Urbia

Les Cahiers du développement urbain durable

Ville et mobilité

Photographie : Alain Rouiller

Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable

Numéro 7 - décembre 2008

Comité éditorial

Antonio Da Cunha, Professeur, Institut de géographie, Université de Lausanne

Peter Knoepfel, Professeur, Institut des hautes études en administration publique (IDHEAP), Université de Lausanne

Jean-Philippe Leresche, Professeur, Institut d'études politiques et internationales (IEPI) et Observatoire science, politique et société (OSPS), Université de Lausanne

Stéphane Nahrath, Professeur, Institut universitaire Kurt Bösch

Béatrice Bochet, Docteur en géographie, Institut de géographie, Université de Lausanne

Yves Bonard, Assistant-doctorant, Institut de géographie, Université de Lausanne

Sandra Guinand, Assistante-doctorante, Institut de géographie, Université de Lausanne

Jean-Philippe Dind, Assistant-doctorant, Institut de géographie, Université de Lausanne

Marianne Thomann, Assistante-doctorante, Institut de géographie, Université de Lausanne

Directeur de la publication

Antonio Da Cunha

Coordinatrice de l'edition

Marianne Thomann

UNIL | Université de Lausanne

Urbia

n°7 - décembre 2008

Urbia est une publication semestrielle de l'Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable qui a pour objectif de diffuser les résultats de recherches récentes relatives au développement urbain durable, sous la forme d'articles issus notamment de mémoires de Master, de travaux de diplôme de MAS ou de thèses de doctorat.

Toute proposition d'article ou demande de renseignement est à transmettre à :

Marcia Curchod (Marcia.Curchod@unil.ch)
Observatoire Universitaire de la Ville et du Développement Durable
Institut de Géographie
Bâtiment Anthropole
CH - 1015 Lausanne
Tél: ++ 41-(0)21-692 30 70

Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable

Photographie page de couverture

Genève, photo prise par Alain Rouiller, 2008

Edition

Institut de Géographie - Université de Lausanne

Impression

Chabloz S.A. Lausanne, www.imprimeriechabloz.ch

Mise en page et graphisme

Gaston Clivaz

Tirage

300 exemplaires

ISSN

1661-3708

Table des matières

Giuseppe Pini

Introduction : urbanisme durable et santé p. 1

Richard Quincerot, Marcos Weil

Urbanisme et santé : l'urbanisme peut-il nous faire marcher? p. 9

Bengt Kayser

L'environnement construit comme déterminant de l'activité physique : la marche p. 31

Francesc Magrinyà

Mobilité durable et qualité urbaine : les quartiers de Gracia, Poblenou et El Prat de Llobregat (Barcelone) p. 43

Jérémie Schwarz

Accessibilité automobile et fréquentation des commerces du centre-ville : impacts de l'introduction d'un péage urbain sur le commerce du centre-ville à Lausanne p. 67

Dominique von der Mühll

Mobilité durable à l'échelle du quartier : le projet « quartiers durables balaluz » et le projet Vel'Bo p. 83

UNIL | Université de Lausanne

De Luca Diana

Le Projet Métamorphose à Lausanne : la problématique des transports p. 103

Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable

Mobilité durable et qualité urbaine : les quartiers de Gracia, Poblenou et El Prat de Llobregat (Barcelone)

Francesc Magrinyà

Professeur à l'Université Polytechnique de la Catalogne

Courriel :
francesc.magrinya@upc.edu

Résumé:

La mobilité durable constitue un modèle pour les villes et agglomérations, et demande un renforcement de la part modale de la mobilité douce et des transports publics aux différentes échelles. Nous constatons que les décisions ayant trait aux déplacements en transports publics sont pertinentes à l'échelle de la ville ou de l'agglomération et que le tracé des réseaux piétons et vélos est conçu surtout à l'échelle du quartier. Les exemples de El Prat de Llobregat, Gracia et Poblenou à Barcelone nous montrent que les modes de transport durables (marche, vélo et transport public) constituent une alternative possible aux transports privés motorisés. Ces expériences montrent que les réseaux piétons et vélos nécessitent une organisation de l'espace public qui limite l'espace disponible pour le transport privé, sans que cette diminution n'engendre une détérioration des conditions de transit. Ainsi, la qualité de l'espace public dans son ensemble s'améliore de façon significative.

Il faut cependant remarquer que le transfert modal vers la mobilité douce a des limites. La diminution de consommation d'énergie et de la génération de pollution dépend en effet fondamentalement d'un report modal de la voiture privée sur transports en commun

(TC) pour des trajets de longue distance à l'échelle urbaine ou métropolitaine.

Cela dit, une action à l'échelle du quartier reste pertinente dans une vision globale des usages de l'espace. Le quartier constitue notamment l'échelle la mieux adaptée pour les processus participatifs garants de la mise en œuvre d'une mobilité plus durable. Pour promouvoir une répartition modale plus compatible avec la durabilité, il s'agit en fin de compte de prendre en considération les conséquences de l'organisation de la mobilité à l'échelle de l'agglomération sur les réaménagements à l'échelle du quartier.

Mots clés :

Urbanisation, mobilité, ville durable, espace urbain, transport.

Les villes compactes, complexes et mixtes génèrent des transports durables

Le Livre Vert de l'environnement urbain de l'UE défend une ville compacte, diversifiée socialement et mixte fonctionnellement, par opposition à une ville diffuse, où les différentes activités sont groupées en zones spécialisées (commerce, résidence, industrie, loisir, etc.). La ville compacte génère des comportements de mobilité plus favorables à un développement durable, dans la mesure où elle est plus efficiente en ce qui concerne l'utilisation de ressources matérielles et énergétiques, minimise les nécessités de mobilité motorisée et, surtout, est moins intensive en termes de consommation de sol.

Si nous prenons les indicateurs associés à une ville compacte, mixte et complexe, nous pouvons voir qu'il existe un rapport étroit avec l'usage des modes de transport plus durables. L'indicateur qui mesure le mieux la compacité est le quotient entre les surfaces bâties et les espaces de sociabilité dans l'espace public. Nous avons pu montrer qu'un indice plus facile à calculer, et bien corrélé, est la proportion de rues qui ne disposent pas de trottoirs de plus de 2,5 m de large. Les tissus avec une valeur de compacité élevée disposent en effet de rues dont les trottoirs ne sont pas favorables à la sociabilité (Magrinyà, 2005).

L'indicateur qui mesure la complexité urbaine est associé à la mesure de la diversité urbaine H (application de la loi de Shannon aux espèces urbaines selon l'expression $H = - p_i \Sigma \log(p_i)$ où p_i est la probabilité de trouver la qualité i). Nous avons constaté que dans les tissus denses l'augmentation du niveau de diversité urbaine (H) est associée à l'extension d'un système de rues piétonnes et voies vertes qui étendent l'activité économique déjà existante ainsi que la biodiversité dans les espaces urbains. Plusieurs études ont permis de montrer, d'une part, que la présence de rues piétonnes dont les trottoirs ont une largeur de plus de 2,5 m, si elles s'intersectionnent, renforce la complexité. D'autre part, la présence d'une offre de transport public (TP) peut aussi renforcer

la diversité urbaine (H) (Magrinyà, 2005).

Enfin, les indicateurs d'intégration sociale et leur distribution spatiale permettent de montrer quels sont les cheminements piétons qui connectent le mieux les systèmes d'équipements avec les différents secteurs de la ville afin de produire une mixité urbaine. Il s'agit de compenser les secteurs dotés de moindres ressources sociales avec des améliorations des lieux de vie et des systèmes de transports durables (marche, vélo et transport public), ces derniers assurant une accessibilité universelle aux équipements.

Il paraît donc nécessaire de promouvoir un changement de l'usage de l'espace public qui soit plus efficace dans son occupation de l'espace, et qui en même temps favorise la complexité et assure la diversité sociale. Nous avons vu qu'une distribution modale plus favorable aux moyens de transport durables (à pied, vélo et TC) permet une plus grande complexité tout en favorisant la mixité sociale.

Les modes de transport durables et la qualité de vie

Tant que les collectivités publiques chercheront à rendre le système urbain compétitif, l'option privilégiée sera de parier sur d'autres moyens de transport que le véhicule privé car ils permettent d'améliorer la qualité urbaine.

En effet, la voiture privé (VP) consomme et occupe beaucoup d'espace, elle est polluante et génératrice de bruit. L'avantage principal d'une plus large application d'un modèle d'offre de transport favorisant les réseaux de mobilité douce et de transport public performant par rapport aux transports privés est qu'elle permet l'amélioration de la qualité de vie du système urbain dans son ensemble. Si nous considérons les indicateurs définis par le Livre Vert des villes soutenables qui sont corrélés avec les différents modes de transport, nous pouvons mettre en évidence les points suivants :

- pour l'intégration sociale : les TP et la marche sont des modes d'accès universel, et cette dernière est, en outre, génératrice d'espaces de sociabilité ;
- pour la compétitivité : la prééminence d'espaces de relation maximise les probabilités de contacts et de relations, le transfert d'information et par conséquent peut générer plus de richesse ;
- pour l'environnement: les TP, la marche et le vélo sont les plus efficients ;
- pour la santé: l'usage du vélo améliore la santé des utilisateurs. En plus, les TP, la marche et le vélo font diminuer les niveaux de pollution et de bruit, et améliorent indirectement les conditions de santé. Dans ce sens, il est nécessaire de prôner une plus grande spécialisation des rues. C'est la stratégie la plus efficace pour diminuer de façon sensible les niveaux sonores en dessous des 65 dB ;
- pour la sécurité des habitants : la séparation des modes de transport augmente la sécurité de même que le transfet de la demande de mobilité indivduelle motorisée sur les atures modes.

Vers une transformation des villes à partir de la gestion de la mobilité

Est-il possible d'améliorer la qualité urbaine grâce à une meilleure gestion de la mobilité ?

Afin de parvenir à un modèle de ville durable en termes de mobilité, il est nécessaire d'articuler les deux éléments centraux que sont l'aménagement et la mobilité. Il s'agit dans un premier temps d'adapter la distribution des activités résidentielles et de service à l'espace existant. Une coordination entre aménagement urbain et planification des transports avait par ailleurs déjà été réalisée dans le Plan Général de Stockholm de 1952 (figure 1), il y a plus d'un demi-siècle. Dans ce Plan, l'organisation des transports était intimement liée au plan urbain en organi-

sant la croissance de la ville selon les formes arborescentes imposées par les transports en commun, spécialement le métro et le système ferroviaire.

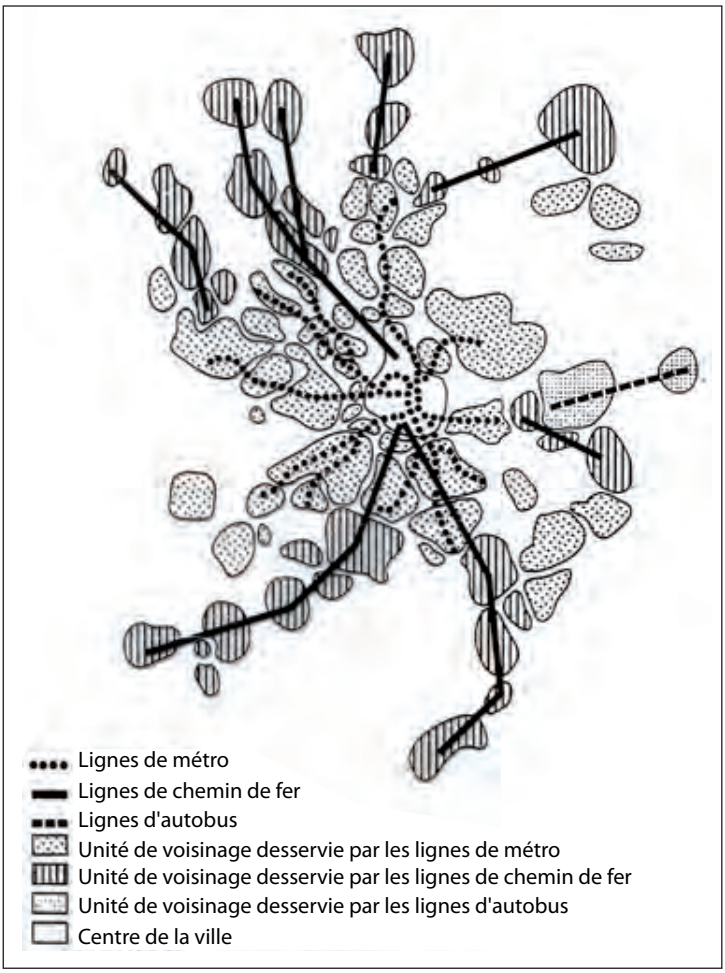


Figure 1 : Plan Général de Stockolm, 1952

Dans un deuxième temps, il s'agit d'utiliser des modes de transport durables dans la planification de l'espace, et de repenser l'usage de l'espace public qui doit à la fois servir d'espace d'habitat et d'espace de mouvement.

Nous développerons ce second élément, qui semble plus « conservateur » que le premier, car il s'agit de repenser l'espace public sans remettre en cause la distribution des activités dans l'espace. Cette stratégie est pourtant révolutionnaire car il s'agit de renverser les priorités dans l'usage de l'espace urbain : le piéton en premier, le vélo et les transports en commun ensuite, et enfin l'automobile. Dans toute intervention sur l'espace urbain associée à une volonté d'une plus grande durabilité, il s'agit alors de diminuer la présence de véhicules motorisés privés dans la rue et de renforcer les réseaux d'itinéraires associés aux autres modes de transport (marche, vélo, TC).

Les expériences présentées dans cet article montrent que la voiture privée est une grande consommatrice d'espace. Par exemple, 75 personnes en voiture privée utilisent plus de 180 m de route à deux voies, tandis que le bus transporte ces 75 personnes en occupant seulement 12 m de voie. Le constat qui justifie une diminution de la présence du véhicule privé dans l'espace public n'est pas celui de la capacité insuffisante de la voirie, mais plutôt que cette capacité est diminuée par la présence de véhicules résidentiels ou commerciaux garés dans les rues, et par la gestion des zones de charge et décharge. Dans la mesure où il est possible d'engendrer un transfert des véhicules situés dans la rue vers l'intérieur des îlots, et de restreindre leur présence dans l'espace public à des horaires limités, il est alors imaginable d'augmenter la présence des autres modes sur la voirie et de faire gagner l'espace public en qualité.

La gestion durable de la mobilité dans les arrondissements de Poble Nou et Gracia à Barcelone

Un constat évident est que les modèles basés sur la demande ont mis un tel accent sur la fluidité des déplacements en voiture que cette dernière a fini par occuper presque tout l'espace de la voirie, aussi bien pour la circulation que pour le stationnement.

Le poids excessif donné au véhicule privé dans la définition du réseau de voirie urbaine - et cela suite à une mauvaise application du concept de fonctionnalité - ayant été reconnu, il est à présent nécessaire d'évaluer le potentiel de transfert de l'usage de l'espace urbain vers les autres modes plus durables. Pour ce faire, il convient de concevoir en premier lieu les réseaux d'itinéraires des modes durables (TP, piétons et vélos), et de vérifier ensuite si l'espace restant pour le véhicule privé est suffisant. Il est étonnant de voir qu'avec de légères modification engendrant un transfert modal « raisonnable », l'espace disponible pour la voiture privée reste suffisant tout en permettant une amélioration radicale de la qualité de l'espace public.

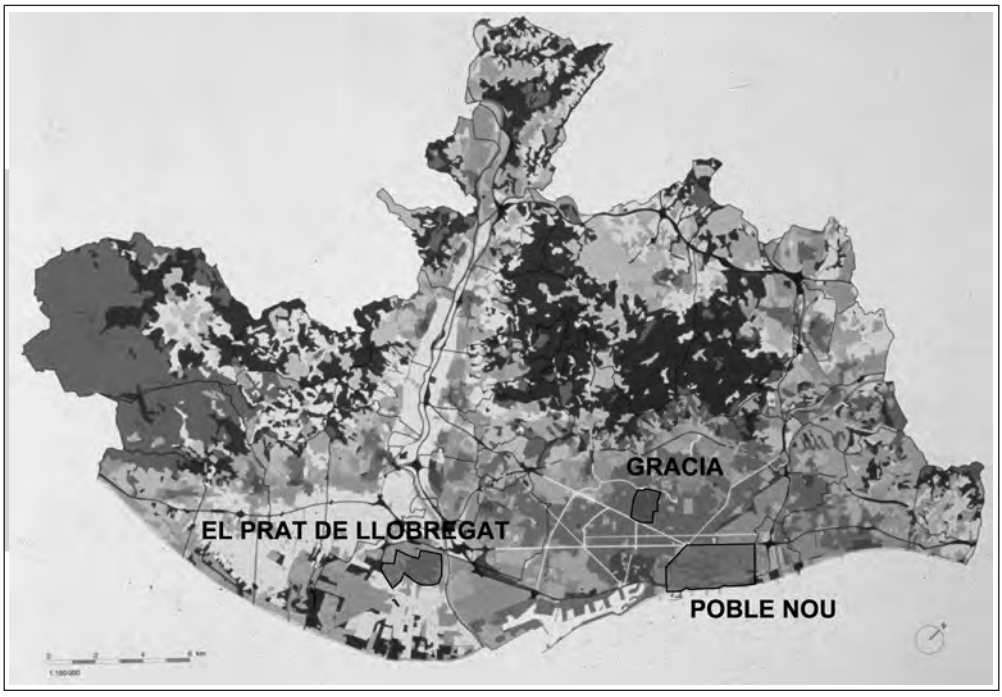


Figure 2 : Localisation des quartiers de Gracia, Poblenou et El Prat de Llobregat

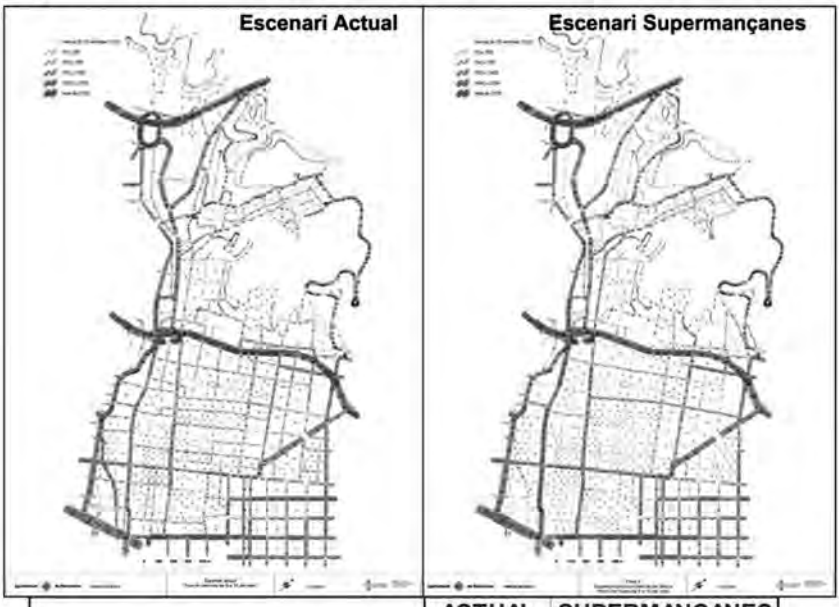
Source : F. Magrinyà

Les modèles de simulation de trafic servent à montrer que, dans une grande partie des cas, la création d'aires exemptes de transit

requiert peu d'ajustements et est en outre parfaitement acceptée, notamment pour des raisons de capacité de circulation. Les problèmes principaux qui rendent généralement particulièrement difficile un changement d'offre dans la gestion de l'espace public sont la charge et la décharge des véhicules commerciaux et le stationnement résidentiel, auxquels les politiciens sont très sensibles, en particulier à cause des changements d'habitudes exigés de la part des usagers.

Le discours sur la mobilité durable a depuis peu engendré un mouvement de récupération de l'espace public au profit des autres modes, des activités de sociabilité et plus généralement non liées à la mobilité. Dans cette nouvelle perspective, à travers un accord entre le Département d'Infrastructures du Transport et du Territoire de l'Université Polytechnique de la Catalogne et l'Agence d'Écologie Urbaine de Barcelone, plusieurs études réalisées à Barcelone ont montré que l'espace destiné au véhicule privé était surdimensionné. Ainsi, dans le cas de l'Arrondissement de Gracia à Barcelone, l'expérience mise en oeuvre a permis de démontrer que le réseau principal de voirie était suffisant pour absorber le trafic motorisé individuel et que le reste des rues pouvait être consacré à des activités non mobiles ou à d'autres modes de transport (figure 3).

De la même manière, une étude consacrée à la restructuration de la voirie de l'Arrondissement de Poble Nou a démontré que, dans la trame de l'Ensanche de Barcelone (figure 4), on pourrait consacrer une rue sur trois à la circulation tout en conservant les mêmes vitesses et densités de véhicules. La recherche a démontré que cela était possible dans les scénarios comprenant la réalisation d'une et deux bandes dans le tissu du Poble Nou.



	ACTUAL	SUPERMANÇANES
Flux vehicles [veh/h]	40.192	38.447
Vehicles en Xarxa Bàsica districte	89%	93%
Vehicles en carrers veïnals	11%	7%

Figure 3 : **Simulation de transit dans le quartier de Gracia**

Source : **Magrinyà, 2003**

Ces exemples mettent en évidence que les études traditionnelles sur la demande de transit en voiture privée, qui utilisent un système de simulation du trafic en heure de pointe pour déduire combien de voies supplémentaires sont nécessaires, conduisent à des scénarios absurdes et à une occupation démesurée de l'espace public par la voiture individuelle. Cette méthodologie, utilisée durant de nombreuses d'années, a donné lieu à des scénarios totalement insoutenables en termes d'utilisation d'espace et d'énergie.

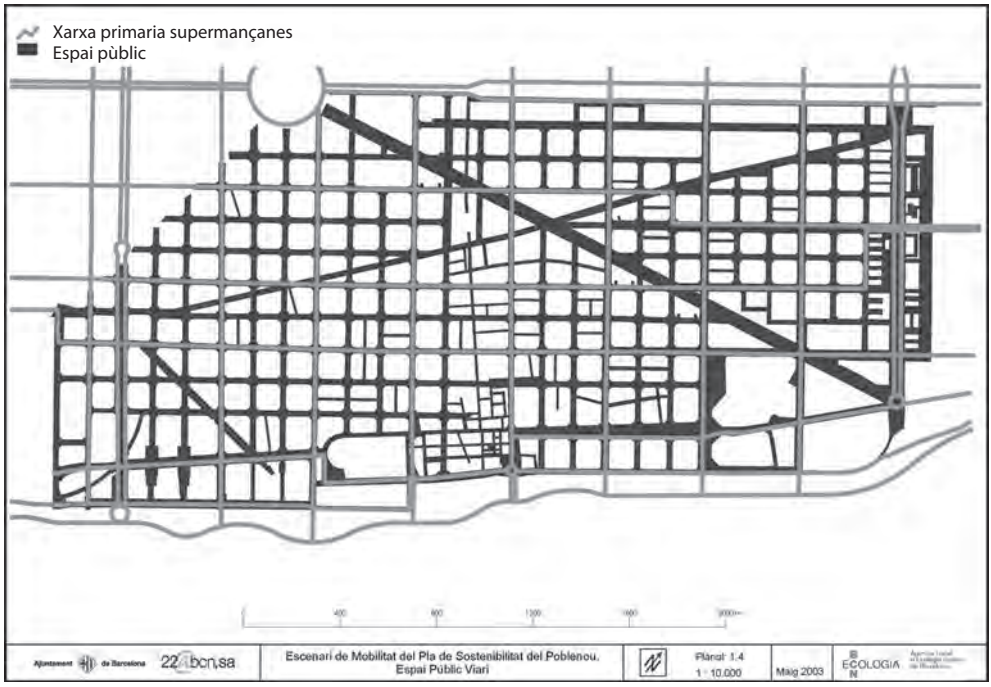


Figure 4 : Grille avec hiérarchisation du système de voirie au Poblenou

Source : Magrinyà & Rueda, 2003

Une réflexion à l'échelle métropolitaine : l'application au cas de barcelone

Dans le cadre de l'élaboration d'un modèle de mobilité durable, quatre préalables sont nécessaires. En premier lieu, et toujours dans la perspective d'une mobilité durable, il convient d'évaluer quelle est la répartition modale. Cette dernière permet de montrer quel système de transport est prépondérant dans la connexion des différentes activités distribuées sur le territoire, et si ce système peut évoluer vers des modes plus durables.

Une démarche pertinente dans cette perspective est d'analyser la répartition modale des différentes municipalités à l'échelle métropolitaine, c'est-à-dire en fonction des couronnes. La Zone Métropolitaine de Barcelone montre une répartition modale différente dans les diverses parties de son agglomération. Dans la comparaison entre la ville de Barcelone, sa Couronne A1 et sa Couronne A2, on observe une progressive augmentation de l'utilisation du véhicule privé qui suit la relation schématique VP (BCN : 30% ; A1 : 30-45% ; A2 : 45-60%). Cette répartition se caractérise par la réduction graduelle de l'usage du transport public TP (BCN : 40% ; A1: 35-25% ; A2 : 25-10%) et l'augmentation de la marche à pied (BCN : 30% ; A1 : 40-30% ; A2 : 40-30%). Ce qu'il faudra analyser par la suite est si la répartition modale pour chaque municipalité diffère de la répartition modale de la mobilité à l'échelle métropolitaine. Il faut noter que chaque agglomération, par ses caractéristiques culturelles et par sa forme urbaine, a sa propre répartition modale.

Une autre analyse à mener par la suite sera celle de la distribution spatiale des grands flux quotidiens : domicile-travail, domicile-équipements, domicile-commerce, et par quels moyens de transport ces déplacements sont réalisés. Cette analyse montrera si la distribution des équipements est adéquate en fonction de critères de proximité, de qualité de la desserte en transports publics et d'itinéraires de piétons et vélos, et si le trajet entre les centres commerciaux et le domicile peut être réalisé en transports publics.

En troisième lieu, il s'agira d'analyser le système d'espaces publics et d'espaces ouverts, et d'observer s'ils sont bien reliés par un réseau d'itinéraires pour la mobilité douce.

En quatrième lieu, on vérifiera si le fonctionnement du transport en véhicule privé peut être assuré avec le schéma d'offre des réseaux d'itinéraires définis antérieurement (piétons, vélo et transports publics) et si l'on dispose, par conséquent, d'un système qui fonctionne efficacement.

Pour la définition du système de transport en VP, il est nécessaire de considérer :

- un réseau principal de voirie d'interconnexion des différents quartiers homogène et jouissant d'une bonne connexion avec l'extérieur ;
- un système de stationnement à même d'assurer une diminution suffisante des véhicules sur la voirie afin de créer un réseau d'itinéraires de mobilité douce, et une bonne rotation de charge et décharge dans les centres et les zones commerciales ;
- un système de transport de marchandises et de charge et décharge avec des plateformes logistiques de distribution urbaine.

Au terme de cette démarche méthodologique, un système d'offre associé à un système de transport durable sera proposé, dans lequel seront définis en priorité les réseaux d'itinéraires autres que ceux consacrés aux véhicules privés et ensuite, si l'espace restant est suffisant, un système adéquat de trafic individuel motorisé.

La transformation de l'espace urbain par l'introduction de réseaux de modes plus durables

La limitation du stationnement conditionne radicalement n'importe quelle option de transformation d'un espace urbain vers une plus grande utilisation de modes plus durables. Les éléments à prendre en compte sont les stationnements publics existants et les parkings collectifs à projeter. Dans le cas du stationnement existant, les rues d'accès supportent une présence significative de voitures privées, incompatible avec un réseau d'itinéraires piétonniers. La condition nécessaire pour localiser un nouveau stationnement collectif est donc qu'il soit accessible directement depuis le réseau routier principal, afin qu'il ne conditionne pas les futurs réseaux d'itinéraires piétons. En outre, lors du choix de l'emplacement pour la réalisation d'un projet de stationnement, il faut prendre en compte les travaux requis en termes d'adaptation du site, qui impliquent un remodelage parfois important compte tenu des ressources municipales disponibles. La disponibilité de ressources financières est une question clé et un préalable à remodelage de l'espace urbain.

Une fois qu'ont été définis le système de stationnement résidentiel, les zones de charge et décharge ainsi que les espaces pouvant accueillir des centres potentiels de distribution urbaine, on dispose déjà d'une information sur l'espace disponible restant conditionné par le fonctionnement raisonnable de la circulation pour les véhicules privés. Sur cette base, les réseaux de modes durables peuvent être identifiés. La méthode ne suit pas un schéma linéaire, mais prévoit des itérations dans le traçage des réseaux d'itinéraires.

A la création de réseaux d'itinéraires pour chaque mode s'ajoute la définition de principes topologiques. Ces principes sont propres à la théorie des réseaux : principes de connexité, d'homogénéité, de connectivité, d'interconnexion et d'accessibilité. En appliquant ces principes, les réseaux doivent :

- permettre la connexion à tous les points générant et attirant des déplacements en ville ;
- assurer une homogénéité associée à une connectivité élevée afin d'offrir une bonne distribution de la mobilité ;
- assurer l'interconnexion avec les autres modes de transport ;
- assurer l'accessibilité aux équipements communautaires.

Une fois les différents réseaux d'itinéraires esquissés, il est nécessaire d'en mesurer la compatibilité. Il est pratiquement impossible de consacrer chaque rue à un mode différent. Par conséquent, il y aura des rues dans lesquelles cohabitent différents modes. C'est le cas des boulevards avec des trottoirs larges, qui permettent la cohabitation des véhicules privés et des piétons, avec d'acceptables niveaux sonores pour ces derniers.

Dans le cas du transport public, il est préférable de créer des voies propres, en particulier là où le trafic d'autobus est important et où la vitesse commerciale pourrait être pénalisée par le partage de l'espace avec le trafic individuel. Le choix des rues qui doivent accueillir ces itinéraires réservés est une décision clé pour le futur des transports publics de la ville.

Pour terminer, la coexistence entre piéton et vélo est à prévoir. Dans les cas d'axes urbains à forte intensité d'usage piétonnier, il est préférable de créer les itinéraires vélo sur des rues spécifiques.

Critères pour la définition d'un réseau d'itinéraires pour piétons et vélo

Si l'on veut obtenir un transfert modal significatif entre la voiture individuelle et la marche à pied, il est nécessaire de créer un véritable réseau d'itinéraires piétonniers. Ainsi, dans le cas de l'Ensanche de Barcelone, il serait possible et nécessaire de créer des rues exclusivement consacrées aux piétons suivant le schéma proposé.

Cette option impliquerait de transformer les sections de voirie actuelles et de créer de véritables promenades à l'intérieur de la ville qui invitent à la marche. Cela aurait aussi un bénéfice économique lié à l'augemntation des zones commerciales au centre et à la diminution de l'usage du véhicule privé pour les trajets vers les centres commerciaux périphériques.

Les principes de connexion, d'accessibilité, d'interconnexion et d'homogénéité propres aux réseaux sont implémentés, dans le cas des réseaux d'itinéraires pour piétons et vélos, selon les paramètres suivants :

- offrir une connexion en transport public à une distance maximale de 250-300 m à pied et de 500 m à vélo en tout point de la ville ;
- permettre l'accessibilité aux équipements sanitaires, éducatifs, culturels et administratifs, aux marchés et centres commerciaux, aux installations sportives, aux zones industrielles et centres d'occupation, et aux espaces de détente (espaces verts, parcs urbains, et bords de rivières) ;
- assurer l'interconnexion avec les gares de chemin de fer et d'autobus interurbains, et avec les réseaux respectifs à l'échelle interurbaine ;

- intégrer les promenades entre elles et assurer la continuité de mouvement pour chacun d'entre elles, à travers un schéma d'homogénéité pour tous les réseaux.

La coexistance de différents modes sur le même espace doit être réalisée en prenant en compte le degré de ségrégation de l'espace concerné avec les autres réseaux de transport. Dans le cas du vélo, on propose la création de quatre types d'espace qui garantiront l'intégration des cyclistes au sein des autres usagers de la voie publique :

- voies mixtes : coexistence de vélos, piétons et véhicules autorisés en zones de modération de la circulation, avec priorité inversée ;
- voies de coexistence entre vélos et voitures : en tronçons d'une voie, flux de circulation automobile inférieure à 3'000 véh./jour et vitesses limitées à 30 km/h (rues à zone 30) ;
- bandes cyclables : en tronçons avec largeur de section suffisante, flux de circulation automobile inférieure à 5'000 véh./jour et vitesses limitées à 30 km/h ;
- pistes cyclables: en tronçons avec des flux importants de circulation et des vitesses supérieures à 30 km/h.

Par ailleurs, il faut prévoir les différents niveaux d'implémentation du réseau et les degrés associés d'intervention en travaux d'urbanisation classés en trois niveaux. Le premier niveau d'implémentation consiste en la signalisation d'itinéraires sûrs sans modification de la voie, avec une inversion des priorités permettant la coexistence de vélos et de véhicules automobile sur un même espace. Un deuxième niveau d'implémentation vise la redistribution de l'espace destiné aux différents usages de la voie afin d'augmenter les capacités pour le vélo - utilisation de l'espace de stationnement préalablement affecté aux véhicules automobiles, changements du mobilier urbain, etc. Le troisième niveau est celui de la réalisation de tronçons stratégiques qui garantissent la connexion extérieure du réseau au moyen de l'inclusion d'espaces spécifiques pour le vélo séparés du trafic motorisé.

Dans le cas du réseau d'itinéraires de vélos, il est aussi possible de créer un système d'itinéraires signalisés dans lesquels on rendra possible la coexistence avec le piéton, mais avec priorité au vélo, si on constate que les piétons disposent d'un réseau parallèle de rues permettant des itinéraires exclusivement piétons.

Critères pour le réseau d'itinéraires de transport public de surface

Un réseau d'autobus municipal est formé par des lignes d'autobus urbaines et interurbaines. Ces lignes définissent la typologie de rues suivante :

- les principaux axes urbains de la ville, où circulent les lignes interurbaines qui connectent les principales municipalités de l'agglomération ;
- les rues, où circulent les lignes urbaines qui connectent les différents quartiers de la municipalité ;
- les autres rues, qui n'accueillent pas de lignes de transport.

Malheureusement, la plupart des lignes d'autobus n'ont pas de correspondance avec le réseau des routes principales de la ville. Elles occupent souvent des rues secondaires et ne constituent pas un réseau de lecture facile pour le citoyen.

Si l'on veut augmenter le pourcentage d'utilisateurs des transports publics, il est nécessaire que le réseau soit plus qu'une adjonction de lignes déconnectées les unes des autres. Le réseau proposé, pour être un réseau à proprement parler, doit permettre de hiérarchiser le système des voies urbaines et de définir deux types de rues : les rues sur lesquelles les véhicules privés et les autobus circulent, et les rues qui accueillent les itinéraires piétons et cyclistes.

Le réseau de transport public réalisé en 2001 dans la ville de Mataró (100'000 hab située à 30 km de Barcelone) constitue un exemple de réorganisation. Grâce à un changement global du ré-

seau, il a été possible de transformer un nombre limité de lignes d'autobus en un réseau homogène et connexe desservant l'ensemble du territoire municipal. Ce réseau a permis l'établissement de points d'interconnexion, d'une part entre les différentes lignes avec des distances de correspondances courtes, d'autre part entre les autres modes de transport. La lecture du réseau par les usagers a en outre été facilitée.

La réorganisation d'un réseau de transport public de surface existant nécessite la définition d'un scénario dans lequel :

- les zones industrielles sont connectées au centre et aux interfaces modales (gares ferroviaires et stations d'autobus interurbains) ;
- les lignes sont allongées jusqu'aux espaces ouverts spécialement attractifs, comme les plage ou les balades piétonnes ;
- une nouvelle ligne circulaire connecte les quartiers résidentiels entre eux et avec la gare de chemin de fer et/ou la station des lignes d'autobus interurbains ;
- le réseau des routes principales est adapté au gabarit des lignes de bus, ce qui nécessite des interventions sur l'espace public et, parfois, l'interruption de la continuité des trottoirs ;
- sur les routes qui connaissent un fort trafic automobile qui rend la circulation des transports collectifs difficile, des voies réservées sont crées pour les autobus ayant une fréquence de 20 passages à l'heure de pointe ou de 120 passages quotidiens.

Dans tous les cas, pour des fréquences inférieures, il est recommandeé d'étudier l'opportunité de créer une voie réservée.

Dans cette stratégie, il est nécessaire de maximiser les synergies possibles entre les différentes lignes, l'ajout d'un nouveau véhicule représentant un investissement important pour une municipalité. Dans le cas de Mataró, la création d'une voie réservée correspondait à une fréquence de passage de 15 à 20 bus aux heures de pointe. En considérant ce qui précède, il apparaît nécessaire de

proposer des horaires relatifs à l'offre de transport public correspondant au scénario actuel, au scénario idéal, et à des scénarios intermédiaires. Pour chacun d'eux, le calcul des longueurs des lignes, des fréquences et du nombre d'autobus nécessaires est établi. Ce premier calcul permet de négocier avec les compagnies concessionnaires la fourniture des prestations de transport nécessaires.

Par ailleurs, il faut signaler qu'une des initiatives les plus innovatrices contenue dans la nouvelle Loi de la Mobilité Durable de la Catalogne (Espagne) (2003) et du Règlement associé (2006) est l'obligation, de la part des promoteurs et aménageurs, d'assumer le déficit généré pendant 10 ans des lignes de transport public associées au secteur qu'ils veulent développer. Cette obligation permettra d'assurer l'investissement pour un réseau de transport compétitif par rapport à la voiture individuelle et d'améliorer le potentiel du transfert modal vers des moyens de transport plus durables.

L'exemple de El Prat de Llobregat

L'analyse de la municipalité de El Prat de Llobregat (65'000 hab) dans l'agglomération de Barcelone nous a permis de quantifier les effets de la réorganisation de l'espace public et de la mobilité et leurs effets sur la consommation d'énergie (Magrinyà & Rueda, 2005).

Les différentes simulations de trafic réalisées dans l'étude citée se basent sur des scénarios d'intervention possibles sur le centre urbain (Tableau 1).

La vérification de ces scénarios par des modèles de simulation de trafic a permis de montrer que le modèle de distribution de la voiture privée requiert peu de rues dans le centre urbain. Les effets des différents scénarios ont été analysés, avec ce modèle de distribution, sur les voies piétonnes de toutes les rues intérieures aux superîlots définis par le plan de circulation municipale à partir du scénario 0. Les rues transformées en voies piétonnes continuaient

à être accessibles aux résidents et aux services des urgences , le seul trafic interdit étant celui de transit.

Scénarios	VP (Voiture privée)	TC (Transports en commun)	Marche
0/ Situation actuelle	238'110 voy./jour (39,0%)	79'370 voy/jour (13,0%)	293'060 voy/ jour (48,0%)
1/ Situation actuelle + zones de restriction de trafic	238'110 voy./jour (39,0%)	79'370 voy/jour (13,0%)	293'060 voy/ jour (48,0%)
2/ Situation actuelle + zones de restriction de trafic + offre Métro et Bus	226'710 voy./jour (37,1%)	90'770 voy/jour (14,9%)	293'060 voy/ jour (48,0%)
3/ Situation actuelle + zones de restriction de trafic + amélioration pour la marche (50% des trajets internes effectués à pied)	213'780 voy/jour (35,0%)	79'370 voy/jour (13,0%)	317'390 voy/jour (52,0%)
4/ Situation actuelle + zones de restriction de trafic + Offre Métro et Bus + amélioration pour la marche	201'620 voy/jour (33,0%)	90'770 voy/jour (14,9%)	318'150 voy/jour (52,1%)

Tableau 1 : Simulations de trafic à El Prat de Llobregat

Source : Magrinyà, 2005

Une fois que le réseau de voirie principale et sa capacité ont été modélisés, des scénarios de transfert modal peuvent être pris en considération. Dans le cas du Prat de Llobregat, on a pris en compte deux variantes :

- une nouvelle offre de transport en commun (la ligne L9 du métro et l'amélioration du réseau d'autobus). Avec l'entrée en fonction de la L9, un transfert modal de la voiture vers le métro d'environ 9'500 voyages/jour en provenance ou à destitnation du centre du Prat de Llobregat est prévu. Avec l'amélioration du réseau d'autobus, on prévoit un accroissement de 1'900 voyages/jour. Cela permettrait d'atteindre un

total de 11'400 voyages/jour réalisés avec les transports publics ;

- l'amélioration de l'offre en termes de marche permet d'effectuer un report de la voiture vers la marche. On considère plausible l'hypothèse d'un report de 25'000 voyages/jour (la moitié de voyages internes à la municipalité) du véhicule privé sur la marche ;
- l'enseignement principal tiré de cette étude est qu'il est possible d'augmenter l''espace consacré aux moyens de transport non mécanisés (marche et vélo). En revanche, le transfert modal mesuré en pourcentage est peu important mais néanmoins significatif. La nouvelle offre de métro/bus générerait une diminution de 1,9% de l'usage de la voiture (de 39,0% à 37,1%) et une augmentation de la marche de quatre points (de 48% à 52%).

En ce qui concerne l'évaluation de l'efficience énergétique du système de transport municipal, on constate que trois quarts de la consommation est relative à des trajets dont la destination se situe hors du territoire de la municipalité. Signalons aussi que la consommation des bus dans le réseau des transports publics actuel (913 tep/année) correspond à moins de 1% de la consommation totale d'énergie de la Ville (105'297 tep/année).

Si l'on évalue les effets du racordement du nouveau quartier en termes énergétiques on constate que cette transformation affecte d'une façon très limitée la consommation d'énergie (+0,3%), dont l'augmentation est due à une plus grande densité de voitures privées empruntant le réseau viaire principal et à une petite diminution de leur vitesse. Par ailleurs, l'incorporation de ce nouveau secteur à la ville (celui de Zone Prat Nord engendre un accroissement de la population de la ville d'environ 25% d'habitants), représente un surplus de consommation de 15%, si on considère seulement les mouvements dont la destination est El Prat de Llobregat. L'accroissement du poids des trajets internes suite à l'ajout de la zone de Prat Nord est significatif (3% à 7% d'augmentation des mouvements internes), ce qui nécessitera à l'avenir une amélioration de l'offre de transports publics et de l'attractivité de la marche et du vélo afin d'optimiser l'efficience énergétique de ce scénario.

En conclusion, la réalisation d'un réseau d'itinéraires de transport public, piétons et vélo, permet de beaucoup augmenter la qualité de l'espace urbain avec une moindre augmentation de la consommation énergétique, dont la grande partie est liée aux déplacements qui sortent de la municipalité vers le reste de l'agglomération.

Bibliographie

Herce, M. & Magrinyà, F. (2002) *La ingeniería en la evolución de la urbanística*, Edicions UPC, Barcelona.

Herce, M. & Miró, J. (2002) *El soporte infraestructural de la ciudad*, Edicions UPC, Barcelona.

Herce, M. Magrinyà, F. & Miró, J. (2007) *L'espai urbà de la mobilitat*, Edicions UPC, Barcelona.

Magrinyà, F. & Massó, J. (2002), «La influencia de la carga y la descarga en la peatonalización de las calles del Ensanche de Barcelona», in Ibeas Portilla, A. & Diaz y Perez de la Lastra, J. Mª., *Actas V Congreso de Ingeniería del Transporte*, CIT2002, Santander (Espagne), pp.115-122.

Magrinyà, F. (2002) «Caracterización del reparto de la movilidad global por modos de transporte en la aglomeración urbana de Barcelona según variables territoriales «, in Ibeas Portilla, A. & Diaz y Perez de la Lastra, J. Mª, *Actas V Congreso de Ingeniería del Transporte*, CIT2002, Santander (Espagne), pp.27-34.

Magrinyà, F. & Rueda, S. (2003) *Mobilitat, espai públic i millores ambientals per al Poble Nou (Pla de Sostenibilitat al Poblenou)*, Agencia d'Ecologia Urbana de Barcelona & BCN, Février 2003, Memo.

Magrinyà, F. & Rubio, A. & Rueda, S. (2004) «Análisis del esquema de red actual de bicicletas de Barcelona y propuesta alternativa según parámetros de

proyecto»», in Larrode, E. & Castejon, L., *Actas VI Congreso de Ingeniería del Transporte*, CIT2004, Zaragoza (Espagne), pp.1257-1264.

Magrinyà, F. & Rueda, S. (2005) *Estudi de mobilitat i espai públic pel Prat de Llobregat*, Agencia d'Ecologia Urbana de Barcelona & Ajuntament del Prat de Llobregat, Barcelona, Avril 2005. Memo.

Rubio, A. (2006) «Projecte Bàsic d'una Xarxa de Bicicletes al Districte de Gràcia», Projet Fin d'Etudes de l'Ecole d'Ingenieurs de Ponts et Chaussées de Barcelone, Université Polytechnique de la Catalogne, Directeur: Magrinyà, F., Mai 2006.

Rueda, S., Magrinyà, F. & Schaeffer, B. (2003) *Espai públic, mobilitat i accessibilitat al Districte de Gracia*, Agencia d'Ecologia Urbana de Barcelona & Districte de Gracia, Barcelona, Mars 2003. Memo.

Plan de Déplacements durables de Barcelone. Convention UPC C-05079 pour la periode 2002-2006 entre l'Agence d'Ecologie Urbaine de Barcelone et le Departement d'Infraestructures du Transport et du Territoire de l'Université.