonne pour un transfert modal de la voiture vers les transports en commun : le cas de Paris », *Transports urbains*, n° 111, pp. 21-25.
- GOUT Patricia (dir.), 1996, *Plan de Déplacements Urbains. Guide*, Lyon : CERTU, 263 p.
- GUENGANT Alain, 1992, *Les coûts de la croissance périurbaine. L'exemple de l'agglomération rennaise*, Paris. ADEF, 157 p.
- GUIEYSSE Louis, MARCHAND Louis, 1988, « Congestion urbaine et réponse de la planification en agglomération parisienne », dans *Les transports collectifs urbains*, actes du colloque des 3-5 mai 1988, Presses de l'ENPC, Paris, pp. 111-122.
- GUILLERME André, 2000, *L'administration des voies*, document de travail de travail, CNAM.
- GUILLERME André, BARLES Sabine, 1997, *Histoire, statuts et administration de la voirie urbaine*, papier de travail.
- HERAN Frédéric (dir.), BRICHET Marie, 2004, *Commerces de centre-ville et de proximité et modes non motorisés*, rapport d'étude pour l'ADEME, le MELTT et le MEDD, 85 p.
- HERAN Frédéric (dir.), JULIEN Arantxa, PAQUES Antoine, 1999, *Evaluation de l'effet des coupures urbaines sur les déplacements des piétons et des cyclistes*, recherche effectuée dans le cadre du PREDIT, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme, Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques, décision d'aide à la recherche n° 98 MT 04, 234 p.
- HERAN Frédéric, 2000, *Transports en milieu urbain : les effets externes négligés. Monétarisation des effets de coupure, des effets sur l'affectation des espaces publics et des effets sur les paysages*, Paris : La Documentation française, 118 p.
- HERAN Frédéric, 2002, « Le reflux des rues à sens unique », *Flux*, n° 48, pp. 83-93.
- HERAN Frédéric, 2003, « Forme du réseau viaire et détours », communication au XXXIX^e colloque de l'ASRDLF (Association de science régionale de langue française) *Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales*, 1-3 septembre, Lyon, 10 p.
- HERAN Frédéric, 2005, « De la ville adaptée à l'automobile à la ville pour tous. L'exemple parisien », in Anne Grillet-Aubert, Sabine Guth (dir.), *Déplacements. Architectures du transport, territoires en mutation*, Ed. Recherches/Ipraus, Paris, pp. 173-186.
- HERAN Frédéric, DARBERA Richard, 2006, « Quel bilan socio-économique pour le tunnel sous Neuilly ? », *Transports*, juillet-août, pp. 226-235.
- IAURIF, 1998, *Enquête sur le stationnement en première couronne : dossier de synthèse*, Paris : Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région Ile de France, Division transports et infrastructures, 25 p. + annexes.
- IAURIF, 2006, *Synthèse régionale de l'offre commerciale existante et en projet en Île-de-France. Etat à la fin du premier semestre 2006*, Paris : Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région Ile de France, 23 p.

- IAURIF, BETURE CONSEIL, ISL, GRONTMIJ, 1996, *Etude sur le rabattement en vélo sur les gares d'Ile de France*, étude pour le Conseil Régional d'Ile de France, Paris.
- ILLICH Ivan, 1973, « Énergie et équité », in *Œuvres complètes*, volume 1, Paris, Fayard, 2003, 792 p.
- JACOBSEN P. L., 2003, « Safety in numbers : more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling », *Injury Prevention*, vol. 9, pp. 205-209.
<http://www.tsc.berkeley.edu/newsletter/Spring04/JacobsenPaper.pdf>
- JEANRENAUD Claude, GROSCLAUDE Pascal, SCHWAB Nathalie, SOGUEL Nils, STRITT Marc-Alain, 1993, *Les coûts sociaux des transports en Suisse : un compte global par mode de transport*, IRER (Institut de Recherches Economiques et Régionales) pour le service d'étude des transports / DFTCE, mandat SET n° 174, Berne, 139 p.
- JULIEN Arantxa, 2001, *Comparaison des principaux manuels européens d'aménagements cyclables*, collection Rapports d'étude, Lyon : CERTU, 120 p.
- KOENIG Gérard, 1974, « Théorie urbaine de l'accessibilité », *Revue économique*, n° 2, pp. 275-297.
- KOENIG Gérard, 1977, « Les indicateurs d'accessibilité dans les études urbaines de la théorie à la pratique », *Revue générale des routes et des aérodromes*, n° 533, pp. 5-23.
- LAMURE Claude, 1995, *Quelle automobile dans la ville*, Presses de l'ENPC, Paris, 333 p.
- LAMURE Claude, LAMBERT Jacques, 1993, *Impact des transports terrestres sur l'environnement. Méthodes d'évaluation et coûts sociaux*, Synthèse INRETS n° 23, 103 p.
- LANDEX Alex, HANSEN Stephen, 2006, *Examining the Potential Travellers in Catchment Areas for Public Transport*, working paper, Centre for Traffic and Transport (CTT), Technical University of Denmark (DTU), 11 p.
- LARCENEUX Fabrice, BERGER Raphaël, 2006, *Tests statistiques sur l'hyperchoix et les stratégies du consommateur*, CREDOC, 130 p. <http://www.credoc.fr/pdf/Rech/C226.pdf>
- LE CORBUSIER, 1933, *La Charte d'Athènes*, Paris, Minuit, éd. de 1957, 190 p.
- LE GAL Yan, CHALEROUX Ludovic, MEUGNIOT François-Régis, LAROCHE Christian, 2002, *La voirie urbaine : un patrimoine à réhabiliter. Enseignements de Nantes*, rapport pour le ministère de l'équipement, direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques, PREDIT 2, 85 p.
- LECHNER Daniel, MALATERRE Gilles, FLEURY Dominique, 1986, *La reconstitution cinématique des accidents*, rapport INRETS, n° 21.
- LEFAUCONNIER Amélie, GANTELET Eric, 2005, « La recherche d'une place de stationnement : stratégies, nuisances associées, enjeux pour la gestion du stationnement en France », *Transport, Environnement, Circulation*, n° 187, 9 p.
- LESORT Jean-Baptiste, 2006, « Vitesse individuelle, vitesse de flot : quelques rappels sur la physique du trafic », in *Séminaire vitesse. Apports récents de la recherche en matière de vitesse*, Actes INRETS n° 105, pp. 41-45.
- LEVEQUE François, 1999, « Instruments économiques et ville soutenable », communication au colloque *Evolution urbaine et développement durable*, ENPC, 4 février.
<http://www.cerna.ensmp.fr/Documents/FL-ConfPonts.pdf>
- LIEUTIER Gilbert, 1997, « Déplacements urbains. Les solutions mises en œuvre dans les villes italiennes : les ZTL, zones à trafic limité », *Transports urbains*, n° 94, pp. 5-14.
- LITMAN Todd, 2002, *Evaluating Transportation Land Use Impacts*, Victoria Transport Policy Institute, Canada, www.vtpi.org.
- LOWE Marcia, 1989, *The Bicycle: Vehicle for a small Planet*, Worldwatch Institute.

- MALATERRE Gilles, 1986, « Temps de réponse et manœuvres d'urgence », *Recherche Transports Sécurité*, n° 12, pp. 11-16.
- MALVERTI Xavier, PINON Pierre (dir.), 1997, *La ville régulière. Modèles et tracés*, Picard, Paris, 215 p.
- MANGIN David, 2004, *La Ville franchisée. Formes et structures de la ville contemporaine*, Éditions de la Villette, 480 p.
- MANGIN David, PANERAI Philippe, 1999, *Projet urbain*, éditions Parenthèses, Marseille, 187 p.
- MARCHAND Louis, 1977, « Qu'est-ce que la mobilité », *Métropolis*, n° 24-25, pp. 51-54.
- MARCHAND Louis, 1984, « Un concept fécond, la consommation d'espace temps », *Les cahiers scientifiques de la revue Transport*, 2e semestre.
- MARCHAND Louis, 1993, *Du bon usage de l'espace de voirie dans les centres urbains*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, cycle Transport de voyageurs, module 2 : l'économie des transports, Paris, 11 p.
- MARCHAND Louis, MOLINA J.-M., 1983, *Considérations fondamentales au choix d'un système de transport de grande capacité*, RATP, 6 p.
- MARTIN Yves, 1998, *Impact des choix en matière de transport sur l'évolution de la structure d'une agglomération*, lettre à E. Quinet rendue publique sur Internet, Paris, le 16 mars. <http://209.85.135.104/search?q=cache:RANi92FNK1YJ:www.cgm.org/rapports/cd-rom/CD-Yves-Martin/d-Transports/documents/1.7.doc+%22Impact+des+choix+en+matière+de+transport%22+martin&hl=fr&ct=clnk&cd=1&gl=fr>
- MASSOT Marie-Hélène, ORFEUIL Jean-Pierre, 1995, « La mobilité, une alternative à la densité du centre. Les relations domicile-travail », *Les Annales de la Recherche Urbaine*, n° 67, pp. 23-31.
- MERLIN Pierre, 1991, *Géographie, économie et planification des transports*, Paris, PUF, 472 p.
- MERLIN Pierre, 2004, « Faut-il avoir peur de l'étalement urbain ? », in *Ville. performance économique et développement durable*, IAURIF, pp. 91-107. http://www.iaurif.org/fr/savoirfaire/etudesenligne/recherche_urbaine/Livre_3_Ville_performance_economique.pdf
- MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'EQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER, 2004, *Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*, MTETM, 30 p. http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Instruction_cadre_maj_2005_cle147216.pdf
- MORLET Olivier, 2000, « Marché du logement et ségrégation spatiale : analyse statistique du cas parisien », *Etudes foncières*, n° 85. <http://www.foncier.org/articles/85/85Morlet.htm>
- NAVARRÉ Danièle, 2002, « Paris-Berlin : comparaison des systèmes de transport », IAURIF, *Note rapide*, n° 301, 6 p.
- NEWMAN Peter W.G., KENWORTHY Jeffrey R., 1989, *Cities and Automobile Dependence*, Gower Technical, Sidney.
- NEWMAN Peter W.G., KENWORTHY Jeffrey R., 1996, « Formes de la ville et transports : vers un nouvel urbanisme », *Cahiers de l'IAURIF*, n° 114-115, pp. 98-109.

- NICOLAS Jean-Pierre, 1998, *Le coût des nuisances des transports : méthodes d'évaluation et usage des résultats obtenus*, document de travail, Lyon : Laboratoire d'économie des transports, n° 98/02.
- NOEL Jean-Claude, CHARRE Laurent, 2000, *Les boulevards et les avenues du réseau principal*, DREIF, Direction de l'urbanisme et du schéma directeur, non paginé.
- O'SULLIVAN Sean, MORRAL John, 1995, *Walking Distances to and from Light-Rail Transit Stations*, Transport Research record 1538, pp. 19-26.
<http://www.enhancements.org/download/trb/1538-003.PDF>
- ORFEUIL Jean-Pierre, 1984, « Les budgets énergie transport: un concept, une pratique, des résultats », *Recherche Transports Sécurité*, n° 2, pp. 23-29.
- ORFEUIL Jean-Pierre, 2000, *L'évolution de la mobilité quotidienne. Comprendre les dynamiques, éclairer les controverses*, synthèse INRETS n° 37, Arcueil, INRETS, 146 p.
- ORFEUIL Jean-Pierre, 2004, « Les recherches récentes sur la mobilité », in, *Les échelles dans la ville. Mobilité, mixité et choix résidentiels*, IAURIF, pp. 53-90.
http://www.iaurif.org/fr/savoirfaire/etudesenligne/recherche_urbaine/Livre_2_echelles_%20dans_ville.pdf
- PALMIER Patrick, 2001, *Cartes ZAP : mode d'emploi*, Lille Métropole Communauté Urbaine, Lille, 25 p.
- PEREZ-DIAZ Claudine, 1995, « Les régulations rationnelles du contrôle des contraventions », in « Routes, espace incertain », *Les cahiers de la sécurité intérieure*, n° 25, 1996, pp. 90-106.
- PLAT Didier, 1982, *Distances de déplacement, le cas de l'agglomération lyonnaise*, mémoire de DEA, Université Lumière Lyon 2, 100 p. + ann.
- POLACCHINI Annarita, ORFEUIL Jean-Pierre, 1999, « Les dépenses des ménages franciliens pour le logement et les transports », *Recherche Transports Sécurité*, n° 63, pp. 31-46.
- POULLAUDE Laurence, 2004, *Zoom sur la ZAP. Premiers enseignements de l'étude des zones accessibles à pied autour des stations de transport en site propre*, Lille : LMCU, présentation PowerPoint, 21 p.
- POULIT Jean, 1973, *Approche économique de l'accessibilité*, Paris, SETRA, document interne, 27 p.
- POULIT Jean, 1974, *Urbanisme et transport. Les critères d'accessibilité et de développement urbain*, SETRA, Paris.
- POULIT Jean, 2005, *Le territoire des hommes. La création de richesse, d'emplois et de bien-être au sein d'une planète préservée*, Paris, Bourin Editeur, 349 p.
- PRUD'HOMME Rémy, CHANG-WOON Lee, 1999, « Size, Sprawl, Speed and the Efficiency of Cities », *Urban Studies*, vol. 36, n° 11, pp. 1849-1858. Trad. « Taille, étendue, vitesse et efficience des villes », in *Les transports et la ville*, actes du séminaire des acteurs des transports et de la ville, Paris, ENPC, 14 mai, pp. 63-74.
- RATP, 1998, *Partage de la voirie*, note pour la préparation du PDU de l'Ile de France, 4 p.
- RAUX Charles, 2007, *Le péage urbain*, Paris : La documentation française, 91 p.
- SCHAUR Eda, 1991, *Non-planned settlements: characteristic Features-path system, surface subdivision*, Institut für leichte Flächentragwerke, Stuttgart, 256 p.
- SCHMIDER André, 1977, « L'espace urbain, un bien public », *Métropolis*, n° 24-25, pp. 55-57.
- SCHWARTZ Barry, 2004, *The Paradox of Choice. Why More Is Less*, New York, Ecco, 265 p.
 Trad. *Le paradoxe du choix. Comment la culture de l'abondance éloigne du bonheur*, Ed. Michel Lafon, 2006, 331 p.

- SERVANT Louis, 2005, « La consommation énergétique des transports franciliens », IAURIF, *Note rapide*, n° 400, 6 p.
http://www.iaurif.org/fr/ressources_doc/publications/publicationsrecentes/notesrapides/pdf/transports/nr_400.pdf
- SOFRETU, CETUR, 1992, *Le coût de la consommation d'espace*, note interne, Paris.
- SOFRETU, CETUR, 1994, *Analyse des coûts de déplacement : élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'un compte transport des voyageurs*, 3 tomes et rapport de synthèse, Paris.
- SONG Yan, KNAAP Gerrit-Jan, 2003, « New urbanism and housing values : a disaggregate assessment », *Journal of Urban Economics*, vol. 51, pp. 218-238.
<http://www.publicpolicy.umd.edu/puaf610/data/Portland.pdf>
- STP, 1999, *Cahier de références pour la conception, la réalisation et l'exploitation des parcs relais d'Ile-de-France*, Paris : STP, 62 p.
- STUDENY Christophe, 1995, *L'invention de la vitesse*, Paris : Gallimard, 408 p.
- TERRA Sébastien, 2005, *Guide de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la méthode des prix hédoniques*, Ministère de l'écologie et du développement durable, 35 p.
- TRANSPORT FOR LONDON, 2007, *Central London congestion charging. Impacts monitoring. Fifth annual report*, London : TFL, June, 271 p.
<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/fifth-annual-impacts-monitoring-report-2007-07-07.pdf>
- UITP, 2001, *Better Mobility in Urban Area. Problems, Solutions, Best Practices*, Bruxelles : UITP, 44 p.
- UNITED NATIONS, 1984, *Transportation Strategies for Human Settlements in Developing Countries*, UNCHS, Nairobi, Kenya.
- VIVIER Jean, 1997, *Coûts des déplacements en Ile de France. Éléments pour une politique d'investissement et de tarification*, RATP, Département du Développement, Paris, 88 p. + annexes 191 p.
- WENGLANSKI Sandrine, 2002, « Parcours effectif à l'emploi versus accès potentiel à l'emploi : une mesure des contraintes des actifs dans la métropole parisienne », XXXVIII^e colloque annuel de l'ASRDLF, 21-23 août. Trois-Rivières, Canada. Repris dans *Les échelles dans la ville. Mobilité, mixité et choix résidentiels*, IAURIF, pp. 125-136.
http://www.iaurif.org/fr/savoirfaire/etudesenligne/recherche_urbaine/Livre_2_echelles_%20dans_ville.pdf
- WERQUIN Ann-Caroll, DEMANGEON Alain, 1998, *Boulevards, rondas, parkways... des concepts de voies urbaines*, dossier du CERTU, 161 p.
- WIEL Marc, 1999, *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Sprimont : Pierre Mardaga Editeur, 149 p.
- WIEL Marc, 2006, « Eloigner les méfaits de la vitesse », in Agence d'urbanisme de la région grenobloise, « Excès de vitesse », *Les dossiers de demain*, n° 5, 50 p.
<http://www.aurg.org/actualites/DD5.pdf>
- WIEL Marc, 2007, *Pour planifier les villes autrement*, Paris : L'Harmattan, 244 p.
- ZAHAVI Jacov, 1973, « The TT-relationship : a unified approach to transportation planning », *Traffic Engineering and Control*, vol. 15, n° 4-5, pp. 205-212.

TABLE DES MATIERES

LES PRINCIPAUX RESULTATS DE LA RECHERCHE	4
Des concepts.....	4
Des méthodes	4
Des constats.....	4
Des analyses	5
INTRODUCTION GENERALE	6
Enjeux	6
Objectifs	7
Méthodologie	7
Usage des sols et offre d'espace.....	7
Offre et demande d'espace.....	8
Sources	8
Plan du rapport	9
PREMIERE PARTIE. APPROCHE GENERALE.....	10
CHAPITRE 1. LA CONSOMMATION D'ESPACE DE STATIONNEMENT	11
I – La demande d'espace de stationnement	11
A/ La demande d'espace de stationnement par mode	12
1. La voiture	12
2. Les deux-roues	13
3. Le bus	13
4. Synthèse	14
B/ La demande globale d'espace de stationnement	14

II – L’offre d’espace de stationnement	15
A/ Les normes et les pratiques de construction des places de stationnement	15
1. Pour les logements neufs.....	15
2. Pour les bureaux neufs	16
3. Pour les commerces.....	19
4. Pour les autres lieux	20
B/ L’offre globale d’espace de stationnement	21
1. L’espace utilisé par le stationnement dans la rue.....	22
2. L’espace utilisé par les parkings de surface	22
3. L’espace utilisé par les garages des particuliers	23
4. L’espace utilisé par les parkings en ouvrage.....	23
CHAPITRE 2. LA CONSOMMATION D’ESPACE DE CIRCULATION.....	26
I – La demande d’espace de circulation.....	26
A/ La surface consommée par un véhicule en mouvement.....	26
1. L’approche par le débit	27
2. L’approche par la surface dynamique	31
B/ Les distances et vitesses des modes de déplacement	36
1. De l’origine des détours	36
2. Les coefficients de redressement	46
3. Les distances parcourues et les vitesses réelles de chaque déplacement	49
II – L’offre d’espace de circulation	50
A/ La largeur d’emprise des différents espaces de circulation	50
1. Les trottoirs	50
2. Les aménagements cyclables	51
3. Les chaussées	51
4. Les giratoires	53
5. Les couloirs bus.....	54
6. Les voies ferrées.....	54
B/ Le linéaire de chaque type d’aménagement	54
1. L’accès à l’information	54
2. Le linéaire de voirie en milieu urbain	55
3. Le linéaire de voirie urbaine selon la surface urbanisée	55
4. Le linéaire de voirie urbaine selon la densité de population	56
C/ La surface de circulation	58
1. Par type de réseau.....	58
2. Par mode.....	58
3. Des espaces automobiles surdimensionnés	59
CHAPITRE 3. LA CONSOMMATION TOTALE D’ESPACE PAR LES TRANSPORTS	61
I – La consommation d’espace par les transports	61
A/ La part de la voirie dans l’espace urbanisé	62
1. Le ratio global	62
2. Quelques ratios particuliers	63
B/ La répartition de la voirie	64
1. Entre circulation et stationnement et selon les zones.....	64
2. Par mode.....	64
II – La consommation d’espace-temps par les transports	65
A/ La consommation d’espace-temps par le stationnement.....	65
1. L’offre d’espace-temps de stationnement	65
2. La demande d’espace-temps de stationnement	65
3. Le taux d’occupation des espaces de stationnement	66
B/ La consommation d’espace-temps par la circulation	68
1. L’offre d’espace-temps de voirie	69
2. La demande d’espace-temps de circulation	69
3. Le taux d’occupation des espaces de circulation	74

C/ La consommation d'espace-temps par le stationnement et la circulation	75
1. Quelques calculs de la demande d'espace-temps.....	75
2. Quelques comparaisons entre offres et demandes d'espace-temps.....	77
Annexe. Comparaison avec les travaux pionniers de la RATP	78
La consommation d'espace-temps de stationnement selon L. Marchand.....	78
La consommation d'espace-temps de circulation selon L. Marchand	78
La consommation moyenne d'espace-temps	81
DEUXIEME PARTIE APPLICATION AU CAS DE L'ILE DE FRANCE	82
CHAPITRE 1. L'OFFRE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	83
I – L'offre d'espace de stationnement	83
A/ Les sources utilisables concernant le stationnement	84
1. Les données issues du MOS.....	84
2. Les données issues de la base Sitadel	84
3. Les autres sources de données.....	86
B/ L'offre d'espace de stationnement pour les voitures.....	87
1. Les places de stationnement sur voirie.....	87
2. Les places de parkings en surface	88
3. Les places en garage pour les particuliers	89
4. Les places en ouvrage	89
5. L'offre globale	93
C/ L'offre d'espace de stationnement pour les deux-roues.....	94
II – L'offre d'espace de circulation	95
A/ Les sources utilisables concernant la voirie	95
1. Les données issues du MOS.....	95
2. Les données sur le linéaire et la largeur des voiries	96
B/ L'occupation du sol par la voirie (hors parkings)	97
1. La répartition de la voirie par zone et par type de voie.....	97
2. La répartition de la voirie selon les modes.....	98
III – L'offre globale d'espace de stationnement et de circulation	99
A/ L'offre totale d'espace de stationnement et de circulation en surface	99
B/ L'offre totale d'espace de stationnement et de circulation.....	99
CHAPITRE 2. LA DEMANDE D'ESPACE DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	101
I – La demande d'espace-temps de stationnement	101
A/ Les sources utilisables concernant le stationnement	101
1. L'EGT	101
2. Les autres sources possibles.....	102
B/ La demande selon les zones	102
1. La durée de stationnement à destination	102
2. La consommation d'espace de chaque type d'emplacement	104
3. La consommation d'espace-temps de stationnement à destination.....	104
4. Les résultats.....	105
II – La demande d'espace de circulation	106
A/ Le calcul de la demande d'espace de circulation	106
1. Les coefficients de détour selon les modes et les types de liaisons	106
2. Les distances parcourues et les vitesses réelles de chaque déplacement	108
3. La consommation d'espace-temps de circulation de chaque déplacement.....	108
4. L'affectation des consommations d'espace-temps de circulation aux zones traversées.....	109
5. Le taux d'occupation des véhicules	109
B/ Les résultats	110
III – La demande globale d'espace de stationnement et de circulation	110

CHAPITRE 3. LE TAUX D'OCCUPATION DES ESPACES DE STATIONNEMENT ET DE CIRCULATION	112
I – Le taux d'occupation des espaces de stationnement	112
A/ Le taux d'occupation des places de stationnement pour voiture.....	112
1. Le taux d'occupation global.....	112
2. Les taux d'occupation particuliers	114
B/ Le taux d'occupation du stationnement des autres modes	114
II – Le taux d'occupation des espaces de circulation	114
A/ Le taux d'occupation des espaces de circulation utilisés par les modes individuels motorisés	115
B/ Le taux d'occupation des trottoirs	115
III – Le taux d'occupation global	115
A/ Pour l'Ile de France	115
B/ Pour Paris	116
CONCLUSION	118
TROISIEME PARTIE. REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES.....	119
CHAPITRE 1. DU ROLE DE LA VITESSE EN AGGLOMERATION.....	120
I – Des effets supposés très bénéfiques	121
1. Des gains de temps.....	121
2. Une accessibilité accrue	122
3. Un choix de destinations plus large	123
4. Un desserrement urbain.....	125
5. Un accès au foncier et à la consommation à coût réduit	125
II – Des effets en réalité surestimés	125
1. Des coûts fonciers et des biens de consommation en périphérie pas si attractifs	125
2. Un étalement urbain	128
3. Un hyperchoix pas toujours utile et parfois nocif	129
4. Une accessibilité en périphérie réduite	131
5. Des gains de temps illusoires	136
Annexe. Calcul de l'accessibilité selon les zones en Ile de France	138
CHAPITRE 2. LE COUT DE LA CONSOMMATION D'ESPACE DES TRANSPORTS EN MILIEU URBAIN	142
I – Le coût des espaces de circulation et de stationnement	142
A/ La valeur de la voirie urbaine, comme espace public	142
1. Voirie et espace public	142
2. Espace public et espace bâti.....	143
B/ La valeur des espaces de stationnement et de circulation	144
C/ Le débat sur le coût de la consommation d'espace	146
II – La consommation excessive d'espace comme nuisance	148
A/ La conception économique des nuisances.....	148
B/ Les dommages engendrés par une consommation excessive d'espace	150
1. Le caractère envahissant des véhicules individuels motorisés.....	150
2. Les conflits dans l'usage de l'espace	152
3. La nature des dommages.....	152
C/ Les politiques de traitement des dommages.....	154
1. La création de nouveaux espaces	155
2. La réglementation du trafic motorisé	155
3. La réaffectation des espaces existants.....	156

III – Exploration succincte des méthodes d’évaluation du coût d’une consommation excessive d’espace	157
A/ La méthode d’évaluation contingente	157
B/ La méthode des prix hédonistes	158
C/ La méthode du coût des dommages	158
D/ La méthode du coût d’évitement	159
IV – Le coût social de la consommation d’espace	159
A/ Le coût des dommages	159
B/ Les dépenses de protection	160
1. Le coût de protection des espaces existants	160
2. Le coût de nouveaux espaces	162
3. Le coût d’une réglementation du trafic automobile	163
C/ L’équilibre entre le coût des dommages et les dépenses de protection	163
CONCLUSION	166
SYNTHESE	168
Objectifs	168
Méthodologie	169
Principaux résultats	170
GLOSSAIRE DES SIGLES	173
REFERENCES	175
TABLE DES MATIERES	184