

Vers une formalisation des contraintes de capacité ferroviaire : l'étude d'une ligne à forte fréquence

Maria PEREZ HERRERO

LET, Université de Lyon 2- SNCF Réseau

1 Introduction

La contrainte de capacité ferroviaire est un sujet d'une importance croissante pour le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire. La demande de transport croît dans les aires métropolitaines et la qualité de service, en termes de régularité, devient un sujet central dans les zones denses. Parallèlement, l'expansion des capacités ferroviaires rencontre des obstacles financiers. Trouver l'équilibre entre une offre de service ferroviaire et une qualité de service offerte, tout en considérant les ressources disponibles, est un des enjeux majeurs pour le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire.

Par exemple, la commission « Mobilité 21 » avait recommandé dans ses conclusions la mise en place, pour chaque grand projet ferroviaire justifié par la saturation annoncée d'une ligne existante (ex. POCL Montpellier-Perpignan ou GPSO), d'un observatoire de l'évolution des capacités de cette ligne : en effet, mesurer la saturation est un sujet délicat sinon controversé. De plus, il reste difficile de valoriser l'intérêt pour la collectivité de la création de capacité dans le cadre de l'évaluation économique des projets.

Ainsi, dans son dernier avis sur la tarification de l'accès au réseau, l'ARAF a remarqué que du fait du caractère limité des capacités offertes pour l'accès au réseau ferroviaire "la tarification des contraintes de capacité constitue une question centrale. En cohérence avec les principes donnés par la directive 2012/34/UE, le système tarifaire doit présenter des signaux économiques incitant les utilisateurs de capacités à une utilisation optimale de l'infrastructure" (Avis numéro 2015-004 du 3 février 2015). Pour autant, aujourd'hui la structure de la tarification du réseau ferré ne repose pas sur une mesure et une valorisation objectivées des contraintes de capacité.

La mesure et la valeur des contraintes de capacité jouent donc un rôle essentiel dans toutes les décisions relatives aux capacités. Néanmoins, les méthodes d'analyse actuelles ne permettent pas d'intégrer la valeur des contraintes de capacité dans la prise de décisions du gestionnaire d'infrastructure.

Cet article s'attache à l'analyse théorique de la notion de contrainte de capacité. En préalable, il s'agit de décrire le fonctionnement du processus actuel de construction du graphique ferroviaire dans lequel la notion de contrainte de capacité intervient. Le

cœur de cet article est la formalisation de la problématique de la congestion ferroviaire à l'aide d'un modèle micro économique. Pour cela, le modèle identifie les conséquences pour l'utilisateur de programmer différentes fréquences en termes de services offerts (effet Mohring sur le coût deshorage) et le coût du retard. Les résultats du modèle permettront de définir le nombre de fréquences optimales qui maximisent le surplus des usagers, ainsi que les espacements supplémentaires entre les trains, associés à cette fréquence optimale en fonction de différents paramètres.

Au-delà de l'enjeu d'une optimisation dans les processus de construction du graphique, donner à la congestion une valeur économique permettrait au gestionnaire d'infrastructure ferroviaire de mettre en place des incitations économiques adéquates pour les entreprises ferroviaires dans la tarification et pour éclairer les choix d'investissements en capacité.

2 Le processus actuel de construction du graphique horaire ferroviaire en France

Le processus de design de l'horaire diffère entre pays. Chaque système ferroviaire national a sa propre structure et ses propres méthodes de construction du graphique horaire.

Dès la conception du graphique de circulation, le gestionnaire d'infrastructure intègre un objectif de fiabilité des sillons offerts. Du point de vue du gestionnaire de l'infrastructure, cet objectif est intégré dans les principes de conception des temps parcours, ou dans les règles d'espacement entre les trains, qui permettent d'assurer la robustesse du sillon pour les premières et du graphique ferroviaire pour les secondes (Verchere et Djellab, 2013).

Dans la section suivante, on décrit le processus actuel de construction du graphique en France afin de mieux exemplifier les principes et les effets de règles de robustesse du sillon et du graphique ferroviaire.

2.1 La robustesse du temps parcours et les marges de régularité

L'horaire d'un train (IN 1514, ex Règlement S2C, article 101) est déterminé à partir d'un temps de parcours calculé en fonction des caractéristiques du train et de la ligne parcourue ainsi que des contraintes d'ordre commercial ou technique. Selon le document interne "Détermination et confection des horaires" (DCF-DPS Supervision et Support. Réseau Ferré de France, 2006), le temps de trajet d'un sillon est la somme des quatre temps élémentaires :

- marche de base,
- temps de stationnement
- marge de régularité,

- temps supplémentaires nécessaires au montage du graphique (arrêts circulation, allongements de stationnement revendiqué et domestication), et éventuellement une marge supplémentaire travaux.

L'horaire est défini de la façon suivante :

1. Une marche de base qui représente le temps de parcours net. La marche de base est le résultat du calcul compte tenu d'un matériel roulant donné et d'une infrastructure donnée. Elle est calculée en fonction de :
 - l'engin moteur
 - la masse remorquée
 - type de matériel remorqué
 - les caractéristiques de la ligne parcourue (profil, vitesses limites, équipement électrique, ...)
2. Le temps de stationnement aux arrêts commerciaux et aux arrêts de service demandés par les entreprises ferroviaires.
3. Le temps de parcours ferroviaire inclut toujours une marge de régularité permettant de résorber une partie des retards, causés par :
 - des aléas de la production de la circulation (environ 2 min/100 km sur les lignes classiques)
 - des pertes de temps liées aux travaux ou à la gestion de la maintenance (environ 2,5 min/100 km sur les lignes classiques)

Sur ligne classique, la marge de régularité habituelle est calculée en minutes aux 100 km, avec une valeur de 4,5 min/100 km. Pour les LGV, la marge est calculée en proportion du temps et non de la distance. La marge de régularité normale est de 5% et exceptionnellement de 7% sur la LGV Nord.

A la demande du GI, il peut exister certaines exceptions dans le volume des marges sur certaines lignes classiques :

- limitation à 3 min/100 km pour certains trains voyageurs désignés ;
- élévation à 5,5 min/100 km pour les sillons à vitesse limite ≤ 100 km/h ou durant certaines plages horaires de maintenance notifiées par le GI.

Par ailleurs, dans le réseau francilien, des marges particulières sont également appliquées. Dans cette partie du réseau à trafic dense, la marge de régularité réduite (correspondant à 5% de la marche de base) est appliquée pour tous les trains (DGDI Bureau des Horaires, SNCF, 2007).

4. Dans certaines circonstances, le GI peut allouer une marge supplémentaire (en sus de la marge de régularité pour travaux) pour compenser les pertes de temps générées par des pertes de temps liées à des travaux spécifiques.

Ces marges s'ajoutent à la « marche de base ». Une fois le volume des marges déterminé se pose alors la question de leur répartition. Leur efficacité dépend de la façon dont elles sont réparties. La figure 3 décrit trois méthodes de répartition différentes avec ses avantages et inconvénients associés.

Répartition de la marge	Avantages	Inconvénients	Cas d'application
Méthode 1 : Linéaire	Simplicité du calcul. Droit aux aléas sur l'ensemble du parcours	Peu de marge en fin de parcours et gaspillage possible en début de parcours	Cas général (sauf lignes LTV imposant des forts ralentissements)
Méthode 2 : Concentration sur un tronçon suivant une zone de perte de temps prévue ou probable	Les pertes de temps sont rapidement rattrapées et ne se répercutent pas sur tout le parcours en aval	Peu de marge disponible sur les autres tronçons	Zones de travaux avec LTV. Zones avec forts risques d'aléas de circulation.
Méthode 3 : Concentration d'une part importante en fin de parcours	Favorise la régularité du train à son terminus (engagement contractuel du GI). Facilite le départ à l'heure du train assuré par le même matériel en réutilisation au terminus.	Peu de marge disponible sur les tronçons amont. En fin de parcours les trains sont parfois peu occupés : peu de clients arrivent à l'heure tandis que d'autres, descendus en cours de route, étaient en retard.	Trains de long parcours avec réutilisation du matériel très peu de temps après l'arrivée.

TABLE 1 – Modes de répartition de la marge de régularité(Verchere et Djellab, 2013)

Dans une logique de qualité de service, les marges de régularité ajoutées à la marche de base permettent de proposer un service ferroviaire fiable avec un temps parcours robuste assujéti à des faibles variations. En contrepartie, le temps de parcours de chaque liaison est augmenté de façon systématique dans la construction horaire. L'objectif de cette analyse n'est pas de déterminer si le volume de marge de régularité actuel est optimal, mais de souligner que le souhait de proposer des temps de parcours avec un certain niveau de fiabilité conduit à allonger les temps parcours de chaque mission.

2.2 La robustesse du graphique

Dans la section précédente, on a présenté les règles appliquées à la construction horaire qui permettent d'assurer une certaine robustesse pour un sillon donné. Néanmoins, chaque sillon est inséré dans un graphique qui comporte d'autres circulations. Pour permettre l'insertion d'un sillon dans le graphique de circulation, des normes de tracé

définissent les espacements nécessaires à introduire entre les sillons. Ces normes sont définies par type de train et type de section. Tout d’abord, l’espacement entre deux trains successifs dépend d’une valeur technique minimale de délai entre deux trains compte tenu des systèmes de signalisation. A cet espacement technique minimale, un espacement supplémentaire est ajouté pour agir sur la robustesse du graphique. L’espacement supplémentaire peut prendre les formes suivantes :

- Un temps (en général de 35 secondes) est ajouté afin d’assurer une circulation “à voie libre”. Ce temps est désigné par la lettre grecque χ .
- Les arrondis par les calculs d’espacement (à la minute supérieure)
- Un délai supplémentaire (nommé “marge de grille”, “temps tampon” ou “bloc secrétaire”) permet de minimiser la transmission des retards entre les circulations. Ces délais supplémentaires peuvent se présenter comme une marge uniforme entre tous les sillons ou bien comme un “sillon respiration”, qui correspond à un sillon non utilisé laissé vide entre deux batteries de trains (Normes de tracé horaire en ligne pour le SA 2015).

Comme détaillé avec les marges de régularité, et dans une logique d’amélioration de la qualité de service, ces espacements supplémentaires visent à minimiser la transmission des retards en cas d’incidents. Cependant, les espacements supplémentaires entre les trains consomment de la capacité et réduisent donc la capacité effective d’une ligne.

Il est donc important de garder en vue que le plafond de la capacité pratique est donnée par le choix d’un certain niveau de fiabilité. Le gestionnaire d’infrastructure devrait donc être capable de justifier la capacité pratique définie pour chaque ligne en fonction des règles de fiabilité définies au préalable et appliquées.

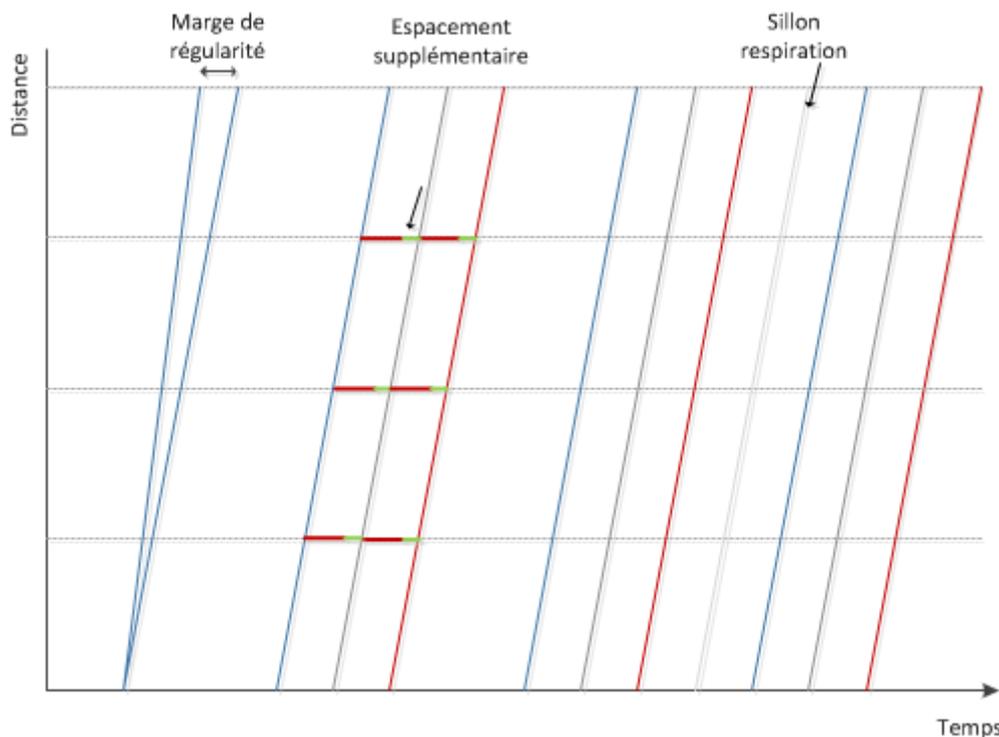


FIGURE 1 – Méthodes pour l’amélioration de la robustesse dans la construction du graphique horaire (Source SNCF)

La Figure 1 illustre les différentes méthodes décrites utilisées aujourd’hui dans la construction du graphique horaire afin d’assurer une certaine robustesse et stabilité du graphique ferroviaire.

Dans le cas des sillons respiration, il semble facile de mesurer la capacité inutilisée dédiée à la maîtrise de la robustesse. En revanche, déterminer la capacité stérilisée avec l’utilisation des marges uniformes entre les trains reste à ce jour une tâche compliquée. Les normes de tracé utilisées dans la construction du graphique fixent les règles d’espacement à appliquer par les horairistes. En revanche, dans ces normes, il n’existe pas aujourd’hui une clarification entre la part qui correspond à l’espacement technique brut, la part correspondant à des arrondis et la part de la robustesse.

Identifier les normes de fiabilité qui définissent la capacité pratique d’une ligne permettrait au gestionnaire d’infrastructure de justifier les coûts et avantages d’une variation de ces règles. De plus, si la fiabilité est un objectif en soi, on peut s’interroger sur comment et par qui elle doit être fixée.

3 Le modèle théorique

Les méthodes décrites dans les paragraphes précédents montrent que le processus actuel de construction des sillons et du graphique en France intègre une logique de robustesse et de qualité de service offert. Toutes choses égales par ailleurs, il existe donc un arbitrage entre robustesse du sillon et temps de parcours, ainsi qu'entre robustesse du graphique et capacité. Néanmoins, le niveau de ces arbitrages ne semble pas objectivé à ce jour.

L'objectif de cet article est de proposer un modèle simplifié qui reflète les arbitrages autour des contraintes de capacité pour les consommateurs. Le modèle cherche à identifier quelle serait la fréquence optimale pour les usagers (par unité de temps donnée) en considérant tous les ajustements précédemment décrits.

Le modèle considère un réseau simplifié à double voie avec 2 gares A et B et un trafic dense homogène (dans un premier temps, on considère une seule activité ferroviaire, avec un matériel roulant identique et avec une même politique d'arrêt commerciale).

Le gestionnaire d'infrastructure bienveillant cherche à maximiser l'utilité des usagers. Pour cela, nous cherchons dans cette section à définir les caractéristiques de la fonction nette d'utilité des usagers : on postule qu'un usager retire une utilité σ brute à voyager en train entre les villes A and B mais qu'il subit également certains coûts quand il décide de réaliser ce voyage.

Pour la spécification générale du modèle, certaines hypothèses sont faites et doivent être présentées.

- Hypothèse 1. Le transport ferroviaire est un mode de transport programmé à l'avance. Le gestionnaire d'infrastructure établit une fréquence f à l'avance (nombre de trains/unité de temps) entre les villes A et B .
- Hypothèse 2. La demande N est uniformément distribuée dans l'unité de temps T . On considère $N = kT$.
- Hypothèse 3. Le temps de trajet représente un coût pour les usagers.

Comme détaillé dans la section précédente, les entreprises ferroviaires introduisent des marges de régularité ζ afin de minimiser les aléas du temps de trajet, c'est-à-dire, qu'elles annoncent systématiquement des temps de trajet supérieurs au temps de trajet minimal. Le temps de trajet annoncé aux usagers est égal au temps de trajet minimal J , plus la marge de régularité ζ .

Le coût associé au temps trajet annoncé (et donc prévu par les usagers) est donné par l'équation 1, avec tot qui exprime la valeur du temps

$$\text{Temps de trajet prévu} = tot(J + \zeta) \tag{1}$$

- Hypothèse 4. Les trains sont uniformément distribués dans l'unité de temps considérée et les voyageurs subissent un coût de deshorage compte tenu d'un écart entre l'horaire de voyage souhaité et l'horaire de voyage réel.

A partir de la notion de “localisation” des modèles de (Hotelling, 1929) et (Salop, 1979), on considère que chaque usager se situe de façon uniforme dans l’unité de temps choisie et que cette localisation représente l’heure de voyage souhaitée par l’usager \bar{a}_t . Dans un mode de transport où les fréquences f sont discrètes et fixées à l’avance par le gestionnaire d’infrastructure, l’usager doit ajuster son heure préférée de voyage en fonction des horaires réels des trains. La différence entre l’heure préférée de voyage et l’heure réelle du voyage en fonction des horaires, génère une désutilité pour chaque usager. Imaginons que l’heure préférée de voyage pour un usager est \bar{a}_t . On considère que le premier train arrive à 0, et le dernier à T .

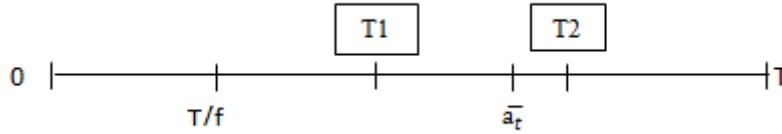


FIGURE 2 –

La valeur T correspond à l’intervalle de temps considéré. S’il n’existe pas un train qui arrive exactement à \bar{a}_t , l’usager devrait choisir entre prendre le train qui arrive avant-et donc arriver en avance à sa destination- ou prendre le train suivant- et donc arriver à sa destination plus tard qu’il le souhaitait.

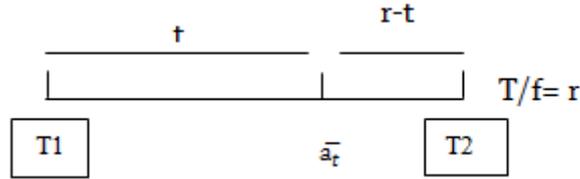


FIGURE 3 –

En accord avec la littérature sur la congestion routière, (Vickrey, 1969), (Arnott, De Palma, Lindsey, 1990), on considère que se déplacer à une heure différente de l’heure préférée, représente un coût pour l’usager. Néanmoins, à la différence de l’exemple routier où l’usager peut décider d’initier son voyage à tout moment, dans le cas ferroviaire, l’heure du voyage est fixée par les horaires et elle n’est donc pas aléatoire. En conséquence, le phénomène de ce des-ajustement n’est pas exactement le même que dans le cas de la route.

Dans le cas routier, les usagers vont choisir une heure de départ en considérant un arbitrage entre le temps de trajet (en essayant d’éviter l’heure de pointe avec congestion) et un certain deshorage par rapport à leur heure préférée d’arrivée. En revanche, dans les transports programmés à l’avance et donc avec des horaires

fixes, une grande partie des usagers va expérimenter un deshorage par rapport à leur heure préférée d'arrivée, même si le transport est à l'heure et s'adapte parfaitement à l'horaire prévu ((de Palma Lindsey, 2001)).

Dans cet article, on définit plus généralement le "cout du deshorage" comme suit :

- Si l'usager décide d'arriver à T_1 , il devrait quitter plus tôt ses autres activités (se réveiller avant, partir du bureau avant, etc). Ainsi, il arriverait plus tôt à sa destination et devrait donc attendre dans la gare. Ce coût est exprimé par $vot\alpha_1t$, (avec Vot qui exprime la valeur du temps et α_1 le multiplicateur du deshorage d'arriver à l'avance (avant \bar{a}_t))
- Si l'usager décide d'arriver à T_2 , il pourrait se réveiller plus tard ou rester plus longtemps au bureau, mais il arriverait plus tard à sa destination que ce qu'il aurait souhaité avec un coût de $vot\beta_1(r-t)$, avec β_1 , le multiplicateur du deshorage d'arriver plus tardivement (après \bar{a}_t).

$$\alpha_1t \tag{2}$$

$$\beta_1(r-t) \tag{3}$$

Afin de calculer quel est le coût du deshorage, on doit d'abord estimer la localisation a_t^* où l'usager est indifférent entre les deux alternatives d'horaires. La figure 4 suivant représente la fonction de desutilité en fonction de l'heure préférée d'arrivé. Cette fonction de desutilité est supposée être toujours inférieure ou égale à 0. La desutilité est égale à 0 si l'heure préférée d'arrivée coïncide avec l'horaire d'arrivé du train.

$$a_t^* = \frac{r\beta_1}{\alpha_1 + \beta_1} \tag{4}$$

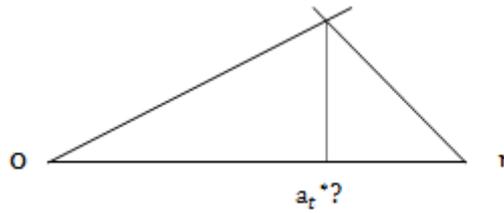


FIGURE 4 –

Une fois déterminé le temps a_t^* , l'usager compare son heure préférée d'arrivée \bar{a}_t avec a_t^* et décide quel train choisir. Si $\bar{a}_t < a_t^*$ il prendrait le train précédent. Autrement, il déciderait de prendre le train suivant (avec une desutilité $U(\bar{a}_t)$, étant U la fonction dans le graphique). En fonction de sa décision, l'usager assume la desutilité associée entre \bar{a}_t et l'horaire du train choisi. Comme montré précédemment, cela correspond à la pente de la droite définie dans les équations (2) et (3) respectivement.

Étant donné que la demande est uniformément distribuée dans l'intervalle T (Hypothèse 2), la demande pour l'intervalle r est égale à kr . La desutilité totale pour les usagers de l'intervalle r est égale à l'aire totale du triangle¹.

$$Base = rk = \frac{T}{f} * k \quad (5)$$

$$Hauteur = \frac{r\alpha_1\beta_1}{\beta_1 - \alpha_1} \quad (6)$$

$$\text{Coût deshorage (total usagers intervalle r)} = \left[\left(\frac{T}{f} \right)^2 \frac{k\alpha_1\beta_1}{2(\beta_1 - \alpha_1)} \right] \quad (7)$$

En conséquence, le coût moyen de deshorage pour les usagers peut être représenté par la fonction suivante :

$$\text{Coût deshorage (moyen)} = \left[\frac{T}{f} \frac{\alpha_1\beta_1}{2(\beta_1 - \alpha_1)} \right] vot \quad (8)$$

L'équation 8 met en évidence le fait que le coût du deshorage diminue avec la fréquence f . Cette relation met en avant un effet identifié pour les transports programmés à l'avance avec des horaires déterminés et plus connu sur le nom "d'effet Mohring" .

La relation entre fréquence et diminution du temps d'attente des usagers, provient originellement de l'étude des transports en commun, et particulièrement des bus (Mohring, 1972). Dans le contexte des transports en commun, les usagers sont supposés arriver de façon aléatoire. Leur temps d'attente à l'arrêt dépend de la fréquence du service offert. Un niveau de demande plus important dans une zone géographique donnée engendrerait une baisse des temps de déplacement pour l'ensemble des usagers des transports en commun, du fait des hausses de fréquence de service.

Dans le transport ferroviaire, les horaires sont fixés à l'avance et les usagers ne sont pas supposés arriver de façon aléatoire, donc une variation de la fréquence, n'entraîne pas nécessairement une variation du temps d'attente en gare. En revanche, une variation des fréquences et donc des horaires, se traduit par une variation du coût de deshorage des usagers. L'effet Mohring dans le cadre d'un transport avec des horaires programmés à l'avance peut être interprété comme les variations des coûts du deshorage en fonction des changements de fréquences.

Dans l'hypothèse 4, on postule que les usagers expérimentent, au moment de la décision de leur voyage, un coût de deshorage dû à l'impossibilité d'ajuster parfaitement leur heure préférée de voyager. On considère que cette desutilité est indépendante du retard que l'utilisateur pourrait expérimenter au moment effectif de son déplacement.

1. On considère que les usagers sont exactement identiques sauf pour les heures de voyage préférées.

- Hypothèse 5. Des aléas sur le réseau peuvent causer des retards et augmenter le temps de trajet des usagers. La transmission des retards dépend du niveau de trafic sur une ligne.

Comme détaillé précédemment, le gestionnaire d'infrastructure internalise une partie des retards en utilisant des marges dans la construction horaire, mais cela ne signifie pas qu'il y a une absence totale des retards dans le réseau.

Carey, (1999) présente une analyse détaillée de la régularité et des mécanisme de transmission des retards. Dans son analyse, il distingue deux types de retard : les retards exogènes et les retards transmis. Les retards exogènes sont dus à des événements-origines dans le réseau, comme un problème de l'infrastructure, des retards dans les montés-descentes des gares ou une panne de matériel roulant, etc. De l'autre côté, les trains affectés par des retards transmis ne sont pas impactés directement par un événement origine, mais subissent les conséquences des premiers. La transmission des retards, en cas d'incident, est étroitement liée à la construction du graphique. Dans une situation d'utilisation intensive de la capacité, les conséquences et la transmission de retard d'un train seront plus importantes. Afin de réduire les risques de transmission de retard en cas d'incident, le gestionnaire d'infrastructure peut incorporer des espacements supplémentaires entre les trains.

Selon (Villemeur, Billette, Ivaldi, Quinet, Urdanoz, 2015), on considère un retard stochastique ε distribué selon une loi normale cumulée $\phi(\varepsilon)$, avec $\varepsilon > 0$. La distribution des retards est considérée donnée.

Comme (Villemeur, Billette, Ivaldi, Quinet, Urdanoz, 2015), on considère que les retards exogènes ne dépendent pas du taux d'utilisation de la ligne. Notre intuition est que la probabilité d'un événement origine est indépendant du taux d'utilisation d'une ligne (les problèmes techniques ou humains qui génèrent un incident ne sont pas dépendants du nombre des trains circulant sur une ligne). La marge de régularité ζ décrite dans le processus de construction des sillons peut permettre de récupérer une partie de l'aléa sous certaines conditions.

En revanche, à la différence de (Villemeur, Billette, Ivaldi, Quinet, Urdanoz, 2015) on considère que la mesure des retards sur une ligne doit refléter les effets de la congestion. L'origine et la probabilité d'un événement origine sont effectivement indépendantes du taux d'utilisation d'une ligne, mais les conséquences de ces incidents sont fortement liées au nombre de trains qui circulent. Si une ligne est fortement utilisée, le risque de transmission des retards augmente du fait de la moindre disponibilité des réserves de capacité disponible. Comme dans le secteur aérien, la congestion ferroviaire se caractérise par un effet cascade : un incident peut générer un impact cumulatif sur les trains suivants, et l'ampleur de cet effet est fortement dépendant du taux d'utilisation de l'infrastructure.

Afin de limiter la transmission des retards, un espacement supplémentaire entre les trains γ_b est appliqué dans le processus de construction du graphique ferroviaire. Si l'espacement supplémentaire entre les trains est suffisamment large, un retard

initial n'aura pas d'effet sur les trains suivants. La description du mécanisme de propagation des retards en fonction de la durée des espacements supplémentaires retenue dans ce modèle se base sur le modèle proposé par (Landex Nielsen, 2008).

La durée de l'espacement supplémentaire entre deux trains peut être définie comme la différence entre γ_h qui correspond à l'espacement effectif entre deux trains et $\gamma_{h,min}$ qui correspond à l'espacement minimum technique.

$$\gamma_b = \gamma_h - \gamma_{h,min} \quad (9)$$

A partir de l'équation 9, il est possible de définir la capacité maximal² de la ligne comme :

$$f_{max} = \frac{T}{\gamma_{h,min}} \quad (10)$$

Et la fréquence f effective comme

$$f = \frac{T}{\gamma_h} = \frac{T}{\gamma_{h,min} + \gamma_b} \quad (11)$$

Afin de définir la fonction de retard total d'une ligne en fonction des paramètres décrits, nous considérons un retard stochastique ε indépendant du taux d'utilisation d'une ligne. Si $\varepsilon < \zeta$, la marge de régularité pourrait être utilisée pour récupérer les pertes de temps liées à l'incident, et les usagers ne seraient pas confrontés à des retards. En revanche, si $\varepsilon > \zeta$, la marge de régularité est insuffisante pour récupérer la perte de temps lié à l'incident origine, et les usagers subiront un retard ($d_{1,i}$). La durée du retard du premier train impacté serait :

$$d_{1,i} = \varepsilon - \zeta \quad (12)$$

De plus, si $d_{1,i} > 0$, le retard du premier train se propagera aux trains suivants, en fonction de la durée de l'espacement supplémentaire. La durée du retard transmis pour les trains suivants $d_{2,c}$, peut être calculée comme :

$$d_{2,c} = \begin{cases} d_{1,i} - \gamma_b & \text{si } \gamma_b < d_{1,i} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (13)$$

$$(14)$$

Si l'espacement supplémentaire entre les trains γ_b est supérieure ou égale au retard $d_{1,i}$, il n'y aurait pas de transmission de retard pour les trains suivants et $d_{2,c}$ serait égale à zéro. La formule 13 peut être généralisée afin de calculer la transmission de retards pour tous les trains impactés.

2. Pour rappel, nous considérons un trafic homogène et uniformément distribué

$$d_{j+1,c} = d_{1,i} - n\gamma_b \quad (15)$$

Dans la formule 15, n est le nombre de trains impactés par la transmission de retards. En fixant le retard transmis $d_{n+1,c}$ égale à zéro (le dernier train ne subit pas de retard), il est possible de calculer le nombre de trains nécessaires avant que le train suivant soit à l'heure.

$$n = \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \quad (16)$$

Comme un train peut être juste à l'heure ou en retard, les nombres non entiers de la formule précédente doivent être tronqués.

$$n = \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor \quad (17)$$

Une fois connu le nombre de trains affectés par des retard transmis n , il est possible de calculer le retard total, égale à la somme de chaque retard transmis et le retard initial.

$$\sum d = d_{1,i} + d_{2,c} + d_{3,c} + d_{4,c} + \dots + d_{n+1,c} = d_{1,i} + \sum_{k=1}^{n+1} d_{x,c} \quad (18)$$

Si on combine la formule 15 et 18, le retard total peut être réécrit ainsi :

$$\sum d = d_{1,i} + d_{1,i} - \gamma_b + d_{1,i} - 2\gamma_b + \dots + d_{1,i} - n\gamma_b = (n+1)d_{1,i} - \frac{n}{2}(n+1)\gamma_b \quad (19)$$

A partir de la formule 17 et 19 le retard total peut être calculé comme une fonction du retard initial ($d_{1,i}$) et de l'espacement supplémentaire entre les trains (γ_b) :

$$\sum d = \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor + 1 \right) - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor + 1 \right) \gamma_b \quad (20)$$

Cette formulation est basée sur la fonction de propagation du retard détaillée par (Landex Nielsen, 2008) et complétée en considérant que la marge de régularité (ζ) a également une influence sur la durée du retard initial. Cela reflète le fait que la marge de régularité a un impact sur le retard initial et donc sur les conséquences des retards transmis. La formulation utilisée dans cet article donne une vision complète des mécanismes utilisés dans la construction horaire influençant la somme des retards. Cette approche complète les formules utilisées par (Villemeur, Billette, Ivaldi, Quinet, Urdanoz, 2015) et (Landex Nielsen, 2008).

La fonction 20 de retard total révèle que l'espacement supplémentaire (γ_b) diminue le retard total mais, en contrepartie, il limite la capacité de la ligne donc la fréquence offerte.

Les retards prolongent par définition le temps trajet des usagers (Hypothèse 3). Le caractère non-prévu du retard représente un coût supplémentaire pour l'utilisateur, pondéré par un coefficient de pénibilité du retard β_2 associé à la valeur du temps de trajet vot :

$$\sum d = vot\beta_2 \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor + 1 \right) - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\gamma_b} \right\rfloor + 1 \right) \gamma_b \quad (21)$$

En combinant la fonction 11 et 21, il est possible d'exprimer la fonction du coût total de retard en fonction de la fréquence f :

$$\sum d = vot\beta_2 \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min} \right) \quad (22)$$

A partir de la fonction 22, il est possible de définir le retard moyen pour un usager³ :

$$d(\text{retardmoyen}) = \frac{1}{f} \left[\beta_2 \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \right] \left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min} \right) \quad (23)$$

4 L'optimisation du point de vue de l'utilisateur : une solution analytique

A partir des hypothèses détaillées dans la section précédente, il est possible de définir la fréquence optimale qui vise à maximiser l'utilité de l'utilisateur.

La formalisation de cette optimisation est détaillée de la façon suivante :

$$\begin{aligned} Max_f U = \sigma - \left[\frac{T}{f} \frac{\alpha_1 \beta_1}{2(\beta_1 - \alpha_1)} \right] vot - vot(J + \zeta) \\ - \frac{1}{f} \left[\beta_2 \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \right] \left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min} \right) \end{aligned} \quad (24)$$

3. Le retard moyen de l'utilisateur est équivalent au retard moyen des trains

Le planificateur souhaite maximiser l'utilité nette des voyageurs. A cette fin, il cherche à maximiser leur utilité de déplacement en train entre les villes A et B nette des coûts associés à cet déplacement : temps trajet, coût deshorage et coût du retard. Le planificateur recherche une fréquence optimale, sachant que, ceteris paribus, des fréquences élevées diminuent les coûts du deshorage des usagers (deuxième terme à droite de l'équation), mais augmentent leur probabilité de retard (dernier terme à droite de l'équation).

Les conditions de premier ordre pour f établissent :

$$\frac{\partial U}{\partial f} = 0 = \frac{\beta_2 d_{1,i} \text{vot} \left(\frac{d_{1,i}}{\frac{T}{f} - \gamma_{h,min}} + 1 \right)}{2 f^2} - \frac{\beta_2 d_{1,i}^2 \text{vot} T}{2 f^3 \left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,min} \right)^2} + \frac{\alpha_1 \beta_1 (\beta_1 + \alpha_1) T \text{vot}}{2 f^2} \quad (25)$$

Chaque f supplémentaire diminue le coût marginal du deshorage des usagers (dernier terme à droite de l'équation) et augmente à la fois, le coût marginal du retard (les deux premiers termes à droite de l'équation). A l'équilibre, le planificateur choisirait une fréquence f^* , optimale du point de vue des usagers. Cette fréquence égalise le coût marginal du deshorage au coût marginal du retard :

$$f^* = - \frac{d1 \sqrt{(\alpha_1 \gamma_{h,min} \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,min} \beta_1) \beta_2 T + \gamma_{h,min} \beta_2^2 d_{1,i} T}}{(\alpha_1 \gamma_{h,min}^2 \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,min}^2 \beta_1) T - \gamma_{h,min} \beta_2 d_{1,i}^2 + \gamma_{h,min}^2 \beta_2 d_{1,i}} - \frac{\left((\alpha_1 \gamma_{h,min} \beta_1^2 - \alpha_1^2 \gamma_{h,min} \beta_1) T - \gamma_{h,min} \beta_2 d_{1,i} \right) T}{(\alpha_1 \gamma_{h,min}^2 \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,min}^2 \beta_1) T - \gamma_{h,min} \beta_2 d_{1,i}^2 + \gamma_{h,min}^2 \beta_2 d_{1,i}} \quad (26)$$

Une fois obtenue la fréquence optimale et à partir de l'équation (26) il est possible de calculer l'espacement supplémentaire optimal entre les trains γ_b :

$$\gamma_b^* = \frac{T}{f^*} - \gamma_{h,min} \quad (27)$$

5 L'optimisation du point de vue de l'utilisateur : Quelques exemples numériques

Cette section présente quelques exemples numériques afin d'illustrer plus précisément les propriétés du modèle. Afin de mieux comprendre les relations entre la fréquence optimale et les autres paramètres du modèle, les figures suivantes montrent quel est l'effet d'une variation de chacun des paramètres sur la fréquence optimale.

Comme on peut remarquer dans la Figure 5 et dans la Figure 6, les coûts de deshorage ont une relation positive avec la fréquence optimale. Si le désagrément créé par un

manque de fréquence à l'heure préférée de voyage est élevé, l'utilisateur souhaiterait avoir des fréquences plus élevées pour son trajet.

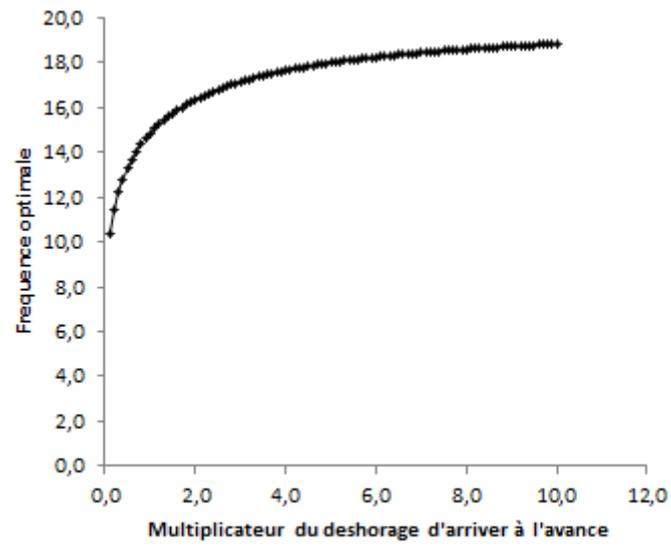


FIGURE 5 –

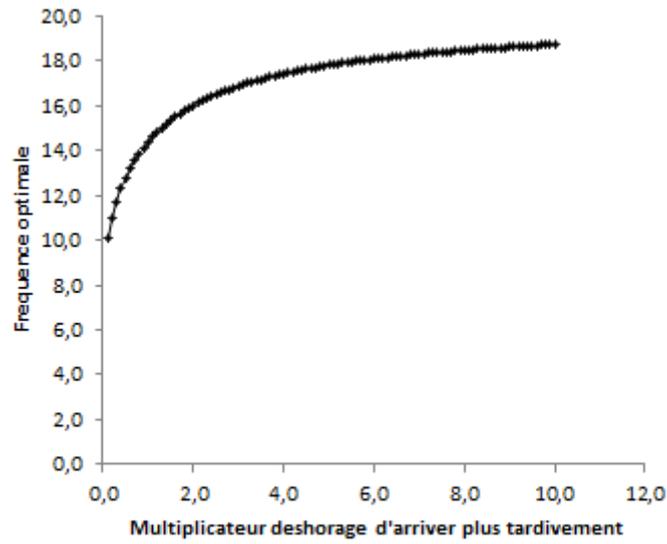


FIGURE 6 –

Par opposition, dans la Figure 7, on observe une relation négative entre le coefficient de pénibilité du retard et la fréquence optimale. Si la pénibilité du retard non prévu est élevée, l'utilisateur aurait tendance à préférer un nombre faible des fréquences. En fait, on suppose que l'utilisateur est parfaitement informé et il sait qu'un nombre élevé de fréquences induit à une probabilité de retard plus élevée.

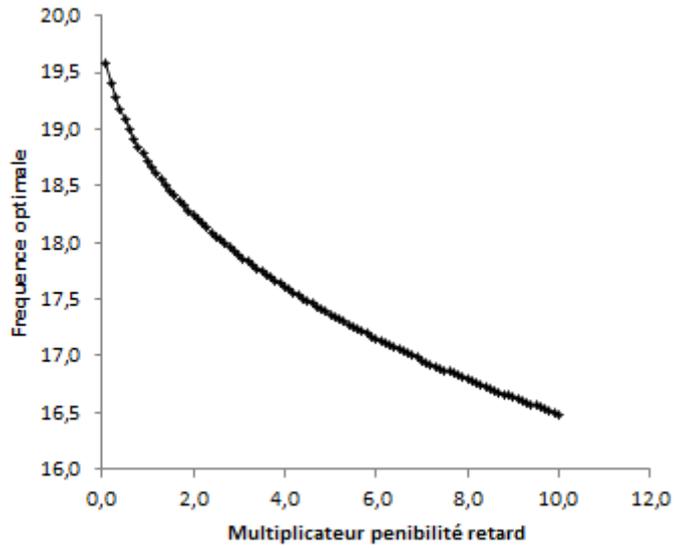


FIGURE 7 –

La Figure 8 illustre une relation négative entre le retard initial et la fréquence optimale. Si le retard initial est important, il serait plus difficile pour le réseau de retourner à une situation sans perturbation, et la transmission des retards se ferait plus facilement.

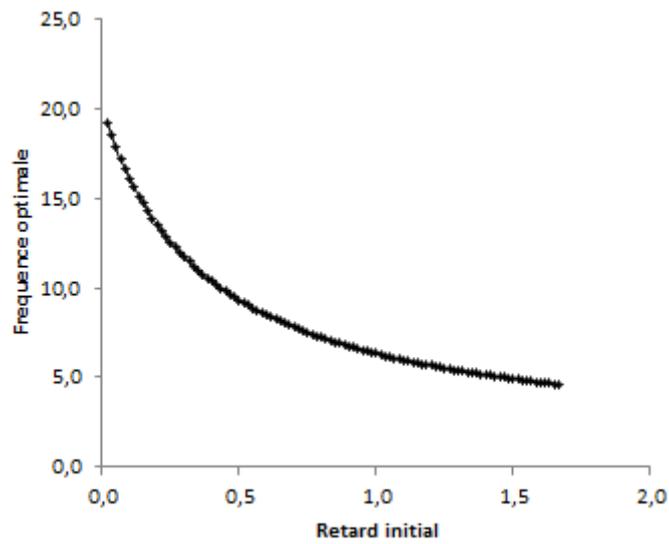


FIGURE 8 –

Pour conclure, la Figure 9 montre une relation négative entre l’espacement technique minimal et la fréquence optimale. Intuitivement et de façon complètement mathématique, dans le cas d’une ligne à trafic homogène, si l’espacement technique entre deux trains augmente, le nombre de fréquences par unité de temps diminue automatiquement.

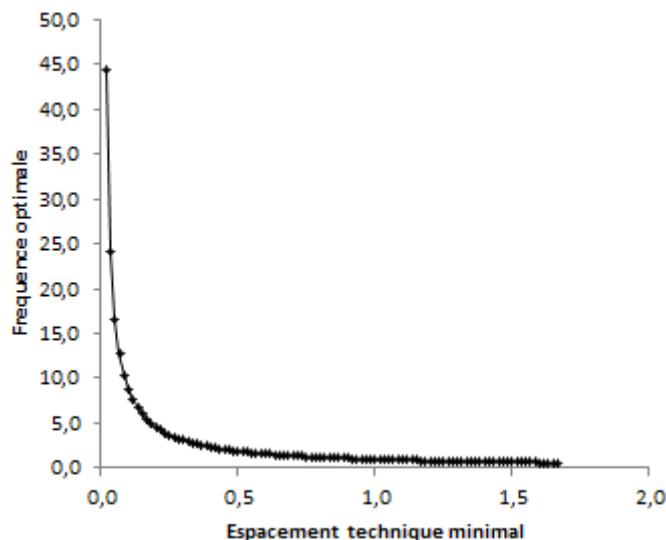


FIGURE 9 –

6 Conclusion

L’étude des contraintes de capacité ferroviaire répond à un enjeu contemporain des gestionnaires d’infrastructures ferroviaires. L’analyse du processus de construction des sillons montre que, toutes choses égales par ailleurs, il y a un lien entre le volume de trafic, les retards et la rareté des sillons. Du point de vue de l’usager, la contrainte de capacité peut s’exprimer sous deux formes complémentaires, mais non mutuellement exclusives, d’une part la “congestion” (relation entre le trafic et les retards) et d’autre part le “deshorage”(impossibilité de voyager à l’heure souhaitée.).

Le modèle micro économique proposé dans cet article montre qu’il existe donc implicitement un arbitrage entre la fréquence offerte (et donc la diminution des coûts de deshorage) et les retards dans le processus de production de sillons actuel. Cependant, le lien entre ces deux variables n’était pas à ce jour formalisé ni mesuré. L’objectif de cette formalisation a été de définir le nombre de fréquences f^* qui maximisent le surplus des usagers, en considérant les arbitrages décrits.

La fréquence optimale dépend de plusieurs paramètres et l’analyse de ces relations permet d’illustrer les propriétés du modèle. L’article propose un premier aperçu de ces

relations, mais ces résultats devront être approfondis par la suite. Les résultats du modèle théorique pourraient être évalués d'un point de vue empirique, en délimitant un ensemble de valeurs plausibles pour les fréquences, via un exercice de calibration des paramètres desquels elles dépendent. La calibration des paramètres devrait être fondée sur l'expérience empirique disponible dans la littérature concernant les valeurs des coûts du deshorage, des coefficients de pénibilité du retard et du temps de trajet, et sur l'expérience pratique des gestionnaires d'infrastructure ferroviaires décrites précédemment. Cette analyse permettrait d'identifier l'ensemble des valeurs des fréquences et des espaces supplémentaires entre les trains associés qui, sous certaines valeurs des paramètres envisagés par le modèle, maximisent le surplus des usagers.

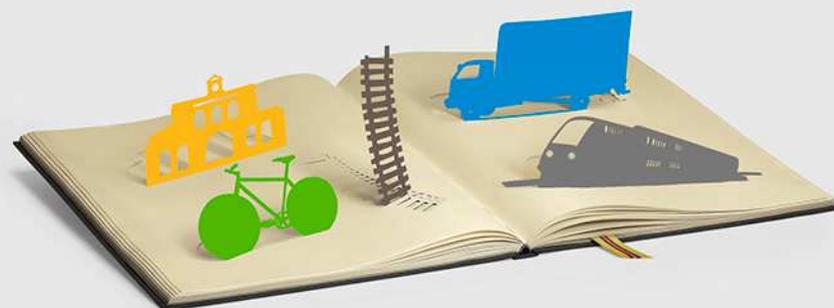
7 Bibliographie

- Arnott, R., De Palma, A., Lindsey, R. (1990). Economics of a bottleneck. *Journal of urban Economics*, 27(1), 111–130.
- Carey, M. (1999). Ex ante heuristic measures of schedule reliability. *Transportation Research Part B : Methodological*, 33(7), 473–494.
- DCF-DPS Supervision et Support. Réseau Ferré de France. (2006, août 17). Détermination et confection des horaires.
- De Palma, A., Lindsey, R. (2001). Optimal timetables for public transportation. *Transportation Research Part B : Methodological*, 35(8), 789–813.
- Bureau des Horaires, SNCF. (2007). Détermination et confection des horaires en zone dense de l'Ile de France.
- Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *The Economic Journal*, 39(153), 41–57.
- Landex, A., Nielsen, O. A. (2008). Methods to estimate railway capacity and passenger delays. Department of Transport.
- Mohring, H. (1972). Optimization and scale economies in urban bus transportation. *The American Economic Review*, 591–604.
- Salop, S. C. (1979). Monopolistic Competition with Outside Goods. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 141.
- Verchere, P.-M., Djellab, H. (2013). Robustesse et résilience : des plans de transport ferroviaires. *Revue générale des chemins de fer*, (233), 6–26.
- Vickrey, W. S. (1969). Congestion theory and transport investment. *The American Economic Review*, 251–260.
- Villemeur, D., Billette, E., Ivaldi, M., Quinet, E., Urdanoz, M. (2015). The Social Cost of Air Traffic Delays.

VERS UNE FORMALISATION DES CONTRAINTE DE CAPACITÉ FERROVIAIRE: L'ÉTUDE D'UNE LIGNE À FORTE FRÉQUENCE

14ÈME SÉMINAIRE FRANCOPHONE EST-OUEST DE SOCIO-ÉCONOMIE DES TRANSPORTS

María Pérez Herrero
Doctorante



CONTEXTE

La contrainte de capacité ferroviaire est un sujet d'une importance croissante pour le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire. La demande de transport croît dans les aires métropolitaines et la qualité de service, en termes de régularité, devient un sujet central dans les zones denses. Parallèlement, l'expansion des capacités ferroviaires rencontre des obstacles financiers.

Le sujet des contraintes de capacité a été évoqué de façon récurrente dans l'actualité institutionnelle ferroviaire:

- + La commission « Mobilité 21 » avait recommandé dans ses conclusions la mise en place, pour chaque grand projet ferroviaire justifié par la saturation annoncée d'une ligne existante (ex. POCL Montpellier-Perpignan ou GPSO), d'un observatoire de l'évolution des capacités de cette ligne
- + Dans son dernier avis sur la tarification de l'accès au réseau, l'ARAF a remarqué que du fait du caractère limité des capacités offertes pour l'accès au réseau ferroviaire "la tarification des contraintes de capacité constitue une question centrale.

La mesure et la valeur des contraintes de capacité jouent donc un rôle essentiel dans toutes les décisions relatives aux capacités. Néanmoins, les méthodes d'analyse actuelles ne permettent pas d'intégrer la valeur des contraintes de capacité dans la prise de décisions du gestionnaire d'infrastructure.

PLAN

01.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

02.

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIVES

03.

LE PROCESSUS ACTUEL DE CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE HORAIRE FERROVIAIRE EN FRANCE

04.

LE MODÈLE THÉORIQUE

05.

L'OPTIMISATION DU POINT DE VUE DE L'USAGER : QUELQUES EXEMPLES NUMÉRIQUES

06.

CONCLUSIONS

01. REVUE DE LA LITTÉRATURE

REVUE DE LA LITTÉRATURE

La notion de capacité ferroviaire est un sujet complexe et pour laquelle il n'existe pas de définition standard.

La congestion dans le secteur ferroviaire a été peu étudiée:

- + La littérature académique s'intéresse principalement à la congestion des infrastructures routières
- + La littérature est moins large dans les secteurs où le trafic est programmé à l'avance
 - Secteur aérien
 - Secteur ferroviaire

La plupart des publications examinant la congestion dans domaine ferroviaire concerne:

- + les transports urbains (sous l'angle du confort des usagers)
- + l'optimisation opérationnelle des circulations

Il existe une littérature relativement développée concernant l'optimisation de l'exploitation d'un réseau ferroviaire, initiée par les travaux de Frank (1966) et Petersen (1974).

- + Elle s'appuie sur des modèles de simulation pour analyser la relation entre l'utilisation de la capacité, la vitesse de circulation et les retards, en fonction des caractéristiques de l'infrastructure et du matériel roulant

REVUE DE LA LITTÉRATURE

En revanche, la littérature économique traitant la congestion sous l'angle de la tarification ou de sa valorisation (pour une prise en compte dans l'évaluation des investissements) est en revanche très restreinte

- + D'un point de vue économique, la congestion peut être considérée comme une externalité standard.
- + La littérature académique montre que la mise en place de péages pour l'usage des routes pendant les heures de pointe permettrait de réduire la congestion en obligeant les usagers à internaliser le coût social de leur décision.
 - Cette idée a été développée par Pigou (1920) et reprise par Walters (1961) or Vickrey (1963), Arnott, De Palma and Lindsey (1993), Chu (1995) or Verhoef (2001).

02.

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIVES

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

La revue de la littérature suggère donc que la vision des contraintes de capacité dans le monde ferroviaire est actuellement étudiée de façon très compartimentée:

- + D'un côté, il existe une abondante littérature, plutôt axée sur la recherche opérationnelle, qui a comme objectif l'optimisation de la grille horaire d'un point de vue technique.
- + De l'autre, il existe des contributions économiques, principalement théoriques, qui considèrent la congestion ferroviaire comme une externalité négative comme c'est le cas dans d'autres modes de transport et qui préconisent l'utilisation de la tarification comme mesure corrective.

En revanche, il n'existe pas aujourd'hui de vision globale de la congestion permettant d'articuler les réponses aux déséquilibres entre l'offre et la demande que génèrent les contraintes de capacité

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

Donner à la congestion une valeur économique permettrait au gestionnaire d'infrastructure ferroviaire de mettre en place des incitations économiques adéquates pour les entreprises ferroviaires dans la tarification et pour éclairer les choix d'investissements en capacité.

Les méthodes d'analyse actuelles ne permettent pas d'intégrer la valeur des contraintes de capacité dans la prise de décision du gestionnaire d'infrastructure ferroviaire.

La mesure et la valeur de la congestion pourraient jouer un rôle essentiel dans toutes les décisions relatives aux capacités : construction du graphique de circulation, allocation des sillons, tarification et investissements de capacité.

POUR CES RAISONS, LE PRÉSENT TRAVAIL DE RECHERCHE S'INTÉRESSE À LA FORMALISATION DE LA MESURE DE LA CONTRAINTE CAPACITÉ FERROVIAIRE.

03.

LE PROCESSUS ACTUEL DE CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE HORAIRE FERROVIAIRE EN FRANCE

LA CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE HORAIRE

Le processus de design de l'horaire diffère entre pays. Chaque système ferroviaire national a sa propre structure et ses propres méthodes de construction du graphique horaire.

Dès la conception du graphique de circulation, le gestionnaire d'infrastructure intègre un objectif de fiabilité des sillons offerts.

Du point de vue du gestionnaire de l'infrastructure, cet objectif est intégré dans:

- + les principes de conception des temps parcours, qui permettent d'assurer la robustesse du sillon
- + les règles d'espacement entre les trains, qui permettent d'assurer la robustesse du graphique ferroviaire

Dans un première temps, on doit s'attacher à décrire précisément le fonctionnement des processus actuels dans lesquels la notion de contrainte de capacité intervient.

LA CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE HORAIRE

LA ROBUSTESSE DU TEMPS PARCOURS ET LES MARGES DE RÉGULARITÉ

Les éléments constitutifs d'un temps de parcours est la somme des quatre temps élémentaires:

- + Une marche de base qui représente le temps de parcours net. La marche de base est le résultat du calcul compte tenu d'un matériel roulant donné et d'une infrastructure donnée.
- + Temps stationnement
- + Une marge de régularité permettant de résorber une partie des retards.
 - Sur ligne classique, la marge de régularité habituelle est calculée en minutes aux 100 km, avec une valeur de 4,5 min/100 km.
 - Pour les LGV, la marge est calculée en proportion du temps et non de la distance. La marge de régularité normale est de 5% et exceptionnellement de 7% sur la LGV Nord.
- + Temps supplémentaires nécessaires au montage du graphique (arrêts circulation allongements de stationnement revendiqué et domestication), et éventuellement une marge supplémentaire travaux

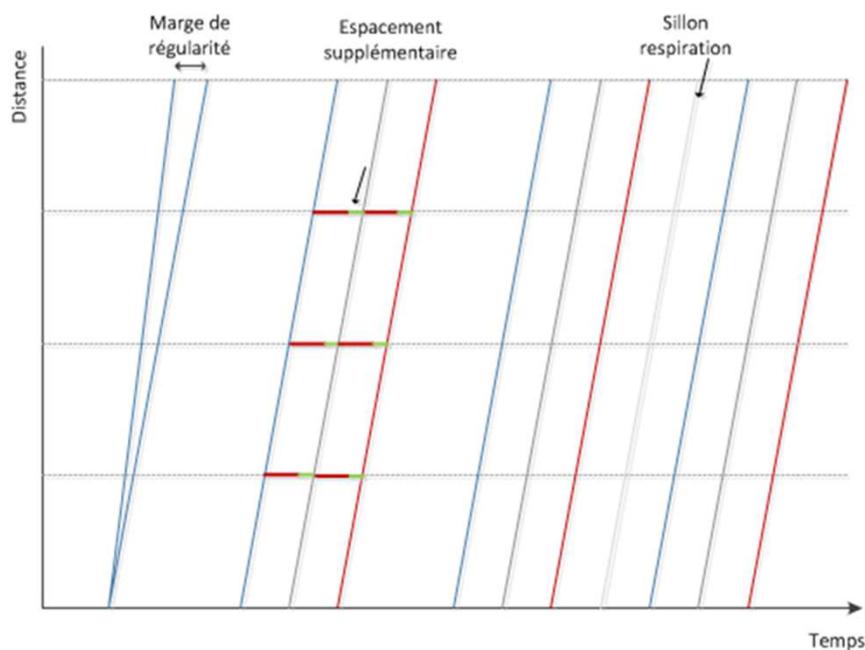
LES MARGES DE RÉGULARITÉ REFLÈTENT UN ARBITRAGE ENTRE TEMPS PARCOURS ET ROBUSTESSE

LA CONSTRUCTION DU GRAPHIQUE HORAIRE

LA ROBUSTESSE DU GRAPHIQUE

Pour permettre l'insertion d'un sillon dans le graphique de circulation, des normes de tracé définissent les espacements nécessaires à introduire entre les sillons.

- + L'espacement entre deux trains successifs dépend d'une valeur technique minimale de délai entre deux trains compte tenu des systèmes de signalisation.
- + A cet espacement technique minimale, un espacement supplémentaire est ajouté pour agir sur la robustesse du graphique.



L'ESPACEMENT SUPPLÉMENTAIRE ENTRE LES TRAINS, REFLÈTE UN ARBITRAGE ENTRE CAPACITÉ ET ROBUSTESSE

04.

LE MODÈLE THÉORIQUE

LE MODÈLE THÉORIQUE

L'objectif de cet article est de proposer un modèle simplifié qui reflète les arbitrages autour des contraintes de capacité pour les consommateurs.

Le gestionnaire d'infrastructure bienveillant cherche à identifier quelle serait la fréquence optimale pour les usagers (par unité de temps donnée) qui maximise leur utilité.

Pour cela, nous cherchons à définir les caractéristiques de la fonction nette d'utilité des usagers :

+ on postule qu'un usager retire une utilité σ brute à voyager en train entre les villes A and B

Mais il subit également certains coûts quand il décide de réaliser ce voyage:

+ Cout de deshorage

- L'utilisateur ajuste ses horaires en fonction des fréquences fixés par les entreprises ferroviaires.
- La différence entre les fréquences fixes et les horaires préférés de voyage de l'utilisateur, génère une désutilité

+ Cout du retard

- Des aléas sur le réseau peuvent causer des retards et augmenter le temps de trajet des usagers.
- La transmission des retards dépend du niveau de trafic sur une ligne.

+ Temps trajet

LE MODÈLE THÉORIQUE

La formalisation de cette optimisation est détaillée de la façon suivante :

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_f U = & \sigma - \left[\frac{T}{f} \frac{\alpha_1 \beta_1}{2(\beta_1 + \alpha_1)} \right] \text{vot} - \text{vot}(J + \zeta) \\
 & - \frac{1}{f} \left[\beta_2 \text{vot} \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,\min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) d_{1,i} - \frac{1}{2} \left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,\min}\right)} \right\rfloor \left(\left\lfloor \frac{d_{1,i}}{\left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,\min}\right)} \right\rfloor + 1 \right) \left(\frac{T}{f} - \gamma_{h,\min} \right) \right]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Le planificateur recherche une fréquence optimale, sachant que, ceteris paribus, des fréquences élevées diminuent les coûts du deshorage des usagers (deuxième terme à droite de l'équation), mais augmentent leur probabilité de retard (dernier terme à droite de l'équation).

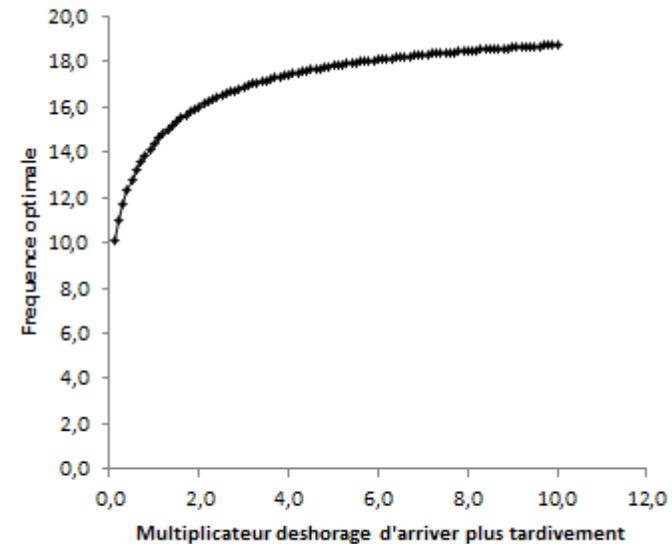
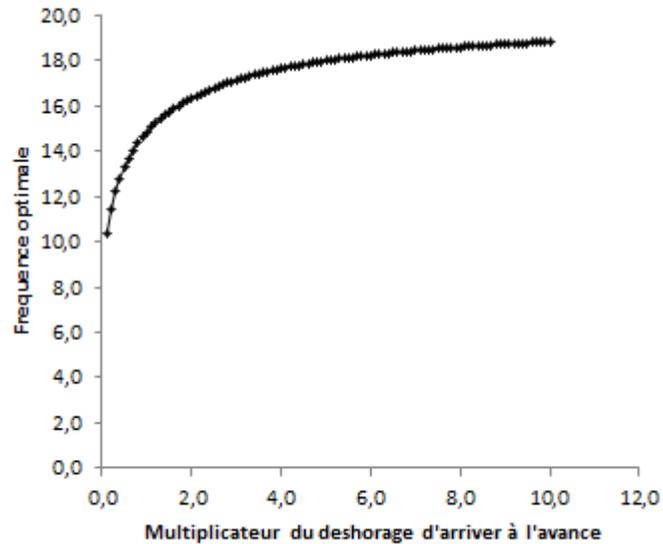
A l'équilibre, le planificateur choisirait une fréquence f^* , optimale du point de vue des usagers. Cette fréquence égalise le coût marginal du deshorage au coût marginal du retard :

$$\begin{aligned}
 f^* = & - \frac{dI \sqrt{(\alpha_1 \gamma_{h,\min} \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,\min} \beta_1) \beta_2 T + \gamma_{h,\min} \beta_2^2 d_{1,i} T}}{(\alpha_1 \gamma_{h,\min}^2 \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,\min}^2 \beta_1) T - \gamma_{h,\min} \beta_2 d_{1,i}^2 + \gamma_{h,\min}^2 \beta_2 d_{1,i}} \\
 & - \frac{\left((\alpha_1 \gamma_{h,\min} \beta_1^2 - \alpha_1^2 \gamma_{h,\min} \beta_1) T - \gamma_{h,\min} \beta_2 d_{1,i} \right) T}{(\alpha_1 \gamma_{h,\min}^2 \beta_1^2 + \alpha_1^2 \gamma_{h,\min}^2 \beta_1) T - \gamma_{h,\min} \beta_2 d_{1,i}^2 + \gamma_{h,\min}^2 \beta_2 d_{1,i}}
 \end{aligned}$$

05.

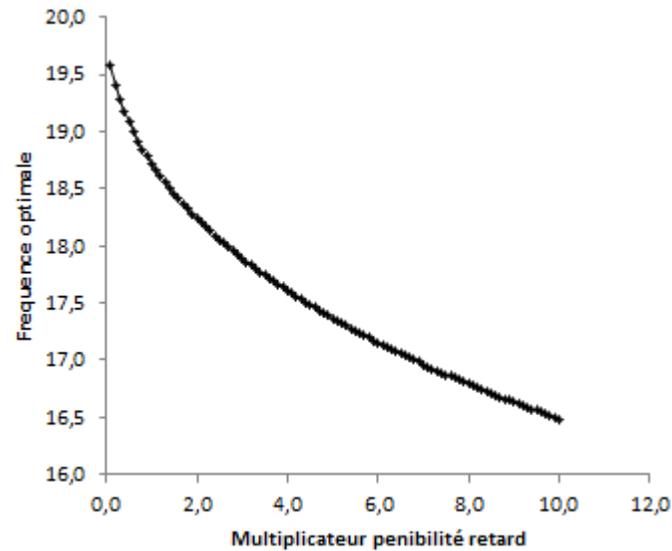
L'OPTIMISATION DU POINT DE VUE DE L'USAGER : QUELQUES EXEMPLES NUMÉRIQUES

L'OPTIMISATION DU POINT DE VUE DE L'USAGER : QUELQUES EXEMPLES NUMÉRIQUES



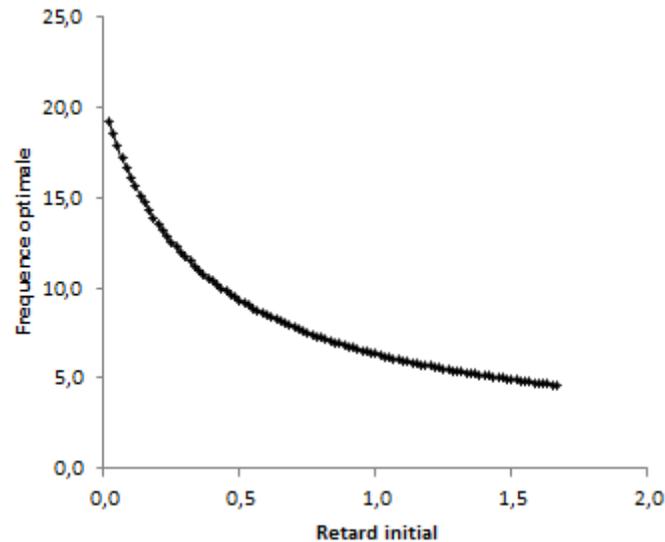
Les coûts de deshorage ont une relation positive avec la fréquence optimale. Si le désagrément créé par un manque de fréquence à l'heure préférée de voyage est élevé, l'utilisateur souhaiterait avoir des fréquences plus élevées pour son trajet

L'OPTIMISATION DU POINT DE VUE DE L'USAGER : QUELQUES EXEMPLES NUMÉRIQUES



Si la pénibilité du retard non prévu est élevée, l'utilisateur aurait tendance à préférer un nombre faible des fréquences. En fait, on suppose que l'utilisateur est parfaitement informé et il sait qu'un nombre élevé de fréquences induit à une probabilité de retard plus élevée.

L'OPTIMISATION DU POINT DE VUE DE L'USAGER : QUELQUES EXEMPLES NUMÉRIQUES



Si le retard initial est important, il serait plus difficile pour le réseau de retourner à une situation sans perturbation, et la transmission des retards se ferait plus facilement. Dans cette situation, l'utilisateur aurait tendance à préférer un nombre faible des fréquences.

06. CONCLUSION

CONCLUSION

L'étude des contraintes de capacité ferroviaire répond à un enjeu contemporain des gestionnaires d'infrastructures ferroviaires

Le modèle micro économique proposé dans cet article montre qu'il existe donc implicitement un arbitrage entre la fréquence offerte (et donc la diminution des coûts de deshorage) et les retards dans le processus de production de sillons actuel.

La fréquence optimale dépend de plusieurs paramètres et l'analyse de ces relations permet d'illustrer les propriétés du modèle. L'article propose un premier aperçu de ces relations, mais ces résultats devront être approfondis par la suite.

Les résultats du modèle théorique pourraient être évalués d'un point de vue empirique, en délimitant un ensemble de valeurs plausibles pour les fréquences, via un exercice de calibration des paramètres desquels elles dépendent

MERCI DE VOTRE ATTENTION

MARIA.PEREZ-HERRERO@RFF.FR



LET
Laboratoire
d'Economie
des Transports



SNCF
RÉSEAU

1 **Congestion Cost in mass transit systems; pricing and investment policy implications.**
2 **Case Study: Bogotá's BRT system**

3

4 By

5

6 Gonzalo Guerra

7 Research Assistant

8 Department of Civil and Environmental Engineering

9 Universidad de los Andes

10 Carrera 1 Este No. 19A-40, Of ML-126

11 Bogotá, Colombia

12 Phone: +571 3394949

13 E-mail: ge.guerra29@uniandes.edu.co

14

15 Juan Pablo Bocarejo (corresponding author)

16 Associate Professor

17 Department of Civil and Environmental Engineering

18 Universidad de los Andes

19 Carrera 1 Este No. 19A-40, Of ML-634

20 Bogotá, Colombia

21 Phone: +571 3394949

22 E-mail: jbocarej@uniandes.edu.co

23

24

25 Word count: Text: 3730 words; Tables and figures: 3750 words (250 each)

26 Date submitted: August 1, 2014

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

1 **ABSTRACT**

2 This paper estimates the effect on welfare of the congestion in the TransMilenio, Bogota's Bus Rapid Transit
3 system, based on Pigou's externality theory. We developed a methodology to assess the optimal comfort
4 condition, according to users' perception, and compared it to the actual (and critical) situation of the
5 TransMilenio. The social cost of not being at the optimal state of comfort is USD\$6,700 per hour for the entire
6 system. In the specific case of mass transit we do not think that an internalization charge should be applied.
7 Instead, the result allows us to define the level of investment necessary to reduce the "in vehicle congestion cost"
8 to maximize welfare. Demand implications, benefits and other possible effects related to these solutions are
9 analysed.

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

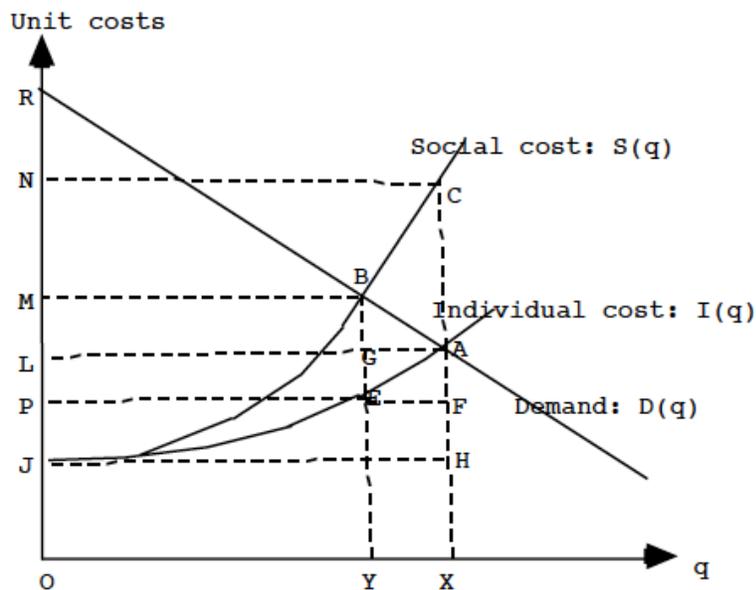
INTRODUCTION

Traditionally, analyses of congestion in transport systems have focused primarily on the delays and loss of speed for private transport, and have left aside the effects of congestion on other transport modes, such as mass transit systems. Transit in-vehicle congestion has not been considered as a social cost when transport system solutions have been appraised (Prud'homme, Koning, Lenormand, & Fehr, 2010); besides, a congestion charge scheme for private vehicles may increase the cost of congestion for public transport. One of the main disadvantages of mass transit systems is the lack of comfort; this is related to the high in-vehicle passenger density that is a consequence of overcrowding during certain time periods. This situation results in a reduction of the benefit to users. The deterioration in the quality of service may mean that users wait for a less congested vehicle or are forced to board an overcrowded one. This situation represents an extra journey cost for individuals, and this cost is the transit congestion cost. It is possible to maximize social welfare by investment to reduce this cost, and improvements of different natures can be considered as possible alternatives for reducing the congestion cost to the optimal level. In this paper, an investment policy formulation tool for mass transit in vehicle congestion cost reduction is developed and proposed.

16
17
18
19
20
21
22
23

THE COST OF CONGESTION

Pigou's social cost theory states that, in certain markets, the excessive consumption of a service or good may imply a marginal increase in an individual's cost ($I(q)$ in FIGURE 1). This situation creates an inefficient resource allocation, due to the lack of internalization of the cost that each single individual generates to the rest of the society, so there is a marginal social cost caused by the excessive consumption ($S(q)$ in FIGURE 1). Then, for any particular demanded quantity there is always a difference between $I(q)$ and $S(q)$, and this is the externality linked to the consumption. These statements have been widely applied in congestion theory in transport systems.



24

25 **FIGURE 1. Pigou's traditional curve.**

26 The effect of congestion on urban private transport is well known; the traffic theory says that whenever the
27 number of vehicles trying to use a road at the same time increases, their mean spatial speed decreases. This means
28 that every single car that is incorporated into the flow makes all the other cars go slower.

29 The effect of congestion is even greater if it is seen from a broader perspective, because then the extra
30 cost caused by a single user to society will be the individual travel cost plus the cost that that user generates for
31 the other users who are using the infrastructure at the same time (the marginal social cost). Since the individual
32 only perceives his or her own cost, there is an externality that is not reflected in the cost function that he or she
33 calculates to take decisions. This is why a correction to the market failure should be applied, and it means that an

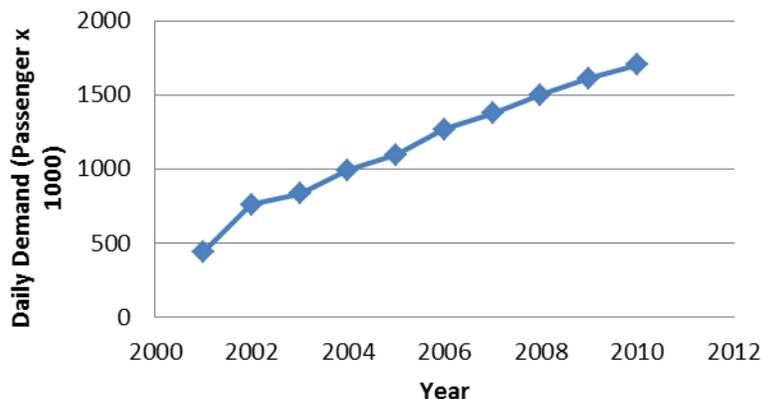
1 external actor might charge the user for using the road when congestion occurs; this charge is called a congestion
2 charge.

3 The effect of congestion in an urban public transport system is not as evident as in the case of private
4 transport. Let us think about a mass transit system with a segregated route (no physical interaction with private
5 vehicles). If the volume of passengers trying to use the system's services at the same time increases, what is the
6 effect on individual cost for each user? The main effect is that each individual is forced to travel in a less
7 comfortable situation; this means that comfort decreases when the volume of passengers increases. As is the case
8 for the private transport congestion cost, the increase in the volume of users brings an increase in individual cost:
9 the comfort loss. In the same way as for private transport, this has social cost effects, and a similar analysis of the
10 non-internalized costs may be carried out.

11 CONTEXT

12 The TransMilenio is Bogotá's Bus Rapid Transit (BRT) service; it was conceived as a high capacity system and as
13 the main component of the local transit network. Nowadays it has 84 km of segregated bus lanes, an important
14 feeder line system and 114 stations including 7 terminal stations. The infrastructure did not evolve between 2005
15 and 2010, and did not grow. The size of the bus fleet has grown by 2.2% and daily demand has grown from
16 1,300,000 to 1,700,000 passengers (30%) in the last five years (EMBARQ, 2009). In FIGURE the evolution of
17 demand over the 2001-2011 period is presented.

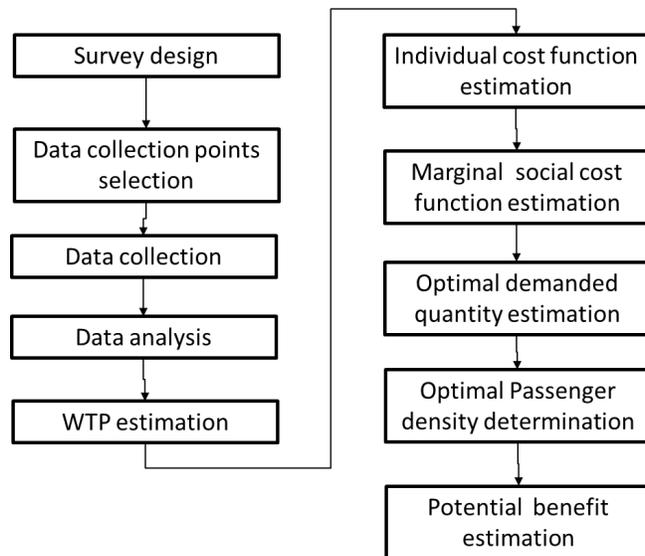
18 The BRT of Colombia's capital has high levels of in-vehicle congestion in two periods, one in the
19 morning and one in the afternoon, which are related to working and academic schedules. Passenger density inside
20 the vehicles at peak times has led to a deterioration in the quality of service (Cámara de Comercio de Bogotá and
21 Universidad de los Andes, 2011). The TransMilenio currently carries nearly 170,000 passengers in the morning
22 peak hour, and the current fare is USD\$0.97. Since the system carries approximately 1.7 million passengers every
23 day, this means that 10% of all trips are made in the highest demand period (6:30 a.m. to 7:30 a.m.). This creates
24 an extreme passenger density situation inside the vehicles, with an average of 6.5 passengers per m² (EMBARQ,
25 2009).
26
27



28
29 **FIGURE 2. Evolution of daily demand (Source: Own elaboration based on TransMilenio data)**

30 METHODOLOGY

31 In order to estimate the social cost of in-vehicle congestion in Bogotá's mass transit system, it is necessary to
32 construct the mean individual cost function for the morning peak hour users. This function will depend on the
33 passenger density inside the vehicle in which the user travels; it is possible to express this function in terms of
34 total demanded quantity by assuming that the relationship between total area supplied and passenger density in the
35 period of analysis is linear. The relation between passenger density and individual mean cost is determined by
36 estimating an individual's willingness to pay (WTP) for a less congested situation. It is worth saying that in peak
37 hours the average occupation of the buses is homogeneous over most of the system.
38



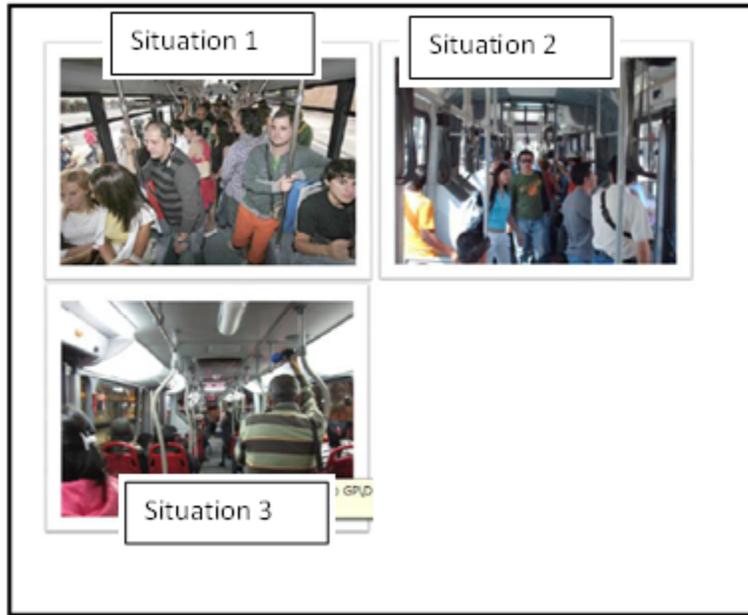
1

2 **FIGURE 3. Methodology**

3 For the analysis, it was necessary to find those stations which represent the general congestion situation.
 4 Naturally, in the morning peak hour, congestion occurs in the vehicles that are travelling towards the city's CBD,
 5 along the main system lines. Another criterion for choosing the stations was to consider the possibility of a
 6 passenger using a different "service" to get to his or her destination. The TransMilenio offers normal and express
 7 routes and, in some cases, the possibility of using different corridors to access some destinations.

8 To estimate the WTP, a stated preference survey was conducted in the most representative system
 9 stations. We ensured that all demand strata were properly represented in the sample. To avoid biases, the
 10 respondents were asked for their WTP in time units, rather than in monetary units. Individuals were asked how
 11 long they were willing to wait until a vehicle arrived with a better passenger density, and for some information
 12 that helped to identify their socio-economic characteristics, such as gender, age and income group. The income
 13 group was determined by geo-referencing the location of respondent's home, to avoid using wrong information.
 14 The questionnaire included the origin and destination stations in order to allow an estimation of the in-vehicle trip
 15 distance. This information also allowed us to identify those users who were transferring from one line to another
 16 at the time they completed the survey.

17 Respondents were asked for their willingness to pay (in time) for three different passenger density trip
 18 situations, which were measured in the number of passengers per square metre (4 pas/m^2 , 3 pas/m^2 and 2 pas/m^2).
 19 They were asked if they would wait for an extra five minutes for the first situation; if their response was positive,
 20 they were asked if they would wait for ten minutes, and so on. Once the respondent had answered that he or she
 21 would not be willing to wait any longer, similar questions about the second and third situations were presented.
 22 This process allowed us to determine the maximum time that each user was willing to wait for each in vehicle
 23 congestion situation. The images of each situation that were used in the survey are shown in FIGURE 4.



1

2 **FIGURE 4. Passenger density situation images used in the survey**

3 Note that the survey does not allow for irrational behaviour in the individual responses, since it was not possible
 4 for a respondent to give an answer in which he or she had a higher WTP for the most congested situation.

5 The WTP is estimated, using an econometric model, as a function of passenger density (d); this
 6 represents the congestion cost (Cc) for an individual, and is part of the generalized individual cost function for the
 7 BRT users (Ic in Equation 1). In-vehicle density can be expressed as a function of the number of passengers
 8 wanting to travel (Equation 3), since transport supply can be assumed to be constant during the period of the
 9 analysis. By substituting Equation 3 in Equation 2, Cc can be expressed as a function of q , which means that the
 10 congestion cost depends on the number of passengers wanting to travel.

$$11 \quad Ic = (\text{Fare}) + (\text{Travel Time} \times \text{Value of Time}) + Cc \quad (1)$$

$$12 \quad Cc = WTP = f(d) \quad (2)$$

$$13 \quad d = g(q) \quad (3)$$

14 Since every single user of the system increases the individual cost for the others, there is a marginal social cost
 15 ($MaSc$) that depends on q . The $MaSc$ function is calculated by using Equation 4. The demand curve (D) was
 16 determined based on previous studies about the elasticity of cost.

$$17 \quad MaSc = Ic + \frac{\partial Ic}{\partial q} \times q \quad (4)$$

18 The difference between $p1$ and $ps1$ is the non-internalized cost of a single trip at the current equilibrium number
 19 of passengers, $q1$ (the second term in Equation 4). By analogy with the private transport situation, implementing a
 20 congestion charge in this case may be considered as a measure aimed at reducing the social cost of congestion. It
 21 is possible to determine the optimal passenger density by estimating how many passengers would travel if this
 22 charge were to be added to the current fare ($q2$, $ps2$); however, this would lead to a reduction in the affordability
 23 of the system for lower income groups, with undesirable effects in terms of equity and accessibility, due to
 24 restrictions on passengers' travel budgets. An alternative solution to the congestion situation is related to
 25 investment policy, and involves looking for an improvement to the system which may lead to the minimization of
 26 the congestion cost. This may be done by providing a level of comfort that secures the optimal passenger density
 27 in each vehicle of the system during the peak period; the social benefits of this alternative possibility should be
 28 equal to the benefits that a congestion charge could bring (shadowed area in **¡Error! No se encuentra el origen**
 29 **de la referencia.**, Equation 7), since it is the optimal reduction in the congestion cost of the system. There might

1 be an increase in the number of passengers wishing to travel, due to the reduction in the generalized individual
 2 cost; it would therefore be necessary to increase the total area supplied, and a new equilibrium would occur at q3
 3 and p3 (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

4 **Congestion Charge benefit** = $\int_{q_2}^{q_1} \text{MaSc} - D \, dq$ (5)

5 **Investment policy benefit** = $\left(\int_0^{q_1} \text{MaSc} \, dq \right) - \left(\int_0^{q_3} \text{MaSc}^* \, dq \right)$ (6)

6 $\int_{q_2}^{q_1} \text{MaSc} - D \, dq = \left(\int_0^{q_1} \text{MaSc} \, dq \right) - \left(\int_0^{q_3} \text{MaSc}^* \, dq \right)$ (7)

7 **Ic*** = D (8)

8 Equation 6 represents the benefits obtained from reducing the MaSc by improving the comfort on the buses,
 9 which is the reduction in the total social cost. The solution of the set of Equations 7 and 8 will determine the
 10 number of passengers wishing to travel in the improved system scenario (q3), and, furthermore, the optimal
 11 density can be estimated by computing Equation 3.

12 The result of this process is the estimation of the optimal congestion cost reduction in a mass transit
 13 system that can be achieved by improving the quality of the service provided, taking into account the possible
 14 increase in the number of passengers wishing to travel due to the generalized cost reduction that is achieved.

15
 16 **RESULTS AND ANALYSIS**

17 A total of 3,273 valid observations were obtained from the stated preferences survey conducted in eight of the
 18 TransMilenio stations. The main descriptive statistics are presented in TABLE 1. The sample income group
 19 distribution is presented in FIGURE 5. The higher the income group number, the higher the mean home income.
 20 This distribution is quite similar to the distribution reported by EMBARQ (2009) for system users.

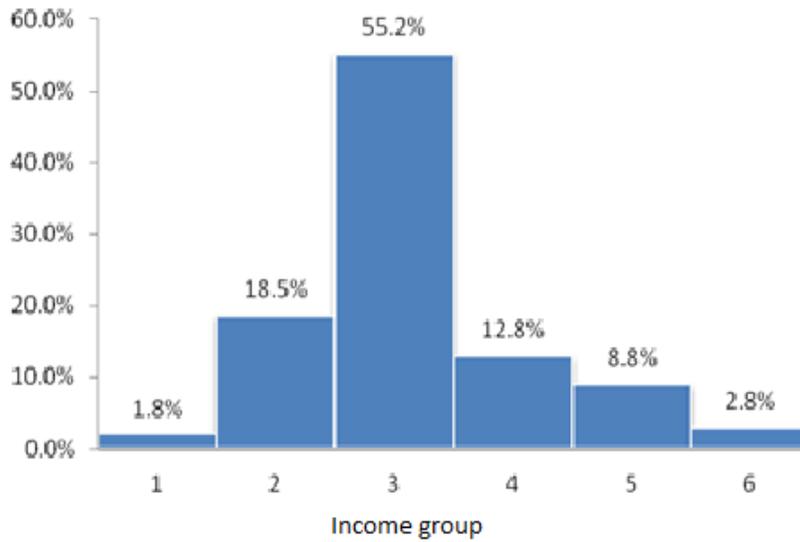
21

22 **TABLE 1. Main descriptive statistics**

Total Respondents	1,091	
Male	54.50%	
Female	45.50%	
Age	30.4	(11.2)
Estimated in vehicle distance (km)	10.2	(4.65)
Standard deviation in parenthesis		

23

24



1

2 **FIGURE 5. Sample income group distribution.**

3 To estimate the WTP in time units of TransMilenio users for travelling in a less congested situation, different
 4 econometric models were estimated (exponential regression, powered regressions, linear regressions and logit
 5 discrete choice model). The linear regressions produced results with better significance. The variables included in
 6 these regressions were:

7 Gender: 1 if male, 0 otherwise

8 Age

9 Distkm: In-vehicle trip distance (kilometres)

10 Hr: Approximate trip starting time

11 Transfer: 1 if the respondent was transferring in the enquiry station, 0 otherwise

12 Income group: Values from 1 to 6, 1 representing the lowest income users, and 6 the highest

13 Difd: Difference between the actual passenger density and the hypothetical reduced density.

14

15 The estimation took WTP (in minutes) as a linear function of all the variables mentioned above. Difd and Transfer
 16 are the statistically relevant variables (at a significance of 90%).

17 **TABLE 2. Linear regression including all variables**

VARIABLES	WTP
Gender	-0.0308 (0.194)
Age	-0.000708 (0.00869)
Distkm	0.0137 (0.0207)
Hr	0.00276

	(0.00183)
Transfer	-0.404*
	(0.229)
Income group	0.0123
	(0.0982)
Difd	4.061***
	(0.118)
Constant	-8.162***
	(1.481)
Observations	3,273
R-squared	0.268

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1 TABLE 3 shows that in these regressions the only variables that are significant at a level higher than 90% are
 2 those related to the density difference and transfer. Variables that were expected to affect a user’s WTP were the
 3 in-vehicle trip distance and the income. In-vehicle trip distance was probably not significant because the in-
 4 vehicle congestion level is so high that individuals desire a better situation regardless of the length of their trip. It
 5 is likely that the income group variable has no influence on the willingness to pay in time because most
 6 individuals are regular users of the system in the morning peak hour and the purpose of their trip is work or study,
 7 making it advantageous to reduce the waiting time.

8 **TABLE 3. Linear regressions of WTP (in time) as function of Difd and transfer combined with the other**
 9 **variables**

VARIABLES	WTP	WTP	WTP	WTP	WTP	WTP
Gender	-0.0345					
	(0.193)					
Age		0.000738				
		(0.00861)				
Distkm			0.0139			
			(0.0207)			
Hr				0.00278		

				(0.00182)		
Income group					0.0144	
					(0.0981)	
Transfer	-0.384*	-0.381*	-0.379*	-0.407*	-0.380*	-0.383*
	(0.226)	(0.227)	(0.226)	(0.226)	(0.227)	(0.226)
Difd	4.061***	4.061***	4.061***	4.061***	4.061***	4.061***
	(0.118)	(0.118)	(0.118)	(0.118)	(0.118)	(0.118)
Constant	-5.940***	-5.982***	-6.102***	-8.031***	-6.005***	-5.959***
	(0.440)	(0.503)	(0.477)	(1.426)	(0.530)	(0.427)
Observations	3,273	3,273	3,273	3,273	3,273	3,273
R-squared	0.267	0.267	0.267	0.268	0.267	0.267

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1 The table above shows that, in addition to gender, the age, distance, time and income stratum variables are not
 2 significant; their coefficients are relatively low (representing a marginal change of less than 10% compared to the
 3 transfer variable and less than 1% compared to the Difd variable). This allows us to assert that these variables are
 4 not relevant to the analysis.

5 In addition, the effect that the transfer variable has on the WTP (in time), represented by the coefficient,
 6 is considerably lower than the effect for the Difd variable (about 10%). For this reason, a final model was
 7 estimated whose independent variable is Difd and whose constant is set equal to zero, since it is assumed that
 8 users are not willing to pay for no density reduction. Estimates of this regression are significant at greater than
 9 99%, and the resulting R² is 0.70, which is higher than the value of R² obtained with all the other models
 10 previously estimated, in which R² did not exceed the threshold of 0.27. This is the model that best estimates the
 11 users' willingness to pay (in time) for travelling at a lower density, and is presented in TABLE 4.
 12

13 **TABLE 4. Estimation of WTP in time (min) as a function of density difference**

VARIABLE	WTP
Difd	2.422*** (0.0276)
Observations	3,273

R-squared 0.702

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1 The regression coefficient can be interpreted as the time (in minutes) that an average user is willing to wait in
 2 order to ride in a vehicle with one passenger fewer per square meter. The sign of the coefficient indicates that the
 3 higher the density difference between the actual situation and the hypothetical situation, the longer the user is
 4 willing to wait (Equation 9).

5 $wtp(difd) = 2.422 \times difd$ (9)

6 It is necessary to estimate users' willingness to pay in terms of money in order to perform a microeconomic
 7 analysis and to identify the implications for the generalized cost of travel on the mass transit system of Bogotá.
 8 For this, the WTP time estimation was transformed into a money estimation using the value of time (VOT) for
 9 each income group as reported by Steer Davies Gleave (2011) (see TABLE 5). This shows the average
 10 willingness to pay weighted by income group VOT for TransMilenio users in the morning peak hour. The
 11 estimation was made by performing a linear regression between the willingness to pay, (transformed into a money
 12 estimation (WTPP)), and the difference in density for the situations being compared.

13 The results of the estimation of the willingness to pay in money (Colombian pesos of 2012) are presented
 14 in TABLE 6. As in the case of the willingness to pay in time, the positive sign of the coefficient associated with
 15 Difd indicates that users are willing to pay to travel in a less congested situation. The estimated value of
 16 USD\$0.115/pas/m² (statistically significant at 99% confidence) represents the amount that a user would pay for
 17 more comfortable travel, but also what he/she would perceive to be the cost if he/she travelled less comfortably.
 18

19 **TABLE 5. VOT for each income group**

Income group	VOT (USD\$/hr)
1	0.83
2	1.70
3	2.53
4	4.50
5	4.50
6	4.50

20

21 **TABLE 6. Money WTP estimation as a function of density difference**

(1)	
VARIABLES	WTPP
Difd	0.115*** (0.00158)
Observations	3,273

R-squared 0.617

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1 This WTP takes into account the effect of the TransMilenio users' income group distribution; it is weighted by the
 2 proportion of users in each stratum and the VOT of each one. The willingness to pay in Colombian pesos of users
 3 for each income stratum is presented in TABLE 7.

4 **TABLE 7. Money WTP estimation as a function of density difference for each income group**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VARIABLES	WTPP	WTPP	WTPP	WTPP	WTPP	WTPP
Difd	0.0382*** (0.0031)	0.0672*** (0.0018)	0.1011*** (0.0016)	0.1956*** (0.0060)	0.1749*** (0.0067)	0.1859*** (0.0120)
Observations	60	606	1,806	420	288	93
R-squared	0.714	0.693	0.701	0.720	0.702	0.722

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5 However, the willingness to pay in time (TABLE 8) for each income group shows uniformity between the strata.
 6 This means that the only difference between the groups is due to the value of their time, confirming the results of
 7 the initial regression that the income group was not statistically significant. This uniformity in the willingness to
 8 pay expressed in time may be due to similar situations of congestion for all users of the system.

9 **TABLE 8. Time WTP estimation as a function of density difference for each income group**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
VARIABLES	WTP	WTP	WTP	WTP	WTP	WTP
Difd	2.748*** (0.227)	2.372*** (0.0643)	2.395*** (0.0368)	2.608*** (0.0795)	2.332*** (0.0896)	2.479*** (0.160)
Observations	60	606	1,806	420	288	93
R-squared	0.714	0.693	0.701	0.720	0.702	0.722

Standard errors in

parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, *
p<0.1

1 The willingness to pay in money can be used, as shown in Equation 4, for a microeconomic analysis of congestion
2 costs. The WTPP function was estimated based on the field survey, on the assumption that the distribution of
3 TransMilenio users by income group in the morning rush hour is similar to that obtained in the sample.

$$4 \quad wtp(p) = 0.115 \times d(p) \quad (10)$$

5 As depicted in the previous section, the individual congestion cost can be expressed as a function of demanded
6 travel quantity (q). If it is assumed that the relationship between density (d) and q is linear, this function can be
7 estimated as follows:

$$8 \quad d = g(q) = \alpha \times q = \frac{d_{\text{current}}}{q_{\text{current}}} \times q = \frac{6.5}{170,000} \times q \quad (3)$$

$$9 \quad d(q) = 3.82353 \times 10^{-5} \times q$$

$$10 \quad C_c = WTP = 0.115 \times d \quad (2)$$

$$11 \quad C(q) = 0.115 \times d(q) = 0.115 \times (3.82353 \times 10^{-5} \times q)$$

$$12 \quad C(q) = 4.39 \times 10^{-6} \times q$$

$$13 \quad I_c = (\text{Fare}) + (\text{Travel Time} \times \text{Value of Time}) + C_c \quad (1)$$

$$14 \quad I_c = 0.972 + 43 \times 0.04715 + 0.115 \times 10^{-6} \times q$$

$$15 \quad I_c = 3.000 + 2.068 \times 10^{-6} \times q$$

16 The average travel time reported by Camara de Comercio de Bogotá and Universidad de los Andes (2011) was 43
17 minutes (this is the complete travel time, including origin waiting time and transfer time). The mean value of time
18 was calculated, based on the income group VOT as reported by Steer Davies Gleave (2011) and the TransMilenio
19 users' income group distribution obtained in the survey.

20 The marginal social cost function is estimated as shown below:

$$MaSc = I_c + \frac{\partial I_c}{\partial q} \times q = (3.00 + 2.068 \times 10^{-6} \times q) + (2.068 \times 10^{-6}) \times q$$

$$21 \quad MaSc = 3.00 + 4.136 \times 10^{-6} \times q \quad (4)$$

22 To determine the travel demand function for the TransMilenio system, an elasticity of -0.67 was estimated (2003).
23 As the analysis to be carried out will evaluate changes in the generalized cost of a trip (GC), the demand curve to
24 be determined must include the effects of each of the components of the GC. To simplify the analysis, we assume
25 that the CG-quantity elasticity equals the price-quantity elasticity. The slope of the demand curve is calculated as
26 follows:

$$\frac{\partial q/q}{\partial GC/GC} = -0.67$$

$$\frac{\partial GC}{\partial q} = \frac{GC}{-0.67 \times q} = \frac{F + TT \times VOT + C_c}{-0.67 \times q} = \frac{0.972 + 43 \times 0.04715 + 0.115 \times 6.5}{-0.67 \times 170,000}$$

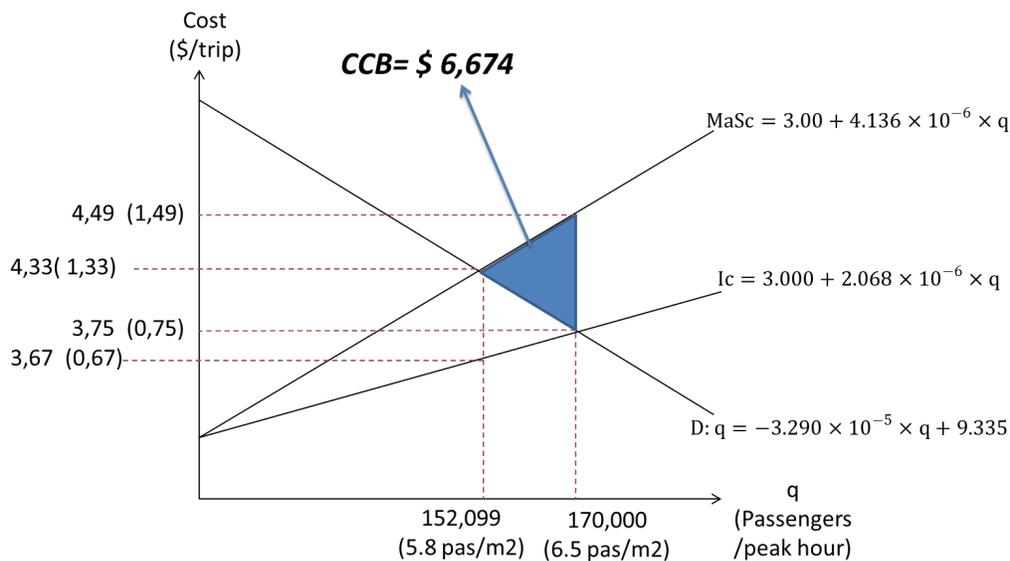
$$\frac{\partial CG}{\partial q} = -3.290 \times 10^{-5}$$

- 1 The constant of the demand function is determined calculating the vertical axis intersect. Equation 8 represents the
2 demand function that is used in the analysis.

$$a = (3.00 + 4.136 \times 10^{-6} \times 170,000) - (-3.290 \times 10^{-5} \times 170,000) = 9.335$$

3 $D: q = -3.290 \times 10^{-5} \times q + 9.335$ (11)

- 4 The result of the microeconomic analysis is shown in FIGURE, and it can be seen that to achieve the optimal
5 congestion cost reduction (CCB) it is necessary to reduce the in-vehicle passenger density. If this is to be done by
6 using a congestion charge, the charge should be USD\$0.67 so that, when added to the current fare of USD\$0.97,
7 the user would have to pay USD\$1.64. However, the optimal congestion cost reduction is about USD\$6,674 per
8 hour, and this is the reduction objective that should be reached by the authorities by improving the system service.

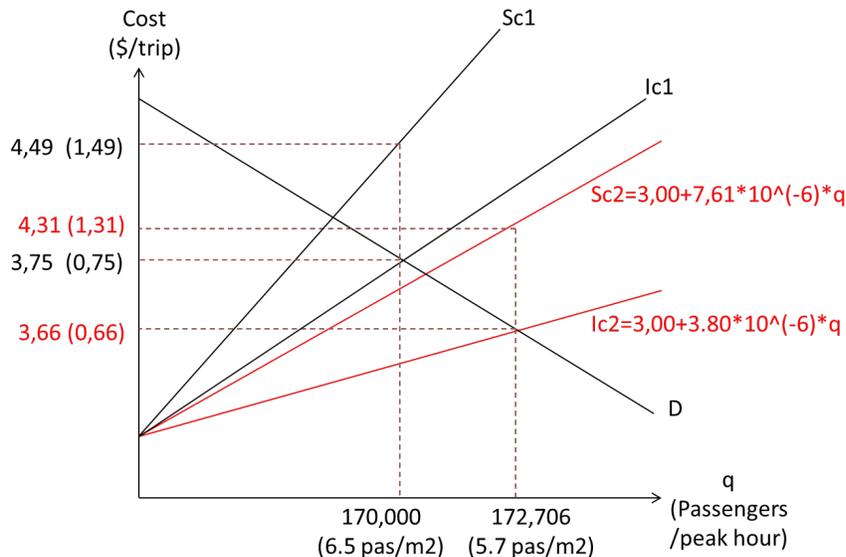


9

10 **FIGURE 6. Peak hour congestion costs, current situation.**

11 To obtain a benefit equivalent to a congestion charge, since the solution is optimal, the system should be able to
12 transport 172,700 passengers in the peak hour, at 5.7 passengers per square metre (the results are shown in
13 FIGURE 7). This represents an increase of about 15.9% in the capacity of the TransMilenio in that period. Every
14 single user of the system who already uses the mass transit system would perceive a 12% reduction in his or her
15 individual congestion cost. The required capacity improvements could be reached by optimizing system elements
16 such as traffic lights, by upgrading junctions or by using higher capacity buses.

17 It must be said that this analysis is limited to the effects of such a measure on a mass transit system.
18 External effects should be evaluated in future studies, and in this way a broader view would be provided to
19 appraise this kind of policy.



1

2 **FIGURE 7. Cost functions in both scenarios.**

3

4 In this section disaggregate independent models of car and motorcycle ownership will be estimated. As mentioned
 5 before, the modeling technique employed will be univariate ordered probit. This technique allows for a
 6 straightforward extension to joint modeling using bivariate ordered probit models, which is presented in the
 7 following section.

8

9 **CONCLUSIONS**

10 Congestion costs in a mass transit system can be optimized by applying Pigou's theory of the internalization of
 11 externalities, which is usually applied to private transport. In the case of Bogotá, the optimal density of passengers
 12 in vehicles is 5.7 pas/m².

13 To reach this optimal situation there are two alternatives. The first one is to implement a USD\$0.67
 14 congestion charge, which would bring about a USD\$6,700 welfare increase in the peak hour for the overall
 15 system. However, this would neither be sustainable, nor promote equality, as it would prevent citizens from using
 16 public transport.

17 The second option would be to increase the capacity of the system in order to reach the optimal
 18 occupation. In this case the cost of increasing the capacity should be compared with the welfare benefits.

19 The results show that pull and push policies aimed at reducing car use and increasing public transport
 20 ridership may have a negative impact on users due to in-vehicle congestion. The intervention of the authorities to
 21 mitigate these effects is necessary. Investing on improving transit capacity to an optimal level would produce an
 22 economic utility.

23 Finally, this analysis should also be considered when evaluating congestion charge schemes for private
 24 transport. Existing appraisals of these schemes do not consider the increase in congestion on public transport that
 25 is caused by a shift from private to public modes as an additional cost.

26

27 **ACKNOWLEDGEMENTS**

28 Emerit Professor Remy Prud'homme from Université Paris XII and Germán Lleras from Steer Davies Gleave for
 29 their advice and contributions during the research process.

30 **REFERENCES**

- 31 Button, K. (2003). *Transport Economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
 32 Camara de Comercio de Bogotá, Universidad de los Andes. (2011). *Observatorio de Movilidad No. 5*. Bogotá.
 33 Camara de Comercio de Bogotá. (2011). *Observatorio de Movilidad No. 5*. Bogotá.

- 1 Cole, S. (2005). *APPLIED TRANSPORT ECONOMICS*. London: Kogan Page.
- 2 EMBARQ. (2009). *Evaluación Ex-Post Sistema de Transporte Masivo de Bogotá, Fases I y II*. Wasington D.C.
- 3 Evans, G., & Wener, R. (2007). Crowding and personal space invasion on the train: Please don't make me sit in
4 the middle. *Journal of Enviromental Psychology* 27, 90-94.
- 5 Lleras, G. (2003). *Impacto de Transmilenio sobre el Comportamiento de los Usuarios de Transporte Público en*
6 *Bogota*. Bogotá.
- 7 Mackie, P. J., Jara Diaz, S., & Fowkes, A. S. (2001). The value of travel time savings in evaluation.
8 *Transportation Research E*, 91-106.
- 9 McCarthy, P. (2001). *TRANSPORTATION ECONOMICS*. Malden: Blackwell.
- 10 Meyer, M. (2001). *Urban Transportation Planning*. Boston: McGraw-Hill.
- 11 Nicholson, W. (2002). *TEORÍA MICROECONÓMICA*. Madrid: Thomson.
- 12 Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2001). *Modelling Transport*. Chichester: John Wiley & Sons.
- 13 Prud'homme, R., Koning, M., Lenormand, L., & Fehr, A. (2010). PUBLIC TRANSPORT CONGESTION
14 COSTS : THE CASE OF THE PARIS.
- 15 Yáñez, M., Reveau, S., & Ortúzar, J. d. (2010). Inclusion of latent variables in Mixed Logit models: Modelling
16 and forecasting. *Transportation Research Part A* 44, 744-753.

17
18
19
20
21

Les coûts de congestion dans les transports en commun

Etude de cas: Transmilenio, le BRT de Bogotá

**Gonzalo Guerra
Juan Pablo Bocarejo**

1. Introduction
2. Transmilenio
3. Methodologie
4. Resultats
5. Discussion - Conclusions

1. Introduction

Congestion (TC).

- Discomfort produces **psychological stress**.
- **Undesirable situation** for users.

(Evans ,2007)

- Users wish to **avoid congested travel situation**.

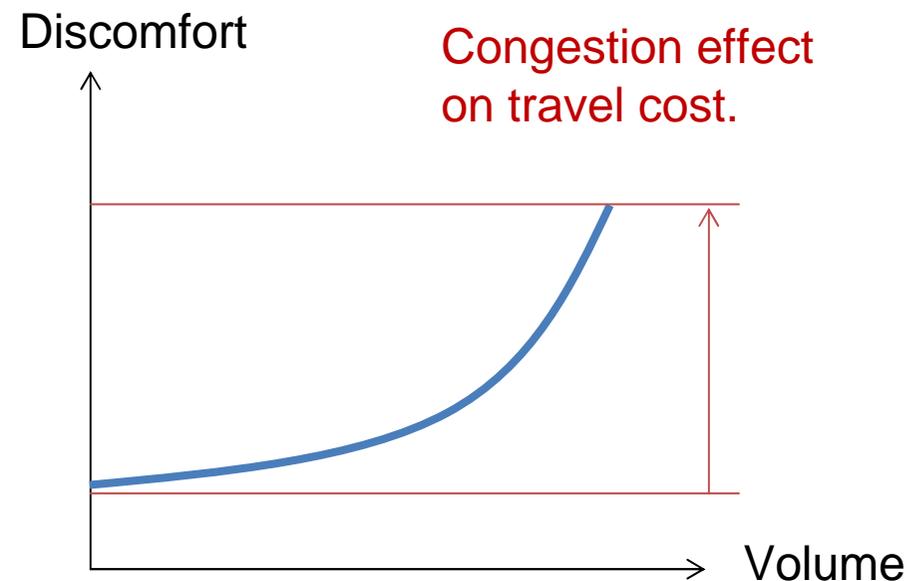
(Yáñez, 2010)

- They may **will to pay**, time or money, for a **less congested situation**.

(Prud'homme, 2010)

1. Introduction

- Le report modal vers les TC est vu comme positif du point de vue de la mobilité durable.
- Du point de vue économique une plus forte occupation sans une augmentation de la capacité des TC, devrait être considéré comme un coût, surtout si la densité des bus ou trains est importante.
- Ce coût peut être diminué par des investissements supplémentaires en TC



London (1.bp.blogspot.com)

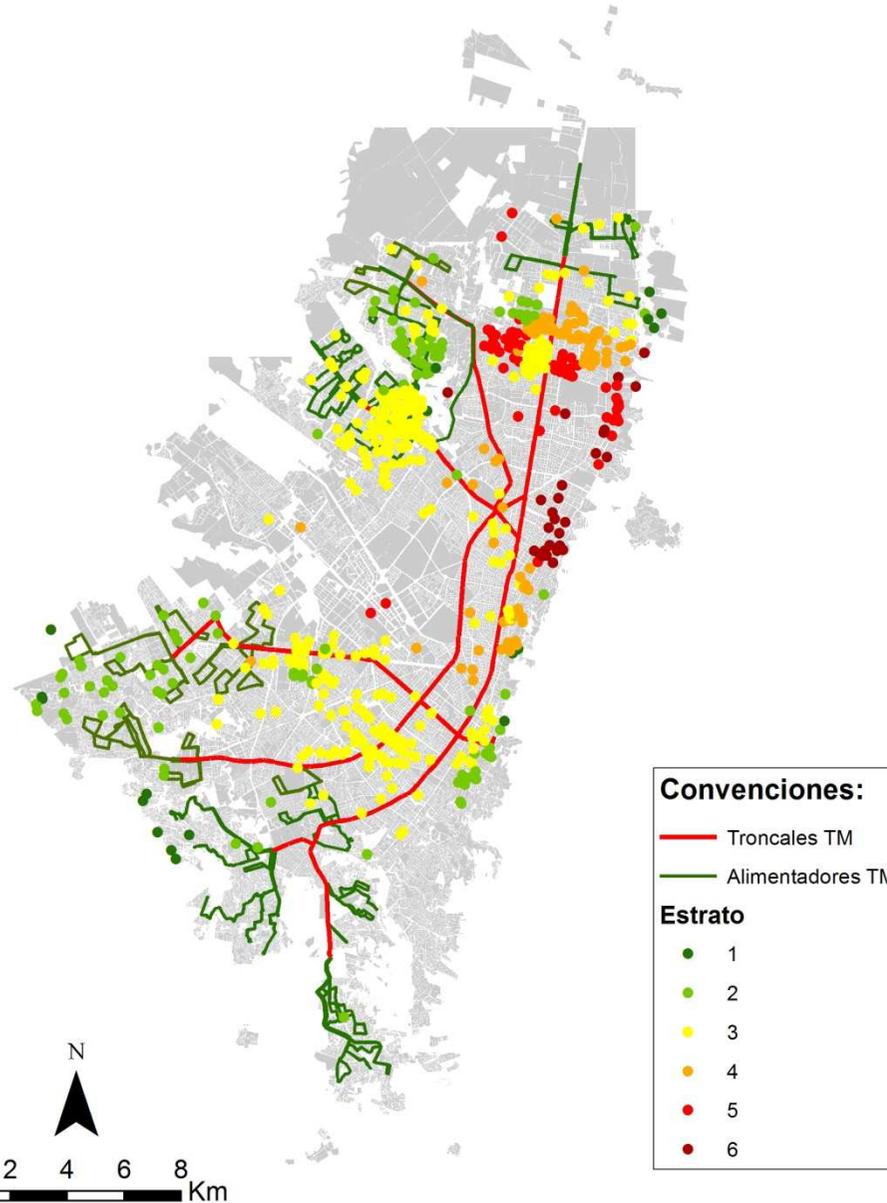


0.inventorspot.com)



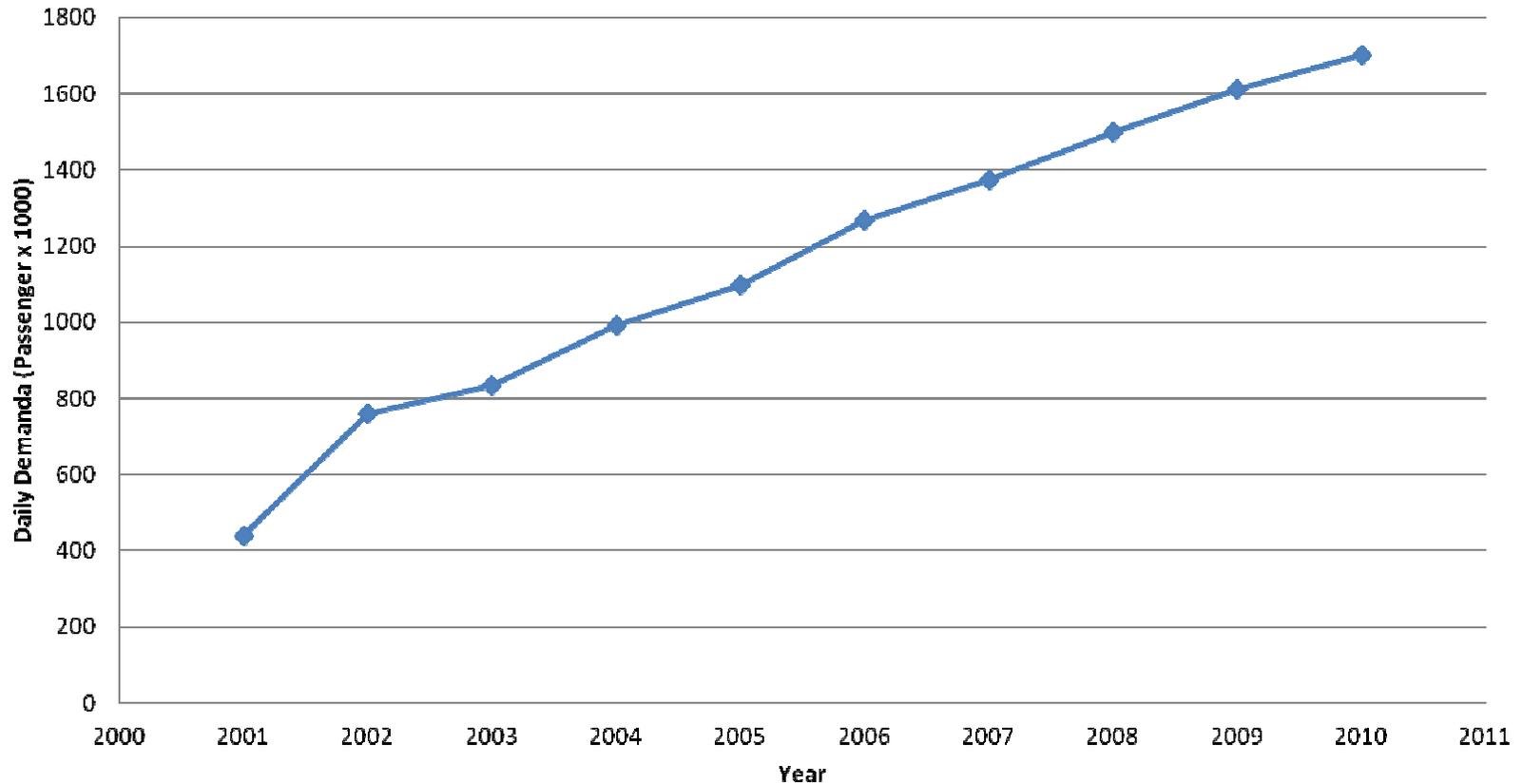
Bogotá (1.bp.blogspot.com)

2. Transmilenio

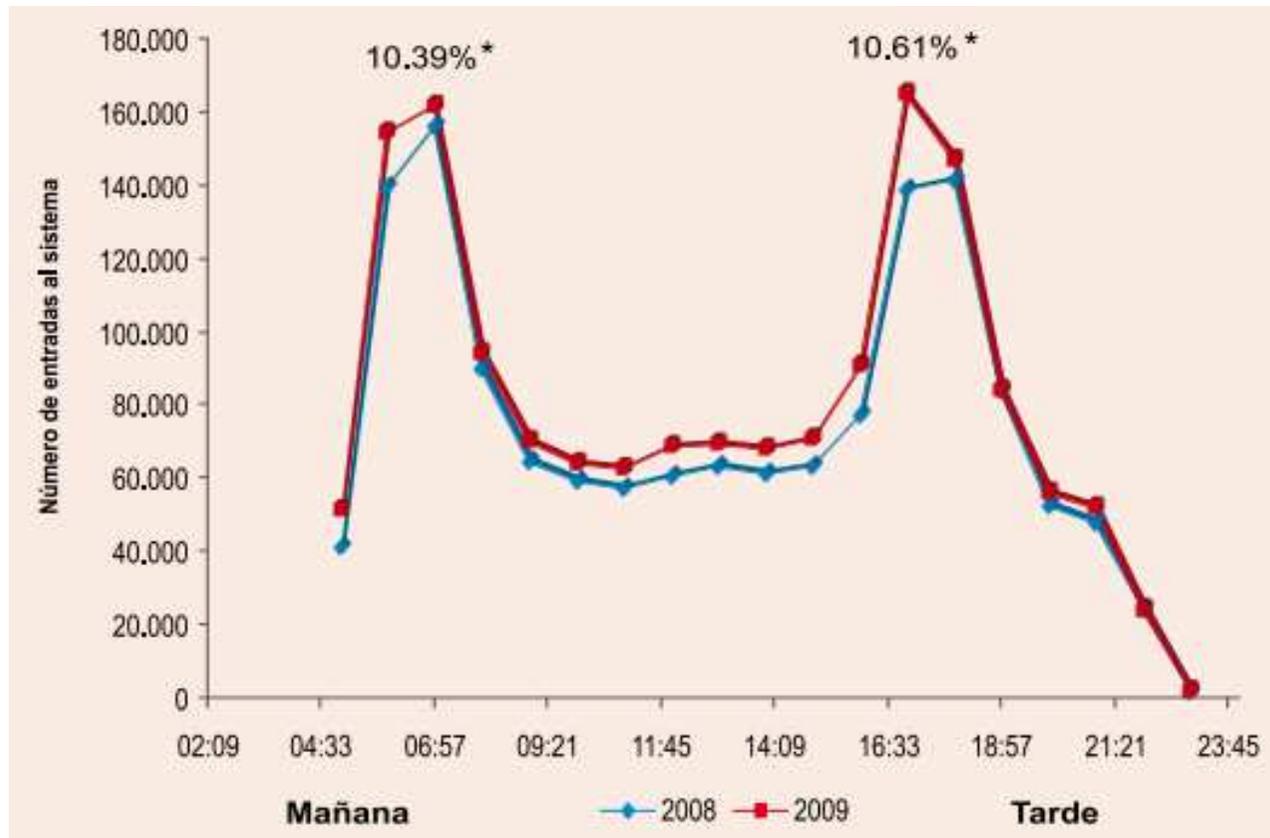


3. Transmilenio

2.2 millions de passagers/jour
40 000 pas/heure.sens



3. TransMilenio



(Cámara de comercio de Bogotá & Universidad de los Andes ,2010)

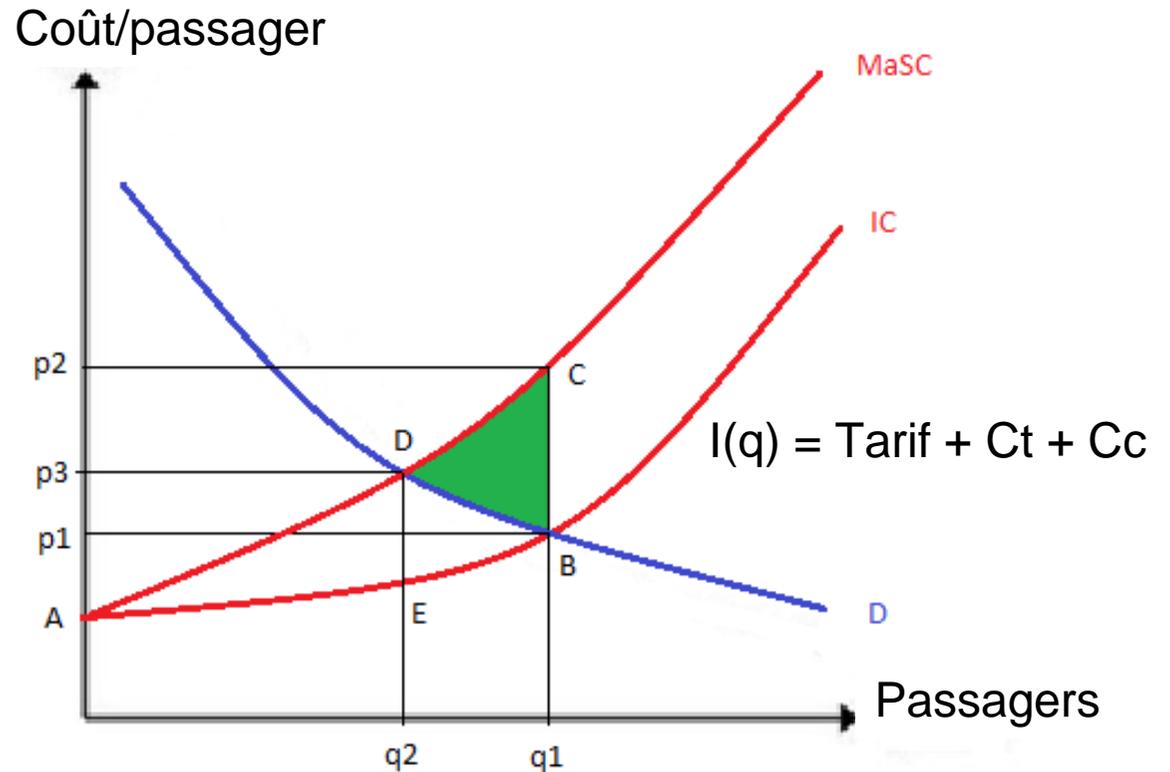
3. Méthodologie

$p_3 - p_1$ = Péage optimal.

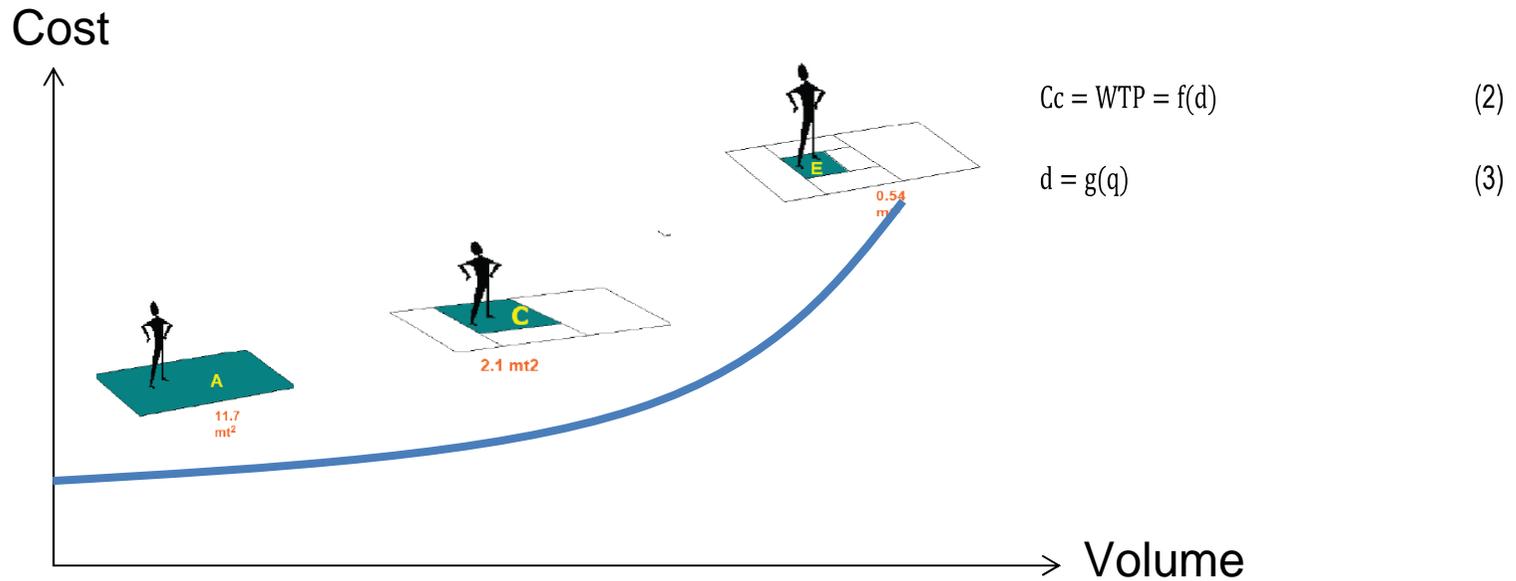
$q_1 - q_2$ = Réduction de la demande

BCD = Coût de congestion

$$MaSc = Ic + \frac{\partial Ic}{\partial q} \times q$$



3. Méthodologie

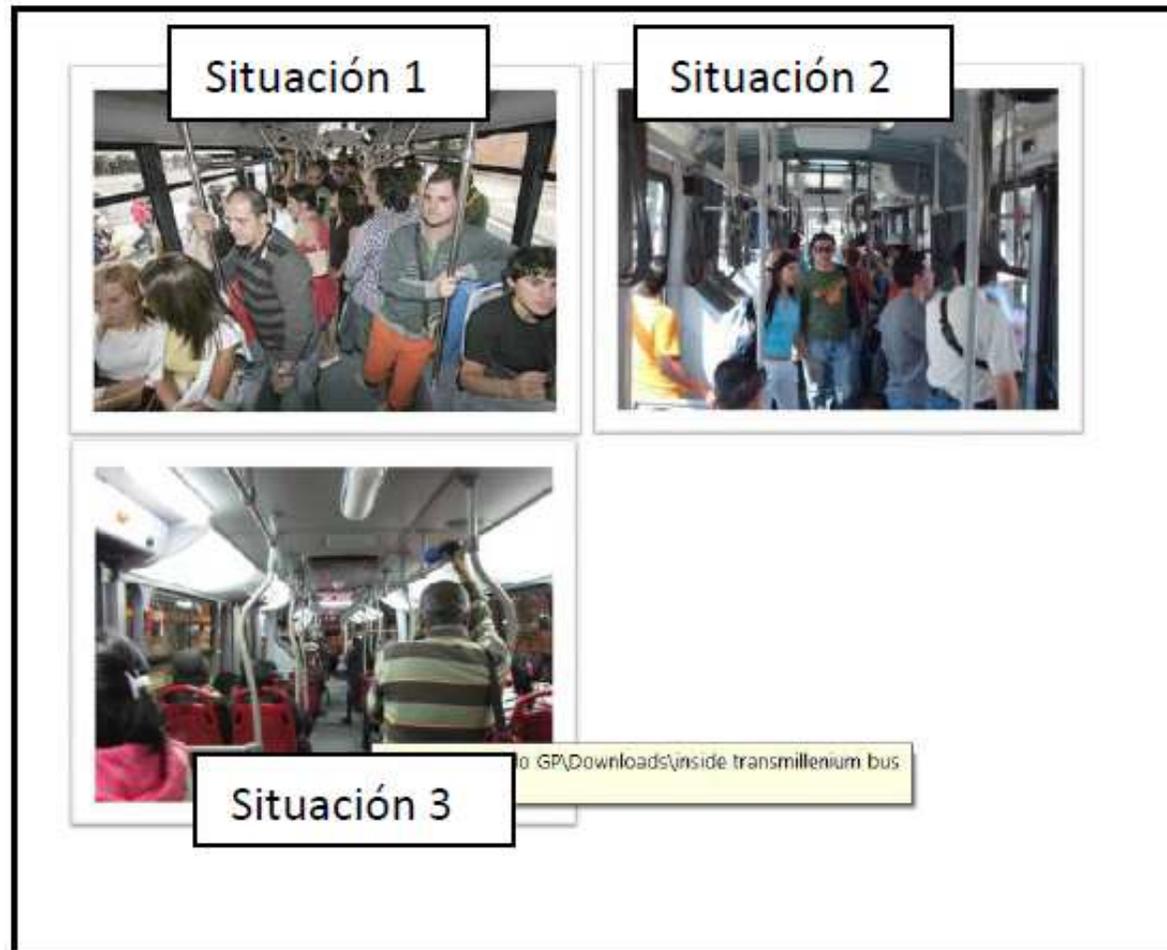


Le coût individuel dépend de la densité de passagers

3. Méthodologie

- Enquête de préférences déclarées
- Période de pointe (6:30-7:30).
- 8 stations du couloir le plus chargé
- Estimation de la disposition à payer (DAP) pour 1m² supplémentaire

Enquête



Enquête

Género - Hombre:

Mujer:

Edad:

Residencia - Calle:

Carrera:

Estación origen:

Estación Destino:

Ruta que espera:

	Situación 1	Situación 2	Situación 3
5 min			
10 min			
15 min			
20 min			



4. Resultats

	Total	
Valid observations	3 273	
	Mean value	σ
Income group.	3.17	0.98
Male	54.5%	
Female	45.5%	
Age	30.4	11.23
TM In vehicle distance (km) (estimated)	10.2	4.65

4. Resultats

VARIABLES	(1) wtp
Difd (min)	2.422*** (0.0276)
Observations	3,273
R-squared	0.702

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

La regression montre ce que les usagers sont prêts à attendre en minutes pour avoir une densité inférieure en 1 m²

$$wtp(difd) = 2.422 \times difd$$

4. Resultats

DAP en US\$

VARIABLES	(1) wtp
Difd (US\$)	0,115 *** (2.842)
Observations	3,273
R-squared	0.617

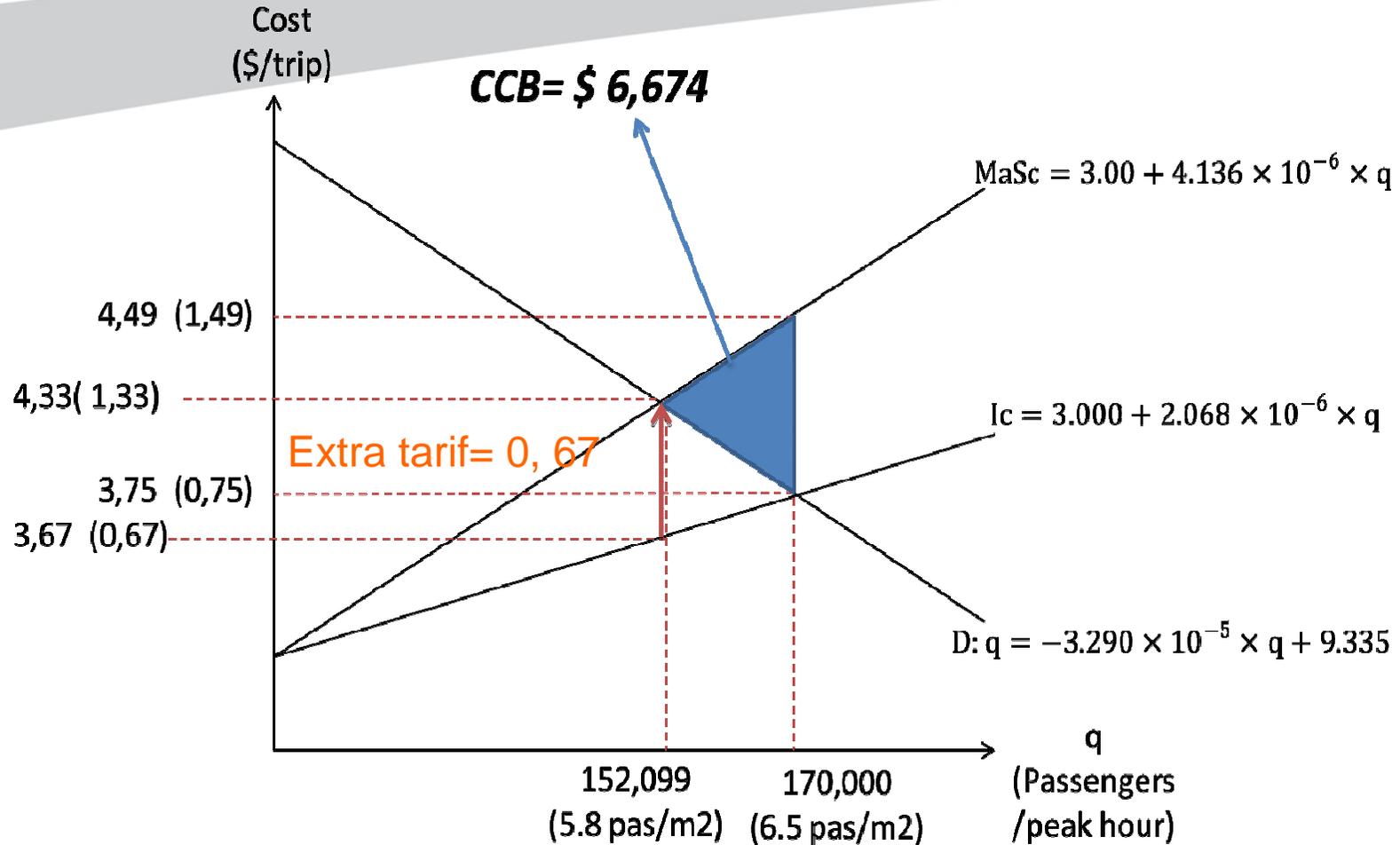
Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

$$wtp(difd) = 0.115 \times difd$$

(10)

4. Resultats

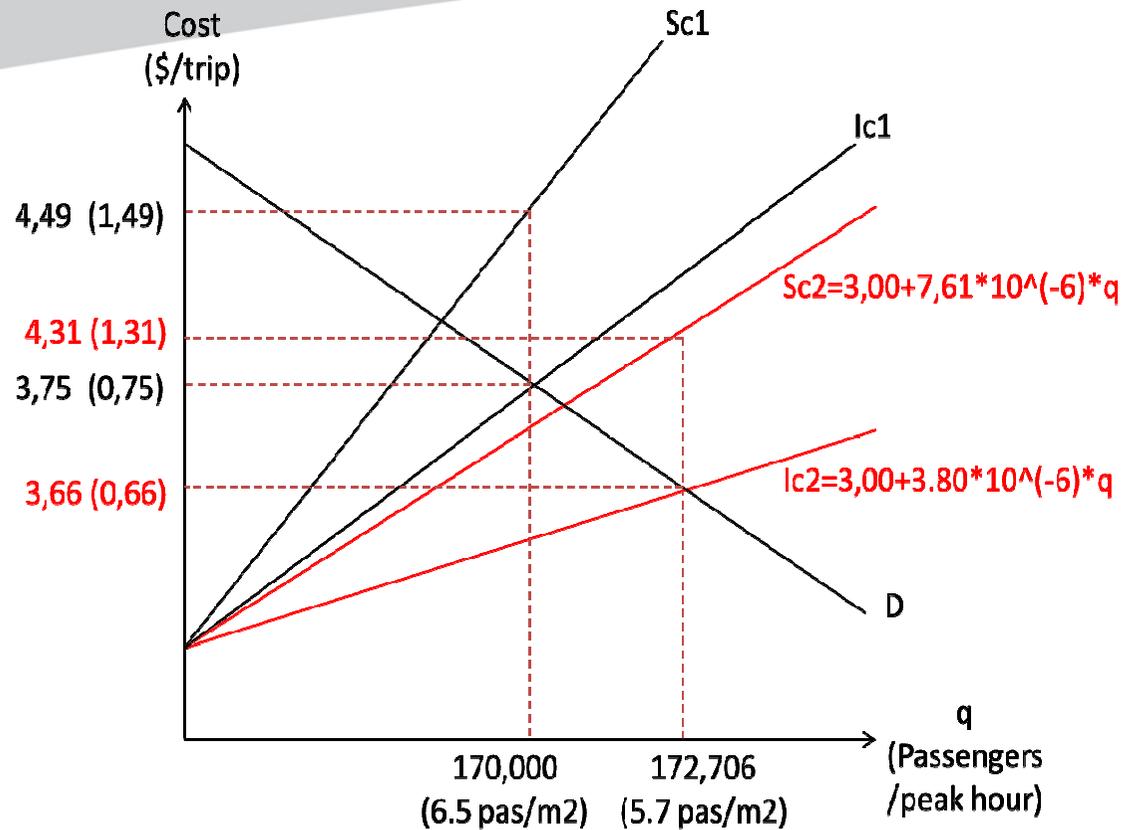


Le coût de congestion pour le couloir étudié est de
\$6 674 /heure

Investir pour se rapprocher de l'optimum économique

- Un extra-tarif de congestion peut avoir un effet négatif sur l'utilisation des TC en heure de pointe, ou un report vers la voiture
- Des investissements peuvent être faits pour atteindre la densité optimale
- Celui-ci permet d'internaliser le coût de congestion

4. Results



Une augmentation de 16% de la surface disponible aura le même impact que l'augmentation du tarif en US\$ 0,67, changeant l'occupation from 6,5 pas/m² to 5,7 pas/m²

Conclusions.

- Les coûts de congestion dans les TC peuvent être considérables
- Il existe une congestion optimale dans les TC liée à la densité par m^2
- Celle-ci peut être obtenue en modifiant le coût pour l'utilisateur où en augmentant l'offre
- La première option va contre la mobilité durable
- La deuxième est un indicateur des investissements additionnels.

Merci!

jbocarej@uniandes.edu.co

Accessibilité et congestion en milieu urbain : les systèmes de transport sont-ils proches du « point de rupture » ?

Aurélie Mercier, Xavier Comte, Bruno Faivre d'Arcier, Nicolas Ovtracht, Tien Dung Tran, Stéphanie Souche,

Laboratoire d'Economie des Transports (LET) – Université de Lyon UMR n°5593

Email : aurelie.mercier@let.ish-lyon.cnrs.fr

Téléphone : 04.72.72.64.44

Résumé court

Notre proposition vise ainsi à dresser un « panorama » de l'accessibilité afin d'envisager, à partir d'un état des lieux actuel, son évolution à l'horizon 2030 au regard de différents scénarii de tarification de la mobilité possibles. Les travaux sont menés à l'échelle de l'agglomération lyonnaise, en considérant l'accessibilité en voiture particulière et en transports en commun urbains. L'objectif est ainsi de voir dans quelle mesure le système de transport urbain est capable d'absorber l'accroissement de la demande et de déterminer un éventuel « point de rupture » au-delà duquel toute demande supplémentaire ne pourrait être satisfaite.

Le présent article s'inscrit dans le cadre du projet Opiticities, financé par la commission européenne, dans le 7^{ème} programme cadre. Ce projet a pour objet de développer des Systèmes de Transports Intelligents (ITS) pour répondre aux enjeux de mobilité urbaine que sont l'accessibilité, l'environnement, la qualité de vie, l'approvisionnement de la ville et la gestion de la ville. Dans une agglomération telle que Lyon, ce sont quotidiennement près de 4 millions de déplacements qui sont réalisés dont 47% en voiture et 15% en transports en commun urbains (source : EMD 2006). La congestion n'est plus l'apanage des automobilistes et des situations de saturation sont également rencontrées par les usagers de certaines lignes de transport en commun.

Notre travail vise ainsi à dresser un « panorama » de l'accessibilité afin d'envisager, à partir d'un état des lieux actuel, son évolution à l'horizon 2030 au regard de différents scénarii de tarification de la mobilité possibles. Les travaux sont menés à l'échelle de l'agglomération lyonnaise, en considérant l'accessibilité en voiture particulière et en transports en commun urbains. L'objectif est ainsi de voir dans quelle mesure le système de transport urbain (réseaux routier et de transports en commun) est capable d'absorber l'accroissement de la demande et de déterminer un éventuel « point de rupture » au-delà duquel toute demande supplémentaire ne pourrait être satisfaite. Notre papier s'organise en trois temps. Après quelques rappels méthodologies, nous présenterons l'état actuel de la congestion des réseaux VP et TC avant de le projeter à l'horizon 2030.

I. Méthodologie

1. Une évaluation à partir de la mesure de l'accessibilité

Morris et al. (1979) définissent l'accessibilité comme « une mesure de la séparation spatiale des activités humaines qui traduit la facilité avec laquelle les activités peuvent être atteintes étant donné un lieu d'origine et un système de transport ». Selon Geurs et Wee (2004) l'accessibilité doit refléter l'organisation spatiale et la qualité du système de transport qui offrent aux individus (pris isolément ou par groupes) la possibilité de participer à des activités localisées en différents points du territoire.

La littérature recense une variété de mesures de l'accessibilité. Nous présentons les trois mesures que nous utiliserons dans la suite de notre travail.

De manière intuitive, l'accessibilité d'un lieu peut être mesurée par sa proximité avec un ou plusieurs autres lieux : on parle alors d'une mesure de distance (ou de distance-temps). L'accessibilité est alors une fonction décroissante de la distance. Elle prend la forme suivante :

$$A_i = \sum_j f(d_{ij})$$

Avec l'accessibilité de la zone j depuis la zone i, une fonction de résistance et la distance (quelle que soit sa forme). La notion de distance revêt différentes formes. Elle peut être envisagée comme une distance physique, en considérant la distance absolue, une distance temporelle, en considérant le temps de transport ou bien un coût généralisé du déplacement, en considérant les

composantes monétaire et temporelle du déplacement. Nous travaillerons à partir d'une distance « temps » et d'une distance « coût généralisé ».

Toutefois ces mesures présentent de nombreuses limites que peuvent lever, en partie, les mesures gravitaires. A partir des travaux d'Hansen et selon Bloy et al. (1977) l'accessibilité gravitaire « repose sur l'idée que la répartition des trafics entre zones dépend des « masses attractives » de chaque zone et des difficultés de liaisons entre les centroïdes ». L'accessibilité depuis la zone i aux emplois localisés dans la zone j , est donc directement proportionnelle au nombre d'emplois de la zone j et inversement proportionnelle à la distance séparant les deux zones. L'accessibilité gravitaire apparaît donc comme le produit de deux facteurs antagonistes que sont la présence d'opportunités, qualifiées « d'éléments moteurs du déplacement », et le coût du déplacement envisagé comme « l'élément résistant du déplacement » [9]. L'accessibilité gravitaire est calculée à partir de la formule suivante :

$$A_i = \sum_j D_j e^{-\beta C_{ij}}$$

Avec A_i l'accessibilité depuis la zone i , D_j les opportunités présentes dans la zone j , β un paramètre traduisant la sensibilité au coût généralisé du déplacement, C_{ij} le coût généralisé du déplacement entre les zones i et j .

2. Estimation du coût généralisé en voiture particulière

a) La composante « coût temporel » en situation actuelle

Le coût temporel d'un déplacement en voiture particulière correspond au temps de parcours d'un point « Origine » à un point « Destination » donné, pondéré par une valeur du temps. Le temps de déplacement intègre, outre le temps d'accès au réseau routier et le temps dit « terminal » entre le réseau routier et la destination finale, le temps de déplacement en véhicule. Nous considérons dans nos calculs que les déplacements sont réalisés en heure de pointe du soir (entre 17h et 18h). La congestion routière est prise en compte au travers d'un modèle de transport dit « à 4 étapes ».

Le choix de travailler sur ce créneau horaire s'explique par le fait que cette tranche horaire est celle qui recense le plus de déplacements automobiles un jour de semaine : 210 000 déplacements en voiture particulière sont réalisés partiellement ou totalement entre 17h et 18h sur l'ensemble de l'agglomération lyonnaise. Le modèle est mis en place, grâce à l'utilisation du logiciel VISUM, à l'échelle de l'aire urbaine de Lyon (telle que définie par l'INSEE en 1999) en tenant compte d'un découpage en zones Iris 2000 (777 zones). Ce modèle de transport est directement intégré dans la plateforme de modélisation MOSART, développée au LET (Bonnafous et al., 2010). Il bénéficie ainsi de l'ensemble des bases de données qui y sont intégrées et notamment des réseaux de transport routiers et de transports en commun. Pour plus de détails sur le modèle, voir Souche et al., 2015). Notons que les résultats de ce modèle ont fait l'objet de comparaison avec le modèle CUBE développé alors par le Grand Lyon. Au vu des estimations de

trafics, la convergence entre les deux modèles a été jugée « très satisfaisante » avec un écart global de trafic VP de l'ordre de 10% sur l'ensemble du périmètre en situation actuelle et un écart de variation de trafic VP à l'horizon 2030 inférieur à 5%.

Afin de calculer le coût généralisé, les temps de parcours sont pondérés par une valeur du temps de 11,4€ par heure (METATM, 2004). En raison de la division spatiale du territoire assez fine et d'une valeur du temps unique, quel que soit le mode, pour les déplacements entre le domicile et le lieu de travail, les résultats d'accessibilité ne sont pas réellement impactés par la valeur du temps.

b) La composante « coût monétaire » en situation actuelle

Le coût monétaire est calculé au regard de différents postes de dépense liés à la possession et à l'utilisation d'une voiture. Le coût monétaire est composé de coûts fixes (coût d'achat du véhicule, assurance, coût de stationnement en garage, frais financiers) et de coûts variables (coût d'entretien et de carburant). Dans nos calculs, nous considérons uniquement les coûts variables. Les données proviennent du *Budget de l'automobiliste 2013*¹.

	Voiture (Clio)	
Carburant (€)		
Entretien (€)		
Distance parcourue (en km)		

Table 1 : Budget de la Clio 4CV pour l'année 2013, extrait

Dans la suite de notre travail, nous considérons un coût marginal 0,15€ par kilomètre. Ce coût pondère la distance minimale sur le réseau entre deux zones.

c) Estimation du coût généralisé à l'horizon 2030

Données

Afin de simuler l'accessibilité à l'horizon 2030, il convient d'anticiper la variation de demande de déplacements. Cette dernière dépend principalement de l'évolution de la population et des emplois, pour chacune des zones Iris de l'agglomération.

Pour ce faire, notre travail s'appuie sur des données cartographiques fournies par le Grand Lyon détaillant la population et l'emploi estimés pour 2030 à l'échelle des quartiers ou des communes. Pour les communes localisées en dehors du Grand Lyon, nous appliquons la variation de population et/ou d'emploi estimée par l'INSEE pour la période 2008-2030² à l'échelle départementale (scénario médian). Pour ces communes, les hypothèses d'évolution du nombre d'emplois sont reprises de travaux de l'Agence d'Urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise pour la période 1999 et 2030.

¹ <http://www.automobile-club.org/files/Budget/2013/>

² http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=proj-dep-population

Hypothèses de travail

Notre travail repose sur les hypothèses suivantes :

- Les temps de déplacement sont estimés à partir du modèle à 4 étapes présenté en début de section et intégrant les évolutions de population et d'emplois pour 2030 détaillées ci-dessus ainsi que les variations de l'offre de transport (infrastructures routières et lignes fortes de transports en commun);
- Nous conservons constants les paramètres suivants : la valeur du temps, la sensibilité au coût de déplacement et le coût monétaire. L'objectif étant d'isoler les effets des variables socio-économiques sur la variation d'accessibilité.

3. Estimation du coût généralisé en transports en commun

a) La composante « coût monétaire » en situation actuelle

Au niveau de l'Aire urbaine de Lyon, les transports en commun peuvent être regroupés en deux catégories selon qu'ils soient urbains (réseau de bus, métro, tramway) ou interurbains (trains et cars TER). Nous considérons qu'un individu se rend à pied aux arrêts du réseau urbain (dans la limite de 1km) et en voiture aux gares TER, dans la limite de 40 kilomètres autour de la gare. Nous travaillons uniquement sur les déplacements reliant le domicile et le lieu de travail.

La répartition des individus utilisant les transports urbains, interurbains ou combinant les deux n'est pas connue. Aussi, un coût moyen du déplacement en transport en commun est-il calculé de la façon suivante :

- Sur le réseau urbain, l'abonnement mensuel plein tarif est de 60,40€ (dont 50% est pris en charge par l'employeur). Supposant qu'un actif occupé réalise 40 déplacements par mois dans le cadre de ses trajets domicile-travail, le coût d'un déplacement est estimé à 0,75€.
- Sur les lignes TER de la région Rhône-Alpes, le coût kilométrique est estimé à 0,05€ (site TER Rhône- Alpes) et la distance moyenne par déplacement pour un navetteur est de 45 km (voir R. Berrabah, 2004). Le coût d'un déplacement est ainsi estimé à 2,25€. On fait l'hypothèse que tous les usagers des lignes TER utilisent également les lignes urbaines, d'où un prix total par déplacement proche de 3€.
- On considère que 12% des déplacements en transports en commun sont multimodaux (réseau urbain + réseau interurbain), voir EMD 2006.
- Le coût monétaire du déplacement « domicile-travail » en transports en commun est estimé à 1,02€.

b) La composante « coût temporel » en situation actuelle

Un déplacement en transports en commun est moins « linéaire » qu'un déplacement automobile. Au temps d'accès au réseau et au temps de trajet terminal s'ajoutent un temps d'attente du véhicule ainsi qu'un temps d'accès et d'attente aux correspondances s'il y a lieu.

Le temps de transport en véhicule est estimé en considérant le temps de parcours minimal entre deux zones à partir de vitesses et de fréquences par lignes prédéterminées. Il tient ainsi compte des conditions de circulation et de la topologie du réseau, intégrées dans les fiches horaires. Notons que l'ensemble des fiches horaires, pour les modes urbains et l'ensemble des lignes TER

desservant la ville de Lyon, a été intégré dans la plateforme MOSART. Nous privilégions les liaisons les plus rapides au détriment de celles offrant le moins de correspondances. Nous considérons par ailleurs un temps de déplacement intra-zone nul.

Les temps d'accès au réseau, de trajet terminal, d'attente du véhicule ainsi que les temps d'accès et d'attente aux correspondances ont été doublés afin de tenir compte des conditions d'inconfort liées à ces ruptures de charge. Une pénalité de 2 minutes par correspondance a été également appliquée.

4. Une mesure spécifique de la congestion en transports en commun

Les transports en commun présentent un certain nombre de spécificités en termes de modélisation. Si le coût généralisé en VP va impacter directement la demande de déplacements automobiles et, de ce fait, la congestion du réseau, il n'en va pas de même pour le réseau de transports en commun pour lequel nous n'avons pas de « limite de capacité » au-delà de laquelle toute demande supplémentaire ne peut être satisfaite. La modélisation « à 4 étapes » telle qu'utilisée dans la plateforme MOSART ne nous permet pas d'estimer « directement » la congestion du réseau de transports en commun. Il convient alors de l'améliorer en intégrant une mesure spécifique de la congestion en transport en commun.

a) Données utilisées

Pour ce faire, nous utilisons deux jeux de données que sont les enquêtes « Ménages-Déplacements » (EMD 2006) et les enquêtes « Montées-Descentes » réalisées par le Sytral. Ces deux enquêtes possèdent différents champs parmi lesquels nous utiliserons uniquement le nombre de trois qui sont alors définis comme trois différents « niveaux » : l'origine-destination, le motif et le mode.

Cette enquête est une enquête par sondage aléatoire suivant un quota minimum par tranche horaire. L'enquête est réalisée « à quai » dans toutes les stations de la ligne. Les résultats sont redressés à partir du comptage cellules des voyageurs dans toutes les stations de la ligne. En effet, l'importante fréquentation du métro et du tramway ne permet pas et ne justifie pas la réalisation d'une enquête exhaustive couramment pratiquée pour les lignes de bus. Il a été choisi de faire une étude par sondage ayant une représentativité recherchée minimale de 10%. Le redressement s'est effectué par station, sens, plage horaire (27 demi-heures de 6h00 à 19h30), c'est-à-dire selon 216 segments. Après avoir vérifié la stabilité des données sur un jour de la semaine, la base de redressement a été le comptage cellules des points d'entrées des voyageurs pendant le jour d'enquête. Sur la base de ces données, des coefficients de redressement ont été calculés pour les 216 segments station/sens/demi-heure. Ce coefficient vaut : comptage/nombre d'enquêtes exploitables.

b) Méthodologie

L'enquête « montées-descentes » permet de réaliser des « serpents de charge ». L'objectif de notre recherche étant de détecter les problèmes de congestion sur le réseau de transport en commun lyonnais, nous allons donc nous limiter à établir le « serpent de charge » des lignes de transport les plus chargées un jour de semaine pendant les heures de pointe de la journée, à savoir de 7h00 à 9h00 du matin et de 16h00 à 18h30 l'après-midi. Pour être plus précis dans nos prévisions, nous établirons les serpents de charge par tranche de demi-heure.

Pour calculer le serpent de charge entre la station i et la station j , nous utiliserons la formule suivante :

$$N_{i \rightarrow j} = \sum_{i=1}^j E - \sum_{i=1}^j S$$

Avec

E le nombre de montées (ou « Entrées ») et S le nombre de descentes (ou « Sorties »)

Pour calculer les taux d'occupation des transports par tranche de demi-heure, nous avons besoin de calculer la capacité totale par tranche de demi-heure qui est le produit entre la fréquence de passage et la capacité par train pour les métros et trams ou par bus. Les informations de fréquence de passage et de capacité sont tirées du site de TCL et tiennent compte des aménagements réalisés dans le métro.

c) Projection de la congestion à l'horizon 2030

Données

Pour pouvoir faire nos prévisions de taux d'occupation sur le transport en commun lyonnais, nous utiliserons plusieurs variables comme hypothèses de demande : les projections de population, les projections d'emplois pour chaque commune du Grand Lyon et chaque arrondissement de la ville de Lyon ainsi que les objectifs de part modale de transport en commun des Plan de Déplacement Urbain du Grand Lyon à l'horizon 2030.

Nous limiterons à faire de la prospective pendant les horaires de pointe un jour de semaine. La paire de motifs dominante sera donc «le « domicile-travail ». Nous simplifierons ainsi les motifs de l'origine et de la destination en deux groupes : le groupe principal qui sera le « domicile – travail » et le reste, qu'on nommera donc « domicile-autres ».

Estimer la variation de déplacements en TC par OD nécessite de connaître le nombre de déplacements en 2007 en TC et le nombre de déplacements en TC en 2030. Pour cela, nous partons de l'enquête « ménage-déplacements » où nous mettons en valeur par OD le nombre de déplacements total, celui effectués par TC et par déduction, la part modale des TC par OD en 2007.

Notre modèle de prévisions à l'horizon 2030 sera basé sur plusieurs variables exogènes :

- La variation de population par commune et arrondissement
- La variation d'emplois par commune et arrondissement
- Les objectifs de part modale du PDU du Grand Lyon

Pour faire nos prévisions nous partirons des hypothèses suivantes :

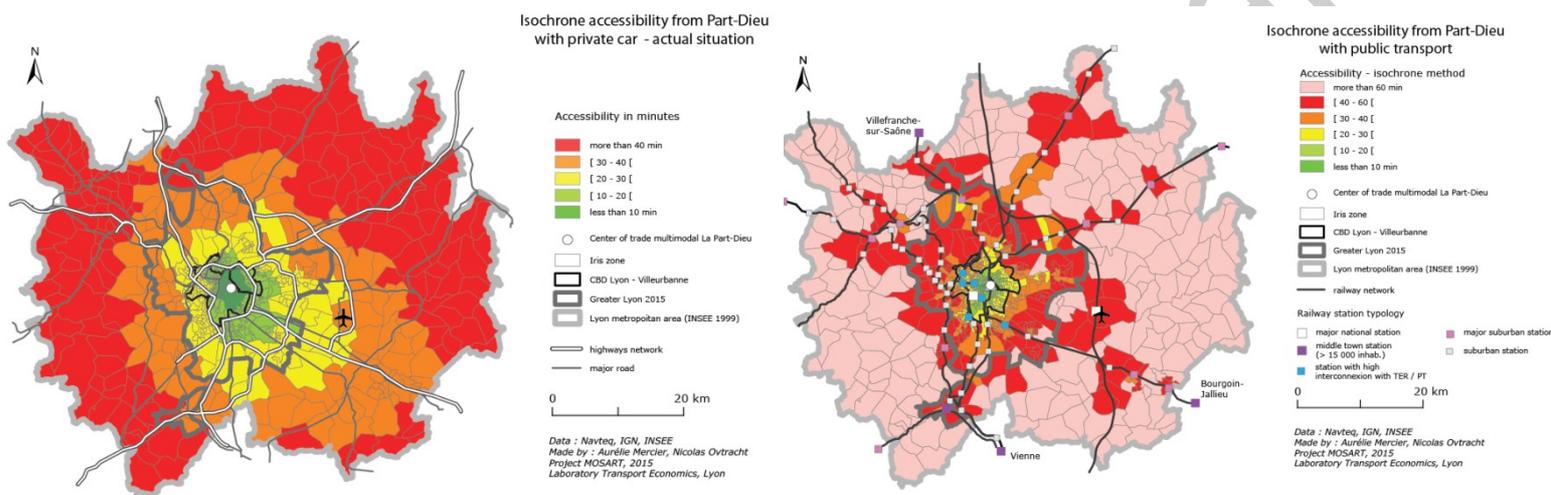
- Les déplacements « domicile-travail » futurs entre une zone d'origine et une zone de destination vont dépendre de la variation de population de la zone d'origine et de de la variation d'emplois de la zone de destination suivant une relation linéaire
- Les déplacements « domicile-Autres » futurs entre une zone d'origine et une zone de destination vont dépendre uniquement de la variation de population de la zone d'origine suivant une relation linéaire

- La variation de part modale selon les objectifs du PDU s'appliquera de façon homogène à tous les déplacements faits par origine-destination.
- Les déplacements domicile-travail sont égaux aux déplacements travail-domicile. Donc la variation entre les déplacements domicile-travail entre A et B en heure de pointe du matin est équivalente à la variation entre les déplacements travail-domicile entre B et A en heure de pointe du soir

II. Saturation des réseaux en situation actuelle

1. Panorama général de l'accessibilité

a) L'accessibilité comme une mesure du temps de parcours

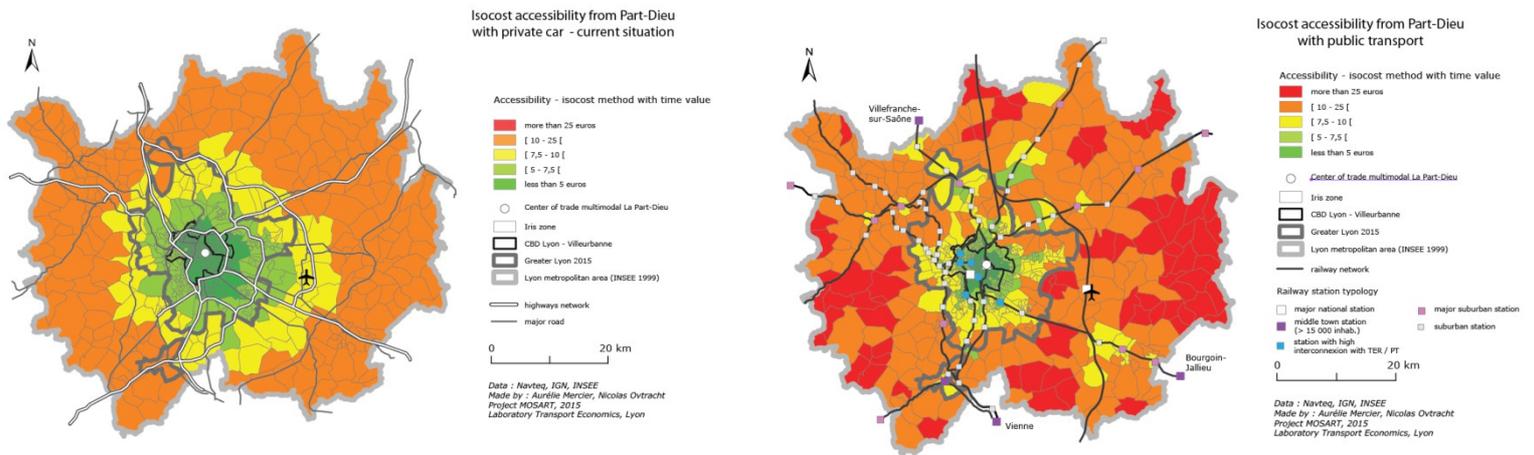


Carte 1 : Temps de parcours depuis le centre de la Part-Dieu

Les deux cartes ci-dessous présentent les temps de parcours depuis la Part-Dieu en voiture particulière (carte de gauche) et en transports en commun (carte de droite). La voiture offre, pour la plupart des destinations, le temps de parcours le plus faible. Les transports en commun sont compétitifs pour accéder aux zones centrales de l'agglomération. Comme nous l'avons déjà observé à plusieurs reprises dans des travaux antérieurs (Crozet et *al.*, 2012 a) et b)) la capillarité du réseau routier et la desserte du centre par de nombreuses voies rapides permet en grande partie d'expliquer ce résultat. Toutefois, il ne faut pas non plus négliger l'impact des pénalités « temporelles » appliquées aux usagers des transports en commun en cas de ruptures de charge.

Cette mesure de l'accessibilité, certes facilement compréhensible et interprétable, reste néanmoins relativement frustrante.

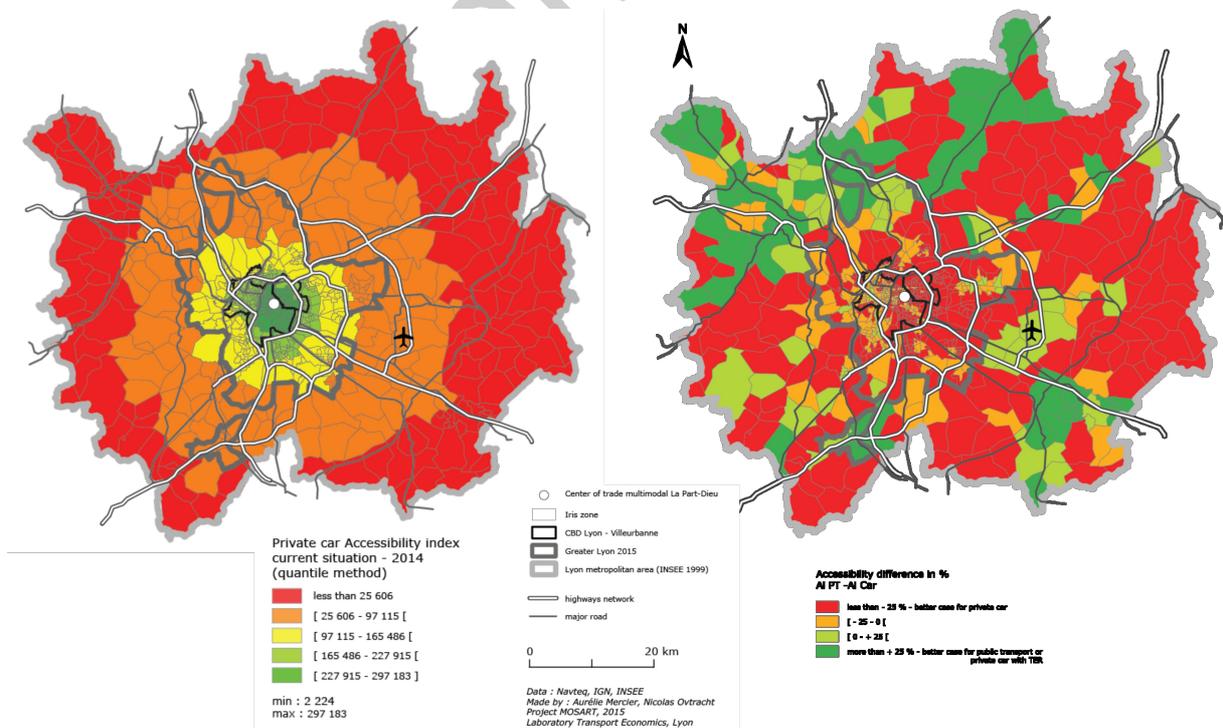
b) L'accessibilité comme une mesure du coût généralisé



Carte 2 : Coût généralisé depuis le centre de la Part-Dieu

Les cartes sont réalisées en intégrant simultanément le temps de déplacement valorisé en équivalent monétaire et le coût monétaire du déplacement tel que présenté en sections 2 et 3. Le coût monétaire, plus faible en TC qu'en VP, pour un déplacement de plus de 7km, permet aux modes collectifs de compenser en partie leurs déplacements à la durée plus longue et aux ruptures de charge plus nombreuses. Cela est particulièrement remarquable le long des lignes TER où les zones disposant d'une gare et desservies par une ligne présentent une accessibilité « coût généralisé » meilleure en transports collectifs qu'en voiture particulière.

c) L'accessibilité gravitaire : une mesure composite associant les opportunités au coût généralisé



Carte 3 : Accessibilité gravitaire aux emplois

La Carte 3 représente, pour chaque zone de l'aire d'étude, l'accessibilité à l'ensemble des emplois des autres zones. On ne s'intéresse dès lors plus uniquement à l'accessibilité depuis le centre de la Part-Dieu, contrairement aux représentations précédentes. Tout comme précédemment, l'impact des réseaux « forts » tels les axes routiers ou ferroviaires est très net. Une zone desservie par une gare bénéficie d'une accessibilité aux emplois meilleure en transports en commun. A l'inverse d'une zone localisée à proximité d'un axe routier structurant. Dans le cas d'une zone bénéficiant des deux types d'infrastructure, l'effet TER semble l'emporter face à l'effet « autoroute », notamment en raison de la congestion routière intégrée dans nos calculs.

Les différentes cartes présentées ci-dessus nous permettent de dresser un panorama général de l'accessibilité et de comprendre les enjeux relatifs aux différents modes de transport. Au vu des commentaires précédents, on peut déjà s'interroger sur la capacité des réseaux de transports en commun (et en particulier TER) à absorber un accroissement de demande lié à leur meilleur niveau accessibilité. De même, les réseaux routiers qui conservent une bonne accessibilité relativement aux modes collectifs, y compris pour de petits parcours, sont-ils proches de la saturation ? Il convient pour y apporter des éléments de réponse de « disséquer » ces cartes d'accessibilité.

2. Une analyse « disséquée » de l'accessibilité

a) La congestion routière

Deux indicateurs sont utilisés pour mesurer le niveau de congestion routière

Le premier, le taux de congestion, est mesuré comme suit:

$$CG_{rate} = \frac{C_c}{C_0}$$

Avec C_c le trafic (estimé par le nombre de véhicules) et C_0 la capacité à vide. On considère la classification suivante :

- Si $CG_{rate} \geq 60$, alors le trafic est fluide
- Si $60 < CG_{rate} \leq 80$, alors le trafic est dense
- Si $80 < CG_{rate} \leq 100$, alors le réseau est saturé
- Si $CG_{rate} > 100$, alors le réseau est complètement saturé

Le second indicateur mesure une congestion relative à partir du ratio suivant :

$$CG_{rate} = \frac{S_0}{S_{Max}}$$

Avec S_0 la vitesse observée et S_{Max} la vitesse maximale autorisée.

Les cartes ci-dessous présentent la congestion au regard de ces deux indicateurs.



Carte 4 : Congestion du réseau routier (calcul à partir des trafics)- zoom sur Lyon-Villeurbanne



Carte 5 : Congestion du réseau (calcul à partir des vitesses observées)- vue générale

Les deux cartes illustrent un niveau de congestion relativement faible sur l'agglomération lyonnaise. Le taux d'occupation conclut à un trafic fluide pour 87% des sections du réseau. Seules 3% des sections sont saturées (ou fortement saturées) en heures de pointe. Les mêmes résultats sont observés avec l'indicateur de vitesse : pour 83% des sections, la vitesse observée

est au minimum à 75% de la vitesse maximale (soit 37,5 km/h pour une vitesse maximale de 50 km/h). La vitesse observée est inférieure à 40% de la vitesse maximale pour 13% des sections.

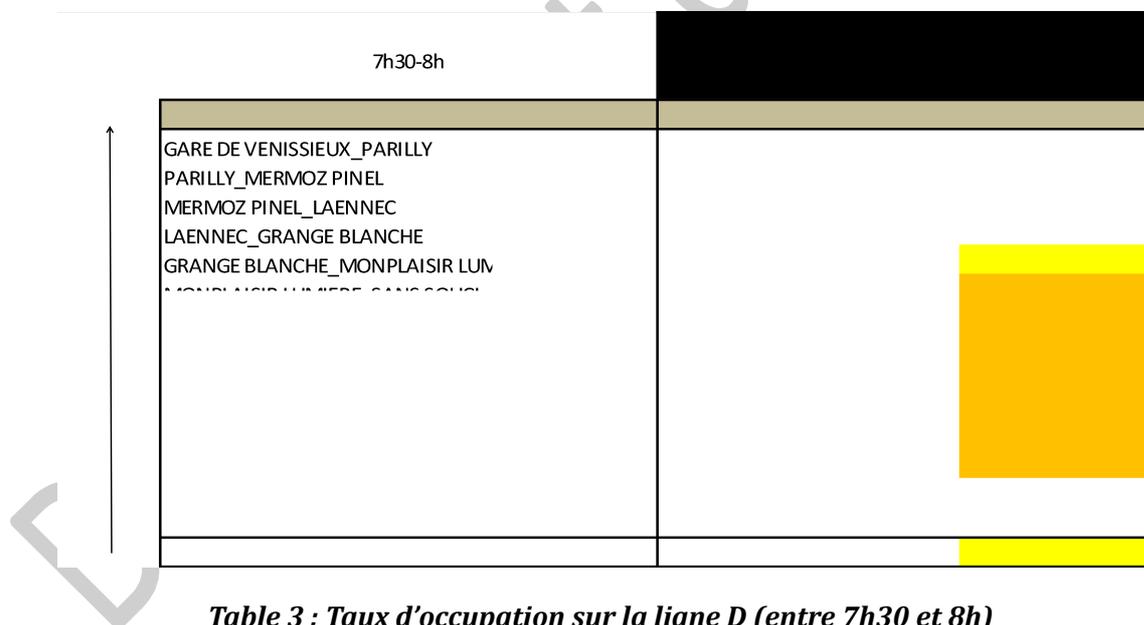
Les points noirs sont clairement identifiés. Ils sont localisés sur les axes permettant l'accès au centre-ville (tunnel de Fourvière, axe A6/A7, échangeurs entre A46 (ou A43) et le périphérique Laurent Bonneval), ainsi que sur quelques tronçons urbains (Cours Gambetta/Albert Thomas, tunnel de la Croix-Rousse, points Lafayette et Pasteur...).

b) La congestion sur le réseau de transports en commun

Comme expliqué en section I.6, la congestion en transports en commun est calculée à partir des enquêtes « Montées-descentes », réalisées un jour de semaine. Celles-ci sont réalisées en différentes « tranches » en fonction des lignes. Nous ne disposons actuellement pas de toutes les lignes et toutes les lignes ne sont pertinentes à analyser. Il nous semble plus intéressant de nous focaliser sur quelques lignes.

L'exemple du métro D

La Table 3 représente le taux d'occupation du métro -ligne D- pour la direction gare de Vaise vers Gare de Vénissieux entre 7h30 et 8h. La capacité est le produit de la fréquence des rames par $\frac{1}{2}$ heure et la capacité du métro (à savoir 325 places assises et debout, suite au réagencement des rames).



La congestion est la plus élevée entre les stations « Gorge de Loup » et « Monplaisir » qui desservent des centres d'échanges ou bien de grands générateurs. A partir de ce type de graphique un « serpent de charge » peut être construit, comme suit :

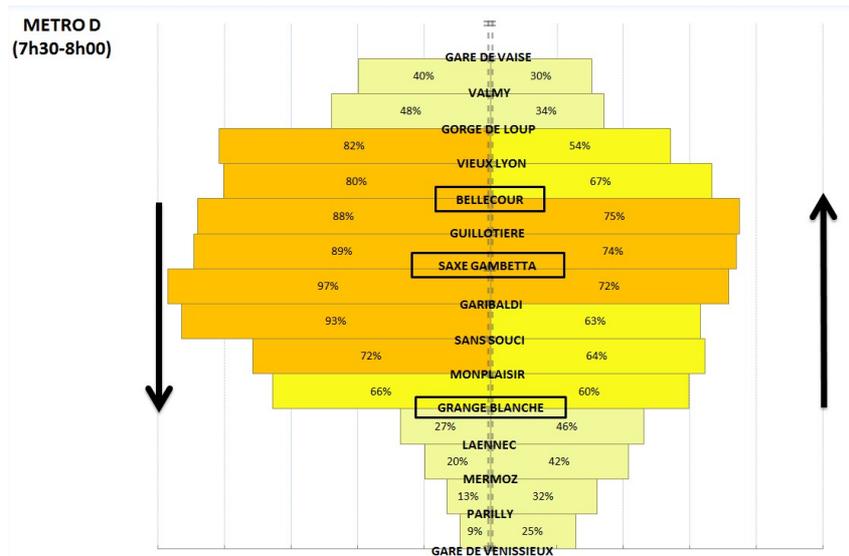


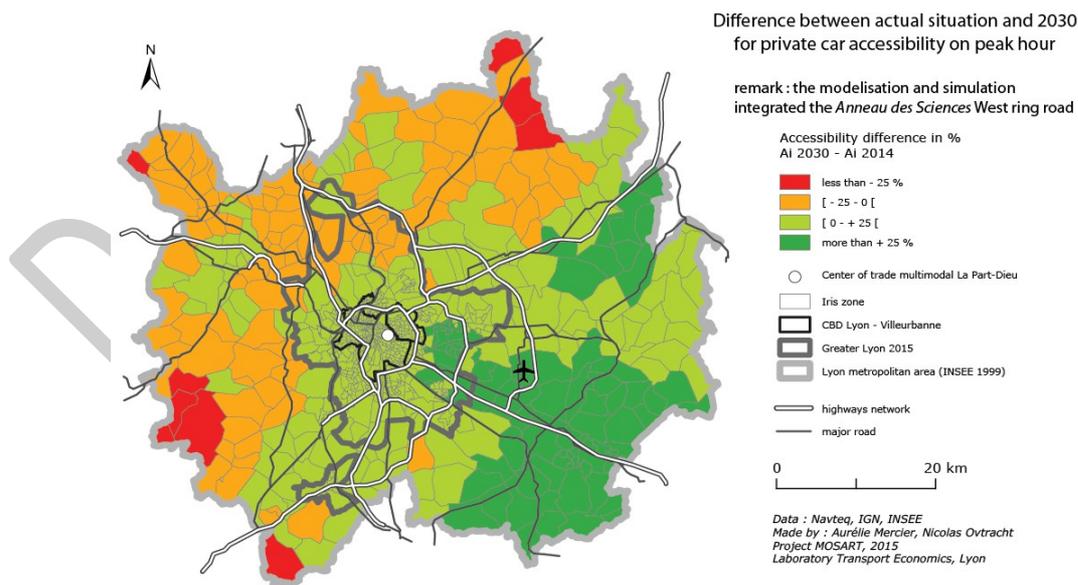
Table 4 : Serpent de charge de la ligne D (entre 7h30 et 8h)

III. Saturation des réseaux à l'horizon 2030

1. Scénario « au fil de l'eau »

Nous étudions dans un premier temps, l'évolution de la saturation des réseaux sans inflexion majeure, tant en termes de variations de prix qu'en termes de politique de transport.

La Carte 6 illustre un accroissement de 13% de l'accessibilité en voiture particulière au regard de la situation actuelle. Les gains d'accessibilité sont principalement observés au centre et à l'est de l'aire d'étude. En effet, les variations d'accessibilité sont principalement à relier à l'accroissement des opportunités plus qu'à la variation de la demande ou des infrastructures routières. Le fort accroissement d'emplois prévus par les différents SCOTs pour le département de l'Isère impactent très fortement le niveau d'accessibilité.



Carte 6 : Variation d'accessibilité gravitaire aux emplois pour les automobilistes, entre 2012 et 2030

A un niveau plus fin, on n'observe pas de grandes évolutions concernant le niveau de congestion des tronçons. Les « points noirs » observés en situation actuelle ne sont pas résorbés mais l'accroissement de la demande routière est parallèlement limité. On observe les mêmes tendances concernant le réseau de transports en commun, la demande étant en partie absorbée par l'accroissement de l'offre planifié dans le plan de mandat actuel.

2. Scénarios de « doublement des prix »

Afin de tester la résistance des réseaux de transport et envisager leur « point de rupture », nous considérons un scénario drastique avec un doublement des coûts monétaires (carburant, entretien, abonnements de transports en commun). On considère toutefois séparément l'accroissement des coûts VP et TC.

a) Impact du doublement du prix de l'abonnement TC sur le trafic routier

Ce scénario repose sur les hypothèses suivantes:

- L'élasticité de la demande au prix est de 0,3 (Bresson et al. (2006));
- L'élasticité est identique pour toutes les relations origine-destination ;
- Le report modal s'effectue uniquement vers la voiture particulière (le co-voiturage ou l'autopartage ne sont pas intégrés) ;
- Seul le prix des abonnements TC double : les prix des autres biens ne sont pas impactés.



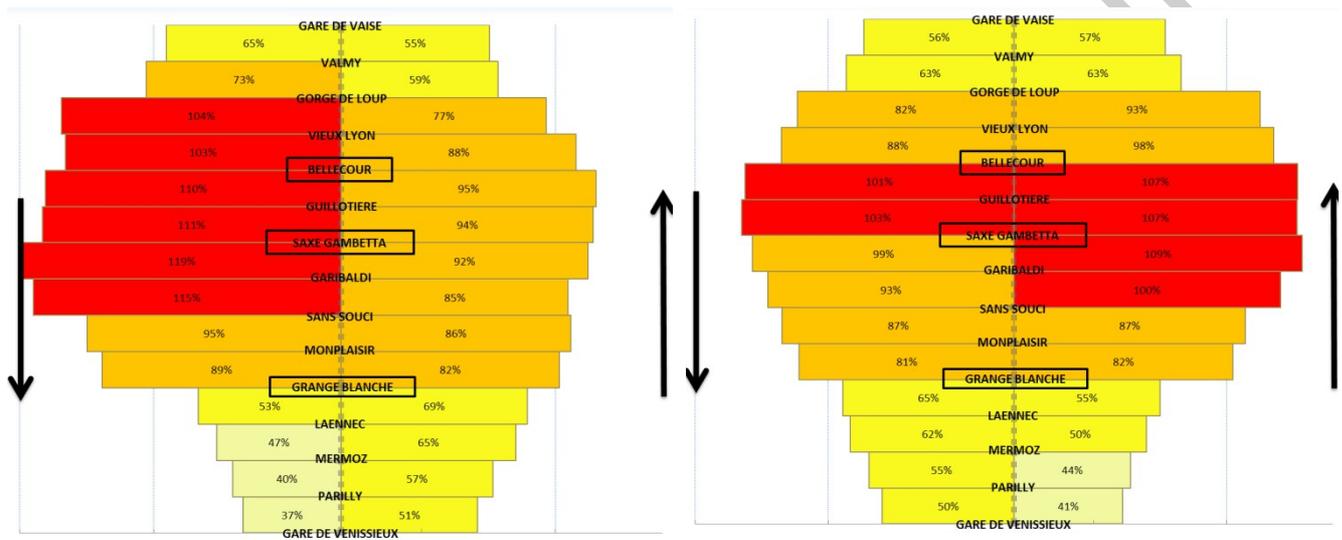
Carte 7 : Congestion du réseau routier (calcul à partir des trafics) avec doublement du prix des abonnements TC- zoom sur Lyon-Villeurbanne

Sans surprise, on observe une forte hausse de la congestion. Plus de 20% des sections ont un taux de congestion supérieur à 100%. Les sections pour lesquelles la congestion augmente le plus sont les voies rapides ainsi que les artères d'entrée dans le centre de l'agglomération. A long terme on peut envisager un report du trafic sur les voies dites « secondaires ».

a) Impact du doublement des coûts VP sur le trafic TC : l'exemple de la ligne D

Ce scénario repose sur les hypothèses suivantes :

- L'élasticité de la demande au prix du carburant est de 0,26 (Calvet and Marical (2011)) ;
- Ce même niveau d'élasticité s'applique aux frais d'entretien ;
- La baisse de la demande se traduit par une baisse du nombre de déplacements, dans les mêmes proportions ;
- Le report modal se fait uniquement vers les transports en commun ;
- L'élasticité est identique pour toutes les relations origine-destination.



Metro D (2030) – taux de congestion (7h30 – 8h)

Metro D (2030) - taux de congestion (17h30 – 18h)

Carte 8 : Congestion de la ligne D avec doublement des coûts VP (scénario 2030)

On observe des taux de congestion supérieurs à 100% pour certaines portions de la ligne. Pour absorber cette hausse de la demande, environ 2,5 services pour ½ heure devraient être ajoutés.

Conclusion

Ce travail pose la question de la possibilité d'atteindre pour les réseaux de transport d'atteindre un « point de rupture » au-delà duquel toute demande supplémentaire ne pourra être absorbée. Pour ce faire nous examinons l'aire urbaine de Lyon et plus particulièrement sa zone centrale.

Malgré quelques points noirs actuellement recensés en heure de pointe tant sur le réseau routier que sur le réseau de transports en commun urbains, nous ne pouvons véritablement parler de « point de rupture ». A l'horizon 2030, si l'accroissement de population génère une demande supplémentaire, celle-ci peut être absorbée par les projets déjà planifiés par les autorités locales. Aussi, un scénario « drastique » d'une hausse des prix de l'abonnement TC ou bien des coûts liés à l'usage de la VP nous permettent-ils d'entrevoir certains points de blocage.

La suite du travail vise à estimer plus finement les zones au sein ou entre lesquelles la demande sera susceptible de varier fortement et également d'envisager les coûts nécessaires à une adaptation de l'offre à la demande.

Bibliographie

Bloy, E., Bonnafous, A., Cusset, J.M., Gerardin, B. 1977. Evaluer la politique des transports. Presses Universitaires de Lyon, 103 p.

Berrabah, R., 2004, Abonnement Illimité TER Rhône-Alpes. Déterminer les caractéristiques d'un nouvel abonnement TER à durée illimitée. Rapport pour le Master TURP, Université Lyon 2. <http://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00528315/fr/>

Bonnafous, A., Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N., 2010, « MOSART (MOdélisation et Simulation de l'Accessibilité aux Réseaux et aux Territoires) : un prototype d'outil d'aide à la décision individuelle et collective pour une mobilité durable ». Rapport final pour le PREDIT, 80 p.

Bresson G. et Al., 2003, Economic and structural determinants of the demand for public transport: an analysis on a panel of French urban areas using shrinkage estimators. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 38-4, pp 269-285.

Calvet, L. and Marical, F., 2011, Consommation de carburant : effets des prix à court et à long terme par type de population, *Economie et statistique*, n°446, pp. 25-44.

Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N., 2012, Évaluer les impacts sociaux des politiques de mobilité urbaine : de l'accessibilité spatiale à l'accessibilité sociale, *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 56, no158, pp381-403.

Crozet, Y., Mercier, A., Ovtracht, N., 2012, Accessibility: a key indicator to assess the past and future of urban mobility, in Geurs, K.T., Krizek, K., J., Reggiani, A., (Editors) *Accessibility Analysis and Transport Planning Challenges for Europe and North America*, Edward Elgar Publishing Limited. pp. 263-279.

Geurs K.T., Van Wee G. P., 2004. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions, *Journal of Transport Geography* 12, pp. 127-140.

METATM Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer. (2004) *Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*, 31p. + annex.

Morris J.M., Dumble P. L., Wigan M. R., 1979. Accessibility indicators for transport planning, *Transportation research A* 13, pp. 91-109.

Souche, S., Mercier, A., Ovtracht, N., 2015, The impacts of urban pricing on social and spatial inequalities : the case study of Lyon (France), *Urban studies*. DOI: 10.1177/0042098014563484. Online : <http://usj.sagepub.com/content/early/2015/01/14/0042098014563484.full.pdf+html>



Accessibilité et congestion en milieu urbain : les systèmes de transport sont-ils proches du « point de rupture » ?

*A. Mercier, X. Comte, B. Faivre d'Arcier, N. Ovtracht, T.D
Tran, S. Souche*

Laboratoire d'Economie des Transports (UMR 5593)

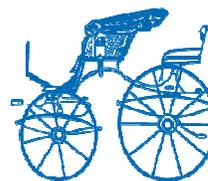


LISER
(formerly 'CEPS/INSTEAD')
Luxembourg Institute of
Socio-Economic Research



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

LET
Laboratoire
d'Economie
des Transports



I. Contexte et objectif

- Projet européen Opticities (2013-2016): développement de Systèmes de Transport Intelligents (ITS)
- Management de la mobilité : indicateurs d'accessibilité pour évaluer la performance des modes et des réseaux de transport.
 - ➡ Congestion des réseaux de transport VP/TC
- Panorama actuel et projection à l'horizon 2030
 - ➡ Utilisation de la plateforme MOSART

II. Méthodologie

Estimation de la congestion routière à partir d'un modèle à « 4 étapes »

Taux de congestion:

$$CG_{rate} = \frac{C_c}{C_0}$$

- Si $CG_{rate} \geq 60$, alors le trafic est fluide
- Si $60 < CG_{rate} \leq 80$, alors le trafic est dense
- Si $80 < CG_{rate} \leq 100$, alors le réseau est saturé
- Si $CG_{rate} > 100$, alors le réseau est complètement saturé

Estimation de la congestion en transports en commun

- Taux de remplissage des TC, par ligne (inter-station) par ½ heure

$$Taux_R = \frac{\textit{fréquentation}}{\textit{capacité}}$$

- Enquêtes montées-descentes et capacité des véhicules

Les représentations graphiques de la congestion

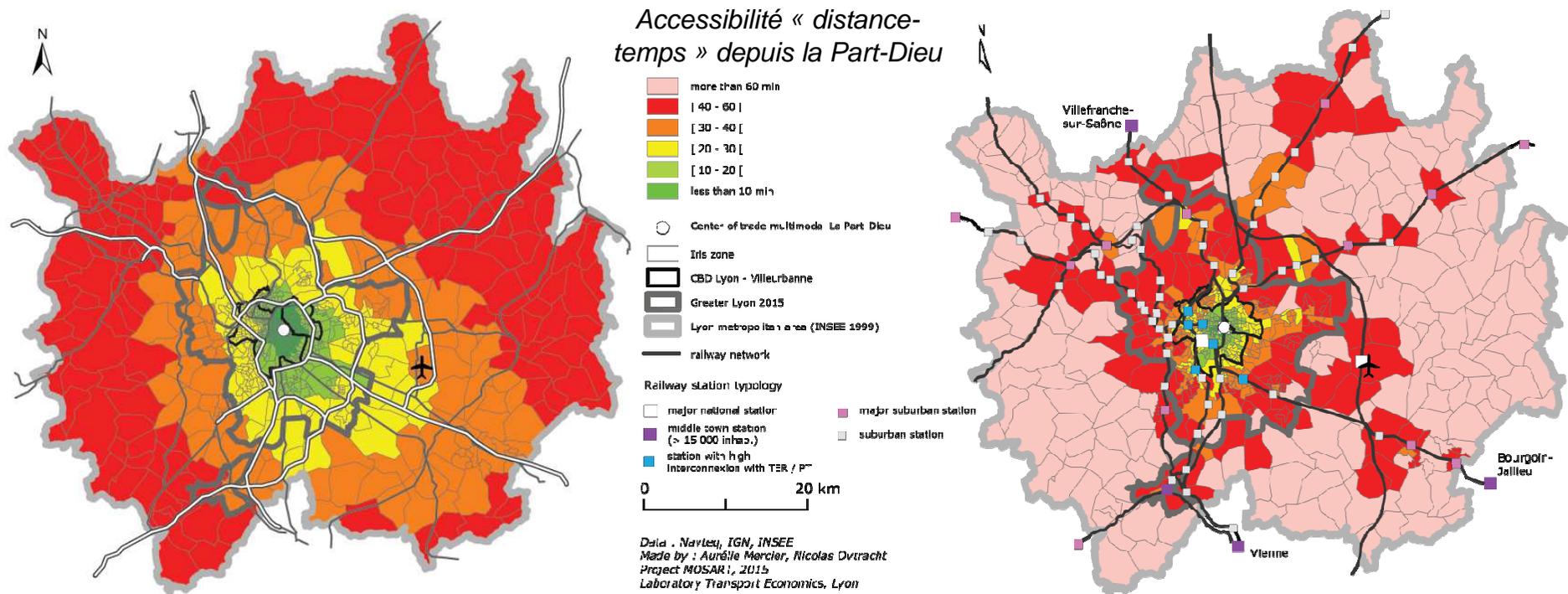
-Cartes d'accessibilité: de l'accessibilité temporelle à une accessibilité « enrichie »

- Distance temps
- Distance coût
- Mesure gravitaire

-Serpents de charge

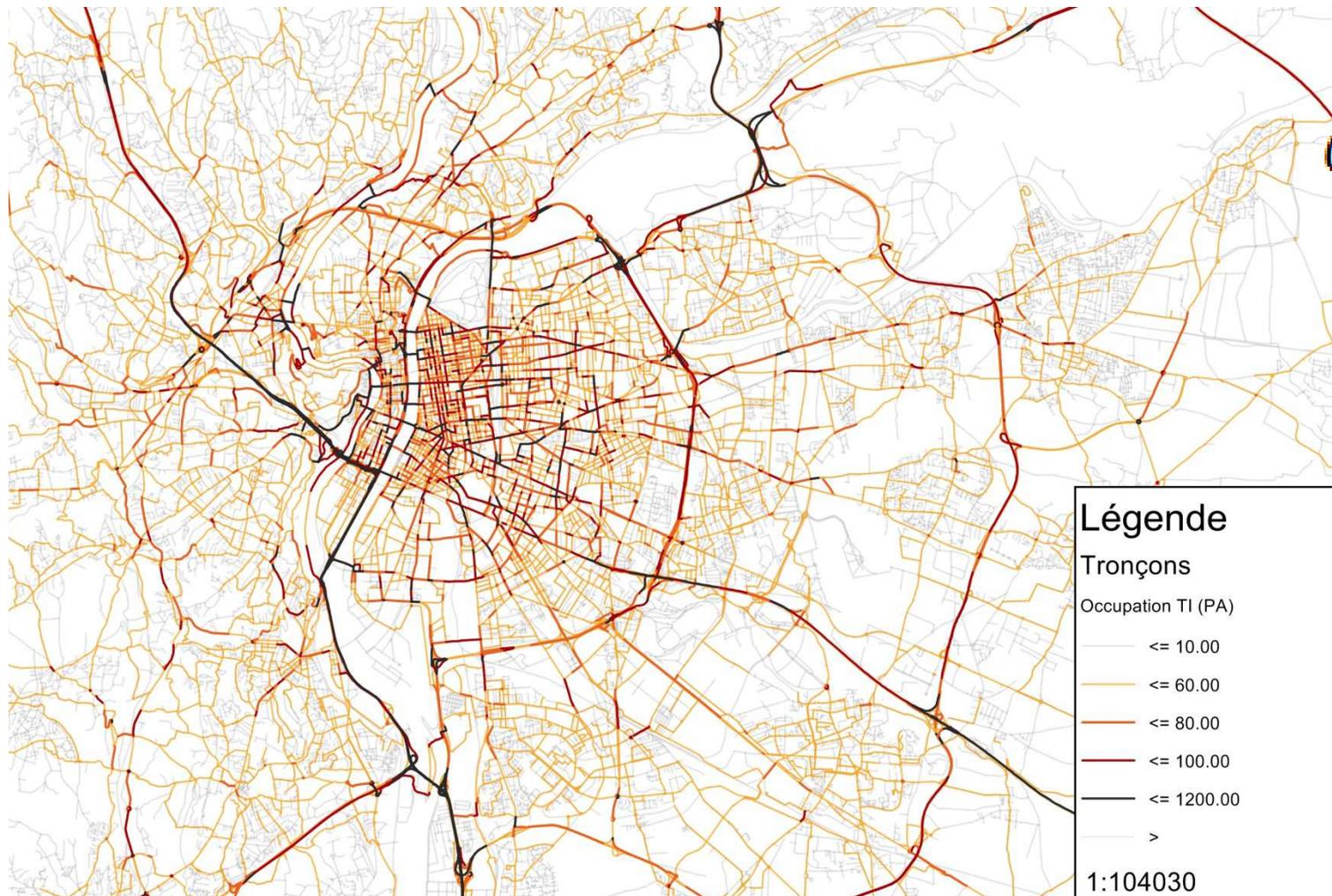
-Taux de congestion par tronçon

III. Situation actuelle: des réseaux peu congestionnés



Une analyse « disséquée » de l'accessibilité

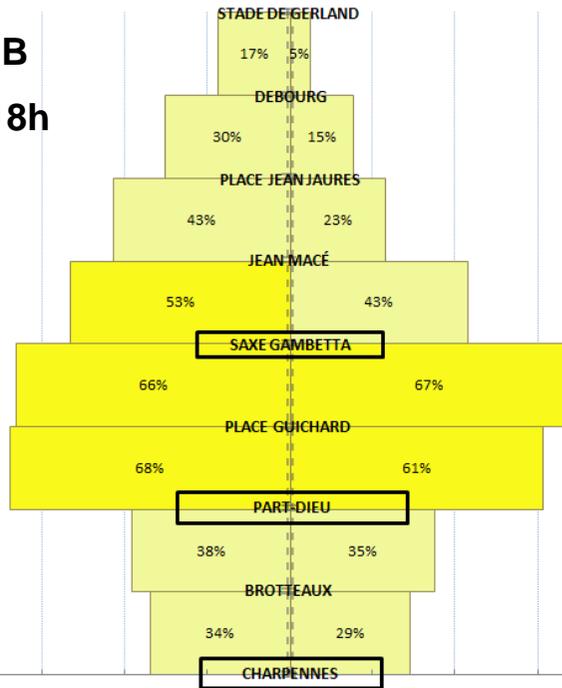
Mesure de la congestion automobile



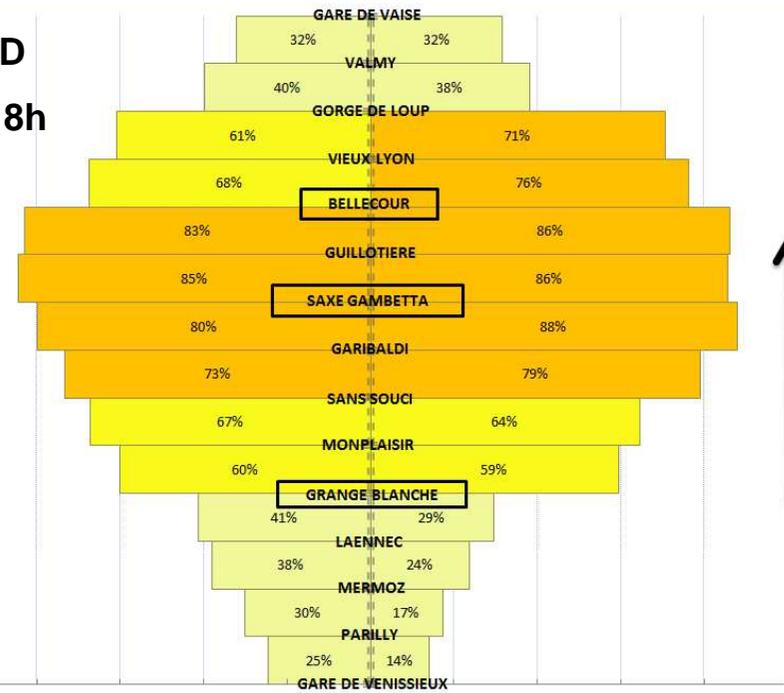
$$CG_{rate} = \frac{C_c}{C_0}$$

Identification
des points noirs

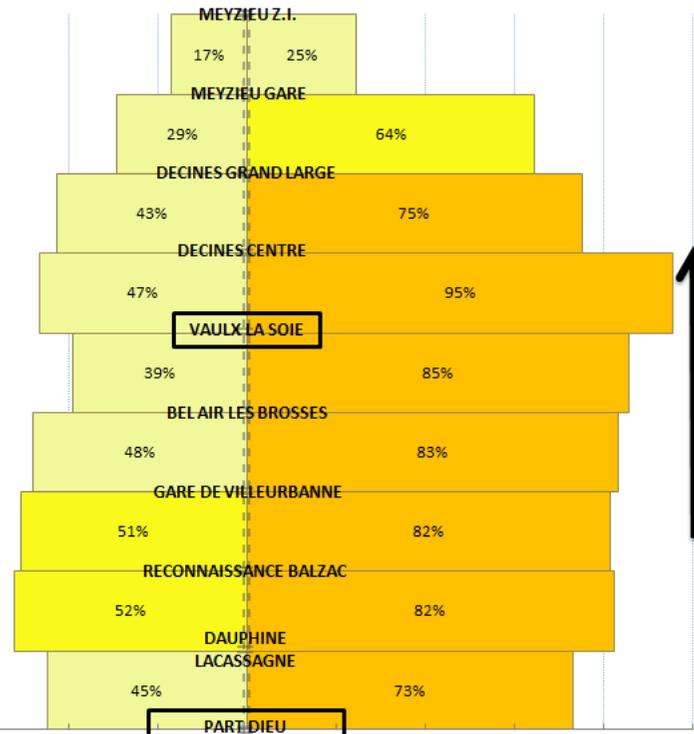
Métro B 17h30-18h



Métro D 17h30-18h



Tram T3 17h30-18h



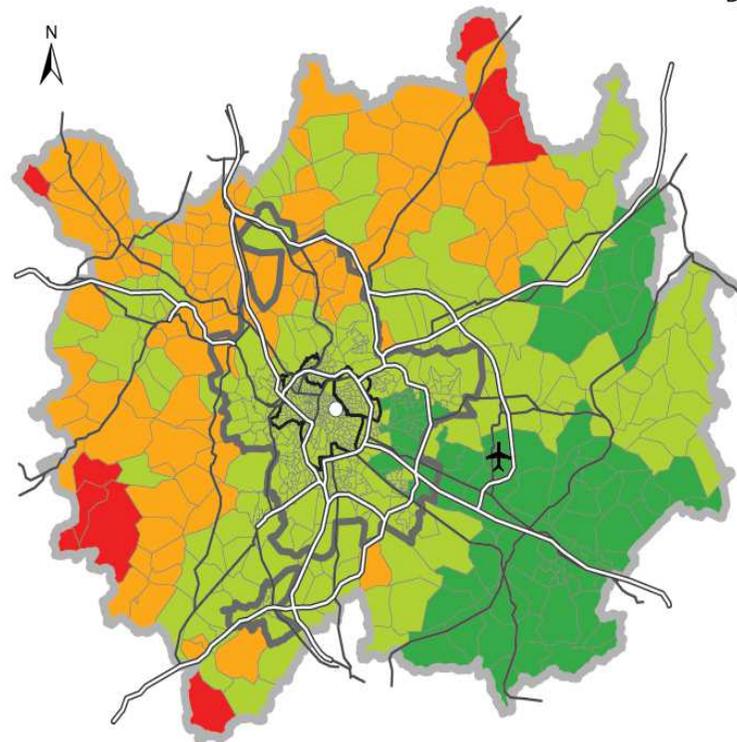
IV. Analyse prospective à 2030

1. Présentation des scénarios à 2030

- Scénario “fil de l’eau” : seulement prise en compte de l’inflation pour l’évolution des prix;
- Scénario “hausse des prix” : doublement des prix du transport (carburant, entretien, abonnements TC);
 - Elasticité-prix (TC) : 0,3 (Bresson et al., 2006)
 - Elasticité-prix (VP): 0,26 (Calvet et Marical, 2011)

Hausse non simultanée

Situation « fil de l'eau » : résultats



Difference between actual situation and 2030 for private car accessibility on peak hour

remark : the modelisation and simulation integrated the *Anneau des Sciences* West ring road

Accessibility difference in %
Ai 2030 - Ai 2014

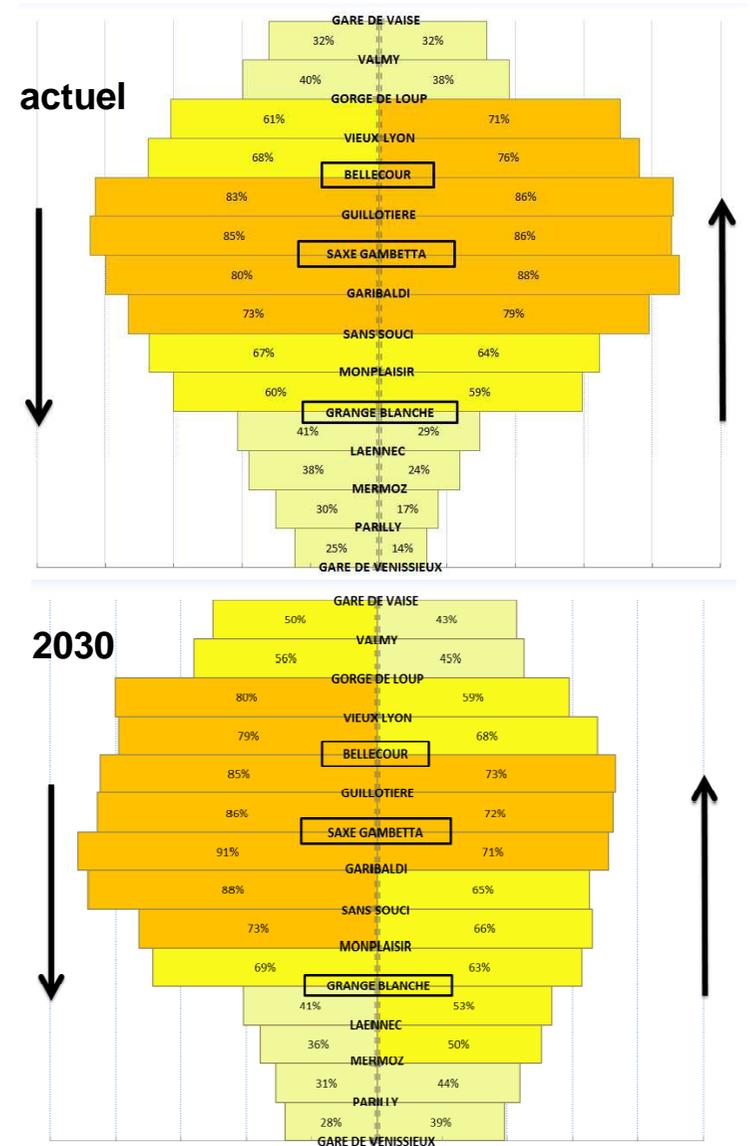
- less than - 25 %
- [- 25 - 0 [
- [0 - + 25 [
- more than + 25 %

- Center of trade multimodal La Part-Dieu
- Iris zone
- ▭ CBD Lyon - Villeurbanne
- ▭ Greater Lyon 2015
- ▭ Lyon metropolitan area (INSEE 1999)
- highways network
- major road

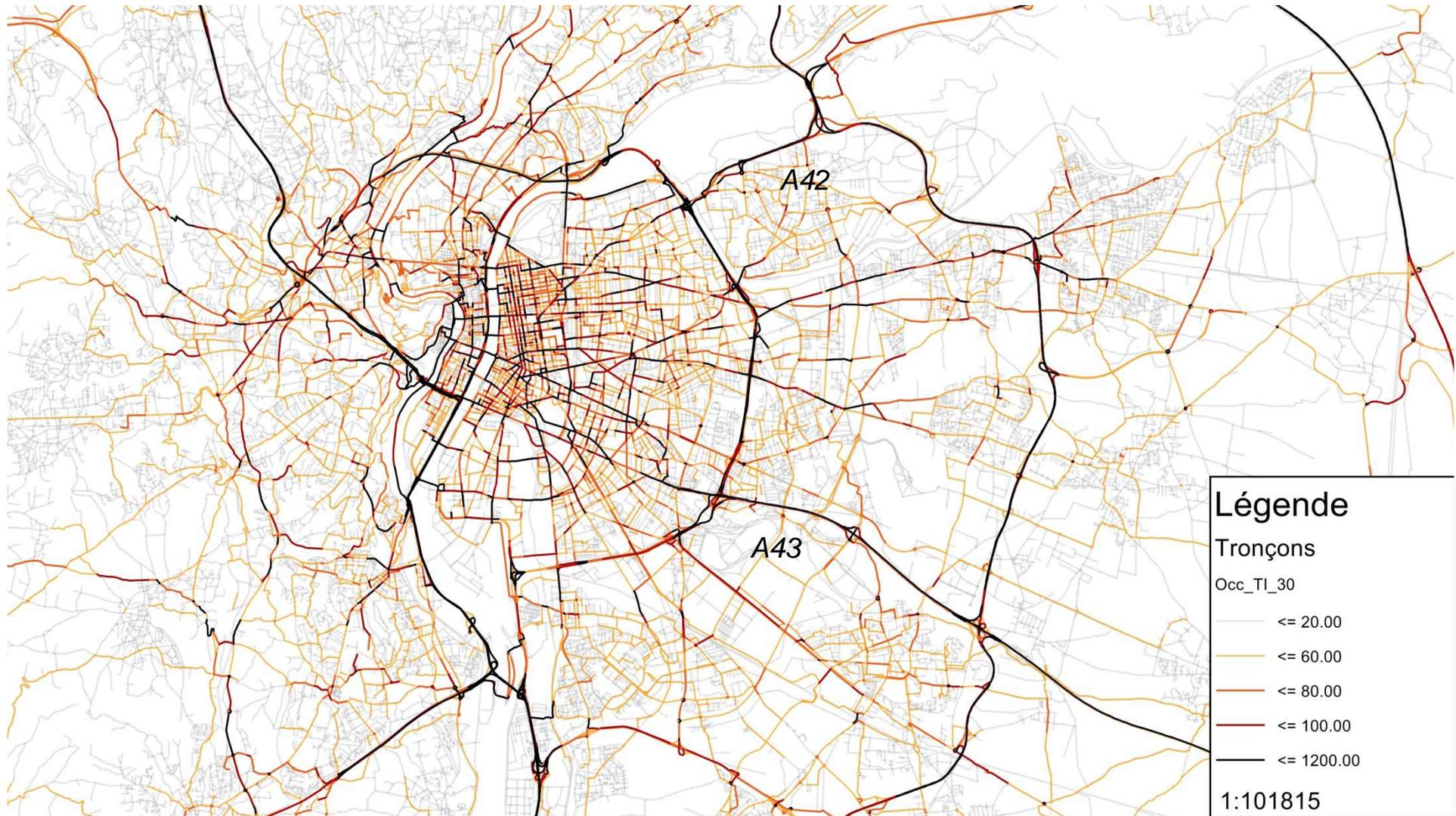
0 20 km

Data : Navteq, IGN, INSEE
Made by : Aurélie Mercier, Nicolas Ovtracht
Project MOSART, 2015
Laboratory Transport Economics, Lyon

Métro D (17h30-18h)

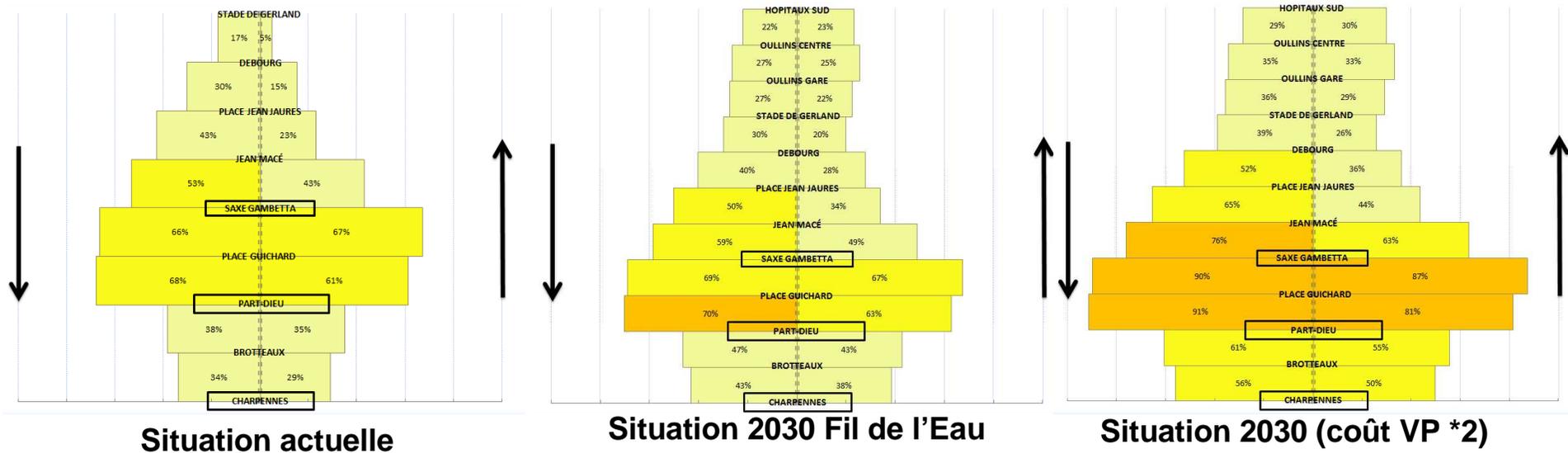


2. Impact d'une hausse des prix TC sur la congestion VP

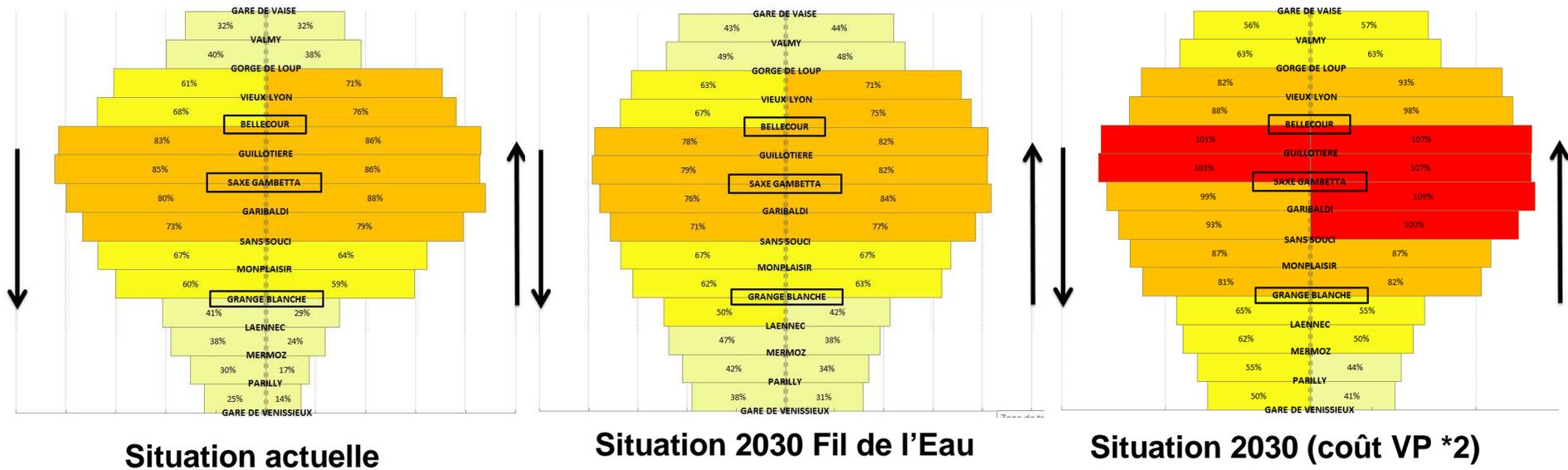


3. Impact d'une hausse des prix VP sur la congestion TC

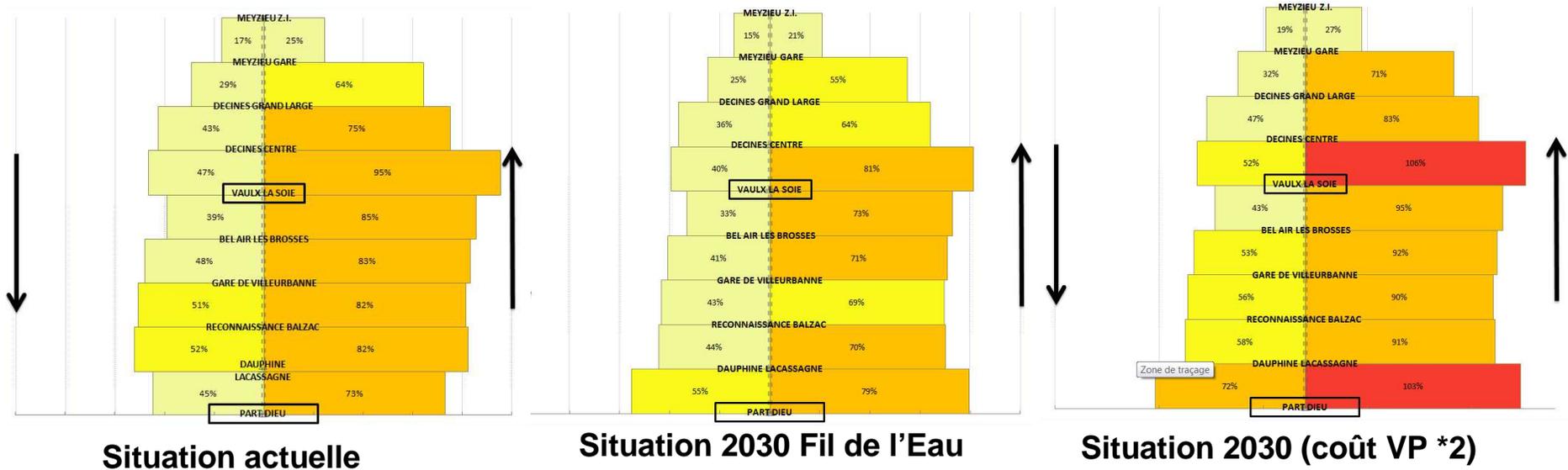
L'exemple du métro B (17h30-18h)



L'exemple du métro D (17h30-18h)



L'exemple du tram T3 (17h30-18h)



Conclusion : quels impacts financiers?

- Aujourd'hui, des réseaux globalement peu congestionnés et des adaptations de l'offre en cours ou prévues
- Une demande sensible aux variations de prix
=> Quels choix pour la collectivité? Quels coûts?

MD				
Longueur		12,6	kms	
Min coût d'exploitation/km		10	€	
Max coût d'exploitation/km		16	€	
Sens	Tranche horaire	# Passagers	Services additionnels nécessaires	Kms exploitation en plus nécessaires
1	7h00-7h30	0	0	0
	7h30-8h00	0	0	0
	8h00-8h30	0	0	0
	8h30-9h00	0	0	0
	16h00-16h30	0	0	0
	16h30-17h00	0	0	0
	17h00-17h30	713	2	50,4
2	17h30-18h00	425	1	25,2
	18h00-18h30	65	1	25,2
	7h00-7h30	0	0	0
	7h30-8h00	1577	3	75,6
	8h00-8h30	524	1	25,2
	8h30-9h00	0	0	0
	16h00-16h30	0	0	0
	16h30-17h00	0	0	0
17h00-17h30	0	0	0	
17h30-18h00	0	0	0	
18h00-18h30	0	0	0	
Total 1 jour				201,6
Total 1 an (*)				41328
Min Coût additionnel/an				413 280 €
Max Coût additionnel/an				661 248 €

T3				
Longueur		14,6	kms	
Min coût d'exploitation/km		6	€	
Max coût d'exploitation/km		10	€	
Sens	Tranche horaire	# Passagers	Services additionnels nécessaires	Kms exploitation en plus nécessaires
1	7h00-7h30	0	0	0
	7h30-8h00	0	0	0
	8h00-8h30	0	0	0
	8h30-9h00	0	0	0
	16h00-16h30	0	0	0
	16h30-17h00	0	0	0
	17h00-17h30	68	1	29,2
	17h30-18h00	0	0	0
	18h00-18h30	0	0	0
	2	7h00-7h30	21	1
7h30-8h00		0	0	0
8h00-8h30		162	1	29,2
8h30-9h00		143	1	29,2
16h00-16h30		0	0	0
16h30-17h00		0	0	0
17h00-17h30		0	0	0
17h30-18h00		0	0	0
18h00-18h30		0	0	0
Total 1 jour				116,8
Total 1 an (*)				23944
Min Coût additionnel/an				143 664 €
Max Coût additionnel/an				239 440 €

Vitesse *versus* relocalisations pour quelle accessibilité ?

L'exemple de l'anneau des sciences dans le Grand Lyon

Cyrille Genre-Grandpierre, UMR ESPACE Université d'Avignon

Cyril Sahuc, Serigne Gueye, LIA Université d'Avignon

Aurélie Mercier, Nicolas Ovtracht, Yves Crozet, LET, Lyon

Projet Predit DAMA « découpler accessibilité et mobilité automobile »



- L'accessibilité = facilité d'accès à des lieux ou une ressource localisée = une des qualités fondamentales de la ville (la ville comme potentiel d'interactions)

- Accessibilité = f(localisations, vitesse)

- L'accessibilité gravitaire :

$$A_i = \sum_j D_j \exp(-\beta C_{ij})$$

D_j la ressource présente en j

B un paramètre traduisant la sensibilité au coût généralisé du déplacement (0.18)

C_{ij} le coût généralisé du transport entre i et j donné par

$$C_{ij} = C_{m_{ij}} + T_{ij} V dT$$

$C_{m_{ij}}$ le coût monétaire dépendant de la distance en kilomètres entre i et j et d'un coût moyen au kilomètre (carburant, maintenance etc.) = 0.49

T_{ij} le temps de trajet entre i et j

VdT la valeur du temps par heure (ici 11.4).

Longtemps accessibilité = vitesse des déplacements (infrastructure)

Vitesse et gains de temps afférents sont à la base de l'évaluation des infrastructures = monétarisation des gains de temps

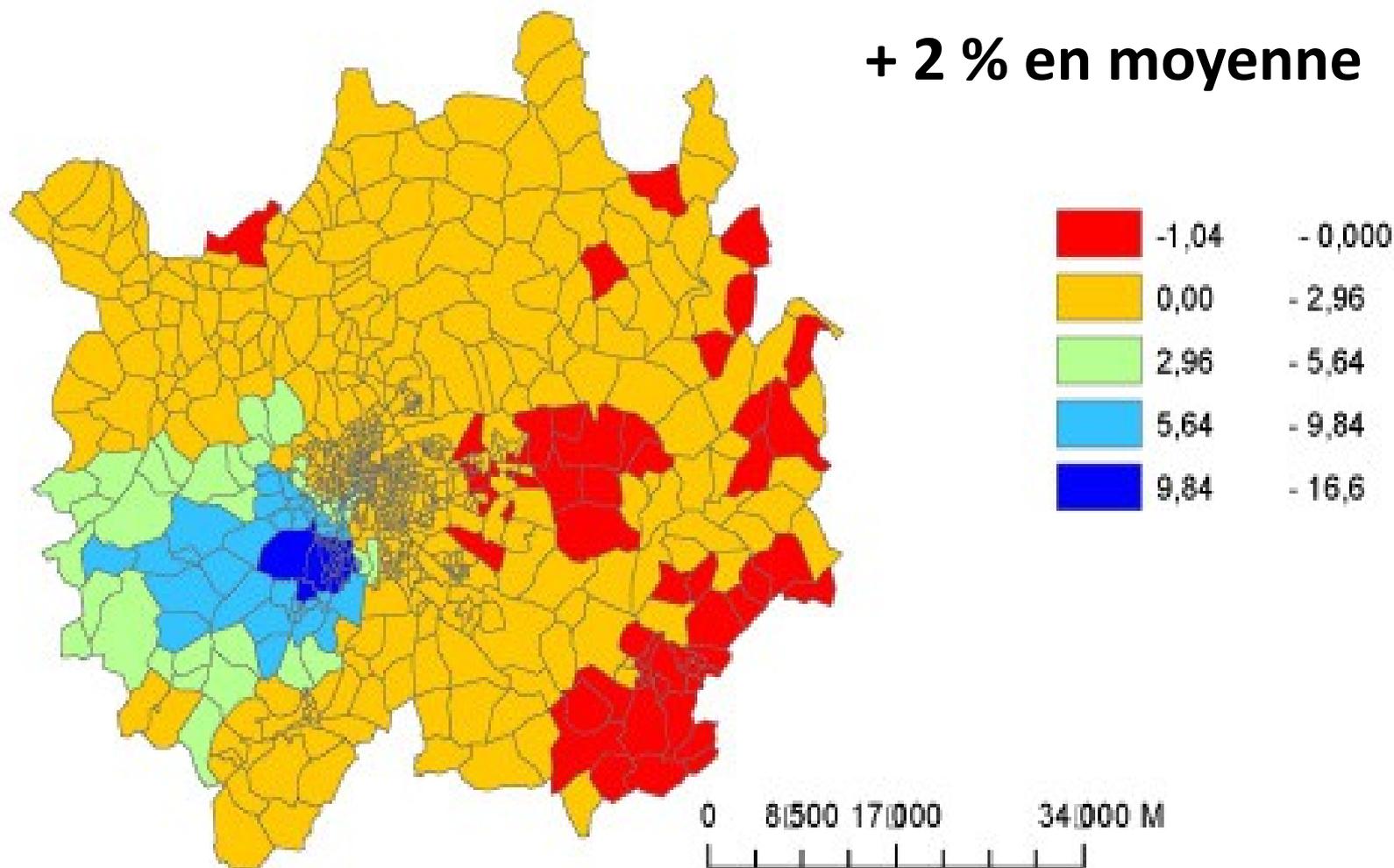
Aujourd'hui

- vers une évaluation plus complète : cf mesurer les changements d'accessibilité induits par les infrastructures (accessibility planning) et leurs effets à terme sur la construction et le fonctionnement du territoire (modèle LUTI)
- La construction d'infrastructure devient plus difficile (finances, environnement) mais fondamentalement on ne veut pas renoncer à l'accessibilité et au choix qu'elle permet

Objectif : savoir à quelle condition, en termes de localisations, il est possible de « faire de l'accessibilité » autrement qu'avec la vitesse permise par les infrastructures

% évolution de l'accessibilité 2030 avec et sans ADS

+ 2 % en moyenne



Peut-on obtenir la même accessibilité sans l'ADS en relocalisant les emplois ?

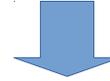
Relocaliser optimalement les emplois grâce au développement d'un outil de RO couplé avec un SIG pour :

- Maximiser l'accessibilité gravitaire moyenne : la ville comme potentiel (résilience) \neq les navettes domiciles-travail actuelles
- Obtenir un niveau d'accessibilité donné en minimisant le nombre d'ajouts d'emplois localisés optimalement à une situation donnée (ex situation actuelle)

Des relocalisations plus ou moins contraintes :

- une capacité maximale d'accueil d'emplois pour les IRIS (population 2010 * 1,5 ou population 2030)
- maintenir un nombre d'emplois minimum par Iris ($1/2$ emplois 2010 ou 2030)

- emplois à l'IRIS
- population à l'IRIS
- temps de transport Inter-Iris (actuels ou simulés)



Relocalisation optimale pour :

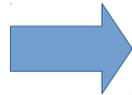
- maximiser l'accessibilité moyenne
- ajouter optimalement à une situation initiale le nombre d'emplois minimum pour atteindre une valeur donnée d'accessibilité



- niveaux d'accessibilité moyen et à l'IRIS avant et après relocalisation

- des courbes de synthèse (ex évolution de l'accessibilité selon le nombre d'emplois relocalisés)

Contraintes sur les possibilités de relocalisation (max et min par IRIS)



M
a
x
i
m
i
s
i
b
i
l
i
t
é

Numéro de test	21	22	23	24	25	26
Nombre d'emplois	Estimé pour l'année 2030					
Considère t-on la rocade ?	Sans ADS		Non			
Capacité minimale d'emplois	Nombre d'emplois estimé pour l'année 2030 x 0,5 (50%)					
Capacité maximale d'emplois	Nombre d'emplois de 2010 +50%			Population de 2030		
Temps intra-Iris ?	Calculé					
Modification de temps		+15%	+30%	-	+15%	+30%
Accessibilité	122.55	114.6	107.28	122.55	114.6	107.28
Accessibilité après relocalisation optimale	148.31	139.14	130.67	152.63	143.37	134.76
Gain par relocalisation	21,01%	21,41%	21,79%	24,54%	25,11%	25,61%

Numéro de test	27	28	29	30	31	32
Nombre d'emplois	Estimé pour l'année 2030					
Considère t-on la rocade ?	Avec ADS		Oui			
Capacité minimale d'emplois	Nombre d'emplois estimé pour l'année 2030 x 0,5					
Capacité maximale d'emplois	Nombre d'emplois de 2010 +50%			Population de 2030		
Temps intra-Iris ?	Calculé					
Modification de temps	-	+15%	+30%	-	+15%	+30%
Accessibilité	124.92	117.07	109.84	124.92	117.07	109.84
Accessibilité après relocalisation optimale	151.01	141.98	133.61	155.32	146.2	137.69
Gain par relocalisation	20,88%	21,26%	21,63%	24,33%	24,87%	25,35%

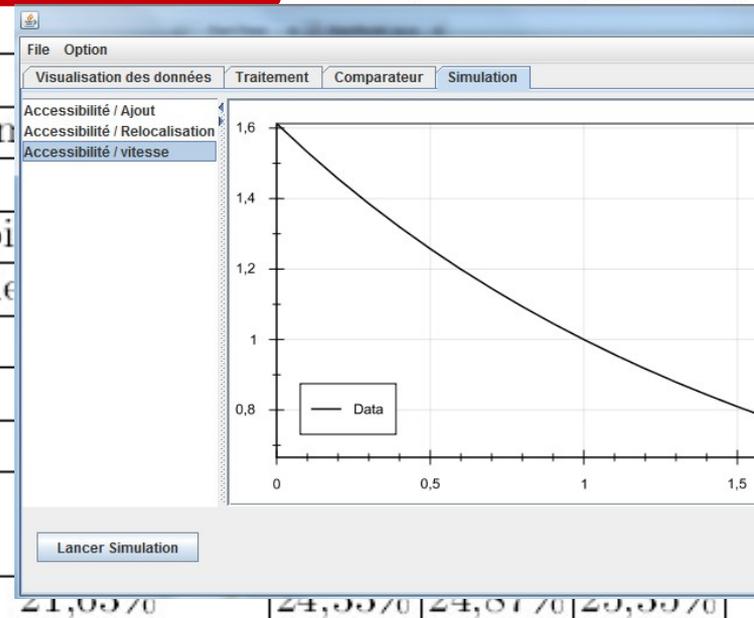
Agir sur les localisations impacte plus l'accessibilité qu'augmenter les vitesse :

Relocaliser 25 % des emplois : - hausse de 20 % de l'accessibilité

- hausse de 19 % l'accessibilité 2030 avec ADS (avec contraintes sur les IRIS)

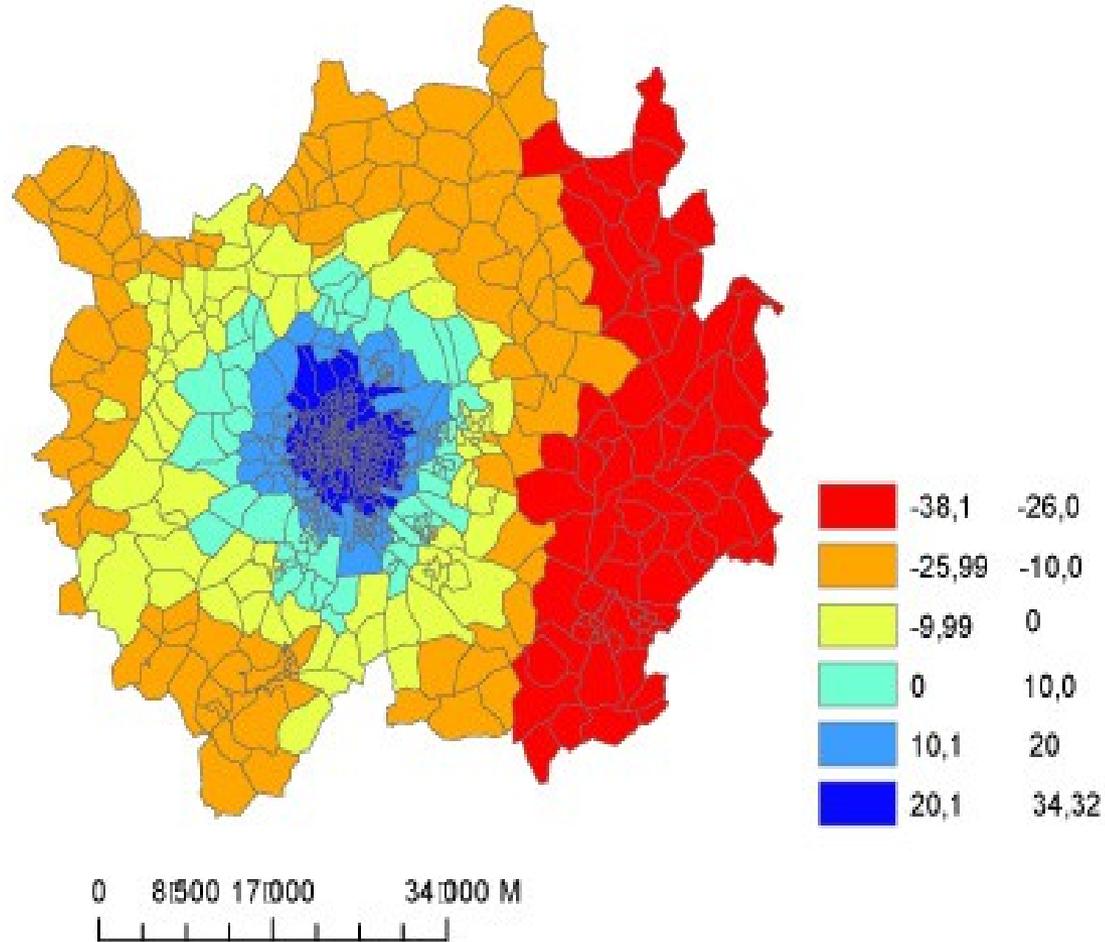
Numéro de test	21	22	23	24	25	26
Nombre d'emplois	Estimé pour l'année 2030					
Considère t-on la rocade ?	Non					
Capacité minimale d'emplois	Nombre d'emplois estimé pour l'année 2030 x 0,5 (50%)					
Capacité maximale d'emplois	Nombre d'emplois de 2010 +50%			Population de 2030		
Temps intra-Iris ?	Calculé					
Modification de temps	-	+15%	+30%	-	+15%	+30%
Accessibilité	122.55	114.6	107.28	122.55	114.6	107.28
Accessibilité après relocalisation optimale	148.31	139.14	130.67	152.63	143.37	134.76
Gain par relocalisation	21,01%	21,41%	21,79%	24,54%	25,11%	25,61%

Numéro de test	27	28	
Nombre d'emplois	Estimé		
Considère t-on la rocade ?			
Capacité minimale d'emplois	Nombre d'emplois de		
Capacité maximale d'emplois	Nombre d'emplois de		
Temps intra-Iris ?			
Modification de temps	-	+15%	
Accessibilité	124.92	117.07	
Accessibilité après relocalisation optimale	151.01	141.98	
Gain par relocalisation	20,88%	21,26%	

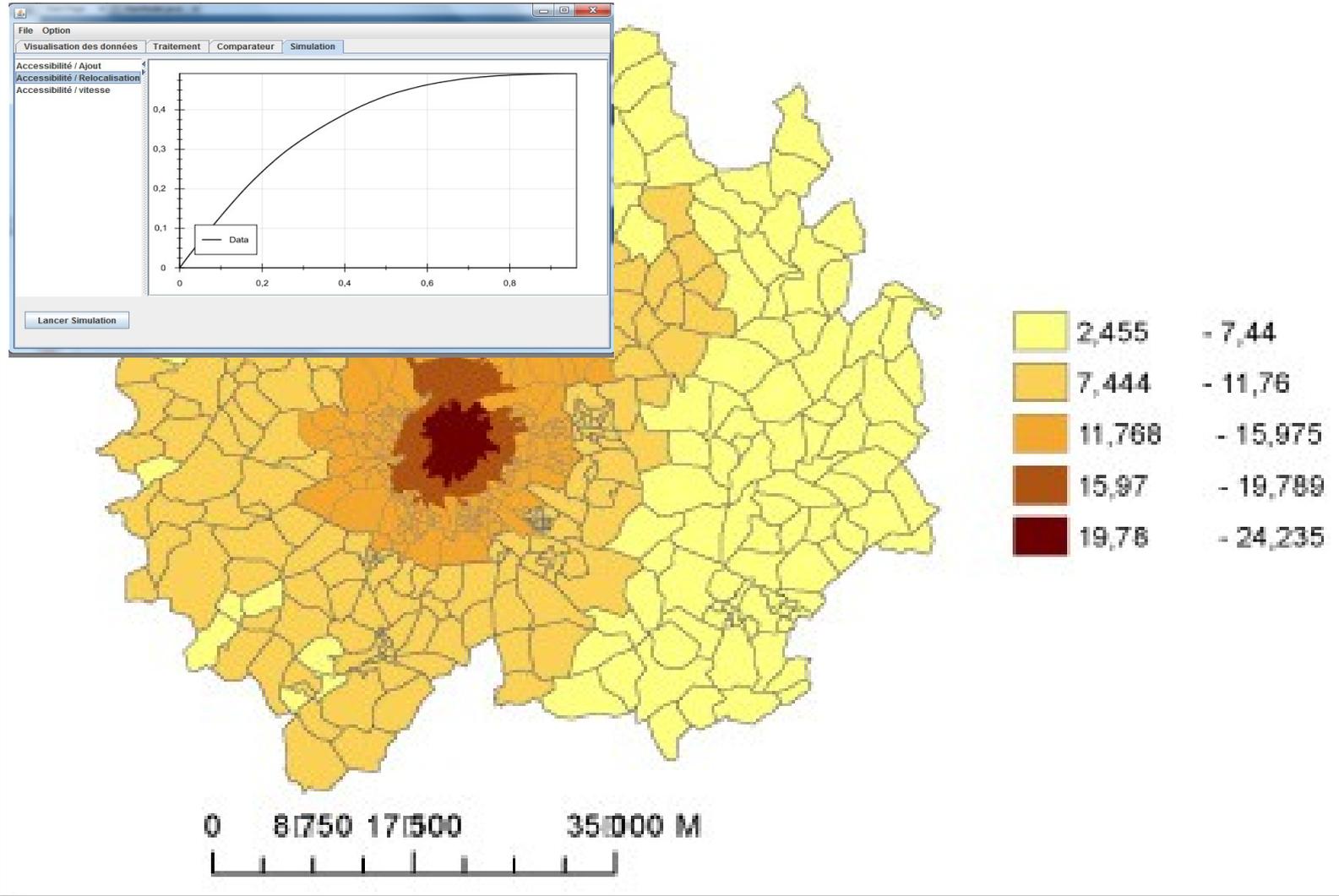


Rôle relatif de la vitesse

% évolution accessibilité 2030 avec relocalisation - Accessibilité 2030 sans relocalisation



% d'évolution de l'accessibilité entre 2010 et 2010 avec relocalisation de 97738 emplois permettant d'atteindre l'accessibilité moyenne de 2030 avec ADS



97700 emplois localisés optimalement à 2010 pour atteindre l'accessibilité ADS

Pas de proportionnalité entre % de relocalisation et accroissement de l'accessibilité

Des relocalisations qui privilégient le centre car

- le centre reste plus accessible (poids de la géométrie euclidienne)
- effet de bord
- effet de découpage (Iris de taille variable)

Limiter « l'effet centre »

- élargir la collecte des données
- un découpage homogène
- changement de définition de l'accessibilité à maximiser

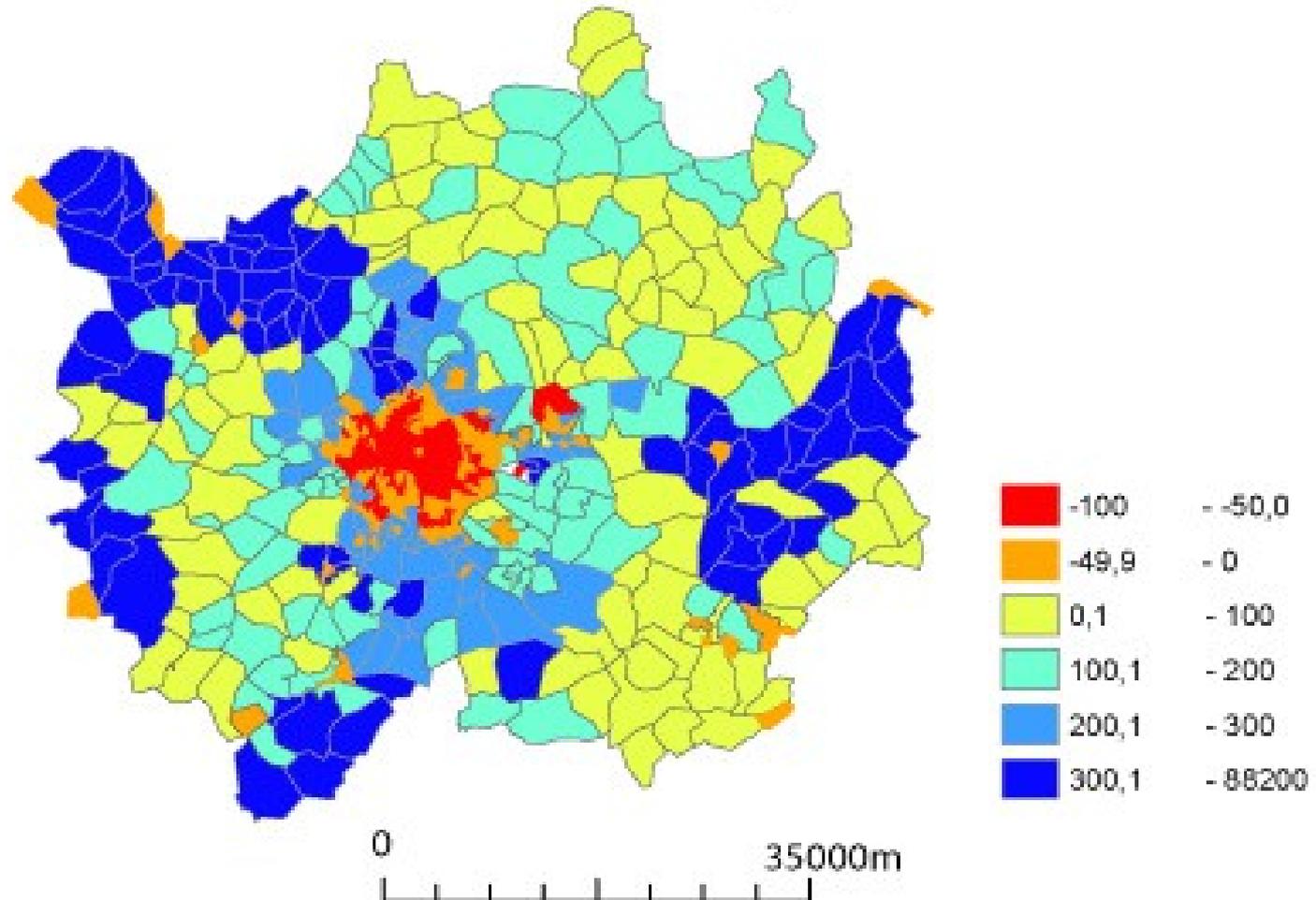
Tenir compte des populations en présence : maximiser l'accessibilité pondérée par la population = maximiser la population ayant un bon niveau d'accessibilité

Corriger l'effet du découpage : maximiser l'accessibilité pondérée par la surface = faire en sorte que chaque m² de surface bénéficie du meilleur niveau d'accessibilité

	Accessibilité avant la relocalisation	Accessibilité après la relocalisation	Gain	Gain pour cette relocalisation calculé pour l'accessibilité gravitaire standard	taux de relocalisation de l'emploi
Maximisation de l'accessibilité moyenne	1,2255 *10 ⁶	1,48 *10 ⁶	21%	21%	24%
Maximisation de la population 2030 ayant un bon niveau d'accessibilité (accessibilité pondérée par la population des IRIS)	186637713	226654029	21,44%	15,80%	23%
Maximisation de "l'accessibilité surfacique" (accessibilité pondérée par la surface des IRIS)	68387138	83288928	21,80%	-8,70%	18%

Changer la nature de l'accessibilité à maximiser impacte fortement les relocalisations

% évolution de l'emploi entre la maximisation de l'accessibilité surfacique et la maximisation de l'accessibilité gravitaire



Conclusion

Un outil exploratoire articulante : localisation, vitesse pour faire de « l'accessibility planning »

Un outil pour approche complémentaire de l'évaluation des infrastructures de transport = savoir comment s'en passer...

L'accessibilité : une affaire de géographie plus que de transport :
effet des localisations > effet de la vitesse

Suite :

- Evaluer le coût des relocalisations
- tenir compte du coût de relocalisation propre à chaque IRIS (cf coût foncier) pour l'intégrer comme contrainte dans le processus de relocalisation
- relocaliser pour minimiser la variance des situations = logique d'équité

Vitesse *versus* relocalisations pour quelle accessibilité ?

L'exemple de l'anneau des sciences dans le Grand Lyon

Cyrille Genre-Grandpierre, UMR ESPACE Université d'Avignon

Cyril Sahuc, Serigne Gueye, LIA Université d'Avignon

Aurélie Mercier, Nicolas Ovtracht, Yves Crozet, LET, Lyon



REGARDS CROISES SUR LE DEVELOPPEMENT DES SOLUTIONS DE VEHICULE PARTAGE : QUELLE PERTINENCE DANS LE CHOIX MODAL ?

CHEVALIER Amandine – docteur ès sciences économiques
Laboratoire d’Economie des Transports, Université de Lyon
chevalieramandine@ymail.com

LAROCHE Florent – docteur ès sciences économiques
Laboratoire d’Economie des Transports, Université de Lyon
Florent.laroche@let.ish-lyon.cnrs.fr

Résumé :

Ce papier propose une approche nuancée des solutions de véhicule partagé en France. L’analyse est menée à deux échelles, locale et interurbaine, afin de distinguer leurs impacts dans la chaîne de mobilité. Effet de mode ou véritable évolution dans les comportements de déplacement, nous interrogeons la pertinence économique de ces nouvelles mobilités au regard des fondamentaux du choix modal en économie des transports à savoir le coût et le temps.

Mots-clés : véhicule partagé, covoiturage, autopartage, vitesse généralisée, choix modal

Introduction

L’usage du véhicule partagé est déjà ancien. Le concept est né aux Etats-Unis dans les années 70 suite à la crise pétrolière (Massot, 1998) pour se décliner principalement à travers l’autopartage (« car sharing ») et le covoiturage (« car pooling »). Il s’est institutionnalisé dans de nombreux pays (Pays-Bas, Angleterre, etc.) notamment dans le cas des trajets domicile-travail. Hormis ces déplacements pendulaires et de courte distance, la pratique est longtemps restée anecdotique et se résumait au traditionnel autostop, solution aléatoire et parfois risquée.

L’arrivée du numérique et la création de plateformes spécialisées dans la mise en relation des individus semble être en passe de modifier cette pratique, transformant un moyen de déplacement marginal en un phénomène de masse. Le principe repose sur le partage d’un véhicule pour un déplacement sur moyenne ou longue distance, la répartition des frais étant réalisée sur la base du coût d’usage du véhicule (essence et péages).

Le site de covoiturage français, BlaBlaCar, illustre cette tendance. Il revendique près de 600 000 voyageurs par mois¹ et a levé 73M€ en juillet 2014 confirmant l’intérêt des investisseurs pour son activité. Le succès de cette plateforme repose sur sa capacité à créer de la valeur ajoutée à partir de la mise en relation de l’offre et de la demande en transport dans un climat de confiance. La confiance se décline à la fois dans le système de paiement (en ligne et sécurisé) mais aussi dans le système de contrôle des usagers (fiches et évaluations).

¹ <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2014/07/02/01007-20140702ARTFIG00202-covoiturage-le-francais-blablacar-fait-une-leeve-de-fonds-de-73-millions-d-euros.php>

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Ce succès apparent ainsi que la multiplication d'offres similaires invitent à s'interroger sur la pratique du véhicule partagé, plus précisément sur les raisons de son développement ainsi que sur sa pérennité. Effet de mode ou véritable évolution dans les comportements de déplacement, nous proposons d'interroger ces pratiques à travers le prisme de leur pertinence économique au regard des fondamentaux du choix modal en économie des transports à savoir les coûts et temps.

Du point de vue de la littérature académique, on constate qu'il existe relativement peu de publications proposant une analyse économique de ces pratiques. Dans l'ensemble, la plupart se focalisent sur l'autopartage essentiellement limité aux solutions de courte distance urbaines (Barth & Shaheen, 2002 ; Feitler, 2003 ; Massot, 2003 ; Cordier, 2009).

Notre papier propose une approche nuancée du véhicule partagé en France. L'analyse est menée à deux échelles, locale et interurbaine, afin de distinguer ses impacts dans la chaîne de mobilité.

Cette démarche s'appuie sur le croisement de deux travaux de thèse qui, dans leurs conclusions, invitent à nuancer la pertinence de ces solutions de partage que ce soit dans les déplacements interurbains ou régionaux. Ainsi, l'automobile personnelle ne serait pas morte à l'échelle locale et la numérisation de l'économie aurait pour effet de revaloriser ce mode, à travers un usage partagé, jusqu'à remettre en cause des modes jugés efficaces dans leur domaine de pertinence (TGV sur longue distance).

Nous proposons dans un premier temps de rappeler le contexte de l'émergence des nouvelles mobilités. Nous présentons ensuite les méthodes et résultats d'analyse des choix modaux, en local et interurbain. Une dernière partie discute les résultats. Elle montre que la voiture partagée ne semble pas pouvoir concurrencer la voiture personnelle ou les transports en commun en local pour des raisons pratiques. Mais loin d'être seulement une solution de crise, ces solutions ont une pertinence dans le panel modal et bénéficient de la crise d'autres modes dont le ferroviaire dans le cas des trajets interurbains.

I. Le véhicule partagé : une innovation organisationnelle

La mobilité est aujourd'hui marquée par un foisonnement d'offres nouvelles, notamment celles concernant l'usage automobile. Ainsi, nous assistons à une multiplication des formes d'usage de la voiture. Sur la base de deux comportements clairement identifiés que sont le covoiturage et l'autopartage, il est possible d'imaginer une multitude de recours possibles à une voiture (ou autre type de véhicule) non possédée à laquelle nous faisons référence à travers le concept de véhicule partagé. Le covoiturage correspond au partage d'un trajet avec plusieurs personnes dans le véhicule de l'une d'entre elle. L'autopartage quant à lui consiste en de la location de véhicules en libre-service (autopartage public) ou entre particuliers (autopartage privé). Le véhicule partagé peut donc être un simple recours au covoiturage, à l'autopartage ou encore à une forme hybride (trajet partagé dans un véhicule en autopartage). Quel que soit le mode d'usage, le véhicule partagé se distingue de la voiture personnelle dans la mesure où il n'est pas possédé par son ou ses usagers (hors conducteur dans le cas du covoiturage), et constitue donc, en cela, une véritable innovation organisationnelle.

Ce type de comportement, encore marginal, a fait l'objet de peu d'enquêtes et d'études. Nous proposons ici des données de cadrage, quelques références, ainsi qu'une description du contexte dans lequel le véhicule partagé se développe. Pour des raisons de disponibilité des données et de significativité des comportements observés, nous centrons l'analyse principalement sur le covoiturage.

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Une nouvelle pratique en plein essor

Les données sur l'usage du véhicule partagé en France sont relativement rares et peu fiables. Une étude réalisée dans le cadre du PREDIT (Cordier, 2009) propose un aperçu de la pratique de l'autopartage en France mais son échantillon ne différencie qu'imparfaitement le covoiturage sur les relations courte distance et longue distance. Selon l'étude, le potentiel de développement de la pratique est « très élevé » en raison de la sous-utilisation d'une grande partie du parc automobile (17 millions de voitures parcourent moins de 10 000km/an), d'un réservoir d'individus non motorisés (11 millions de ménages ont moins d'une voiture par adulte) et d'un coût élevé de la voiture (coût complet évalué à 0,28€/km). L'étude estime en 2008 le nombre d'usagers réguliers entre 35 000 et 70 000 personnes.

Concernant le covoiturage, la principale source de données peut être jugée moins fiable dans la mesure où elle provient directement du site BlaBlaCar, leader du marché en France. Créée en 2006, la plateforme revendique 20 millions de membres en 2015 et une croissance de 200%/an². Un débat peut avoir lieu sur la différence entre le nombre d'inscrits et le nombre réel d'utilisateurs réguliers mais deux constats permettent de valider indirectement ces données.

En premier lieu, le président de la SNCF identifie désormais BlaBlaCar comme un concurrent intermodal direct lorsqu'il déclare : « *Savez-vous que Blablacar, le leader européen du covoiturage, fait aujourd'hui chaque mois 600.000 voyageurs ? C'est déjà plus de 5 % du nombre de trajets vendus par SNCF Voyages ! Et qu'Avis a racheté pour 500 millions de dollars le leader américain de la voiture partagée ? Voilà nos nouveaux concurrents* »³. Il sera néanmoins intéressant de discuter par la suite si ce manque à gagner est le résultat d'une demande latente non exprimée par le ferroviaire ou une véritable capture d'une partie de son marché.

En second lieu, selon les données de l'Observatoire des Mobilités et Arbitrages Automobiles (OMA) du BIPE⁴, la part des Français déclarant pratiquer le covoiturage est passée de 7% en 2010 à 14% en 2013. Plus précisément, le covoiturage domicile-travail concernait 3% de la population en 2010 puis 7% en 2013, le covoiturage régulier pour d'autres motifs représentait respectivement 3% puis 7%, et le covoiturage pour les week-ends et les vacances 3% puis 6%. Par ailleurs, l'intérêt porté au covoiturage a progressé sur la période, tandis que la part des personnes ne connaissant pas la pratique a été très largement réduite (en 2013, seuls 3% des personnes interrogées ne connaissaient pas le covoiturage). En outre, les résultats de l'OMA montrent que le covoiturage peut être organisé de différentes façons : il est majoritairement pratiqué avec des voisins ou des connaissances (70% en moyenne), via un site Internet pour 15% des répondants et grâce à un service proposé par l'entreprise pour moins de 5%. Ces derniers chiffres montrent bien qu'Internet ne capte qu'une partie des trajets réalisés en covoiturage et que ce dernier ne se limite pas aux annonces proposées par le leader du marché « BlaBlaCar » qui par ailleurs propose essentiellement des trajets plus ou moins longue distance. L'autopartage, qu'il soit public ou privé, concerne moins de 1% des Français (OMA, BIPE).

Peu de littérature pour expliquer ce phénomène

Comme pour les données, la littérature est relativement rare dans le domaine du véhicule partagé. L'essentiel de la littérature académique produite en France comme à l'étranger porte sur les solutions d'autopartage en milieu urbain ou rural selon le principe de la location de courte durée (de

² <https://www.covoiturage.fr/blog/qui-sommes-nous>, consulté le 7 mai 2015

³ Steinman L., 2013. Guillaume Pepy imagine la SNCF de demain. Les Echos, 27/09/2013, p2.

⁴ Mené tous les semestres sur un échantillon représentatif de la population française d'environ 1500 personnes

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

type Autolib'). Massot (1998) distingue le « car-pooling » du « car-sharing ». Elle renvoie le premier terme au concept de covoiturage dont elle note l'émergence dans les années 70 aux Etats-Unis. Elle l'associe à la crise énergétique et principalement à la mobilité domicile-travail. Néanmoins, l'essentiel de son papier porte sur le concept de « car-sharing » et propose une revue des différentes expériences menées dans le monde au début des années 2000. L'étude de Feitler (2003) s'inscrit dans la même approche et discute de la pertinence des solutions d'autopartage (car-sharing) en milieu urbain. Elle note que cette pratique est « *de loin l'innovation la plus répandue* » et permet aux collectivités d'apporter une solution aux problèmes de congestion en ville. Elle recommande par conséquent le soutien public à ces solutions dont elle reconnaît en 2003 que le marché reste « marginal ».

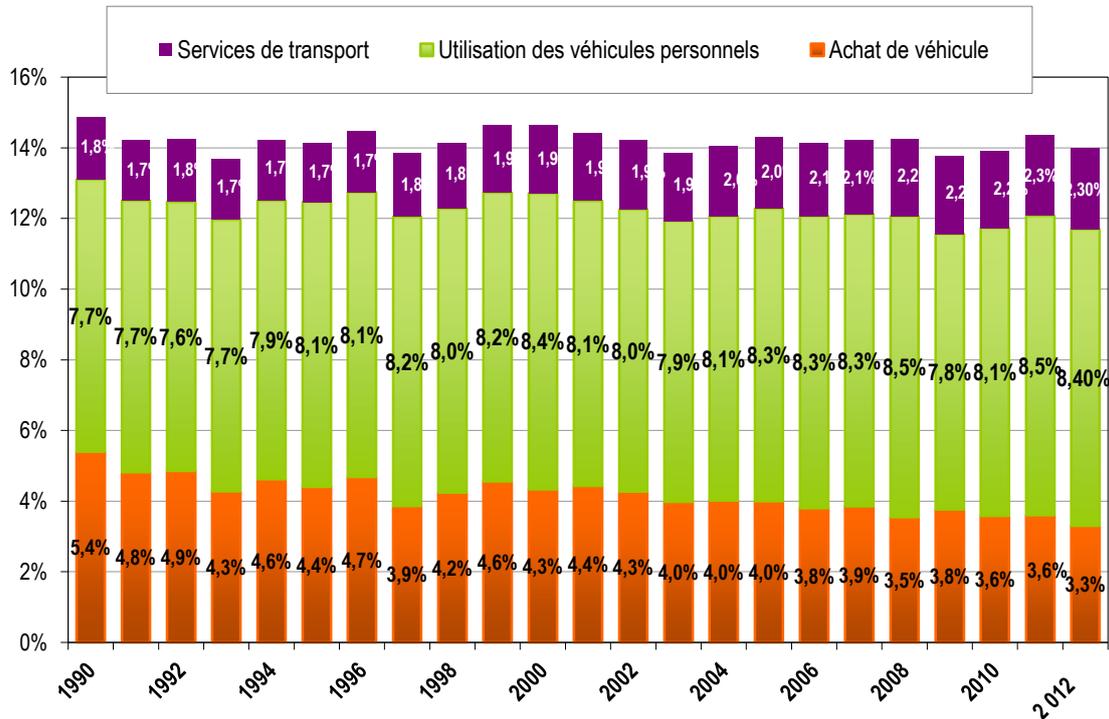
Enfin, l'étude menée par Cordier (2009) distingue le covoiturage (« *utilisation d'un véhicule par plusieurs personnes* ») des services d'autopartage de type Autolib'. Cependant, il décrit les utilisateurs de covoiturage comme des personnes « militantes » ou « associatives » et leur pratique du covoiturage s'apparente plus à la mise en commun régulière d'un véhicule avec des personnes connues pour des déplacements quotidiens et sur courte distance qu'à la solution développée par BlaBlaCar pour des trajets ponctuels, sur longue distance et sans connaissance des personnes.

Par conséquent, la situation en 2015 semble s'éloigner fortement de ces études et mérite de s'attarder sur les causes du développement du covoiturage.

Changement de comportements face à la contrainte budgétaire

Le pic pétrolier de 2008 peut être désigné comme un révélateur de ces nouvelles pratiques sur fond de stagnation économique depuis 2011. Sans en être l'unique cause, il a certainement contribué à une prise de conscience concernant le coût de la mobilité en général et de l'automobile en particulier, et a permis de révéler des tendances déjà en germe de longue date dans la société française. Chevalier (2014) montre que l'évolution du budget transport des ménages de 1990 à 2012 a vu les parts allouées aux services de transport et à l'utilisation des véhicules personnels s'accroître au détriment de celle dédiée à l'achat (figure 1). L'inflexion, bien que marginale, est sensible à partir du début des années 2000 et semble se confirmer depuis.

Figure 1 - Evolution de la part des dépenses de transport des ménages français entre 1990 et 2012



Source : d'après Eurostat

Par conséquent, la thèse d'une déconnexion entre usage et propriété d'un véhicule serait de plus en plus réaliste d'après Chevalier (2014). Elle est d'ailleurs renforcée par plusieurs phénomènes convergents. Tout d'abord, la mobilité stagne et pose la question d'un « peak travel » (Millard-Ball et Schipper, 2010). Dans les grandes villes, la part de la voiture se réduit (d'après les Enquêtes Ménages Déplacement menées dans les principales villes françaises). D'autre part, les kilométrages annuels moyens parcourus en voiture diminuent année après année (CGDD/SOeS, juillet 2013). Enfin, plus de 80% des ménages français sont aujourd'hui équipés d'au moins un véhicule et cette proportion reste stable depuis le début des années 2000 (INSEE⁵). On parle donc ici d'un « peak car » (Goodwin, 2010-2011).

Ainsi, le développement de nouveaux services de mobilité portés sur l'usage et non la propriété d'un véhicule semblent s'inscrire en logique de ces tendances et répondre à une véritable demande.

Le développement des TIC vecteur de solutions performantes pour le partage

Les TIC ont certainement aussi joué un rôle primordial dans l'essor du covoiturage. Sur un principe similaire à celui des sites de rencontre, BlaBlaCar propose une plateforme de mise en relation directe entre l'offre et la demande en mobilité ponctionnant sa rémunération à partir des transactions effectuées sur le site. Les utilisateurs possèdent chacun un compte auquel est lié un profil délivrant les informations essentielles sur leur âge, sexe et un ensemble de préférences (fumeur, aime bavarder, accepte les animaux, etc.). Ainsi, en sécurisant les moyens de paiement et en mettant en place un système de contrôle et d'identification des utilisateurs, BlaBlaCar a transformé une activité qui relevait de l'acte militant/communautaire en un acte de consommation de masse. Les avantages

⁵ http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=T10F062

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

sont multiples que ce soit en termes de prix (partage des frais), d'horaire ou de destination dans la mesure où la demande et l'offre convergent en grande partie.

Par conséquent, les possibilités de mise en relation offertes à moindre coût par le numérique associées à une utilisation usuelle d'Internet ont très certainement contribué à transformer une activité jusqu'à présent marginale et souvent dénigrée en un véritable mode alternatif et crédible.

En conclusion, cet état des lieux pose un paradoxe au regard de la théorie traditionnelle en économie des transports. Le développement du véhicule partagé, notamment sur des trajets longue distance semble remettre en cause l'idée que les gains de temps ont une valeur plus importante que le coût de déplacement.

II. Une méthode duale pour distinguer la mobilité locale de la mobilité interurbaine

La méthode est fondée sur la confrontation de deux démarches de recherche publiées sous la forme de thèses fin 2014. La thèse de Chevalier (2014) propose une modélisation des choix modaux pour les déplacements quotidiens locaux (<80km) à partir des principaux déterminants socio-économiques, dont les coûts et temps de transport. L'originalité de son approche repose sur la distinction entre voiture personnelle et véhicule partagé. A partir d'observations passées (données de l'Observatoire des Mobilités et Arbitrages Automobiles, BIPE, 2010), un modèle de choix est utilisé afin de réaliser des projections des parts modales à horizon 2020. Orientée demande, cette thèse s'inscrit en miroir des travaux de Laroche (2014). Sa thèse s'intéresse aux déterminants de l'offre en transport au travers des coûts de production. L'analyse est appliquée au cas de l'axe Paris-Lyon où l'impact des coûts de production est testé sur la répartition modale pour les déplacements interurbains à partir de la notion de vitesse généralisée (Héran 2009 ; Crozet & Château, 2014).

L'objet de cette partie est donc de présenter les méthodes utilisées pour analyser les choix modaux, à savoir la modélisation logit concernant la mobilité quotidienne locale, et le concept de vitesse généralisée concernant les déplacements inter-urbains.

Le modèle logit pour modéliser les choix modaux observés

De manière générale, la décision unique d'un individu parmi plusieurs alternatives non ordonnées est modélisée à travers les modèles logit multinomiaux. Ces modèles, de type probabiliste, permettent de prédire la probabilité d'usage des modes de transport par les individus en fonction de différents déterminants. Ces derniers peuvent décrire les individus qui choisissent (variables socio-démographiques) ou bien les caractéristiques propres aux différents modes de transport (coût et temps typiquement).

Pour faire écho à la théorie microéconomique du consommateur dans laquelle les individus maximisent leur utilité sous contrainte budgétaire, nous nous concentrons ici sur la modélisation des choix modaux selon le coût et le temps de transport. Ainsi, l'individu i compare les niveaux d'utilité associés aux différents modes de transport et choisit celui qui maximise son utilité parmi les j choix.

Pour l'individu i , l'utilité du choix j est :

$$U_{ij} = f(\beta X_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Où β est un vecteur de paramètres inconnus, X_{ij} un vecteur de caractéristiques propres aux différents choix (coût et temps) et ϵ_{ij} un terme d'erreur aléatoire.

Enfin, comme les modèles logit multinomiaux reflètent la maximisation de l'utilité des individus, la probabilité que l'individu i choisisse l'alternative j correspond à la probabilité que l'utilité de j soit supérieure à celle associée à tous les autres modes. Par exemple, pour $j=0$:

$$\text{Prob}(y_i=0)=\text{Prob} (U_{i0} > U_{i1}, U_{i0} > U_{i2}, \dots U_{i0} > U_{im}) \quad (2)$$

En conclusion, le choix de l'individu se porte sur le mode ayant la probabilité la plus élevée.

Ce type de modèle a été utilisé afin d'expliquer le choix modal des ménages français sur la base de données d'enquête (OMA, BIPE).

Le concept de vitesse généralisée : relativiser la vitesse

L'évaluation de la pertinence du véhicule partagé à l'échelle interurbaine est réalisée à partir du concept de vitesse généralisée. Il permet de mesurer la différence entre la vitesse réelle d'un mode de transport et l'utilité que peut en retirer un usager (vitesse généralisée ou ressentie). Elle est définie par le rapport entre revenu des usagers et prix du service de transport.

Ce concept présente l'intérêt de relativiser l'utilité de la vitesse (gain de temps) selon le revenu des usagers qui traduit indirectement leur valeur du temps. Il revient donc à simplifier le calcul du coût généralisé (C_g)⁶ en remplaçant l'évaluation parfois incertaine de la valeur du temps associée aux usagers par leur niveau de revenu.

D'un point de vue formel, la notion de « vitesse généralisée » (V_g) exprime la relation entre la vitesse moyenne (v), la valeur du temps exprimée par le salaire horaire (w) et le prix payé par l'utilisateur exprimé par le coût kilométrique du service pour l'utilisateur (k). Crozet & Château (2014) notent que lorsque v tend vers l'infini, la vitesse généralisée varie comme le rapport entre k et w . L'équation s'écrit de la manière suivante (Héran, 2009) :

$$V_g = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{k}{w}}$$

A partir de cette formule, Illich (1975) et Dupuy (1975) ont mis en évidence les limites sociales de la vitesse. Crozet & Château (2014) montrent que si en vitesse absolue le Concorde était effectivement à la pointe parmi les modes de transport, sa vitesse relative (rapportée au prix du billet) était en 2000 de l'ordre de 6km/h pour un smicard soit « *guère plus que la marche à pied* ».

On propose d'appliquer cette notion aux services de transports de voyageurs disponibles sur l'axe Paris-Lyon. Pour ce faire, on distingue deux modes de transport (routier et ferroviaire) ainsi que différents types de service aux tarifications différentes (autocar, covoiturage, etc.).

⁶ $C_g = Vt \times T + P$ où Vt est la valeur du temps pondérée par le temps déplacement (T) offert par le service plus le prix à payer pour utiliser le service (P).

III. Des résultats nuancés selon l'échelle et la fréquence des besoins de déplacement

Les résultats sont nuancés en fonction des méthodes d'analyse retenues. Le modèle logit est alloué à la mobilité locale et quotidienne tandis que la vitesse généralisée s'applique aux trajets interurbains et ponctuels. Pour les deux types de mobilité, les résultats valident la pertinence des solutions de véhicule partagé dans le choix modal en termes de coût et de temps. Pourtant, ils restent encore marginaux dans les déplacements quotidiens. Par ailleurs, les résultats mettent en évidence l'accroissement du surplus des usagers notamment dans le cas des longues distances où le covoiturage offre une solution performante pour l'expression d'une demande imparfaitement satisfaite par le train et les autres solutions routières.

Mobilité locale et quotidienne : prédominance de la voiture personnelle à l'horizon 2020

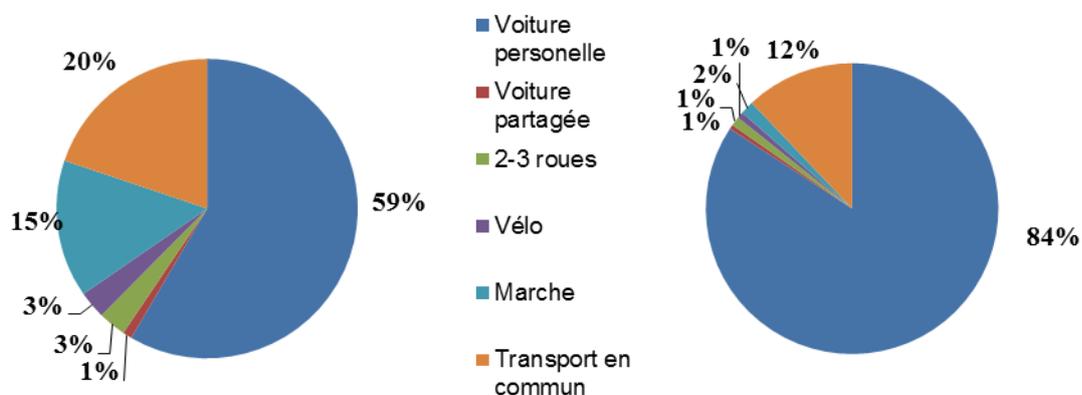
Afin d'expliquer les choix modaux des ménages français, nous nous sommes principalement basés sur un échantillon (représentatif de la population française) de 1413 personnes interrogées en octobre 2010 dans le cadre de l'Observatoire des Mobilités et Arbitrages Automobile (OMA) du BIPE.

La variable à expliquer est le choix du mode de transport principal utilisé un jour de semaine normal. Il comporte six modalités : voiture personnelle, voiture partagée, 2-3 roues motorisé, vélo, marche, transports en commun. La voiture partagée fait référence à une voiture louée (en autopartage) ou de et avec quelqu'un d'autre, c'est-à-dire en covoiturage (davantage d'observations que pour l'autopartage).

En outre, nous nous intéressons à la mobilité locale, c'est-à-dire aux déplacements à moins de 80 km du domicile.

La répartition modale de l'échantillon en 2010 est décrite dans la figure 2. Près de 60% des individus utilisent la voiture personnelle qui est le mode de transport principal pour les déplacements quotidiens des ménages français. Ainsi 84% des distances quotidiennes sont parcourues en voiture personnelle. Les transports en commun sont le second mode utilisé (près de 20% des individus pour parcourir 12% des distances), suivis de la marche (près de 15% des déplacements). Enfin, les 2-3 roues motorisés et le vélo sont utilisés pour près de 3% des déplacements tandis que seulement 1% des déplacements sont réalisés en voiture partagée pour parcourir seulement 1% des distances.

Figure 1 – Répartition modale de l'échantillon (a) parmi les déplacements et (b) les passagers-kilomètres en 2010



Source : Calculs d'après OMA, BIPE (2010)

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Cette répartition est modélisée à partir des caractéristiques propres aux différents modes de transport : coûts et temps. Ces variables ont fait l'objet d'hypothèses présentées ci-dessous. La dépense supportée par le voyageur pour les transports en commun en France a été calculée pour la Fédération Nationale des Usagers des Transports (Beauvais consultants, 2012). En outre, les coûts associés à la voiture personnelle et au deux-roues motorisé correspondent aux montants retenus par l'administration fiscale pour la déduction des frais réels sur les impôts sur le revenu. Concernant le véhicule partagé, nous lui attribuons la moitié du coût de la voiture personnelle. Il s'agit d'une approximation entre le covoiturage concernant deux personnes ou plus (dans ce cas le coût du véhicule partagé peut être divisé par plus de deux) et l'autopartage dont le prix est généralement supérieur à la moitié du coût de la voiture personnelle. Les coûts associés à la marche et au vélo sont nuls. Enfin, le temps nécessaire à chaque mode de transport pour réaliser un trajet a également été pris en compte afin d'expliquer les raisons du choix. Il a été calculé à partir de la distance à parcourir et de la vitesse moyenne associée à chacun des modes (ces deux variables étant celles observées en moyenne lors de la vague d'octobre 2010 de l'OMA). Pour l'année 2010, les hypothèses retenues pour les coûts et temps associés aux différents modes de transport sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 – Hypothèses sur les coûts associés aux différents modes de transport (dépenses par voyageur en centimes€/km)

Mode	Coût (centimes€/km)	Vitesse moyenne (en km/h)
Voiture personnelle	53	42
Véhicule partagé	27	42
2-3 roues motorisé	33	42
Vélo	0	23
Marche	0	8
Transports en commun		33
Ile-de-France	11	
Villes de province	13	
TER	6	

Source : Beauvais consultants (2012), impôts.gouv.fr (consulté en juin 2013), calculs d'après OMA, BIPE, novembre 2010

Outre les coûts et temps de transport associés à chaque mode, nous introduisons également des constantes spécifiques à chacun d'eux afin de prendre en compte leurs caractéristiques propres difficilement captées par ailleurs (le confort notamment).

Le tableau 2 montre que les paramètres associés aux constantes sont tous négatifs ce qui confirme la préférence pour la voiture personnelle par rapport à tous les autres modes, pour son confort, sa flexibilité...

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Tableau 2 – Paramètres estimés et odds ratio du modèle logit conditionnel

Variable	Paramètres estimés	Odds ratio
Cs_VP_partagée	-4.2787*** (0.2931)	0.014
Cs_moto	-2.1629*** (0.1711)	0.042
Cs_vélo	-2.6704*** (0.1585)	0.069
Cs_marche	-0.4331*** (0.1155)	0.649
Cs-TC	-0.9830*** (0.0710)	0.374
Coût	-0.0016** (0.0008)	0.998
Temps	-0.0055*** (0.0007)	0.994
Nombre d'observations	1413	
Log-vraisemblance	-1573	
ρ^2 de McFadden	37.89	
Indicateur d'Estrella	81.57	

La catégorie voiture personnelle/d'entreprise est la référence

Ecart-type entre parenthèse

**** : significatif au seuil de 1% ; ** : significatif au seuil de 5% ; * : significatif au seuil de 10%-*

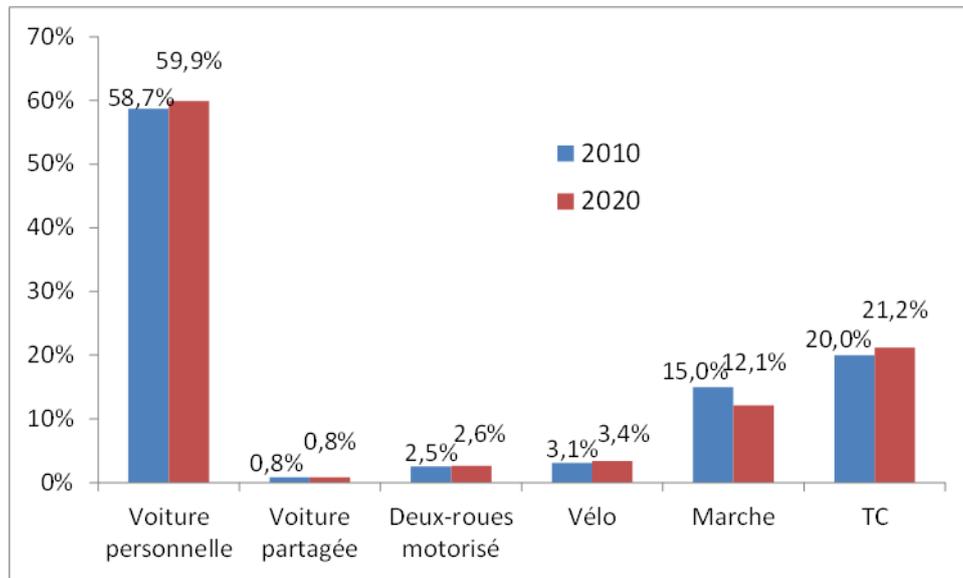
Les paramètres associés aux variables de coût et temps sont négatifs⁷. Ces résultats confirment l'hypothèse que la mobilité est désincitée par des coûts et temps de transport trop élevés. Or, le véhicule partagé présente *a priori* un temps de déplacement identique à celui de la voiture personnelle, mais en revanche un coût inférieur. Par conséquent, elle devrait être préférée à celle-ci. Cependant, moins de 1% des Français choisissent le véhicule partagé pour se déplacer au quotidien tandis que plus de 60% d'entre eux se déplacent en voiture personnelle. En outre, les prévisions réalisées à horizon 2020 à partir d'hypothèses d'évolution tendancielle des variables explicatives montrent que l'usage du véhicule partagé ne devrait pas se développer pour les déplacements quotidiens locaux (figure 3). Ces résultats traduisent la lenteur des changements de comportements. Ils mettent également en évidence le fait que les caractéristiques propres à la voiture personnelle sont davantage déterminants que le coût avantageux de la voiture partagée. Malgré sa pertinence d'un point de vue économique, cette dernière pourrait rencontrer des difficultés pour s'imposer dans la palette des choix modaux quotidiens pour des raisons pratiques.

⁷ Le modèle est estimé à l'aide du logiciel SAS 9.4 et grâce aux procédures logistic et Mdc

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Figure 2 – Evolution des parts modales en France entre 2010 et 2020



Source : Chevalier (2014), projection d'après l'OMA, BIPE (2010)

Mobilité interurbaine et ponctuelle : le retour de l'automobile

Le périmètre d'étude est délimité par le trajet Lyon-Paris pour un vendredi soir de semaine travaillée en période de pointe. La solution de véhicule partagé est comprise dans l'ensemble routier qui regroupe également le bus (type IDbus) et la voiture personnelle. Elle est confrontée au transport ferroviaire où on distingue trois types de tarification pour le TGV (TGV 2^{nde}, TGV 2^{nde} à 50% et TGV Prem's) et un type de tarification pour le service TER (2^{nde}) proposé entre Lyon Part-Dieu et Paris Bercy.

Tableau 3 – Hypothèses retenues pour le calcul de la vitesse généralisée

Variable	TGV 2nde	TGV 2nde (50%)	TGV Prem's	Voiture	véhicule partagé	Bus	TER 2nde
Distance (km)	512	512	512	465	465	465	512
Temps (min)	118	118	118	280	280	390	306
Vitesse (km/h)	260	260	260	99	99	71	100
Prix (€)	95	71	40	120	30	34	65
Coût kilométrique (€/km)	0,18	0,14	0,08	0,26	0,06	0,07	0,12

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Commentaires :

La distance et le temps de parcours retenus sont calculés de la gare de Lyon à la gare Part Dieu pour le train comme pour la voiture (données selon Google Maps).

Le prix du train est défini pour une période de pointe du vendredi soir (réservation trois mois à l'avance excepté pour le TER). L'option « Prem's » est à mettre entre parenthèse dans la mesure où il n'y avait pas d'offre pour la date test.

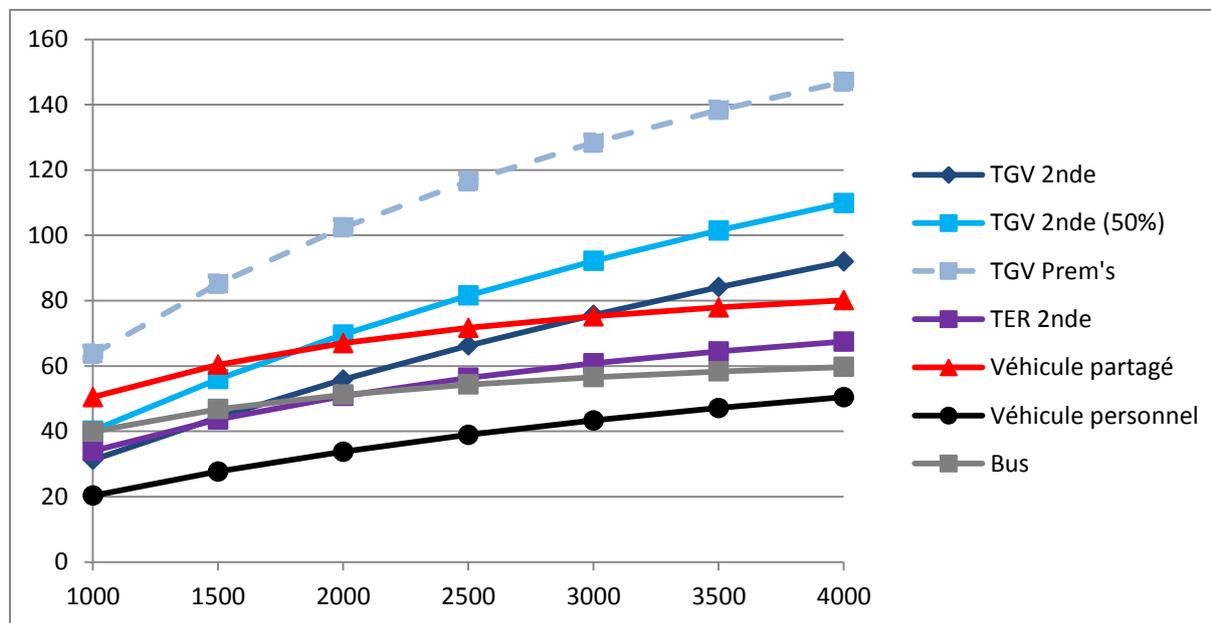
Les prix indiqués pour la voiture sont issus du prix moyen référencé sur le site de covoiturage « blablacar » pour un déplacement le vendredi soir à partir de 17h entre Paris et Lyon (réservation une semaine à l'avance).

Le prix et le temps de déplacement en bus sont issus de l'offre « IDbus » développée par la SNCF pour un trajet le vendredi soir de Paris vers Lyon à partir de 16h45 (réservation deux mois à l'avance).

Source : Laroche (2014)

Le tableau d'hypothèses révèle un avantage très net pour le mode ferroviaire en termes de temps de trajet en contre parti d'un coût kilométrique élevé par rapport au mode routier. Le covoiturage apparaît *a priori* comme la solution la moins coûteuse pour un temps de parcours raisonnable par rapport aux autres solutions routières. Cependant, l'offre Prem's présente le meilleur rapport coût/temps de trajet par rapport au mode ferroviaire mais aussi routier.

Figure 3 : Vitesse généralisée par type de service et selon le revenu net en euro en 2014



Source : Laroche (2014)

On lit en abscisse le niveau de revenu net perçu par les individus et en ordonné la vitesse généralisée pour chacun des services.

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

En premier lieu, on note une forte divergence entre la vitesse absolue de chacun des services et leur vitesse généralisée. Elle peut être interprétée comme leur capacité à offrir de la vitesse selon la disposition à payer des usagers. Ainsi, pour un revenu net de 1500 euros par mois, l'écart maximal constaté est de 1 à 6 pour le TGV contre seulement 1 à 3,5 pour la voiture. Ce résultat paraît contre-intuitif et montre que la solution du partage permet à la voiture de rester très compétitive sur l'axe Paris-Lyon malgré un temps de parcours *a priori* défavorable.

En second lieu, on observe des effets de seuil. La corrélation classique entre niveau de richesse et demande en vitesse paraît respectée (théorie des surplus). Hors option Prem's, la solution du covoiturage est la plus pertinente jusqu'à un revenu de 1500€. Au-delà, la compétitivité du train dépend de la fréquence d'utilisation. Pour un usager quotidien, l'obtention d'une réduction à 50% (carte jeune, senior, fréquence) rend la solution ferroviaire attractive. A l'inverse, pour un usager ponctuel, le mode ferré ne devient pertinent qu'à partir de 3000€ et peut donner lieu à différentes combinaisons de voyage (aller en covoiturage, retour en train, etc.). De manière générale, le revenu moyen étant en 2014 en France de 1899 euros net, le marché potentiel pour cette solution est potentiellement important pour les déplacements interurbains.

En troisième lieu, la solution automobile individuelle apparaît hors marché quel que soit le revenu tandis que la solution bus ne figure qu'en troisième position affichant un léger avantage par rapport à l'offre TER pour les bas revenus et ne conserve sa pertinence que jusqu'à un seuil de 1500€ de revenu. Comparé au véhicule partagé, le bus cumule deux désavantages : un coût au kilomètre et un temps de trajet légèrement supérieurs (respectivement 15% et 29%). Le temps de trajet résulte d'une réglementation plus rigoureuse en termes de temps de conduite pour les chauffeurs (absence de réglementation pour les automobilistes) tandis que l'interdiction de lignes exclusivement nationales pour les autocaristes conduit à un surplus tarifaire qui pourrait être résorbé sous l'effet de la loi « Macron ».

Enfin, il apparaît que la solution de covoiturage concurrence essentiellement le TGV sur les bas revenus (inférieurs à 2000€). Cette approche permet de trancher le débat en faveur d'une complémentarité entre TGV et covoiturage utile au consommateur. Le rapport coût/temps de trajet est maximisé dans le cas d'un revenu inférieur à 2000€. Au-delà, le TGV est compétitif notamment sur la 2nde classe à 50% qui s'adresse plutôt à des usagers réguliers porteurs de cartes de réduction (type abonnement fréquence). En conséquence, le covoiturage s'inscrit plutôt en complément de l'offre ferroviaire et permet *a priori* l'expression d'une nouvelle demande. Cette intuition reste à valider à travers une enquête déplacement approfondie sur l'axe Paris-Lyon.

IV. Discussion

Un commentaire général s'impose à propos de la comparaison des méthodes et résultats obtenus dans ce papier. L'analyse des déplacements quotidiens locaux est réalisée à partir d'une approche par la demande et sur des comportements réellement observés (données d'enquête). L'étude des trajets interurbains repose sur une approche par l'offre et montre ce que devraient être les choix modaux dans l'hypothèse de consommateurs rationnels (au sens purement économique). La confrontation des résultats est donc à nuancer et pourrait être consolidée par la réalisation d'une enquête sur les trajets interurbains. Cela ne remet pas pour autant en cause les enseignements tirés ici qui apportent un éclairage sur la pertinence économique du véhicule partagé comme raison nécessaire à son développement, mais peut être non suffisante à son recours comme mode dominant, bien qu'il permette en partie de révéler une demande latente.

Une préférence pour la voiture personnelle pas seulement économique

Le travail de modélisation logit est à nuancer sur deux points. En premier lieu, les résultats sont à relativiser dans la mesure où la modélisation repose sur une estimation des coefficients coûts et temps de transport générique sans distinction entre les différents modes de transport. On retient donc que, à l'échelle locale, le modèle anticipe une permanence des choix en faveur de la voiture personnelle et des transports en commun à l'horizon 2020. Surtout, le développement du véhicule partagé semble limité dans le cas de la mobilité quotidienne locale en raison de la multiplicité des motifs de déplacement. Cependant, la méthode utilisée pour mesurer ce déploiement ne permet pas de prendre en compte des phénomènes de diffusion ou encore des effets d'apprentissage. Les résultats obtenus pour les choix modaux lors des déplacements quotidiens locaux sont donc à interpréter comme des valeur-plancher de l'usage de la voiture partagée à horizon 2020. En second lieu, la modélisation montre que les choix modaux ne sont pas uniquement arbitrables à partir de la seule composante économique et que d'autres éléments entrent en jeu. Les caractéristiques socio-démographiques des ménages, ainsi que les besoins de déplacement des individus sont déterminants. Ainsi une partie de la littérature montre que les variables telles que l'âge, le niveau de revenu, la CSP, le niveau d'étude ou encore l'équipement automobile ont un impact sur le choix du mode de transport (Stopher et Meyberg, 1975 ; Koppelman et Pas, 1980, Kanafani, 1983 ; Ben-Akiva et Lerman, 1985 ; Wachs, 1991). Par ailleurs, il peut être question de l'interdépendance entre le choix du mode de transport et du motif de déplacement, et notamment de l'organisation des trajets en fonction de l'emploi du temps de la journée. Toute une partie de la littérature s'intéresse aux choix modaux sur la base de l'activité des ménages (activity-based demand model). Ainsi, Kitamura (1984) a identifié l'interdépendance entre les choix de destination dans les chaînes de déplacement. Bhat et Koppelman (1993) ont proposé un modèle d'analyse basé sur l'organisation des activités, l'emploi du temps. Plus spécifiquement et toujours sur la base de l'activité des ménages, les premiers modèles de chaînes de déplacement (tour-based models) ont été développés dans les années 70 et 80 aux Pays-Bas principalement (Daly et al., 1983 ; Gunn et al., 1987 ; Hague Consulting Group, 1992 ; Gunn, 1994). Une conclusion essentielle est que le choix du mode de transport se fait dès le début de la journée en fonction de l'emploi du temps de celle-ci et que des chaînes de déplacement importantes encouragent le recours à la voiture personnelle pour la flexibilité qu'elle procure. Sur la base des mêmes données d'enquête (OMA, BIPE), Chevalier et Lantz (2015) montrent par ailleurs que la motorisation du ménage est particulièrement déterminante des choix modaux. En effet, il est plus commode d'utiliser une voiture que l'on possède plutôt que de devoir se rendre à une station afin d'utiliser un véhicule le temps d'un besoin, la reposer ensuite, puis continuer ses déplacements avec un autre mode. La préférence pour la voiture personnelle par rapport à la voiture partagée, bien que son coût soit inférieur, s'explique donc en grande partie par des facteurs non économiques. De plus, la voiture partagée pourrait gagner des parts de marché seulement dans le cas d'une démotorisation des ménages (Chevalier et Lantz, 2015). Cependant, Chevalier (2014) anticipe davantage un plafonnement qu'une baisse de l'équipement automobile des ménages à horizon 2020.

Un choix modal aussi bien déterminé par la distance que par la fréquence de déplacement

L'approche développée sur la base d'une segmentation par la distance doit être complétée d'une notion de fréquence. Cette notion permet de définir le mode d'organisation des trajets. Par défaut, le choix a été fait d'associer à la mobilité locale une fréquence importante et à la mobilité interurbaine un niveau plus faible. En conséquence, la mobilité quotidienne locale est récurrente et bien souvent réalisée avec le même mode de transport. Les trajets interurbains en revanche, plus ponctuels et souvent organisés à l'avance, entraînent une réflexion quasiment systématique à propos du mode de transport utilisé. Ils sont davantage l'occasion de comparer les modes entre eux et donc d'entraîner des choix différents et propres à chaque trajet. Cette approche donne un avantage certain à la voiture personnelle à l'échelle locale pour des questions de praticité tandis qu'elle tend à valoriser le

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

véhicule partagé pour la longue distance grâce à un rapport coût/temps plus ou moins intéressant selon les revenus.

Cependant, la relation établie entre la distance et la fréquence n'est pas exclusive et peut modifier le choix modal. Il existe des motifs de déplacements ponctuels à l'échelle locale qui induisent une approche comparée des modes (tourisme local, sortie nocturne, etc.) favorable aux solutions de véhicules partagés tandis que certains peuvent être récurrents à l'échelle interurbaine et mener l'individu à arbitrer en fonction de la praticité ou du temps plus favorable au véhicule personnel ou au TGV. Il serait donc pertinent de nuancer les résultats en fonction de données reposant sur une distinction en matière de fréquence de déplacement.

Ce constat n'est pas pour autant inéluctable. Là encore, le numérique pourrait venir révolutionner les pratiques quotidiennes via le « covoiturage dynamique » (Certu, 2009). En effet, de nombreuses applications permettent désormais de s'organiser en temps réel en fournissant des données sur le trafic routier, les horaires de passage des modes collectifs ou encore le nombre de vélos ou de places disponibles dans les différentes stations de vélos en libre-service. Appliqué au véhicule partagé, il pourrait donc permettre d'organiser ses trajets quotidiens locaux en temps réels, à condition d'atteindre une masse critique suffisante.

Expression de la demande latente et effet d'aubaine : vers un report du « peak travel » ?

Pour finir, on propose de réinterroger la notion de « peak travel » au regard de ces nouvelles solutions de déplacement. L'introduction d'une offre nouvelle et multiple favorable à l'amélioration du rapport coût/temps de déplacement pour les ménages aux plus bas revenus pourrait en effet inciter à une plus grande mobilité.

En premier lieu, le véhicule partagé s'inscrit en complément du mode traditionnellement dédié à l'interurbain en France à savoir le TGV. Il ne fait par ailleurs que confirmer le positionnement naturel de la grande vitesse sur des revenus supérieurs à 1500€ tandis que des solutions alternatives paraissent préférables pour capter l'ensemble du surplus des usagers. Une tarification de type Prem's ou Ouigo pour la grande vitesse permet de maximiser le surplus mais ne garantit pas pour autant la pérennité de son modèle économique.

En second lieu, on suppose que la meilleure performance proposée par le véhicule partagé permet mécaniquement d'accroître le niveau de demande satisfaite révélant ainsi une part de la demande latente. L'effet du véhicule partagé sur le marché s'apparente alors à un processus classique d'accroissement de l'offre et d'abaissement des coûts (nécessaire pour compenser la perte de temps). Le surplus du consommateur s'en trouve maximisé et la demande tend à croître. Par ailleurs, le véhicule partagé peut ne pas être le seul gagnant dans la mesure où les consommateurs peuvent réaliser différentes combinaisons de déplacement (covoiturage pour un aller et ferroviaire pour le retour).

L'introduction du véhicule partagé peut donc être de nature à accroître le marché de la mobilité à la fois du point de vue de l'offre et de la demande. Par ailleurs, il représente une opportunité intéressante d'amélioration des performances des différents acteurs déjà présents sur le marché. Si la voiture individuelle paraît hors marché pour les trajets interurbains ponctuels, le bus et le TER présentent un réel potentiel d'amélioration à condition de réduire le temps de transport dans le cas du bus ou de réduire le coût de production du service pour le TER.

Il convient cependant de nuancer cette analyse dans la mesure où le covoiturage peut constituer un effet d'aubaine. Typiquement, le conducteur mettant en ligne une offre pour un trajet sur un site de

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

covoiturage aurait fait ce trajet, avec ou sans passagers dans son véhicule. De même, il est possible d'imaginer que certains passagers auraient réalisé le trajet avec leur propre véhicule ou bien avec un autre mode. Enfin, comme on l'a vu précédemment, le covoiturage constitue une option intéressante du point de vue économique, d'autant plus pour les personnes non motorisées et donc devant se déplacer avec des moyens alternatifs à la voiture. Pour ces derniers, ces services constituent donc une aubaine leur permettant de réaliser des trajets à un prix avantageux. Plus encore, ils apparaissent comme une solution alternative à l'équipement automobile individuel. L'ensemble de ces schémas de décision montre à quel point le recours au véhicule partagé, aujourd'hui institutionnalisé et rendu performant grâce aux plateformes numériques, s'inscrit avant tout dans un raisonnement économique validant sa pertinence et en faisant donc plus qu'un simple effet de mode.

Conclusion

La diffusion du numérique a constitué un facteur clef dans la démocratisation des pratiques de partage dans les transports. Initiées dans les années 70 suite aux chocs pétroliers, ces pratiques sortent en effet de la marginalité depuis les années 2000 sous l'impulsion de plateformes numériques de type BlaBlaCar ou Autolib'.

Ce constat interroge la pérennité de ces nouvelles pratiques souvent associées à des solutions de crise face aux difficultés économiques ou à l'envolée des prix du pétrole.

L'analyse repose sur deux approches de la mobilité. La première, développée par Chevalier (2014), s'intéresse à la mobilité locale (< à 80km) qu'elle modélise à partir d'un modèle de choix modal logit. La seconde traite la mobilité interurbaine (> à 80km) selon le concept de vitesse généralisée. Le local et l'interurbain sont distingués dans la mesure où ils renvoient à des formes d'organisations (chaîne de déplacement) et de fréquences de déplacements différentes. Par défaut, la mobilité locale a été associée à une chaîne de déplacement quotidienne, complexe et contrainte tandis que celle interurbaine est considérée ponctuelle et planifiée en amont. Cependant, ces associations ne sont pas pour autant figées.

Les résultats montrent que les solutions de véhicule partagé présentent un potentiel de développement relativement restreint à l'échelle locale et pour des déplacements quotidiens en raison d'arbitrages complexes fondés seulement en partie sur la rationalité économique. Ce résultat est renforcé par la démotorisation relativement faible des ménages anticipée d'ici à 2020. Néanmoins, ils ne remettent pas totalement en cause les solutions de véhicules partagés à l'échelle locale dans la mesure où pour des déplacements ponctuels et ciblés (tourisme, soirée), ces solutions peuvent être pertinentes. Par ailleurs, les solutions de covoiturage dynamique pourraient apporter une plus grande flexibilité à cette organisation. A l'inverse, le véhicule partagé s'avère pertinent pour les trajets interurbains ponctuels. Il représente un effet d'aubaine pour les conducteurs (réduction des frais de déplacements) et les usagers (petits prix et grande flexibilité dans les destinations) dont le revenu est inférieur à 1500€/mois. Dans une fourchette de 1500€ à 3000€, la pertinence du véhicule partagé évolue selon la fréquence de déplacement tandis que le ferroviaire reste le seul mode compétitif au-delà de la 3000€.

On propose donc de retenir trois axes de conclusion. En premier lieu, le véhicule partagé se présente ni comme un effet de mode, ni comme un changement de comportement. Il résulte simplement d'un

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

choix économique rationnel rendu possible grâce à la création de tiers de confiance performants (plateforme numérique) mettant en relation offre et demande et institutionnalisant ainsi la pratique, de manière à en faire un vecteur de transport à part entière. En second lieu, il représente un abaissement des coûts de mobilité favorable aux usagers et permettant d'optimiser l'usage d'un équipement individuel ce qui *a priori* révèle la demande latente par effet d'aubaine. Enfin, on assiste à une libéralisation, au sens premier du terme, des transports portée par le retour en grâce de la voiture. Cette dynamique contribue donc à réinterroger l'ensemble des modes de transports et pourrait contraindre les opérateurs traditionnels (type train) à des efforts en matière de prix et de qualité. Ainsi, le numérique et les solutions de partage représentent une alternative pérenne dans le champ des transports tandis que la notion de « peak travel » mérite d'être réinterrogée.

Références

Barth M. & S. Shaheen (2002). Shared-use vehicle systems: a framework for classifying carsharing, station cars, and combined approaches. *Transportation Research Record*, 1791, 105-112.

Beauvais consultants (2102). *Dépenses engagées par les voyageurs : comparaison entre les transports publics et la voiture particulière, situation en 2008 et évolution depuis 1970*. Etude FNAUT multi-clients. Tours, 52p.

Ben-Akiva M. & S.R. Lerman (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*, MIT Press, Massachusetts, 412p.

Bhat C. & F.S. Koppelman (1993). A conceptual framework of individual activity program generation. *Transportation Research A*, 27, 433-446.

Certu (2009). *Le covoiturage dynamique : étude préalable avant expérimentation*. Les rapports d'étude, Lyon, 92p.

CGDD (2013). *Les comptes des transports en 2012*. Tome 1, Paris, 176p.

Chevalier A. (2014). *Changement de comportements de mobilité automobile*. Thèse, Mines ParisTech, Paris, 296 p.

Chevalier A. & F. Lantz (2015). Personal car or shared car? Predicting potential modal shifts from multinomial logit models and bootstrap confidence intervals. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 15, 149-170.

Cordier B. (2009). *L'autopartage entre particuliers*. Predit 4, Groupe opérationnel n°3 « mobilités dans les régions urbaines », Paris, 14p.

Crozet Y. & B. Château (2014). *Enjeux spatiaux, économiques et politiques des scénarios de mobilité durable à l'horizon 2050 : document de synthèse de la recherche conduite par le consortium ENERDATA-LET*. Predit 4, Groupe opérationnel n°6 « politiques de transport », Paris, 24p.

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Daly, A.J., H.H.P. van Zwam & J. van der Valk (1983). Application of disaggregate models for a regional transport study in The Netherlands. *In the 3rd World Conference on Transport Research*. Hamburg, Allemagne.

Dupuy J.P. (2003, [1975]). À la recherche du temps gagné. *In : ILLICH Y. (2003, [1975]), Œuvres complètes : volume 1*, Fayard, Paris, 433-440.

Feitler S. (2003). Les systèmes de voitures partagées, chaînon manquant entre le transport en commun et la voiture particulière ? *Annales des Mines*, 94-100.

Goodwin Ph. (2011). Peak Car. A series of five articles in *Local Transport Today*, June 2010-June 2011. *Local Transport Today*, London, 14p.

Gunn, H., A.I.J.M. van der Hoorn & A.J. Daly (1987). Long range, country-wide travel demand forecasts from models of individual choice. *In the 5th International Conference on Travel Behaviour*. Aix-en Provence, France.

Gunn H. (1994). The Netherlands National Model: a review of seven years of application. *International Transactions in Operational Research*, 1, 125-133.

Héran F. (2009). A propos de la vitesse généralisée des transports. Un concept d'Ivan Illich revisité. *Revue d'Economie Régionale & Urbaine*, 3, 449-470.

Illich Y. (2003, [1975]). *Œuvres complètes : volume 1*. Fayard, Paris, 379-432.

Kanafani A. (1983). *Transportation Demand Analysis*. McGraw Hill, New York, 320p.

Kitamura R. (1984). Incorporating trip chaining into analysis of destination choice. *Transportation Research B*, 18, 67-81.

Koppelman F. & E. Pas (1980). Travel-choice behavior: models of perceptions, feelings, preference, and choice. *Transportation Research Record*, 765, 26-33.

Laroche F. (2014). *Economie politique des infrastructures ferroviaires*. Thèse, Université Lumière Lyon 2, Lyon, 222p.

Massot M-H. (1998). Les services de voiture partagée : pratiques actuelles et mise en perspective. *Etudes et recherches – laboratoire d'économie des transports*, 12, 3-29.

Massot M-H. & J-P. Orfeuill (2003). La mobilité individuelle dans 20 ans. *In séminaire au Sénat*, Paris, 9p.

Millard-Ball A. & L. Schipper (2010). Are we reaching peak travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries. *Transport Reviews*, 31, 1-22.

Steinman L. (2013). Guillaume Pepy imagine la SNCF de demain. *Les Echos*, 27/09/2013, 2p.

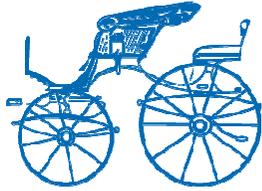
Stopher P. & A. Meyberg (1975). *Urban transportation modelling and planning*, Lexington Books, Massachusetts, 345p.

Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

Chevalier Amandine, Laroche Florent

Wachs M. (1991). Policy implications of recent behavioral research in transportation demand management. *Journal of Planning Literature*, 4, 333-341.

Woitier C. (2014). Covoiturage : le français BlaBlaCar fait une levée de fonds de 73 millions d'euros. *Le figaro*, 02/07/2014, 2p.



Regards croisés sur le développement des solutions de véhicule partagé : quelle pertinence dans le choix modal ?

*Chevalier Amandine
Laroche Florent*

Laboratoire d'Economie des Transports (LET)

14^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

4-5 Juin 2015 – Luxembourg



Introduction

- **Démarche de recherche** : croisement de deux travaux de thèse
 - ❖ Approche par la demande pour la mobilité locale (Chevalier, 2014)
 - ❖ Approche par l'offre pour la mobilité interurbaine (Laroche, 2014)

- **Un dénominateur commun dans les résultats**
 - ❖ Emergence de nouvelles pratiques de mobilité via le véhicule partagé
 - ❖ Doublement de la pratique du covoiturage en 3 ans avec augmentation de 7 à 14% entre 2010 et 2013 de la part des français ayant pratiqué au moins une fois le covoiturage (*OMA, BIPE*)

- **Une question**
 - ❖ Phénomène de crise économique ou nouvelle offre pertinente et pérenne en matière de mobilité ?

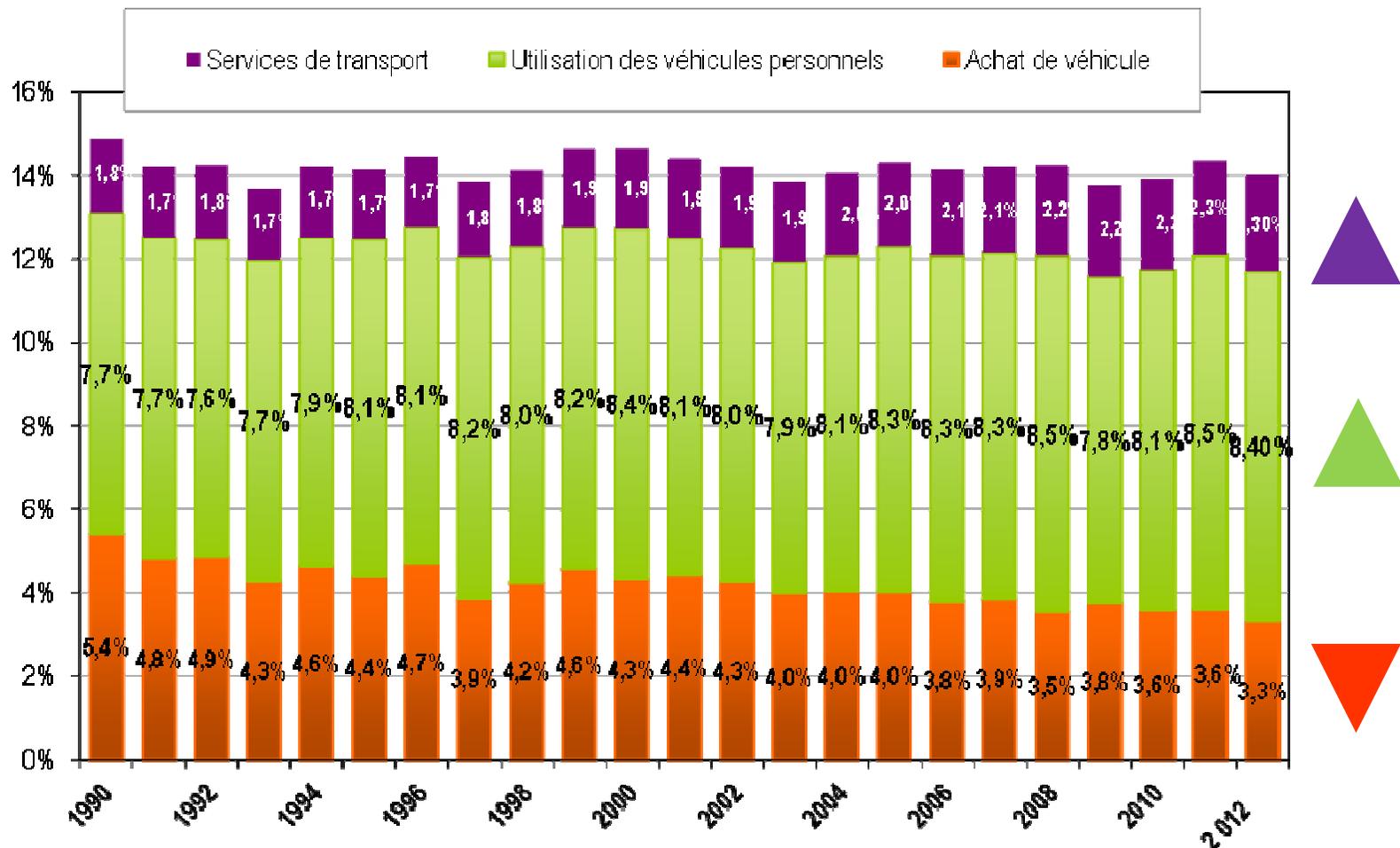
- **Un objectif**
 - ❖ Proposer une formalisation économique de la pertinence des solutions de véhicule partagé dans l'offre modale

Déroulé

1. Eléments de cadrage
2. Méthode
3. Résultats
4. Discussion

Eléments de cadrage

Evolution de la part des dépenses de transport des ménages français entre 1990 et 2012



Méthode : croisement de deux approches

➤ Modélisation logit

- ❖ Déplacements locaux
- ❖ Déterminants considérés : temps, coût et confort.
- ❖ Postulat : déplacements quotidiens et contraints
- ❖ Données : enquêtes de l'Observatoire des Mobilités et Arbitrages Automobiles (BIPE)

➤ La notion de vitesse généralisée

- ❖ Déplacements interurbains
- ❖ Déterminants considérés : temps, coût et revenu
- ❖ Postulat : déplacements ponctuels et planifiés
- ❖ Données : cas d'étude sur l'axe Paris-Lyon

Méthode 1 - Le modèle logit

- Dans le cas du choix modal, l'individu i compare les différents niveaux d'utilité associés aux différents choix et opte pour celui qui maximise son utilité parmi les $j=1 \dots 6$ choix.

Pour l'individu i , l'utilité du choix j est :

$$U_{ij} = \beta x_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Où x_{ij} est un vecteur des caractéristiques propres aux différents choix offerts, β est un vecteur de paramètres inconnus et ε_{ij} un terme d'erreur aléatoire.

- La probabilité que l'individu i choisisse le mode j correspond à la probabilité que l'utilité de j soit supérieure à celle associée à tous les autres modes :

$$P (U_{ij} > U_{ik}) \text{ pour } k \neq j \text{ et } j, k=1, 2, 3, 4, 5, 6$$

Méthode 2 - La vitesse généralisée

(Illich, 1973; Dupuy, 1975)

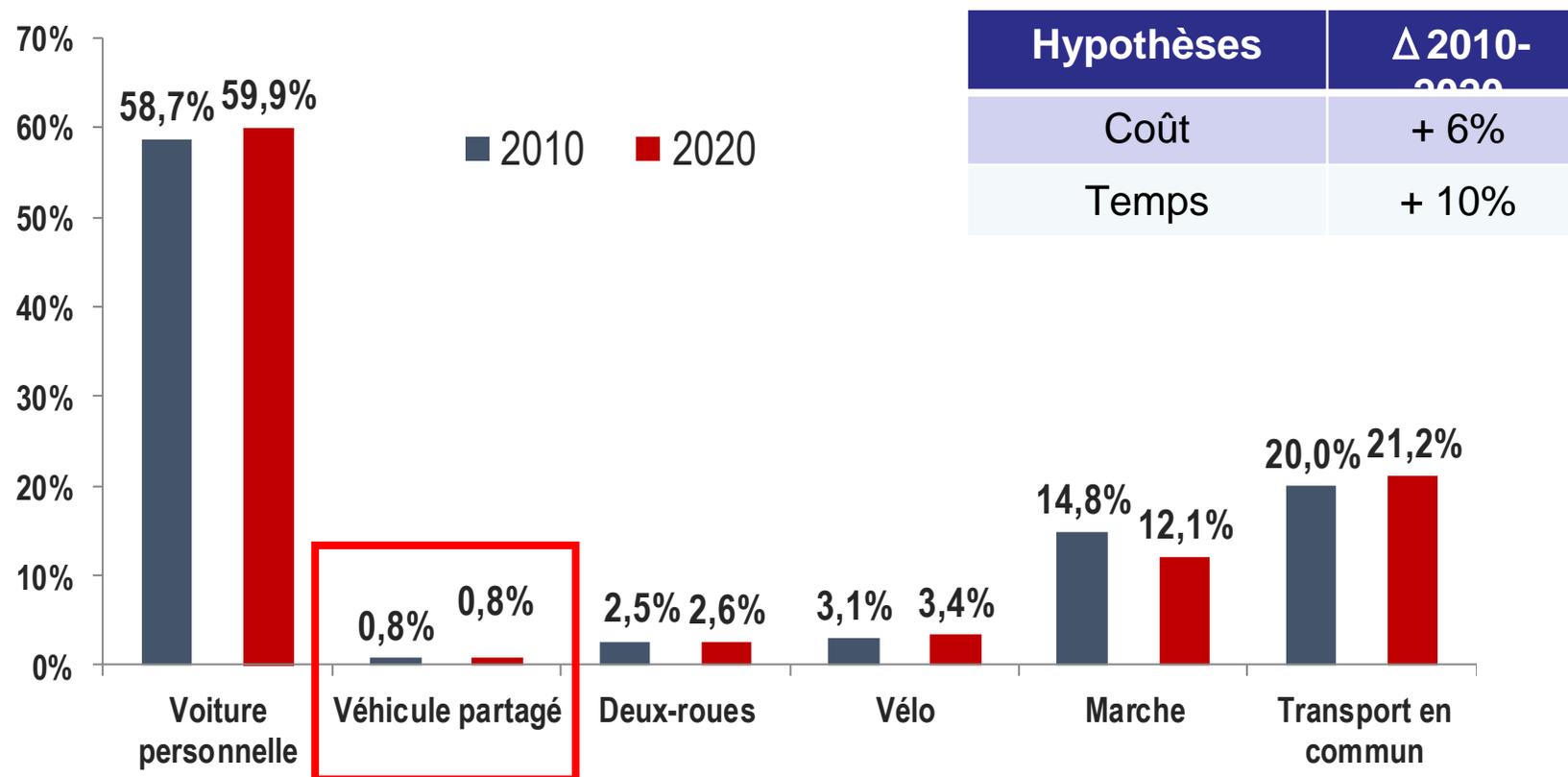
- La notion de « vitesse généralisée » (Vg) exprime la relation entre la vitesse moyenne (v), la valeur du temps exprimée par le salaire horaire (w) et le prix payé par l'utilisateur exprimé par le coût kilométrique du service pour l'utilisateur (k) :

$$Vg = \frac{1}{\frac{1}{v} + \frac{k}{w}}$$

- Lecture originale de la répartition modale à partir de la vitesse effective d'un mode selon le revenu net d'un individu

Résultats : déplacements quotidiens locaux

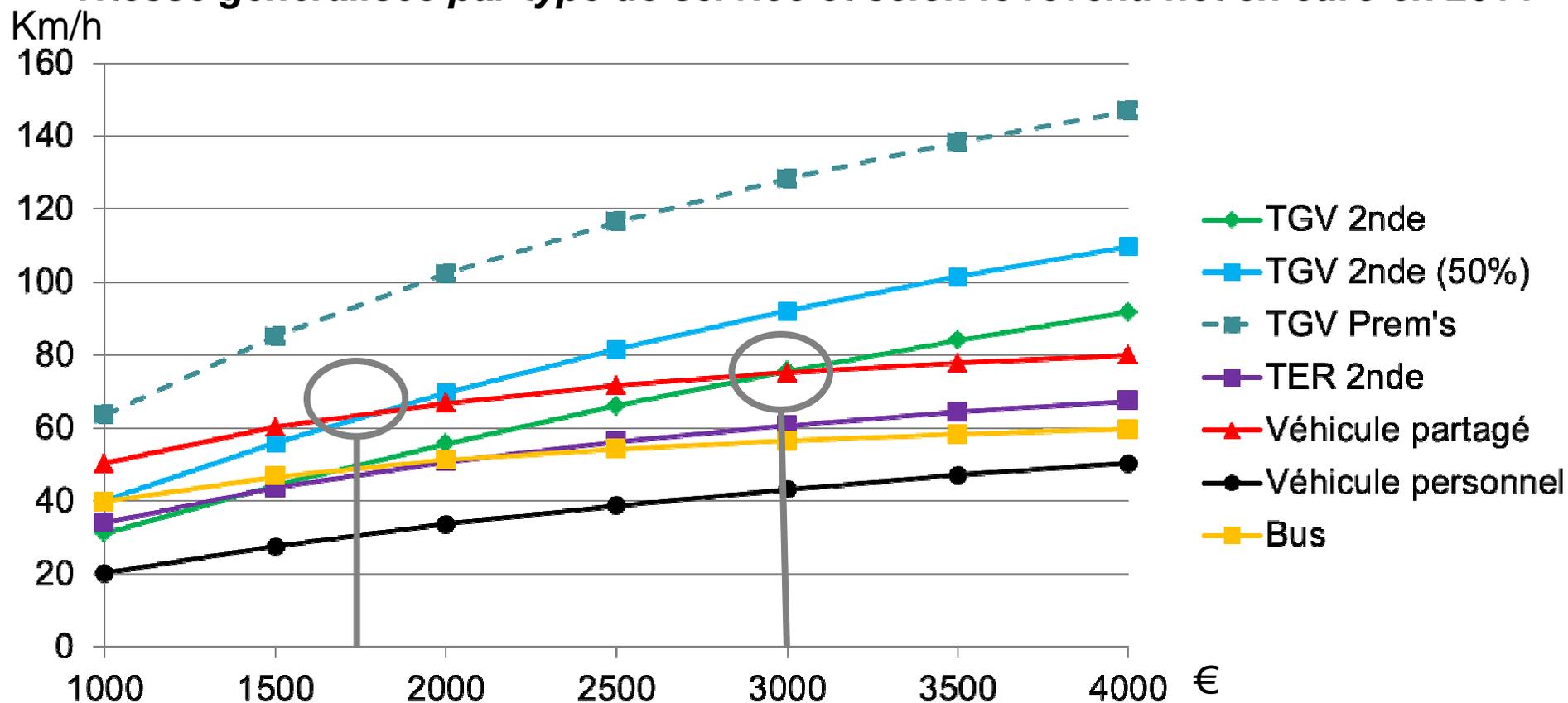
Parts modales observées en 2010 et projetées en 2020 à partir du modèle logit



- Le véhicule partagé devrait rester marginal dans les pratiques de déplacement à l'horizon 2020

Résultats : déplacements interurbains ponctuels (axe Paris – Lyon)

Vitesse généralisée par type de service et selon le revenu net en euro en 2014



➤ Le véhicule partagé comme solution pertinente jusqu'à un seuil de 3000€

Discussion

- **Persistance de l'automobile à moyen terme**
 - ❖ En local : la voiture personnelle préférée pour le confort et la flexibilité dans les chaînes de déplacements;
 - ❖ En interurbain : véhicule partagé préféré pour le rapport coût/temps.

- **Un choix modal déterminé par la fréquence de déplacement**
 - ❖ Modèles d'organisation de la mobilité différents selon la complexité de la chaîne de transports et la capacité à planifier quelle que soit l'échelle d'analyse ;
 - ❖ Le covoiturage dynamique : une solution de développement pour le véhicule partagé en local.

- **Expression d'une demande latente et report du « peak travel » ?**
 - ❖ Des solutions complémentaires aux modes traditionnels;
 - ❖ Palier aux limites des modes traditionnels (urbain : TC / interurbain : TGV).

Conclusion

- Le véhicule partagé : ni effet de mode, ni révolution dans les comportements, mais simple résultat d'un choix économique rationnel...
- ...rendu possible par l'institutionnalisation de la pratique grâce aux plateformes numériques
- Révélation de la demande latente par effet d'aubaine et remise en question du « peak travel »...
- ...par une « libéralisation » des usages de la voiture qui crée autant de nouvelles opportunités de déplacement

Merci de votre attention !

Chevalier Amandine
chevalieramandine@ymai.com

Laroche Florent
florent.laroche@let.ish-lyon.cnrs.fr



Annexe 1

***Hypothèses sur les coûts associés aux différents modes de transport
(dépenses par voyageur en centimes€/km)***

Mode	Coût (centimes€/km)	Vitesse moyenne (en km/h)
Voiture personnelle	53	42
Véhicule partagé	27	42
2-3 roues motorisé	33	42
Vélo	0	23
Marche	0	8
Transports en commun		33
Ile-de-France	11	
Villes de province	13	
TER	6	

Annexe 2

Tableau 3 – Hypothèses retenues pour le calcul de la vitesse généralisée

Variables	TGV 2nde	TGV 2nde (50%)	TGV Prem's	Voiture	véhicule partagé	Bus	TER 2nde
Distance (km)	512	512	512	465	465	465	512
Temps (min)	118	118	118	280	280	390	306
Vitesse (km/h)	260	260	260	99	99	71	100
Prix (€)	95	71	40	120	30	34	65
Coût kilométrique (€/km)	0,18	0,14	0,08	0,26	0,06	0,07	0,12



LISER
(formerly "CEPS/INSTEAD") | Luxembourg Institute of
Socio-Economic Research



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

14^{ème} séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Jeudi 4 juin et vendredi 5 juin 2015

Esch-sur-Alzette, Grand-Duché de Luxembourg

**Les aménagements centrés autour des gares:
une évaluation du point de vue du développement durable**

Beauvais, Jean-Marie
Trans-Missions
19 rue Edouard-Vaillant
37000 Tours
Téléphone 00 33 2 47 05 96 96
Courriel beauvais@trans-missions.eu

trans
missions
kcw beauvais

Résumé :

Cette communication a pour but l'évaluation des aménagements centrés autour des gares du point de vue du développement durable, en prenant en compte un critère économique, un critère social, un critère environnemental et un critère spatial.

La méthode repose sur une comparaison entre deux zones, toutes deux de même taille, toutes deux localisées dans la même banlieue et toutes deux bénéficiant d'une desserte ferroviaire efficace. Mais une d'elles constitue un véritable aménagement centré autour de la gare alors que l'autre correspond à une zone résidentielle typique de celles qu'on rencontre en banlieue avec un vaste parc-relais juste devant la gare.

Le principal résultat est que, en comparaison avec la zone équipée d'un parc-relais, la zone aménagée autour de la gare se caractérise par de moindres dépenses de transport dans le budget des ménages, par un taux de chômage inférieur, par des émissions plus faibles de GES liées aux déplacements domicile-travail et par une économie en matière de consommation de terrain par habitant.

Mots-clés :

Lien entre urbanisme et transport ; Aménagements centrés autour des gares ; Contrat d'axe ; Parc-relais ; Périurbanisation ; Développement durable.

1. Introduction

La problématique abordée dans cette communication est la suivante :

- Pour certains, il faut mettre en place des parcs-relais pour limiter les flux de voitures qui viennent de banlieue voire du périurbain et qui pénètrent dans les centres-villes. L'accent est mis sur la coordination entre la voiture et le transport collectif ;
- Pour d'autres, il faut aménager autour des gares pour limiter la périurbanisation qui est à l'origine des flux précédents. L'accent est alors mis sur la coordination entre le transport et l'urbanisme.

Quelle est alors la meilleure solution ? D'où l'idée de procéder à une évaluation multicritère qui reprendrait toutes les dimensions du développement durable et permettrait au moins d'éclairer le débat.

2. Le choix du site aménagé

Dans le cadre ce papier, et faute de place, un seul cas sera traité. Dans le rapport de recherche, ce sont quatre cas qui sont traités : Rosslyn-Ballston corridor (Washington DC), Concord BART Station (San Francisco), Arlington Heights Station (Chicago) and Galatyn Park Station (Dallas). Tous sont cités dans l'ouvrage de référence publié par le TRB en 2004 sous le titre « TCRP Report 102 : Transit-Oriented Developments in the United States : Experience, Challenges, and Prospects ».

Parmi ces quatre cas, c'est le corridor Rosslyn-Ballston qui a été retenu en raison de sa maturité et de son poids démographique. :

- Dans le Comté d'Arlington, le choix a été fait entre une autoroute (N°166) passant au nord et un métro souterrain passant dans le corridor commercial (en déclin). Le développement de cette partie de Comté d'Arlington n'aurait pas été possible sans la mise en service du Metro en 1976. Dès le plan de 1979, il apparaît clairement que les aménagements sont centrés sur les stations du Metro. Il s'agit de créer des « villages urbains » avec plus de densité, plus de hauteur, moins de places de stationnement et un équilibre entre les logements et les bureaux. Ici les effets de ces choix urbanistiques ont eu le temps de se faire sentir, ce qui serait moins le cas avec des TOD plus récents ;
- Il s'agit d'un corridor et non pas d'une seule station. Le corridor est situé juste à l'ouest de la rivière Potomac et il est desservi par 5 arrêts, soit en provenance du centre de Washington : Rosslyn, Court House, Clarendon, Virginia Square et Ballston. Ainsi, ce sont 28.800 ménages que l'on peut dénombrer dans un rayon d'un demi-mile des stations.

3. Le choix du site de référence

Il s'agit de comparer ce qui est comparable et donc de rechercher une zone qui, dans l'idéal, serait en tous points identiques au TOD mais sans bénéficier des mêmes aménagements. Une zone de taille démographique sensiblement identique située dans la partie suburbaine de la même partie de la région métropolitaine, dotée de la même desserte en transport collectif.



Source : site de la WMATA

Figure 1 : Plan du Metro de Washington D.C.

La « Washington Transit Region » compte 5.766.612 habitants (en 2010). Elle peut être divisée en deux parties:

- La zone desservie par le Metro (5 lignes) qui ne compte que 518.558 habitants soit seulement 9 % du total précédent ;
- Le reste de la région, beaucoup plus peuplée et surtout beaucoup plus vaste que la précédente.

A son tour, la zone desservie par le Metro peut être divisée en deux parties que l'on peut schématiquement qualifier d'urbaine pour la première et de suburbaine pour la seconde :

- La zone desservie par les 40 stations qui se trouvent dans les limites administratives de Washington DC et qui compte 277.502 habitants ;
- La zone desservie par les 46 stations situées en dehors de ces limites (à raison de 26 dans le Maryland et de 20 en Virginie) et qui compte 242.083 habitants.

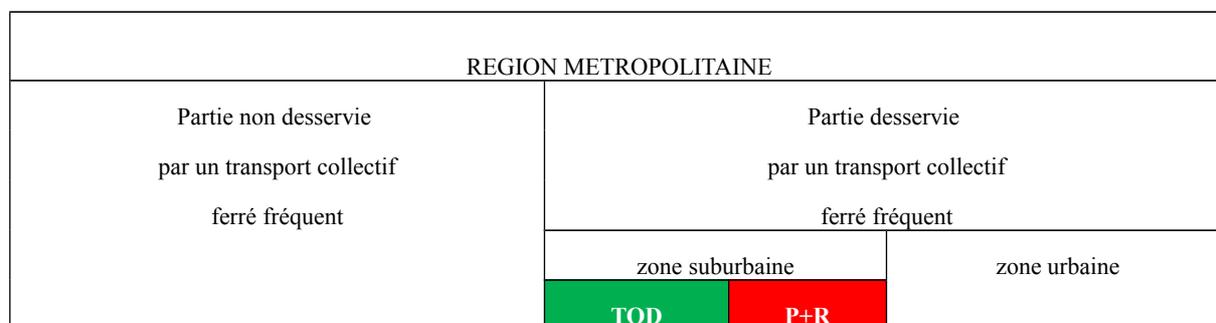


Figure 2 : Schéma de principe du zonage

C'est à l'intérieur de cette zone suburbaine desservie par le Metro que l'on peut distinguer plusieurs corridors qui feront l'objet de l'évaluation :

- Un corridor « TOD », celui de la zone desservie par les 5 stations du corridor Rosslyn-Ballston (à l'ouest de Washington).
- Trois corridors « P+R » de quatre stations chacun. Les stations sont toutes équipées d'un grand parc de stationnement (1.500 places en moyenne) destiné aux automobilistes qui viennent prendre le train.
 - Au nord, sur la ligne orange, Silver Spring, Forest Glen, Wheaton et Glenmont ;
 - Au nord-est, sur la ligne verte, West Hyattsville, Prince George's Plaza, Collège Park et Greenbelt ;
 - Au sud-est, sur la ligne verte, Southern Ave, Naylor Road, Suitland et Branch Ave.

On notera que la station de Silver Spring est souvent considérée comme un TOD (cf. TCRP Report 102, page 38). Ici, elle est considérée comme un P+R car elle offre 700 places de stationnement. Ce choix réduit un peu le contraste entre le TOD et la situation de référence.

Plutôt que de choisir un de ces trois corridors « P+R », nous avons retenu comme situation de référence, la moyenne de ces trois corridors ce qui permet de gommer l'impact d'éventuelles spécificités. De plus, cette manière de faire conduit à un ensemble qui a un poids démographique comparable à celui du corridor « TOD », à savoir 28.100 ménages pour les P+R contre 28.800 ménages pour les TOD.

4. Collecte de l'information

Les données proviennent soit de la base de données CTOD, soit du site de l'exploitant à savoir le WMATA.

- La base de données utilisée principalement est celle du « Center for Transit Oriented Development » (CTOD). Cet organisme est né de la collaboration entre le « Center for Neighborhood Technology », « Reconnecting America » et « Strategic Economics ». La version d'origine de la base de données a été financée par le Housing and Urban Development en 2004 et maintenant elle l'est par la « Federal Transit Administration ».

La base couvre 4.416 stations existantes dans 54 aires métropolitaines. Les données sont disponibles à différents niveaux : celui de la station (dans un rayon de ½ mile ou bien de ¼ de mile), celui d'un ensemble de stations (dont les aires d'attraction peuvent se superposer) et au niveau de la région dans son ensemble (calée sur la « Metropolitan Statistical Area »).

Ces stations (qui, pour nous, ne peuvent pas être toutes considérées comme des TOD) sont décrites selon près de 70.000 variables qui proviennent des sources suivantes : le recensement de 2000 (*US Decennial Census, 2000*) ; le recensement de 2010 (*US Decennial Census, 2010*) ; l'enquête nationale 2005-2009 (*American Community Survey 2005-2009*) ; le paquet « planification des transports » issu du recensement de 2000 (*Census Transportation Planning Package, 2000*) ; l'enquête sur l'emploi (*Local Employment Dynamics, 2002-2009*) et l'étude sur les dépenses de transport et les dépenses de logement (*Housing + Transportation Affordability Index, 2009*).

- Sur le site du « Washington Metropolitan Area Transport Authority » (WMATA), on trouve des données sur les horaires (et donc sur les fréquences de passage) et les tarifs, sur les parcs de stationnement P+R avec leurs capacités et leurs tarifs (« *2010 Metro Media Guide, page 28* ») et sur la fréquentation de chaque station année par année (« *Metrorail Average Weekday Passenger Boardings* »).

Tableau 1 : Profils du corridor TOD et des corridors P+R

	TOD	référence
Nombre de stations	5	3 x 4 = 12
Places de stationnement P+R	0	18.104
Fréquentation (montées par jour)	44.798	69.736
Population	51.157	68.856
Ménages	28.774	28.137
Taille moyenne du ménage	1,78	2,45
Superficie (hectares)	808	2.646
Superficie résidentielle (hectares)	577	1.571
Densité (habitants/hectare)	63,31	26,02
Densité (habitant/hectare résidentiel)	88,66	43,83
Logements par hectare résidentiel	49,9	17,9
Ilots	404	869
Taille de l'îlot (hectares)	2,00	3,04
Année moyenne de construction	1981	1964
Actifs	33.493	33.358
Emplois	70.192	39.166
Ratio emplois/actif	2,10	1,17
Actifs sans emploi	1.379	2.406
Taux de chômage	4,1%	7,2%
Revenu médian (\$)	94.855	60.479
Poids du transport (%)	12,63	15,35
Dépenses de transport (\$)	11.980	9.283
Véhicules /ménages	1,20	1,29
Places de P+R/habitant	0	0,26
Part modes actifs DT	10%	4%
Part du TC DT	38%	33%
Part de VP DT	49%	60%
Temps de transport DT (minutes)	26,1	34,6

Source : TOD Database du CTOD et WMATA pour les places de stationnement et la fréquentation

Un des indicateurs qui seront utilisés, le nombre de kilogrammes d'émission de CO₂ imputable aux trajets domicile-travail, fait appel à quelques paramètres qui ne figurent pas dans ce tableau.

5. Première série de résultats

Pour l'évaluation, quatre indicateurs seront retenus :

- Le poids des dépenses de transport dans le revenu des ménages. Notons au passage qu'il s'agit de l'ensemble des dépenses de transport (tous modes et tous motifs) ;
- Le taux de chômage, c'est-à-dire le rapport entre les actifs au chômage et le nombre total d'actifs (et plus précisément le nombre de personnes de 16 ans et plus sur le marché du travail) ;
- Les émissions de carbone imputables aux déplacements domicile-travail qui sont estimées en multipliant nombre de voitures x kilomètres effectués pour les déplacements domicile-travail par un nombre de grammes d'équivalent CO₂ par kilomètre roulé ;
- La superficie de terrain par résident qui s'obtient en divisant la surface totale par le nombre d'habitants. Cet indicateur donne une idée de la taille de la parcelle moyenne mais est aussi lié au poids des surfaces non résidentielles (activités, espaces naturels) par rapport à la surface totale.

Tableau 2 : Indicateurs aval

	TOD	Situation de référence
Dépenses de transport en pourcentage du revenu médian	12,6 %	15,3 %
Nombre d'actifs sans emploi par rapport au nombre total d'actifs	4,1 %	7,2 %
Kilogrammes de CO ₂ émis par les voitures pour le domicile-travail par actif et par an	594 kg	1.105 kg
Mètres carrés de terrain rapportés au nombre d'habitants	158 m ²	384 m ²

Il apparaît que le TOD présente **un bilan favorable par rapport à tous les critères** envisagés (économique, social, environnemental et spatial). En effet, au TOD correspond :

- Une dépense en matière de transport (domicile-travail et autres motifs) limitée à 13 % du revenu contre 15 % en situation de référence ;
- Un taux de chômage de seulement 4 % au lieu de 7 % en situation de référence ;
- Des émissions de CO₂ imputables aux déplacements domicile-travail en voiture de 0,6 tonne par an par actif contre 1,1 tonne en situation de référence ;
- Une consommation d'espace limitée à 158 m² par habitant contre 384 m² en situation de référence.

6. Hypothèses quant aux leviers d'action

En partant des résultats (indicateurs aval déjà présentés dans le tableau 2) et en cherchant à remonter dans la hiérarchie des causes (indicateurs amont qui seront présentés dans le tableau 3) qui suivent, on peut avancer les hypothèses suivantes :

- L'impact *économique* est fonction (notamment) des dépenses de transport des ménages, qui sont elles-mêmes fortement dépendantes de leurs dépenses automobiles. Ces dernières sont liées au nombre de kilomètres parcourus en voiture dans l'année. Ce volume est à son tour fonction de la part de marché des modes actifs et de la part de marché du transport collectif. La part de marché des modes actifs est dépendante d'une part de la longueur des déplacements à effectuer elle-même liée au degré de mixité des fonctions et à la densité de population et d'autre part des mesures prises dans le cadre de la conception des voies pour rendre les cheminements agréables et sûrs et pour limiter les places de stationnement pour les voitures. Quant à la part de marché du transport collectif il est directement lié à l'intensité de la desserte de la gare ;
- L'impact *social* est fonction (notamment) du taux de chômage que connaît la population qui réside dans le TOD. Ce dernier est en partie fonction de la dépendance automobile car pour celui qui n'est pas motorisé il est plus difficile de trouver du travail dans un univers conçu pour la voiture. Dans le TOD, celui qui cherche du travail peut faire ses démarches à pied pour aller vers les emplois situés dans le TOD. En dehors du TOD, celui qui cherche du travail peut prendre le train pour aller vers les emplois situés dans le pôle urbain ;
- L'impact *environnemental* est fonction (notamment) des émissions de carbone imputable aux voitures, quantité qui à son tour est lié au nombre de kilomètres parcourus en voiture chaque année qui comme on vient de le voir dépend des parts de marché de la marche et du vélo pour les déplacements internes au TOD et de la part de marché du transport collectif pour les déplacements entre le TOD et le pôle urbain ;
- L'impact *spatial* est fonction (notamment) du nombre d'hectares occupés par les habitants du TOD, hectares qui sont prélevés sur les espaces agricoles ou naturels. La consommation d'espace total rapportée au nombre d'habitants peut se décomposer d'une part en « nombre de logements par hectare d'espace résidentiel » et d'autre part en « poids des espaces non résidentiels ». Ce nombre d'hectares est à son tour directement lié à la densité de logements dans la zone TOD que l'on peut mesurer en nombre de logements par hectare.

7. Deuxième série de résultats

Les quatre indicateurs amont suivants ont été calculés :

- La densité de logements qui est calculée en divisant la surface résidentielle par le nombre de logements. C'est l'inverse du dernier indicateur aval sauf qu'ici la surface prise en compte est la surface résidentielle et non pas la surface totale ;
- La mixité des fonctions qui est mesurée par le rapport entre le nombre d'emplois qui sont offerts dans la zone et le nombre d'actifs qui résident dans cette même zone. Un tel ratio traduit en partie la probabilité de trouver un emploi sur place ;
- La conception des voies qui est résumée par un seul indicateur, celui qui rapporte le nombre de places de stationnement autour de la station de transport collectif ferré à la population résidente. On aurait aussi pu retenir la taille moyenne de l'îlot mais c'est le premier indicateur qui a été retenu en raison de sa proximité avec la problématique (TOD versus P+R) ;
- La desserte ferroviaire qui est mesurée par le nombre de départs par heure et par sens à destination du pôle urbain en milieu de journée.

Tableau 3 : Indicateurs amont

	TOD	Situation de référence
Densité (logements par hectare résidentiel)	50	18
Nombre d'emplois par actif résident	2,10	1,17
Places de P+R par milliers d'habitants	0 pl.	260 pl.
Fréquence de la desserte ferroviaire (départs/heure et par sens)	5 / h	5 / h

On note que pour le TOD, la politique d'aménagement combine :

- Une forte densité de logements (50 par hectare résidentiel contre 18 seulement dans la situation de référence) ;
- Une conception favorable au piéton (ilots de 2 hectares au lieu de 3 hectares dans la situation de référence, absence de P+R autour des stations alors que les stations en situation de référence offrent 1.500 places en moyenne). Les effets de cette politique se retrouvent au niveau des modes de transport utilisés pour gagner la gare. En effet, selon MM. Brosnan et Leach du Comté d'Arlington, les utilisateurs du Metro viennent ici très majoritairement à pied à la station (73% en moyenne au niveau de l'ensemble des 5 stations du corridor) alors qu'ils viennent majoritairement en voiture dans les autres stations suburbaines (58 % pour un échantillon de 4 stations suburbaines de la ligne orange).
- Une plus grande mixité des fonctions, même si la situation de référence ne correspondant pas pour autant à celle d'une ville-dortoir.

- Une desserte ferroviaire de qualité. Mais c'est aussi le cas de la solution de référence (par construction puisque nous voulons mettre en évidence les facteurs qui sont moins admis). Il s'agit pour nous d'une condition nécessaire mais non suffisante.

8. Conclusion

Le principal résultat est que, en comparaison avec la zone équipée d'un parc-relais, la zone aménagée autour de la gare se caractérise par de moindres dépenses de transport dans le budget des ménages, par un taux de chômage inférieur, par des émissions plus faibles de GES liées aux déplacements domicile-travail et par une économie en matière de consommation de terrain par habitant.

Par ailleurs, quelques recommandations peuvent être formulées à l'attention des aménageurs. Les leviers qu'ils peuvent actionner sont (outre la fréquence de la desserte en transport collectif), la densité de logements, la mixité des fonctions, la conception des voies et la capacité du stationnement à proximité des gares.

9. Eléments bibliographiques (par ordre alphabétique des auteurs)

- Beauvais J-M. et autres. Evaluation des aménagements centrés autour des gares. Beauvais Consultants (Tours) + KCW (Berlin). Programme de recherche Prédit, Financement Ministère de l'écologie. Rapport final, mai 2013.
- Brosnan Robert. 40 Years of Transit Oriented Development: Arlington County's Experience with Transit Oriented Development in the Rosslyn-Ballston Metro Corridor. A presentation to the Reston Land Use Task Force. May 2010.
- Bentayou Gilles et Meunier-Chabert Martine. Coordonner urbanisme et transport au service d'une mobilité durable: les contrats d'axe français à la lumière du Transit-Oriented Development. CEREMA. Lille, 10 décembre 2014.
- Cervero Robert et autres. Transit-Oriented Developments in the United States : Experience, Challenges, and Prospects. TCRP Report 102. TRB, 2004.
- Chatman Daniel G. Does TOD Need the T ?. University of California, Berkeley. Journal of the American Planning Association, May 2013.
- Dittmar Hank & Ohland Gloria. The New Transit. Center for Resource Economics, Washington, Preface by Peter Calthorpe, Island Press, 2004.
- Pratt H. Richard et autres. Chapter 17. TOD: Traveler Response to Transportation System Changes. Transit Cooperative Research Program. Report 95. Sponsored by Federal Transit Administration 2007.



Les aménagements centrés autour des gares: une évaluation du point de vue du développement durable.

Le cas du corridor Rosslyn-Ballston.

Luxembourg, 05.06.2015

Jean-Marie BEAUVAIS

Andreas WETTIG

Plan de l'exposé

1. Introduction
2. Le choix du site aménagé
3. Le choix du site de référence
4. Collecte de l'information
5. Première série de résultats
6. Hypothèses quant aux leviers d'action
7. Deuxième série de résultats
8. Conclusion

1. Introduction

Quelle est la **problématique** ?

- **Mettre en place des parcs-relais** pour limiter les flux de voitures qui viennent de banlieue voire du périurbain et qui pénètrent en centre-ville. L'accent est mis sur la coordination entre la voiture et le transport collectif (intermodalité);
- **Aménager autour des gares** pour limiter la périurbanisation qui est à l'origine des flux précédents. L'accent est alors mis sur la coordination entre le transport et l'urbanisme.

Quel est l'**objectif** de cette recherche ?

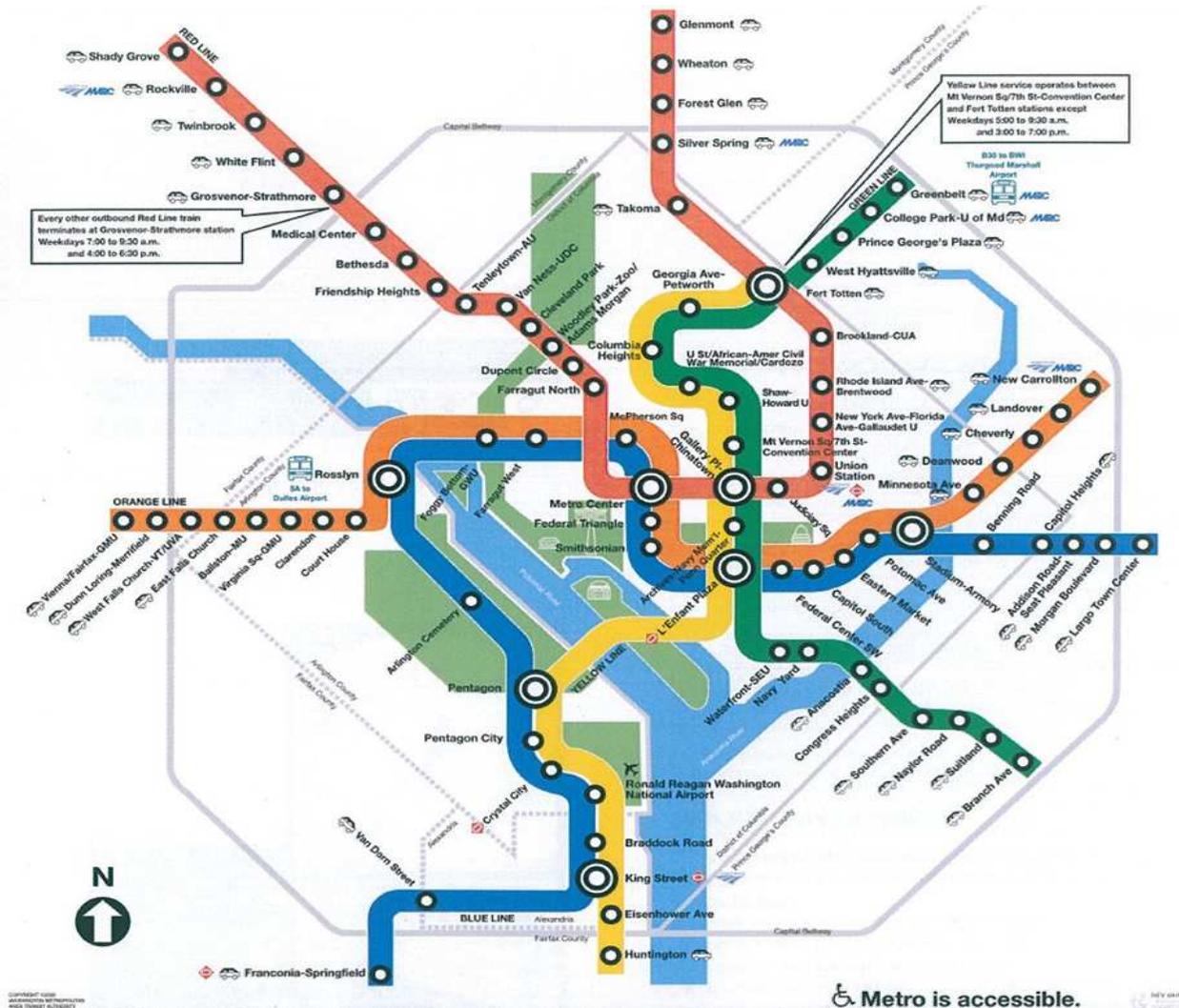
Eclairer le débat en procédant à une **évaluation multicritère** (économique, sociale, environnementale et spatiale) de chacune de ces politiques, à partir d'un cas concret, celui du **corridor Rosslyn-Ballston** (Washington D.C.).

2. Le choix du site aménagé

Le corridor Rosslyn-Ballston (Washington DC) a été choisi:

- en raison de sa **maturité** : pour relier le Comté d'Arlington au centre de Washington, le choix entre une autoroute et un métro a été fait en faveur de ce dernier avec une mise en service en 1976. Le plan d'aménagement (1979) prévoyait de créer des « villages urbains » en centrant les aménagement autour des stations de métro, avec plus de densité, plus de hauteur, moins de places de stationnement et un équilibre entre les logements et les bureaux. Les effets de ces choix urbanistiques ont eu le temps de se faire sentir.
- et de son **poids démographique** : il s'agit d'un corridor comprenant 5 arrêts (Rosslyn, Court House, Clarendon, Virginia Square, Ballston). Dans un rayon d'un demi-mile (environ 800 m) autour de ce stations, habitent 28.800 ménages.

2. Le choix du site aménagé



Les aménagements centrés autour des gares
Luxembourg, 05.06.2015

3. Le choix du site de référence

Il s'agit de comparer ce qui est comparable et donc de rechercher une zone qui, dans l'idéal, serait en tous points identique au TOD mais sans bénéficier des mêmes aménagements.

REGION METROPOLITAINE DE WASHINGTON		
Partie non desservie par un transport collectif ferré fréquent	Partie desservie par un transport collectif ferré fréquent	
	zone suburbaine	zone urbaine
	TOD	P+R

3. Le choix du site de référence

3 corridors « P+R » de quatre stations chacun.

- Au nord, sur la ligne orange, Silver Spring, Forest Glen, Wheaton et Glenmont ;
- Au nord-est, sur la ligne verte, West Hyatsville, Prince George's Plaza, Collège Park et Greenbelt ;
- Au sud-est, sur la ligne verte, Southern Ave, Naylor Road, Suitland et Branch Ave.

Les stations sont toutes équipées d'un grand parc de stationnement (1.500 places en moyenne).

Plutôt que de choisir un de ces trois corridors « P+R », nous avons retenu comme situation de référence, la moyenne de ces trois corridors (ce qui permet de gommer l'impact d'éventuelles spécificités).

On notera que l'ensemble des trois corridors « P+R » a un poids démographique de 28.100 ménage comparable à celui du corridor « TOD ».

4. Collecte de l'information

Bases de données et profils de corridors

Les bases de données utilisées sont:

- celle du « Center for Transit Oriented Development » (CTOD) qui porte sur 4.416 stations (dans 54 aires métropolitaines) x 70.000 variables ;
- celle du « Washington Metropolitan Area Transport Authority » (WMATA) qui donne la capacité des P+R, la fréquence de la desserte, la fréquentation de chaque station...

Les aménagements centrés autour des gares
Luxembourg, 05.06.2015

	TOD	Référence
Nombre de stations	5	3 x 4 = 12
Places de stationnement P+R	0	18.104
Fréquentation (montées par jour)	44.798	69.736
Population	51.157	68.856
Ménages	28.774	28.137
Taille moyenne du ménage	1,78	2,45
Superficie (hectares)	808	2.646
Superficie résidentielle (hectares)	577	1.571
Densité (habitants/hectare)	63,31	26,02
Densité (habitant/hectare résidentiel)	88,66	43,83
Logements par hectare résidentiel	49,9	17,9
Ilots	404	869
Taille de l'îlot (hectares)	2,00	3,04
Année moyenne de construction	1981	1964
Actifs	33.493	33.358
Emplois	70.192	39.166
Ratio emplois/actif	2,10	1,17
Actifs sans emploi	1.379	2.406
Taux de chômage	4,1%	7,2%
Revenu médian (\$)	94.855	60.479
Poids du transport (%)	12,63	15,35
Dépenses de transport (\$)	11.980	9.283
Véhicules / ménages	1,20	1,29
Places de P+R/habitant	0	0,26
Part modes actifs DT	10%	4%
Part du TCDT	38%	33%
Part de VP DT	49%	60%
Temps de transport DT (minutes)	26,1	34,6

5. Première série de résultats : l'évaluation

	TOD	Référence
Dépenses de transport en pourcentage du revenu médian	12,6 %	15,3 %
Nombre d'actifs sans emploi par rapport au nombre total d'actifs	4,1 %	7,2 %
Kilogrammes de CO ₂ émis par les voitures pour le domicile-travail par actif et par an	594 kg	1.105 kg
Mètres carrés de terrain rapportés au nombre d'habitants	158 m ²	384 m ²

Bilan favorable au TOD pour chaque indicateur: moins de dépenses, moins de chômage, moins d'émission de carbone, moins de consommation d'espace.

6. Hypothèses quant aux leviers d'action

- La relative faiblesse des dépenses des ménages en transport n'est-elle pas à relier à la mixité des fonctions, à l'intensité de la desserte de la gare ? En effet, ces dépenses sont liées au nombre de kilomètres parcourus en voiture chaque année. Ce volume est à son tour fonction de la part de marché des modes actifs et du transport collectif. La première dépend de la longueur des déplacements à effectuer elle-même liée au degré de mixité des fonctions et de mesures prises lors de la conception de la voirie pour rendre agréable et sûr les cheminement à pied et à vélo. La seconde dépend de la fréquence de la desserte de la gare.
- La relative faiblesse du taux de chômage n'est-elle pas à relier à possibilité de tout faire à pied si on ne dispose pas d'une voiture ? En effet, dans le TOD n'est pas conçu pour la voiture et celui qui cherche du travail peut faire sa recherche en allant à pied vers les emplois situés à l'intérieur du TOD et en transport collectif pour les emplois situés à l'extérieur.

6. Hypothèses quant aux leviers d'action (suite et fin)

- La relative faiblesse des émissions de carbone n'est-elle pas à relier à la part modale importante des modes actifs et du transport collectif ? En effet, les émissions sont liées au nombre de kilomètres parcourus en voiture chaque année. Ce volume est à son tour fonction de la part de marché des modes actifs et du transport collectif. La première dépend de la longueur des déplacements à effectuer elle-même liée au degré de mixité des fonctions et de mesures prises lors de la conception de la voirie pour rendre agréable et sûr les cheminement à pied et à vélo. La seconde dépend de la fréquence de la desserte de la gare.
- La relative faiblesse de la consommation d'espace n'est-elle pas à relier à la densité de logement ? En effet, l'espace total peut se décomposer en un espace résidentiel et un espace naturel ou agricole. L'espace résidentiel est égal au produit du nombre de logements par la surface au sol occupé par chaque logement, jardin et garage compris. Il est donc directement lié à la densité de logements par hectare.

7. Deuxième série de résultats : les leviers d'action

	TOD	Référence
Densité en logements par hectare résidentiel	50	18
Nombre d'emplois par actif résident	2,10	1,17
Places de P+R par milliers d'habitants	0 pl.	260 pl.
Fréquence de la desserte ferroviaire (en départs/heure et par sens)	5 / h	5 / h

- Les leviers d'action semblent être: **la densité de logements, la mixité des fonctions, et la place accordée au stationnement des voitures autour de la gare.**
- La qualité de la desserte ferroviaire est probablement aussi importante mais par construction cette variable avait été éliminée.
- D'autres leviers sont à prendre en compte comme la taille moyenne de l'îlot (mais non abordés dans cet exemple).

8. Conclusion

- Le principal résultat est que, en comparaison avec la zone équipée d'un parc-relais, la zone aménagée autour de la gare se caractérise par:
 - des dépenses de transport dans le budget des ménages proportionnellement plus faibles;
 - un taux de chômage inférieur;
 - des émissions de GES pour les déplacements plus faibles ;
 - une moindre consommation de terrain par habitant.
- Par ailleurs, quelques recommandations peuvent être formulées à l'attention des aménageurs:
 - densifier l'habitat ;
 - mixer les fonctions ;
 - réduire le stationnement à proximité des gares.

Contact

Jean-Marie Beauvais
Gérant

Trans-Missions
19, rue Edouard-Vaillant
37000 Tours

Téléphone: +33 2 45 34 01-90
Télécopie: +33 2 47 61 08 47
Courriel: beauvais@trans-missions.eu
Site internet : www.trans-missions.eu



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures

Département des transports

14ème séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports

Grand-duché de Luxembourg - 4 et 5 juin 2015

Frontières, limites, échelles - Mobilité fractionnée, mobilité hiérarchisée, mobilité structurée

Au-delà des limites institutionnelles et des échelles conventionnelles : le grand Paris du local métropolitain

Les métropoles ont grandi dans de telles proportions qu'on parle maintenant de « ville-réseau », à l'image d'un espace en mouvement et non plus de « ville-territoire », espace de la continuité que concrétise une limite, une frontière. Désormais, la notion de centralité se décline au pluriel au cœur d'un réseau de systèmes urbains regroupant un ensemble de pôles interconnectés.

La mobilité facilitée est à la source de ces transformations des espaces métropolitains et des liens multiples que chacun peut y tisser. Cela signifie que l'on habite un voisinage, mais que l'on vit en relation avec le lointain et que chaque individu ou groupe d'individus dessinent sa propre géographie tout au long de son parcours personnel, à partir de sa culture, de son système propre de liens et de lieux. Les concepts de centre et de périphérie, et donc de limites, en sont bouleversés.

Dans ces conditions du vivre métropolitain, la question de la limite et de l'échelle des périmètres de vie et de gouvernance, et de leurs relations ou disjonctions, est complexe ; puisqu'il s'agit, à la fois, de considérer le lieu d'habitat et l'espace réticulaire du quotidien. En même temps, c'est la notion de périmètre de projet qui est remise en question.

Les pistes de réflexion qui ont été élaborées, les propositions qui ont été esquissées se situent dans la perspective d'un local renforcé et mis en réseau avec le métropolitain, et au delà...

4 parties composent cette communication. Elles portent successivement sur :

- le fonctionnement métropolitain dans une logique ascendante ;
- la controverse sur la notion de bassin de vie en tant qu'échelle intermédiaire d'usage et de gouvernance ;
- la saga du grand Paris entre frontières et réseaux lourds de transport en commun ;
- les enjeux de frontières externes et de ruptures internes auxquels la gestion des mobilités est confrontée ;
- en conclusion, le découplage suggéré entre limites administratives et Périmètres d'action.

FONCTIONNEMENT METROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS

Les travaux consacrés à la future Métropole du Grand Paris et menés dans le cadre de l'AIGP se sont appuyés sur un double changement de point de vue : partir non plus du centre et d'une hypothétique « tache urbaine » mais de la périphérie et du local.¹

Il s'agissait de mener une approche des mobilités et de l'accessibilité de proche en proche, à la Christaller, en combinant plusieurs démarches: l'observation des agrégats bâtis; l'élaboration des grappes à partir de l'accessibilité aux services; l'analyse des déplacements domicile-travail; enfin, les

¹ Brès Mariolle et Chercheurs Associés, avec notamment Géographie-Cités (N. Cattan), IPRAUS (J.F.Coulet)

rapports de dépendance-indépendance par rapport au centre en combinant différents types de mobilités

Ces observations ont révélé en premier lieu une structure territoriale discontinue, issue pour l'essentiel du substrat rural, auquel se superposent les grands projets métropolitains (grands ensembles et villes nouvelles).

De l'agrégat bâti à la grappe de proximité : l'accessibilité aux services

A la suite, la répartition des services analysée à la même échelle, et l'approche de leur accessibilité potentielle dans une logique ascendante, des services de proximité aux services rares en passant par les services intermédiaires, a donné à voir des « grappes de proximité » qui fonctionnent sur des distances relativement courtes. Nous sommes donc bien loin d'une dépendance au centre, à l'opposé de la représentation la plus récente du SDRIF, qui en reste sur une vision radiale de son fonctionnement (SDRIF), une figuration « à grands traits » ou « grandes masses » de son évolution.

Si l'on suit notre proposition, les enjeux de son fonctionnement et la représentation qu'on peut en donner sont bien différents.

L'exemple de Brie-Comte-Robert

Des grappes sur lesquelles des observations plus fines des mobilités et des proximités ont porté, la grappe de Brie Comte Robert offre un bon exemple. Située en marge de la zone agglomérée à l'est de Paris en Seine et Marne, et donc en dehors du périmètre de la future métropole du Grand Paris (qui sera effective le 1^{er} janvier 2016), elle regroupe 30.000 habitants autour d'une commune de 16.000 habitants. Les observations qui ont été faites révèlent que :

- La distance moyenne à un service de proximité a été estimée de 2,6km et à un service intermédiaire ou rare est 5,1km ;
- Les emplois de la grappe occupés par des actifs de la grappe représentent 38% du total des emplois ; tandis que 28% des actifs de la grappe occupent un emploi dans grappe.
- La cartographie des flux entrant et sortant montre une très grande diversité des origines et destinations dans les deux sens.

Si, à la suite, comme on a pu le faire avec l'aide de Nadine Cattan, on agrège différentes mobilités - pendulaire, résidentielle, liée aux études supérieures - les systèmes de relation qui émergent sont beaucoup plus complexes que la simple dépendance des différentes grappes au centre, qui n'en dépendent finalement que très partiellement.

Les enseignements d'une approche ascendante

Cette approche a ainsi révélé plusieurs choses. Non seulement ces grappes présentent en interne un certain degré d'endogénéité de fonctionnement, mais, en externe, leur système de relation déborde même les limites régionales.

Elle impose le passage obligé par une exploration de la structuration par les mobilités des systèmes territoriaux en deçà de l'échelle communale, donc une discrétisation des données ;

Elle met en évidence les potentiels de proximité qui sont en général occultés par une vision limitée aux grandes masses statistiques ou bâties.

Elle a permis enfin de faire le constat sur le terrain de conflit entre limites d'usage et limites de gestion , c'est-à-dire de territoire entre l'autorité organisatrice des transports à l'échelle régionale, le STIF, et les initiatives mises en place au niveau local pour résoudre la dépendance automobile de certaines populations, jeunes au chômage, personnes âgées,..

Elle encourage à une représentation renouvelée de la métropole.

BASSIN DE VIE, UNE ECHELLE INTERMEDIAIRE ?

Faut-il jeter la proximité avec l'eau du bassin de vie?

Depuis quelques temps la notion du bassin de vie est revenue dans l'actualité à travers notamment le texte de la plus récente loi sur la future Métropole du Grand Paris, pour prendre le relais des intercommunalités, et à travers également certains travaux de l'AIGP pour tenter résoudre à une échelle intermédiaire en local et métropolitain.

Cette notion, depuis longtemps familière aux géographes et contestée par ceux-là mêmes ces derniers temps, et même définitivement enterrée par les plus virulents (Martin Vanier), est-elle toujours d'actualité alors que la notion de proximité sur laquelle elle se fonde semble antinomique de celle de grande mobilité, caractéristique pour beaucoup du vivre métropolitain ?

Le bassin de vie recoupe sans la recouvrir la question de la proximité puisqu'il s'agirait de déterminer le périmètre pertinent au sein duquel s'effectuerait la plus grande part des activités des habitants qu'il inclue.

Des études très récentes menées par l'IAU ont cherché à évaluer précisément l'échelle des pratiques de proximité dans le périmètre de la région Ile-de-France et notamment sur le département de Seine-et-Marne. Elles révèlent la très faible portée de ces pratiques dans l'espace - de quelques centaines de mètres à moins de 10km - et leur grande portée dans quelques rares occasions.

La proximité n'est donc pas soluble dans le bassin de vie. La condition métropolitaine introduit de nouveaux et multiples registres de proximité et de distances qui submergent les frontières et les limites.

La condition métropolitaine introduit de nouveaux et multiples registres de proximité et de distances qui submergent les frontières et les limites

Les enseignements qu'on peut tirer de ces démarches corroborent les résultats des investigations qui viennent d'être présentées : être chez soi en Métropole signifie jouer sur plusieurs registres, celui de la grande proximité (autour de 2km) et sur celui des distances, plutôt importantes, facilitées par les réseaux de transport.

La condition métropolitaine, qui se démarque en ça de la condition citadine qui postule densité bâtie et intensité d'interactions, introduit donc ce double registre dans les pratiques et les représentations. Elle fonctionne sur une grande multiplicité des situations : je suis en Métropole aux Halles et en bord de Marne, à Belleville et à Brie-Comte-Robert.

Pour qu'elle advienne, il faut ainsi faire en sorte que la proximité ne soit pas synonyme de confinement et la mobilité de contrainte. La condition est bien le résultat d'une combinaison de proximité aréolaire et de connectivité réticulaire : pouvoir à la fois rester sur mon îlot ou naviguer dans l'archipel métropolitain, mais surtout ne pas être contraint de patouer dans mon bassin de vie.

PARIS, SES FRONTIERES ET SES RESEAUX

Le réseau connecte mais il enferme aussi

Si l'on s'intéresse au versant réticulaire du cadre des pratiques métropolitaines, on constate qu'il ne faut pas idéaliser les effets des réseaux de transport sur les territoires qu'ils desservent. Ils ne sont pas aussi structurants qu'on l'imagine, comme l'a souligné depuis longtemps Jean-Marc Offner, et non plus toujours affranchis des frontières institutionnelles, ce qui est moins affirmé.

Les réseaux créent aussi des frontières, réelles ou perçues comme telles. La saga du développement des réseaux de transport franciliens en fournit un excellent exemple depuis plus d'un siècle : le refus de la RATP de s'interconnecter au-delà des limites héritées de la ville de Paris jusqu'en 1930 a

participé à la marginalisation de la banlieue dont l'image a été dès lors associée au tramway, puis au « train de banlieue », enfin au RER, en créant un « effet de club » vis-à-vis des populations qui n'y avaient pas un accès direct, avec pour résultat un double effet de frontière.

Le choix de dénomination des nouvelles lignes du futur MGPE dans la suite de celle des lignes du réseau métropolitain (lignes 15, 16, 17 et 18) représente sur ce plan un grand progrès.

Cependant la tarification unique sur l'ensemble du territoire régionale qui va être mise en place en septembre prochain 2015 va introduire un nouveau décalage entre périmètre de la petite Métropole institutionnelle et le périmètre de gestion de la mobilité, en anticipant pour une fois l'extension de la Métropole du Grand Paris à la Région Ile-de-France.

DECOUPAGE ADMINISTRATIF ET PERIMETRES D'ACTION

Quelle(s) conjonction(s) faut-il alors introduire entre caractère réticulaire des infrastructures de déplacement et logique périmétrée des territoires définis par leurs frontières ? Comment gérer à la fois la grappe et l'archipel ?

Il faut en premier lieu prendre en compte de l'ensemble des relations, en s'affranchissant des frontières externes, physiques et mentales.

Il faut ensuite veiller à ne pas mettre à l'écart certains territoires en remédiant aux ruptures internes, aux frontières invisibles générées par les effets de coupure, en particulier des infrastructures de transport elles-mêmes.

Il ne faut pas donc assujettir les réseaux aux frontières.

Il faut en revanche porter son attention aux interfaces entre ces deux registres. Les « portes d'entrée » sur lesquelles Nadine Cattan suggère de travailler offrent un bon exemple de ce qui peut combiner approches des territoires et des réseaux de transport, sans pour autant nier la permanence des frontières.

Finalement, on suggérerait volontiers de privilégier les logiques de projet sans attendre l'illusoire conjonction entre frontières administratives et archipels de vie propres à notre condition métropolitaine. Elles conduisent à mener des actions ciblées sur des liens ou des lieux dont la pertinence ne tient qu'à elles et pour un temps seulement: accords, transfrontaliers, contrats « de réciprocité »,...

Il s'agit en fait de nous permettre de vivre notre destin commun de transfrontalier qu'il s'agisse de frontières administratives, de gestion ou nationales.

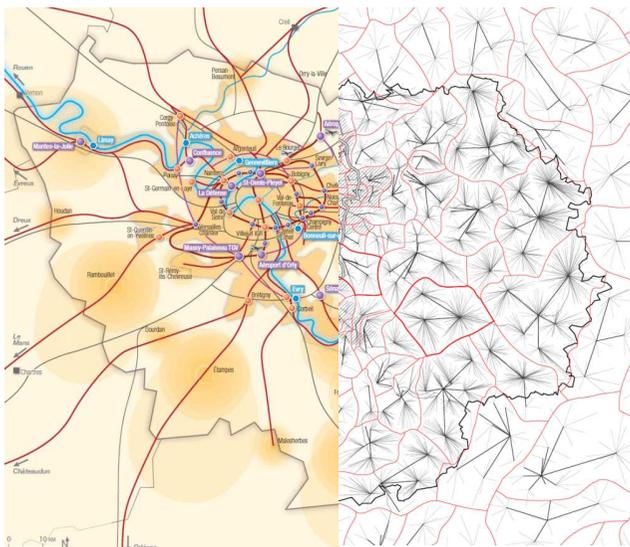
Antoine Brès / BMCA, 24 mai 2015

Bibliographie succincte:

CATTAN N., 2014, « *Territoires relationnels* » in *Métropole en relations*, BMCA (BRES-MAROLLE ET CHERCHEURS ASSOCIES), DIR. B.MAROLLE, AIGP

IAU, 2015, *Coupes et découpages territoriales*, Les Cahiers, n°172 et 173

VELTZ P., 2012, *Paris, France, Monde*, L'Aube



RFSET - LISER

Au-delà des limites institutionnelles et des échelles conventionnelles Le grand Paris du local métropolitain



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère du Développement durable
et des Infrastructures
Département des transports

1^{ème} SÉMINAIRE FRANCOPHONE EST-OUEST DE SOCIO-ÉCONOMIE DES TRANSPORTS
Grand-duché de Luxembourg - 4 et 5 juin 2015
Frontières, limites, échelles - Mobilité fractionnée, mobilité hiérarchisée, mobilité structurée

Antoine Brès
BMCA/AIGP
Géographie-Cités

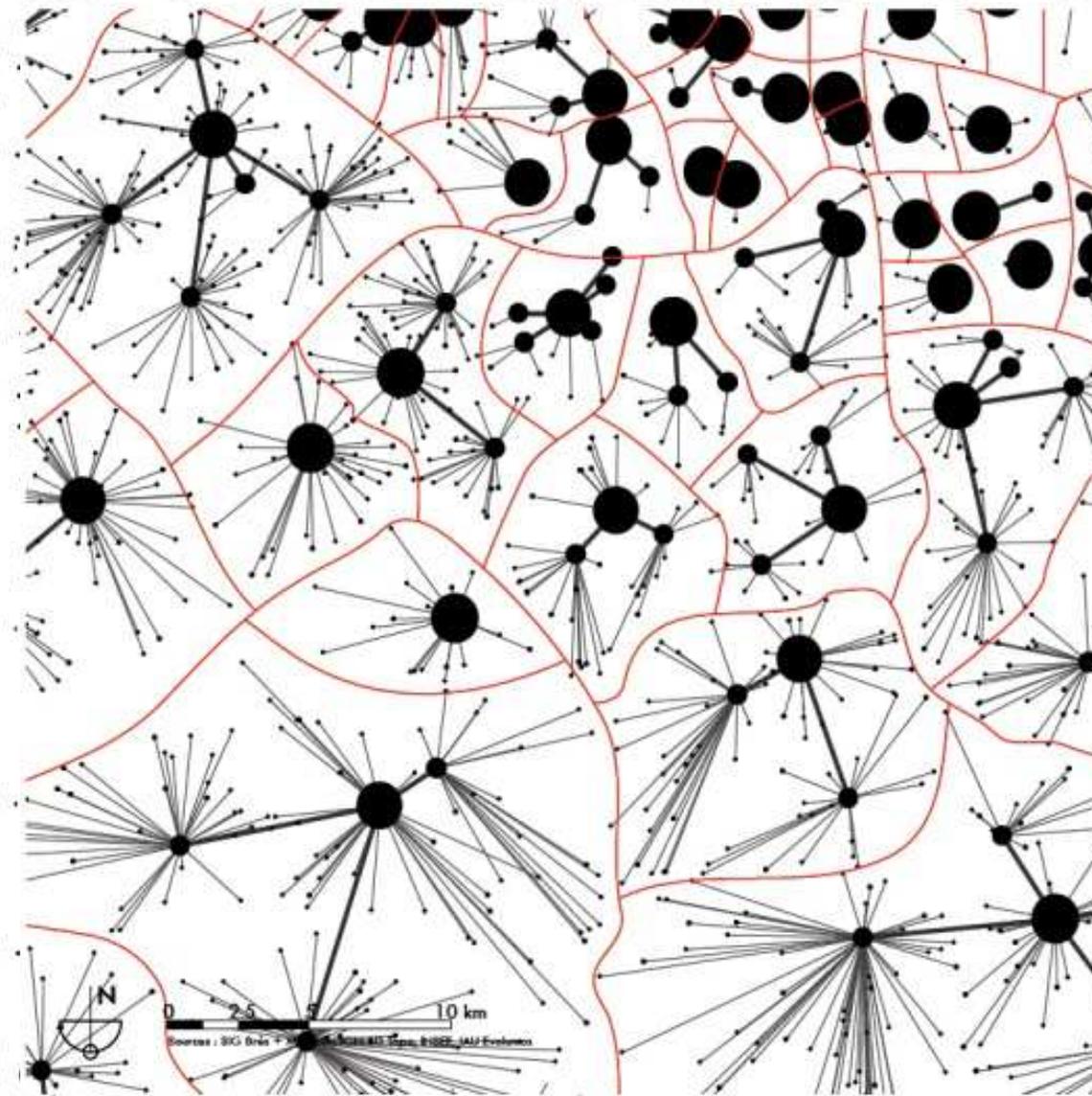
**FONCTIONNEMENT MÉTROPOLITAIN ET
DEPLACEMENTS**

BASSIN DE VIE, UNE ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE?

PARIS, SES FRONTIÈRES ET SES RESEAUX

**FRONTIÈRES ADMINISTRATIVES ET PÉRIMÈTRES
D'ACTION**

FONCTIONNEMENT METROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS



DE L'AGRÉGAT BÂTI À LA GRAPPE DE PROXIMITÉ

Accessibilité aux services

1/ agrégats bâtis

2/ pôles de services

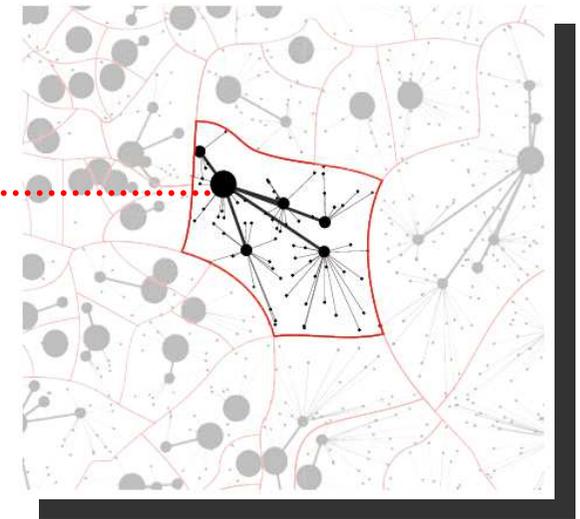
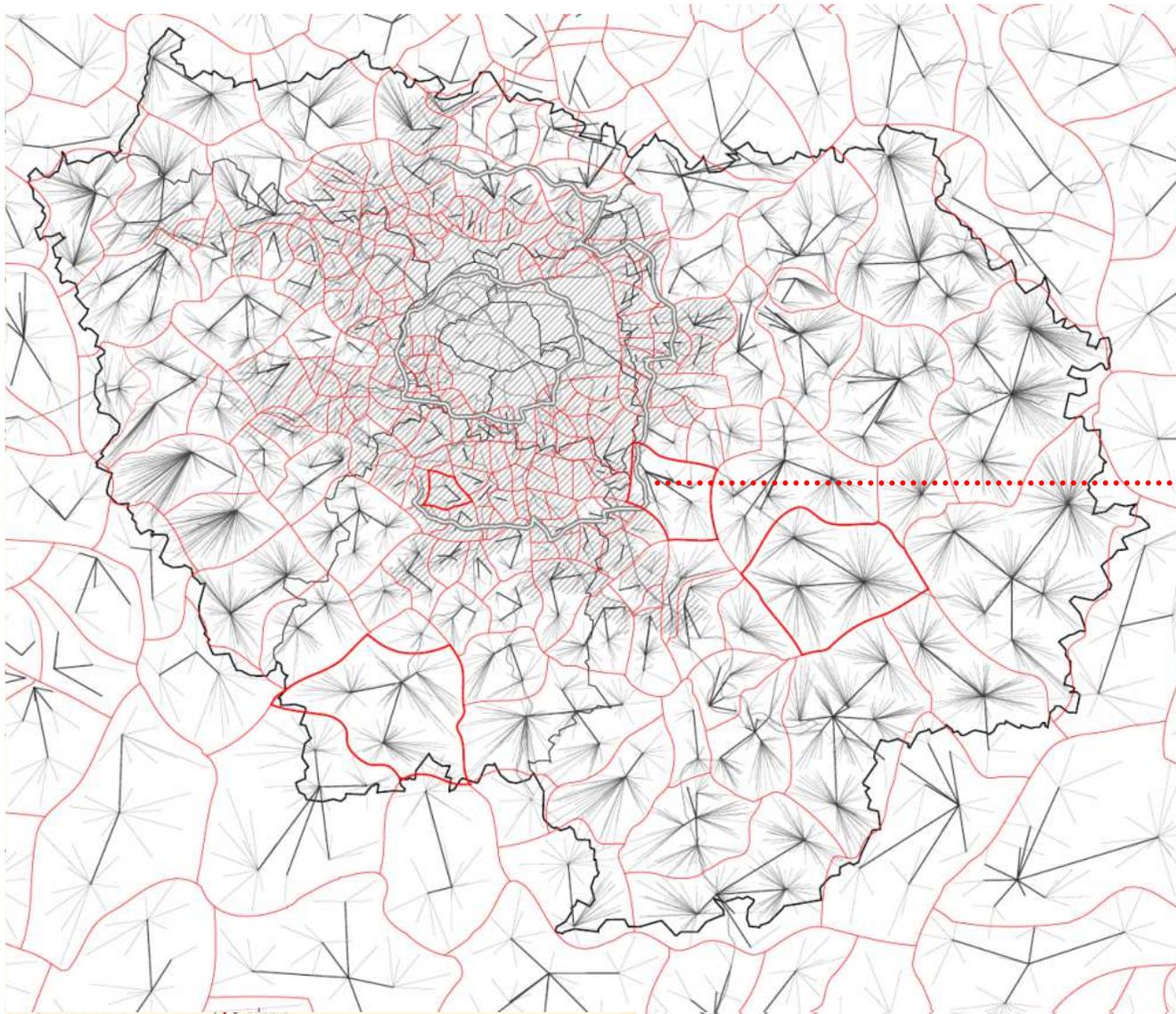
3/ accessibilité aux

services
4/ grappes de proximité

FONCTIONNEMENT METROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS

DE L'AGRÉGAT BÂTI À
LA GRAPPE DE
PROXIMITÉ

Exemple: Brie-Comte-Robert



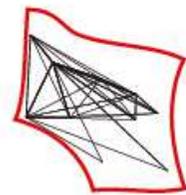
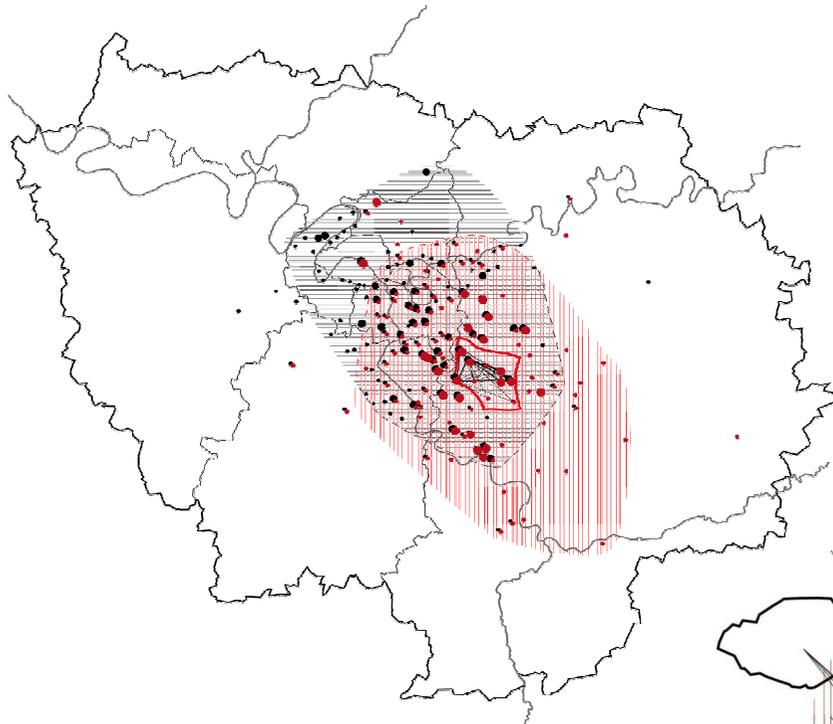
FUNCTIONNEMENT METROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS

MOBILITÉS DOMICILE-TRAVAIL

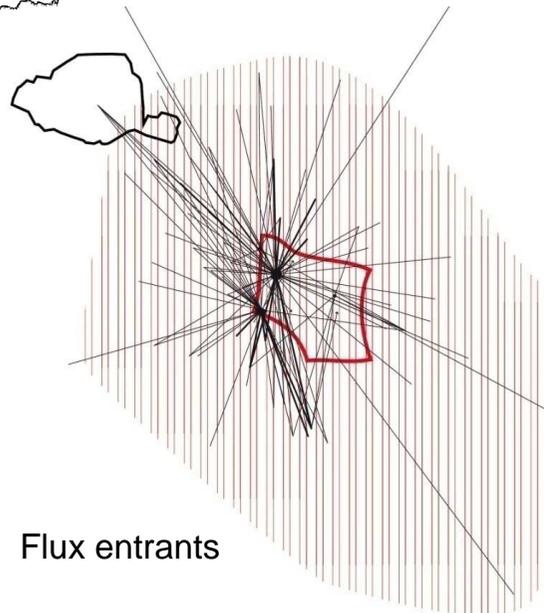
Des formes de proximité

Emplois de la grappe occupés par actifs de la grappe= 36%

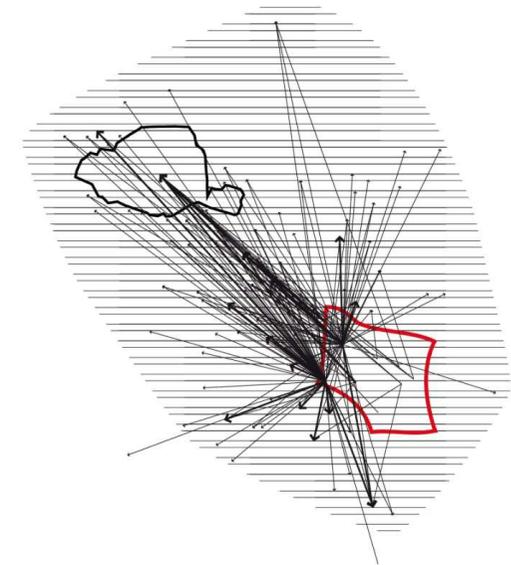
Actifs de la grappe occupant un emploi dans la grappe= 28%



Flux internes

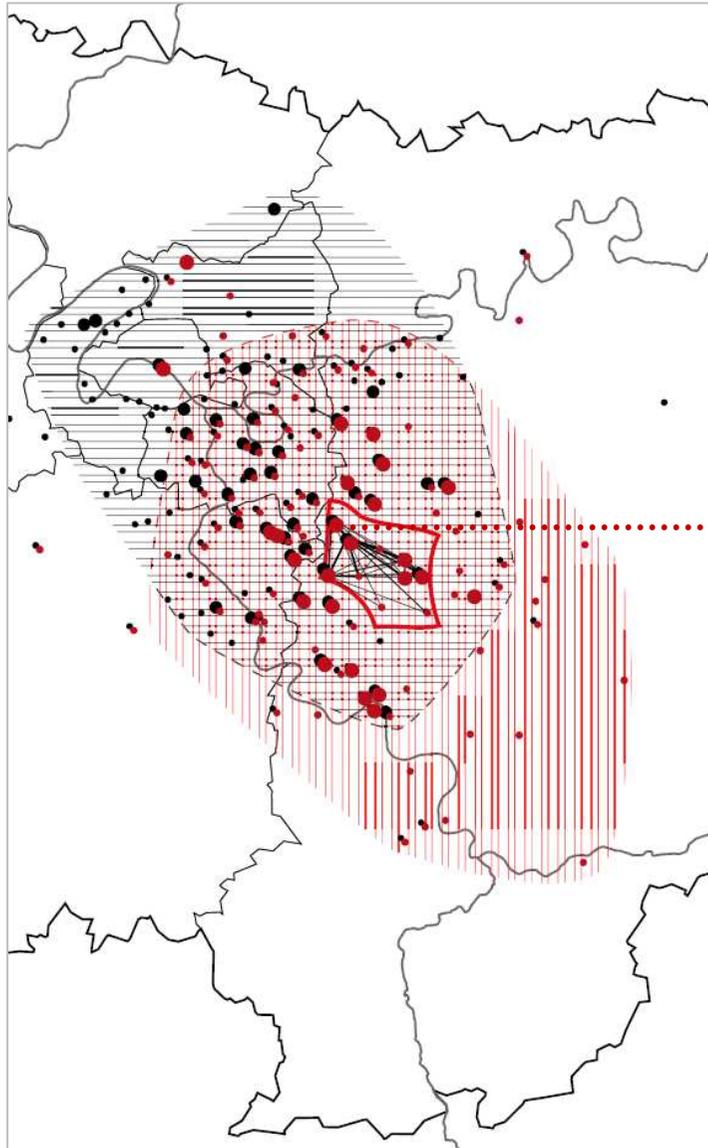


Flux entrants



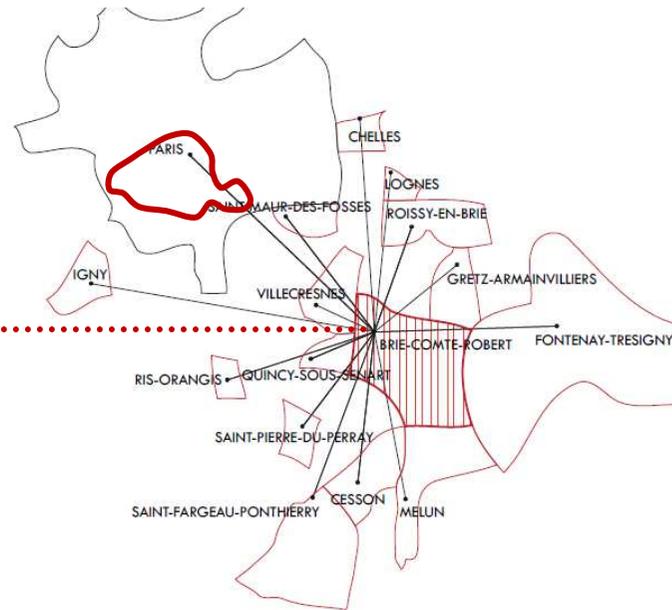
Flux sortants

FONCTIONNEMENT MÉTROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS



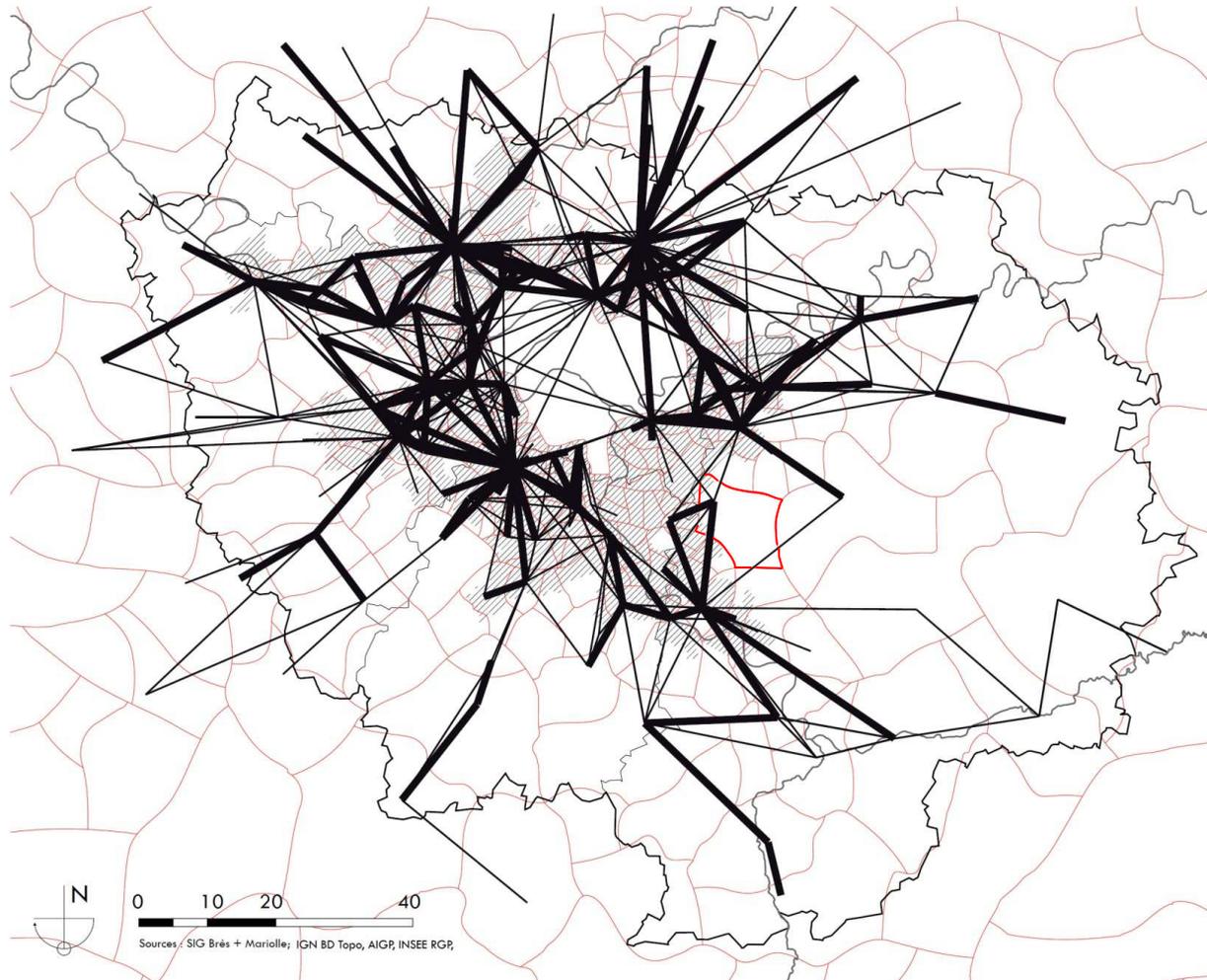
DÉPENDANCE-INDÉPENDANCE

L'autre échelle du local



FONCTIONNEMENT MÉTROPOLITAIN ET DEPLACEMENTS

LES ENSEIGNEMENTS D'UNE APPROCHE ASCENDANTE



Navettes domicile-travail supérieures à 500 flux par jour et en dehors de Paris

La discrétisation des données

Les proximités potentielles

Le passage par l'espace pour résoudre l'inscription territoriale des mobilités

Les obstacles aux alternatives au « tout-automobile »

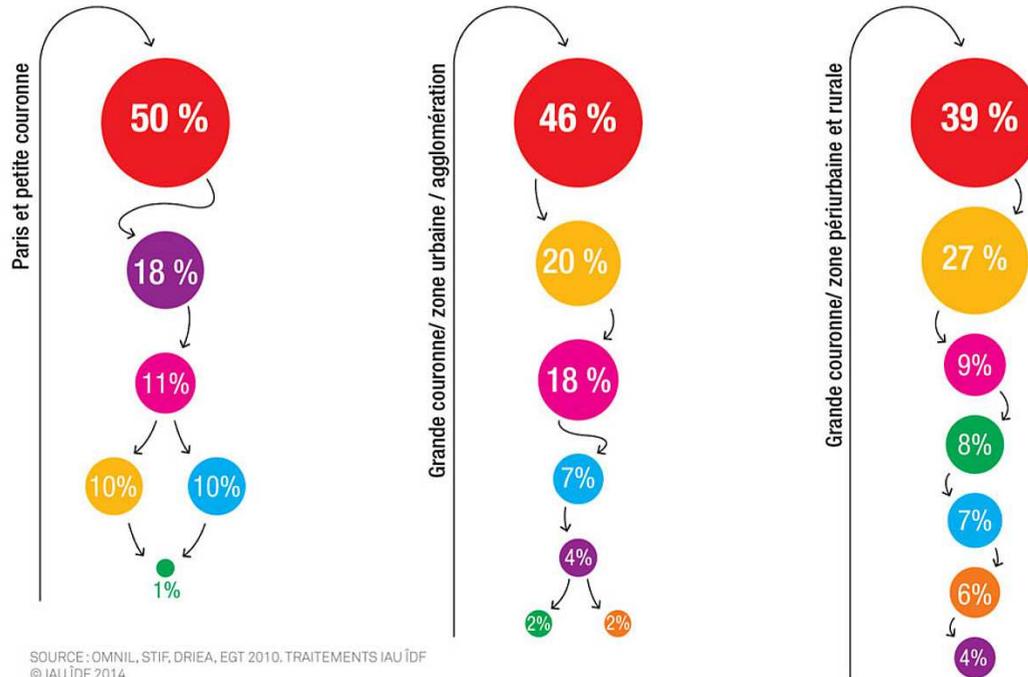
Les conflits entre limites d'usage et limites de gestion

Une représentation de la métropole à actualiser

BASSIN DE VIE, UNE ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE?

Quel que soit leur **lieu de résidence**, les **Franciliens** utilisent avant tout **les ressources de leur quartier**
 Lorsque le service ou l'équipement recherché ne s'y trouve pas, ils se rendent dans de **grandes polarités**,
pas nécessairement proches de leur domicile

proximité du lieu de résidence / proximité du lieu de travail / Paris / communes bien ou très bien équipées proches / autres communes proches / communes bien ou très bien équipées plus lointaines / autres communes



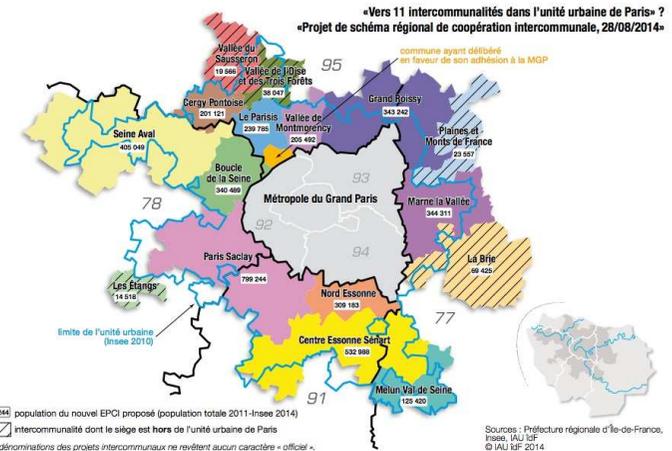
SOURCE : OMNIL, STIF, DRIEA, EGT 2010, TRAITEMENTS IAU ÎDF
 © IAU ÎDF 2014

(Source: IAU, 2014)

FAUT-IL JETER LA PROXIMITÉ AVEC L'EAU DU BASSIN DE VIE?

La proximité n'est pas soluble dans le bassin de vie

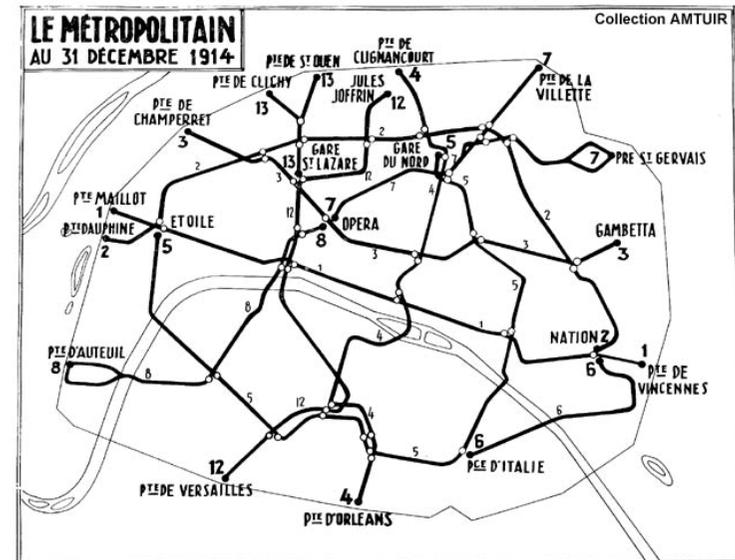
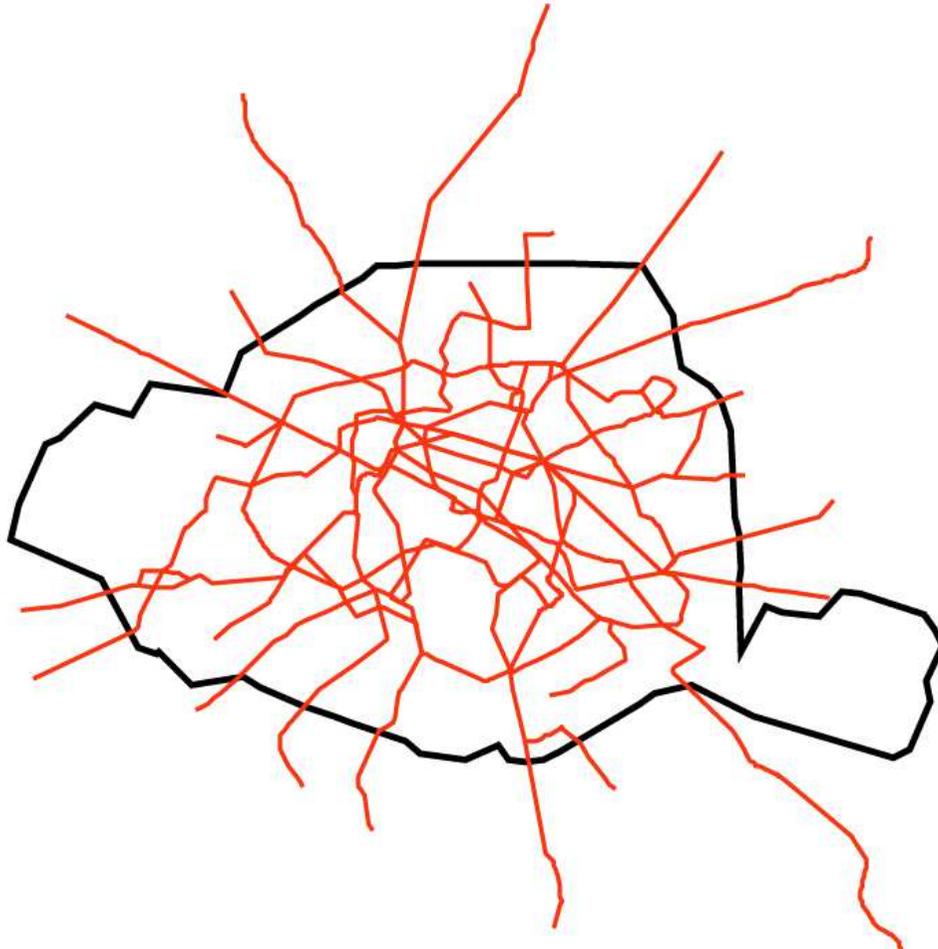
La condition métropolitaine introduit de nouveaux et multiples registres de distance et de proximité



PARIS, SES FRONTIÈRES ET SES RESEAUX

LE RÉSEAU CONNECTE MAIS ENFERME AUSSI

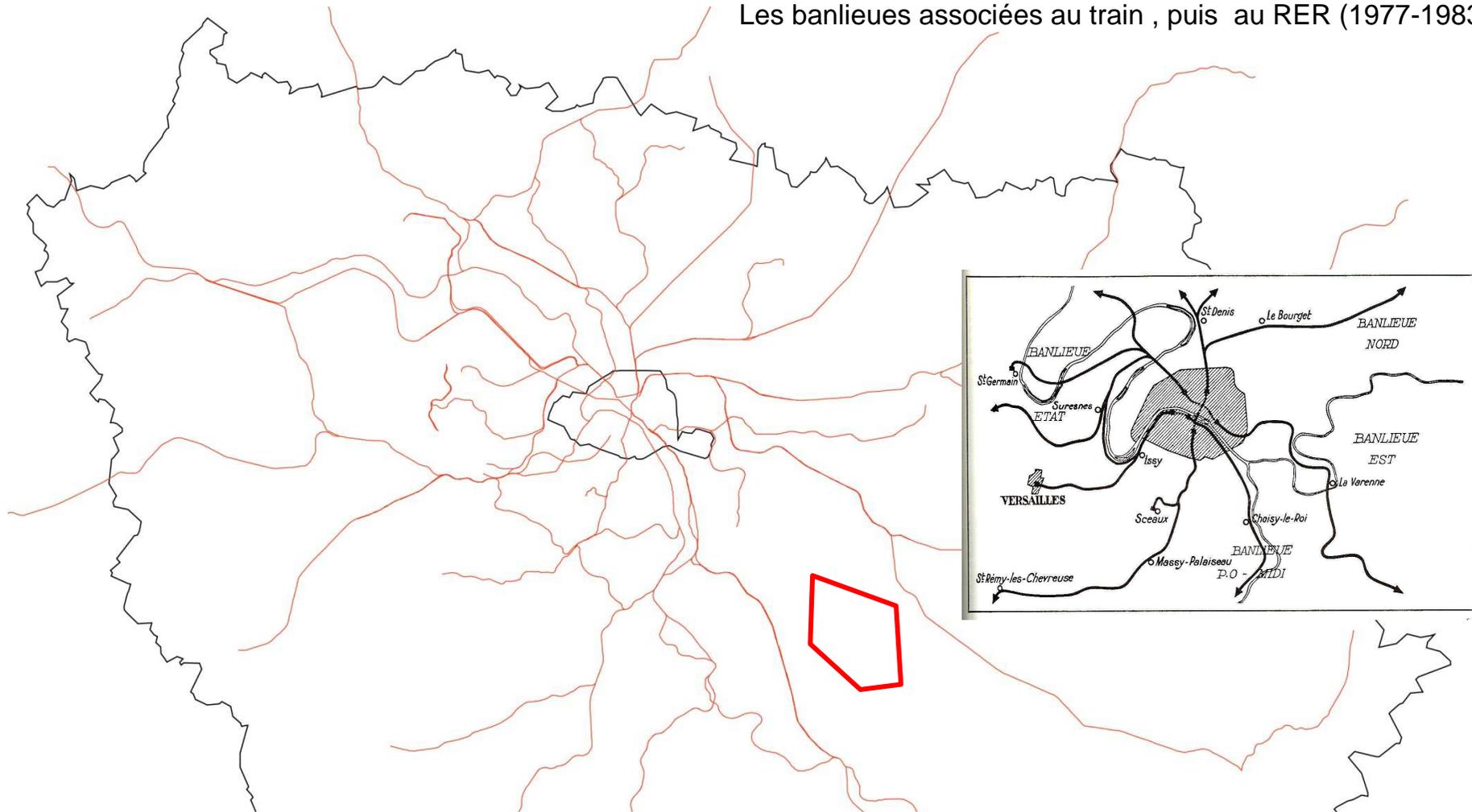
Le petit Paris entre les mailles de son Métro (1900-1930)



PARIS, SES FRONTIÈRES ET SES RESEAUX

LE RÉSEAU CONNECTE MAIS ENFERME AUSSI

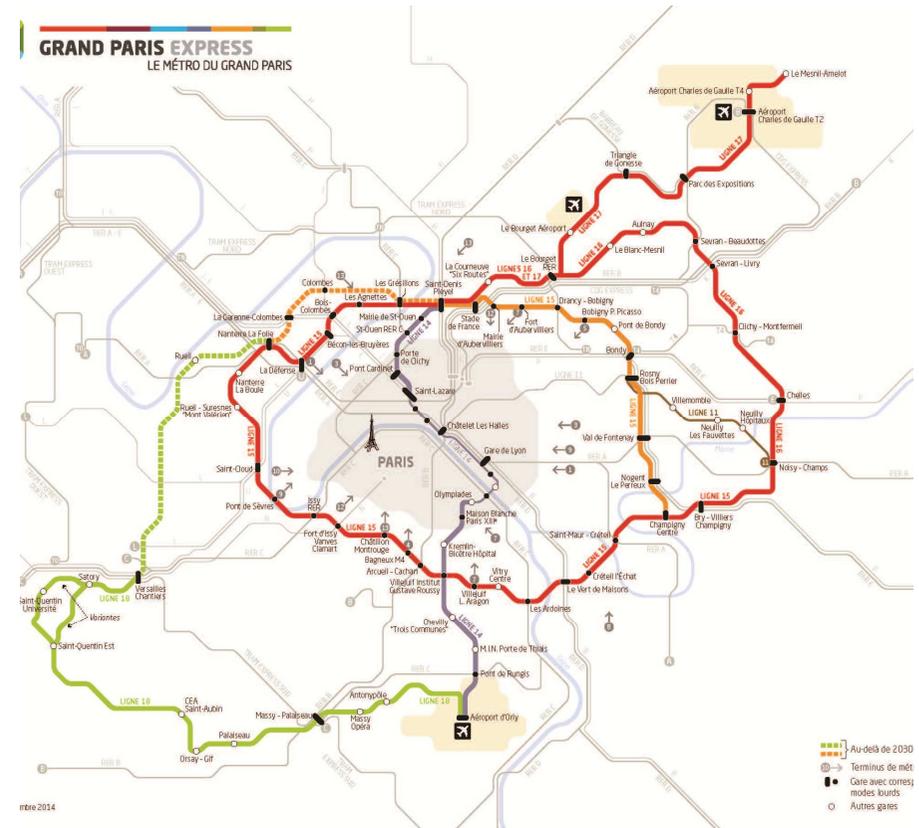
Les banlieues associées au train , puis au RER (1977-1983)



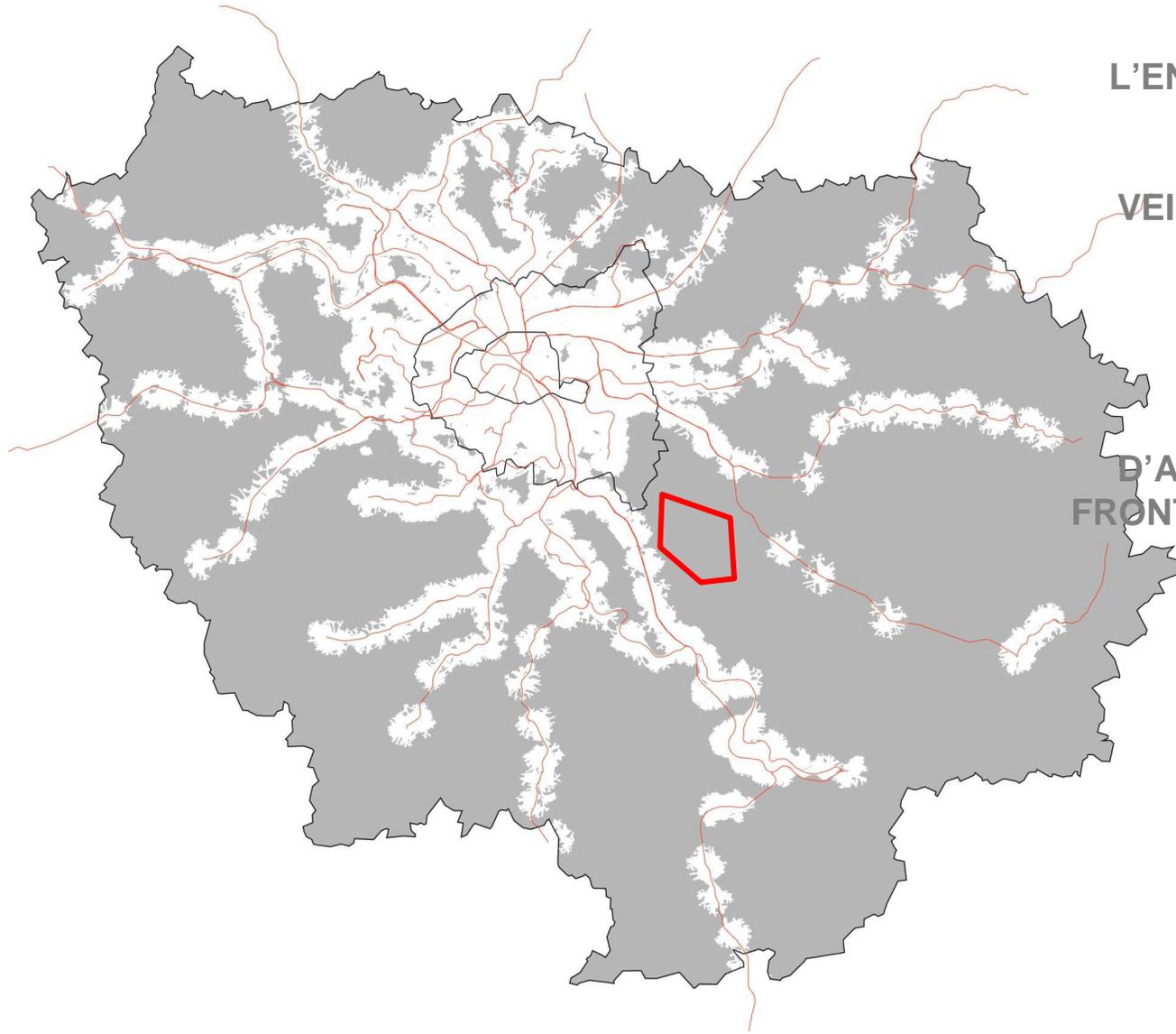
PARIS, SES FRONTIÈRES ET SES RESEAUX

LE RÉSEAU CONNECTE MAIS ENFERME AUSSI

Le MGPE à la mesure de la petite métropole institutionnelle (2025-2030 ?)



DÉCOUPAGE ADMINISTRATIF ET PÉRIMÈTRES D'ACTION



RENDRE COMPTE DE
L'ENSEMBLE DES RELATIONS
(FRONTIÈRES EXTERNES)

VEILLER À NE PAS METTRE À
L'ÉCART CERTAINS
TERRITOIRES (RUPTURES
INTERNES)

DÉCOUPLER PÉRIMÈTRE
D'ACTION (TEMPS COURT) ET
FRONTIÈRE ADMINISTRATIVE (TEMPS LONG)



15mn à pied



15mn en vélo





Vers le plafonnement de la circulation dans les espaces peu denses ? Une approche quantitative des signaux faibles

Jean-Loup Madre* , Jean-Paul Hubert* , Pierre Pistre* , Roger Collet**

*UPE / IFSTTAR / AME / DEST / **Université Paris 1, CRIDUP

¹14e séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports – Luxembourg, 4, 5 juin 2015

Introduction

Besoin d'observation en continu de la mobilité des français

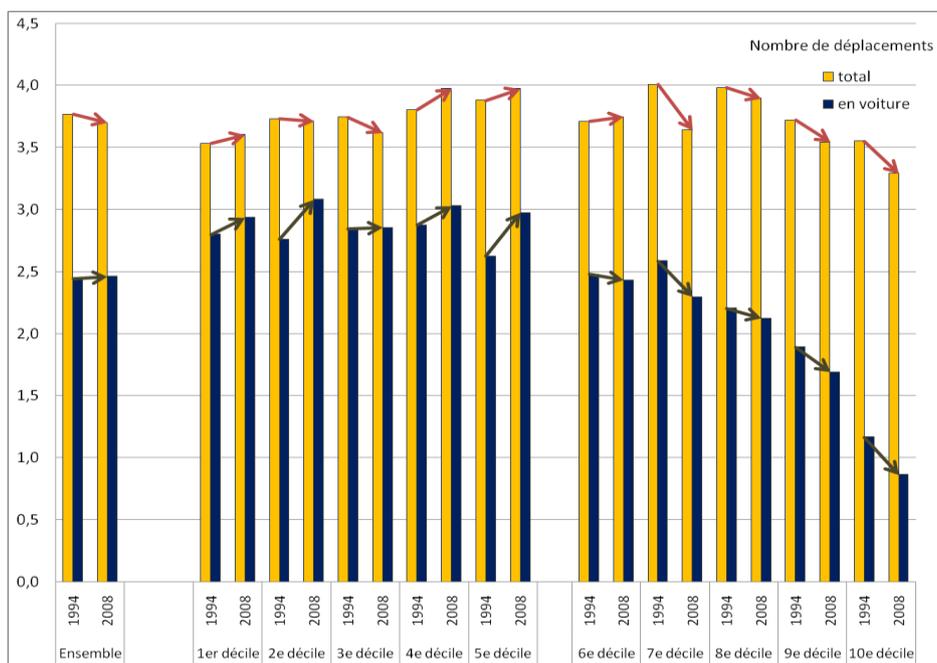
Depuis 2003, le Bilan de la Circulation élaboré par la Commission des Comptes Transport de la Nation montre un plafonnement du trafic automobile France entière, correspondant à un ralentissement de la croissance du parc et à la baisse du kilométrage moyen par voiture. Notre recherche vise l'analyse de l'évolution des pratiques de mobilité et de l'équipement automobile des ménages dans les espaces peu denses, notamment lors du tournant de la crise. Ces espaces ont d'abord paru peu touchés par ce phénomène du plafonnement automobile. L'étude comparée des deux dernières Enquêtes nationales sur les transports (1993-94 et 2007-08) montrait en effet deux évolutions divergentes entre, d'une part, les grandes agglomérations où l'usage de l'automobile diminuait et, d'autre part, les territoires peu denses où il continuait à croître (graphique 1). Les distances parcourues en voitures augmentaient également dans l'espace peu dense. Mais on observe depuis 2008 que les kilométrages annuels par voiture ou par ménage, mesurés par le Panel ParcAuto, tendent à leur tour à baisser hors des agglomérations de 10.000 habitants et plus (seuil que nous choisissons pour définir l'espace peu dense en France métropolitaine) (graphique 2).

L'étude de la mobilité et des transports est devenue un enjeu important pour la politique de transition énergétique. Mais elle manque d'outils statistiques nationaux annuels et précis géographiquement, surtout dans les territoires de faible densité. Or nous sommes dans une période de **volatilité** (des prix des carburants, du crédit, etc.), de **stagnation** (PIB, revenus, circulation et parc automobile) et de **changement technologique** (connectique, motorisation, etc.). Nous avons besoin de détecter les signaux faibles d'inversion de tendance ou d'émergence de nouveaux comportements. La plupart des grands domaines d'étude statistique comme par exemple, l'emploi, la production économique ou la démographie naturelle peuvent s'appuyer sur des sources de données robustes et au minimum annuelles qui permettent d'analyser les effets de la conjoncture (respectivement : l'enquête Emploi trimestrielle, la Comptabilité nationale et l'État civil). Le champ des transports et des mobilités souffre, pour sa part, d'un manque de bases de données permettant un suivi régulier et de court terme des tendances à des échelles socio-démographiques et spatiales fines.

Il existe des panels (*cf.* Enquête INSEE de Conjoncture auprès des Ménages – ECAM – jusqu'à sa transformation en 1994, puis panel ParcAuto TNS SOFRES) mais leurs échantillons sont trop limités et insuffisamment stratifiés pour bien représenter la diversité géographique des territoires peu denses où il n'existe guère d'alternative aux déplacements par automobile. Dans ces territoires, l'amélioration de l'efficacité énergétique des transports devrait passer par une augmentation du nombre moyen de passagers dans les véhicules, notamment par co-voiturage. Or cette possibilité dépend fortement de facteurs géographiques : distribution spatiale des habitants, des emplois ou des services.

¹ Les travaux présentés ici proviennent de deux projets financés par le Predit 4 : FACADYMO (GO3), pour ce qui concerne les exploitations du recensement de la population et ANDEMO (GO6) pour les traitements du Panel ParcAuto. Pour la partie sur les signaux faibles, ce texte reprend une bonne partie de la communication faite par les auteurs aux Journées de méthodologie statistique de l'Insee 2015 (Madre *et al.*, 2015).

Graphique 1 : Nombre de déplacements réalisés un jour de semaine par les personnes mobiles, selon le décile de densité en emplois et en habitants de la commune de résidence

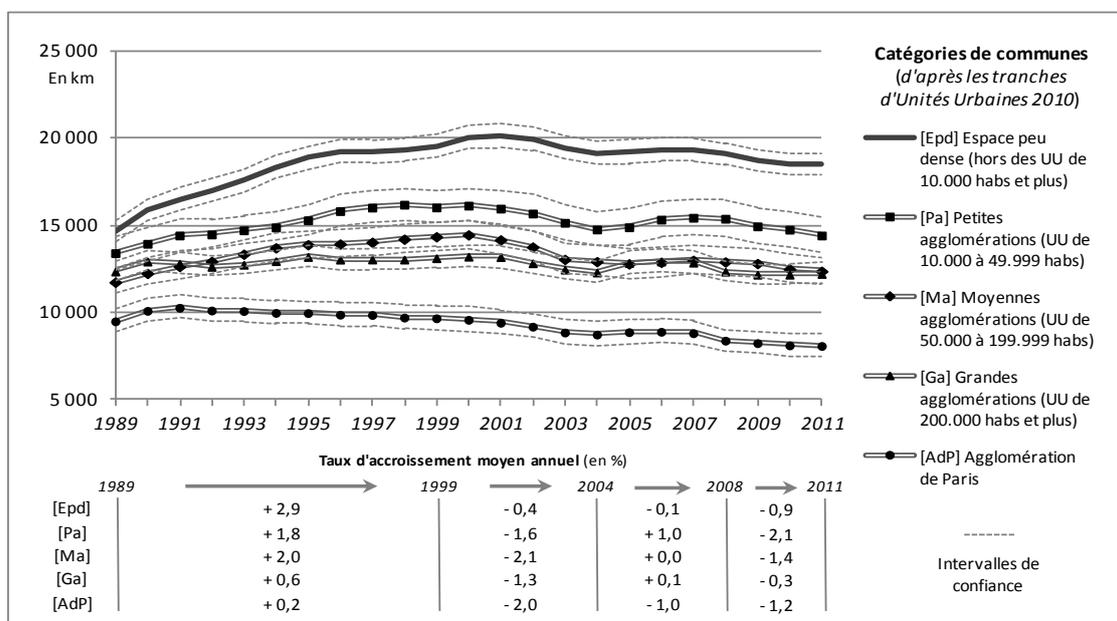


Champ : déplacements un jour de semaine des individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine (calculs sur l'ensemble des individus mobiles le jour ouvrable de référence).

Sources : SOeS, Insee, Inrets, enquêtes nationales transports 1994, 2008

Tiré de « L'allongement des déplacements quotidiens contribue à l'émergence d'espaces urbains multipolaires, tandis que la mobilité baisse au centre des grandes agglomérations » (J.-P. Hubert et F. Delisle, La revue du CGDD, décembre 2010)

Graphique 2 : Évolution du nombre moyen annuel de kilomètres parcourus par les voitures d'un ménage selon la catégorie de commune de résidence en France métropolitaine



Données annuelles lissées par moyennes mobiles sur 3 ans

Champ : ménages qui résident en France métropolitaine

Sources : Insee, ECAM (1987-1994) et TNS Sofres, panel ParcAuto (1994-2013)

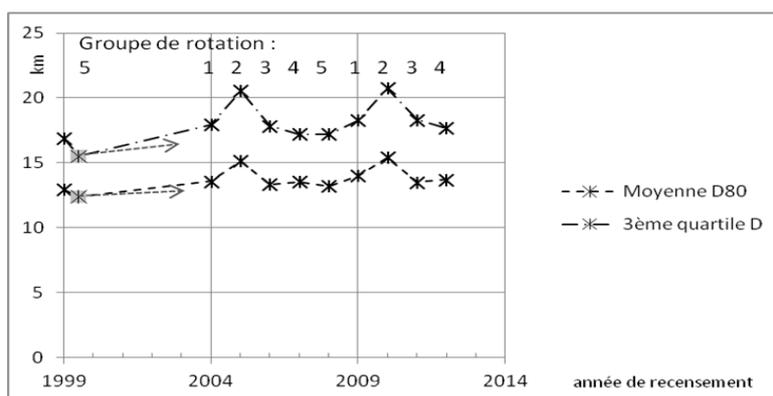
Tiré de « Analyse de déterminants socio-démographiques de la mobilité automobile dans l'espace peu dense grâce aux données annualisées du recensement de la population » (J.-P. Hubert, P. Pistre, J.-L. Madre, article actuellement soumis à la revue Économie et Statistique).

Une utilisation originale du recensement pour les territoires hors des Unités urbaines de 10.000 habitants ou plus

Le Recensement de la population renseigne sur la possession de voitures et les distances domicile-travail, mais il lisse les évolutions sur des périodes de 5 ans. Or le recueil des données de recensement est réalisé annuellement sur des échantillons massifs de population. De plus, les territoires peu denses sont bien représentés par les communes hors des agglomérations de 10.000 habitants et plus. Ces dernières sont recensées exhaustivement tous les cinq ans, dans cinq groupes de rotation composés de manière équilibrée à l'échelle régionale. Il est facile techniquement de construire, à partir de 2004, des séries annuelles d'indicateurs bruts par Enquête annuelle de recensement (EAR) sur l'équipement automobile des ménages ou les trajets domicile-travail.

Ces séries peuvent donc permettre de mesurer des évolutions de court terme et d'évaluer notamment les effets conjoncturels de l'évolution de l'emploi ou du prix des véhicules. Néanmoins, certaines perturbations cycliques peuvent apparaître dans les séries, surtout lorsque les champs des analyses sont restreints — par exemple aux communes les plus peuplées de l'espace peu dense (graphique 3).

Graphique 3 : **Périodicité de deux indicateurs de distance domicile-travail pour une sous-population d'actifs insuffisamment équilibrée entre les groupes de rotation**



Champ : Actifs résidant dans des communes du 3ème décile de densité et allant travailler dans des unités urbaines de 10 000 à 20 000 habitants. Effectifs par EAR : 4 448 à 6 390 actifs occupés (sondage au 1/4) ; Effectifs du groupe 5 en 1999 : 968 actifs occupés (sondage au 1/20).

Moyenne D80 : moyenne des distances entre communes de travail et de résidence écrêtée à 80km.

3ème quartile D : borne supérieure du 3ème quartile des distances non écrêtées.

Source : Insee, recensement de la population 2006 et 2010 (exploitation complémentaire)

Plan des exploitations présentées

Pour extraire des signaux faibles à partir des EAR, nous proposons plusieurs approches pour neutraliser les cycles de faible amplitude résultant des différences ténues entre les groupes de rotation. Nous en tirons des méthodes qui permettent d'établir des conclusions pour des évolutions sur des intervalles plus courts que cinq ans. Ce travail est illustré par trois séries répondant à trois questions sur les comportements de mobilité des résidents de l'espace peu dense :

- la crise de 2008-2009 a-t-elle eu un effet sur la dynamique de motorisation des ménages ?
- les nouveaux arrivants sont-ils plus motorisés que les ménages anciennement installés ?
- la proportion d'actifs déclarant un lieu de travail à plus de 80km de leur domicile a-t-elle augmenté sensiblement depuis 2004 ?

Nous traitons ensuite une question plus complexe qui requiert de mobiliser, en plus des EAR, les données de l'Enquête nationale transports et déplacements 2008 et du Panel ParcAuto. La question est de savoir si la dynamique de motorisation plus forte chez les ménages inactifs que chez les actifs est capable d'entraîner une moindre utilisation moyenne des véhicules par les ménages², du fait d'un plus grand nombre de véhicules à disposition de personnes moins mobiles. En faisant l'hypothèse que cette utilisation est constante dans le temps pour différents types de ménages aux comportements contrastés, d'après les niveaux mesurés par l'ENTD 2008³, nous construisons des estimations de l'utilisation des véhicules par ménage qui ne dépendent que de l'évolution structurelle des ménages et de leur motorisation. La comparaison de ces séries aux observations ParcAuto conduit à rejeter cette hypothèse au profit du changement des comportements.

Trois exemples de signaux faibles

Des méthodes de consolidation adaptées aux types de question

Les trois séries présentées sont pertinentes pour répondre à trois questions de recherche dans le domaine des transports et des mobilités dans l'espace peu dense. Ces questions représentent trois types de question qu'il est possible de poser dans une perspective de court terme : des effets de choc, des inversions de tendance ou des ruptures à moyen terme. Ces séries permettent d'établir des faits significatifs (tableau 1).

Tableau 1 : **Trois méthodes pour interpréter des signaux faibles à partir des EAR**

	Types de question	Méthodes de consolidation des EAR	« Signaux faibles » révélés par les EAR
1	Effets d'un choc conjoncturel	Correction de la série annuelle sur la base de 1999	La crise de 2008 arrête le bi-équipement automobile des ménages en 2009-2010
2	Inversions de tendance	Lissage par moyenne mobile sur 3 ans	la proportion de ménages nouvellement installés (moins de 5 ans dans le logement) équipés de deux voitures un maximum en 2008 et ne reprend pas après 2010
3	Ruptures de tendance à moyen terme	Comparaison des évolutions quinquennales	la proportion des « longues » distances entre lieu de résidence et lieu de travail (sup. 80 km) augmente en 2012

² Par « utilisation des véhicules », nous entendons ici les kilométrages réalisés pendant un an par tous les véhicules à disposition d'un ménage.

³ Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR-10-EQPX-17 (Centre d'accès sécurisé aux données – CASD). L'utilisation du CASD pour cet article concerne, grâce à la levée du secret statistique sur le code commune des enquêtés de l'ENTD 2008, la possibilité de réaffecter ses données dans des typologies spatiales autres que celles proposées par l'Insee.

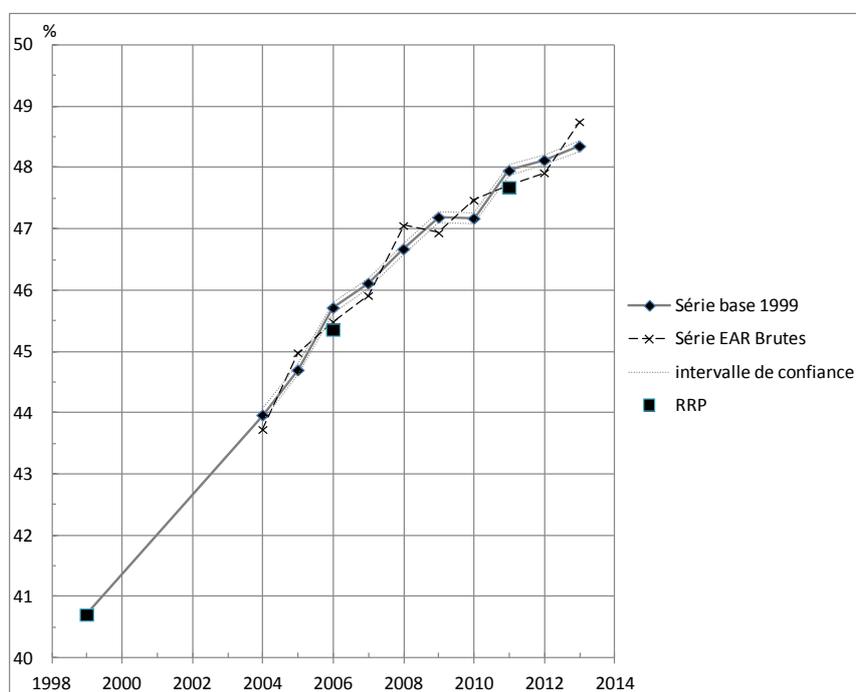
Pour chacun de ces exemples, un graphique représente :

- La série brute des EAR, éventuellement bruitée
- Une série lissée par moyenne mobile sur 3 ans qui réduit une grande partie du bruit mais demande à être complétée aux années extrêmes (ici 2004 et 2013, voir annexe 2)
- Une série basée sur les valeurs de 1999, dernier recensement traditionnel et incrémentée par les taux d'évolution de chaque groupe de rotation⁴. Cette série peut être très robuste quand elle est basée sur les données exhaustives du RP 1999 (comme dans le 1^{er} exemple), malheureusement, il faut se contenter souvent de l'échantillon au 1/20^{ème} de l'exploitation complémentaire (voir annexe 2).

1) Effets d'un choc conjoncturel : le cas de la multi-motorisation

La récession de 2009 n'a presque pas affecté la décroissance régulière de la proportion des ménages non équipés, par contre elle a stoppé temporairement la croissance des ménages multi-équipés (graphique 4). La série brute montre une décroissance de ce dernier indicateur entre l'EAR 2008 et l'EAR 2009, qui pourrait être interprétée comme un effet de la nette progression du prix des carburants à cette période. La série corrigée selon la méthode « base 1999 » montre par contre un tassement de la croissance de l'indicateur entre 2009 et 2010, c'est-à-dire un blocage momentané de l'équipement automobile qui suggère que l'effet principal est la récession économique de 2009.

Graphique 4 : **Proportion des ménages équipés de deux voitures et plus dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série corrigée base 1999)**



Source : Insee, recensement de la population 1999, 2006 et 2011 (exploitation principale)

⁴ La composition des groupes de rotation étant gardée constante, l'évolution quinquennale d'un indicateur sur un même groupe, considéré comme un échantillon au 1/5^{ème} de l'espace peu dense, est moins biaisée que la moyenne sur un groupe, une année donnée.

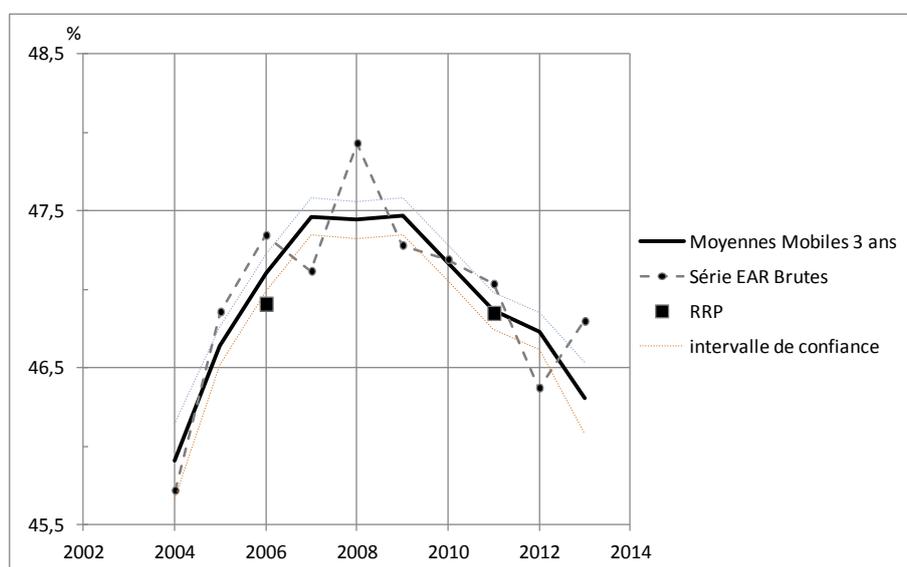
2) Inversions de tendance : multimotorisation en cas d'installation récente

La deuxième question s'intéresse spécifiquement au cas des ménages ayant récemment emménagé dans un logement de l'espace peu dense, d'où qu'ils proviennent (autre commune du département, autre département, etc.). Ces « ménages nouvellement installés » sont repérés dans le RP par le fait que la personne de référence occupe son logement depuis moins de 5 ans. La méthode corrective qui paraît la plus pertinente pour dégager une tendance générale tout en étant plus précise que les évolutions par période de 5 ans (RRP), consiste à appliquer une moyenne mobile sur 3 ans.

Le renouveau démographique des campagnes françaises constaté depuis les années 1970-1980, et qui s'est plutôt maintenu au cours de la décennie 2000, a été surtout porté par l'installation de nouvelles populations. Nous pouvons faire l'hypothèse que les évolutions récentes d'équipement automobile dans l'espace peu dense sont en particulier liées à la dynamique des pratiques des nouveaux arrivants, mises en œuvre en corollaire du changement de résidence. De ce point de vue, les « innovations » ne seraient pas tant à chercher dans la modification des comportements d'anciens résidents, que dans l'originalité des pratiques des nouveaux arrivants, d'où l'intérêt d'un changement de tendance chez ces derniers.

À l'exception des inflexions observées entre 2008 et 2010, la tendance générale reste à la croissance du multi-équipement en automobile des ménages dans l'espace peu dense, mais l'analyse des seuls nouvellement installés montre un retournement de tendance entre 2004 et 2013 (graphique 5). Une partie est de l'explication est d'ordre structurel, la part des ménages avec un seul adulte ayant sensiblement augmenté dans cette catégorie depuis 2006.

Graphique 5 : Proportion des ménages « nouveaux arrivants » équipés de deux voitures et plus dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série corrigée par moyennes mobiles sur 3 ans)



Source : Insee, recensement de la population 2006 et 2011 (exploitation principale)

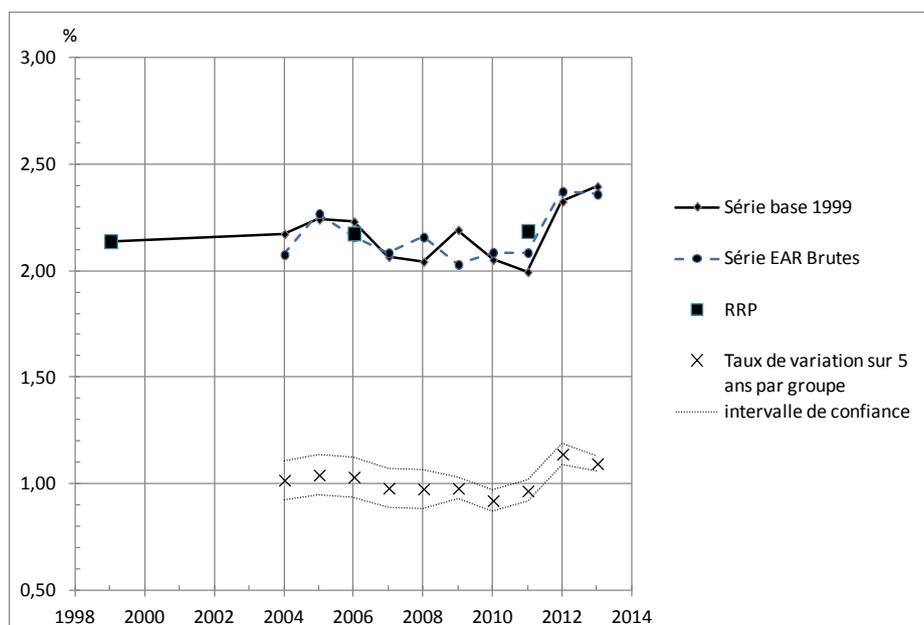
3) Ruptures de tendance à moyen terme : longue distance entre domicile et lieu de travail

En cas de longue distance entre les communes de résidence et de travail, les trajets domicile-travail ne peuvent plus être routiniers. L'ENTD en donne une description pour 2007-2008 et montre que

près de la moitié des trajets impliquent une résidence occasionnelle, ce qui n'arrive que dans 1 % des cas, toutes distances confondues. Les navettes sont moins fréquentes et utilisent plus souvent le TGV. L'ENTD montre aussi qu'un petit nombre de catégories socioprofessionnelles sont concernées par ces navettes à longue distance. Environ 65 % des actifs se trouvent concentrés dans 6 classes de la nomenclature en 42 postes et plus de 40 % dans trois classes. Lorsqu'il n'y a pas de seconde résidence, les trois PCS les plus fréquentes sont « Ingénieurs et cadres techniques d'entreprise » (n°38), « Techniciens » (n°47) et « Professeurs, professions scientifiques » (n°34). Lorsqu'il y en a une près du lieu de travail, ce sont : « Policiers et militaires » (n°53, près du quart à elle seule et il s'agit probablement surtout de militaires) puis, plus rapprochés : « Cadres de la fonction publique » (n°33) et « Ingénieurs et cadres techniques d'entreprise » (n°38)⁵.

Dans le cas des résidents des communes peu denses, la proportion d'actifs travaillant à plus de 80km du domicile du ménage est restée stable entre 1999 et 2010 (environ 2,1 % : graphique 6). Elle a brusquement augmenté en 2012 et est restée à ce niveau en 2013. Cette évolution peut s'expliquer par des situations provisoires dues à la prise récente d'un emploi loin du domicile, faute d'espoir d'en trouver un plus proche, autant que par des configurations de travail à distance grâce à des connexions informatiques très performantes, mais elle implique probablement une augmentation des déplacements à longue distance, notamment en train. Pour s'assurer que cet indicateur est monté en 2012-2013 à un palier significativement différent de celui de la période 2006-2011, on examine la variance de l'évolution quinquennale. Celle-ci est majorée par la somme des variances des deux moyennes à 5 ans d'intervalle. On peut en déduire un majorant de l'écart-type de l'évolution quinquennale et de l'amplitude de l'intervalle de confiance à 95%. Une évolution telle que deux intervalles ne se chevauchent pas sera donc considérée comme significative. Ce qui est le cas pour 2008-2012 par rapport à 2007-2010 mais pas pour 2009-2013 par rapport à 2008-2012.

Graphique 6 : Proportion d'actifs occupés déclarant un lieu de travail à plus de 80km de leur domicile dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série corrigée base 1999)



Source : Insee, recensement de la population 1999, 2006 et 2011 (exploitation complémentaire)

⁵ Les classes 38, 47 et 34 représentent 12 % des actifs ayant un lieu de travail fixe dans l'ENTD 2008, les classes 53, 33 et 38 : 8 %.

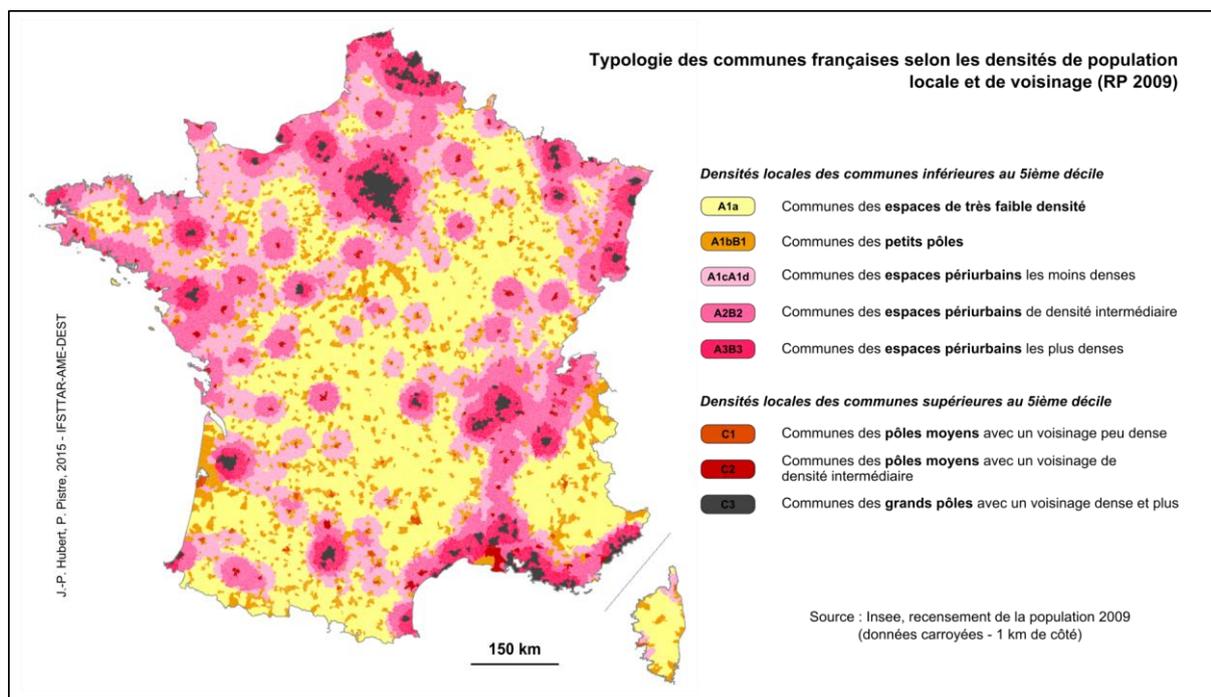
Estimer l'utilisation des véhicules par ménage en intégrant les séries des EAR

L'utilisation des véhicules diffère selon le type du ménage qui en dispose et selon le type d'espace où il réside (carte 1 et tableau 2). Pour différencier l'espace peu dense, nous utilisons une typologie géographique en cinq classes obtenues à partir de regroupements de classes de densités croisées⁶.

- « Espaces de très faible densité » : les campagnes les plus isolées – étiquetés A1a ;
- « Petits pôles » : bourgs et petites villes isolées, généralement en fort déclin – A1b+B1 ;
- « Espaces à dominante périurbaine » :
 - marge des couronnes périurbaines – A1c+A1d ;
 - périurbain d'un pôle moyen ou à distance moyenne d'un pôle important – A2+B2 ;
 - périurbain métropolisé, aux abords des plus grandes agglomérations – A3+B3.

Les ménages roulent le plus dans les territoires à dominante périurbaine les moins denses mais les contrastes sont plus forts en fonction des profils de ménage selon l'emploi et l'âge. Les ménages biactifs utilisent davantage leurs voitures, alors que l'absence d'actif occupé se traduit par une utilisation moins forte. Les voitures des ménages inactifs avec au moins une personne de 75 ans et plus roulent moitié moins que l'utilisation moyenne.

Carte 1 : Typologie des territoires peu denses selon les densités locales et de voisinage



⁶ Il s'agit de la densité de population calculée dans le cercle de 2,5 km de rayon autour du chef lieu de la commune (densité locale) et dans celui de 25km (densité de voisinage). Voir « Analyse de déterminants socio-démographiques de la mobilité automobile dans l'espace peu dense grâce aux données annualisées du recensement de la population » (J.-P. Hubert, P. Pistre, J.-L. Madre, article actuellement soumis à la revue *Économie et Statistique*).

Tableau 2 : Kilométrage moyen sur un an d'un véhicule appartenant à un ménage selon cinq types d'espace peu dense

Type géographique	Actifs			Inactifs		Moyenne
	0 occupé	1 occupés	2 occupés	<75 ans	75 ans et +	
A1a	10 881	12 667	14 022	10 580	6 649	12 206
A1c-A1d	13 014	13 994	15 157	10 533	6 924	13 518
A1b-B1	11 575	12 293	14 513	9 177	5 759	12 255
A2-B2	10 231	13 382	14 731	9 298	7 023	13 082
A3-B3	11 826	12 699	13 658	9 264	5 638	12 487
Ensemble	11 401	13 125	14 545	9 753	6 559	12 831

Champ : ménages résidant dans les territoires peu dense

Source : SOeS, INSEE, Inrets, ENTD 2008, exploitation CASD

Depuis 1999, la part des ménages inactifs dans l'espace peu dense est assez stable, de l'ordre de un sur trois. Entre 2004 et 2008 cette part était légèrement inférieure de 0,5 point. Elle a augmenté après 2009 et retrouvé le niveau de 1999. Avec l'accroissement de leur motorisation, la part des ménages inactifs dans le parc automobile est passée de 21,7 à 24,1 % entre 2004 et 2013. Un autre phénomène de moindre ampleur, mais faisant également baisser l'utilisation moyenne des automobiles à partir de 2009, est l'augmentation du nombre de ménages actifs ne comportant que des chômeurs. La répartition des ménages entre actifs et inactifs a donc un caractère structurel pour l'utilisation moyenne des véhicules dans l'espace peu dense. Les EAR permettent de mesurer précisément l'évolution de cette structure, au moins par variations quinquennales (tableau 3).

Tableau 3 : Variations quinquennales des effectifs, ménages et véhicules, dans l'espace peu dense

Type géographique		Evolution sur 5 ans (%)				
		2004-2009	2005-2010	2006-2011	2007-2012	2008-2013
Nombre de ménages...	actifs	6,7%	6,2%	5,6%	4,6%	3,6%
	inactifs	10,0%	10,2%	9,7%	10,0%	10,1%
	total	7,9%	7,7%	7,1%	6,6%	6,0%
Nombre de ménages motorisés...	actifs	6,9%	6,4%	5,9%	4,9%	4,0%
	inactifs	16,3%	16,5%	15,0%	15,1%	14,7%
	total	9,8%	9,5%	8,7%	8,1%	7,3%
Nombre de véhicules des ménages...	actifs	9,2%	8,0%	7,2%	6,2%	5,2%
	inactifs	21,6%	21,3%	19,4%	19,0%	18,2%
	total	12,2%	11,2%	10,2%	9,4%	8,5%

Sources : Insee, recensement rénové de la population 2006 et 2011 (exploitation principale)

Pour évaluer l'impact de l'évolution de cette structure, nous construisons une estimation du kilométrage par ménage en calculant la moyenne des véhicules dénombrés pour chaque EAR pondérée par leur utilisation en 2007-2008 selon l'ENTD, qui sert de référence. Cette estimation qui combine les données RP et ENTD repose donc sur l'hypothèse d'une utilisation constante des véhicules par type de ménage. La comparaison de la série ainsi obtenue avec celle de ParcAuto, va statuer sur l'hypothèse et, en l'occurrence, l'invalider (tableau 4).

Les séries EAR-ENTD et ParcAuto montrent en effet des évolutions quinquennales très différentes. Si les premières montrent une tendance à l'aplanissement, les secondes en revanche montrent une tendance très marquée à la baisse. Dans le détail de l'espace peu dense, notons que l'évolution structurelle a cependant un effet à la baisse dans les espaces à dominante périurbaine (surtout A1c-A1d et A3-B3) mais elle pousse encore à la hausse dans les territoires isolés : espaces de très faible densité et petits pôles. Les évolutions selon ParcAuto baissent toutes de plus en plus, de façon assez homogène, peut-être un peu moins vite dans les petits pôles (A1b-B1) et plus rapidement dans le périurbain proche des grandes agglomérations (la taille de l'échantillon ParcAuto demande ici une certaine prudence).

Tableau 4 : **Évolutions quinquennales, à groupe de rotation constant, des estimations du kilométrage annuel des ménages. Comparaison d'une estimation EAR-ENTD sous l'hypothèse d'utilisation constante des véhicules et de l'estimation ParcAuto, par type géographique**

Type géographique		Evolution sur 5 ans (%)				
		2004-2009	2005-2010	2006-2011	2007-2012	2008-2013
A1a	EAR-ENTD	2,1%	1,5%	1,3%	1,2%	0,8%
	ParcAuto	2,5%	0,2%	-3,3%	-6,1%	d.i.
A1c-A1d	EAR-ENTD	0,5%	-0,1%	-0,3%	-0,6%	-0,7%
	ParcAuto	-2,7%	-5,6%	-7,7%	-6,3%	d.i.
A1b-B1	EAR-ENTD	1,8%	1,1%	1,0%	0,7%	0,8%
	ParcAuto	-6,9%	-4,0%	-3,0%	-2,2%	d.i.
A2-B2	EAR-ENTD	0,9%	0,4%	0,2%	0,0%	-0,2%
	ParcAuto	0,7%	-1,1%	-1,7%	-4,7%	d.i.
A3-B3	EAR-ENTD	0,5%	-0,6%	-0,5%	-0,4%	-0,5%
	ParcAuto	-6,8%	-9,0%	-9,2%	-8,7%	d.i.
Ensemble peu dense	EAR-ENTD	1,2%	0,6%	0,4%	0,2%	0,1%
	ParcAuto	-2,5%	-3,7%	-4,4%	-5,0%	d.i.

Sources : INSEE, RP 2006, 2011 exploitation principale (EAR 2004 à 2013) ; SOeS, INSEE, Inrets, ENTD 2008 ; TNS Sofres, Panel ParcAuto
d.i. : donnée indisponible

Rapides conclusions

Sur le plan méthodologique

Les Enquêtes annuelles de recensement (EAR) sont facilement extractibles des fichiers diffusés par l'INSEE dans les cas des communes de moins de 10.000 habitants. Elles permettent alors de produire des séries annuelles sur de grands échantillons (1/5^{ème}) représentatifs de la diversité des territoires peu denses (hors unités urbaines de 10.000 habitants et plus). Mais des précautions sont nécessaires à cause de l'hétérogénéité des groupes de rotation du RP qui introduisent un bruit cyclique. Nous avons proposé trois méthodes simples pour consolider les séries temporelles ou leurs évolutions qui s'adaptent à la recherche d'effets conjoncturels ou de variations de tendance de moyen terme, inférieur à 5 ans.

L'espace peu dense en France est hétérogène, tirailé par les différences de dynamisme entre les pôles urbains. Nous adoptons un point de vue sur la faible densité qui part des territoires les plus isolés et s'arrête à la frontière intérieure de l'urbain (les portes des agglomérations denses anciennes). Cet espace est malgré tout assez homogène par les modes de transport utilisés et la domination extrême de la voiture. Il se prête bien à l'analyse typologique pour en exprimer les contrastes de composition socio-démographique et de situation par rapport aux pôles urbains. C'est une alternative utile au point de vue centré sur le noyau dense et visant la frontière externe, floue et mouvante de l'urbain, tel que celui du zonage en aire urbaine.

Sur le plan de la mobilité et de l'équipement automobile

Les signaux faibles identifiés concernent le multi-équipement des ménages qui, après avoir progressé très régulièrement, atteint des niveaux de saturation dans certaines zones géographiques ou chez certains types de ménage, d'où peut-être une sensibilité plus grande de cet indicateur aux effets de conjoncture. D'autres signaux concernent les distances domicile-travail qui augmentent en moyenne, mais pas forcément pour les mêmes raisons selon les types de territoires. Le « peak car », ou plafonnement de l'utilisation de la voiture, se produit dans l'espace peu dense dans un contexte socio-démographique ambigu : le parc automobile s'accroît mais la proportion de voitures appartenant à des ménages inactifs augmente, or ces ménages ont de moindres besoins de mobilité que les ménages actifs ; ils roulent moins par conséquent. Cependant, l'évolution de cette structure démographique seule n'aurait pratiquement pas d'effet sur le kilométrage moyen effectué par les ménages, si ceux-ci ne changeaient pas aussi de comportement dans l'utilisation de leurs véhicules. Ce changement est effectif depuis 2009-2010.

Annexe 1 : Données utilisées

Recensement de la population (tableaux agrégés) :

- **Logement. France entière – Communes. Découpage géographique au 01/01/2008**, ménages en 1999 (exploitation principale), ménages une voiture en 1999 (exploitation principale), ménages deux voitures et plus en 1999 (exploitation principale), Fichier : Base-cc-logement-2006.XLS, INSEE [producteur et diffuseur]
- **Famille-Situation matrimoniale. France entière – Communes. Découpage géographique au 01/01/2008**, nombre de ménages en 1999 (exploitation principale), population des ménages en 1999 (exploitation principale), personnes des ménages de 15 à 19 ans (exploitation principale), Fichier : Base-cc-couples-2006.XLS, INSEE [producteur et diffuseur]

Recensement de la population (fichiers détail) :

- **Recensement de la population 1999 : Fichier détail "Individus" au 1/20^{ème}**, INSEE [producteur], Centre Maurice Halbwachs (CMH) [diffuseur].

Recensement de la population 2006 et 2011 :

- **Fichiers Mobilités professionnelles des individus**, FD_MOBPRO_2006.TXT et FD_MOBPRO_2011.TXT, INSEE [producteur et diffuseur].
- **Fichiers Logements ordinaires**, FD_LOGEMT_2006.TXT et FD_LOGEMT_2011.TXT, INSEE [producteur et diffuseur].

Enquête Nationale Transport et Déplacements :

- **Enquête nationale transports et déplacements 2008** MEDDE SOeS, INSEE, Inrets [producteurs] Centre Maurice Halbwachs (CMH) [diffuseur].

Panel ParcAuto :

- **Panel ParcAuto 1994-2013**, TNS Sofres [producteur], IFSTTAR-AME-DEST [dépositaire].

Informations géographiques :

- **Fichiers de documentation géographique 2006 à 2011** : Tab_geo_RP2006.xls à Tab_geo_RP2009.xls, table-appartenance-geo-communes-au-01-01-2012.xls, table-appartenance-geo-communes-au-01-01-2013.xls INSEE [producteur et diffuseur].
- **Répertoire géographique des communes RGC®**. Editions 1990 et 2012, IGN [producteur et diffuseur].

Annexe 2 : Méthodes correctives pour le traitement des séries par EAR

1) Méthode corrective « Base 1999 »

Soit X_t une variable observée dans les recensements. On peut calculer : $X_{r,99}$ moyenne sur le groupe de rotation r au recensement de 1999, ce qui permet de vérifier si les groupes de rotation sont bien équilibrés par rapport à la variable X .

Soit $X_{r,t}$ l'estimateur de la moyenne pour le groupe de rotation r interrogé l'année t

Faisant l'hypothèse que même s'il existe de petites différences entre les $X_{r,99}$ les évolutions entre 1999 et t observées sur le groupe de rotation r sont représentatives de l'ensemble de la population considérée, on peut estimer : $X_t = X_{99} \cdot X_{r,t} / X_{r,99}$

Remarques : La validation (et correction) de l'évolution à moyen terme est envisageable sur la base des moyennes quinquennales à partir de 2009. Cette méthode est plus efficace lorsque les $X_{r,99}$ sont calculés sur l'exploitation principale du RP99, c'est-à-dire sur l'exhaustivité des ménages. L'exploitation complémentaire du RP99 a l'inconvénient de ne reposer que sur un sondage au 1/20^{ème} plus faible que pour les RP antérieurs.

2) Méthode corrective en « Moyennes mobiles sur 3 ans »

La méthode vise à remplacer les valeurs brutes $X_{b,t}$ de l'année t par la moyenne des années $t-1$, t et $t+1$ (moyenne mobile sur 3 ans). On complète la série aux extrêmes : pour 2004, en rétropolant la moyenne 2008-2010 via l'évolution observée sur le groupe de rotation 1 ; pour 2013, en extrapolant la moyenne 2004-2006 via l'évolution observée sur le groupe de rotation 5.

Suivant les variables caractérisant la motorisation des ménages, leurs évolutions annuelles sont 2 à 6 fois plus grandes que l'écart moyen entre groupes de rotation, et 8 à 22 fois plus grandes que l'écart moyen entre les blocs obtenus en rapprochant les groupes intervenant dans les moyennes triennales. L'examen de moyennes sur 3 ans — plutôt que sur 5 ans (cf. RRP) — se révèle à l'usage très utile pour détecter des inflexions de tendance marquées

3) Méthode corrective sur la « Significativité des variations quinquennales »

Lorsque les informations exhaustives du RP 1999 ne sont pas disponibles, la série « base 1999 » construite à partir de l'échantillon au 1/20^{ème} est assez imprécise et on aura intérêt à travailler directement sur les variations quinquennales. Elles peuvent permettre de repérer une rupture de tendance dans un intervalle de moins de 3 ans, surtout si l'indicateur a été relativement constant jusqu'à l'année de rupture

On peut tester ce saut en construisant un intervalle de confiance sur un majorant de la variance de l'évolution quinquennale, qui est la somme des variances de la moyenne à t et $t-5$.

Vers le plafonnement de la circulation dans les espaces peu denses ? Une approche quantitative des signaux faibles

Jean-Loup Madre* , Jean-Paul Hubert* ,
Pierre Pistre* , Roger Collet**

**UPE / IFSTTAR / AME / DEST / **Université Paris 1, CRIDUP*

(projets PREDIT FACADYMO (GO3)
et ANDEMO (GO6))

*14e séminaire francophone est-ouest de
socio-économie des transports –
Luxembourg, 4 et 5 juin 2015*



IFSTTAR

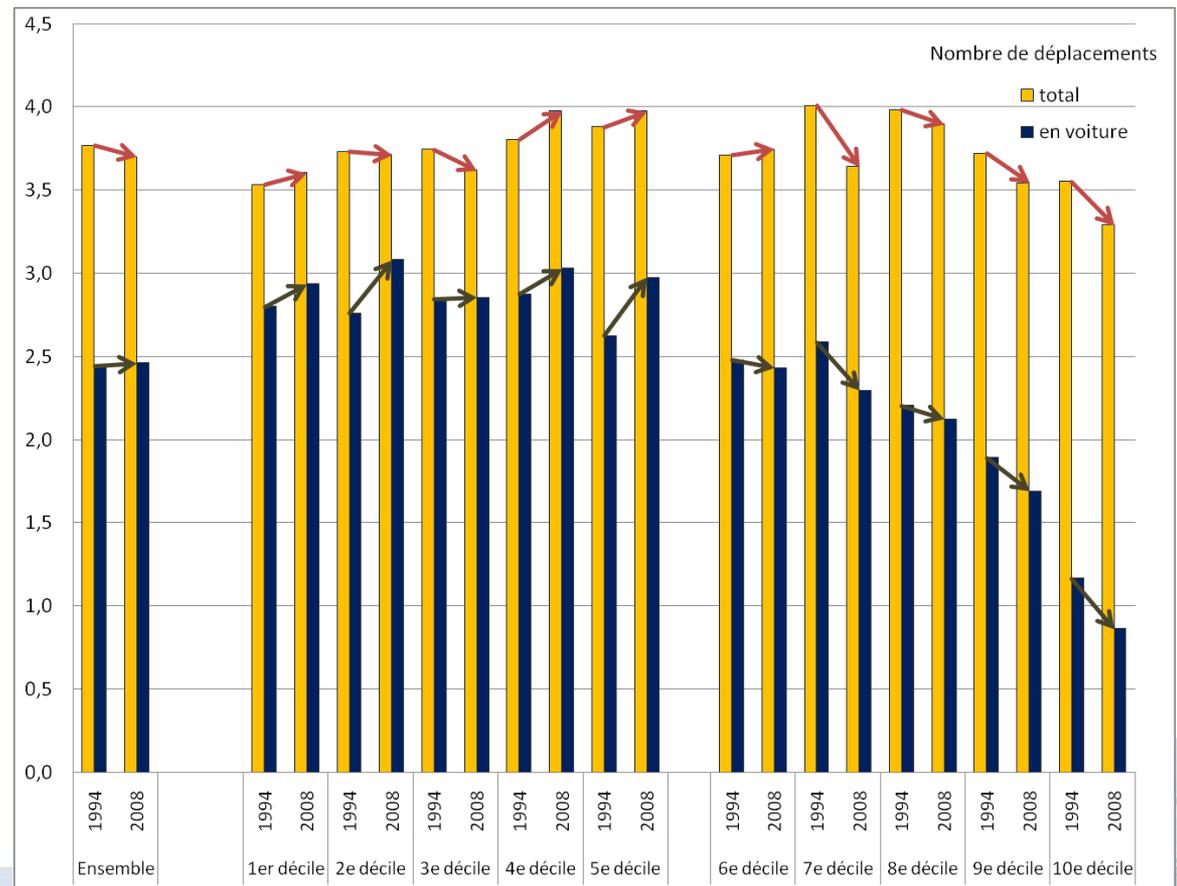
BESOIN D'OBSERVATION EN CONTINU DE LA MOBILITE DES FRANCAIS

- L'étude de la mobilité et des transports est devenue un enjeu important pour la politique de transition énergétique
- Mais elle manque d'outils statistiques nationaux annuels et précis géographiquement, surtout dans les territoires de faible densité.
- Or nous sommes dans une période de :
 - VOLATILITE (prix des carburants, récession, crédit)
 - STAGNATION (PIB, revenus, circulation et parc automobile)
 - CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE (connectique, motorisation)
- Besoin de détecter les **signaux faibles** d'inversion de tendance ou d'émergence de nouveaux comportements
- D'où l'idée d'utiliser :
 - > les Enquêtes Annuelles de Recensement (EAR)
 - > le panel ParcAuto

OPPOSITION STRUCTURELLE ET TENDANCIELLE entre Grands pôles urbains et Zones moins denses (1993-2007)

- Le nombre de déplacement, le temps de transport quotidien et la distance parcourue :
 - sont élevés et majoritairement en croissance dans les premiers déciles de densité d'emplois et de population,
 - sont moindres et plafonnent ou décroissent à partir du 6ème décile.

Doc 1. Nombre de déplacements réalisés un jour de semaine par les personnes mobiles, selon le décile de densité en emplois et en habitants de la commune de résidence



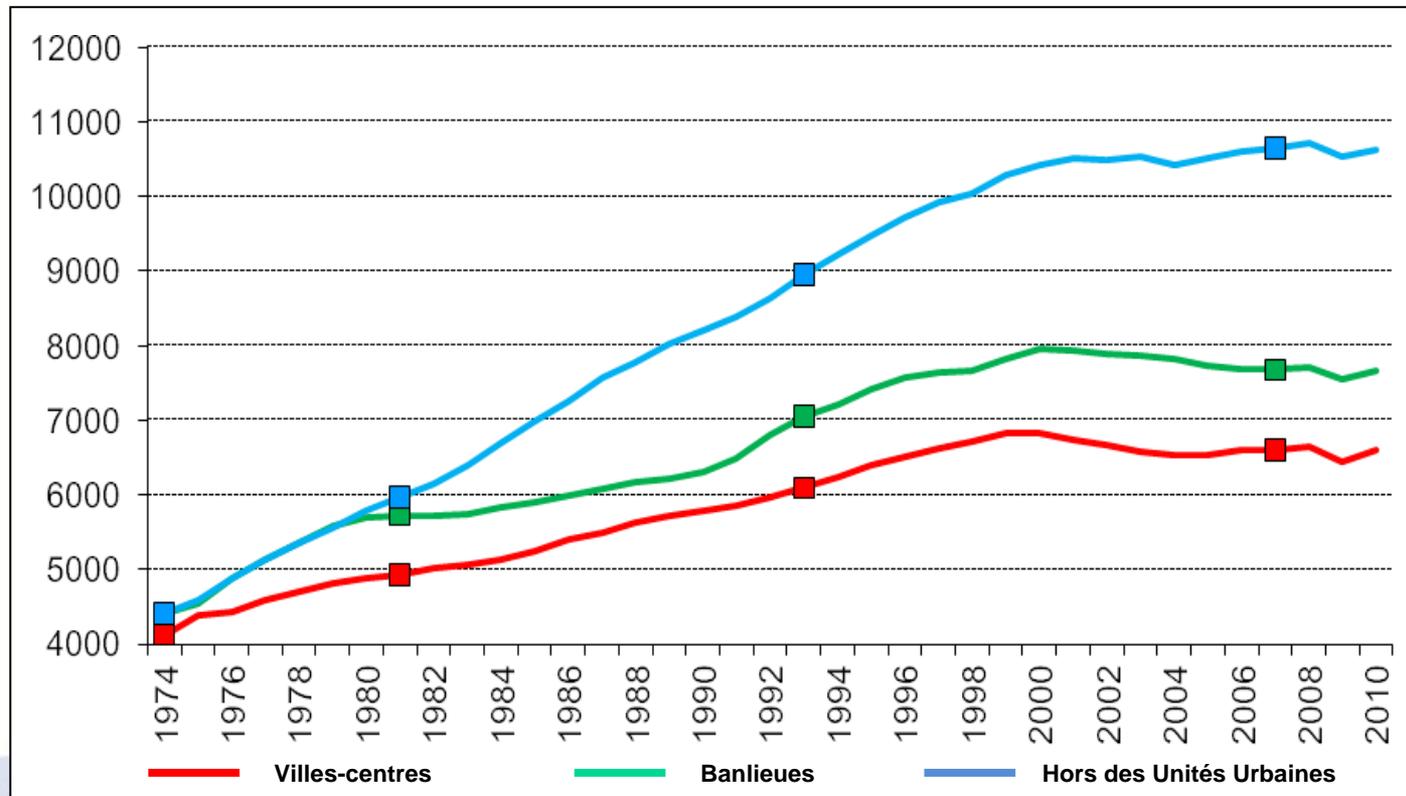
CONTEXTE TRANSPORT : « PEAK CAR »

- Plafonnement indéniable des kilométrages parcourus depuis les années 2000 en **zones denses** [Données Panel : Doc 2]
- L'enjeu, notamment en terme de CO2, est maintenant l'évolution dans les **zones rurales et périurbaines**

Doc 2. Évolution du kilométrage annuel moyen par adulte selon la zone de résidence (d'après le zonage Insee en Unités Urbaines 2010)

** Les différents carrés correspondent aux dates où ont eu lieu les Enquêtes Nationales Transports en France métropolitaine.*

Sources : INSEE ECAMs (1974-1994) et TNS-SOFRES panel Parc Auto (1994-2010)



Pourrait-on déduire une estimation de séries annuelles pour des sous-populations suffisamment vastes résidant dans les communes peu denses ?

- **Problème :**

Les variations entre groupes créent un bruit cyclique

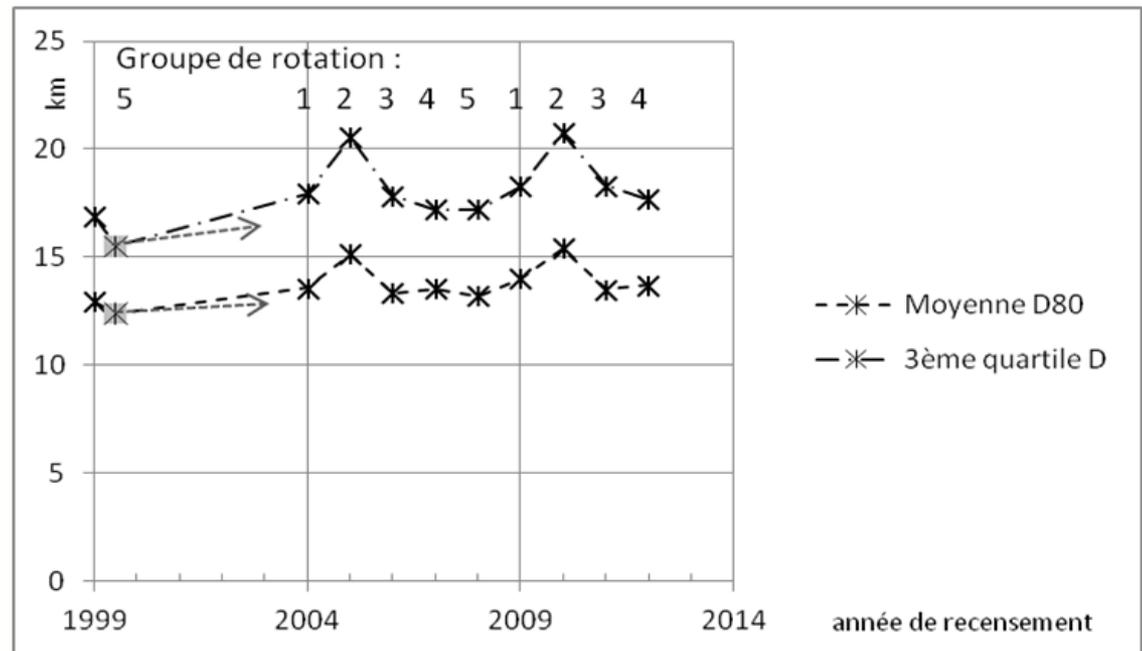
(cf. Doc 3 : effets de cycle dans le cas du domicile-travail)

Champ du Doc 3. Actifs résidant dans des communes du 3ème décile de densité et allant travailler dans des unités urbaines de 10 000 à 20 000 habitants. Effectifs par EAR : 4 448 à 6 390 actifs (sondage au ¼); Effectifs du groupe 5 en 1999 : 968 actifs (sondage au 1/20).

Moyenne D80 : moyenne des distances entre communes de travail et de résidence écrêtée à 80km.

3ème quartile D : Borne supérieure du 3ème quartile des distances non écrêtées.

Doc 3. Périodicité de deux indicateurs de distance domicile-travail pour une sous-population d'actifs insuffisamment équilibrée entre les groupes de rotation



Source : Insee, recensement de la population 1999 (exploitation complémentaire) et recensements rénovés de la population 2006 (EAR 2004-2008) et 2010 (EAR 2008-2012) (exploitation complémentaire)

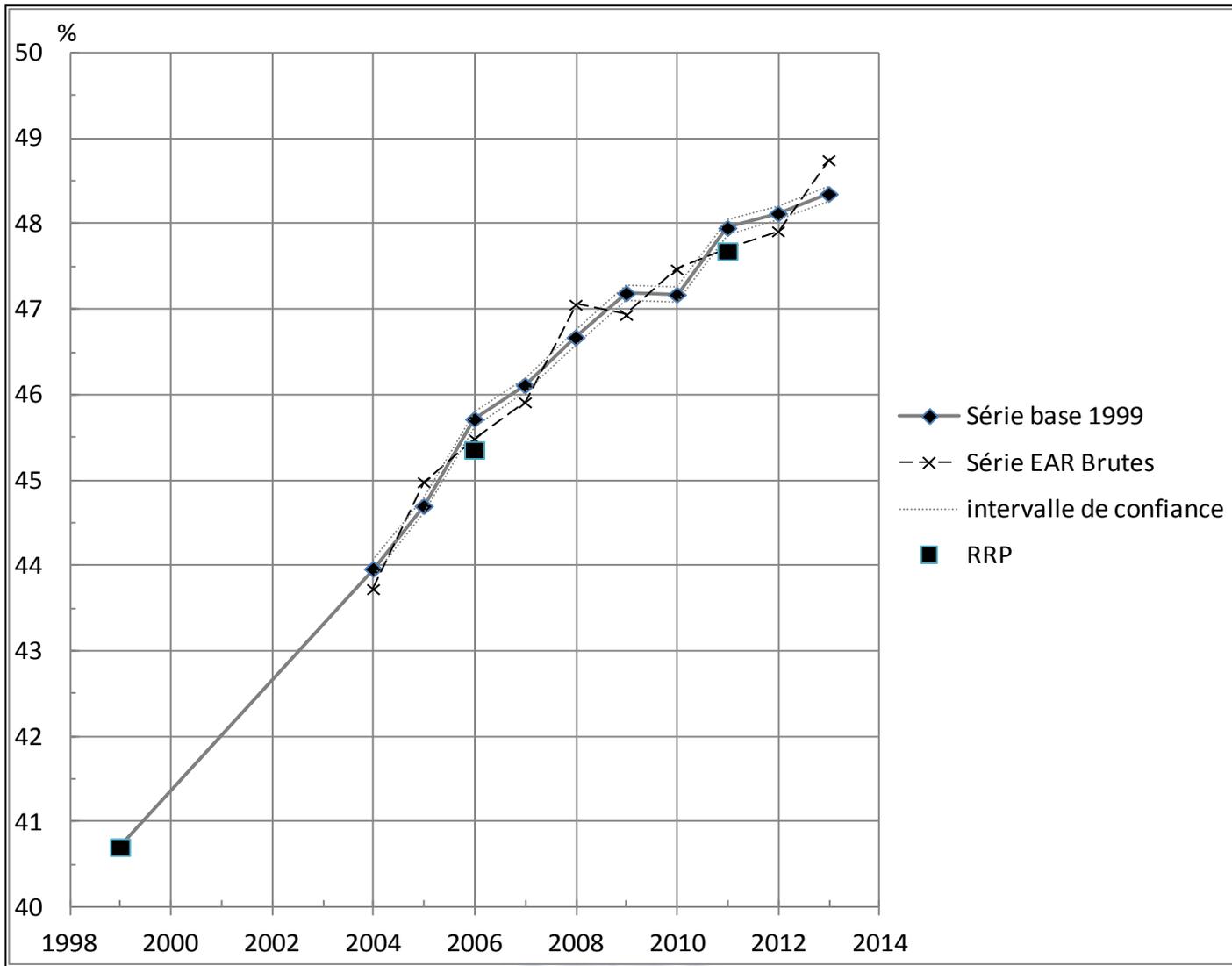
Trois méthodes pour interpréter des signaux faibles à partir des EAR

1	Effets d'un choc conjoncturel	Correction de la série annuelle des EAR
2	Inversions de tendance	Lissage par moyenne mobile sur 3 ans
3	Ruptures de tendance à moyen terme	Comparaison des évolutions quinquennales

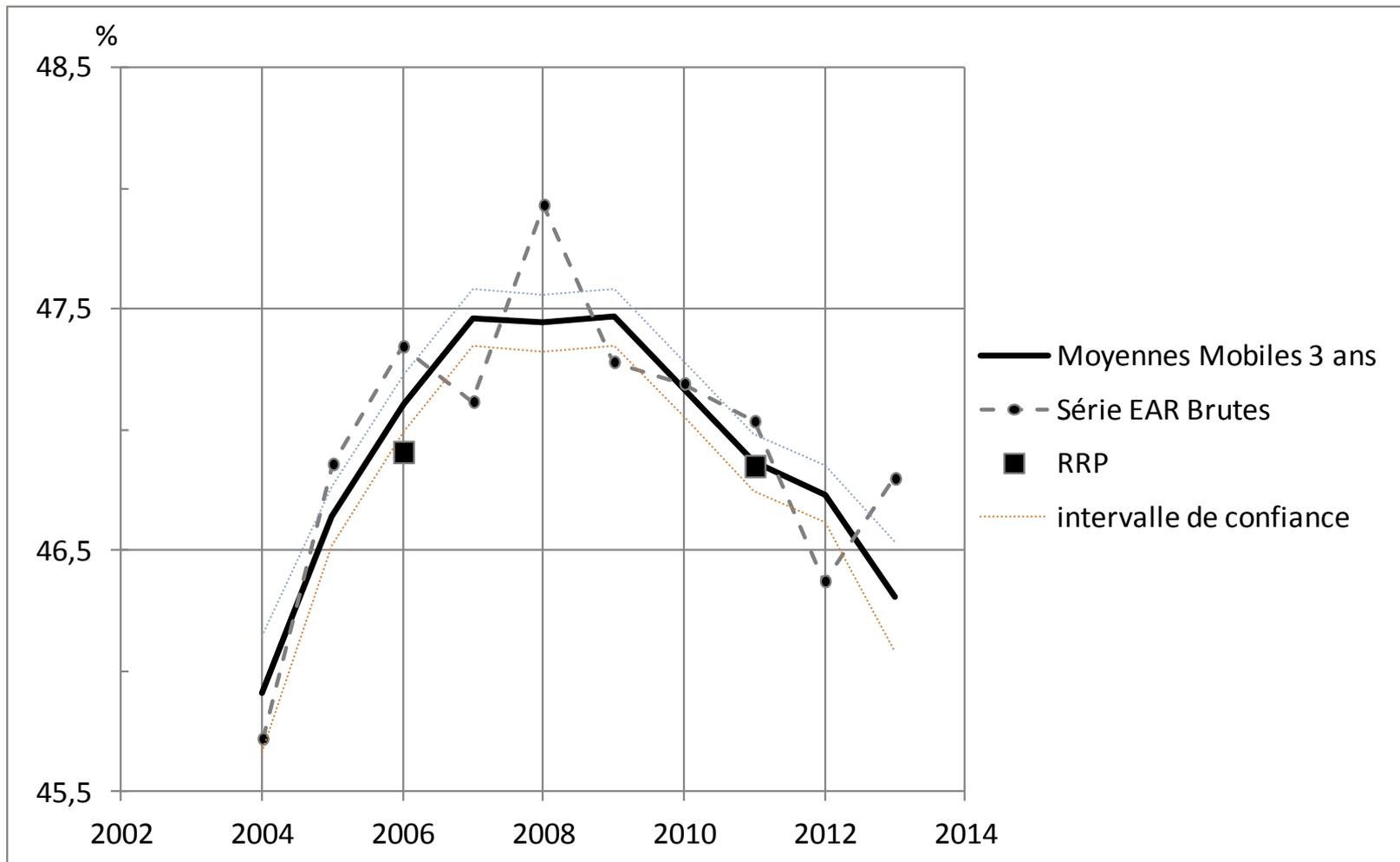
Trois « signaux faibles » révélés par les EAR

- **1 Effet d'un choc conjoncturel**
 - L'effet de la crise de 2008 arrête le bi-équipement automobile des ménages en 2009-2010
- **2 Inversion de tendance**
 - la proportion de ménages nouvellement installés (moins de 5 ans dans le logement) équipés de deux voitures un maximum en 2008 et ne reprend pas après 2010.
- **3 Rupture de tendance**
 - la proportion des « longues » distances entre lieu de résidence et lieu de travail (sup. 80 km) augmente en 2012.

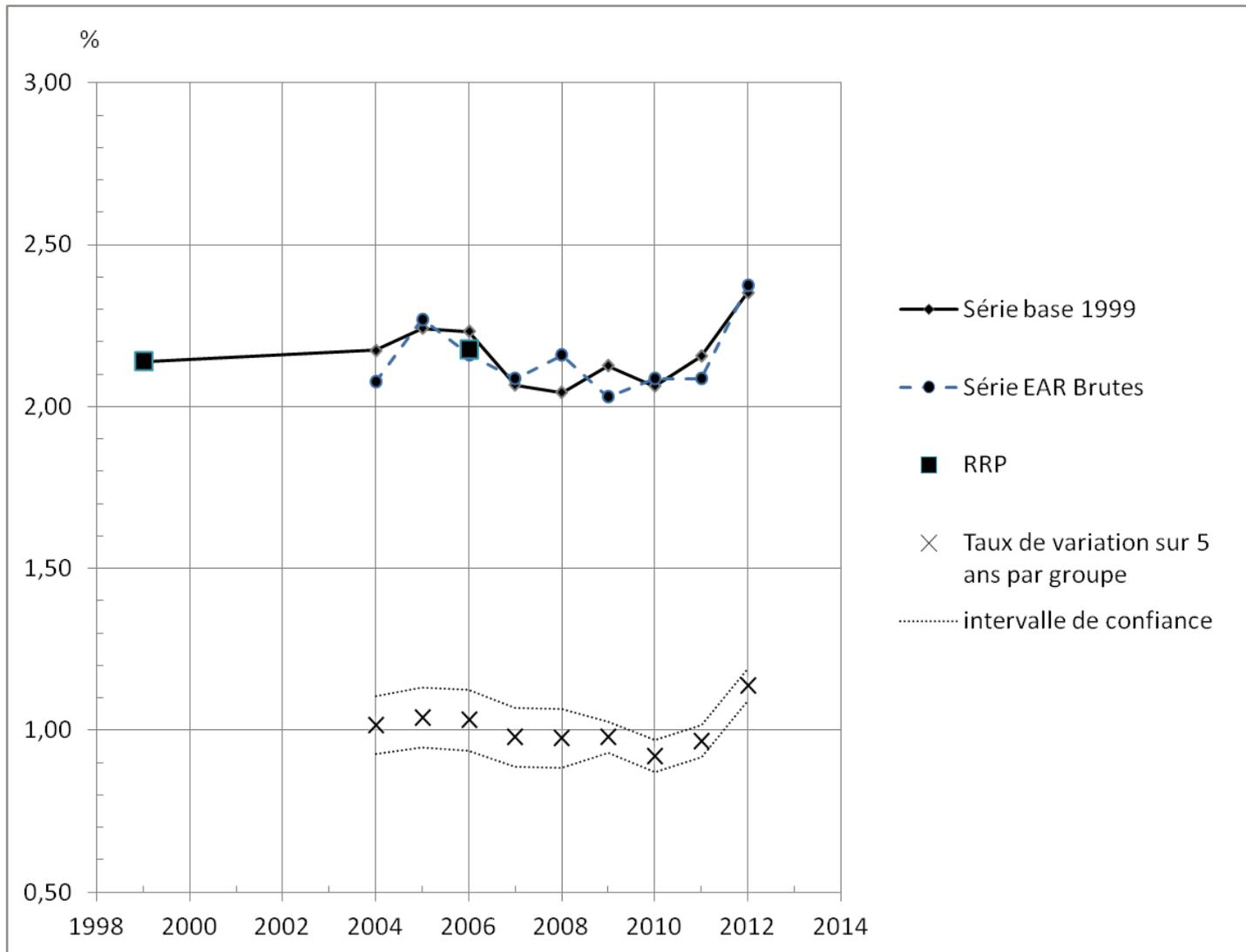




Doc 4. Proportion des ménages équipés de deux voitures et plus dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série corrigée « base 1999 »)



Doc 5. Proportion des ménages « nouveaux arrivants » équipés de deux voitures et plus dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série lissée sur la base des moyennes mobiles sur 3 ans)



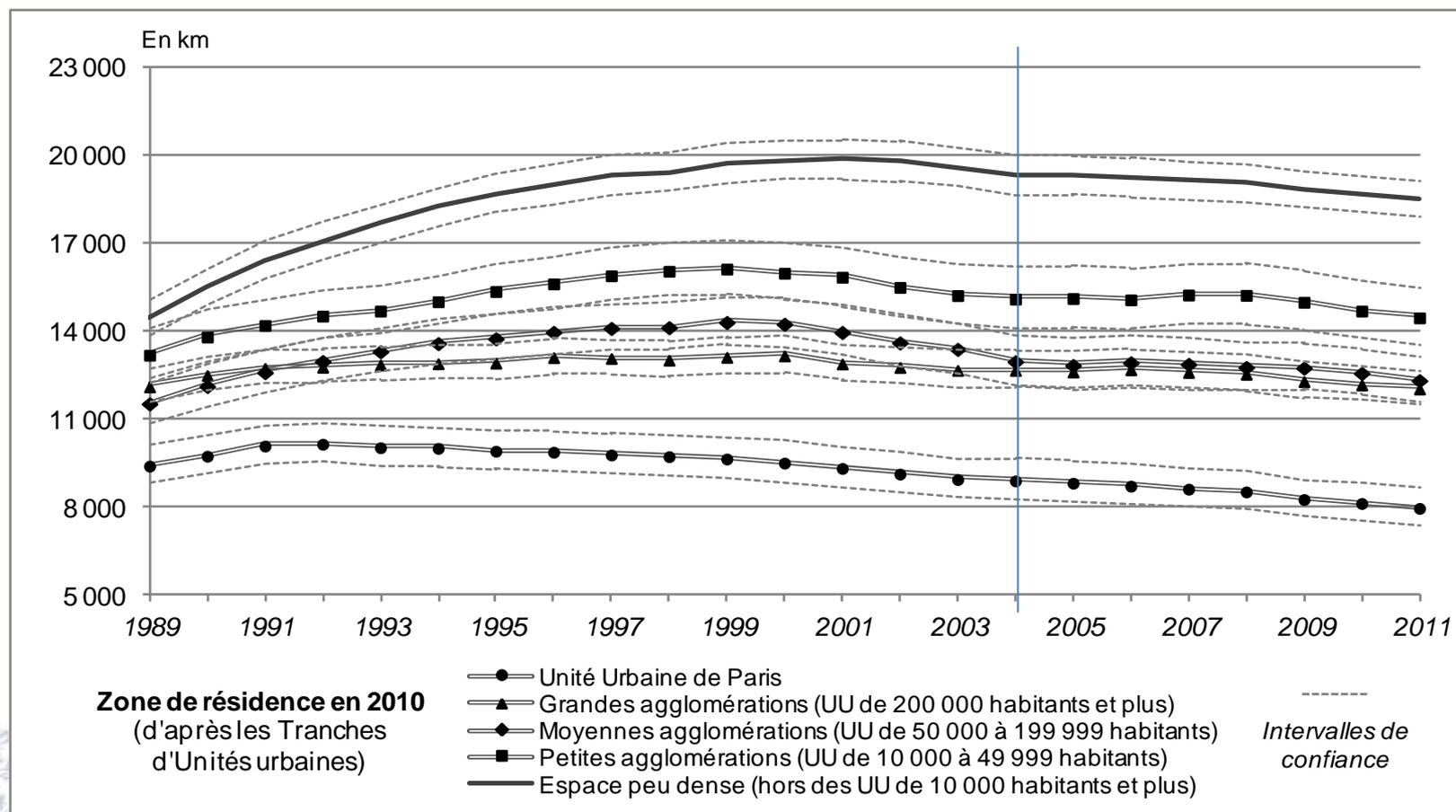
Doc 5. Proportion des actifs occupés déclarant un lieu de travail à plus de 80km de leur domicile dans l'espace peu dense (RRP, série brute et série corrigée « base 1999 »)

Application : Effet de l'évolution structurelle de la composition des ménages sur les kilométrages parcourus par leurs véhicules

- Mobilisation de 3 sources de données:
 - ParcAuto : problématique et hypothèses
 - ENTD 2007-08 : kilométrages de référence
 - RP/EAR 2004-2013 : structure des ménages par types

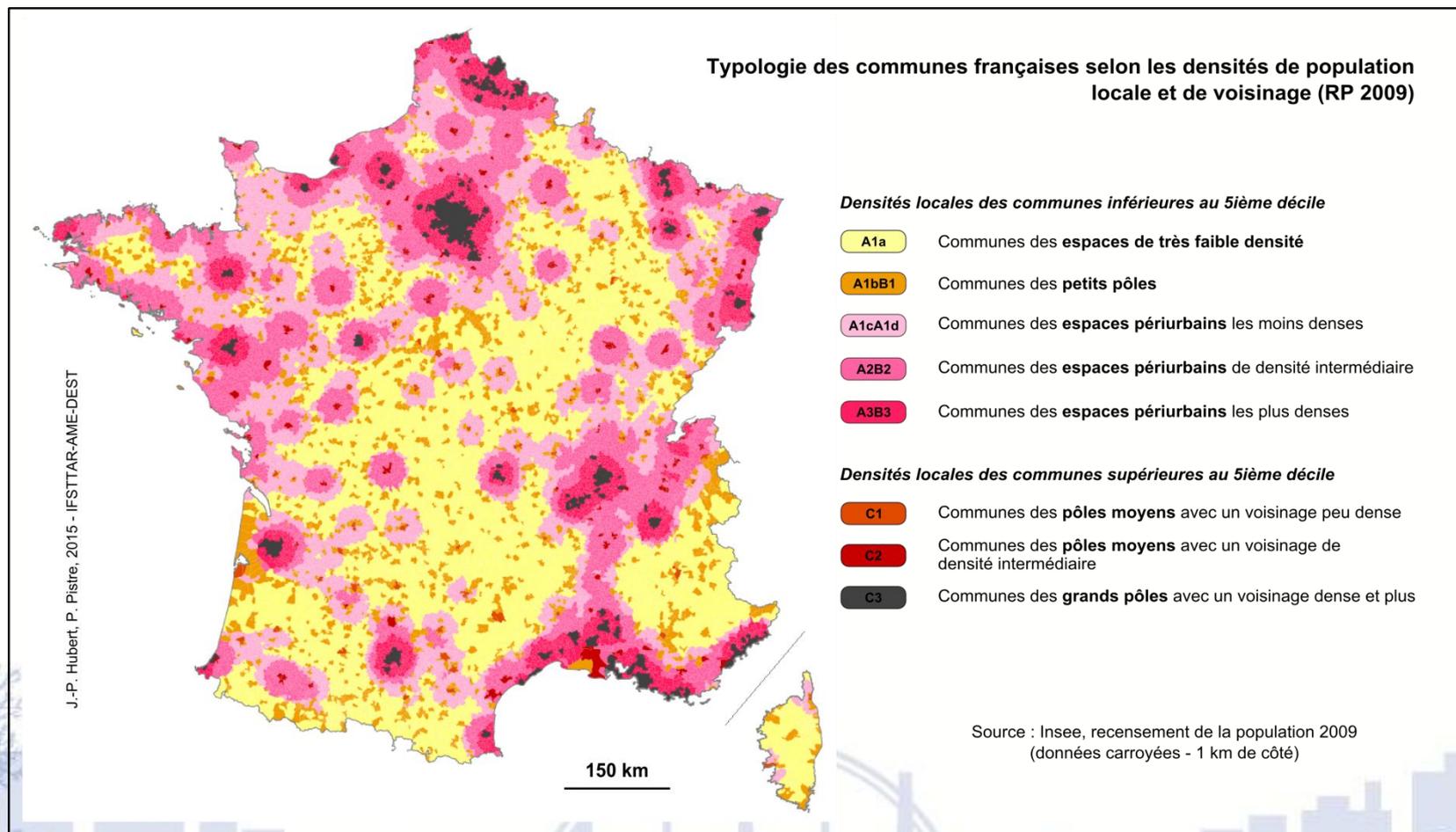


Baisse du kilométrage moyen parcouru par les ménages, même dans les territoires peu denses



Doc 6. Evolution des kilométrages parcourus par ménage (moyenne lissée) données ParcAuto

Typologie des territoires peu denses



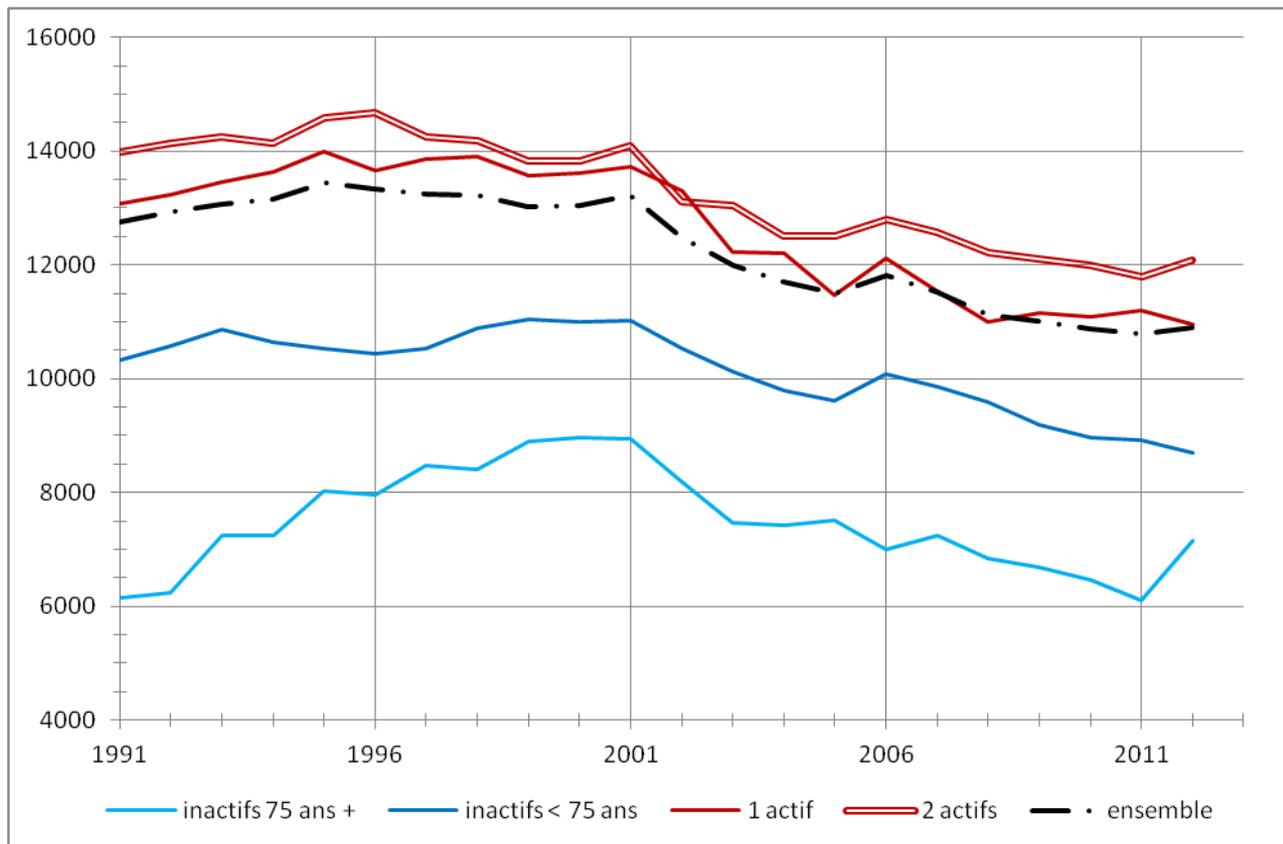
Une utilisation des véhicules contrastée par types de ménages avec des variations dans l'espace

Type géographique	Actifs			Inactifs		Moyenne
	0 occupé	1 occupés	2 occupés	<75 ans	75 ans et +	
A1a	10 881	12 667	14 022	10 580	6 649	12 206
A1c-A1d	13 014	13 994	15 157	10 533	6 924	13 518
A1b-B1	11 575	12 293	14 513	9 177	5 759	12 255
A2-B2	10 231	13 382	14 731	9 298	7 023	13 082
A3-B3	11 826	12 699	13 658	9 264	5 638	12 487
Ensemble	11 401	13 125	14 545	9 753	6 559	12 831

Doc 7 : Kilométrage moyen sur un an d'un véhicule appartenant à un ménage selon une classification en 5 types. Champ ménages résidant dans les territoires peu dense

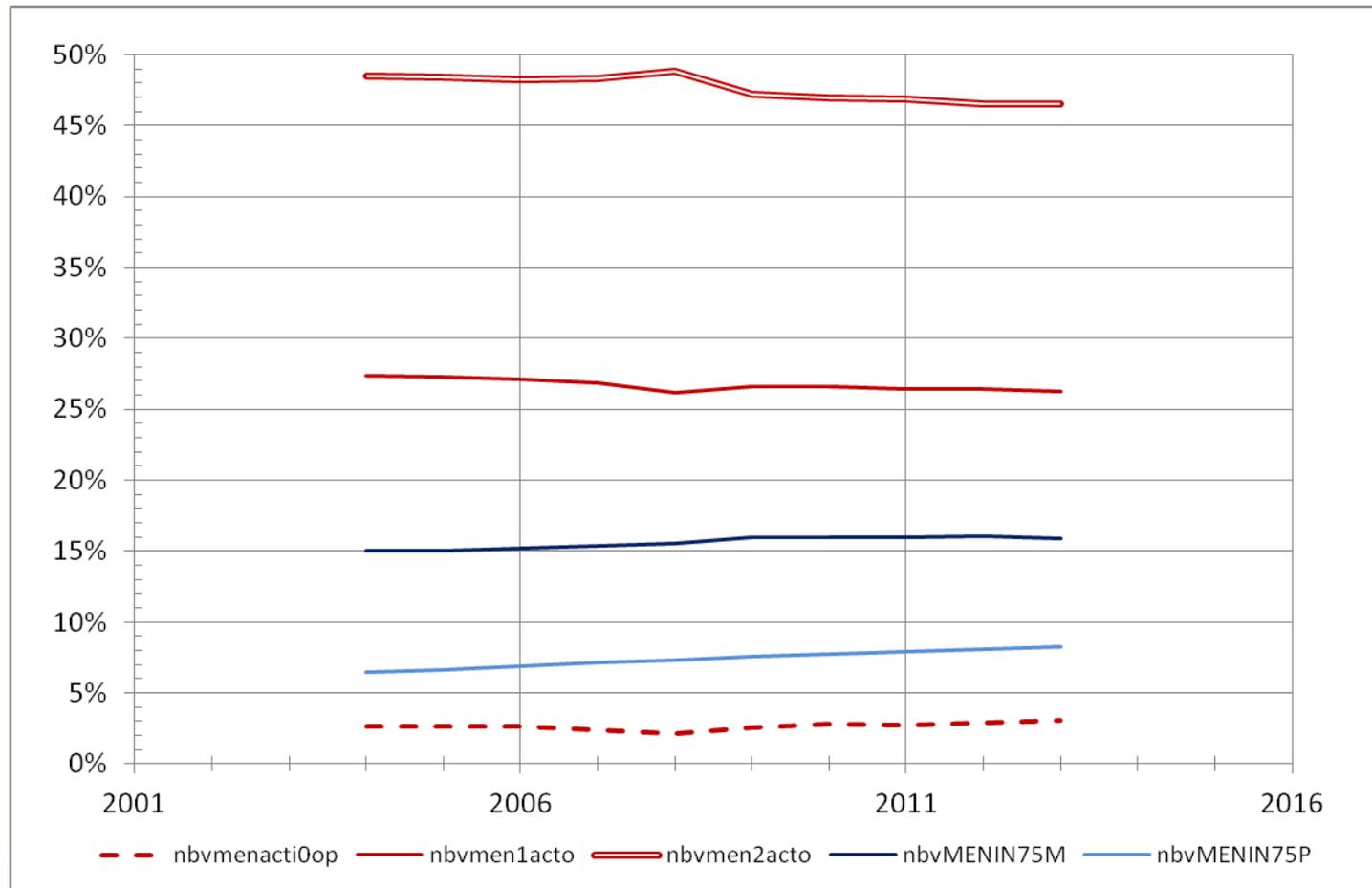
Données : ENT-D 2008, SOeS, INSEE, Inrets, exploitation CASD

La stabilité de cette différenciation est avérée par ParcAuto, sur la période 2004-2012 mais avec des kilométrages annuels décroissants



Doc 8. Evolution des kilométrages parcourus type de ménage résidant dans les territoires peu denses données ParcAuto

Le partage des voitures par classe de ménage évolue vers une part croissante des inactifs



Doc 9. Partage des voitures par type de ménage

Données : INSEE, RP 2006, 2011 exploitation principales. EAR 2004 à 2013, séries brutes

Et conduit à une baisse importante, même à kilométrage constant

Type géographique	Evolution sur 5 ans (%)				
	2004-2009	2005-2010	2006-2011	2007-2012	2008-2013
A1a	-5,3	-4,9	-4,7	-4,6	-4,2
A1c-A1d	-5,3	-5,0	-4,6	-4,4	-4,0
A1b-B1	-6,4	-5,9	-5,8	-5,5	-5,2
A2-B2	-5,1	-4,6	-4,6	-4,5	-4,2
A3-B3	-4,9	-4,5	-4,3	-4,2	-3,9
Ensemble peu dense	-5,3	-4,8	-4,6	-4,5	-4,1

Doc 10. Evolutions quinquennales, à groupe de rotation constant, dues au changement structurel des ménages, par type géographique.

Données : INSEE, RP 2006, 2011 exploitation principales. EAR 2004 à 2013, séries brutes

Mais d'autres kilométrages augmentent à cause de plus grandes distances domicile-travail...
(à suivre)

Rapides conclusions

1) sur le plan méthodologique

- les EAR sont utilisables pour produire des séries annuelles précises dans les territoires peu denses (hors unités urbaines de 10.000 hab et plus) mais des précautions sont nécessaires à cause de l'hétérogénéité des groupes de rotation du RP qui introduisent un bruit cyclique.
- Le point de vue de la faible densité, qui s'arrête à la frontière intérieure de l'urbain (les portes des agglomérations denses anciennes) permet de bien différencier un territoire divers mais homogène par les modes de transport utilisés. C'est une alternative utile au point de vue centré sur le noyau dense et visant la frontière externe, floue et mouvante de l'urbain

Rapides conclusions

2) sur le plan thématique

- Le « peak car » dans l'espace peu dense s'explique en partie par la démographie et la convergence de la motorisation des ménages actifs roulant beaucoup et des inactifs roulant peu.
- Mais les comportements d'utilisation de l'automobile sont à la baisse depuis le début des années 2000
- Et la motorisation des ménages nouvellement installés dont le profil évolue, a récemment diminué
- Ces évolutions sont à décliner selon le type de faible densité et sa relation avec les villes et, ou les métropoles.
- Un focus particulier sur les déplacements domicile-travail est en perspective



Merci de votre attention

jean-loup.madre@ifsttar.fr

jean-paul.hubert@ifsttar.fr

pierre.pistre@ifsttar.fr

roger.collet@laposte.net

IFSTTAR – AME – DEST

14-20 Boulevard Newton, Champs sur Marne,
F-77447 Marne la Vallée Cedex 2

Chiffres clés

Logement. France entière – Communes. Découpage géographique au 01/01/2008, ménages en 1999 (exploitation principale), ménages une voiture en 1999 (exploitation principale), ménages deux voitures et plus en 1999 (exploitation principale), Fichier : Base-cc-logement-2006.XLS, INSEE [producteur et diffuseur]

Famille-Situation matrimoniale. France entière – Communes. Découpage géographique au 01/01/2008, nombre de ménages en 1999 (exploitation principale), population des ménages en 1999 (exploitation principale), personnes des ménages de 15 à 19 ans (exploitation principale), Fichier : Base-cc-couples-2006.XLS, INSEE [producteur et diffuseur]

Fichiers détail

Recensement de la population 1999 : Fichier détail "Individus" au 1/20^{ème}, INSEE [producteur], Centre Maurice Halbwachs (CMH) [diffuseur].

> Recensement rénové de la population 2006 et 2011 :

Fichiers Mobilités professionnelles des individus, FD_MOBPRO_2006.TXT et FD_MOBPRO_2011.TXT, INSEE [producteur et diffuseur].

Fichiers Logements ordinaires, FD_LOGEMT_2006.TXT et FD_LOGEMT_2011.TXT, INSEE [producteur et diffuseur].

Informations géographiques

Fichiers de documentation géographique 2006 à 2011 : Tab_geo_RP2006.xls à Tab_geo_RP2009.xls, table-appartenance-geo-communes-au-01-01-2012.xls, table-appartenance-geo-communes-au-01-01-2013.xls INSEE [producteur et diffuseur].

Répertoire géographique des communes RGC®. Editions 1990 et 2012, IGN [producteur et diffuseur].

METHODE CORRECTIVE (1) « BASE 1999 »

Soit X_t une variable observée dans les recensements. On peut calculer :
 $X_{r,99}$ moyenne sur le groupe de rotation r au recensement de 1999, ce qui permet de vérifier si les groupes de rotation sont bien équilibrés par rapport à la variable X

$X_{r,t}$ moyenne pour le groupe de rotation r interrogé l'année t

Faisant l'hypothèse que même s'il existe de petites différences entre les $X_{r,99}$ les évolutions entre 1999 et t observées sur le groupe de rotation r sont représentatives de l'ensemble de la population considérée.

On peut estimer :

$$X_t = X_{99} \cdot X_{r,t} / X_{r,99}$$

Avec validation (et correction) de l'évolution à moyen terme sur la base des moyennes quinquennales à partir de 2009

METHODE (2) « Moyennes mobiles sur 3 ans »

Moyennes mobiles sur 3 ans entre 2004 et 2013 :

- 2004 en rétropolant la moyenne 2008-2010 via l'évolution observée sur le groupe de rotation 1
- 2013 en extrapolant la moyenne 2004-2006 via l'évolution observée sur le groupe de rotation 5

Suivant les variables caractérisant la motorisation des ménages, leurs évolutions annuelles sont :

- 2 à 6 fois plus grandes que l'écart moyen entre groupes de rotation
- 8 à 22 fois plus grandes que l'écart moyen entre les blocs obtenus en rapprochant les groupes intervenant dans les moyennes triennales

L'examen de moyennes sur 3 ans — plutôt que sur 5 ans (*cf.* RRP) — se révèle à l'usage très utile pour détecter des inflexions de tendance marquées

METHODE (3) Comparaison des variations quinquennales

Nous ne disposons pas d'informations exhaustives au RP 1999. Les communes de travail ne sont disponibles que dans l'exploitation complémentaire. La série « base 1999 » construite à partir de l'échantillon au 1/20 est très imprécise.

Une rupture de tendance se traduit par un saut dans les évolutions quinquennales, relativement constantes jusqu'à l'année de rupture

On peut tester ce saut en construisant un intervalle de confiance sur un majorant de la variance de l'évolution quinquennale (la somme des variances de la moyenne à t et $t-5$)

LA PLACE DE LA MARCHE A PIED DANS LA CHAINE INTERMODALE DU DEPLACEMENT URBAIN A ORAN.

Asmaa KERROUCHE

Doctorante au Département d'Architecture, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (USTO-MB), Algérie.

asmaakerrouche@hotmail.fr

Youcef KADRI

Doctorant au Département d'Architecture, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf (USTO-MB), Algérie.

youcefkadri@hotmail.fr

Résumé

Soutenu par l'étude de cas de la ville d'Oran, deuxième ville algérienne et agglomération d'environ un million d'habitants, cette communication analyse la situation de la place de la marche à pied dans la chaîne intermodale du déplacement urbain. Oran a connu des mutations socio-spatiales très rapides, avec une forte urbanisation développée par un rythme accéléré, dans les vingt dernières années, influant directement sur l'importance des distances parcourues et donc, sur l'explosion de la mobilité urbaine où la voiture règne comme un mode de déplacement principale. Face à cette dominance de l'automobile, il s'est développé alors, une volonté de mise en scène de système de transport en commun multimodal (bus, tramway et métro), mais il n'est pas inséré dans un esprit de développement durable, de valorisations des mobilités pédestres, dont la marche à pied, en tant que ciment de mobilités, reste à l'oubli dans l'aménagement des espaces publics, qui est fortement dimensionné pour la voiture.

Mots clés

Marche à pied, transport en commun, intermodalité, automobile, aménagement urbain, Oran.

Abstract

Supported by the case study of the city of Oran, second city of Algeria and urban agglomeration of one million inhabitants, this paper analyzes the situation of the place of walking in the intermodal chain of urban transport. Oran knew very fast socio-space changes, with a strong urbanization developed by an accelerated rhythm, in the last twenty years, influencing directly the importance of the distances covered and thus, on the explosion of urban mobility where the car reigns like a principal mode of transport. Faced this predominance of the car then, it developed, a will of setting in scene of transport system jointly multimode (bus, tram and subway) in Oran, but it is not inserted in a spirit of sustainable development, valorization of pedestrian mobilities, whose walking, as a binder of mobilities, remains to be forgotten in the design of public spaces, which is dimensioned for the car.

Keywords

Walking, public transport, intermodality, car, urban design, Oran.

1. INTRODUCTION

On observe depuis quelques années, la réémergence de la marche à pied dans les politiques d'aménagement urbain et de mobilité durable dans de nombreuses villes occidentales¹. Dans le cadre de ces politiques, l'enjeu est de favoriser une meilleure accessibilité des piétons en marche. En effet, cet enjeu est structuré par deux orientations [Thomas, 2004]; la première stipule que la mobilité relève de l'actualisation de la marche à pied², dont il s'agit de coupler la marche à l'usage des transports en commun (*Tramway, bus, trains...etc.*) et du vélo³ et de valoriser son intégration dans la chaîne intermodale de déplacement urbain. La deuxième repose sur la réflexion de l'aménagement des espaces publics, pour repenser l'affectation de l'espace entre les différents modes de transport. Il s'agit de valoriser une meilleure accessibilité des piétons, en leur dédiant un réseau bien défini⁴, par l'aménagement des espaces publics.

Dans le cadre de développement de la ville multimodale⁵ à l'échelle internationale, la marche à pied constitue un pivot de cette multimodalité et elle représente le maillon complémentaire dans un contexte de mobilité urbaine. Les transports en commun bénéficient d'un réseau combinant plusieurs modes de transport complémentaires (Train, métro, tramway, bus et taxi), dont l'objectif est de permettre un réseau d'itinéraire rapide, efficace et fiable et de le rendre plus accessible pour minimiser l'usage de l'automobile en faveur des mobilités pédestres.

Contrairement à ces villes occidentales, les villes du Sud de la méditerranée connaissent une évolution tout à fait différente, marquée par la prééminence de l'usage de l'automobile, au détriment de l'usage de la marche à pied et des transports en commun [Dupuy, 1995]. Dans ce cadre, le cas de la métropole oranaise, nous paraît intéressant, dans le fait qu'il illustre bien ces propos. La rareté des travaux scientifiques sur l'implication de la marche à pied dans l'usage des

¹ On parle de réémergence, suite à une période d'éclipse de la figure de la marche à pied en tant qu'élément principal de l'aménagement urbain, dans la période de l'urbanisme moderne, où l'espace public a été conçu et dimensionné dans une logique de raisonnement basée sur la « circulation mécanique », dont la voiture s'est progressivement imposée dans l'espace urbain [Cynthia Ghorra Gobin, 2008]. Au cours des dernières décennies, un renversement modal est apparu dans les villes occidentales vers les modes durables (marche à pied et vélo).

² La marche s'effectue dans différents lieux de la ville, essentiellement dans ses espaces publics (rues, boulevards, promenades, places, parcs et jardins...). Elle constitue un moyen de déplacement ultime et d'accès élémentaire aux services urbains, d'où l'importance est de son association à d'autres modes de déplacements.

³ À l'heure de la ville durable dans les villes occidentales, la place du vélo est affirmée dans les espaces publics, des voiries de circulation et de stationnement. Par contre, le vélo est inexistant dans la pratique quotidienne des habitants, spécifiquement à Oran et dans les villes algériennes en générale.

⁴ La marche devient une politique à part entière incorporée dans une approche globale de l'aménagement de l'espace urbain. En effet, plusieurs plans piétons sont élaborés dans plusieurs villes occidentales, à l'image de Strasbourg, Genève et Bruxelles, dans un raisonnement favorisant les liens, par la création des réseaux piétons continus et maillés vers les différents lieux de la ville en favorisant le rabattement avec les transports en commun et les voies cyclables.

⁵ Pour bien cerner la différence entre ces deux notions, nous définissons l'intermodalité comme la possibilité de passer d'un mode de transport à un autre, dans le même trajet. Or, la multimodalité implique l'usage de plusieurs modes de transport (collectifs et individuelles) dans un seul ou plusieurs trajets.

transports en commun justifie aussi notre intérêt. Oran, deuxième ville d'Algérie, d'environ un million d'habitants, connaît actuellement des nouveaux projets de valorisation des transports en commun (la première ligne de tramway fonctionnelle depuis le 02 mai 2013, la réalisation en cours de l'extension de trois nouvelles lignes de tramway et l'étude du métro en cours). A cet égard, ces actions présentent comme une réponse pour freiner la croissance ou réduire l'usage de la voiture. Cette dernière devient de plus en plus omniprésente et elle crée des sérieux problèmes de circulation et de stationnement, surtout dans la partie centrale de la ville.

Dans ces actions de valorisation entreprises, la prise en charge de la marche à pied n'est pas à l'ordre du jour. Or, si on veut valoriser l'usage des transports en commun, la marche à pied est une partie intégrante, et avec laquelle que chaque trajet modal commence et fini. C'est dans ce sens, que la marche à pied, à Oran, souffre de son déclin au détriment de l'automobile. Le piéton est considéré en tant qu'une personne vulnérable, victime potentiel de la circulation, plutôt pauvre, usager captif des transports publics et marcheur contraint. Bref, une image dévalorisante. Dans cette configuration, l'offre de transport en commun ne persuade pas encore les automobilistes habitants de la ville d'Oran à laisser leur voiture et prendre les transports en commun. Face à cette problématique, notre objectif est de mettre en relief l'importance de la marche à pied dans la chaîne intermodale de déplacement urbain à Oran. Ensuite, il s'agit de mettre l'accent sur l'absence de la mise en valeur de la marche à pied dans les politiques du déplacement, et du manque des aménagements piétonniers, pour un accès plus attractif aux transports en commun.

Ainsi, la méthodologie adoptée repose sur une approche multiscalaire, pour l'étude de la place de la marche à pied dans la chaîne intermodale de déplacement urbain à Oran. Cette étude propose une entrée par deux échelles, permettant de rendre compte de la complexité de l'intrication de la marche à pied aux autres modes de transport, allant de l'échelle macroscopique (l'agglomération Oranaise) à l'échelle microscopique (trajets à pied).

Dans l'échelle macroscopique, nous mettons en relief, en premier lieu, la politique de transport adoptée et ses effets sur l'organisation du réseau de transport, par l'étude de la part de la marche à pied dans les déplacements urbains, l'évolution du parc automobile, la stratégie de transport adoptée, l'organisation du réseau de transport en commun dans l'agglomération Oranaise et enfin, les différents scénarios de rabattement entre les différents modes de déplacement et la place que la marche à pied occupe, en tant que liant de l'intermodalité dans ces différents scénarios, toute en tenant en compte des motifs des déplacements. Pour permettre l'étude de cela, nous avons exploré les documents d'urbanisme⁶ et de transport de l'agglomération oranaise, mené aussi des entretiens

⁶ Les documents étudiés sont: Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU), Schéma directeur du transport urbains et l'étude de faisabilité du tramway « 06 missions », Enquête ménage du transport [B.E.T.U.R 2000], et aussi le dossier des ouvrages exécutés de l'aménagement urbain (Revêtement, végétation et mobilier urbain) de la première

auprès des décideurs politiques et des institutions publiques⁷, en plus de l'enquête (origine / destination) effectuée auprès d'un échantillon de 300 personnes, usagés du transport en commun à Oran. Pour l'échelle microscopique, il s'agit de démontrer l'importance des aménagements des espaces publics, pour un aménagement plus attractif aux transports en commun en mettant l'accent sur quelques trajets à pied les plus significatifs pour démontrer les difficultés rencontrées et le manque de la prise en charge de la marche à pied dans l'aménagement urbain.

2. ORAN, METROPLE EN CONSTRUCTION

Oran, une ville du Sud de la méditerranée. Deuxième ville de l'Algérie et capitale de la région Ouest, l'agglomération d'Oran, d'environ un million d'habitants⁸, est composée de quatre communes : Oran, Bir El-Djir, Sidi Chami et Es-Sénia. Elle a connu des mutations socio-spatiales très rapides, en suivant les principaux axes d'urbanisation périphérique Est et Sud. Ces extensions sont déterminées par une forte urbanisation développée par un rythme accéléré, dans les vingt dernières années sur une superficie de 2100 ha⁹, par l'implantation de multiples zones d'habitat comme une réponse à la problématique du logement. Cela a un impact direct sur l'explosion de la mobilité urbaine et le volume des déplacements des voyageurs¹⁰, où la marche à pied ne trouve plus l'intégration de sa place, dans la réflexion de nouvelles politique de transport, rendant les trajets à pied difficiles à effectuer.

2.1 Politique de transport appliquée à Oran et ses conséquences

La politique de transport en Algérie, fait partie intégrante de la politique économique globale du pays. Depuis l'indépendance du pays en 1962 jusqu'à 1974, le réseau de transport n'a pas connu des changements, à Oran, par rapport à l'époque coloniale, dont l'offre du transport en commun restait toujours assuré par Trolley bus avec les mêmes lignes. Mais dès 1977, le réseau du transport en commun s'est vu élargie, en décalage à l'évolution démographique et spatiale de la ville d'Oran, surtout avec les nouvelles conjonctures économique du pays en 1983, auxquelles les pouvoirs publiques n'arrivaient pas à répondre aux besoins des déplacements urbains.

ligne du tramway. L'exploration de ces documents nous renseigne sur la prise en charge de la marche à pied dans les politiques des déplacements urbains à Oran.

⁷ Nous avons mené des entretiens auprès de la direction de Transport de la wilaya d'Oran, direction de travaux publics de la wilaya d'Oran, direction de l'environnement de la wilaya d'Oran, direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya d'Oran, Entreprise Métro d'Alger « EMA » et société d'exploitation des tramways « SETRAM ».

⁸ Selon le dernier Recensement Générale de la Population et de l'habitat [RGPH, 2008], l'agglomération oranaise dispose d'une population de 962 592 habitants répartie dans les quatre communes (Oran 609 014 habitants, Bir el-Djir 152 151 habitants, Sidi Chami 104 498 et Es-Sénia 96 928 habitants) constituant l'agglomération.

⁹ L'extension de la ville vers l'Est sur une superficie de 2100 ha était dictée par le PDAU du groupement d'Oran 1998, en tant qu'un instrument d'urbanisme opposable aux tiers.

¹⁰ Les trafics voyageurs terrestres journaliers vers l'agglomération oranaise sont de 850 000 voyageurs / jours entre réseau urbain, interurbain et inter-wilaya, selon le Schéma directeur du transport urbains.

La crise financière qui a affecté les entreprises du transport urbain en Algérie à cette époque, due au retrait des subventions publiques¹¹ à la suite de la baisse de la rente pétrolière, a impliqué la contribution du secteur privé dans le transport urbain. Cela a nécessité d'aligner les prestations fournies dans la loi 88-17 du 10 Mai 1988 portant orientation et organisation des transports terrestres, qui a autorisé l'ouverture du marché du transport en commun par bus, au profit des entreprises privées. A l'instar des autres villes algériennes, la partie pris à ce temps, par les gestionnaires du transport urbain à Oran, était de trouver une solution aux énormes problèmes de transport urbain, par l'implication des opérateurs privée (figure 01). La régie municipale d'Oran, qui monopolisait le transport urbain depuis 1965, a vu la régression de son parc roulant de 102 véhicules en 1990 à 24 véhicules en 1995, jusqu'à arriver à 05 véhicules en 2000. En parallèle, les opérateurs privés se multiplient.

Figure 1. Evolution du parc du transport en commun urbain à Oran (1985 à 2000) (Source : YOUSFI B., 2002)

	Statut	Opérateurs	Véhicules
1990	Privé	08	10
	Etatique	Régie municipale d'Oran	102
1995	Privé	210	215
	Etatique	Régie municipale d'Oran	24
2000	Privé	1713	1756
	Etatique	Régie municipale d'Oran	5

2.1.1 Effets négatifs de la libéralisation du transport à Oran

La privatisation du secteur du transport urbain a induit, dans ses débuts, des effets positifs sur l'augmentation de l'offre de transport à l'échelle de l'agglomération. Entre autre, les conséquences de l'installation d'un grand nombre d'opérateurs privés, ont rendu la maîtrise des pouvoirs publics du fonctionnement de ce secteur difficile, voire quasiment impossible, comme la rentabilité règne sur la qualité de l'offre chez les opérateurs privés. Les stations de transport urbain ne sont, alors, ni aménagées, ni aptes à accueillir un nombre aussi élevé de véhicules. Les pratiques non professionnelles des opérateurs ont aggravé la situation, par le non-respect des horaires de transport, le mauvais comportement du personnel non qualifié, la surcharge et le débarquement au point d'arrêt non autorisée et la déviation des itinéraires.

Dans une période où de nombreuses stratégies ont été adoptées, dans les pays occidentaux à l'exemple de la France, pour favoriser l'utilisation des transports en commun, après la crise

¹¹ A partir de cette situation, relève le changement du rôle de l'état d'un rôle de promoteur à un rôle de régulateur dans le secteur des transports en commun. Ainsi, le secteur de transport urbain est passé d'un statut de grandes entreprises à un statut de petites entreprises, dont l'organisation et la gestion est admise aux niveaux locaux par les directions de transport des wilayas [Loi 88-17, art.24], par les biais de la mise en œuvre des plans de transport urbain [Loi 88-17, art.27], qui n'a pas encore vu le jour à Oran.

pétrolière des années 1970, comme le principal mode de transport, susceptible de freiner ou réduire la croissance de l'usage de l'automobile [Bonnell, 2003]. Or, la faiblesse du pouvoir d'achat des citoyens de la voiture en Algérie, fait que la captivité des transports en commun soit très importante et les habitants sont contraints de l'utiliser [Yousfi, 2002]. Dans ce cadre, la marche à pied était le moyen de déplacement le plus utilisé. A titre d'exemple, l'étude faite en 1986, sur les déplacements des enseignants du fondamentales¹² à leur lieu du travail, dont 84.3% des enseignants enquêtés travaillent dans la commune même de leur résidence illustre bien ces propos ; 71.6 % des enseignants se rendaient à pied, 14.80% empruntaient les transports en commun et 7.4% seulement utilisaient la voiture particulière.

2.2 Partage modal à Oran : la dominance de la marche comme moyen de déplacement

L'examen de synthèse des résultats de l'enquête ménage de la mobilité quotidienne dans l'agglomération Oranaise en 2000 réalisée par BETUR, montre que le mode de déplacement le plus répandu est la marche à pied, avec un taux de 63.33 %. Ceci relève de la dominance des déplacements de courte distance, qui sont en relation avec les déplacements des écoliers ; 60.2 % des déplacements faites pour motif étude sont effectués à pieds. Par contre les déplacements domicile-travail sont effectués par 36.67 % en mode motorisé.

Figure 2. Fréquence des moyens de déplacement dans l'agglomération oranaise en 2000 (Source : Enquête ménage Transport d'Oran, BETUR, 2000)

Mode de déplacement	Nombre de déplacement	Taux de mobilité
A pied	843 044	63.33 %
Transport en commun (Publics et privés)	279 419	21.74 %
Voiture particulière	112 695	8.47 %
Taxi	52 350	3.93 %
Transport employés	23 761	1.78 %
Train	1 634	0.12 %
Transport scolaire	611	0.05 %
Autres moyens	7691	0.58 %
Total	1 331 205	100 %

Comparer la répartition modale à Oran en 2000 avec d'autres villes occidentales à l'exemple d'Athènes en 1999, qui faisait partie des villes où régnait les moyens de déplacements motorisés, dont la part de la marche à pied est de 7% des déplacements de l'agglomération d'Athènes et la voiture particulière présentait 48% [Pomonti, 2010], montre que dans le temps où on réfléchit, dans les pays occidentaux, à des politiques valorisantes pour augmenter la part des déplacements doux, le piéton à Oran, gagne le terrain par défaut. Par contre, ce sont les limites financières et la faiblesse de taux de possession de voiture qui ont joué favorablement pour la marche, comme le démontre

¹² Cette étude a été effectuée en Janvier 1986, dans la cadre de l'étude sur l'Analphabétisme, dont nous intéressons aux déplacements des personnels enseignants.

l'étude intitulé « La ville en marche – le bien être du piéton » menée par l'association « études urbaines » en 2012, dont elle présente comme cas d'étude les villes de Casablanca et de Fès. Cependant, on remarque actuellement l'augmentation de l'usage de la voiture particulière et de sa part dans la répartition modale qui se présente, selon l'avis commun des oranais, comme une solution pour répondre à la problématique de la mobilité urbaine quotidienne.

2.3 Oran, ville étouffée par la circulation automobile

La motorisation s'est fortement augmentée à Oran ces dernières années, dont la voiture¹³ s'est progressivement imposée dans l'espace urbain, comme résultat de la défaillance des transports en commun à prendre en charge la demande en matière de quantité et de qualité. En effet, l'octroi des crédits bancaires d'achat de voiture, commencés depuis l'an 2000 jusqu'au l'an 2010, l'implantation de nombreux concessionnaires de voitures étrangers tel : KIA, Hyundai et Renault, après la libéralisation du marché de l'automobile¹⁴ [YOUSFI, 2002] et le prix très réduit des hydrocarbures¹⁵ ont rendu l'accès à la voiture plus facile.

L'augmentation de l'usage de la voiture a favorisé la multiplication du parc automobile, qui est en croissance depuis l'an 1997. Comme les parts modales observées à Oran, en 2000, montrent une très nette dominance de la marche à pied et des transports en commun, le fait le plus marquant, lors de l'étude de la faisabilité du tramway en 2004, réside dans l'explosion de la part de la voiture particulière. Ainsi, les chiffres consignés dans le tableau suivant (Figure03) indiquent que le parc automobile s'est vu multipliée, à Oran, à une vitesse vertigineuse de 65.50 % en 1997 à 74.13 % en 2013. Sur le total de 271 472 véhicules qui circulent à Oran en 2013, 201 251 sont de type touristique, environ 74.13 % du parc automobile. Classé 3^{ème} à l'échelle nationale après Alger et Blida, le parc automobile à Oran représente 5.30% du parc national.

Figure 3: Evolution du parc automobile à Oran (1997 à 2013) (Source : ONS, parc national automobile)

Année	Parc automobile	Véhicule de tourisme	% Véhicule de tourisme	Nouvelles immatriculation
1997	133 704	87 589	65.50 %	/
1998	137 842	89 951	65.25 %	/
1999	140 444	90 950	64.75 %	6200
2000	141 166	92 052	65.20 %	7026
2001	142 255	93 423	65.67 %	7181
2002	145 220	95 051	65.45 %	14 213
2003	149 601	100 101	66.91 %	12 346
2004	153 638	103 712	67.50 %	10 022

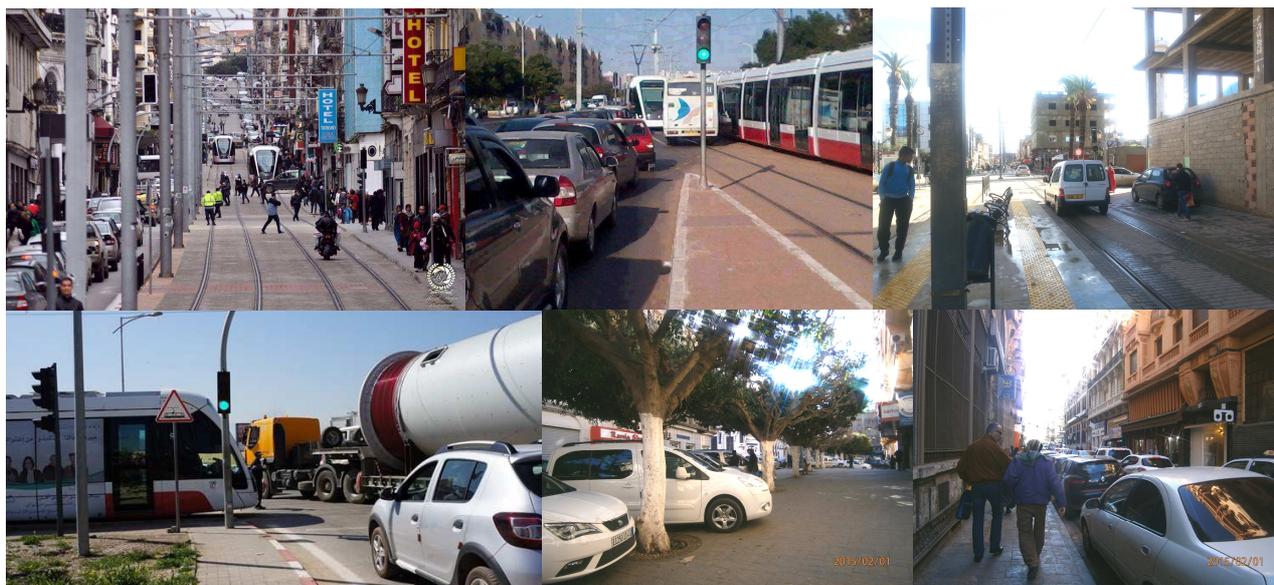
¹³ La voiture en Algérie selon [Bouani, 2007] constitue d'un point de vue sociologique, une promotion sociale, un emblème de la mobilité, de l'autonomie et de la liberté.

¹⁴ Une stratégie faite par les pouvoirs publics, pour séduire les firmes internationales des industries mécaniques pour s'installer en Algérie depuis 1990 complétée en 1994 par la possibilité d'accès aux devises. C'est dans ce cadre, qu'on assiste actuellement à l'implantation de l'usine Renault dans le côté sud d'Oran.

¹⁵ À titre d'exemple, le litre du diesel est de 13 centimes d'euros et le litre de plomb est de 23 centimes d'euros.

2005	160 216	109 379	68.26 %	13 436
2006	180 966	126 500	69.90 %	23 820
2007	195 483	138 472	70.83 %	17 119
2008	210 408	150 536	71.54 %	14 915
2009	224 861	162 426	72.23 %	25 297
2010	233 417	169 695	75.95 %	16 889
2011	251 289	184 652	73.48 %	29 870
2012	257 870	190 529	73.88 %	25 714
2013	271 472	201 251	74.13 %	15 975

Figure 4. Dominance de l'automobile dans l'espace urbain oranais



En parallèle, sur le plan urbain, la priorité est accordée à la voiture dans l'aménagement urbain [Bouani, 2007], en suivant le modèle urbain de « tout automobile ». En effet, la voiture a modelé les espaces des plus anciens tissus urbains à Oran, comme des plus récents, principalement par la réalisation d'un important dispositif routier et autoroutier (trémies, échangeurs et rond-point), dont s'exprime la suprématie des espaces de circulation automobile sur les espaces piétons, en dévalorisant le plaisir de la marche urbaine « *Dans la réalité oranaise, certains lieux urbains sont investis par le piéton mais aussi par la voiture qui impose souvent sa présence sur l'espace public* » [Kettaf, 2013]. Cette situation actuelle pose de sérieux problèmes de congestion de la circulation, de pollution atmosphérique et de problème de stationnement, surtout dans la partie centrale de la ville¹⁶.

¹⁶ La situation de la congestion au niveau du centre-ville d'Oran a fini par gagner aussi les quartiers périphériques, elle devient de plus en plus très embarrassante à tous les échelles, avec plusieurs bouchons interminables. En parallèle, pour les citoyens qui se rendent pour divers motifs au centre-ville, dénicher une place de stationnement relève de l'impossible. En effet, l'absence de parking à étages ou en sous-sol à l'exception de quelques parkings qui se trouvent aux rez-de-chaussée ou aux sous-sols de quelques immeubles. Les rues et les ruelles constituent alors l'essentiel des parkings. L'augmentation de l'usage de l'automobile à Oran donne lieu à des risques de pollutions atmosphérique et sonore, qui ne sont pas encore mesurés, selon les enquêtes que nous avons menées auprès de la direction de

2.4 De nouveau mode de transport urbain comme réponse :

Dans ce contexte de détérioration de la qualité des transports collectifs, foisonnements d'opérateurs et la hausse de l'usage de la voiture particulière, on assiste dans ces dernières années, à un retour en force de l'état, en tant qu'un acteur régulateur, par une politique valorisante de l'usage des transports en commun. En effet, un programme très ambitieux a été arrêté lors les deux derniers plans quinquennaux 2004/2009 et 2010/2014, organisé en deux opérations. Il s'agit en premier lieu, d'introduire l'entreprise étatique de transport urbain d'Oran (ETO), en desservant les nouveaux quartiers périphériques tels que: Haï l'USTO, Haï El Yasmine,...etc.

La deuxième opération consiste à la modernisation des transports en commun dans les grandes villes algériennes, avec l'intégration de la démarche de développement durable à laquelle l'Algérie adhère depuis la signature de l'accord de Rio de Janeiro en 1992, et notamment la mise en œuvre de la loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, où il s'agit de mettre en œuvre un transport en commun de régularité, confort, rapidité et grande capacité, en site propre, à l'image du tramway¹⁷. En effet, à la faveur d'une situation économique vigoureuse par l'augmentation de la rente pétrolière, la réalisation du tramway d'Oran a trouvé un contexte de plus en plus favorable avec la politique volontariste d'amélioration urbaine dans le cadre de la modernisation de la ville d'Oran, dont l'objectif est de contribuer à rehausser son rayonnement et mettre les premiers pas vers la constitution d'une métropole. C'est dans cette optique que le projet du tramway d'Oran (1^{ère} ligne), a été lancé en 2008, intégré dans un Schéma Directeur de Transport Urbain (SDTU) et mise en marche depuis le 02 mai 2013.

2.4.1 Stratégie de transport à Oran, vers des perspectives d'intermodalité

La réalisation de cette première ligne de tramway à Oran est très significative sur la mobilité quotidienne de la population oranaise, dont elle assure environ 50 000 voyageurs par jour¹⁸. Ainsi, d'autres études de l'extension de cette première ligne de tramway en 3 autres, ont été lancées. La première extension vers la partie Nord Est de d'USTO à Bir-El-Djir, est divisée en deux tronçons A et B avant de rejoindre Belgaid. La deuxième extension part de l'université d'Es Sénia jusqu'à l'aéroport Ahmed Benbella. Le troisième est l'extension Ouest, elle commence à Benarba pour rejoindre la gare routière du Colonel Lotfi. Les voies de liaisons était déjà prévu lors de la

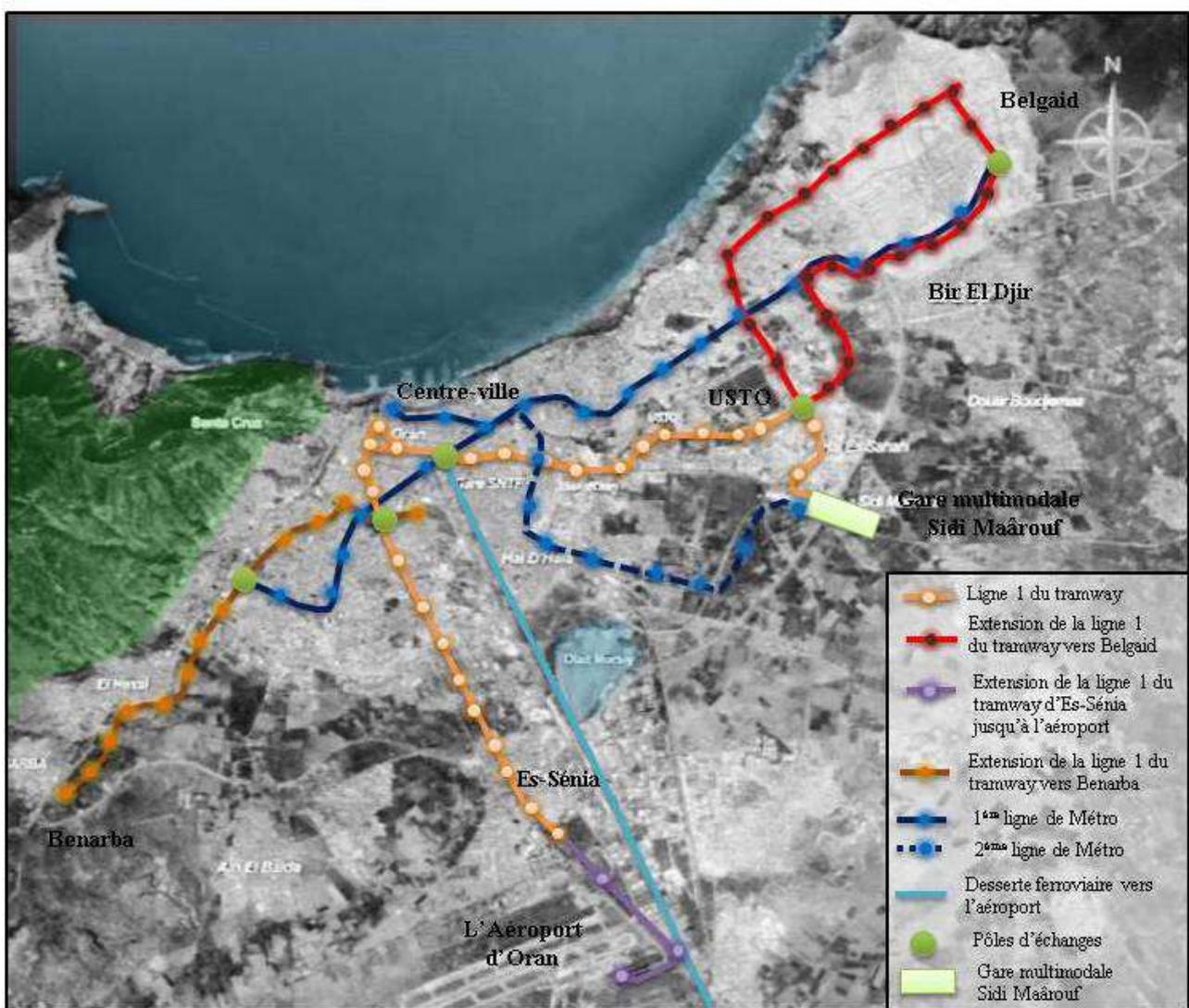
l'environnement (Décembre 2014) malgré la mise en place de l'observatoire national de l'environnement et du développement durable à Oran et de son système de surveillance de la qualité d'air (dispositif Sama Safia) dont l'équipement est installée depuis 2011, mais pas encore mise en marche.

¹⁷ Le tramway s'impose dans la plupart des villes algériennes pour améliorer la modernisation du transport en commun. Parmi ces villes, on note : Alger, Oran, Annaba, Sétif, Sidi Bel-Abbes, Mostaganem, Constantine, Ouargla, Bejaia, Batna, Biskra, Béchar, Blida, Tébessa, Tlemcen et Skikda.

¹⁸ Nous avons pris ces données sur le trafic voyageur quotidien du tramway d'après notre enquête effectuée auprès du SETRAM.

réalisation de la première ligne. En effet, ces extensions sont réalisées dans le but de permettre un grand nombre d'habitants de l'agglomération, de profiter du tramway, en leur offrant de meilleure condition de transport. Ainsi, deux autres lignes de métro sont envisagées dont l'étude vient d'être achevée. La première ligne de 18 km va de stade Bouakel au sud-ouest de la ville à Haï Belgaid en passant par la gare SNTF et Bir el Djir avec un branchement qui permet l'accès au centre-ville. La deuxième ligne de 8.5 km prévu, trouve son origine à la wilaya et s'étend vers le Sud Est avant de rejoindre la gare multimodale de Sidi Maarouf. En plus, une desserte ferroviaire est prévue en prolongeant les chemins ferrés existants afin de relier la gare ferroviaire SNTF à l'aéroport Ahmed Benbella.

Figure 5. Réseau des projets en cours de transport en commun en site propre (tramway et métro) à Oran.



Dans cette configuration de nouvelle stratégie, il s'agit de faire jouer les axes lourds de TCSP (Tramways et métro), en les alimentant par des rabattements de ligne de bus autour de plusieurs stations et de pôle d'échange multimodaux, en vue de réaliser de maillage de transport en commun et de développer l'intermodalité, en plus de l'aménagement des parcs relais pour diminuer la

présence de la voiture particulière dans la ville et la chasser complètement de son centre. Ces actions n'ont pas été prises en charge dans les aménagements de la première ligne de tramway malgré que trois parkings relais aient été prévus par l'étude de faisabilité. En effet, cette volonté de mise en scène de système de transport urbain multimodale (Bus, tramway et métro) à Oran, est incapable de répondre aux besoins de mobilités et d'accessibilité de la population oranaise dans un esprit de développement durable, de valorisations des mobilités pédestres, dont la marche à pied reste à l'oubli, alors que l'aménagement des espaces publics est fortement dimensionné pour la voiture.

2.4.2 L'absence de la prise en charge de la marche à pied :

La marche à pied et l'aménagement des espaces publics restent loin de toute prise en charge de la part des politiques de transport ou celle de l'aménagement urbain, dans le processus de réalisation du projet du tramway, qui n'a pas vraiment apporté, depuis sa mise en marche, les effets espérés en termes de circulation piétonne et automobile [Kettaf, 2013]. Par contre, une augmentation de nouveaux bouchons est bien remarquée, surtout que le réseau de transport en commun par bus n'est pas encore restructuré, et aussi le problème de stationnement n'est pas encore réglé, notamment au centre-ville, à l'encontre d'autres projets de tramway développé dans les villes occidentales « *Nous abordons les projets de tramway à travers leur place et leur portée dans la ville et les espaces urbains et non seulement comme un mode de transport en commun* » [Hamman, 2011]. Ces propos illustrent bien le constat négatif de la première ligne du tramway d'Oran.

Au lieu d'être un levier pour favoriser la circulation piétonne par la requalification des espaces publics [Masbounji, 2008], les préoccupations de la réalisation de la première ligne du tramway d'Oran étaient plus fonctionnelle, dont la voiture particulière règne encore dans les pensées, pour reprendre le discours du représentant de l'Entreprise de Métro d'Alger (EMA), lors de notre entretien entrepris en janvier 2015 « *Si on a trouvé une autre solution technique au niveau du centre-ville pour ne pas piétonniser les abords des stations du tramway, on l'aurait réalisé pour faire passer la voiture. Il est impossible de piétonniser le centre-ville d'Oran, il y a un manque considérable de foncier pour faire des parkings...* ».

3. LA MARCHE A PIED ET L'INTERMODALITE EN QUESTION

3.1 Organisation des transport collectifs urbains dans l'agglomération Oranaise

L'étude du réseau de transport à Oran renvoie donc à de vérifier les tracés existants (Bus, tramway) et les différentes chaînes de déplacements, en tenant en compte les interfaces reliant les déplacements inter wilaya, les déplacements interurbains et les déplacements urbains (gares routières, gare ferroviaire). Le réseau de transport en commun urbain de l'agglomération oranaise

est composé d'un réseau de transport en commun par bus de 28 lignes et une ligne de tramway de 32 stations, dont il assure 110 000 voyageurs par jour¹⁹.

Cette étude nécessite la compréhension de la répartition spatiale fonctionnelles des lieux de travail, études et les lieux de loisir qui influencent en grande partie sur les déplacements dans la configuration où l'usager a besoin de parcourir de grandes distances ou prendre plusieurs moyens de transport (bus-tramway) au sein du même trajet pour rejoindre sa destination (travail, étude, achat ou autre).

Dans l'agglomération oranaise, le centre-ville reste le lieu le plus important en termes d'activités, c'est là où se concentre un nombre important des administrations publiques et des agences financières tels que les banques et les assurances en plus des sociétés nationales et les différents consulats, et aussi le commerce du tertiaire. En plus, il constitue une destination pour le travail, l'achat et le loisir d'après notre enquête. S'ajoutant au centre-ville, Médina J'dida, cœur populaire de la ville d'Oran, une destination pour les achats de l'habillement traditionnel et d'autres. La commune de Bir El Djir est connue plutôt par ces pôles universitaires ; USTO et Belgaid, en plus de la zone des sièges administratifs Ahmed Ben Ahmed. La commune d'Es-Sénia est connue aussi par son pôle universitaire, et surtout les zones industrielles. Par contre, Sidi Chami reste le moins équipé à l'exception du nouveau centre hospitalo-universitaire et le centre de recherche cancérologique.

3.1.1 Réseau de transport en commun par bus

Le tracé du réseau de transport collectif par bus est calqué selon le plan de structure semi-radioconcentrique de la ville d'Oran qui reflètent assez bien son organisation spatiale et fonctionnelle. En effet, il était développé au fur à mesure de la dynamique urbaine, afin de couvrir les nouveaux espaces intégrés dans le périmètre de l'agglomération. Le réseau de transport en commun par bus est composé de 28 lignes (figure 06) structuré autour de trois types de lignes ; les lignes « radiales » qui assurent la liaison entre la périphérie de l'agglomération et le centre-ville, les lignes « périphériques » qui assurent les liaisons entre les différents quartiers périphériques et enfin les lignes « tangentiels » qui offrent d'une part les liaisons de rocade permettant de relier les pôles périphériques entre eux, en traversant la ville de l'Est à l'Ouest.

¹⁹ Nous avons pris ces données sur le trafic voyageur quotidien du transport en commun à Oran d'après la présentation vidéo graphique final du réseau du futur métro, fait par le SENER Group Ingeniería.

Figure 6: Identification des lignes du bus du réseau urbain du transport en commun en 2014 (Source : Schéma directeur de transport urbains, mise à jour enquête 2014).

Type de lignes	N° de lignes	Point de départ	Destination	Types d'opérateurs	
lignes radiales	U	Dar El Hayat	Université d'Es Sénia	Privé	ETO
	51	Palais des sports	Université d'USTO	Privé	ETO
	39	Palais des sports	Cité En-Nedjma	Privé	/
	37	Place Ben Daoud	El Hassi	Privé	ETO
	34	Place El Mokrani	Cité 2000 logts	Privé	/
	31	Place El Mokrani	Douar Belgaid	Privé	/
	31(C)	Palais des sports	Douar Belgaid		
	29	Place Zeddour	Haï Fellaoussen	Privé	/
	28	Palais des sports	Ain Beida	Privé	/
	22	Place Zeddour	Cité Djamel	Privé	/
	18	Place Ben Daoud	Yaghmorassen	Privé	
	14	Place El Mokrani	Haï En-Nakhil	Privé	/
	11	Place El Mokrani	Haï Es-Sabah	Privé	ETO
	102	Place El Mokrani	Haï En-Nour		
	1	Place El Mokrani	Canastel	Privé	/
	P1	Lycée Lotfi	Douar Belgaid	Privé	ETO
	16	Sidi el Houari (port)	Haï el Otmania	Privé	/
lignes Tangentielles	A	Cité des Amandiers	Cité Gambetta	Privé	/
	B	Cité des Amandiers	Seddikia	Privé	ETO
	4G	Gare USTO	Gare Yaghmoracen	Privé	/
	49	Palais des sports	Seddikia	Privé	/
Lignes Périphériques	2	El Hamri	Sidi Maârouf	Privé	/
	41	HLM - USTO	Sidi El Bachir	Privé	/
	59	Plateau (Pont Huck)	Sidi Chami	Privé	/
	61	Bir El Djir	Seddikia	Privé	/
	39F	El Barki	Cité En-Nedjma	Privé	/
	ML	El Barki	Cité Amel	Privé	/
	103	Les Castors	Douar Belgaid		
Total	28 lignes	/	/	28 lignes	06 lignes

3.1.2 Organisation de la première ligne de Tramway

Avec un tracé bidirectionnel, la première ligne de tramway s'étend sur une longueur de 18.7 Km comptant 32 stations, reliant la périphérie Sud de l'agglomération (Es-Sénia) à celle de l'Est (USTO) via le centre-ville (Place 1^{er} Novembre, Rue Emir AEK) et Médina J'dida, en desservant la gare ferroviaire SNTF et les équipements universitaires ; université d'USTO et Es-Sénia. Deux parcs relais de 250 places ont été programmés à Es-Sénia et à la gare multimodale de Sid Maârouf. Par rapport au parc relai d'Es-Sénia qui a été achevé, ni les quatre pôles d'échange, ni la gare multimodale, ni son parc relai ont vu le jour.

Figure 7: Caractéristique de la première ligne du tramway (Source : Enquête auprès de l'EMA, 2014)

	Longueur de la ligne	Nombre de Stations	Pôle d'échange	Gare multimodale	Parkings relais
1^{ère} ligne du tramway	18.4 KM	32 Stations	04 (Pas aménagé)	01 (Dépôt, Pas encore aménagé)	01

3.1.3 Répartition du réseau autour des différentes stations et gares

Le réseau de transport urbain à Oran est composé de 28 lignes de bus et une ligne de tramway, qui s'organisent autour de 05 stations principales dont quatre sont localisées au centre-ville, le point de convergence, et dispersées sur quatre points (Place El Mokrani, Place Bendaoud, Place Zeddour et Palais des Sports), pour éviter l'encombrement des stations et l'engorgement de la circulation. Une cinquième station est située dans les quartiers périphériques de l'agglomération à Seddikia. A ces stations s'ajoute les gares routières (gare de l'USTO, gare les Castors, gare El Hamri et gare Yaghmouracen), qui regroupent des lignes interurbaines et inter-wilaya. En effet, ces quatre gares sont desservies par plusieurs lignes, à l'exemple de la ligne de bus 4G qui débute à la gare de l'USTO et finit à la gare Yaghmouracen, passant par les deux autres gares. Il y a d'autres lignes de passage à l'exemple des lignes (11-51-102-B-02-18). La gare ferroviaire SNTF, qui accueille des trafics venant d'autres wilayas est desservie par deux lignes de bus ; 22 et 29 et une station de tramway.

Figure 8: Répartition du réseau de transport en commun (bus-tramway) sur les différentes stations et gare routière à Oran en 2014.

Station et point de départ Multi-bus	Lignes de passage	Gare routière			Lignes desservant
		Noms de Gare	Mode de transport	Type de liaison	
		Gare USTO	Taxis	Inter wilaya	4G-11-102-51 Station T1
Place El Mokrani	U-14-34-31-102-1-11- Station T1	Gare les Castors	Autocars	Inter-wilaya	4G-B-2-103
			Taxis	Interurbain	
Place Zeddour	22-29	Gare de Yaghmourassen	Autocars	Inter-wilaya	4G-18
Place Ben Daoud	18-37		Taxis	Interurbain	
Palais des sports	28-51-39-49 Station T1	Gare d'El Hamri	Autocars	Interurbain	4G-51
			Taxis	Inter-wilaya	
Seddikia	B-31-P1	Gare Ferroviaire SNTF (Plateau)			29-22 – Station T1

3.1.4 Absence d'une tarification intermodale

La multiplication des opérateurs privés à Oran a induit la difficulté de la gestion des transports en commun par bus, entre secteur privé et secteur étatique géré par l'Entreprise de Transport d'Oran (ETO). Cette difficulté s'est multipliée avec l'arrivée du tramway dont sa gestion est assurée pour 10 ans, par la société de l'exploitation des tramways (SETRAM). Ainsi, la tarification entre ces différents opérateurs de gestion de transport en commun à Oran, n'est pas encore unifiée, s'ajoutant à cela, que le ticket de bus ou tramway est valable juste pour un seul voyage et pour un seul moyen de transport. En effet, la tarification du transport en commun reste chère, si le trajet nécessite un rabattement entre deux moyens de transport «tramway et bus ou entre deux bus », comparée au surtout prix bas des hydrocarbures.

Figure 9. La tarification du ticket du transport en commun entre tramway et bus (étatique et privé), pour un trajet simple.

	Transport par tramway	Transport bus	
Opérateurs de gestion	SETRAM	ETO	Privé
Tarification en DA	40 DA	15 DA	20 DA

3.2 La marche au cœur de la chaîne de déplacements urbain

En tenant compte de la dernière enquête ménage effectuée par la direction de transport en 2000, la part que tenait la marche à pied en tant que moyen de déplacement était très importante. Actuellement, les choses ont changé due à l'importance de l'usage de la voiture particulière. Selon le rapport de l'étude de faisabilité de métro d'Oran en 2012²⁰, 62% des déplacements journaliers, avant le lancement du tramway, se font en voiture particulière. L'espace urbain au fur à mesure s'est adaptés aux moyens motorisés en oubliant les besoins des piétons en marche pour rejoindre les transports en commun. En effet, les usagers de transport en commun, à Oran, restent les moins aisées pour s'offrir une voiture particulière.

Dans ce travail, notre enquête a touché 300 personnes, habitant les quatre communes constituant l'agglomération oranaise, dont nous avons constaté des différents rabattements entre les transports urbains qui se font très majoritairement à pied. Nous avons constatés 107 déplacements sur 300 pour les trajets unimodaux des configurations (Marche-Bus-Marche) et (Marche-Tramway-Marche). Pour les types intermodaux, nous avons constatés 152 déplacements sur 300 des configurations suivantes (Marche-Tramway-Marche-Bus-Marche), (Marche-Bus-Marche-Tramway-Marche), (Marche-Bus-Marche-Bus-marche), (Train-Marche-Bus) et aussi pour (Train-Marche-Tramway). Le dernier type (Voiture-Marche-Voiture) présente 41 déplacements sur 300 observés surtout au niveau du centre-ville pour des motifs de travail et d'achat. Dans cette enquête, on révèle qu'il y a un nombre très important des déplacements intermodaux, liant plusieurs modes de déplacement (bus et tramway). Cette configuration démontre l'ampleur de la mobilité quotidienne et les éloignements entre le lieu de résidence et celui de travail.

Dans cette perspective, la marche à pied comme liant entre les différents modes de transport urbain (bus et tramway), n'a jamais fait l'objet de réflexion de son intégration par les politiques de transport urbain à Oran. En effet, la distance à parcourir à pied, pour les trajets unimodaux afin de rejoindre les transports en commun est comprise entre 18.10 m et 697.83m et la distance à parcourir pour rejoindre la destination est comprise entre 82.13 m à 697.83 m. Par contre, la distance à parcourir, pour les trajets intermodaux est plus importante, surtout dans le cadre de rabattement entre deux moyens de transport. Elle est comprise entre 216.59 m à 1420.81 m. Cette situation est le

²⁰ L'étude de faisabilité de métro n'est pas encore accessible au public, vu que la désignation de l'entreprise de réalisation n'a pas encore fait l'objet d'une séance d'ouverture des plis financiers. Ces chiffres ont été pris d'après notre entretien avec la direction du transport de la wilaya d'Oran.

résultat de l'absence de l'intégration des pôles d'échange, autour de quelques stations de la première ligne du tramway, en correspondance avec le réseau de bus. Enfin, la dernière typologie des trajets à pied sont aussi importants du fait que l'explosion de l'usage de l'automobile n'a pas été accompagnée d'une prise en charge pour les stationnements, surtout au centre-ville, où les conducteurs de voitures sont appelés à stationner parfois à 2 km loin de leur lieu de travail. Dans notre cas, les trajets à pied utilisés en complémentarité d'autre mode de déplacement, dans l'agglomération oranaise sont plus importants en termes de distance, par rapport aux chiffres développés par l'étude du CERTU (2013), qui considèrent que les personnes marchent en moyenne de 50 mètres pour rejoindre leur voiture et 250 à 350 mètres pour un arrêt de bus ou tramway.

Figure 10. Configuration de la marche à pied dans les déplacements modaux et intermodaux (Source : Enquête effectuée auprès un échantillon des habitants d'Oran, 2014)

	Trajet simple		Trajet intermodale			Trajet par voiture		
	Marche-transport- Marche		Marche-Transport- Marche- Transport- Marche			Voiture- Marche- Voiture		
Nombre des déplacements / personnes enquêter	107/300	35.66 %	152/300		50.66 %	41/300	13.66 %	
Motifs des déplacements	Travail	69/107	23%	68/152	22.66 %	19/41	06.33 %	
	Étude	38/107	12.6%	84/152	28.66 %	/		
	Achat	/		/			12/41	04 %
	Autres	/		/			10/41	03.66 %
Les distances à pied	Min	18 M	82 M	199 M	216 M	93 M	228 M	
	Max	697 M	952 M	881 M	2135 M	881M	4 368. M	

3.3 Les différentes configurations de trajets à pied

Afin de bien analyser les différentes configurations de trajets à pied, plusieurs trajets unimodaux et intermodaux ont été traités, en mettant l'action sur les distances parcourues à pied pour rejoindre les moyens de transport en commun, la qualité des aménagements des espaces publics notamment les aménagements autour des stations de bus, et la sécurité des cheminements (passage piétons). En effet, les quatre cas d'études de trajets uni-modaux et intermodaux choisis sont les plus représentatifs du non prise en charge de la marche à pied en tant que liant entre les différents modes de transport à Oran.

Le premier cas choisi présente le trajet entrepris par un habitant de Haï el Yasmine de la commune Bir el-Djir, usager de transport en commun, allant vers son lieu de travail, le tribunal de cité Djamel de la commune d'Oran. Ce trajet de type (Marche-Tramway-Marche) est composé de deux trajets à pieds. Le premier est d'une distance de 697.83 m pour rejoindre la station du tramway Haï El Sabah, dont l'usager de ce parcours est obligé d'escalader un talus, vu le non aménagement de l'espace public, pour rejoindre l'autre rive et ensuite descendre à la station Haï Es-Sabah. Une fois arrivé à la station palais de la justice, il doit traverser le 03^{ème} boulevard périphérique de 02 voies mécaniques avec terre-plein centrale plantée de végétation, pour rejoindre sa destination, et cela

sans présence de passage piéton. Ce dernier n'a pas été pris en charge dans les aménagements urbains de la première ligne de tramway.

Le deuxième cas explicite le trajet entrepris par les étudiants habitants à Sidi el-Bachir de la commune de Bir el-Djir, allant à l'université d'USTO de la même commune. Ce trajet de type (Marche-Bus-Marche) est composé de deux trajets à pieds. Après un premier trajet difficile à parcourir, pour rejoindre le terminus du bus 41, vu l'absence des aménagements urbains (trottoir, chaussée,...), le deuxième trajet, en descendant à la station dite pépinière à la route nationale RN11, est d'une distance de 573.92 m afin de rejoindre l'université. Ces étudiants doivent traverser la route nationale RN11 pour aller à l'autre rive en empruntant la passerelle prévu à cet effet. A l'arrivé en bas de cette passerelle, on se retrouve dans un espace non aménagée (espace en terre) et dans un état de propreté douteux. Ils sont ensuite confortés à passer dans un passage non sécurisé entre deux immeuble. En effet, une grande partie de ces étudiants préfèrent plutôt traverser la route, où les voitures passent à grande vitesse, que de prendre la passerelle.

Le troisième cas est très fréquent, nous l'avons rencontré lors de notre enquête avec les usagers de la gare ferroviaire, dont le motif de la plupart d'eux, était pour les visites familiales. Pour rejoindre la station du tramway station SNTF sur la rue de Mostaganem, à partir de la place de la gare ferroviaire SNTF d'Oran, une vaste place qui encadre la gare, l'utilisateur doit faire un trajet de distance 213.56 M à pied, en traversant, avec leurs bagages, la rue de mascara sans présence de passage piéton, et ensuite passer par la rue Dahouli Abdelkader, d'un trottoir de moins de 1m.

Parmi les trajets intermodaux que nous avons rencontrés lors de notre enquête, le cas d'un chef de ménage habitant à Belgaid de la commune de Bir el-Djir a bien attiré notre attention. Il fait un trajet journalier depuis son lieu de résidences jusqu'à son lieu de travail à El Hassi de la commune d'Oran. Pour cela, il est contraint de prendre deux bus P1 et 37. Ce trajet de type (marche-bus-marche-bus-marche) est composé de trois trajets à pieds. Le premier est d'une distance de 789.77 m pour rejoindre le bus P1 à Belgaid, dans un espace public non aménagé, généralement des espaces en terre. Le deuxième trajet après qu'il descend au terminus de la ligne P1, à l'entrée du centre-ville, est de 2 135.34 mètres pour rejoindre l'arrêt de bus 37 à la place Ben Daoud. Ce trajet se fait au cœur du centre-ville d'Oran, en traversant les principales artères (Rue Larbi Ben M'hidi, boulevard émir Abdelkader), sur des trottoirs de largeurs varient entre 1.5 mètre à 3 mètres, de pavage de mauvaise qualité, et où la voiture s'est progressivement imposée dans l'espace public comme les stationnements se font sur les trottoirs sans aucun respect aux piétons en marche, en plus de la pollution atmosphérique et les nuisances sonores due à la circulation forte et la congestion. Le troisième et le dernier trajet à pied est de 368,28 mètres. Une fois qu'il descend au terminus du bus

37 à El Hassi, il doit traverser la route nationale RN2 pour rejoindre l'hôpital, en l'absence de passage piéton et de trottoir, mais plutôt dans des espaces en terre non aménagés.

Le point lancinant que nous soulevons, en plus de la non prise de compte des trajets à pied dans les aménagements urbains, des différents trajets unimodaux et intermodaux qui nous ont interpellés, est le manque des aménagements liés du réseau de transport en commun par bus dans la conception de l'environnement urbain oranais qui restent toujours à l'oubli, malgré l'implantation de la première ligne de tramway. Ainsi, les stations-terminus et arrêts de bus ne sont pas aménagés ; les abris de bus dans la plupart des arrêtes restent inexistantes, aucune information des cartes de réseau, ni cartes d'horaire est communiqué, c'est à l'utilisateur de demander l'information auprès des receveurs de bus. En outre, la présence de ce type d'équipement est importante pour les chauffeurs des véhicules de transport collectifs et pour les usagers, au niveau du confort et d'information comme le mentionne l'étude menée par CERTU en 2013, dont l'intitulé est « *Piéton, usagers d'un lieu publics, un jalonnement pour tous. Le concevoir, le mettre en œuvre et l'entretenir* », où le piéton a besoin de se repérer, de s'orienter et de se localiser pour atteindre ses différentes destinations, en vue l'importance de la marche en tant que mode de déplacement dans le 21^{ème} siècle.

Figure 11. Parcours de combattant pour les piétons à Oran



4. CONCLUSION

La marche occupe aujourd'hui une place importante sur la scène aménagiste des politiques d'aménagement urbain et de mobilité durable, en tant que liant entre les différents modes de déplacement, dans de nombreuses villes occidentales à l'heure du développement durable. Suite de la dominance de l'usage de l'automobile comme principale moyen de déplacement à Oran, un nouveau défi pour les politiques urbaines et de transport est développé pour promouvoir l'usage des transports en commun. Une nouvelle stratégie a été adoptée dont la partie prise est de faire jouer les

axes lourds de transport en commun en site propre (tramways et métro), mais en absence de prise en charge de la marche à pied, qui se trouve actuellement au cœur des réflexions urbanistiques, comme réponse aux enjeux du développement durable dans les villes occidentales.

La qualité de l'offre des transports est déterminée par la qualité des trajets effectués à pied, avec laquelle commence et fini chaque trajet. C'est dans cette perspective que la modernisation des transports en commun à Oran ne peut pas s'effectuer sans la valorisation de la marche. Ainsi, l'aménagement des espaces publics doit faciliter les déplacements à pied et permettre aussi la cohabitation des différents modes déplacement. En effet, la conception des aménagements des espaces publics doit permettre d'assurer la qualité et le confort, pour inciter à la marche et favoriser les parcours conviviaux, confortables et sûrs, où le piéton demeure l'utilisateur majoritaire des espaces publics. Ainsi, il est temps à Oran de reconquérir l'espace public au profit de la marche à pied surtout dans le centre-ville, dont l'objectif est de restaurer la place du piéton à Oran et de prendre conscience de son rôle dans la chaîne intermodale de déplacement urbain. La réflexion sur l'aménagement des espaces publics est un enjeu important pour le retour de la marche à l'espace urbain oranais.

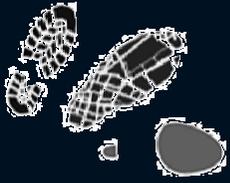
REFERENCES

- BONNEL P. (dir.), (2003), *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacement urbains*, Paris, éd. La documentation Française, 81p.
- CERTU, 2013, *Piéton, usager des lieux publics : un jalonnement pour tous. Le concevoir, le mettre en œuvre et l'entretenir*, Lyon, éditions CERTU. Collection dossier n°278, 46p.
- DUPUY G. (1995), *Les territoires de l'automobile*, Paris, éd. Anthropos, 216p.
- EMA/BETUR-CNEAP groupement, (2000), Enquête ménage Transport d'Oran : rapport final.
- Etudes Urbaines association, 2012, La ville en marche. Le bien-être du piéton Dossier de présentation http://www.sup-eivp.fr/dl/La_Ville_en_Marche.pdf
- GHORRA-GOBIN C. (2008), « Les espaces publics, fondement de la pérennité de la ville : se donner de repères à l'heure de développement durable », in C. Vallat (dir.), *Pérennité urbaine, ou la ville par-delà ses métamorphoses*, Paris, éd. l'Harmattan, pp.259-268.
- HAMMAN Ph. 2011, *Le tramway dans la ville ; le projet urbain négocié à l'aune des déplacements*, Rennes, presses universitaires de Rennes, 289p.
- INGEROP – B.E.T.U.R. bureau d'étude, (2004), Schéma directeur de transport urbains et étude de faisabilité du tramway d'agglomération oranais : 06 missions.

- KETTAF F. (2013), *La fabrique des espaces publics : Conceptions, formes et usages des places d'Oran (Algérie)*, thèse de doctorat en géographie et aménagement, Université Paul Valéry-Montpellier 3. 467p.
- MASBOUNGI A. (2008), « Dix leçons européennes sur le projet urbain », in C. Francis (dir.), *Les débats sur la ville 7, Fabriquer la ville aujourd'hui*, Bordeaux, éd. Confluences, pp.125-156.
- Office National des Statistiques, (2008), Evolution du parc national automobile du 2003 au 2008, *Collection statistique*, n° 143. 133p.
- Office National des Statistiques, (2011), Parc national automobile au 31/12/2011, *Données statistiques*, n°618. 56 p.
- Office National des Statistiques, (2013), Parc national automobile au 31/12/2013, *Données statistiques*, n°681. 69p.
- POMONTI V. (2004), Politiques urbaines et mobilité durable : analyse comparée d'Athènes et Amsterdam, *Ecologie & politique*, vol.2, n°29, pp. 53-68.
- THOMAS R. (2003), L'accessibilité des piétons à l'espace public urbain: un accomplissement perceptif situé, *Espaces et Sociétés*, n° 113-114 (2-3), pp. 233-249.
- YOUSFI B. (2002), *Diagnostic de la libéralisation des transports collectifs urbain en Algérie, cas de l'agglomération Oranaise*, Mémoire de magistère en géographie, Université d'Oran, 192p.

« 14ème séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports »

Luxembourg 04-05 Juin 2015



LA PLACE DE LA MARCHE A PIED DANS LA CHAINE INTERMODALE DU DEPLACEMENT URBAIN A ORAN.

Asmaa KERROUCHE et Youcef KADRI

Doctorants au Département d'Architecture,
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran
Mohamed Boudiaf (USTO-MB), Algérie.

Plan de la communication

Introduction

Partie 01:

Oran, métropole en construction

- Politiques de transport
- Offre de transport

Partie 02:

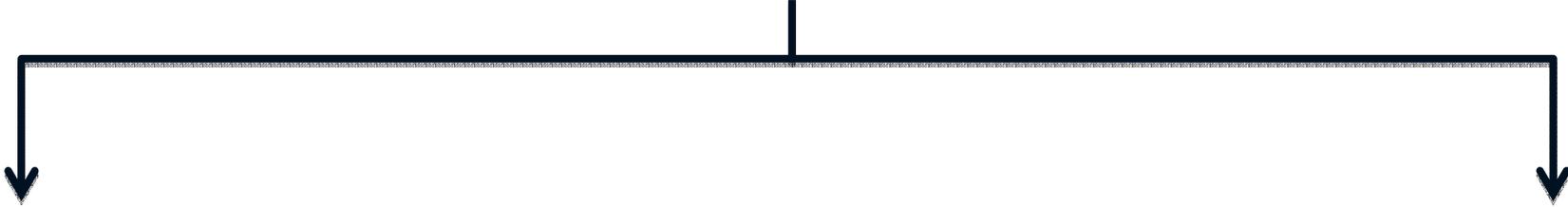
La marche au cœur de la chaîne de déplacements urbain

- Trajets à pied

Conclusion

INTRODUCTION

L'accessibilité du piéton à l'espace public constitue un nouvel enjeu pour les politiques d'aménagement. (Thomas R., 2004).



La mobilité relève de l'actualisation du piéton, où il s'agit de coupler la marche à l'usage des transports en commun (*Tramway, bus, trains...etc.*) et du vélo.

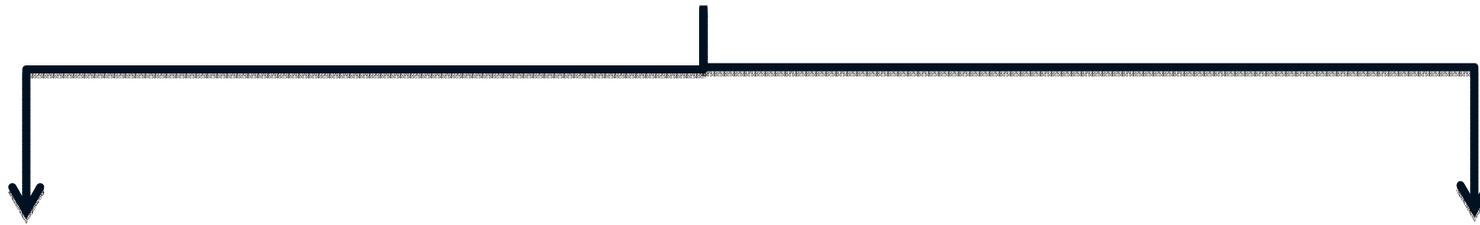
L'enjeu repose sur la réflexion de l'aménagement des espaces publics, pour repenser l'affectation de l'espace entre les différents modes de transport

Les villes du Sud de la méditerranée connaissent une évolution tout à fait différente, marquée par la prééminence de l'usage de l'automobile, au détriment de l'usage de la marche à pied et des transports en commun. (Gabriel D., 1995)

Objectif:

- Mettre l'accent sur l'absence de la mise en valeur de la marche à pied dans les politiques du déplacement, et du manque des aménagements piétonniers, pour un accès plus attractif aux transports en commun
- Mettre en relief l'importance de la marche à pied dans la chaîne intermodale de déplacement urbain à Oran

La méthodologie adoptée repose sur une approche multiscalaire, permettant de rendre compte de la complexité de l'intrication de la marche à pied aux autres modes de transport, allant de l'échelle macroscopique (l'agglomération Oranaise) à l'échelle microscopique (trajets à pied).



1- Echelle macroscopique:

Étudier la prise en charge de marche à pied dans les politiques de transports et urbaines,



- ✓ Explorer les documents d'urbanisme et de transport,
- ✓ Mener un entretien semi directif auprès des institutions publiques.
- ✓ une enquête (origine / destination) auprès d'un échantillon de 300 personnes,

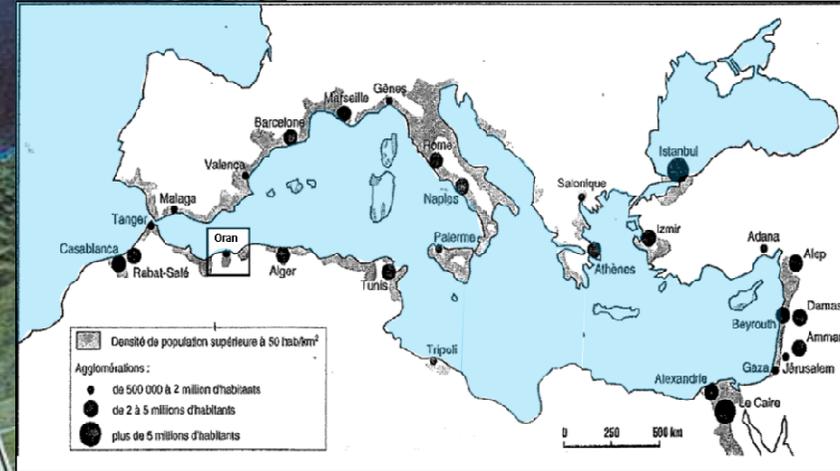
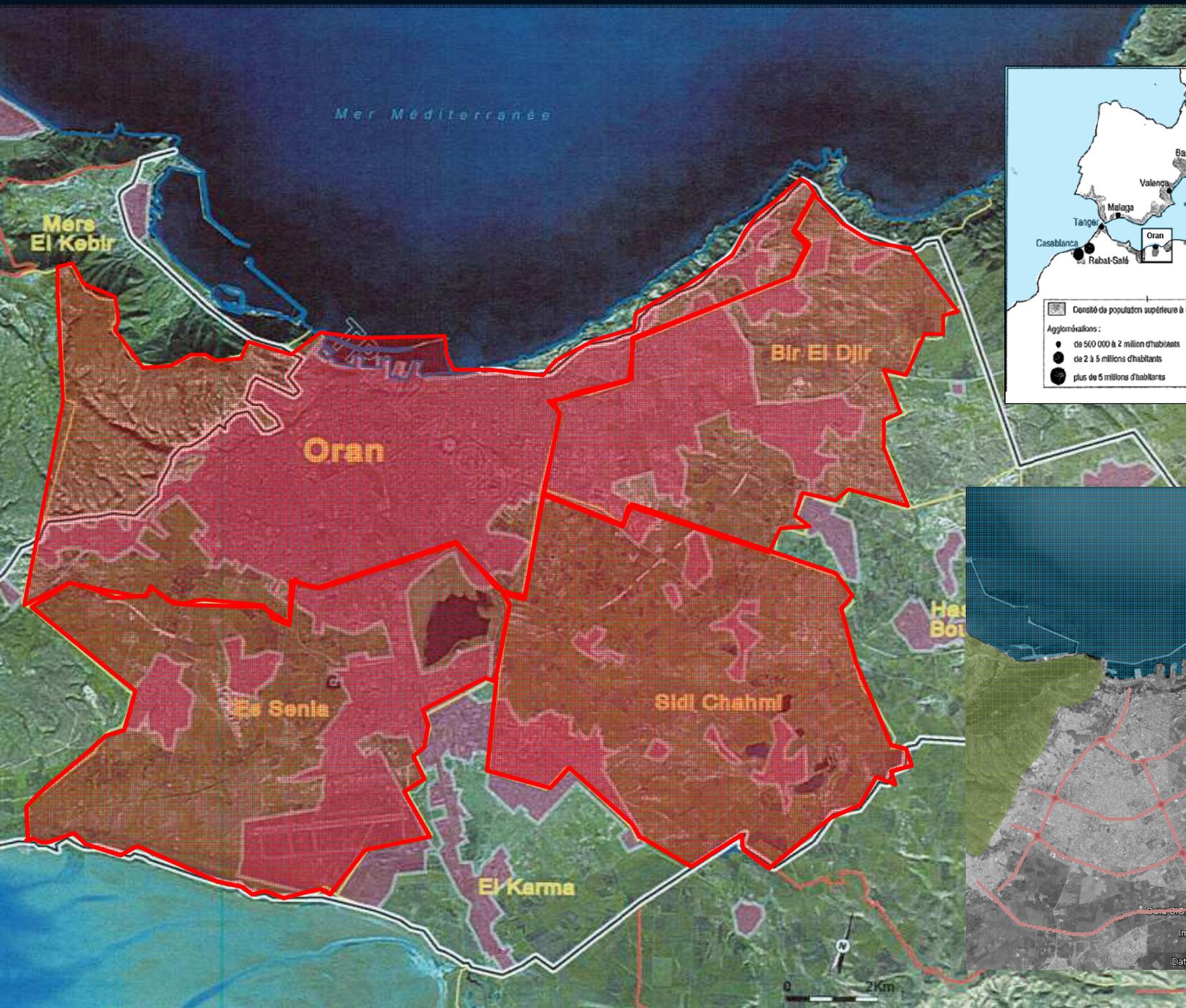
2- Echelle microscopique:

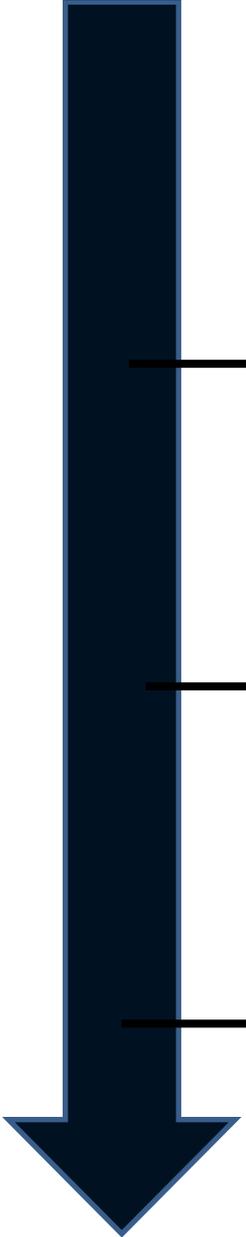
Démontrer l'importance des aménagements des espaces publics, pour un accès plus attractif aux transports en commun.



- ✓ Analyse des exemples de trajets à pied les plus significatifs, on démontrant les difficultés rencontrées à l'accessibilité et les déplacements des piétons

Partie 01:
ORAN, MÉTROPOLE EN CONSTRUCTION





1962

Le réseau de transport n'a pas connu des grands changements, par rapport à l'époque coloniale française, ce qui a induit à un décalage entre l'offre et l'évolution démographique et spatiale de la ville d'Oran, auxquelles les pouvoirs publics n'arrivaient pas à répondre aux besoins des déplacements urbains.

1988

La crise financière qui a touché le pays à la suite de la baisse de la rente pétrolière, a impliqué la contribution La contribution du secteur privé dans le transport urbain par la loi 88-17 du 10 Mai 1988 portant orientation et organisation des transports terrestres,

2000

Début de la forte augmentation de la motorisation à Oran, suite à :

- La défaillance des transports en commun
- La libéralisation du marché de l'automobile
- L'octroi des crédits bancaires d'achat de voiture
- Le prix très réduit des hydrocarbures

2004

Le programme arrêté lors les deux plans quinquennaux 2004/2009 et 2010/2014, marquant un retour en force de l'état, en tant qu'un acteur régulateur.

	Statut	Opérateurs	Véhicules
1990	Privé	08	10
	Etatique	Régie municipale d'Oran	102
1995	Privé	210	215
	Etatique	Régie municipale d'Oran	24
2000	Privé	1713	1756
	Etatique	Régie municipale d'Oran	5

Evolution du parc du transport en commun urbain à Oran (1990 à 2000)
(Source : YOUSFI B., 2002)

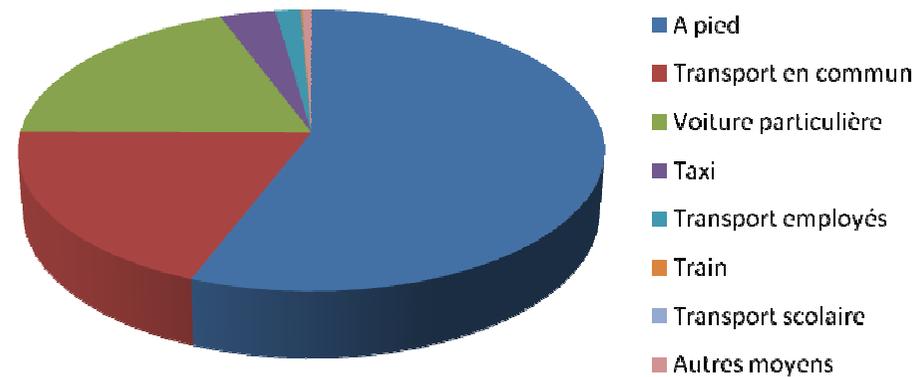


L'installation d'un grand nombre d'opérateurs privés qui privilégient la rentabilité sur la qualité, a rendu la maîtrise des pouvoirs publics du fonctionnement de ce secteur difficile. Les pratiques non professionnelles des opérateurs ont aggravé la situation, par le non-respect des horaires de transport, le mauvais comportement du personnel non qualifié, la surcharge et le débarquement au point d'arrêt non autorisée et la déviation des itinéraires.

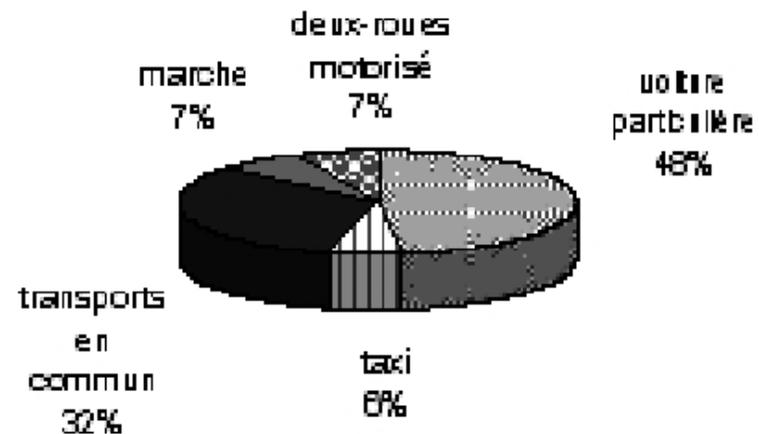
Mode de déplacement	Nombre de déplacement	Taux de mobilité
A pied	843 044	63.33 %
Transport en commun (Publics et privés)	279 419	21.74 %
Voiture particulière	112 695	8.47 %
Taxi	52 350	3.93 %
Transport employés	23 761	1.78 %
Train	1 634	0.12 %
Transport scolaire	611	0.05 %
Autres moyens	7691	0.58 %
Total	1 331 205	100 %

Répartition modale de l'agglomération oranaise en 2000 (Source : Enquête ménage Transport d'Oran, BETUR, 2000)

Repartition modale à Oran (2000)

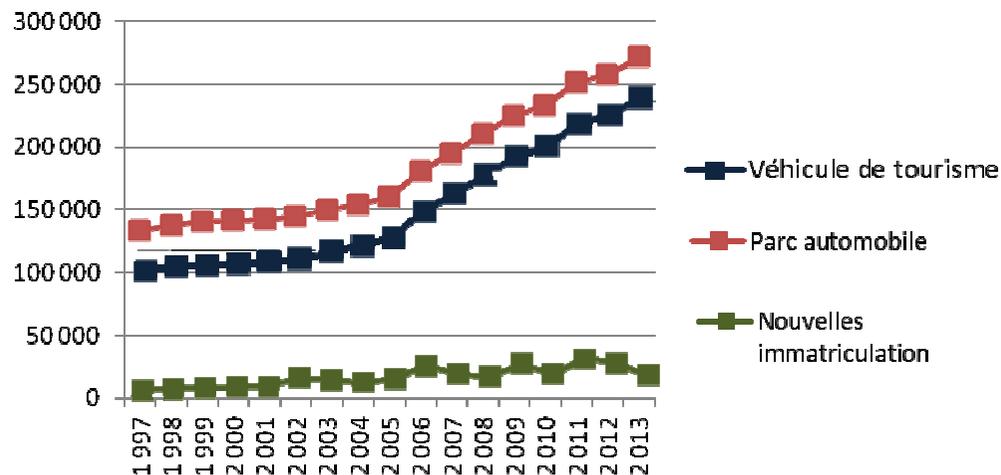


Répartition modale à Athènes en 1999 (Source Pomonti, V., 2010)

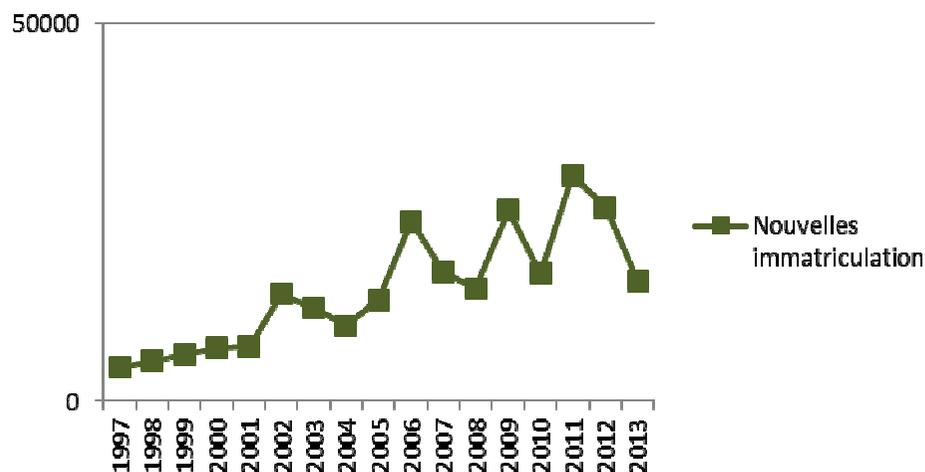


(Pomonti, 2010)

Parc automobile



Nouvelles immatriculation



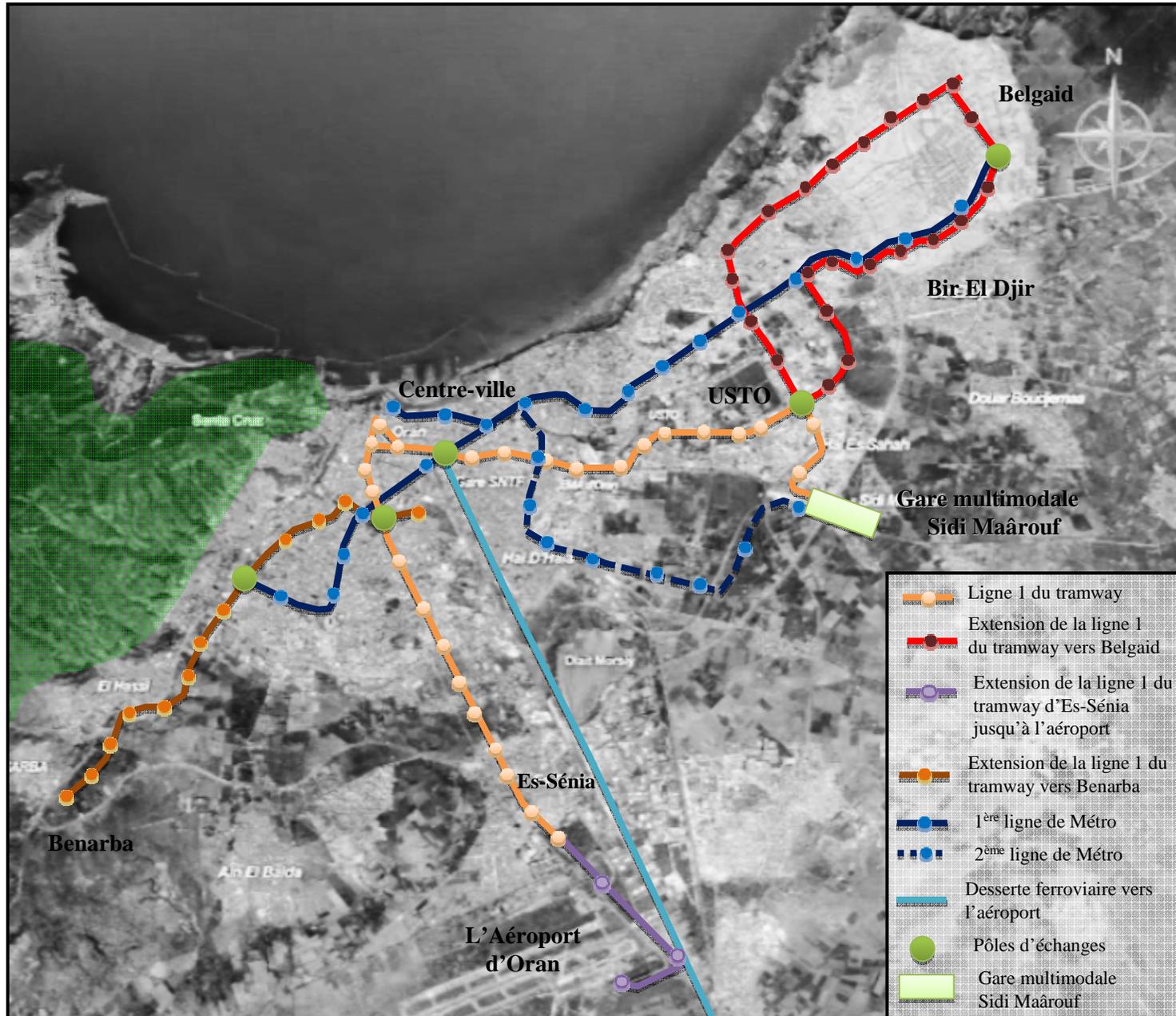
Evolution du parc automobile à Oran (1997 à 2013) (Source : ONS, parc national automobile)

Année	Parc automobile	Véhicule de tourisme	Véhicule de tourisme	Nouvelles immatriculation
1997	133 704	87 589	65.50 %	/
1998	137 842	89 951	65.25 %	/
1999	140 444	90 950	64.75 %	6200
2000	141 166	92 052	65.20 %	7026
2001	142 255	93 423	65.67 %	7181
2002	145 220	95 051	65.45 %	14 213
2003	149 601	100 101	66.91 %	12 346
2004	153 638	103 712	67.50 %	10 022
2005	160 216	109 379	68.26 %	13 436
2006	180 966	126 500	69.90 %	23 820
2007	195 483	138 472	70.83 %	17 119
2008	210 408	150 536	71.54 %	14 915
2009	224 861	162 426	72.23 %	25 297
2010	233 417	169 695	75.95 %	16 889
2011	251 289	184 652	73.48 %	29 870
2012	257 870	190 529	73.88 %	25 714
2013	271 472	201 251	74.13 %	15 975

Sur le plan urbain, la priorité est accordée à la voiture, en suivant le modèle urbain de « tout automobile ».



La voiture à Oran est devenue plus omniprésente et a créé de sérieux problèmes de congestion de la circulation, de pollution atmosphérique et de problème de stationnement, surtout dans la partie centrale de la ville.



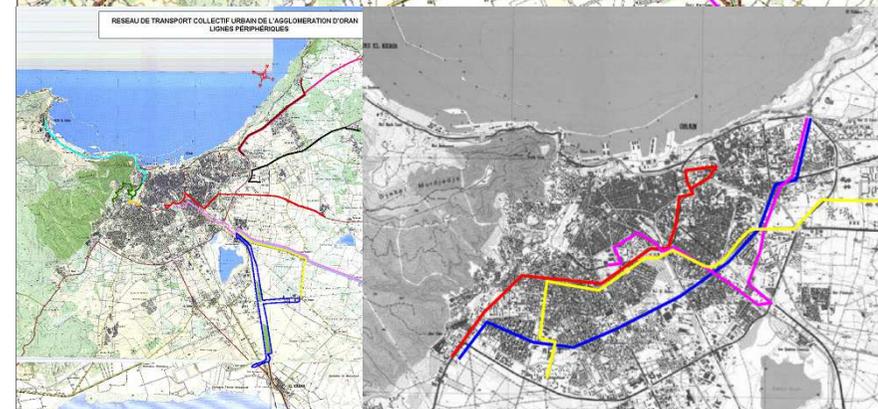
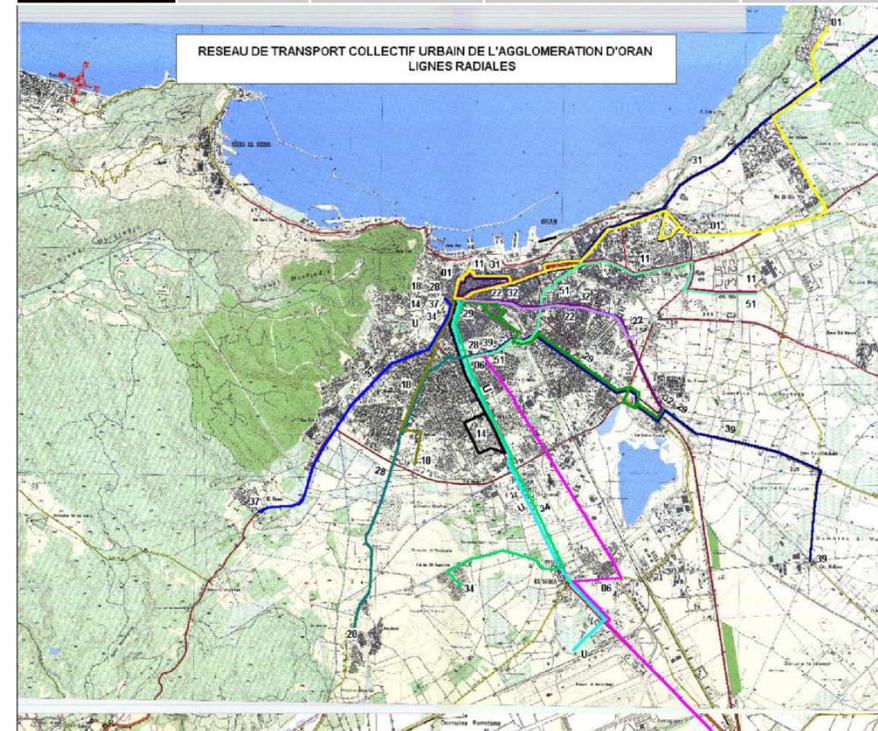
L'étude de Faisabilité du tramway de l'agglomération oranaise a été intégrée dans un Schéma Directeur de Transport Urbain (SDTU) dont, les actions se résume comme suit :

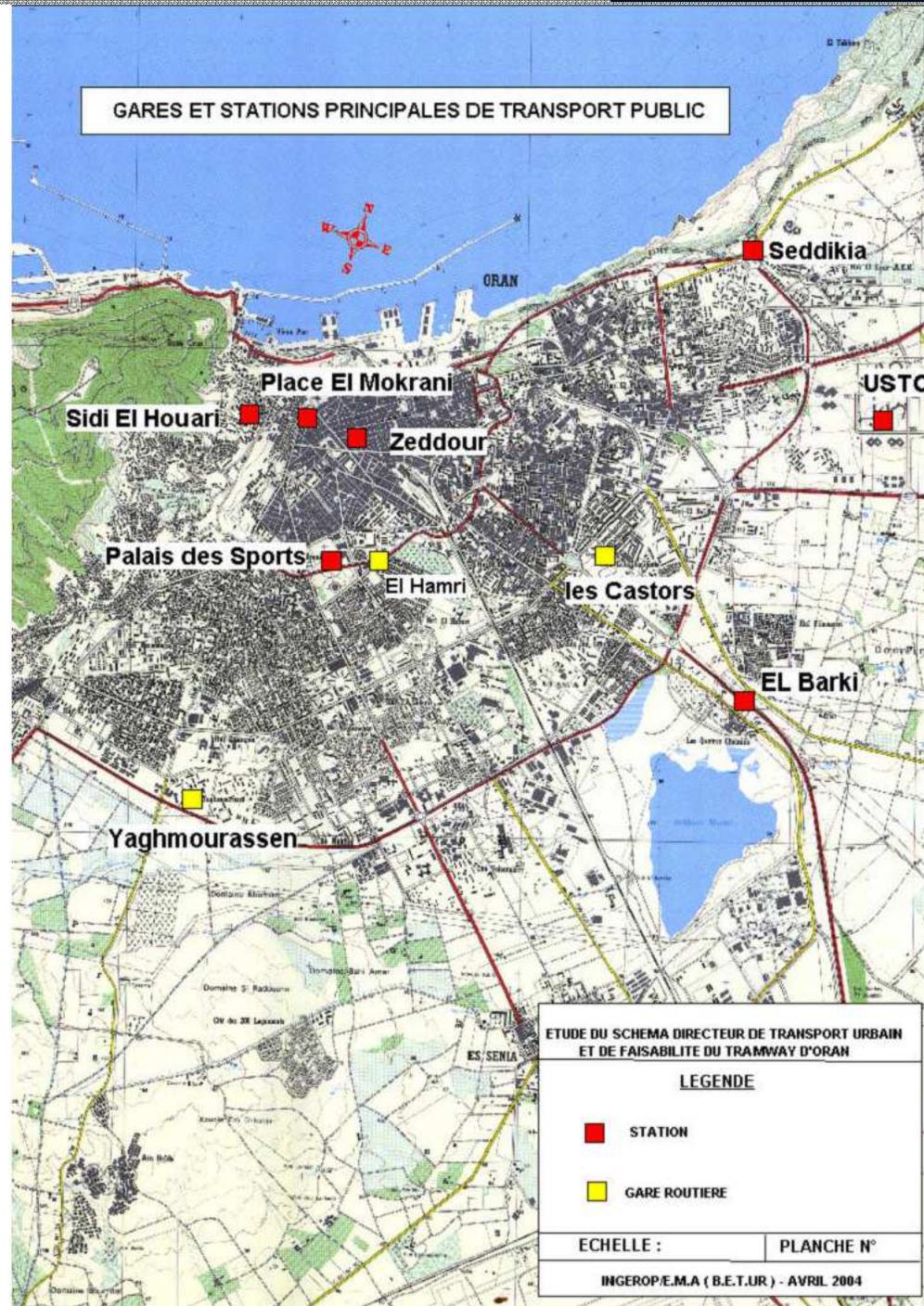
1. Projet tramway ;
2. Organisation du réseau du transport en commun (TC) et de son exploitation ;
3. Infrastructures de voirie et la circulation ;
4. Organisation du stationnement et du transport de marchandises en ville ;
5. Organisation institutionnelle.



Type de lignes	N° de lignes	Point de départ	Destination	Types d'opérateurs	
lignes radiales	U	Dar El Hayat	Université d'Es Sénia	Privé	ETO
	51	Palais des sports	Université d'USTO	Privé	ETO
	39	Palais des sports	Cité En-Nedjma	Privé	/
	37	Place Ben Daoud	El Hassi	Privé	ETO
	34	Place El Mokrani	Cité 2000 logts	Privé	/
	31	Place El Mokrani	Douar Belgaid	Privé	/
	31(C)	Palais des sports	Douar Belgaid		
	29	Place Zeddour	Haï Fellaoussen	Privé	/
	28	Palais des sports	Ain Beida	Privé	/
	22	Place Zeddour	Cité Djamel	Privé	/
	18	Place Ben Daoud	Yaghmorassen	Privé	/
	14	Place El Mokrani	Haï En-Nakhil	Privé	/
	11	Place El Mokrani	Haï Es-Sabah	Privé	ETO
	102	Place El Mokrani	Haï En-Nour		
	1	Place El Mokrani	Canastel	Privé	/
	P1	Lycée Lotfi	Douar Belgaid	Privé	ETO
lignes Tangentielles	16	Sidi el Houari (port)	Haï el Otmania	Privé	/
	A	Cité des Amandiers	Cité Gambetta	Privé	/
	B	Cité des Amandiers	Seddikia	Privé	ETO
Lignes Périphériques	4G	Gare USTO	Gare Yaghmoracen	Privé	/
	49	Palais des sports	Seddikia	Privé	/
	2	El Hamri	Sidi Maârouf	Privé	/
	41	HLM - USTO	Sidi El Bachir	Privé	/
	59	Plateau (Pont Huck)	Sidi Chami	Privé	/
	61	Bir El Djir	Seddikia	Privé	/
	39F	El Barki	Cité En-Nedjma	Privé	/
ML	El Barki	Cité Amel	Privé	/	
103	Les Castors	Douar Belgaid			
Total	28 lignes	/	/	28 lignes	06 lignes

	Longueur de la ligne	Nombre de Stations	Gare multimodale	Parkings relais
1^{ère} ligne du tramway	18.4 KM	32 Stations	01 (Dépôt, Pas encore aménagée)	01





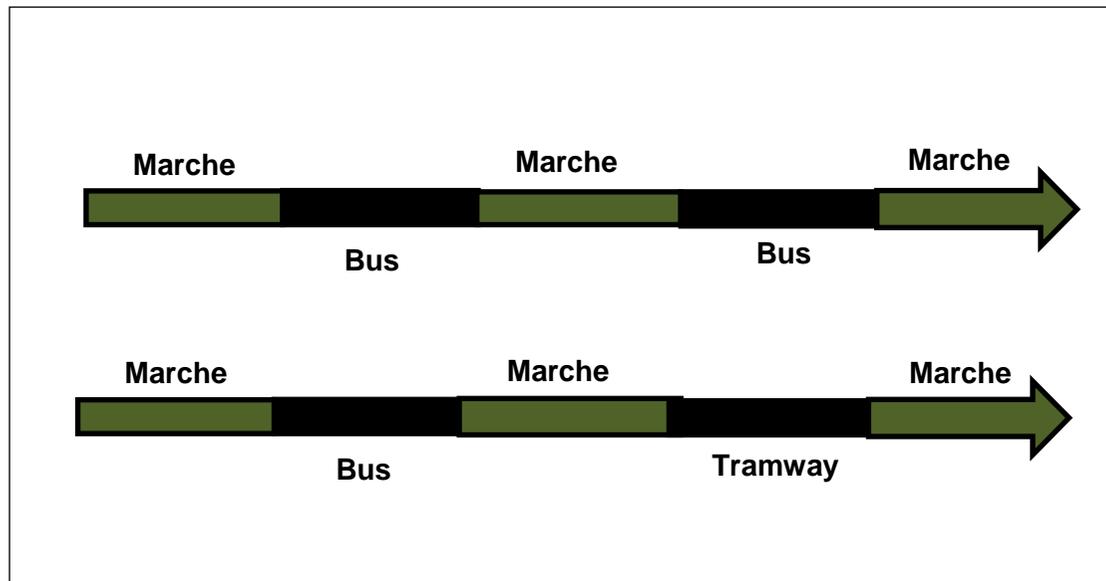
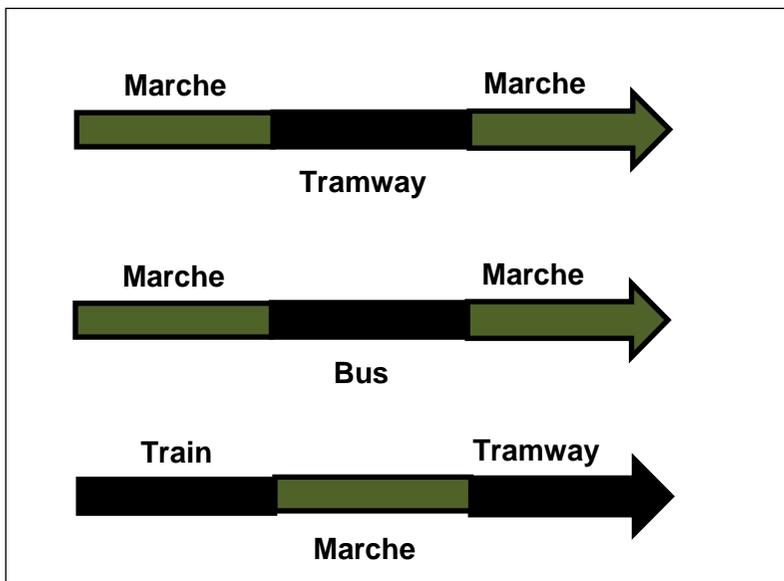
Station et point de départ Multi-bus	Lignes de passage	Gare routière			Lignes desservant
		Noms de Gare	Mode de transport	Type de liaison	
		Gare USTO	Taxis	Inter wilaya	4G-11-102-51 Station T1
Place El Mokrani	U-14-34-31-102- 1-11-Station T1	Gare les Castors	Autocars	Inter-wilaya	4G-B-2-103
			Taxis	Interurbain	
Place Zeddour	22-29	Gare de Yaghmourassen	Autocars	Inter-wilaya	4G-18
Place Ben Daoud	18-37		Taxis	Inter-wilaya	
Palais des sports	28-51-39-49 Station T1	Gare d'El Hamri		Interurbain	4G-51
			Autocars	Interurbain	
			Taxis	Inter-wilaya	
Seddikia	B-31-P1	Gare Ferroviaire SNTF (Plateau)			29-22 - Station T1

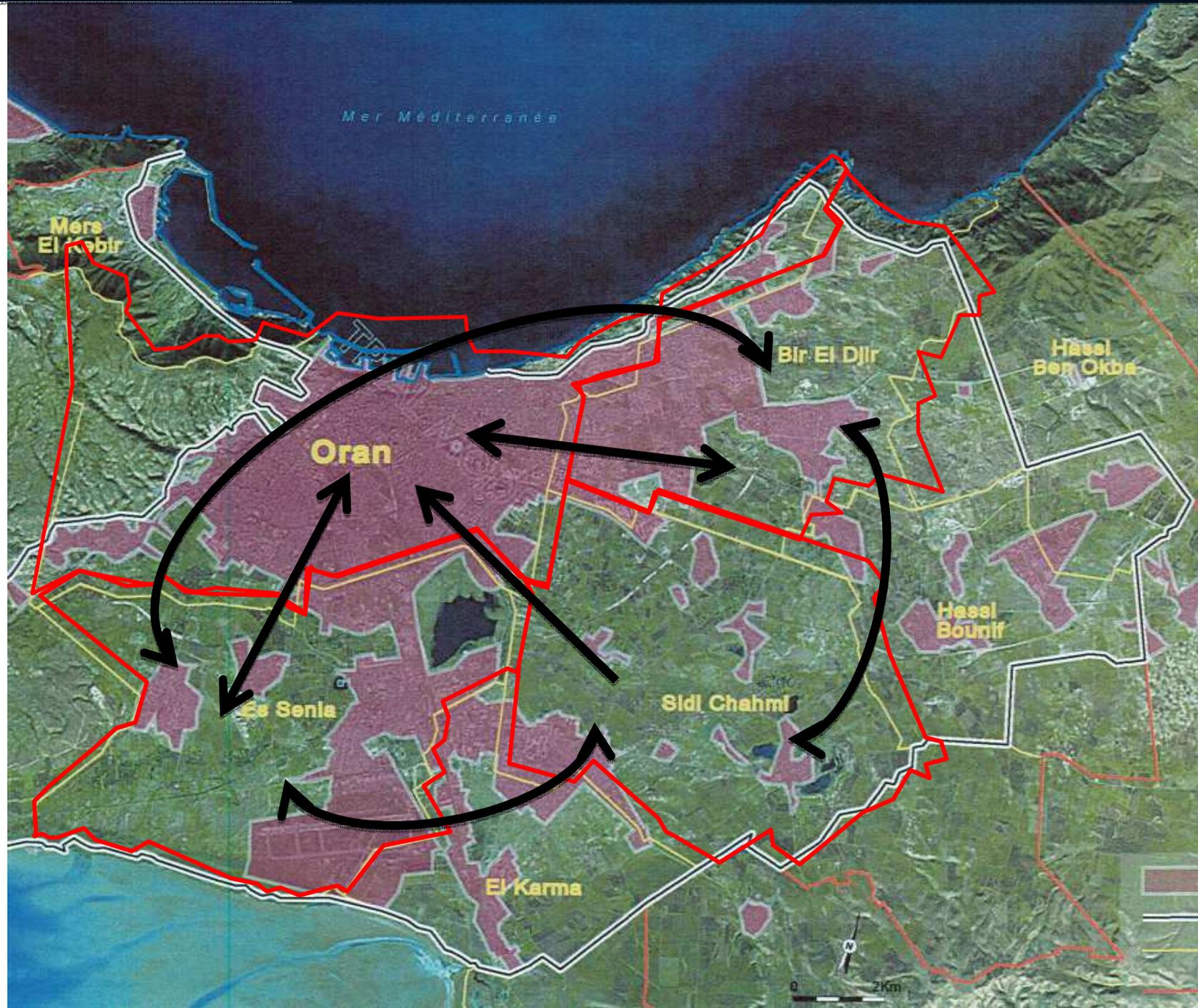
Répartition du réseau de transport en commun (bus-tramway) sur les différentes stations et gare routière à Oran en 2014.

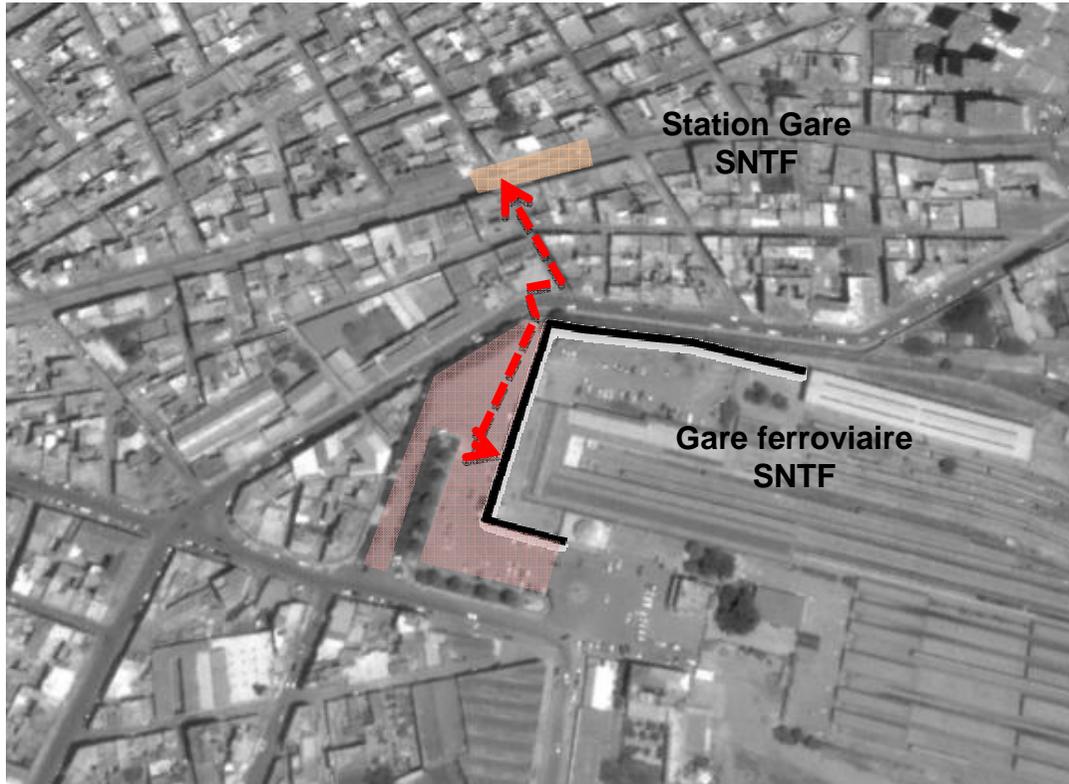
Partie 02:
LA MARCHÉ AU CŒUR DE LA CHAÎNE DE
DÉPLACEMENTS URBAIN

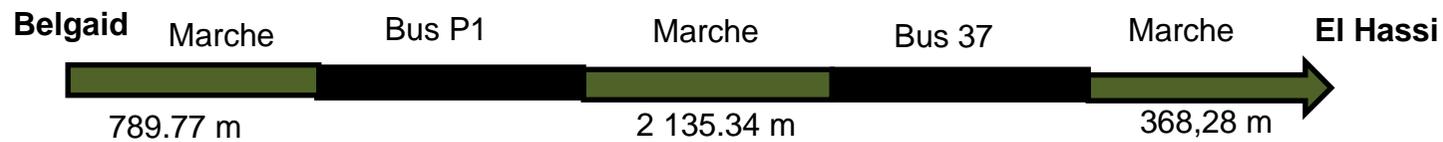
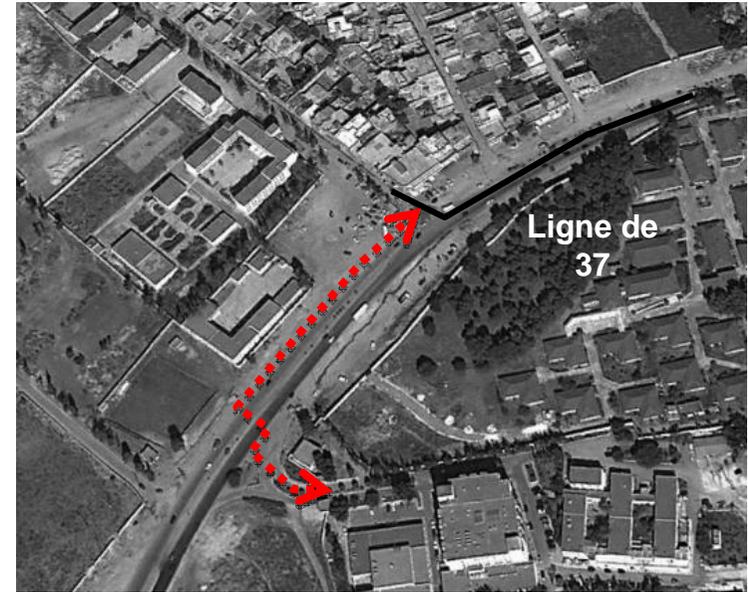
		Trajet uni-modale		Trajet intermodale			Trajet par voiture	
		Marche-transport- Marche		Marche-Transport- Marche-Transport- Marche			Voiture- Marche- Voiture	
Nombre des déplacements / personnes enquêter		107/300	35.66 %	152/300	50.66 %		41/300	13.66 %
Motifs des déplacements	Travail	69/107	23%	68/152	22.66 %		19/41	06.33 %
	Étude	38/107	12.6%	84/152	28.66 %		/	
	Achat	/		/			12/41	04 %
	Autres	/		/			10/41	03.66 %
Les distances à pied	Min	18.10 M	82.13 M	199.25 M	216.59 M	93.19 M	228.49 M	
	Max	697.83 M	952.21 M	881.80 M	2135.34 M	881.80 M	4 368.22 M	

Configuration de la marche à pied dans les déplacements modaux et intermodaux
 (Source : Enquête effectuée auprès un échantillon des habitants d’Oran, 2014)









Le manque des aménagements liés au réseau de transport en commun par bus est très marquant:

- ✓ Le non aménagement des stations-terminus et arrêts de bus,
- ✓ L'inexistence des abris de bus dans les arrête,
- ✓ Non communication d'aucune information des cartes de réseau, ni cartes d'horaire.



Conclusion

- ✓ La qualité de l'offre des transports est déterminée par la qualité des trajets effectués à pied, avec laquelle commence et fini chaque trajet. C'est dans cette perspective que la modernisation des transports en commun à Oran ne peut pas s'effectuer sans la valorisation de la marche.
- ✓ La conception des aménagements des espaces publics doit permettre d'assurer la qualité et le confort, pour inciter à la marche et favoriser les parcours conviviaux, confortables et sûrs, où le piéton demeure l'utilisateur majoritaire des espaces publics.
- ✓ Il est temps à Oran de reconquérir l'espace public au profit de la marche à pied surtout dans le centre-ville, dont l'objectif est de restaurer la place du piéton à Oran et de prendre conscience de son rôle dans la chaîne intermodale de déplacement urbain. La réflexion sur l'aménagement des espaces publics est un enjeu important pour le retour de la marche à l'espace urbain oranais.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Impact d'une infrastructure de transport sur la localisation des firmes en milieu urbain

Version provisoire

Elise Boucq (HEPH Condorcet)

Hakim Hammadou (EQUIPPE - Lille I et Chaire Economie du Climat)

1. Introduction

Suivant le vaste corpus des théories de la localisation, la mise en service d'une infrastructure de transport a une influence sur la localisation de nouvelles activités économiques. En effet, la modification des conditions de transport va entraîner une variation de la proximité des agents économiques aux emplois, à la clientèle ou aux marchés des produits, et, conformément à ces théories¹, les entreprises réagissent à ces variations de proximité dans leur choix de localisation.

Dans les modèles de concurrence spatiale, la localisation de la firme résulte d'un arbitrage entre un « effet stratégique », qui poussera les firmes à s'éloigner, et un « effet aire de marché », qui, lui, les poussera à se rapprocher. Dans le modèle multidimensionnel d'Irmen et Thisse (1998), en plus du coût de transport, les firmes se différencient sur d'autres caractéristiques. L'équilibre de leur modèle est caractérisé par une différenciation maximale pour une seule dimension (la plus importante), et minimale pour toutes les autres. Ainsi, lors d'une baisse des coûts de transport, les firmes produisant des biens différenciés chercheront à se rapprocher afin de toucher une clientèle plus importante, et à compenser la perte de leur pouvoir de marché qui provenait de leur éloignement en cherchant à différencier leur produit sur une autre dimension que la distance physique.

Nous allons ici tester ce résultat théorique dans le cas du tramway T2 Val de Seine, mis en service en septembre 1997 dans le département des Hauts-de-Seine, et fournir une estimation de l'impact de sa mise en service sur les créations d'entreprises dans le département.

Comme les décisions de localisation s'opèrent plutôt par le biais de variations de l'accessibilité potentielle aux emplois, à la clientèle, à la main-d'œuvre ou au marché des produits qu'à la distance ou au temps de trajet vers des points précis, l'influence de la mise en

¹ Voir par exemple Fujita et Thisse (2003) pour une présentation spécifique au milieu urbain.

service du tramway T2 sera mesurée à travers la modification d'indicateurs d'accessibilité potentielle basés sur les modèles d'interaction spatiale. D'autres auteurs utilisent également ces indicateurs d'accessibilité potentielle. On peut par exemple citer une étude sur la localisation des entreprises aux Pays-Bas (SESP (2006), p155-158), qui utilise des indicateurs d'accessibilité aux bassins d'activités et de population, ou les travaux de Fritsch (2003) sur la création d'établissements sur l'agglomération nantaise, qui utilise un indicateur d'accessibilité potentielle aux autres établissements.

De plus, des recherches montrent que l'accessibilité n'est pas le seul facteur rentrant en ligne de compte dans les choix de localisation des activités. Une enquête menée auprès d'entreprises du Nord-Pas-de-Calais (Benard et al., 1999) détermine une liste de critères de choix de localisation des activités, comme les niveaux d'urbanisation, d'équipements publics locaux ou d'aménités, et les taux de taxe professionnelle. Une autre enquête sur l'agglomération lyonnaise sur les préférences des entreprises pour la localisation des établissements (Aguiléra-Bélanger *et al.*, 1999) cite entre autres le cadre de vie, le niveau de la taxe professionnelle et la localisation ou non dans une Zone d'Aménagement Concerté. Dans un modèle empirique qui teste le modèle théorique de Fujita et Ogawa (1982) sur plusieurs périmètres urbains aux Etats-Unis (McMillen et Smith, 2003), les auteurs introduisent notamment l'âge médian des logements, et Fritsch (2003), dans son modèle logistique sur l'implantation des activités dans l'agglomération nantaise, teste également la localisation en Zone d'Aménagement Concerté. Aussi, nous testerons l'influence de ces différents facteurs sur les choix de localisation des créations d'établissements. S'ils sont significatifs, nous les utiliserons comme variables de contrôle pour isoler l'impact des modifications d'accessibilité induites par le T2 sur ces choix de localisation.

Enfin, certains auteurs montrent que les stratégies de localisation diffèrent suivant le secteur d'activité de l'entreprise (SESP, 2006), et que des dépendances intersectorielles existent (Bhat *et al.*, 2014). Aussi, nous tenterons de tenir compte des différents secteurs d'activité dans l'estimation de l'influence du tramway T2.

Afin de mesurer l'impact du tramway sur le phénomène de créations d'entreprises, nous procéderons à une modélisation économétrique permettant de tenir compte des éléments ci-dessus. Nous utiliserons les modèles économétriques de comptage car nous cherchons à

expliquer le nombre de créations par IRIS² et par année, et ces techniques sont particulièrement bien adaptées dans ce cas, puisque la variable étudiée prend des valeurs entières positives ou nulles.

2. Description des données et spécification des variables

2.1 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude retenu est l'ensemble du département des Hauts-de-Seine, constitué de 36 communes correspondant à 606 IRIS. Ce périmètre a été choisi de manière à ce qu'il inclue une zone d'influence directe et une zone non traversée par le tramway.

La période d'analyse choisie, de 1993 à 2004, permet de prendre en compte les éventuels effets d'anticipation et d'apprentissage de la mise en place du tramway sur la création d'activités économiques, processus qui par nature prend du temps à se matérialiser.

2.2 Données de création d'activités économiques

Pour l'étude, nous disposons du fichier SIRENE, source exhaustive des créations d'établissements³, avec pour chacune d'elles l'adresse complète, l'activité principale exercée et la tranche d'effectif salarié. Après géoréférencement, nous disposons de 73327 créations d'établissements, soit près de 98% de la base totale.

La figure 1 représente la densité d'établissements créés sur la période d'étude, c'est à dire le nombre d'établissements rapporté à la superficie de la zone calculée en hectares, permettant de comparer visuellement les densités d'établissements.

Nous observons une forte concentration des établissements et des emplois le long des communes frontalières à Paris. Deux pôles d'activités majeurs émergent de la figure. Au nord-est, le premier correspond à la Défense et se prolonge vers Neuilly et Levallois. Au sud-est, le second comprend Boulogne et Issy-les-Moulineaux et se prolonge vers Vanves, Châtillon et Montrouge. Le tramway T2 occupe ici une place stratégique, car il relie ces deux pôles.

2 L'IRIS ou IRIS2000 correspond à un découpage infracommunal en zones d'environ 2000 habitants, réalisé pour toutes les communes françaises d'au moins 10 000 habitants et la plupart des communes de 5 000 à 10 000 habitants.

3 Nous ne disposons que des créations d'établissements et non des suppressions. En effet, il n'est pas possible d'acquérir cette information auprès de l'INSEE : l'information est peu fiable car les établissements ne signalent pas toujours leur destruction immédiatement.

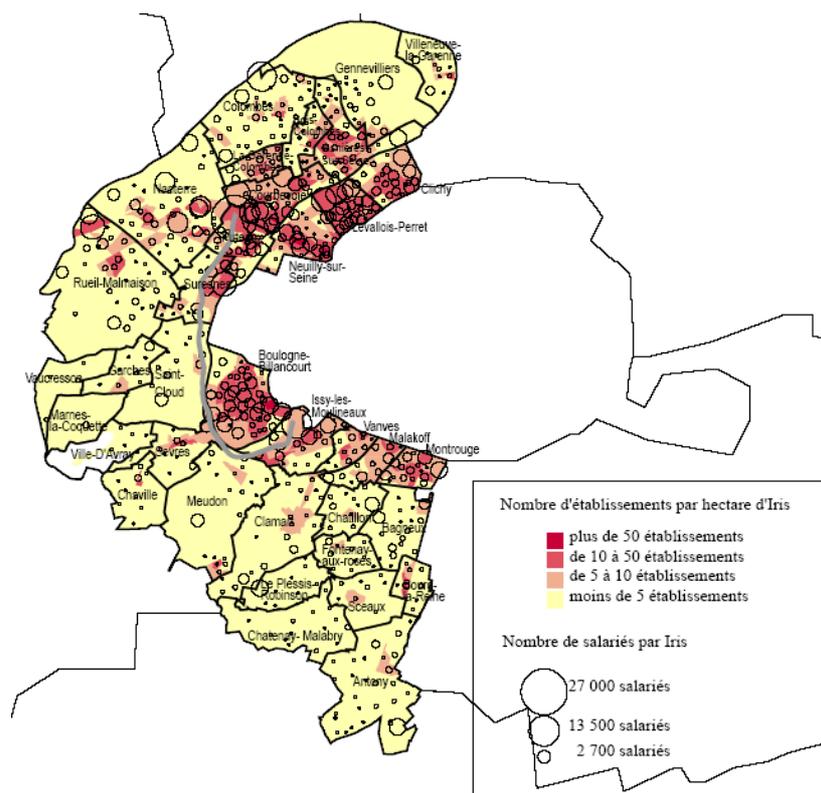


Figure 1 : Densité d'établissements et nombre de salariés

Le nombre de créations est sans cesse croissant sur la période d'étude, et le taux de croissance annuel moyen s'élève à près de 16%.

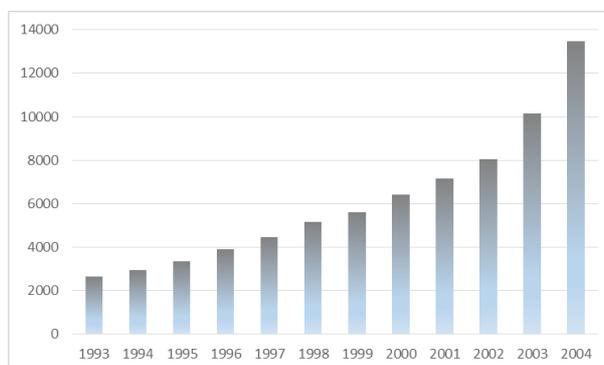


Figure 2 : nombre total d'établissements créés, par année

Sur base de l'activité principale exercée, les services sont très présents dans le département des Hauts-de-Seine (57% des créations sur la période), et en particulier les services aux entreprises (37% des établissements), les services collectifs, sociaux et personnels (11%), et les services aux particuliers (6% d'hôtels et restaurants, 3% d'activités financières).

Le commerce suit avec près de 18% ; viennent ensuite l'éducation, la santé et l'action sociale (9%), et l'industrie (5%).

La figure 3 représente les créations de services antérieures et postérieures à la mise en service du tramway T2. Ces deux cartes nous montrent que les créations d'établissements de services sont localisées le long de la bordure à Paris, à partir de laquelle elles semblent se diffuser. On notera cependant deux particularités. La première est que, si le pôle de la Défense, Neuilly, Levallois paraît particulièrement dominant, il n'y a pas de « trou » le long de la frontière avec Paris (surtout pour la période postérieure au T2, et en particulier l'ensemble des zones desservies par le T2 ont une forte densité de créations de services). La seconde est la présence d'un axe de développement qui va de Puteaux au sud de la commune de Rueil, qui est la seule exception au schéma de diffusion à partir de la bordure parisienne.

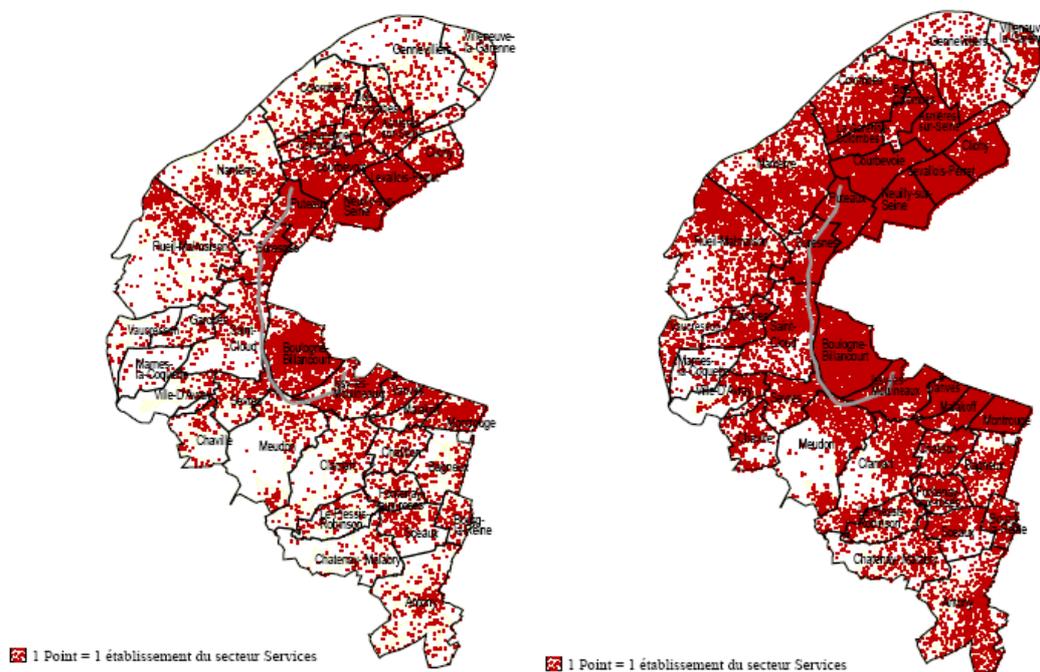


Figure 3 : Localisation des créations de services : avant la mise en place du T2 (gauche) et après (droite)

2.3 Données d'accessibilité

Nous avons choisi pour mesurer l'effet du tramway sur la localisation des nouvelles entreprises de nous appuyer sur les indicateurs d'accessibilité potentielle initiés par Hansen (1959) et basés sur les modèles d'interaction spatiale (voir par exemple Geurs et Ritsema van Eck (2001) pour une revue de littérature).

Sur le réseau de transport collectif, les accessibilités calculées pour chaque IRIS i sont de la

$$A_i = \sum_k O_k * e^{(-0,01 * temps_{ik})}$$

forme :

où O_k représente les opportunités dans l'IRIS k et $temps_{ik}$

représente le temps d'accès en transport collectif de l'IRIS i à l'IRIS k . Ces données de temps de transport proviennent de la RATP. Nous avons calculé pour chaque IRIS l'accessibilité à la population, à l'emploi, et aux firmes. La forme exponentielle négative a été retenue pour la fonction de résistance au temps (Stewart et Warntz, 1958 ; Wilson, 1971 ;...), car mieux adaptée au contexte urbain ; le paramètre de sensibilité retenu est très faible (0,01) : dans les transports collectifs, les individus ne sont pas sensibles à une faible variation des temps de transport (Spiekermann et Wegener, 2007).

$$A_i = \sum_k O_k * e^{(-0,30 * temps_{ik})}$$

Sur le réseau routier, les accessibilités calculées sont de la forme :

Ces données de temps de transport proviennent de la Direction Régionale de l'Équipement de l'Ile-de-France. Nous conservons la forme exponentielle mais le paramètre de sensibilité est nettement plus élevé (0,30) : en voiture, les individus sont beaucoup plus sensibles à une petite variation des temps de transport qu'en transport collectif.

Nous représentons ci-dessous l'accessibilité aux entreprises en transport collectif pour l'ensemble des IRIS des Hauts-de-Seine, en niveau pour l'année précédant la mise en service du tramway (figure 4) et en variation induite par sa mise en service (figure 5).

Globalement, les zones les plus accessibles avant la mise en service du T2 se situent au nord autour de La Défense (Courbevoie, Puteaux, Neuilly, Levallois, Asnières, Bois-Colombes, La Garenne-Colombes) et au sud, autour d'Issy-les-Moulineaux (Boulogne et Vanves, ainsi qu'au sud d'Issy, jusqu'à Châtenay-Malabry), ainsi qu'à Gennevilliers où le nombre d'entreprises est important.

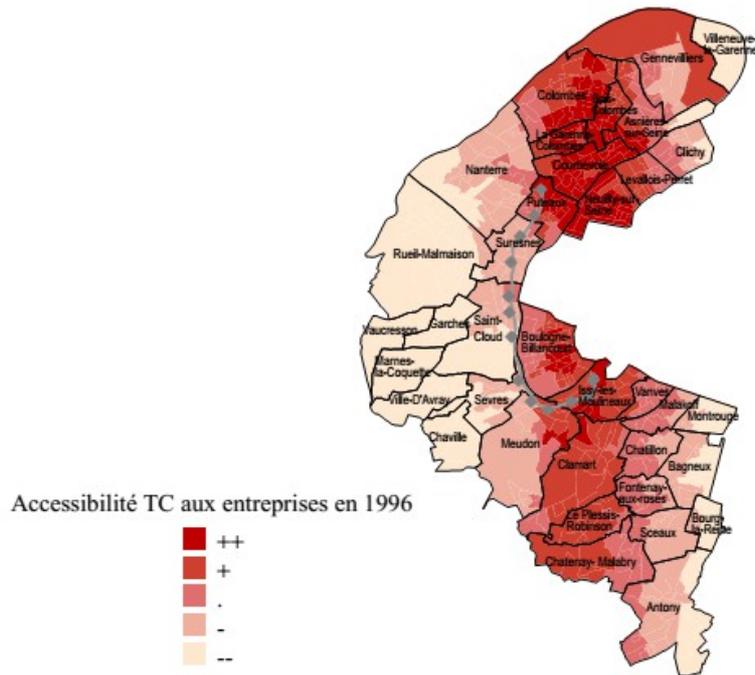


Figure 4 : Accessibilité TC aux entreprises avant la mise en service du T2

Les gains d'accessibilité induits par le T2 sont les plus importants le long de la ligne de tramway, et se diffusent d'Issy-les-Moulineaux au sud-est jusqu'à Bagneux et au sud-ouest à Sèvres et Chaville, ainsi que de Suresnes vers le nord-ouest (Avec Rueil et le sud de Nanterre). Le T2 a donc facilité l'accès à des zones qui étaient peu accessibles.

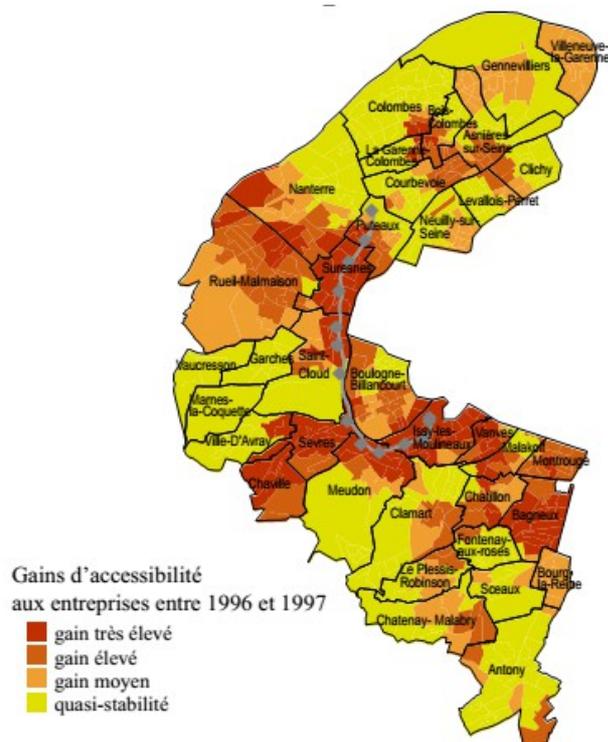


Figure 5 : Gains d'accessibilité TC aux entreprises induits par la mise en service du T2

2.4 Variables de contrôle

Les autres variables introduites dans le modèle proviennent des recensements de population (RP) de l'INSEE pour 1990 et 1999, du Mode d'Occupation des Sols (MOS) de l'Institut d'Aménagement et Urbanisme de l'Ile-de-France pour 1990, 1994, 1999 et 2003, et de la base CartoPLU de la Direction Régionale de l'Équipement de l'Ile-de-France, et des données de fiscalité locale de la Direction Générale des Impôts (DGI) pour chaque année étudiée. De nombreuses variables issues de ces bases ont été calculées et testées dans le modèle. Afin d'éviter les problèmes d'endogénéité, nous avons choisi pour ces variables la valeur prise sur la période précédant l'année de création de l'établissement.

Le tableau 1 présente les variables retenues pour expliquer les créations d'entreprises dans les Hauts-de-Seine. Le taux de taxe de professionnelle s'entend à la commune, mais les autres variables sont définies au niveau de l'IRIS. On peut observer une grande hétérogénéité entre les IRIS du département.

Variable	Source	Min	Max	Moyenn e	Ecart- type
Superficie de l'IRIS (hectares)	RP	3,17	785,21	28,89	50,53
Nombre de résidences principales dans l'IRIS	RP	89	4540	981	287
Taux de ménages dans l'IRIS dont le chef est commerçant, artisan ou chef d'entreprise	RP	0,000	0,254	0,065	0,034
Plus proche distance à un hypermarché (km)	MOS	0,10	13,17	4,23	2,81
Présence de bureaux dans l'IRIS (variable dummy)	MOS	0	1	0,172	0,377
Présence de ZAC dans l'IRIS (variable dummy)	CartoPLU	0	1	0,065	0,245
Taux de taxe professionnelle (défini au niveau communal)	DGI	0,081	0,226	0,159	0,035

Tableau 1 : Description des variables de contrôle du modèle

3. Analyse empirique

3.1 Analyse globale

La variable à expliquer ici est le nombre de créations d'établissements sur 12 années (1993 à 2004), pour 606 IRIS du département, variable entière positive avec des valeurs faibles et, souvent, des zéros. Aussi nous utilisons pour l'estimation un modèle économétrique de comptage de type binomial négatif.

Nous introduisons dans le modèle les différents indicateurs d'accessibilité découpés en trois parties : niveaux d'accessibilité en 1996, gains entre 1996 et 1997 attribuables à la mise en service du tramway T2, et gains entre 1997 et l'année de création de l'établissement considéré.

Comme pour les autres retombées économiques, les accessibilités routières ne jouent pas un rôle statistiquement déterminant dans la création d'établissements. Pour le transport collectif, c'est l'accessibilité aux établissements qui est la plus significative, suivie de très près par l'accessibilité à la population. Ces deux indicateurs ont un coefficient de corrélation linéaire de 97%, et le choix de l'un ou l'autre aboutit aux mêmes conclusions : si on conserve l'accessibilité à la population, on en déduit que les établissements vont se localiser de manière à se rapprocher au plus près de leur clientèle potentielle, et donc à chercher à accroître leur aire de marché. Si on conserve l'accessibilité aux établissements, on en déduit que ceux-ci vont se localiser de manière à se rapprocher au plus près des établissements existants. Ceci afin de maximiser leur aire de marché. Ainsi, derrière l'accessibilité, ce sont bien les facteurs de marché (des produits et de l'emploi) qui poussent les firmes à se regrouper.

On explique le nombre de créations d'établissements par IRIS et par année, en fonction

- de l'année de création de l'établissement ;
- des caractéristiques du voisinage au niveau IRIS :
 - taille de l'IRIS (en logarithme), nombre de ménages (en logarithme),
 - taux de ménages dont la personne de référence est commerçant, artisan ou chef d'entreprise,
 - plus proche distance à un hypermarché, présence de bureaux dans l'IRIS,
 - présence de ZAC dans l'IRIS ;
- du taux de taxe professionnelle de la commune (en logarithme) ;
- de l'accessibilité TC aux entreprises :

- accessibilité avant la mise en service du tramway (en logarithme),
- gain d'accessibilité induit par la mise en service du T2 (en logarithme), croisé avec l'année de création de l'établissement,
- gain d'accessibilité après la mise en service du tramway et l'année de création (lorsqu'elle est postérieure à 1997).

Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Le coefficient de dispersion est significativement différent de 0, ce qui rejette l'hypothèse d'un processus spatial homogène.

VARIABLES		Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)	Taux de variation induite
constante		-5,829	1,2085	-	
année de création de l'établissement	1993	-1,7536	0,09	368,86	-82,7%
	1994	-1,6178	0,0893	319,05	-80,2%
	1995	-1,5238	0,0884	288,95	-78,2%
	1996	-1,3566	0,0876	234,46	-74,2%
	1997	-1,2181	0,0865	194,75	-70,4%
	1998	-0,9909	0,0773	159,84	-62,9%
	1999	-0,9549	0,0769	150,14	-61,5%
	2000	-0,7531	0,0759	96,71	-52,9%
	2001	-0,697	0,0757	83,57	-50,2%
	2002	-0,5386	0,0757	50,05	-41,6%
	2003	-0,2843	0,0747	14,43	-24,7%
	2004 (référence)	-	-	-	-
logarithme de la superficie de l'Iris		0,1298	0,0131	99,20	
logarithme du nombre de résidences principales dans l'Iris en 1990		0,1655	0,0244	45,18	
taux de ménages dans l'IRIS dont la PR est commerçant, artisan ou chef d'entreprise		0,233	0,014	268,40	
plus proche distance à un hypermarché		-0,1868	0,0134	196,52	
présence de bureaux dans l'IRIS		0,5895	0,0242	603,00	80,3%
présence de ZAC dans l'IRIS		0,3133	0,0286	124,59	36,8%
logarithme du taux de taxe professionnelle		-0,1055	0,0217	25,63	
logarithme de l'accessibilité TC aux entreprises en 1996		0,8577	0,1089	61,14	
logarithme des gains d'accessibilité TC aux entreprises, par année de création	1993	0,0419	0,0153	7,51	
	1994	0,0333	0,0152	4,82	
	1995	0,0419	0,0148	7,94	
	1996	0,0348	0,0145	5,70	
	1997	0,0303	0,0141	4,57	
	1998	0,0224	0,0139	2,57	
	1999	0,0435	0,0139	9,71	
	2000	0,0200	0,0136	2,15	
	2001	0,0375	0,0135	7,61	
	2002	0,0260	0,0137	3,60	
	2003	0,0205	0,0133	2,37	
	2004	0,0145	0,0130	1,25	
logarithme du gain d'accessibilité TC aux entreprises entre 1997 et l'année de création		-0,0117	0,0063	3,49	
Dispersion		0,4701	0,0099	-	
Log-vraisemblance		123684			
nombre d'observations		7272			

Tableau 2 : Modèle de création d'établissements dans les Hauts-de-Seine par IRIS et par année

On observe que le nombre de créations augmente avec le temps, et ceci de manière croissante.

La superficie de l'IRIS et le nombre de résidences principales ont un effet positif sur le nombre de créations d'établissements, avec une élasticité de 13% et 17% respectivement. Ainsi, si la superficie de l'IRIS et le nombre de résidences principales doublent, le nombre de créations augmentera de 30% : on est loin des rendements d'échelle constants.

Les créations d'établissements augmentent avec la part des commerçants et chefs d'entreprise, avec la proximité d'un hypermarché et avec la présence de bureaux dans l'IRIS (+80% par rapport aux IRIS sans bureaux). Ceci est cohérent avec le principe de différenciation minimale des modèles de concurrence spatiale : les nouvelles activités vont se localiser à proximité des activités existantes.

Enfin, conformément aux résultats trouvés chez Fritsch (2003), la présence de ZAC dans l'IRIS influence positivement les créations (+37% par rapport aux IRIS sans ZAC), et le taux de taxe professionnelle a un effet négatif sur la création d'établissements (avec une élasticité de -11%).

Le niveau d'accessibilité aux entreprises en 1996 a une influence positive sur le nombre de créations, avec une élasticité de 86%. Toutes les modalités du croisement des gains d'accessibilité aux établissements induits par le T2 avec l'année de création sont significatives jusqu'en 2002 inclus⁴. On a donc ici non seulement un effet d'anticipation qui a démarré en 1993 (ou peut-être avant, mais nous ne disposons des données qu'à partir de 1993), mais aussi un effet d'apprentissage, qui persiste jusqu'en 2002. Enfin, l'effet des modifications d'accessibilité entre 1997 et l'année de création (si celle-ci est postérieure à 1997) a un effet faible mais négatif sur les créations après 1997. Notons toutefois que ces modifications représentent une très faible part de l'accessibilité courante (1%).

3.2 Analyse par secteur d'activité

Schmitt (1996, 1999) montre que la décomposition sectorielle est importante : celui-ci montre que seuls les services aux particuliers et le commerce sont concernés par une modification de l'accessibilité à la clientèle. Afin de déterminer si le tramway T2 a eu un impact différencié suivant le secteur d'activité des entreprises, nous avons construit des modèles expliquant les créations de services (57% des créations), de commerces (18%) et des autres établissements (25%). L'amélioration des conditions de transport induite par le tramway T2 n'est pas significativement déterminante des créations de commerces et des autres établissements, mais

⁴ à l'exception de l'année 2000, où la modalité n'est significative qu'au seuil de confiance de 85%.

elle l'est pour les services. Le tableau 3 présente les résultats d'un modèle économétrique de comptage de type binomial négatif pour les créations de services par IRIS et par année.

VARIABLES		Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)	Taux de variation induite
Constante		-7,9208	1,4011	-	
année de création de l'établissement	1993	-1,8704	0,1051	312,60	-84,6%
	1994	-1,758	0,1034	283,76	-82,8%
	1995	-1,6092	0,102	244,16	-80,0%
	1996	-1,4633	0,1007	207,43	-76,9%
	1997	-1,2705	0,0986	163,55	-71,9%
	1998	-1,0266	0,0884	132,19	-64,2%
	1999	-0,9786	0,0875	122,67	-62,4%
	2000	-0,8242	0,0862	90,04	-56,1%
	2001	-0,6978	0,0856	65,64	-50,2%
	2002	-0,5827	0,0855	45,98	-44,2%
	2003	-0,3018	0,0841	12,85	-26,1%
2004 (référence)		-	-		-
logarithme de la superficie de l'Iris		0,1447	0,0156	87,46	
logarithme du nombre de résidences principales dans l'Iris en 1990		0,14	0,0289	23,40	
taux de ménages dans l'IRIS dont la PR est commerçant, artisan ou chef d'entreprise		0,2823	0,017	276,05	
plus proche distance à un hypermarché		-0,2438	0,0156	249,13	
présence de bureaux dans l'IRIS		0,6888	0,0275	632,44	99,1%
présence de ZAC dans l'IRIS		0,3	0,0328	86,04	35,0%
logarithme du taux de taxe professionnelle		-0,1882	0,0269	56,43	
logarithme de l'accessibilité TC aux entreprises en 1996		1,051	0,1263	68,21	
logarithme des gains d'accessibilité TC aux entreprises, par année de création	1993	0,0552	0,0185	8,91	
	1994	0,0579	0,0181	10,25	
	1995	0,0464	0,0177	6,88	
	1996	0,0557	0,0172	10,50	
	1997	0,0350	0,0165	4,50	
	1998	0,0331	0,0161	4,19	
	1999	0,0568	0,0160	12,56	
	2000	0,0430	0,0156	7,58	
	2001	0,0441	0,0154	8,12	
	2002	0,0428	0,0155	7,61	
	2003	0,0376	0,0149	6,28	
2004	0,0320	0,0145	4,87		
logarithme du gain d'accessibilité TC aux entreprises entre 1997 et l'année de création		-0,0167	0,0071	5,57	
Dispersion		0,5639	0,0136	-	
Log-vraisemblance		49294			
nombre d'observations		7272			

Tableau 3 : Modèle de création de services dans les Hauts-de-Seine par IRIS et par année

Les coefficients des variables hors accessibilités varient peu relativement au modèle précédent, sauf pour le taux de taxe professionnelle, dont l'élasticité est passée de -11% dans le modèle précédent à -18% dans ce modèle.

Le niveau d'accessibilité aux entreprises en 1996 a toujours une influence positive sur le nombre de créations, avec une élasticité proche de l'unité. Toutes les modalités du croisement des gains d'accessibilité aux établissements induits par le T2 avec l'année de création sont significatives jusqu'en 2004 inclus. On a donc ici un effet d'anticipation qui a démarré en 1993 ou avant, et un effet d'apprentissage qui persiste au moins jusqu'en 2004.

Ce sont donc les services qui sont directement concernés par les modifications d'accessibilité induites par le tramway T2.

4. Mesure des impacts

Le modèle ci-dessus nous permet d'estimer les créations d'entreprises de services par IRIS et par année en fonction des variables retenues, et d'isoler ainsi le nombre de créations supplémentaires consécutif aux améliorations de l'accessibilité entre 1996 et 1997.

Sur la période de 1993 à 2004 et pour l'ensemble du département, on estime à 5474 le nombre de créations d'entreprises de services supplémentaires, ce qui représente 13,1% du nombre de créations d'établissements de services qu'on aurait estimées sur cette même période en l'absence de la mise en place du tramway T2.

Ces créations supplémentaires dues au tramway T2 sont les plus nombreuses le long de la ligne, mais elles le sont également au nord (Courbevoie, Asnières-sur-Seine) et à l'ouest de Puteaux (Nanterre, Rueil-Malmaison).

En pourcentage, les créations dues au tramway sont relativement plus élevées le long de la ligne du tramway, au sud-ouest (Sèvres et Chaville), au sud-est (Vanves, Malakoff, Montrouge, Bagneux et Châtillon) et à l'ouest de Puteaux (Nanterre et Rueil).

Conclusion

La création d'entreprises, et en particulier la création d'entreprises de services, est influencée positivement par le niveau d'accessibilité aux entreprises. L'amélioration de l'accessibilité aux entreprises (et donc à la clientèle) induite par le tramway T2 a pour effet de favoriser la

création de nouveaux établissements. On observe ici des effets d'anticipation et d'apprentissage : des effets anticipés sont observés dès 1993 et des effets retardés jusqu'en 2004⁵.

On estime, à l'aide du modèle estimé sur les services, 5474 créations d'établissements de services supplémentaires dues aux gains d'accessibilité, sur l'ensemble du département, soit 13,1% du total des créations entre 1993 et 2004.

Ce résultat n'est pas généralisable à d'autres infrastructures, car la littérature empirique sur le sujet montre qu'ils dépendent fortement du contexte de la zone d'étude.

Les gains d'accessibilité attribuables au T2 ont été introduits sous forme continue dans le modèle. Dans la poursuite des travaux, nous pourrions tester une forme fonctionnelle non paramétrique, puisque dans les statistiques descriptives on observe des effets de seuil peu nombreux mais importants. Une autre piste de développement serait d'utiliser des modèles de comptage multivariés. En effet, bien que les premiers résultats montrent que seuls les services sont impactés par le tramway, certains auteurs (Bhat *et al.*, 2014) montrent que des dépendances intersectorielles existent, et ces modèles permettraient de les prendre en compte.

Bibliographie

AGUILERA-BELANGER A., BLOY D., BUISSON M.A., CUSSET J.M. et MIGNOT D., 1999, "Localisation des activités et mobilité", Rapport final, DRAST, N° 96 MT 23.

BENARD R., JAYET H. et RAJAONARISON D., 1999, « L'environnement souhaité par les entreprises. Une enquête dans le Nord-Pas-de-Calais », *Economie et Statistique*, 326-327, 177-187.

BHAT C.R., PALETI R., and SINGH P., 2014, "A Spatial Multivariate Count Model for Firm Location Decisions", *Journal of Regional Science*, Vol. 54, No. 3, pp. 462-502.

BOUCQ E., 2008, "Evaluation économique d'une infrastructure de transport en milieu urbain. Le cas du tramway T2 Val de Seine", Thèse de doctorat, Université de Lille I.

FRITSCH B., 2003, « Accessibilité et dynamiques spatiales du tissu économique. Essai de modélisation sur l'agglomération nantaise », *Revue Internationale de Géomatique*, 13, 461-477.

FUJITA M. et OGAWA H., 1982, « Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations », *Regional Science and Urban Economics*, 12, 161-196.

FUJITA M. et THISSE J.F., 2003, "Economie des Villes et de la Localisation", de Boeck, Bruxelles.

⁵ et peut-être avant 1993 et après 2004, mais nous ne disposons pas des données pour le vérifier.

GEURS K.T. et RITSEMA VAN ECK J.R., 2001, Accessibility Measures: Review and Applications, RIVM Report No. 408505 006, National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands.

HANSEN W. G., 1959, « How accessibility shapes land use », *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 73-76.

IRMEN A. et THISSE J.F., 1998, « Competition in Multi-characteristics Spaces: Hotelling was almost right », *Journal of Economic Theory*, 78, 76-102.

MCMILLEN D.P. et SMITH S.C., 2003, « The number of subcenters in large urban areas », *Journal of Urban Economics*, 53, 321-338.

SESP, 2006, "Economie urbaine - Rassemblement de la connaissance", rapport en ligne, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer - Service économie, statistique et prospective.

SPIEKERMANN K. et WEGENER M., 2007, Update of Selected Potential Accessibility Indicators. Final Report, Urban and Regional Research (S&W) and RRG Spatial Planning and Geoinformation.

STEWART J.Q. et WARNTZ W., 1958, « Physics of Population Distribution », *Journal of Regional Science*, 1, 99-123.

WILSON A.G., 1971, « Generalizing the Lowry Model », *London Papers in Regional Science*, 2, 121-134.

Séminaire francophone est-ouest de socio-économie des transports –
Luxembourg Institute of Socio-Economic Research

Impact d'une infrastructure de transport sur la localisation des firmes en milieu urbain: L'exemple du tramway T2 Val de Seine

Elise BOUCQ



Esch-sur-Alzette, le 5 juin 2015

Introduction

- Théories de la localisation : la mise en service d'une infrastructure de transport a une influence sur la localisation de nouvelles activités économiques
- Modèles de concurrence spatiale : la localisation des firmes résulte d'un arbitrage entre un « effet stratégique » et un « effet de marché »

Irmen et Thisse (1998) : modèle multidimensionnel ; à l'équilibre, différenciation maximale pour une seule dimension (la plus importante), et minimale pour toutes les autres

→ lors d'une baisse des coûts de transport, les firmes cherchent à se rapprocher et à compenser la perte de pouvoir de marché en cherchant à différencier leur produit sur une autre dimension

Objectif : Analyse empirique dans le cas du tramway T2 mis en service en 1997

Méthodologie

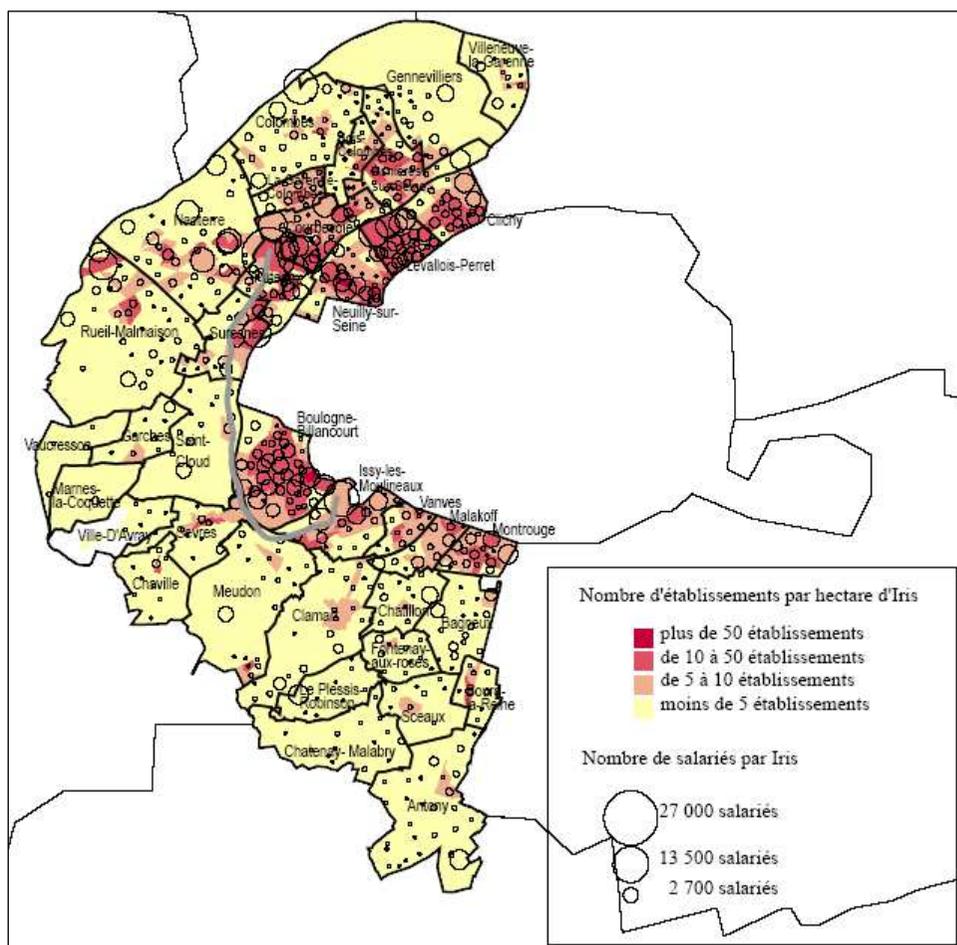
- Les choix de localisation s'opèrent par le biais de variations de l'accessibilité potentielle : mesures gravitaires
- L'accessibilité n'est pas le seul facteur de choix de localisation
→ Introduction de variables de contrôle : niveau d'urbanisation, équipements à proximité, proximité aux autres activités, fiscalité locale, ZAC...
- Les stratégies de localisation diffèrent suivant le secteur d'activité
→ Modèle global et modèles par secteur
- Modèle de comptage : nombre de créations d'activités économiques par IRIS et par année

Les données

- Périmètre : département des Hauts-de-Seine
- Horizon temporel : 1993 à 2004

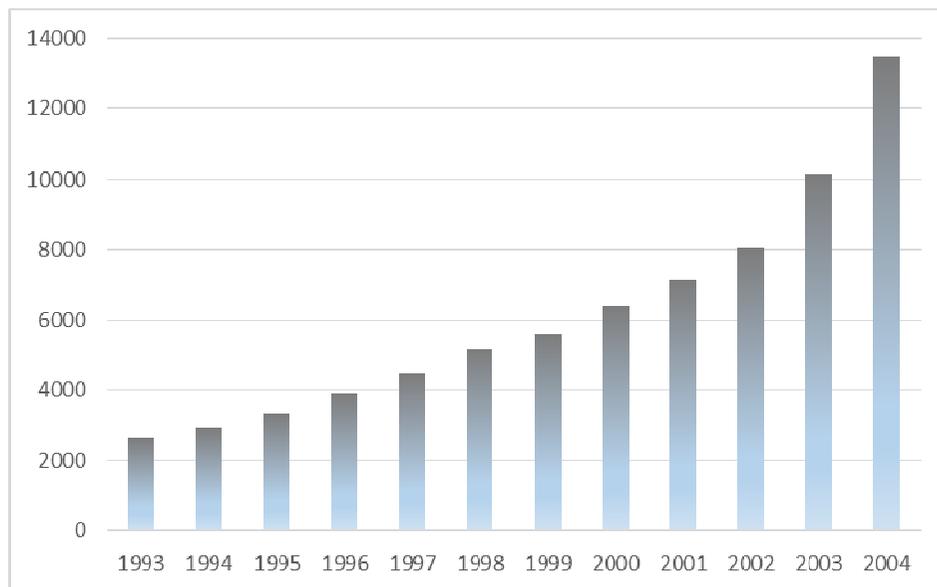
Données de créations d'entreprises : fichier SIRENE

Après géolocalisation : 73327 créations (98% de la base totale)



Rôle stratégique du T2

Nombre total d'établissements créés, par année

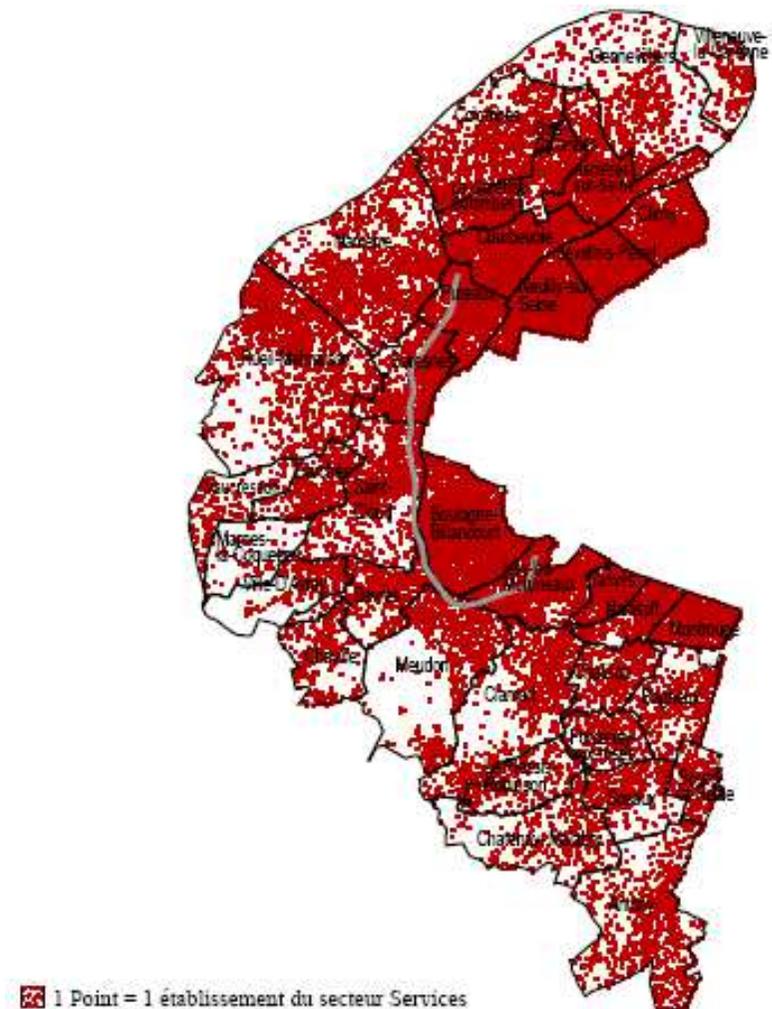
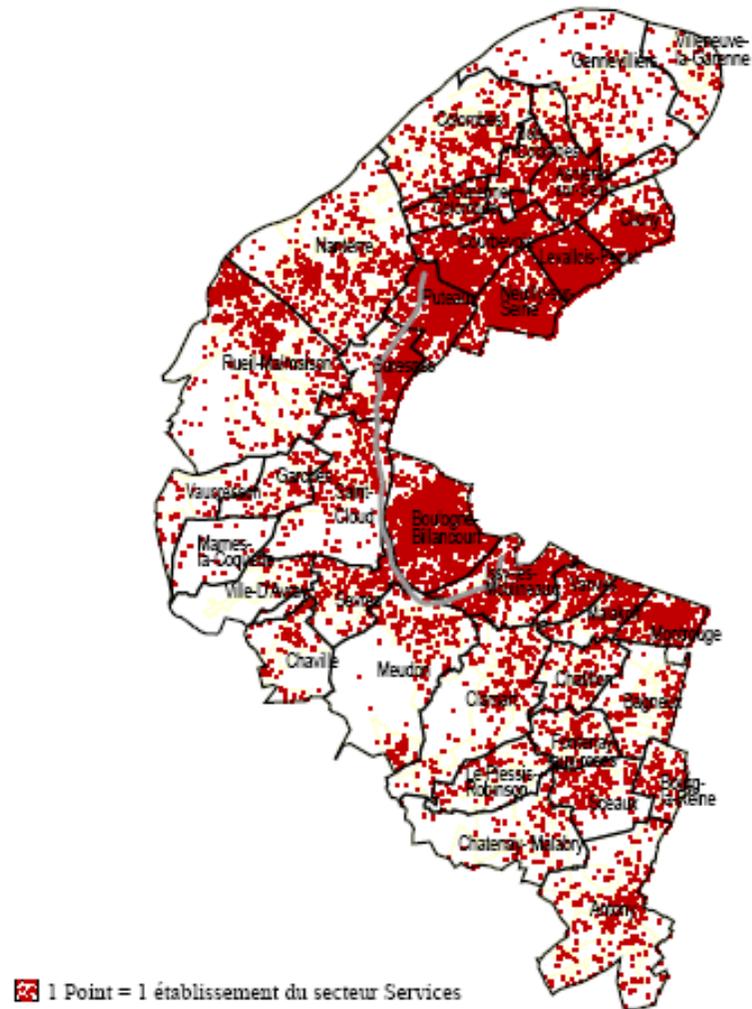


TCAM : 16%

Répartition des établissements créés par APE

Activité principale exercée	Part des créations
Services	57%
Services aux entreprises	37%
Services collectifs, sociaux et personnels	11%
Services aux particuliers (hôtels et restaurants ; activités financières)	6%
Commerce	18%
Education, santé et action sociale	9%
Industrie	5%
Autre	11%

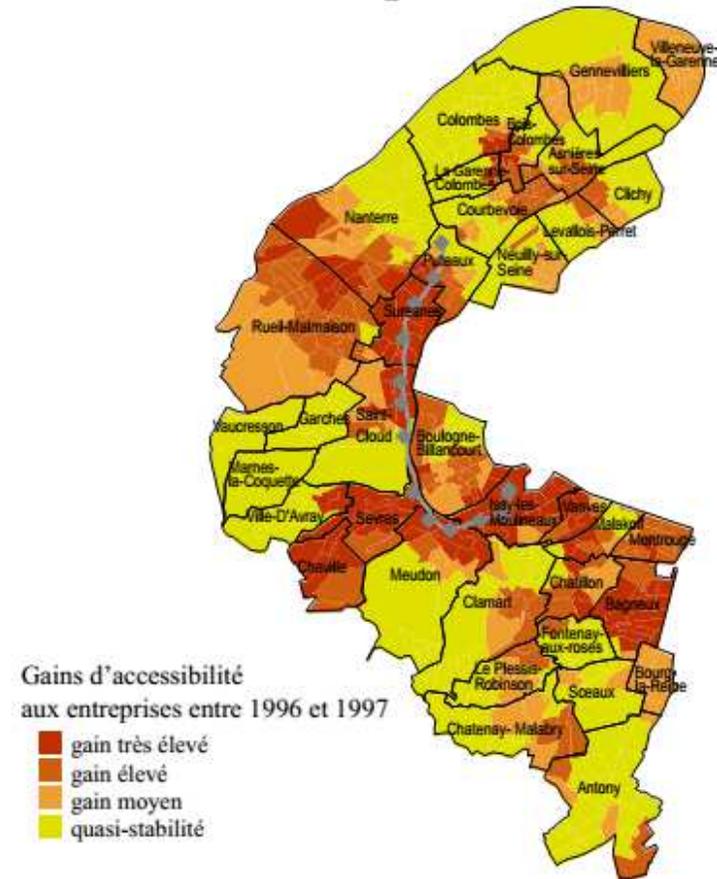
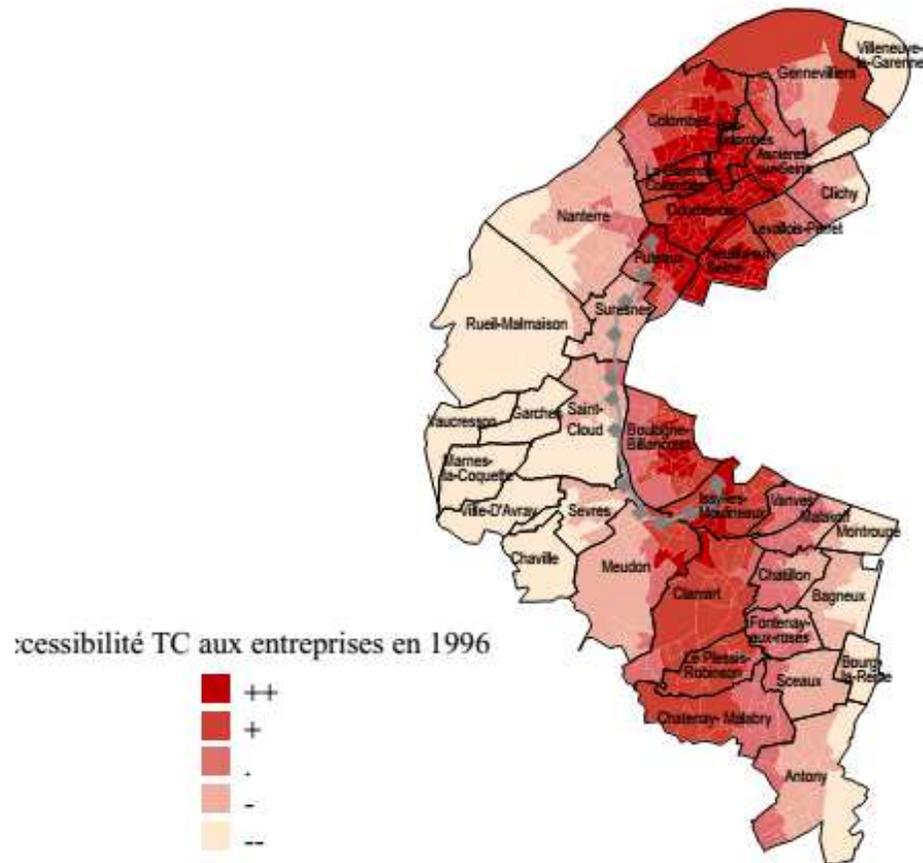
Localisation des créations de services avant et après la mise en service du T2



Accessibilité de l'IRIS i aux entreprises en transport collectif $A = \sum_{j \in E} O_{i,j} \cdot e^{(-\alpha \cdot D_{i,j} \cdot \gamma)}$

Niveau 1996

Variation induite par le T2



Variables de contrôle

Variable	Source	Min	Max	Moyenne	Ecart-type
Superficie de l'IRIS (hectares)	RP	3,17	785,21	28,89	50,53
Nombre de résidences principales dans l'IRIS	RP	89	4540	981	287
Taux de ménages dans l'IRIS dont le chef est commerçant, artisan ou chef d'entreprise	RP	0,000	0,254	0,065	0,034
Plus proche distance à un hypermarché (km)	MOS	0,10	13,17	4,23	2,81
Présence de bureaux dans l'IRIS (variable dummy)	MOS	0	1	0,172	0,377
Présence de ZAC dans l'IRIS (variable dummy)	CartoPLU	0	1	0,065	0,245
Taux de taxe professionnelle (défini au niveau communal)	DGI	0,081	0,226	0,159	0,035

Modèle global : résultats empiriques (1/2)

Modèle économétrique de comptage binomial négatif

N = 7272

LogL = -22422

Dispersion =
0,47 ($\sigma = 0,01$)

VARIABLES		Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)	Taux de variation induite
constante		-5,829	1,2085	-	
année de création de l'établissement	1993	-1,7536	0,09	368,86	-82,7%
	1994	-1,6178	0,0893	319,05	-80,2%
	1995	-1,5238	0,0884	288,95	-78,2%
	1996	-1,3566	0,0876	234,46	-74,2%
	1997	-1,2181	0,0865	194,75	-70,4%
	1998	-0,9909	0,0773	159,84	-62,9%
	1999	-0,9549	0,0769	150,14	-61,5%
	2000	-0,7531	0,0759	96,71	-52,9%
	2001	-0,697	0,0757	83,57	-50,2%
	2002	-0,5386	0,0757	50,05	-41,6%
	2003	-0,2843	0,0747	14,43	-24,7%
	2004 (référence)	-	-	-	-
logarithme de la superficie de l'Iris		0,1298	0,0131	99,20	
logarithme du nombre de résidences principales dans l'Iris en 1990		0,1655	0,0244	45,18	
taux de ménages dans l'IRIS dont la PR est commerçant, artisan ou chef d'entreprise		0,233	0,014	268,40	
plus proche distance à un hypermarché		-0,1868	0,0134	196,52	
présence de bureaux dans l'IRIS		0,5895	0,0242	603,00	80,3%
présence de ZAC dans l'IRIS		0,3133	0,0286	124,59	36,8%
logarithme du taux de taxe professionnelle		-0,1055	0,0217	25,63	

Modèle global : résultats empiriques (2/2)

VARIABLES	Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)
logarithme de l'accessibilité TC aux entreprises en 1996	0,8577	0,1089	61,14
logarithme des gains d'accessibilité TC aux entreprises, par année de création	1993	0,0419	7,51
	1994	0,0333	4,82
	1995	0,0419	7,94
	1996	0,0348	5,70
	1997	0,0303	4,57
	1998	0,0224	2,57
	1999	0,0435	9,71
	2000	0,0200	2,15
	2001	0,0375	7,61
	2002	0,0260	3,60
	2003	0,0205	2,37
2004	0,0145	1,25	
logarithme du gain d'accessibilité TC aux entreprises entre 1997 et l'année de création	-0,0117	0,0063	3,49

Modèle sur les services : résultats empiriques (1/2)

N = 7272

LogL = -18672

Dispersion =
0,56 ($\sigma = 0,01$)

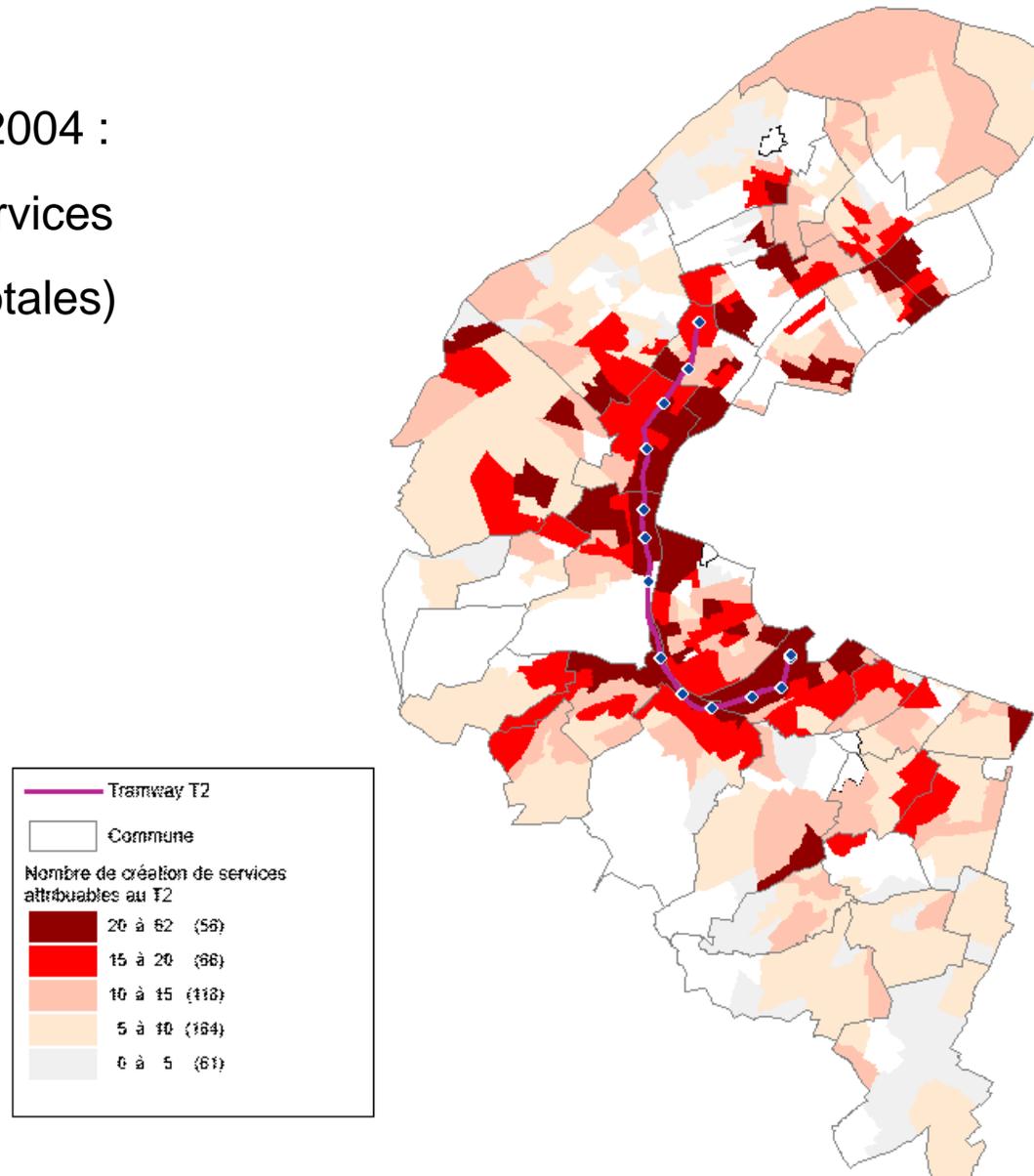
VARIABLES		Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)	Taux de variation induite
Constante		-7,9208	1,4011	-	
année de création de l'établissement	1993	-1,8704	0,1051	312,60	-84,6%
	1994	-1,758	0,1034	283,76	-82,8%
	1995	-1,6092	0,102	244,16	-80,0%
	1996	-1,4633	0,1007	207,43	-76,9%
	1997	-1,2705	0,0986	163,55	-71,9%
	1998	-1,0266	0,0884	132,19	-64,2%
	1999	-0,9786	0,0875	122,67	-62,4%
	2000	-0,8242	0,0862	90,04	-56,1%
	2001	-0,6978	0,0856	65,64	-50,2%
	2002	-0,5827	0,0855	45,98	-44,2%
	2003	-0,3018	0,0841	12,85	-26,1%
2004 (référence)		-	-		-
logarithme de la superficie de l'Iris		0,1447	0,0156	87,46	
logarithme du nombre de résidences principales dans l'Iris en 1990		0,14	0,0289	23,40	
taux de ménages dans l'IRIS dont la PR est commerçant, artisan ou chef d'entreprise		0,2823	0,017	276,05	
plus proche distance à un hypermarché		-0,2438	0,0156	249,13	
présence de bureaux dans l'IRIS		0,6888	0,0275	632,44	99,1%
présence de ZAC dans l'IRIS		0,3	0,0328	86,04	35,0%
logarithme du taux de taxe professionnelle		-0,1882	0,0269	56,43	

Modèle sur les services : résultats empiriques (2/2)

VARIABLES		Coefficient	écart-type	Chi-2 (type 3)
logarithme de l'accessibilité TC aux entreprises en 1996		1,051	0,1263	68,21
logarithme des gains d'accessibilité TC aux entreprises, par année de création	1993	0,0552	0,0185	8,91
	1994	0,0579	0,0181	10,25
	1995	0,0464	0,0177	6,88
	1996	0,0557	0,0172	10,50
	1997	0,0350	0,0165	4,50
	1998	0,0331	0,0161	4,19
	1999	0,0568	0,0160	12,56
	2000	0,0430	0,0156	7,58
	2001	0,0441	0,0154	8,12
	2002	0,0428	0,0155	7,61
	2003	0,0376	0,0149	6,28
2004	0,0320	0,0145	4,87	
logarithme du gain d'accessibilité TC aux entreprises entre 1997 et l'année de création		-0,0167	0,0071	5,57

Mesure des impacts du T2 sur les créations de services

Estimation sur 1993-2004 :
+5474 activités de services
(13% des créations totales)



Conclusion

- L'amélioration de l'accessibilité aux entreprises par le T2 a pour effet de favoriser la création de nouveaux services (cf Schmitt, 1999)
- Différences infracommunales
- Résultats préliminaires
 - forme fonctionnelle non paramétrique pour les gains d'accessibilité
 - modèles de comptage multivariés pour prendre en compte les dépendances intersectorielles (Bhat et al., 2014)
- Limite: seulement les créations et non les destructions
- Résultats non généralisables à d'autres infrastructures
- Impacts sur la fiscalité locale ?