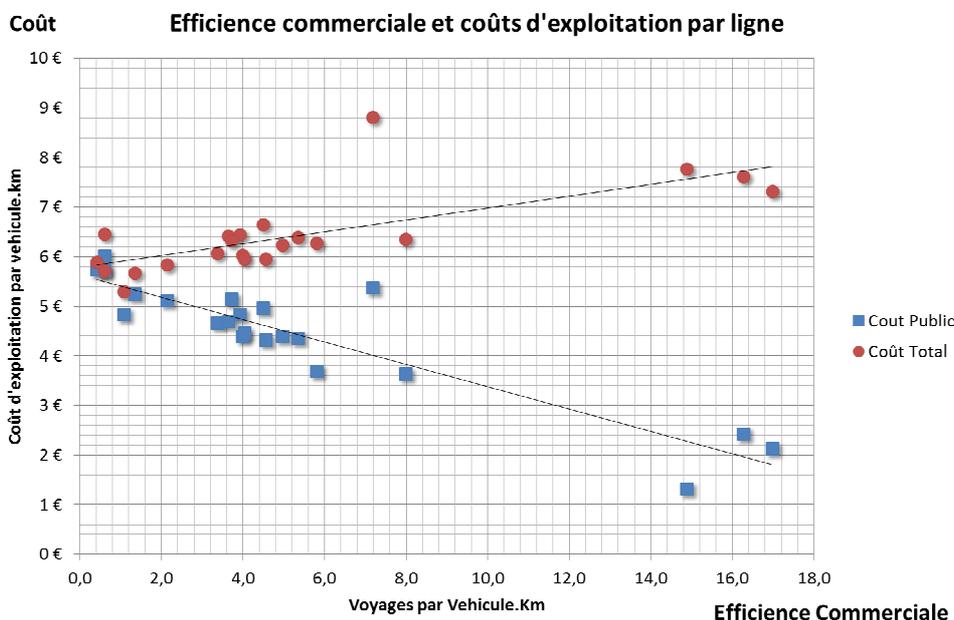


MESURE DE LA PERFORMANCE DES LIGNES DE TRANSPORT PUBLIC URBAIN



Projet APEROL « Amélioration de la Performance Economique des Réseaux par l'Optimisation des Lignes »

Rapport final

Sous la direction de :

B. Faivre d'Arcier

Mai 2012

Sommaire

Avant-propos	3
1. La nécessité d'améliorer la performance des réseaux	5
Du « tout automobile » à la mobilité durable	5
La face cachée du système : la durabilité de son financement	7
Des choix stratégiques guidés par la recherche d'une meilleure performance des réseaux.....	11
2. Les diverses dimensions de la « performance »	17
La mesure de l'efficience.....	19
Efficience productive et efficience commerciale.....	21
Efficience commerciale et performance de réseau	23
Articuler efficience et efficacité	25
La difficulté d'accès à des données détaillées par ligne	27
3. Facteurs explicatifs de l'efficience commerciale des lignes	29
Une typologie des lignes qui reflète la hiérarchisation des réseaux	29
Variables explicatives possibles de l'efficience commerciale.....	36
Modélisation de l'efficience commerciale.....	40
Une efficience fortement corrélée au niveau de service	42
Conclusion	45
4. L'efficacité en termes de politiques publiques.....	47
4.1 Mesurer le rôle social des lignes de bus.....	47
4.2 La contribution des lignes à la réduction de la congestion du trafic automobile	58
4.3 La contribution des lignes à la réduction des nuisances environnementales	63
5. La production d'un tableau de bord comme outil de diagnostic de la performance par ligne.....	67
5.1 Le tableau de synthèse	67
5.2 Le diagnostic par ligne	72
Conclusion et perspectives.....	87

Avant-propos

La réalisation de cette recherche a bénéficié de la collaboration de :

Catherine Bouteiller, doctorante au LET
Lucas Ippoliti, doctorant au LET, en CIFRE auprès de Grenoble Alpes Métropole
Romain Regouby, élève-ingénieur de l'ENTPE, Master Transports, Espaces, Réseaux
Virgine Khomenko et Matthis Grimberg, élèves-ingénieurs de l'ENTPE

Ce travail n'aurait pu être entrepris sans la collaboration des Autorités Organisatrices suivantes, que nous tenons à remercier :

Georges Lescuyer, Camel Mahdjoub, Carine Marty,
Direction des Transports et de la Mobilité, Montpellier Agglomération

Vincent Georjon, Valérie Blanchet, Anaïs Allain
Direction Mobilité et Transport Public, TISSEO, Toulouse

Hans Van Eibergen et Agnès Delarue,
Direction de la Mobilité et des Transports, SMTC, Grenoble Alpes Métropole

Pour l'accès aux données nécessaires à ce travail, à savoir :

Le tracé des lignes et les données descriptives des niveaux de services
Les enquêtes origine-destination des réseaux
Les fichiers géolocalisés des zones IRIS et des réseaux sous MapInfo®

Nous tenons enfin à remercier le Groupe Opérationnel n°6 « Politiques de transports » du PREDIT pour la sélection de ce projet, Gérard Brun pour son suivi et la Direction de la Recherche et de l'Innovation (DRI) du Ministère pour son financement.

1. La nécessité d'améliorer la performance des réseaux

Depuis les années 70, la France a connu une période favorable au développement des réseaux de transport public urbain (TPU)¹. Les limites du modèle « tout automobile » prôné dans les années 60 se sont rapidement révélées pour la desserte des centres : forte consommation d'espace par les infrastructures routières et de stationnement, soulevant des conflits dans l'occupation des sols, coût financier incompatible avec les moyens des villes et même de l'Etat, explosion des effets externes négatifs de l'excès de voiture (congestion, bruit, pollution). Dans un contexte de développement de la motorisation des ménages, le transport collectif voit sa clientèle chuter régulièrement, et son rôle se limite à assurer la mobilité de la population « captive » : les jeunes, qui n'ont pas le droit de conduire, les femmes, dont l'accès au permis de conduire est encore très limité, les personnes âgées, qui n'estiment pas pouvoir le passer, et les ménages modestes qui ne peuvent avoir une voiture, encore coûteuse à l'achat et chère à l'usage. Face à la concurrence de l'automobile, les opérateurs de transport voient la rentabilité de leurs lignes se dégrader, et adaptent leur réseau en conséquence, par des fermetures de ligne et des réductions de service. C'est la période où les collectivités prennent progressivement cette responsabilité de service public et vont couvrir les déficits d'exploitation, pour assurer cette mission sociale (maintien de services non rentables, niveaux tarifaires en lien avec la clientèle modeste visée).

Du « tout automobile » à la mobilité durable

Afin d'assurer la fluidité du trafic automobile, symbole de progrès et facteur favorable à l'accroissement des échanges (économiques et sociaux), la relance des TPU a été le moyen de contourner à court terme les difficultés de réalisation des infrastructures routières sans pénaliser le développement économique des villes et leur croissance. L'objectif est alors de capter la part excessive de demande de déplacement en voiture, source de congestion dans le centre-ville. C'est donc d'abord dans les grandes villes que renait l'idée de transport collectif de grande capacité, capable de capter les flux pendulaires domicile-travail en heure de pointe : le métro est alors vu comme la solution idéale, puisque étant souterrain, il libère de l'espace de circulation en surface.

C'est en ce sens qu'il faut historiquement analyser la création du Versement Transport (VT) : un outil financier, sous forme de décentralisation fiscale, confiant aux Autorités Organisatrices de Transport urbaines (AOT), la responsabilité de cette relance. Lille, Lyon et Marseille, agglomérations millionnaires, bénéficient en premier de ce VT pour construire les premières lignes de leur réseau de métro. Parallèlement, la procédure des Plans de Circulation (financement par l'Etat à 50%, des études et des travaux) connaît un succès important, mais viendra progressivement conforter l'idée que le tout automobile est une solution vaine : la relance des transports collectifs devient incontournable en période de forte croissance de la demande, et des villes comme Besançon deviennent des exemples d'une nouvelle forme de partage de la voirie entre automobile, transports collectifs et même piétons. L'extension

¹ Ce rapport se focalise sur les transports publics urbains de province, ce qui revient à mettre de côté l'Ile-de-France, qui constitue 50 % du monde du transport collectif urbain, et ignore l'influence de ce modèle de référence sur la conception des réseaux en province. L'ancienneté du réseau, la taille de l'agglomération et son organisation institutionnelle en font un cas spécifique par rapport à la province.

progressive du Versement Transport aux villes moyennes permet d'accéder à une politique d'investissement dans de nouvelles lignes de transport en commun en site propre (TCSP), qui aboutira dans les années 80 à la réapparition du tramway en France (Nantes et Grenoble).

C'est dans cette seconde période que le transport collectif en site propre devient un outil d'aménagement urbain. Face à l'étalement urbain et à la perte relative du poids de la commune centre vis-à-vis de sa périphérie, le tramway devient le moyen de réhabiliter le centre-ville en y améliorant la qualité de vie urbaine. Le « tramway à la française » se caractérise en effet par un effort important – mais coûteux – de réaménagement des espaces publics (qualité architecturale, espaces verts, zones piétonnes), profitant de l'installation des rails pour chasser partiellement la voiture du centre-ville. Ce traitement qualitatif des espaces centraux répond aux objectifs de renforcement de l'attractivité du centre (faire revenir de la population, des activités commerciales et des services), mais a sans doute aussi été nécessaire pour faire accepter le retour du tramway en ville.

Les années 90 seront marquées par l'émergence du concept de développement durable, qui vient à nouveau redonner de l'ampleur aux transports collectifs. La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (1996) permet de relancer la procédure des Plans de Déplacements Urbains (PDU) initiée par la LOTI (1982), en introduisant comme premier objectif la réduction de l'usage de la voiture en ville. La France est ainsi sans doute le seul pays au monde où la législation impose aux villes une telle limitation de l'automobile. Les nouveaux PDU des années 2000 seront donc l'occasion de mettre en œuvre des mesures de dissuasion de l'usage de la voiture : réduction de la capacité de stationnement, généralisation du stationnement payant dans les zones hyper-centrales, non augmentation de la capacité des infrastructures routières, baisse de la vitesse (zones 30, ralentisseurs), incitations à l'usage des modes alternatifs (modes doux, Plans de Déplacements Entreprises – PDE,...). Les Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) de la fin des années 2000 montrent ainsi des réductions significatives de la part de la voiture dans les déplacements urbains, surtout dans les zones centrales (même si en distance parcourue, la voiture reste encore largement majoritaire, du fait de la forte progression des déplacements périphériques).

Les objectifs environnementaux constituent ainsi la quatrième mission désormais confiée aux TPU. Cependant, si l'amélioration de la desserte en transport collectif des centres a permis de gagner des parts de marché (principalement dans les grandes villes) et de contribuer à la réduction de la congestion et de la pollution locale, l'objectif de réduction des émissions de CO₂ interroge la structure même des réseaux : les longs déplacements en voiture se font en périphérie, où la faible densité ne permet pas d'assurer dans de bonnes conditions économiques une desserte par les transports collectifs. On serait tenté de dire que la question des centres est presque réglée et qu'aujourd'hui l'enjeu s'est déplacé en périphérie et pose de nouveaux problèmes, plus difficiles à résoudre sur le plan énergétique et environnemental. Il apparaît ici la nécessité d'une meilleure prise en compte de la mobilité dans l'aménagement urbain, et donc d'une plus forte intégration entre transport et urbanisme pour favoriser une ville plus « durable ».

Cette rapide synthèse historique du développement des transports urbains montre une évolution globalement cohérente des politiques mises en œuvre depuis une cinquantaine d'années. On est certes encore loin d'atteindre les objectifs ambitieux fixés en matière de consommation énergétique (le fameux « facteur 4 » dans la réduction des émissions de CO₂ en 2050), mais il faut également aborder les failles du système mis en place.

La face cachée du système : la durabilité de son financement

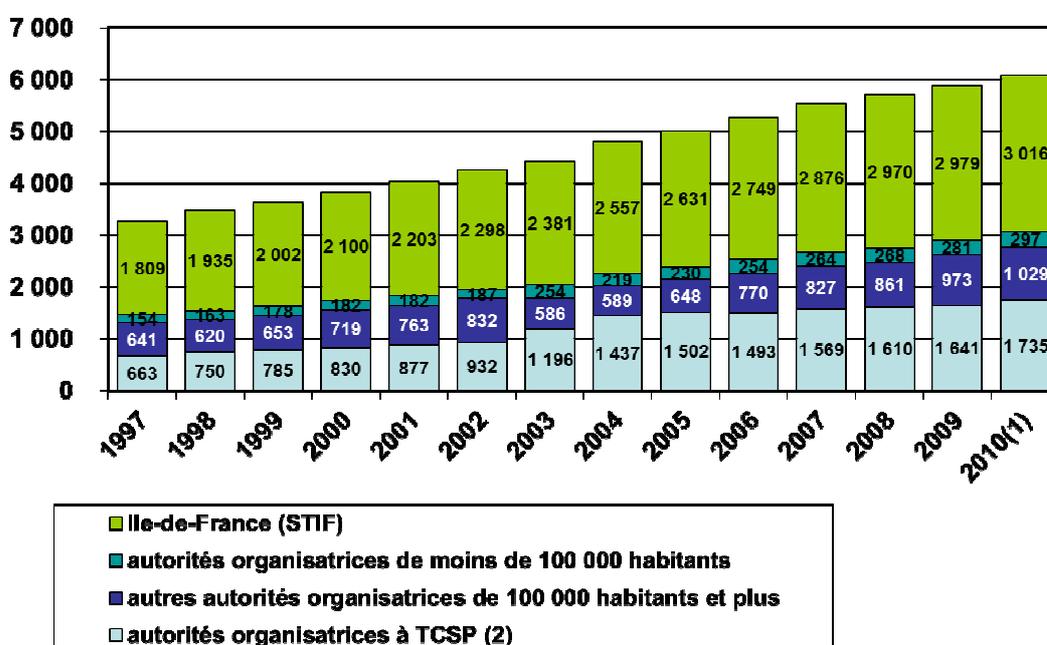
L'effort considérable de développement des transports collectifs sur la période a pu se faire grâce au Versement Transport qui a doté les AOT d'une ressource affectée. Initialement réservé au financement des investissements dans les agglomérations de plus de 300 000 habitants (1973), il s'applique depuis 2000 jusqu'aux agglomérations de plus de 10 000 habitants et pour l'ensemble des dépenses des réseaux. Les taux en vigueur aujourd'hui ont légèrement progressé et peuvent atteindre dans les plus grandes villes jusqu'à 2% de la masse salariale des entreprises privées et publiques de plus de 9 salariés, localisées dans le Périmètre des Transports Urbains (PTU).

Tableau 1 : Les taux actuels du Versement Transport

		Régime général	+ bonus intercommunalité	+ bonus commune touristique
Agglomération de plus de 100 000 hab.	Avec TCSP	1,75%	1,80%	2,00%
	Sans TCSP	1,00%	1,05%	1,25%
Agglomération de 50 à 100 000 hab.	Avec TCSP	0,85%	0,90%	1,10%
	Sans TCSP	0,55%	0,60%	0,80%
Agglomérations de 10 à 50 000 hab.		0,55%	0,60%	0,80%

Données : Modalités de recouvrement et taux du versement transport en province [en ligne], <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Modalites-de-recouvrement-et-taux.html>, consulté le 11/04/2012

Figure 1 : Evolution des recettes de Versement Transport



Source : GART, 2011, L'année 2010 des transports urbains
(Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP)

Les sommes ainsi récoltées sur les entreprises, bénéficiaires indirects de la réduction de la congestion liée à l'amélioration de l'offre en TPU, ont constitué une manne financière très

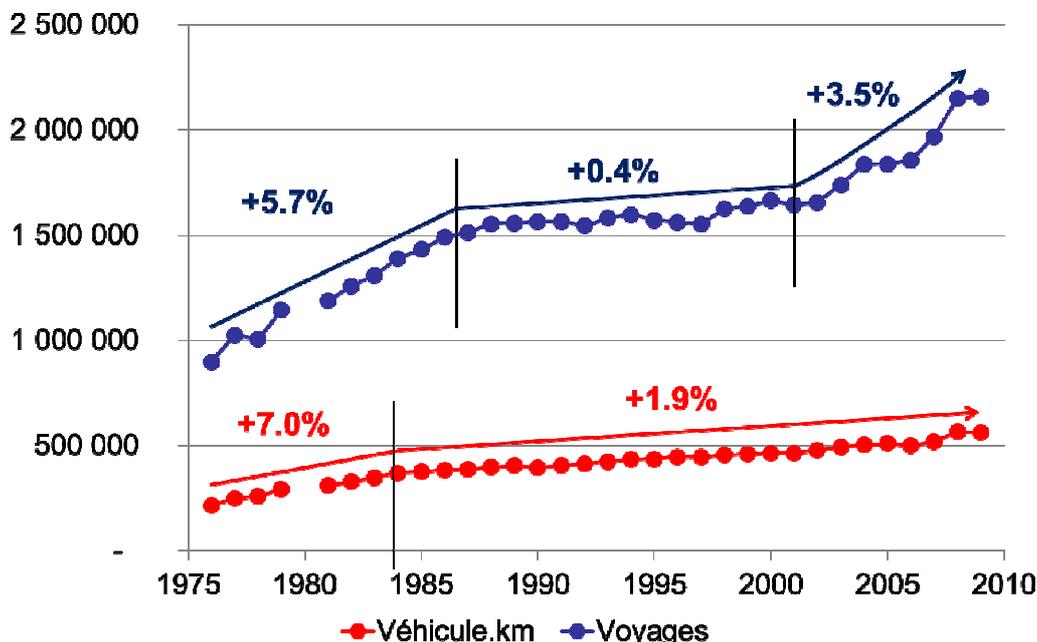
élevée, qui a permis aux AOT de financer les projets de transport en commun en site propre en grand nombre depuis deux décennies. Le bon rendement du VT permet de disposer d'une recette incontournable atteignant aujourd'hui, environ 6 milliards d'euros par an (dont 50 % pour l'Ile de France – figure 1). Le CERTU recense en 2009 :

- 2 agglomérations dotées de métro lourd (Lyon et Marseille : 49 km) et 3 équipées de VAL (Lille, Rennes, Toulouse : 81 km)
- 17 agglomérations françaises équipées de tramway (pour un total de 375 km), et 10 ayant un projet à l'étude
- 8 agglomérations équipées de BHNS (71 km)

Si ce fort équipement a permis de développer l'offre de transport et sa fréquentation dans ces villes, cet investissement a également contribué à accroître sensiblement les dépenses d'exploitation des réseaux. Comme parallèlement les tarifs n'ont pas progressé en rapport avec cette amélioration du service offert, que la recette moyenne par voyage a été tirée vers le bas en raison du développement des abonnements mensuels, et que – sauf ces cinq dernières années – la clientèle n'a pas augmenté dans des propositions comparables, il en résulte un accroissement des déficits d'exploitation qui aujourd'hui interpellent les AOT.

Les figures 2, 3 et 4 permettent de résumer sur longue période cette évolution de la situation des réseaux français². Il ressort clairement de la figure 2 que le développement de l'offre (en véhicule.km), important jusqu'au milieu des années 80, s'est poursuivi à un rythme d'environ 2% par an jusqu'en 2009.

Figure 2 : Evolution sur longue période de l'offre et de la fréquentation



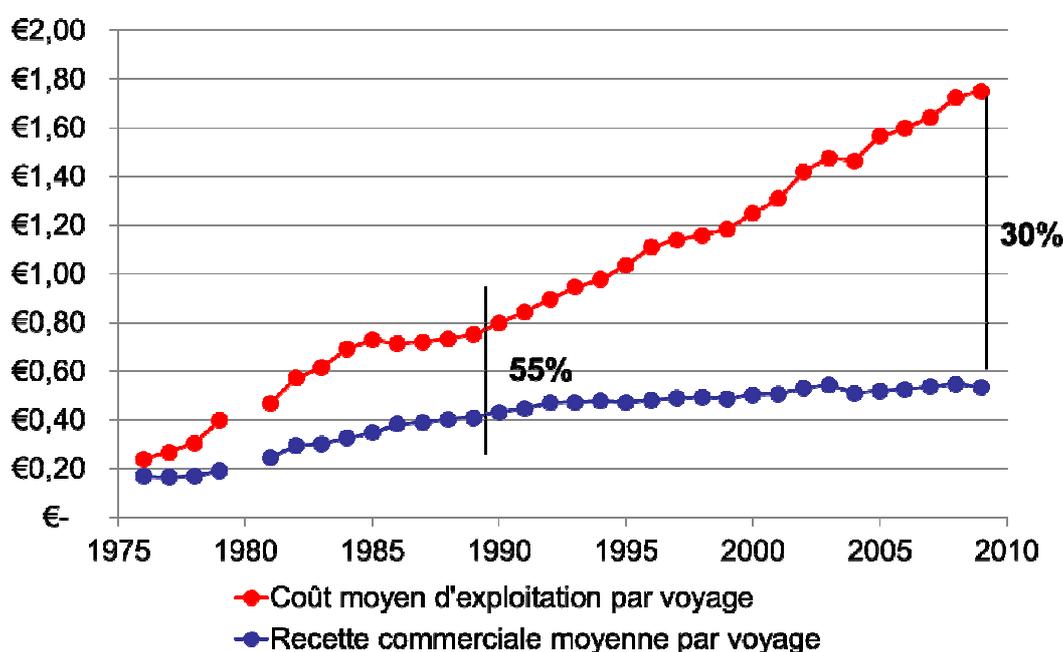
Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP – calcul sur les réseaux de plus de 100 000 habitants en 2009

² Ces graphiques sont critiquables, dans la mesure où sur longue période, les données de l'enquête annuelle auprès des réseaux (pilotée par le CERTU en lien avec la DGTIM, le GART et l'UTP) manquent de fiabilité. De plus, les valeurs moyennes le sont sur un échantillon de 60 réseaux de plus de 100 000 habitants (en 2009), et non d'un vrai panel de réseaux, comme le fait par exemple l'UTP sur une période de 10 ans. Ces graphiques ont donc plus une visée illustrative des grandes tendances observables en longue période.

Par contre, la croissance de la fréquentation (en voyages) a été malheureusement faible (0,4 %/an en moyenne) pendant près de 15 ans. A partir de 2002, une croissance importante des voyages peut être observée de nouveau : celle-ci semble, à notre avis, résulter dans un premier temps, de la mise en œuvre des nouveaux PDU visant à pénaliser l'usage de la voiture (notamment le stationnement), et plus récemment à l'accroissement du prix des carburants, qui a pu inciter certains automobilistes à basculer sur le mode collectif. Le palier observable en 2008-09 résulte très probablement des effets de la crise économique sur la mobilité des ménages.

Malgré cette tendance encourageante, la situation des réseaux s'est globalement dégradée, comme le montre la figure 3.

Figure 3 : Evolution du coût moyen et de la recette moyenne par voyage



Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP – calcul sur les réseaux de plus de 100 000 habitants en 2009

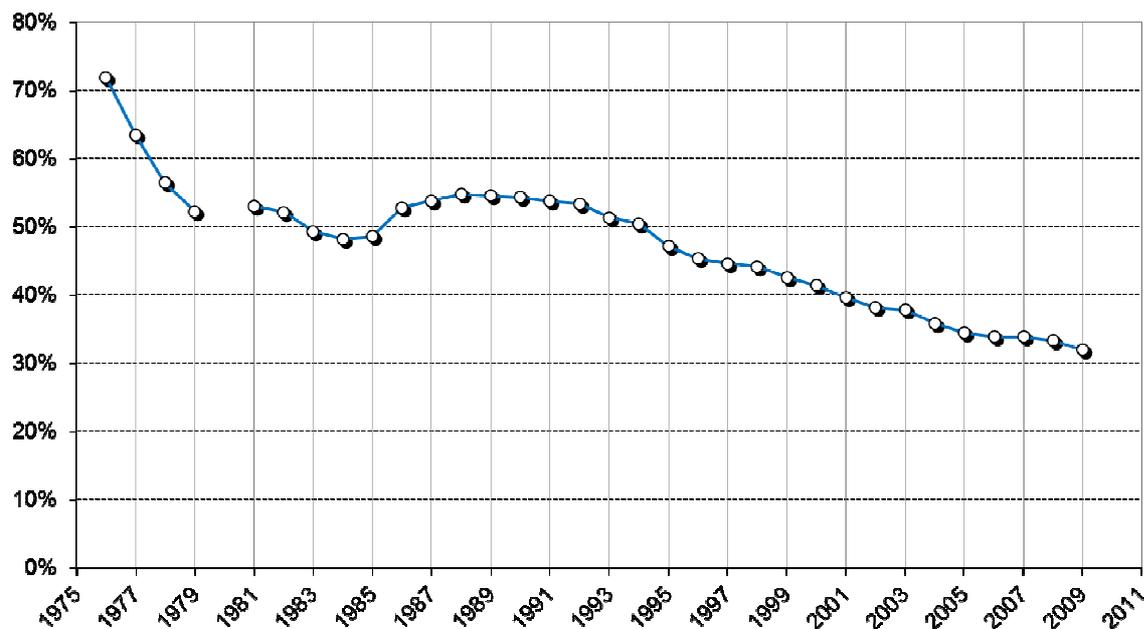
Il apparaît que ce coût moyen d'exploitation par voyage a progressé en euros courants à un taux de 6,2 % /an sur la période 1976/2009, tandis que la recette moyenne par voyage n'a cru que de 3,5 %/an. L'écart s'est même accentué sur la période 1990/2009, le coût progressant de 4,2 %/an et la recette seulement de 1,1 %/an (soit à peine l'inflation...). Il en résulte logiquement que le ratio R/D (recettes commerciales / dépenses d'exploitation) s'est dégradé tout au long de ce fort développement des réseaux, comme le montre la figure 4.

Il faut noter que la dégradation du R/D est continue depuis la fin des années 80 et coïncide avec la phase de fort développement des TCSP dans les villes de province. La barre symbolique des 50 % est franchie en 1995, et le niveau de 32 % atteint en 2009 interroge sur la soutenabilité financière d'une telle politique³. Soulignons de plus, que ces chiffres très

³ Signalons que sur la période 1992 / 2007, les réseaux urbains allemands, qui ne bénéficient pas du Versement Transport, ont vu leur ratio R/D passer d'environ 59 % à 77 %. Voir Buehler & Pucher, 2010

globaux masquent des différences importantes selon la taille des réseaux : il apparaît en effet que la reprise de la fréquentation s'observe essentiellement dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants, dans lesquelles la taille de la ville et les difficultés de circulation et de stationnement (en lien avec les PDU) expliquent en grande partie ce report modal plus favorable dans la fin des années 2000.

Figure 4 : Evolution du R/D sur longue période



Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP – calcul sur les réseaux de plus de 100 000 habitants en 2009

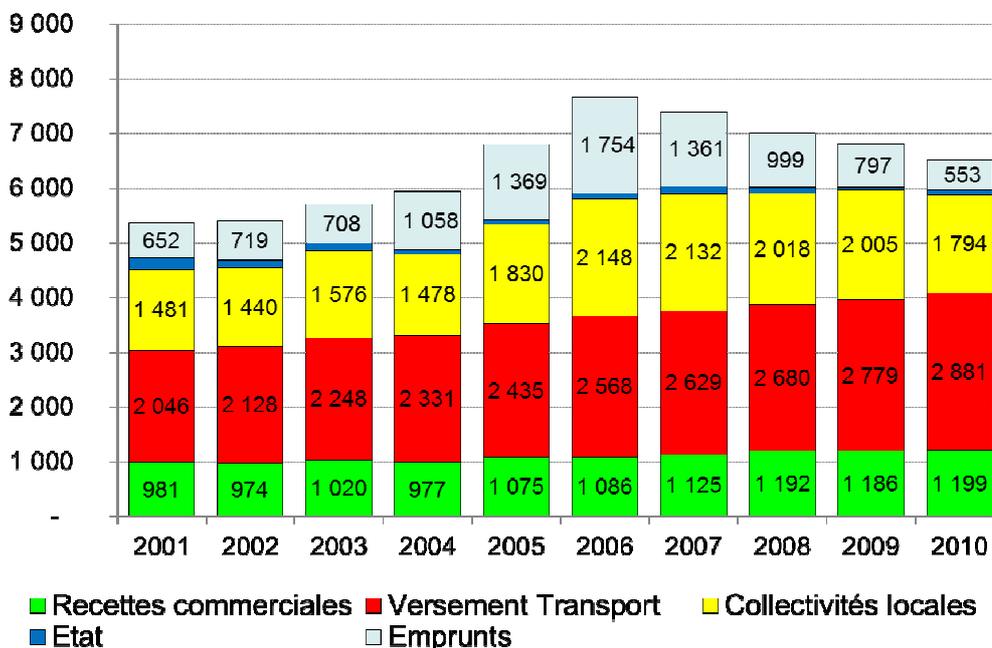
Dans une précédente recherche (Faivre d'Arcier, 2008), ce risque de crise majeure du financement avait été relevé, en étudiant la période 1995-2005. On peut fort heureusement observer dès 2007 une inversion de tendance au niveau des dépenses globales des AOT, comme le montre la figure 5. Il semble que l'année 2006 marque un pic dans les investissements (avec une série de mises en service de lignes de TCSP), avec un recours à l'emprunt élevé. Une certaine pause dans l'investissement, conjuguée aux incertitudes des collectivités concernant leurs propres recettes fiscales (réforme de la taxe professionnelle et des collectivités locales) s'est ensuite prolongée dans un contexte de crise économique, qui a pu fortement inciter les AOT à mieux maîtriser le coût de leurs réseaux. On observe ainsi que, même si le produit du Versement Transport continue de progresser en volume, les contributions des collectivités locales au financement des TPU sont globalement à la baisse, de 2006 à 2010.

Il semble que le produit du VT ait atteint son maximum (sauf dans les petites villes, qui ne sont encore toutes au plafond en termes de taux), et que les AOT constatent que l'accroissement des charges d'exploitation, résultant de la dérive des coûts unitaires et de l'augmentation de l'offre en véhicule.km, conduit non seulement à limiter leur capacité d'investissement, mais également à consommer la majeure partie du VT pour couvrir le déficit d'exploitation. L'augmentation de la contribution des collectivités locales au financement des réseaux obligerait ces dernières à des prélèvements plus importants sur leur

budget général : des arbitrages difficiles entre secteurs de l'action publique (enfance, social, culture,...) risquent d'émerger si le besoin de financement public des TPU continue de progresser au même rythme.

Figure 5 : Evolution de la structure du financement des AOT dans les années 2000

(en millions d'euros 2010)



Source : GART, 2011, L'année 2010 des transports urbains

(Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP)

Outre une certaine pause dans l'investissement, on assiste également à l'émergence de projets moins coûteux, avec le développement de lignes de bus à haut niveau de service, comme en témoignent les nombreux projets en réponse à l'appel à projet 2011 du Grenelle Environnement (456 km de BHNS, contre 125 km de tramways et 14 km de métro). Mais c'est surtout sur les dépenses d'exploitation que la recherche d'économie semble s'orienter. Plusieurs grands réseaux français ont dernièrement tenté de « réduire la facture », par des réductions de service limitées, ou par des restructurations de grande ampleur des réseaux de bus, secteur un peu laissé pour compte pendant la période de fort développement des TCSP.

Plus globalement, les Journées du Transport Public (Strasbourg, 2011) ont clairement mis l'accent sur la nécessité de recherche d'un nouveau « business model », en soulignant la dégradation du ratio R/D, qui résulte de trois facteurs : l'augmentation des coûts d'exploitation, la baisse de la recette par voyage, la quasi-stagnation de la fréquentation...

Des choix stratégiques guidés par la recherche d'une meilleure performance des réseaux

Si le développement des réseaux de transport urbain est incontestable au cours des 30 dernières années, le bilan global reste mitigé, notamment du fait de son coût élevé. L'objectif d'une mobilité durable en ville reste toujours pertinent, mais la croissance récurrente des charges d'exploitation est de nature à remettre en cause cette politique. Orfeuil (2011) souligne ainsi, à partir des Comptes Transport de la Nation, le coût public élevé des réseaux

locaux de transport collectif (estimé à environ 20 milliards d'euros par an, pour l'urbain et le régional, France entière – soit deux fois la dotation de l'Etat pour l'ensemble des universités françaises...). Le rapport qualité/prix semble donc pouvoir être amélioré, et les trois facteurs de dérive mentionnés ci-dessus appellent des actions de nature différente.

- **La maîtrise des coûts unitaires d'exploitation** s'inscrit dans un contexte difficile : l'évolution des coûts salariaux est réglementée, et la croissance du poste énergie est difficilement contournable. Pourtant, une meilleure prise en compte des contraintes d'exploitation (graphicage) peut laisser espérer une dérive moins forte au cours des années à venir. C'est en premier lieu une action sur la « productivité externe », en améliorant la vitesse d'exploitation des réseaux de bus, qui constituent encore la part majoritaire des véhicules.km offerts. Cela passe par des mesures plus fortes de priorité au transport collectif sur la voirie, mais aussi par des actions sur le design même des lignes de TC : l'allongement des distances inter-arrêt, l'adaptation des fréquences en fonction de l'optimisation du parc, sont des mesures efficaces pour contenir l'évolution des coûts de production.

La généralisation des contrats de Délégation de Service Public (DSP) traduit le souci des AOT d'avoir une vision claire sur les sommes qu'elles devront déboursier tout au long du contrat. Les engagements demandés aux opérateurs sur les recettes sont souvent difficiles à tenir, car la fréquentation dépend également des conditions de concurrence avec la voiture en ville, et bien sûr de la conjoncture économique et sociale. La mise en concurrence des opérateurs (désormais en nombre très limité en France...) ne semble pas pouvoir générer des gains importants sur les coûts de production unitaires, mais la possibilité offerte aux opérateurs de proposer des restructurations significatives de l'offre dans leur réponse à appel d'offre, est un moyen important de générer des diminutions du coût total d'exploitation. Il semble ainsi que l'évolution vers des « contrats de performance » pourrait être une solution pour juguler la dérive des dépenses, à condition que les AOT soient prêtes à négocier des modifications sensibles du design des réseaux.

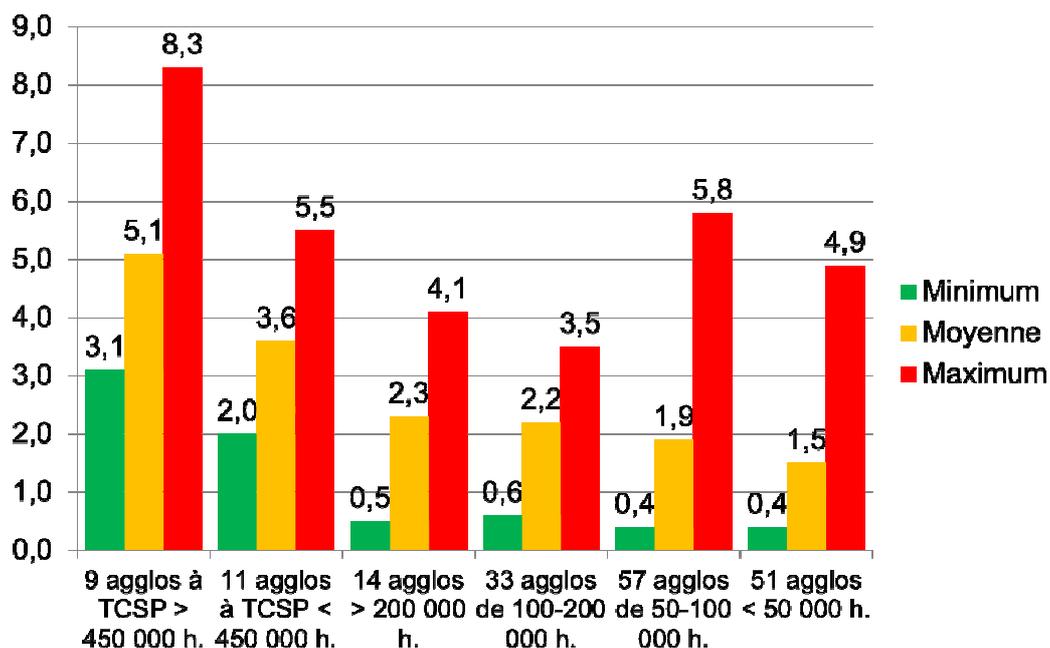
- **La baisse de la recette par voyage** soulève très directement la question de la tarification, qui reste en France un champ encore largement sous-exploité. Comme le montre la figure 4 (cf.infra), celle-ci plafonne depuis une dizaine d'années à moins de 0,60 €. C'est le résultat de tarifs qui n'ont pas progressé en même temps que la qualité du service offert, mais aussi du développement des abonnements mensuels (politique de fidélisation de la clientèle) et d'un grand nombre de réductions tarifaires, sociales ou commerciales, auprès de divers segments de clientèle. Ici, la situation est contrastée entre les petites et les grandes agglomérations : dans les premières, les conditions de concurrence avec la voiture sont défavorables (faible congestion, peu de contraintes sur le stationnement), la majorité de la clientèle est captive (scolaires, ménages à faible revenu) et l'on comprend que le rôle social marqué des TPU conduise à des tarifs peu élevés. Dans les secondes, les nouveaux PDU incitent fortement à réduire l'usage de la voiture en ville, et ce sont donc des automobilistes qui constituent la nouvelle clientèle visée.

Ces derniers révèlent un consentement à payer plus élevé, à condition que les niveaux de service et la qualité offerte par les TC les rendent effectivement compétitifs par rapport à la voiture. De nombreuses études ont montré que le coût privé (pour l'usager) du passager.km en TC est actuellement sensiblement plus faible que celui en voiture (voir récemment Beauvais, 2012). Il n'est donc pas déraisonnable d'envisager une augmentation des titres plein tarif, afin de redresser la situation du R/D, surtout

dans un contexte où le prix des carburants vient déjà renchérir l'usage de la voiture. Ceci n'est pas contradictoire avec une orientation sociale, dès lors que se met en place une « tarification solidaire » autorisant des réductions tarifaires en fonction des revenus du ménage (indexation sur le Quotient Familial, comme à Dunkerque ou Grenoble). De même, les nouvelles possibilités offertes par la billettique (calcul du prix selon la consommation, comme à Londres, post-paiement pour les personnes âgées, comme à Belfort,..) laissent espérer de nouveaux produits tarifaires adaptables aux consommations réelles des usagers.

- **La stagnation de la fréquentation** pose le problème de l'attractivité des réseaux TC. La diminution du nombre de voyages par véhicule.km jusqu'au début des années 2000 tend à démontrer que l'accroissement de la fréquentation a été moindre que celle de l'offre et a contribué à la dégradation de la situation financière des réseaux. Cette évolution correspond à une période d'extension des PTU vers des zones peu denses de la périphérie, mais aussi à des renforcements de fréquence et d'amplitude horaire, nécessaires pour assurer la disponibilité des TC sur l'ensemble de la journée. Là encore, la présence de TCSP et la taille des agglomérations joue fortement sur l'efficacité commerciale des réseaux, comme le montre la figure 6.

Figure 6 : Variation du nombre de voyages par véhicule.km selon les réseaux



Source : GART, 2011, L'année 2010 des transports urbains
(Données : Enquête annuelle sur les réseaux de TPU – DGTIM, CERTU, GART, UTP)

Les écarts au sein de chaque classe résultent de nombreux facteurs liés au contexte local, et sont donc difficiles à analyser à l'échelle du réseau. Si l'on retrouve logiquement des taux moyen d'utilisation qui croissent avec la taille des agglomérations, l'importance des écarts laissent penser qu'une optimisation est possible.

L'hypothèse principale qui motive cette recherche consiste à affirmer que c'est au niveau du design des réseaux que les gains potentiels seront les plus importants, comparativement à la maîtrise des coûts unitaires de production ou à l'accroissement des tarifs. C'est la raison qui explique pourquoi l'analyse de la performance doit être menée au niveau de chaque ligne, en recherchant les facteurs explicatifs d'une bonne efficacité commerciale. Il reste cependant nécessaire de garder à l'esprit les « missions » confiées au transport public (rôle social, décongestion, amélioration de l'environnement, cohérence transport/urbanisme), afin de ne pas tomber dans une simple rationalisation économique qui serait contraire aux objectifs de politique publique visés par les AOT. En effet, il suffirait de limiter les services aux heures de pointe pour améliorer automatiquement l'efficacité commerciale des réseaux. Il est donc indispensable de coupler l'optimisation économique des lignes avec la notion d'efficacité, c'est-à-dire de degré d'atteinte des objectifs des politiques publiques. La finalité de cette recherche est de proposer une méthodologie d'analyse de la performance des lignes, afin d'aider à une certaine rationalisation de l'offre sous contraintes.

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans la coopération des AOT, car les données par ligne sont souvent difficilement accessibles. C'est notamment le cas des données de fréquentation, pour lesquelles nous avons eu recours aux enquêtes origine-destination (ou « Montées-Descentes ») que les opérateurs réalisent épisodiquement à la demande des AOT. Ceci explique que les données concernent les années 2008-2009.

Nous tenons à remercier ici plus particulièrement :

- Montpellier Agglomération et TISSEO (Toulouse) pour nous avoir fourni les données d'offre et de fréquentation de leur réseau respectif
- Le SMTC de Grenoble, pour lequel un financement de thèse CIFRE permet d'approfondir la méthodologie et de l'appliquer à l'optimisation du réseau.
- Le GART, ainsi que plusieurs AOT, qui ont manifesté leur intérêt pour ce projet.

Ce rapport s'appuie principalement sur les réseaux de Montpellier et de Toulouse, dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

Tableau 2 : Données générales sur les réseaux de Montpellier et Toulouse

Valeurs 2008	Montpellier	Toulouse
Population desservie	337 000 h.	856 000 h.
Surface PTU	255 km ²	876 km ²
Longueur des lignes	367 km	1 128 km
Kilomètres produits (milliers) par an (a) -VK	11 074	30 517
Voyages (milliers) par an (b)	65 571	127 339
Efficacité commerciale (b/a)	5,9	4,2
Type de TCSP	Tramway	VAL
Part des TCSP dans l'offre	29,5 %	26,5 %
Part des TCSP dans la fréquentation	75,1 %	70,1 %
Efficacité commerciale moyenne des TCSP	15,1 Voy/VK	11,0 Voy/VK
Efficacité commerciale moyenne des bus	2,1 Voy/VK	1,7 Voy/VK

Données : UTP, 2009

Ces deux agglomérations bénéficient de réseaux de TCSP attractifs (11,0 à 15,1 voyages par véhicule.km), qui jouent un rôle majeur dans les déplacements en TC, en assurant plus du quart des véhicules.km totaux et en captant plus de 70 % des voyages totaux. Il est dès lors intéressant d'analyser la performance beaucoup plus modeste du réseau de bus (1,7 à 2,1 voyages par véhicule.km), qui constitue une part fortement majoritaire des véhicules.km produits, pour ne capter qu'environ un quart des voyages.

2. Les diverses dimensions de la « performance »

Si le terme de performance est maintenant fréquemment utilisé dans le secteur des transports, ce concept fait souvent référence à des dimensions très diverses. Assimilable à un rendement, elle renvoie le plus souvent à la notion de rapport qualité/prix, intégrant aussi bien l'idée d'efficacité (sur le plan socio-économique) que d'efficience. Sur le site gouvernemental « le Forum de la performance »⁴, l'accent est mis sur l'efficience des politiques publiques, au travers d'un pilotage par des indicateurs de performance, sur la base de missions précises. Trois familles d'indicateurs sont ainsi privilégiées :

- « les **indicateurs d'efficacité socio-économique** (point de vue du citoyen) qui mesurent les bénéfices attendus des politiques publiques pour le citoyen (par exemple : réduire la pratique du tabagisme) ;
- les **indicateurs de qualité de service** (point de vue de l'utilisateur) qui mesurent l'amélioration du service rendu à l'utilisateur (par exemple : réduire le délai de réponse judiciaire) ;
- les **indicateurs d'efficience** (point de vue du contribuable) qui portent sur l'optimisation des moyens employés en rapportant les produits obtenus aux ressources consommées. »⁵

Dans le domaine des réseaux de transport public, l'IGD et l'AMF ont publié en mars 2008 un document recensant une liste des « indicateurs de performance des réseaux de transport public », dont l'objectif est de fournir aux collectivités des moyens « d'aide à la décision » avec la possibilité de faire des « comparaisons dans le temps et avec les autres » (p.4). Pour les auteurs, l'analyse de la performance des réseaux de transports publics se distingue de celle des autres services publics sur deux plans :

- « d'une part, la performance des services de transports publics ne réside pas uniquement dans la **qualité du service offert** en cours de déplacement, mais également dans l'**accès** qu'elle permet aux différentes aménités urbaines (lieux de travail, d'études, de services, de commerces).
- d'autre part, les transports collectifs ne constituent qu'un moyen parmi d'autres (marche, vélo, voiture particulière) pour répondre aux besoins de mobilité des personnes (tout le monde a un robinet d'eau dans son logement, mais tout le monde n'est pas usager des transports collectifs) ; ils s'insèrent dans l'organisation globale d'un système de déplacements, défini par l'ensemble des infrastructures de transport, les modes et les services disponibles, ainsi que l'offre de stationnement. » (p.5)

L'analyse de la performance des transports publics doit donc prendre en compte trois domaines, la sphère des transports collectifs (caractéristiques des infrastructures, du matériel, des services offerts), celle des déplacements (l'organisation globale du système de déplacements) et la sphère urbaine (fonctionnement du système urbain dans son ensemble). Chacune d'elle mobilise un nombre variable d'acteurs impliqués.

⁴ <http://www.performance-publique.gouv.fr/>

⁵ http://www.performance-publique.gouv.fr/glossaire/lettre/i/indicateur-de-performance.html?no_cache=1

Encadré 1 : Indicateurs de performance des transports publics

Les fonctions du service de transport public

Source : IGD, AMF, 2008, Indicateurs de performance des réseaux de transport public

1 Faciliter l'accès des territoires aux citoyens : travail, commerce, loisirs, santé, école, etc. (par une offre de service adaptée)

- 1.1 Faciliter l'accès physique (implantation des lignes/territoires)
- 1.2 Faciliter l'accès temporel (fréquence adaptée, fréquence minimale des services réguliers dans une amplitude maximale)
- 1.3 Faciliter la continuité des modes de transports (intermodalités)

2 Favoriser l'accessibilité de tous aux transports publics

- 2.1. Garantir l'accès des personnes à mobilité réduite
- 2.2. Favoriser l'accès des personnes en situation de précarité

3 Réduire les impacts du transport individuel par l'attractivité des transports publics

- 3.1. Informer sur les modalités de déplacement (service normal + incidents...), respecter les horaires, améliorer le confort (déplacements, lieux d'attente)
- 3.2. Garantir la continuité du service (incidents, grèves)

4 Développer la relation citoyenne

- 4.1. Renforcer la sûreté du réseau
- 4.2. Enregistrer et prendre en compte les réclamations
- 4.3. Développer la transparence de gestion et la concertation

5 Participer à la qualité environnementale par un fonctionnement propre

6 Garantir un fonctionnement économique acceptable pour l'utilisateur et pour la collectivité

- 6.1. Assurer la pérennité du patrimoine de transport (investissements/besoins...)
- 6.2. Assurer la durabilité du financement (répartition de la charge utilisateurs, collectivités, salariés...)
- 6.3. Garantir un bon rapport qualité/coût global

Mettant en avant le point de vue des usagers, la démarche s'appuie sur diverses « fonctions » que le réseau de transport public se doit d'assumer (cf. encadré 1). Une batterie de 14 indicateurs principaux (et 15 indicateurs complémentaires) est ainsi proposée pour constituer un tableau de bord de mesure de la performance pour les réseaux urbains.

Le dernier indicateur « garantir un bon rapport qualité/coût global » est un indicateur de synthèse construit sur une base multicritère, visant à donner une note globale de la performance du réseau, dans une perspective de comparaison « dans le temps et avec les autres ». Les pondérations nécessaires à ce calcul ont été établies par le groupe de travail ayant participé à la définition des indicateurs.

Si cette démarche répond bien à des objectifs de pilotage de l'action publique, elle reste cependant peu explicative des résultats obtenus et ne permet pas d'identifier les sources d'(in)efficacité du réseau. Elle répond ainsi plus à une nécessité managériale qu'à une compréhension des facteurs explicatifs de la performance. Divers économistes ont ainsi mis l'accent principalement sur l'efficacité productive, définie comme le rapport entre les inputs (capital, travail, énergie,...) et les outputs (véhicule.km produits).

La mesure de l'efficacité

L'efficacité, définie comme l'optimisation de la relation entre les moyens mobilisés et les résultats, se distingue de l'efficacéité, définie comme le degré d'atteinte d'objectifs préalablement fixés. Dans le domaine des transports urbains, la distinction est d'autant plus importante que les objectifs des politiques de transport sont complexes et variés, comme le rappellent Baumstark et al., 2005 :

« L'objectif n'étant pas défini, l'efficacité n'est pas évaluable. Ce cas est symptomatique d'un grand nombre d'évaluations. Les objectifs des politiques sont très rarement précisés. L'efficacité peut apparaître comme une dimension plus facile à évaluer, et toute aussi importante que l'efficacité. En particulier, lorsque les objectifs opérationnels ne sont pas spécifiés, il est toujours possible, ex post, de mesurer l'efficacité à partir des résultats et des moyens observables (les objectifs ne sont pas observables ex post) ». (pp 65-66)

Les auteurs insistent sur la nécessité de distinguer deux types d'efficacité, selon la nature de l'output considéré : « l'efficacité productive », pour laquelle l'output considéré est l'offre réalisée (niveau de service, le plus souvent exprimé en véhicules-kilomètres produits), et « l'efficacité commerciale », qui met l'accent sur l'usage de cette offre (mesurée le plus souvent par le taux d'utilisation, défini comme le nombre de voyages par véhicule.km) :

« la première catégorie rassemble les indicateurs standards de performance (ceux traditionnellement retenus dans l'industrie), alors que la seconde fait place à des problématiques plus spécifiques aux services, relatives à l'adéquation entre offre et demande et à la pertinence de l'offre » (p.72).

Les auteurs ont choisi de mettre l'accent sur l'efficacité productive, considérant qu'elle doit être un objectif permanent de l'amélioration de la production, en lien avec la dérive observée des coûts d'exploitation des réseaux (cf. nos travaux sur le besoin de financement des réseaux : Faivre d'Arcier, 2008). Cette thématique est classique en économie des transports et de nombreux travaux internationaux sont depuis longtemps produits, visant à rechercher les facteurs explicatifs de la performance économique des opérateurs de transport. Ce courant d'analyse, d'inspiration économétrique, s'est développé dès les années 70, lorsque la concurrence de la voiture a remis en cause la rentabilité des opérateurs privés et que le mécanisme des subventions publiques s'est mis en œuvre. Bly et al. (1980) ont ainsi montré la relation entre la croissance des subventions et la perte d'efficacité des réseaux.

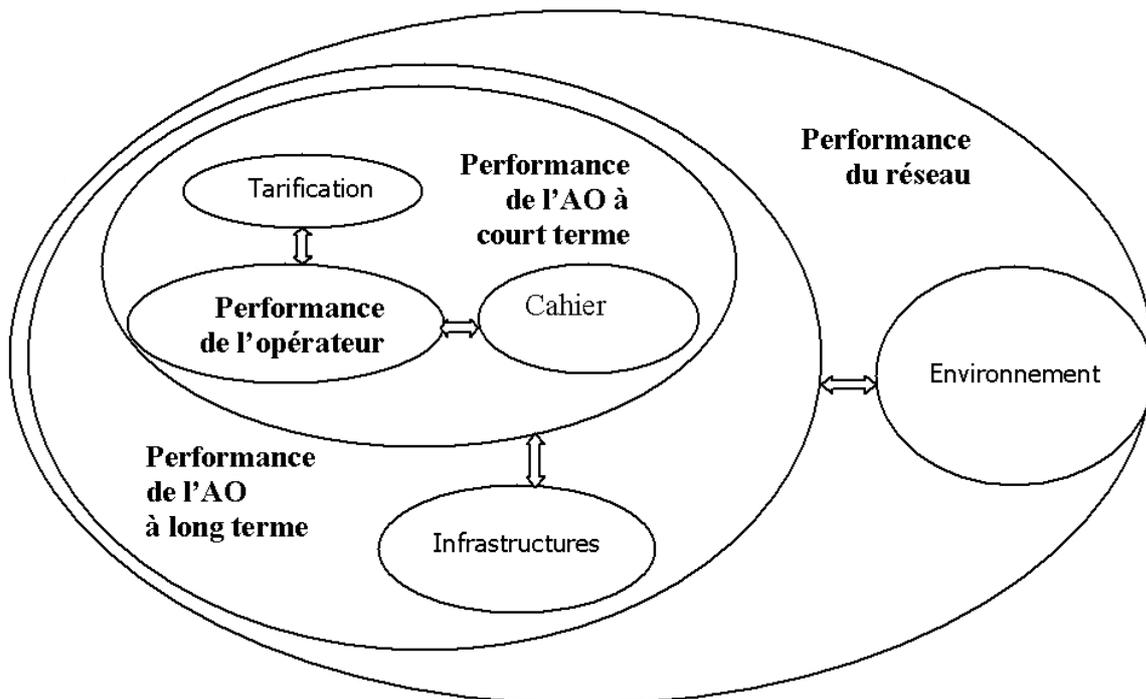
C'est dans ce contexte que s'est développée la remise en question des opérateurs publics, au profit du recours au secteur privé, allant de la dérégulation complète à l'anglaise, jusqu'aux recommandations européennes actuelles du recours à une concurrence régulée, via des appels d'offre (Règlement OSP, 2007). L'analyse du degré incitatif des contrats entre autorités organisatrices et opérateurs (Wallis I., 2003 ; Gagnepain et Ivaldi, 2002) constitue désormais un champ fécond pour les travaux académiques, qui débouche en particulier sur deux dimensions importantes : l'allotissement (découpage des grands réseaux en lots de taille optimale sur le plan de la production) et le partage du « niveau tactique » (design du réseau) entre autorités organisatrices et opérateurs (Van de Velde, 2003).

L'analyse de l'efficacité technique de production vise à identifier les facteurs explicatifs de la formation du coût d'exploitation des réseaux. Outre les paramètres classiques du capital, du travail et de l'énergie, de nombreuses variables ont été testées pour comprendre les

différences entre réseaux. Cela va de la vitesse d'exploitation à l'appartenance à un groupe de transport spécifique, en passant par des paramètres de structure et de design des réseaux (correspondance, relief, longueur des lignes, population, etc.). Parmi les travaux menés en France, citons (Croissant Y., 1996) ou (Kerstens K., 1999). La technique des « frontières de production » est ainsi utilisée pour mesurer les sources d'inefficience et le poids relatif de chacun des facteurs (De Borger et al., 2002).

Baumstark et al. (2005) mettent ainsi l'accent sur la nature des relations contractuelles pour expliquer des différences d'efficience entre les réseaux français. Ils soulignent cependant la grande variété de situations liées au contexte local, mais aussi à l'importance des autorités organisatrices dans la définition de l'offre de transport et des conditions d'exploitation. En effet, les autorités organisatrices maîtrisent – dans le cas français – des éléments clé de la performance globale du réseau, comme la tarification, le choix des dessertes, le niveau de service offert et l'investissement (infrastructures et matériel roulant). Dès lors les conditions d'exploitation sont fortement encadrées et les résultats en termes de fréquentation largement liés aux choix tactiques opérés. Les auteurs proposent ainsi de distinguer plusieurs niveaux de performance, selon l'acteur impliqué (opérateur, AO) et selon le terme observé (court/moyen terme), afin d'approcher une performance globale qui renvoie aux objectifs de politique de déplacement (figure 7).

Figure 7 : Une performance liée aux acteurs

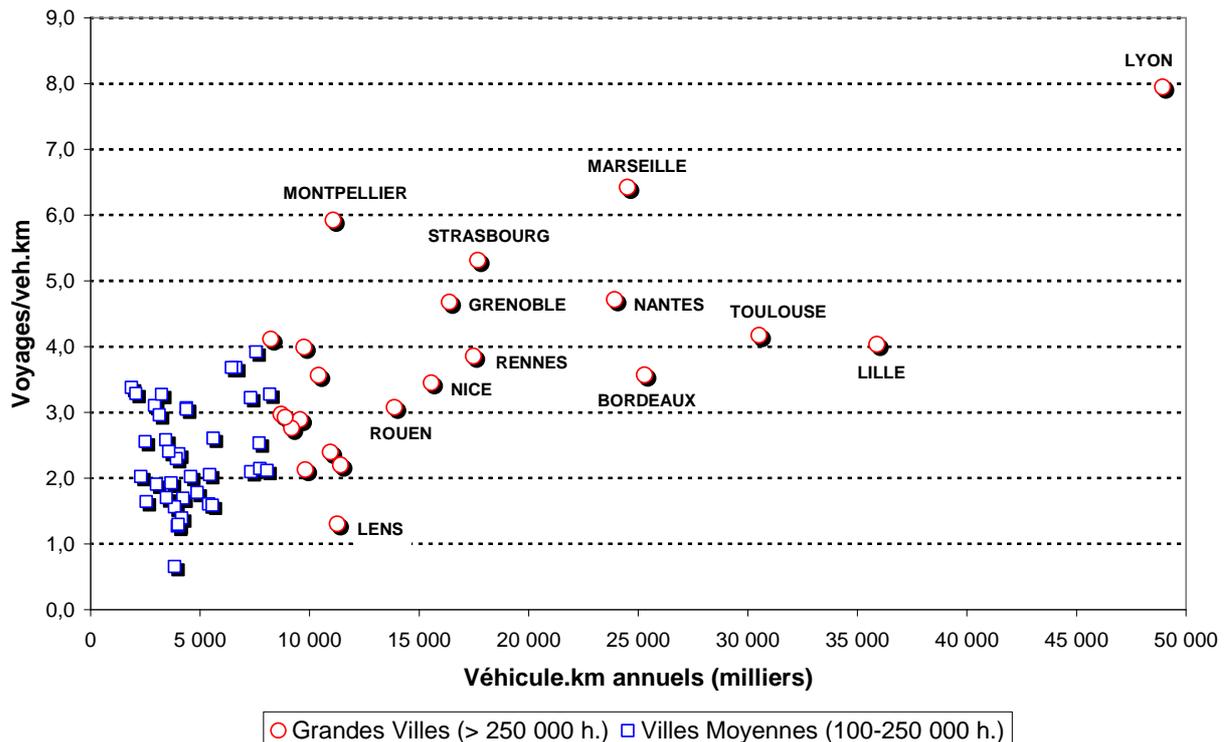


Source : Baumstark et al., 2005

Ainsi, l'efficience commerciale n'est pas forcément directement dérivée de l'efficience productive, même si cette dernière reste fondamentale pour minimiser les coûts de production du service. L'environnement général du réseau est sans doute le facteur plus important pour la fréquentation, qu'il s'agisse de la population et des emplois desservis (notamment via la densité des zones desservies), des politiques menées en faveur de chacun des modes de transport (concurrence avec la voiture). Le tracé des lignes, les niveaux et la qualité du service

proposé (amplitude horaire, fréquence, vitesse) et par conséquent les choix d'investissement opérés sont autant de facteurs à prendre en compte pour apprécier l'efficacité commerciale. Les statistiques publiées annuellement (UTP, 2010) permettent ainsi de constater que l'efficacité commerciale (mesurée en voyages par véhicule.km) connaît deux faits marquants. Le premier est l'influence de la taille des réseaux : en 2008, ce taux d'utilisation est en moyenne de 4,4 voyages par véhicule.km pour les réseaux de plus de 250 000 habitants en province, de 3,7 pour ceux de 100 à 250 000 et seulement de 2,2 pour les réseaux de moins de 100 000 habitants.

Figure 8 : Relation entre offre et efficacité commerciale en 2008



Données : UTP, 2010, les principaux chiffres de l'année 2008

Le second est une évolution contrastée de ce ratio au cours du temps : « sur la période 1998-2008, ce ratio a progressé de 13,3% dans les grandes agglomérations alors qu'il reculait de 10,2% et 13,4% dans les moyennes et petites. » (UTP, 2010, p. 18) Pourtant, depuis 2005, une inflexion semble marquer un changement, puisque ces ratios se stabilisent dans les réseaux de moins de 250 000 habitants, et connaissent une progression sensible dans les plus grands (+ 9,4% entre 2005 et 2008).

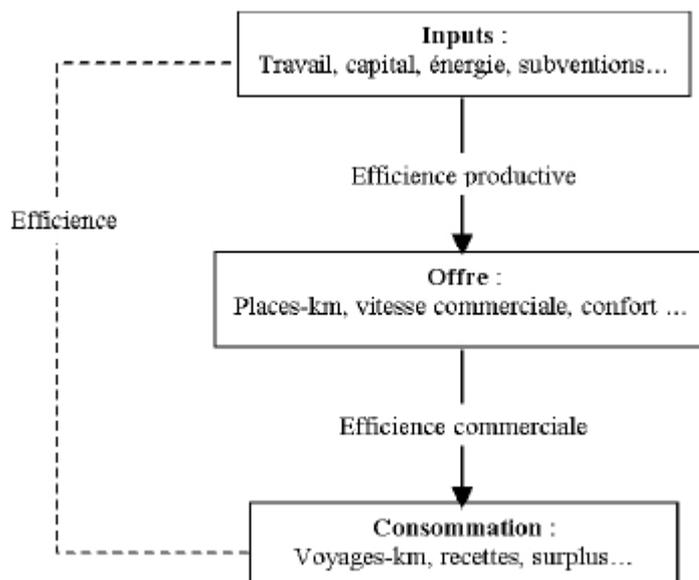
Efficiency productive et efficacité commerciale

Si l'efficacité productive reste un objectif structurel pour l'entreprise exploitante, puisqu'elle impacte directement ses résultats, elle préoccupe également l'Autorité Organisatrice, en tant que client qui achète une prestation de service. Il faut noter ici l'importance d'un dialogue entre les deux parties sur la définition même de ce service, les standards d'offre imposés par l'AO ayant une conséquence directe sur l'ampleur des moyens que l'opérateur doit mobiliser (matériel et personnel). Les nombreuses contraintes imposées à la production du service ne permettent pas en effet d'optimiser le processus de production, autant que dans la production industrielle classique : pas de stockage intermédiaire possible (production instantanée et

localisée), variation des niveaux de production au cours du temps (journée, semaine, année), évolution des conditions de circulation (vitesse, régularité), etc. Certaines conditions imposées via les standards d'offre (amplitude, fréquence, confort,...) imposent de sur-dimensionner les moyens de production mobilisés et ont un impact direct sur les coûts. L'optimisation sous contrainte est donc difficile et nécessite à la fois des adaptations à la marge du cahier des charges, et des actions de l'AO sur les conditions de circulation (priorité).

D'un autre côté, la recherche de l'efficacité commerciale pose différents problèmes sur le plan des politiques publiques. Rappporter la performance d'un réseau à son taux d'utilisation (nombre de voyages par véhicule.km produit) aboutit mécaniquement à l'adaptation de l'offre au volume de la demande. Dès lors, la facilité consiste à supprimer les services à faible taux d'utilisation (heures creuses), ou à limiter la desserte des zones peu denses (périphérie), mais cela entre en contradiction avec les objectifs d'une mobilité soutenable (réduction de l'usage de la voiture). L'intérêt de l'indicateur n'est donc pas dans sa valeur absolue, mais dans sa valeur relative : c'est un descripteur, qui permet de repérer quelles lignes ou parties de réseau présentent des résultats faibles, afin d'en rechercher les raisons et de définir les actions susceptibles d'en améliorer la performance. Les raisons peuvent être structurelles (inadéquation du type de service au niveau de la demande) ou bien résulter de l'écart entre le service offert et les attentes de la clientèle visée (trop faible fréquence, temps de parcours par rapport aux modes concurrents). Dans tous les cas, cela suppose une analyse plus approfondie des attentes d'une clientèle de plus en plus diversifiée.

Figure 9 : Relation entre efficacité productive et efficacité commerciale



Source : Baumstark et al., 2005

Si la théorie suggère que les contrats entre AO et opérateurs doivent comprendre des clauses incitatives, et que la « contribution financière forfaitaire » (*net cost contract*), qui établit un partage des risques industriels (coûts d'exploitation) et commerciaux (recettes commerciales), est la forme la plus adaptée, il n'en reste pas moins que la définition d'un cahier des charges très strict n'autorise pas une optimisation profitable aux deux parties. Il semble donc opportun (dans un contexte financier difficile pour les collectivités) de réfléchir à des mécanismes contractuels favorisant cette optimisation des réseaux, par exemple par des clauses de

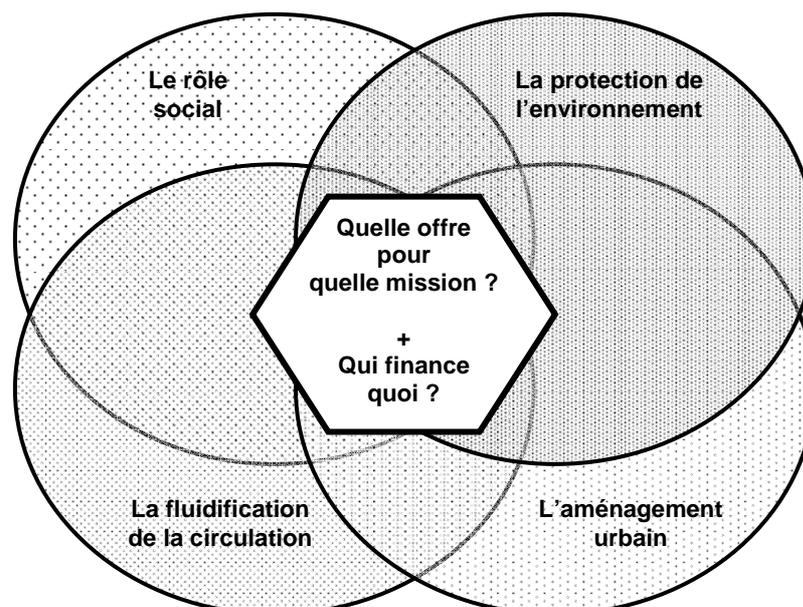
performance liées à une plus grande marge de manœuvre de l'opérateur pour adapter l'offre en fonction des contraintes de production du service. Comme le suggère indirectement la figure 9 ci-dessus, une mesure de l'efficacité globale pourrait être le coût au voyageur transporté. Certaines AO, comme la Communauté Urbaine de Bordeaux, publient déjà régulièrement le coût public par voyageur, ce qui permet en outre de prendre en compte l'impact du système tarifaire.

Efficiency commerciale et performance de réseau

Les chiffres globaux de l'efficacité commerciale révèlent une performance relativement faible. Les raisons en sont facilement identifiables et sont relatives aux objectifs des politiques publiques. Outre la concurrence de la voiture qui fut privilégiée pendant des décennies, le faible taux d'utilisation provient principalement du fait que l'offre ne se limite pas à l'heure de pointe, segment le plus rentable. L'« obligation de service public » conduit en effet à offrir un service tout au long de la journée, alors que la demande de déplacement est faible. Plus récemment, l'extension des Périmètres de Transport Urbain a conduit à développer des services dans des zones périphériques où la densité de population est par nature très faible.

Face au déficit d'exploitation croissant qui en résulte (sans oublier la dérive des coûts unitaires de production et la stabilité des tarifs), la pertinence économique de ces prolongements de l'offre dans le temps et l'espace se pose. Sans remettre en question les objectifs de réduction de l'usage de la voiture en ville, il importe de vérifier dans quelle mesure l'offre est optimisée. Ainsi, même sur le plan environnemental, est-il justifié de faire rouler en périphérie lointaine des bus diesel consommant 40 litres aux 100 km pour transporter deux ou trois clients ? Poser cette question revient à s'interroger sur l'adéquation de l'offre aux missions que le transport public doit jouer dans la mobilité urbaine. C'est donc en termes d'efficacité des politiques publiques, que l'on se doit également d'apprécier l'efficacité commerciale.

Figure 10 : Les quatre missions du transport public



Source : Faivre d'Arcier, 2010

Encore faut-il être en mesure de définir des objectifs pour pouvoir évaluer les politiques de transport, et plus particulièrement celles en matière de transport public urbain. Naturellement, ces objectifs varient d'une ville à l'autre, mais l'observation a posteriori des politiques de transport permet de dégager quatre missions principales, historiquement marquées (figure 10). Il est clair que la juxtaposition de ces différentes missions conduit à des compromis dans la structuration du réseau de transport. En effet, la clientèle visée n'est pas la même, et les attentes des clients en termes de desserte et de niveau de service sont différentes.

- La **mission sociale** traditionnelle vise à offrir l'accès au travail et à la ville à des populations captives ou à revenus modestes. Elle suppose donc d'assurer la desserte de quartiers souvent périphériques (coût du logement moins élevé), mais aussi de satisfaire des besoins de déplacement qui peuvent être périphériques (localisation de l'emploi) et parfois à des heures décalées par rapport aux heures de pointe traditionnelles (exemple du personnel d'entretien en soirée ou tôt le matin). Mais cette mission peut également couvrir les besoins de mobilité d'une population captive, comme les jeunes (scolaires), les étudiants ou les retraités, tant dans l'accès aux lieux d'enseignement que dans l'accès aux services et commerces de centre-ville ou de quartier. La diversité des comportements de mobilité tendrait à privilégier une logique de couverture spatiale étendue et de maillage au sein de la ville, afin de multiplier les opportunités de destination pour des flux qui peuvent rester modestes : ici la notion d'obligation de service public prend tout son sens, même si la contrainte financière conduit souvent à proposer une offre minimale. Il reste cependant à s'assurer que l'offre mise en place répond correctement à cette demande de déplacement, ce que l'on peut vérifier par l'analyse des caractéristiques des usagers des lignes (âge, statut,...). Si l'on comprend bien la notion de service public qui justifie le maintien de lignes à faible fréquentation, encore faut-il s'assurer que ce coût n'est pas excessif et que des alternatives plus légères ne permettraient pas d'offrir un service équivalent à moindre coût. C'est en particulier le cas de prolongements de lignes en périphérie pour lesquelles deux situations sont fréquemment observables : soit un nombre de services important, sans rapport avec le volume de clientèle attendu, soit à l'inverse une offre très faible, purement symbolique (la commune est desservie), mais dont l'attractivité est proche de zéro...
- La **réduction de la congestion** est une mission particulièrement importante dans les grandes agglomérations. Elle concerne une clientèle se déplaçant en heure de pointe, principalement à destination du centre-ville, pour le motif domicile-travail. L'amélioration de l'offre vise donc à capter des automobilistes, dans un contexte de pénalisation de l'usage de la voiture en ville dans le cadre du PDU (contraintes de stationnement, abaissement des vitesses). Cette situation concurrentielle peut être favorable dans une période où l'augmentation des prix des carburants constitue une incitation forte au report modal. Dès lors, le temps de parcours, prenant en compte la vitesse et la fréquence des TC, devrait ne pas dépasser 1,5 fois le temps en voiture pour que l'offre TC soit attractive⁶. La recherche de tracés plus directs (voire de services express), la protection par des couloirs assurant une bonne régularité et l'aménagement de lieux de correspondance adaptés sont des éléments renforçant cette attractivité. Là encore, l'importance de la clientèle domicile-travail en heure de pointe peut être un moyen de vérifier la performance de la ligne vis-à-vis de cet objectif.

⁶ L'étude de la restructuration du réseau de Berlin met en évidence que la probabilité d'usage des TC dépasse les 50 % quand le temps TC est inférieur à 1,5 fois le temps en VP (Reinhold, 2008). Ce qui signifie que pour un parcours en VP de 30 mn, l'automobiliste accepte un temps en TC de 45 mn environ.

- **L'amélioration de l'environnement** constitue une des nouvelles missions du transport public en offrant une alternative modale à la voiture. L'efficacité suppose ici de pouvoir capter des trajets longs, entre le centre et la périphérie, mais également au sein de la périphérie, où les déplacements automobiles sont en forte croissance ces dernières années. Les dernières Enquêtes Ménages Déplacements montrent en effet que les distances parcourues continuent de croître, et le renchérissement du prix des carburants est un facteur qui peut aider à un transfert modal significatif. Cependant, la faible densité des espaces périphériques est un frein, et le développement de trajets combinés (VP+TC) peut être un moyen efficace de réduire le kilométrage en voiture. L'intermodalité reste encore marginale en France : son développement suppose que l'offre TC soit attractive et que le stationnement en parc-relais facilite ces reports partiels. La consommation énergétique et les émissions de CO₂ étant directement corrélées à la distance, il importe de développer les analyses en termes de passagers.km, et non seulement de nombre de voyages.
- La **contribution à l'aménagement urbain** fait plus largement référence aux investissements de développement des réseaux, notamment autour des lignes fortes. La recherche d'une meilleure intégration transport/urbanisme dans le développement des nouveaux quartiers ou des opérations de réhabilitation de quartiers anciens s'appuie désormais sur des procédures de planification et de réalisation plus efficaces comme les Contrats d'Axes (CERTU, 2010). Cette mission s'inscrivant dans le temps long et s'appuyant sur des choix d'investissement, ne sera pas abordée dans le cadre de cette recherche. Il serait cependant intéressant de développer des indicateurs permettant d'apprécier l'importance de l'usage des lignes de TC en lien avec cet objectif. Ceci pourrait par exemple passer par une comparaison des niveaux d'usage des lignes avec l'importance des flux de déplacement générés par ces nouveaux quartiers.

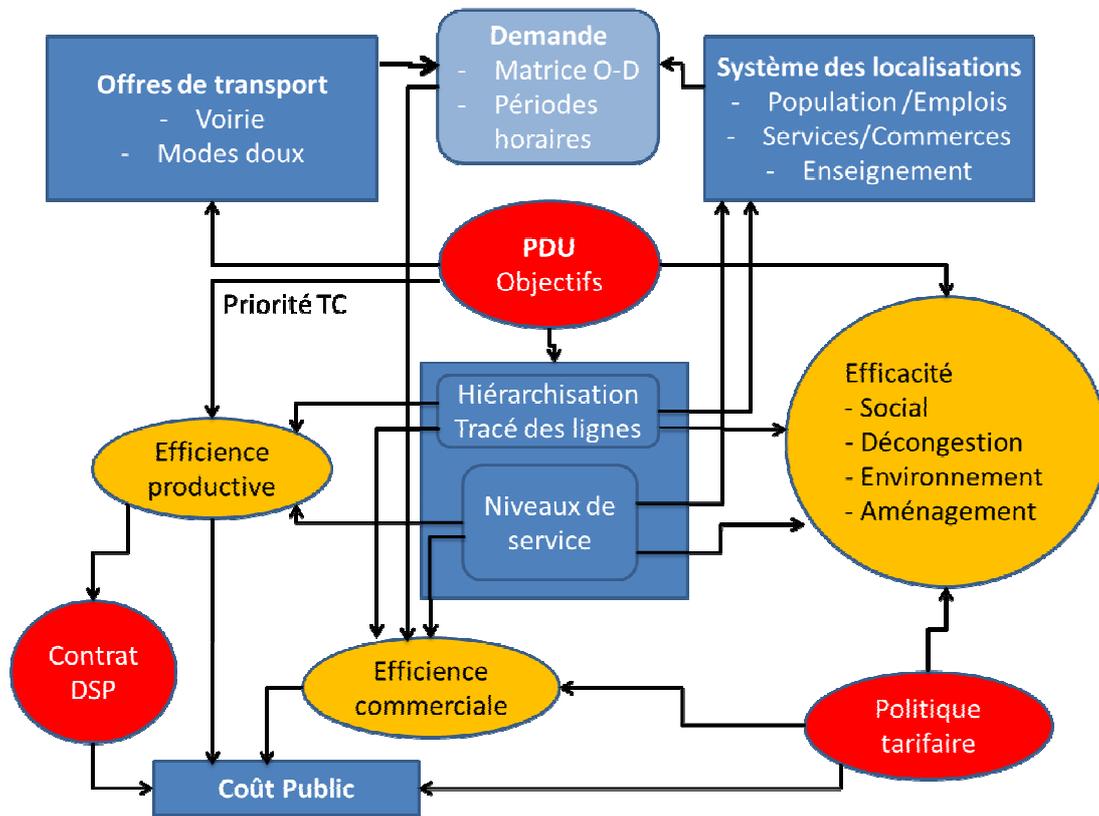
Articuler efficience et efficacité

La mesure de la performance d'un réseau de transport collectif est donc particulièrement complexe, si l'on cherche à en mesurer toutes les facettes. Il semble en effet important d'articuler les questions d'efficience et d'efficacité pour éviter de simples processus d'optimisation financière des lignes constitutives d'un réseau, tout en s'assurant que les objectifs de politique publique mis en avant dans les PDU soient bien atteints. La figure 11 tente de résumer les nombreuses interactions qui influencent cette performance et sa conséquence sur le besoin de financement public nécessaire à couvrir l'écart entre le coût d'exploitation et les recettes commerciales.

La partie supérieure rappelle que le réseau s'inscrit dans un territoire à desservir, caractérisé par un système de localisation (habitat, emplois, commerces, services, lieux d'enseignement) et des offres de transport alternatives ou concurrentielles. Les objectifs du PDU se déclineront sur le plan opérationnel par des niveaux d'offre en transport collectif : tracé des lignes et hiérarchisation technique de l'offre, en lien avec l'importance de la clientèle attendue, niveaux de service offert (fréquence, amplitude horaire, vitesse, régularité,..). L'efficience productive dépendra en grande partie de ce design du réseau, mais aussi des choix de priorité accordée à la circulation des transports collectifs sur la voirie, et aux mécanismes incitatifs définis dans les contrats avec les opérateurs. L'efficience commerciale dépend également du

design des lignes constitutives du réseau, en fonction de la nature des territoires desservis, de l'attractivité des niveaux de service offerts et de la politique tarifaire en vigueur. Enfin, l'efficacité prend en compte les caractéristiques de la demande de déplacement satisfaite, tant au niveau des clients utilisateurs du réseau que de la nature des trajets effectués (motif, distance, période horaire/journalière).

Figure 11 : Facteurs influençant la performance d'un réseau TPU



L'analyse de la performance au niveau de la ligne de transport collectif permet ainsi de mieux apprécier son attractivité, et d'expliquer les niveaux de performance globale du réseau. Il est cependant nécessaire de considérer la ligne comme le point d'accès au réseau pour tenir compte de l'importance croissante des correspondances dans la structuration des réseaux : la hiérarchisation technique mise en œuvre lors de la mise en service des TCSP conduit en effet à articuler ces lignes de forte capacité avec des logiques de rabattement pour assurer une desserte fine des territoires, tout en multipliant les opportunités de destination dans la ville. Cette analyse des correspondances est un moyen d'apprécier l'effet réseau généré par la structuration des lignes. Mais cette hiérarchisation n'est pas que technique : il apparaît que quelles que soient les villes, les réseaux se composent le plus souvent de quelques lignes fortes, captant l'essentiel de la clientèle, et d'un grand nombre de « petites » lignes plus destinées à assurer la couverture géographique du territoire. Massot et Orfeuil (1989, 1990, 1991) ont analysé une trentaine de villes « sans métro » et ont montré que la performance des lignes était très variable au sein d'un réseau, en fonction des territoires desservis et des niveaux de service offerts. Aujourd'hui, cette hiérarchisation est encore plus recherchée, dans la mesure où il apparaît que pour capter des automobilistes, il est nécessaire de viser un niveau d'offre élevé (nombre de services par jour) pour pouvoir concurrencer la disponibilité de la voiture. La récente restructuration du réseau de bus de Lyon (Atoubus), ou même de

plus petits réseaux comme Belfort va dans ce sens, et de nombreux projets (comme Chronobus à Nantes) sont dans l'idée de favoriser ces lignes à haut niveau de service, qui semblent être plus attractives.

La difficulté d'accès à des données détaillées par ligne

La construction d'indicateurs de performance par ligne nécessite de disposer de données à cette échelle. Les données d'offre (tracé de la ligne, implantation des arrêts, distribution des services sur la journée) sont facilement disponibles, même si parfois le mode d'exploitation de la ligne les rend complexes : services variant selon les jours, existence de terminus intermédiaires ou d'antennes, itinéraires variables au cours de la journée. Le service exploitation de l'opérateur dispose de ces données, mais elles ne sont pas toujours sauvegardées pour des traitements ex post. Du côté de l'AOT, les informations manquent parfois de précisions, par exemple sur la géolocalisation des arrêts ou les distances inter-arrêts⁷. Plus globalement, il a été nécessaire de vérifier la codification des arrêts (dont les noms ont tendance à changer selon les lignes, et à construire des tables de correspondance entre arrêts, afin de pouvoir bien identifier les déplacements complets des individus par la suite.

Les données concernant la clientèle sont également souvent fragmentaires. Si la fréquentation de chaque ligne est globalement bien connue sur une année d'exploitation, il s'agit essentiellement du nombre de voyages, obtenu par un recoupement entre les données fournies par des systèmes de comptage automatique (type « marche sensible » ou cellule infrarouge), et celles provenant de la validation des titres. Compte-tenu des besoins de l'exploitant (suivi de la charge des véhicules, statistiques contractuelles pour l'AOT, type serpent de charge), ce dispositif est suffisant pour la gestion opérationnelle de la ligne. Par contre, ces types de comptage ne permettent pas d'identifier le trajet effectué en transport en commun (itinéraire montée-descente, correspondance sur le réseau), et encore moins de connaître les caractéristiques de l'utilisateur. Le service Marketing, en lien avec l'AOT, fait pour cela réaliser des enquêtes spécifiques origine-destination, qui sont assez lourdes et coûteuses puisque la passation des questionnaires nécessite le recrutement d'enquêteurs. C'est la raison pour laquelle ces enquêtes O-D ne sont réalisées qu'épisodiquement : le plus souvent, une ligne n'est enquêtée sur une journée complète que tous les 3 ans. Enfin, dans certains réseaux, des enquêtes Mobilités sont effectuées sur le même rythme, afin d'apprécier la fréquence d'utilisation de certains titres comme les abonnements mensuels.

Il faut noter que ces enquêtes O-D ne sont pas normalisées aujourd'hui, tant dans la construction des échantillons (sélection de lignes, sélection de périodes horaires ou de services, recensement exhaustif ou tirages aléatoires) que dans le contenu des informations demandées. Les caractéristiques des clients sont en général recensées sur les variables suivantes : genre, âge, statut, commune de résidence, et parfois le titre de transport utilisé. Les données concernant le voyage comprennent : la ligne utilisée, le service (ou l'heure), le sens de circulation, l'arrêt de montée, l'arrêt de descente, les modes d'accès aux arrêts, les motifs origine et destination (voir annexe 1). Il faut en particulier noter que les trajets amont et aval du voyage enquêté ne sont pas toujours recensés avec précision : il est en effet nécessaire de

⁷ Pour les deux réseaux sur lesquels l'analyse a été conduite en détail, il a notamment été nécessaire de mener un travail important de vérification des données disponibles sous le logiciel MapInfo. Cet outil est principalement utilisé comme un logiciel de cartographie thématique, et rarement comme une vraie base de données géo-référencée.

disposer, en cas de correspondance amont ou aval, non seulement de la ligne utilisée, mais aussi de l'arrêt de montée ou de descente, afin de pouvoir reconstituer l'intégralité du déplacement de l'utilisateur. Ce fut le cas pour Montpellier, mais pas pour Toulouse, ce qui n'a pas permis de calculer tous les indicateurs envisagés. Il semble que le coût de ces enquêtes explique leur périodicité (souvent 3 ans, selon les restructurations du réseau), mais cela tient aussi au fait que le suivi détaillé de la clientèle par ligne n'est pas souvent exigé par les AOT.

Une des limites importantes des indicateurs d'usage qui seront présentés dans la suite de ce rapport, tient à cette absence de suivi détaillé de la clientèle : généraliser les profils des lignes à partir d'une journée moyenne enquêtée est donc abusif. C'est pourquoi les valeurs de ces indicateurs doivent être prises avec un certain recul : l'objectif est principalement ici de proposer des indicateurs, leur méthode de mesure et d'en montrer l'intérêt pour améliorer la performance des lignes.

La périodicité de ces enquêtes oblige à faire porter les analyses sur l'année de réalisation. C'est la raison pour laquelle les données d'offre et d'usage concernent la période 2008-2009. Ceci conduit à un décalage important entre la situation analysée et la situation actuelle, les modifications d'offre étant fréquentes dans les réseaux (changement de fréquences ou d'amplitude horaire, modification du tracé de la ligne, voire restructuration complète lors de la mise en service de lignes de TCSP). Ce décalage ne remet pas en cause *a priori* les éléments de méthodes proposés pour analyser la performance.

Enfin, la construction des indicateurs nécessite également des données externes, concernant la localisation de l'habitat et des emplois, ainsi que des services, commerces et lieux d'enseignement. Il est alors difficile de trouver des données géo-localisées facilement disponibles, ces sources n'étant pas de la responsabilité des AOT. C'est la raison pour laquelle nous avons dû limiter nos ambitions aux seules données de population, par l'utilisation des fichiers IRIS librement accessibles via le site de l'INSEE. Ici un travail important de mise en relation des zones IRIS et de la localisation des arrêts a été nécessaire, afin de pouvoir estimer les poids de population résidente située dans un rayon de 300 m autour des arrêts. A défaut de données plus précises, les populations ont été affectées au prorata des surfaces des zones IRIS, ce qui génère un biais potentiel important en supposant une équi-répartition de la population dans la zone. Afin de limiter ce biais, notamment dans les communes périphériques, cette répartition a été corrigée en tenant compte de la surface de bâti⁸.

Il n'a par contre pas été possible de disposer des effectifs salariés à proximité des arrêts (les données IRIS 2008 fournissent seulement le nombre d'établissements), ni de la localisation des activités de commerces et de services. Le recensement des effectifs des établissements d'enseignement (collège, lycée, université) n'a également pas pu être entrepris. Il s'agit là d'une limite importante dans l'analyse de l'attractivité des lignes.

⁸ Merci à Romain Regouby, étudiant du Master TER, qui a réalisé ce travail sous MapInfo.

3. Facteurs explicatifs de l'efficacité commerciale des lignes

Les chiffres moyens par réseau de l'efficacité commerciale (cf. figure 6) cachent des différences très importantes selon les lignes, en fonction de la technologie de transport (métro, tramway, bus), des territoires desservis (centre/périphérie, desserte d'équipements) et des itinéraires suivis. Il semble donc logique de commencer par segmenter l'offre en lien avec la place que chaque ligne occupe au sein du réseau : les lignes de TCSP desservent systématiquement le centre et les quartiers les plus denses, tandis que les lignes de bus assurent des liaisons sur lesquelles la clientèle est potentiellement moins importante et jouent un rôle de couverture géographique des territoires, souvent en connexion avec les lignes structurantes du réseau. Il en découle des niveaux d'offre sensiblement différents et l'efficacité des lignes est naturellement corrélée avec les territoires desservis.

L'analyse portera en premier lieu sur la construction d'une typologie des lignes, même si les résultats sont limités, du fait que le nombre de lignes est peu important dans chaque réseau, ce qui ne confère qu'un caractère qualitatif à cette approche. Dans un second temps, on recherchera des facteurs explicatifs de l'efficacité commerciale, tenant compte des niveaux de service et de la nature des espaces desservis.

Une typologie des lignes qui reflète la hiérarchisation des réseaux

On observe dans la plupart des réseaux une répartition des lignes en fonction des territoires traversés et de leur distance par rapport au centre-ville où la densité de population et d'activités est la plus importante. Trois catégories sont fréquemment présentées : les lignes « urbaines » desservant presque exclusivement la commune centre, les lignes « suburbaines » qui desservent les communes de banlieue et assurent souvent une liaison avec le centre, les « lignes périphériques » présentes dans les communes les plus éloignées du centre, qui assurent des dessertes de quartier, souvent en rabattement sur les lignes de TCSP. Cependant, cette distinction fondée sur l'implantation géographique des lignes ne semble pas suffisante pour expliquer les différences d'efficacité commerciales. Ainsi le nombre de voyageurs par véhicule.km est en moyenne à Montpellier, de 5,04 pour les lignes « urbaines » et de 1,19 pour les lignes suburbaines (respectivement 3,33 et 1,50 à Toulouse), mais les variations au sein de chaque groupe sont importantes : pour les lignes urbaines, l'efficacité commerciale varie ainsi de 3,47 à 6,17 à Montpellier et de 2,85 à 5,40 à Toulouse.

Une autre distinction fréquemment faite porte sur la forme de la ligne, entre des lignes radiales, diamétrales, de rocade, de desserte de quartier, voire sur les fonctions assurées (desserte du centre, desserte de pôle secondaire ou d'équipement, rabattement sur une station de TCSP). Ce dernier critère semble de moins en moins pertinent, car le rabattement est une pratique qui tend à se généraliser, et les lignes sont parfois connectées à plusieurs lignes de TCSP. Comme on peut le voir à partir de ces exemples, la multiplication des critères de description des lignes conduirait à multiplier les catégories, au risque de n'avoir qu'une ligne dans chaque classe...

Il est alors apparu logique de rechercher une typologie plus simple, croisant ces divers critères, en s'inspirant des travaux de L. Clément (1995), qui propose de segmenter l'offre autour de trois fonctions de la ligne au sein du réseau :

- La **massification** : fonction assurée par des lignes situées majoritairement dans la zone la plus dense de l'agglomération (= le centre), sur lesquelles les rabattements sont effectués et assurant principalement l'écoulement des voyageurs. Ces lignes peuvent être caractérisées par un équilibre relatif des échanges aux différents arrêts ;
- La **connexion** : fonction assurée par des lignes situées elles aussi majoritairement dans la zone la plus dense de l'agglomération (= le centre) mais assurant à la fois l'écoulement des voyageurs et l'accès à des lignes de massification ;
- La **diffusion** : fonction assurée par les lignes situées majoritairement en zone périphérique de l'agglomération et assurant principalement l'accès à des lignes de massification. Ces lignes peuvent être caractérisées par un fort déséquilibre des échanges aux différents arrêts.

Cette segmentation a été cependant enrichie pour tenir compte du poids important du centre dans les villes de province, et de l'existence de nœuds majeurs dans des réseaux encore le plus souvent en étoile. Cela ne concerne pas les lignes de massification qui sont dans ces villes, les lignes de TCSP (métro à Toulouse, tramway à Montpellier), et desservent le centre de façon radiale (même si certaines desservent la périphérie, comme à Montpellier). On distinguera donc :

- Les **lignes de connexion majeures** desservant l'hyper centre de l'agglomération : elles sont connectées aux nœuds principaux du réseau, sont des radiales ou diamétrales qui sont des compléments aux lignes de massification ;
- Les **lignes de connexion de maillage** ne desservent pas l'hyper centre, mais des quartiers plus secondaires du centre ou sont des rocades. Elles viennent en complément du maillage principal du réseau constitué des lignes de massification et des lignes de connexion majeures ;
- Les **lignes de diffusion majeures** entrant dans le centre en provenance du périurbain ou de la périphérie, et qui sont connectées au reste du réseau dans le centre voire l'hyper centre de l'agglomération ;
- Les **lignes de diffusion secondaires** restant en périphérie/périurbain (n'entrant pas dans le centre).

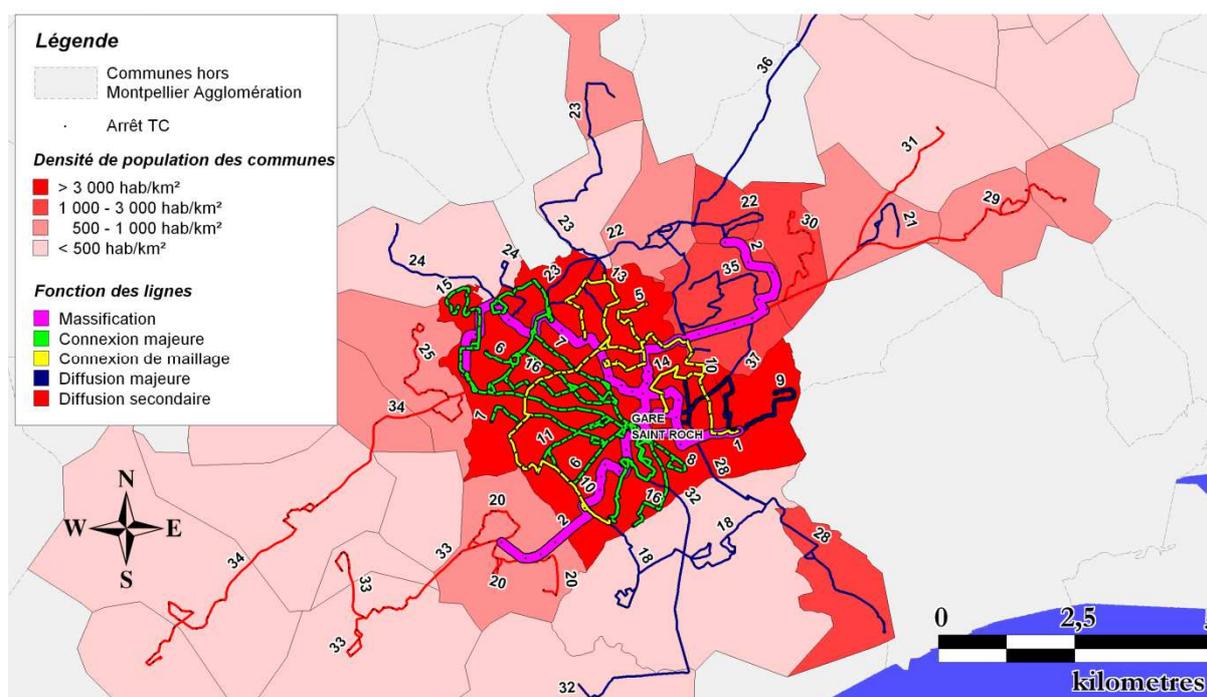
Ceci conduit à une typologie en 5 classes, résumée par le tableau 3. Cette typologie fonctionnelle constituera une première variable descriptive pour comparer les différentes lignes et caractériser la morphologie du réseau. Elle présuppose des marchés potentiels de taille décroissante en allant de la « massification » à la « diffusion », et par conséquent des niveaux de service adaptés à ces marchés.

Cependant, cette segmentation ne peut être reliée directement à des standards de niveaux de service, comme la fréquence en heure de pointe et en heure creuse, l'amplitude horaire ou la vitesse de circulation. Ces éléments résultent en effet des choix opérés par l'AO, mais aussi de la taille de l'agglomération étudiée, et de la spécificité des contextes locaux desservis (par exemple, le cas particulier des lignes desservant des campus universitaires, qui peuvent nécessiter des fréquences élevées en lien avec une clientèle étudiante très consommatrice des transports collectifs).

Tableau 3 : Typologie des lignes au sein d'un réseau

Fonctions des lignes	Massification	Connexion		Diffusion	
		Majeure	De maillage	Majeure	Secondaire
<i>Localisation</i>	Centre et Hyper centre	Centre et Hyper centre	Centre (hors hyper centre)	Périphérie/ Périurbain jusqu'au Centre	Périphérie/ Périurbain
<i>Type de ligne</i>	TCSP	Bus en radiale ou diamétrale	Bus en rocade ou desserte de quartiers secondaires	Tous types de lignes de bus	
<i>Fonction</i>	Ecoulement des voyageurs	Ecoulement des voyageurs et accès à des lignes de massification		Accès à des lignes de massification	
<i>Equilibre des échanges aux arrêts</i>	Equilibre relatif	Variable		Fort déséquilibre	

Figure 12 : Hiérarchisation du réseau de Montpellier (2008)

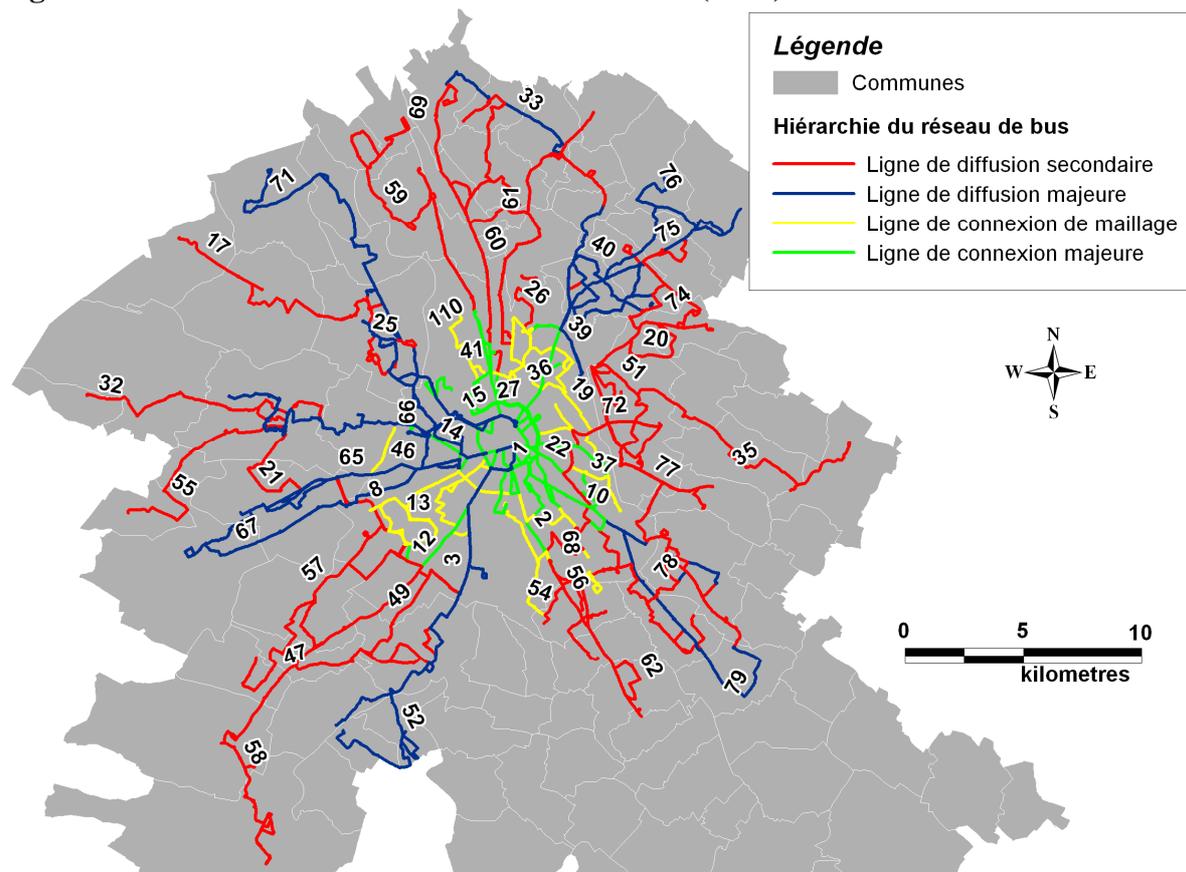


Réalisation : Regouby, 2010 – réalisé avec MapInfo®

Tableau 4 : Classification des lignes de Montpellier

Fonctions des lignes	Massification	Connexion		Diffusion	
		Majeure	De maillage	Majeure	Secondaire
<i>Numéros de ligne</i>	T1 et T2	6, 7, 8, 11, 15, 16	5, 9, 10, 13	18, 21, 22, 23, 24, 28, 32, 33, 35, 37	20, 25, 29, 30, 31, 34
<i>Total</i>	2 lignes	6 lignes	4 lignes	10 lignes	6 lignes

Figure 13 : Hiérarchisation du réseau de Toulouse (2008)



Réalisation : Regouby, 2010 – réalisé avec MapInfo®

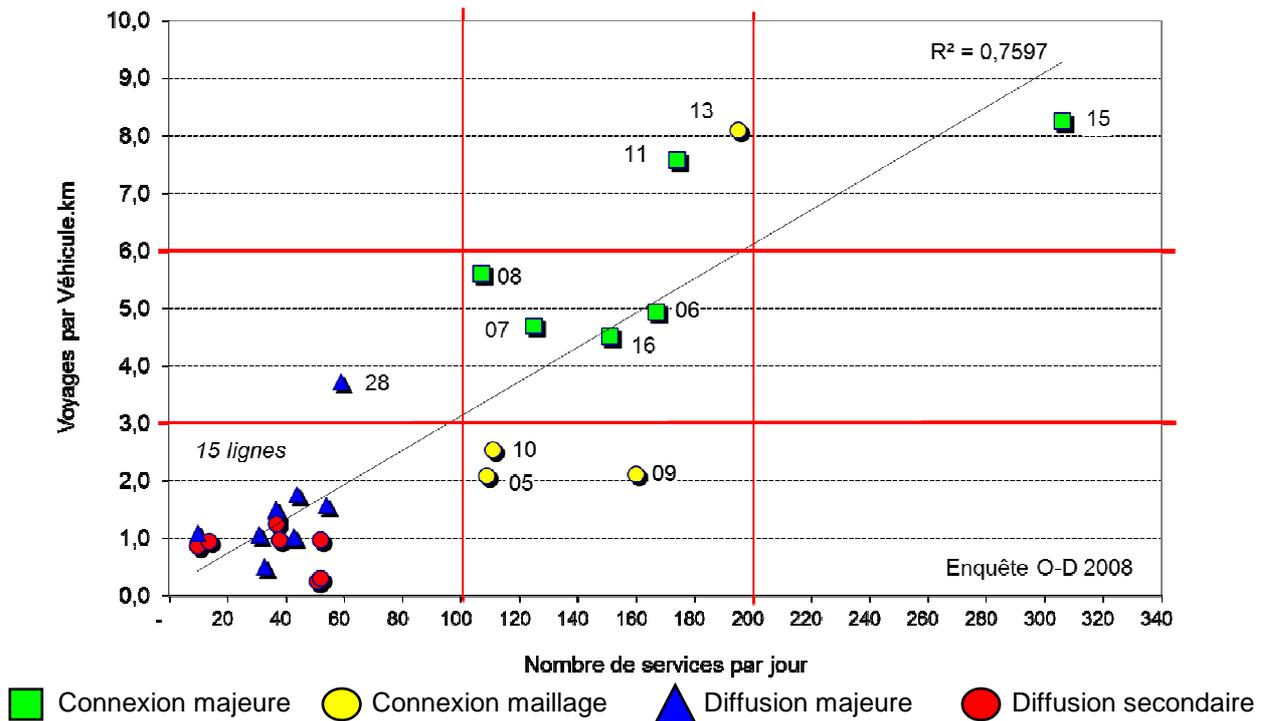
Tableau 5 : Classification des lignes de Toulouse

Fonctions des lignes	Massification	Connexion		Diffusion	
		Majeure	De maillage	Majeure	Secondaire
Numéros de ligne	A et B	1, 2, 10, 12, 14, 15, 16, 22, 23, 27, 29, 38, 44	3, 8, 13, 19, 34, 36, 37, 41, 46, 54, 68, 110, 111	33, 39, 42, 43, 52, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 75, 76, 78, 80	17, 20, 21, 25, 26, 32, 35, 40, 47, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 69, 72, 73, 74, 77, 79, 81, 82, 83, 107, 108, 112
Total	2 lignes	13 lignes	13 lignes	15 lignes	33 lignes

La typologie fonctionnelle met ainsi en évidence une organisation des réseaux relativement hiérarchisée du réseau de bus : pour Montpellier comme pour Toulouse, 1/3 environ des lignes assurent un rôle principal de connexion et 2/3 un rôle de diffusion. Il est alors intéressant de chercher à voir si cette hiérarchisation se traduit dans les niveaux de service offert et bien sûr en termes d'efficacité commerciale.

Le niveau de service est défini dans un premier temps, comme le nombre de services offert sur chaque ligne par jour. La comptabilisation des voyages par ligne recensant les deux sens de la ligne, une rotation (aller-retour) est comptabilisée comme 2 services. L'efficacité commerciale est définie comme le nombre de voyages dans les deux sens, divisé par le total des véhicules.km commerciaux (haut-le-pied non compris).

Figure 14 : Hiérarchisation, niveau de service et efficacité commerciale à Montpellier



Plusieurs observations peuvent être faites à partir de cette figure.

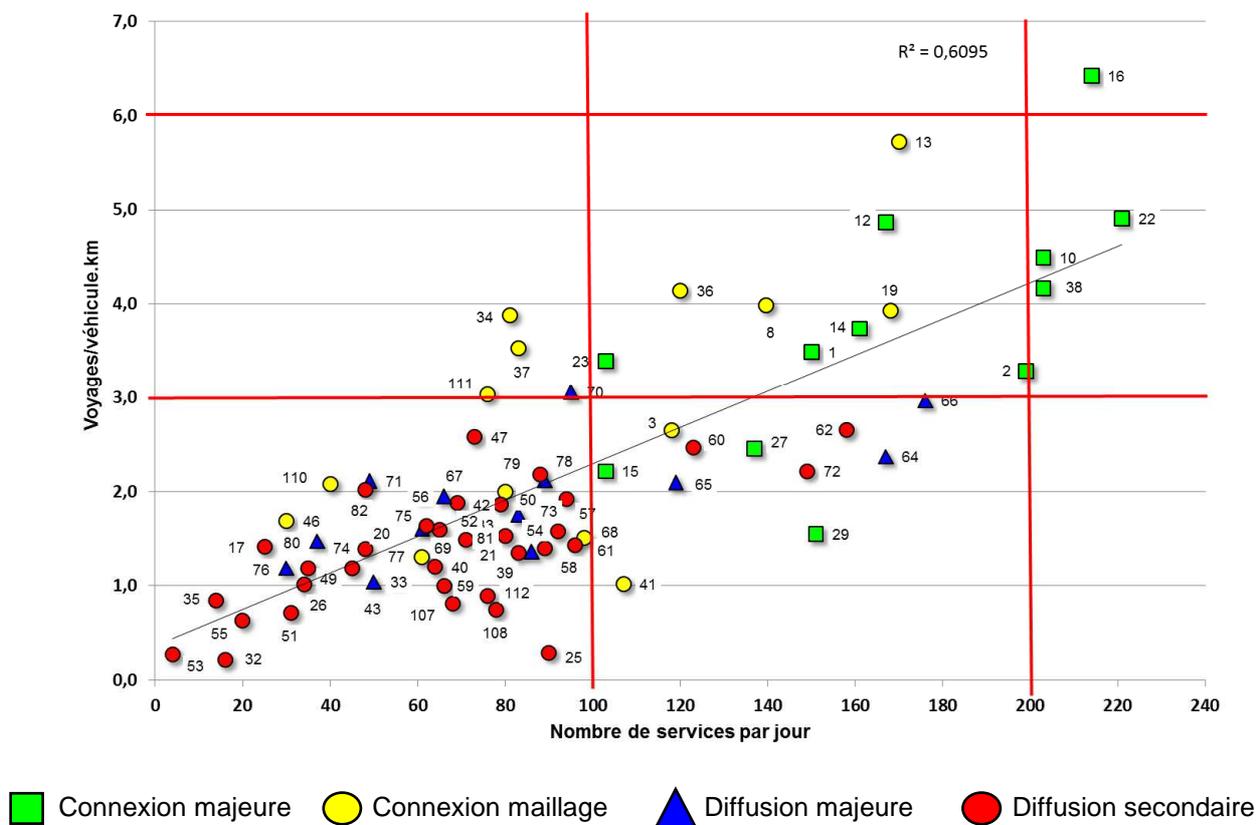
- Les lignes de connexion présentent un niveau de service sensiblement plus élevé que les lignes de diffusion, qui assurent une desserte fine des territoires locaux.
- L'efficacité commerciale semble sensiblement corrélée avec le niveau de service offert ($R^2=0,76$)
- La hiérarchisation fonctionnelle se retrouve globalement dans les niveaux de service et dans l'efficacité commerciale

Cependant, quelques lignes s'écartent de ce modèle général :

- La ligne 15, longue radiale reliant la périphérie ouest avec le centre-ville (desserte de la gare St Roch) présente un très haut niveau de service. Signalons qu'elle vient d'être supprimée pour devenir la ligne de tramway T3 du réseau.
- Deux lignes de connexion (11 et 13) présentent une efficacité commerciale plus élevée ; la ligne 11 dessert également l'ouest de Montpellier et relie la gare St Roch (une partie du trajet étant commune avec la ligne 15) ; la ligne 13 est une petite ligne de rabattement sur le tramway, desservant un campus universitaire.
- La ligne 28 dessert une commune périphérique de l'est de Montpellier (Pérois) : elle présente la particularité d'assurer des services semi express en rabattement sur la ligne T1, ce qui semble expliquer sa bonne efficacité commerciale.
- Trois lignes (5, 9 et 10) offrent un bon niveau de service (plus de 50 services par jour) mais ont une efficacité commerciale proportionnellement faible, moins de 3 voyageurs par véhicule.km : ce plus faible rendement nécessite des analyses complémentaires.

Cette première analyse montre la grande diversité des lignes et constitue un premier élément de diagnostic intéressant pour rechercher des facteurs explicatifs plus précis de la performance commerciale du réseau de bus.

Figure 15 : Hiérarchisation, niveau de service et efficacité commerciale à Toulouse



Comparativement à Montpellier, le réseau de bus de Toulouse couvre un territoire beaucoup plus vaste et le nombre de lignes de bus est plus important. L'efficacité commerciale semble globalement un peu plus faible (une seule ligne dépasse les 6 voyageurs par véhicule.km). Plusieurs observations peuvent être faites à partir de cette figure.

- Les lignes de connexion présentent un niveau de service sensiblement plus élevé que les lignes de diffusion, mais la différenciation semble moins marquée qu'à Montpellier : dix lignes de connexion ont un nombre de services par jour inférieur à 50, tandis que pour cinq lignes de diffusion, ce nombre est supérieur à 50.
- L'efficacité commerciale est corrélée avec le niveau de service offert, mais à un moindre degré ($R^2=0,61$). La pente de la droite de régression est également moins forte.
- La hiérarchisation fonctionnelle se retrouve globalement dans les niveaux de service et dans l'efficacité commerciale.

Plusieurs exceptions notables peuvent être signalées :

- Les lignes 44 et 68 ont une efficacité très faible pour des lignes respectivement de connexion majeure et de maillage. Ce résultat peut être dû au fait que ces lignes sont à la fois parmi les plus courtes du réseau (donc n'offrent que peu d'opportunités directes) et sont de surcroît « doublées » sur la majorité voire l'intégralité de leur tracé (ce qui peut renforcer leur manque d'attractivité en comparaison des autres lignes sur le même tracé). De plus leur nombre de services par jour est faible et de l'ordre de lignes de diffusion ; c'est également le cas des lignes 46, 54 et 110.

- La ligne 41 a une efficacité très faible pour une ligne de connexion de maillage. Outre la faible longueur de son tracé, cette ligne souffre certainement également du territoire qu'elle dessert, dont la densité de population est plutôt faible par rapport au reste de la ville de Toulouse ;
- La ligne 29 a une efficacité très faible pour une ligne de connexion majeure. Ceci peut s'expliquer par le fait que son tracé « suit » celui de la ligne de métro B, la concurrence est donc beaucoup trop forte, ce qui affaiblit notablement son efficacité commerciale ;
- La ligne 13 a une efficacité très élevée pour une ligne de connexion de maillage. Ceci s'explique par le fait qu'elle dessert un grand nombre d'établissement d'enseignement (au moins une faculté, un lycée, un collège et une école). Or les étudiants et scolaires sont une population très captive des transports publics, ce qui explique les bons résultats d'efficacité de cette ligne ;
- Les lignes 60 et 62 ont une efficacité très élevée pour des lignes de diffusion secondaire. Ceci peut être dû au fait que les zones qu'elles desservent sont toutes d'une densité plutôt élevée pour du périurbain (respectivement les communes de Castelnest et Castanet-Tolosan), avec en plus pour la ligne 62 une distance inter-arrêt moyenne parmi les plus grandes, ce qui en fait une ligne « express » encore plus intéressante. Enfin, ces deux lignes sont aussi caractérisées par un tracé très droit, ce qui favorise probablement leur attractivité.

D'autres écarts significatifs peuvent être soulignés : il apparaît globalement que la complexité du réseau de Toulouse s'accompagne d'un processus de hiérarchisation moins marqué qu'à Montpellier. Cela conduit surtout à démontrer que cette hiérarchisation fonctionnelle est insuffisante pour expliquer l'efficacité commerciale d'une ligne. Elle présente cependant un intérêt pédagogique dans la définition d'une stratégie d'organisation des réseaux : la hiérarchisation fonctionnelle doit se traduire par une hiérarchisation des niveaux de service offert, afin d'améliorer la lisibilité et le mode de fonctionnement du réseau, comme le résume le tableau 6.

Tableau 6 : Typologie des lignes, niveaux de service et efficacité commerciale

Typologie	Montpellier			Toulouse		
	Nombre de ligne	Fréquence (Nb service/jour)	Efficacité (Voy./Vkm)	Nombre de ligne	Fréquence (Nb service/jour)	Efficacité (Voy./Vkm)
Connexion Majeure	6	172	6,2	13	159	3,6
Connexion de maillage	4	138	4,2	13	100	3,0
Diffusion Majeure	10	51	1,6	15	82	1,9
Diffusion Secondaire	6	36	0,8	33	68	1,4
Ensemble	26	85	2,7	74	92	2,2

Les différences de résultats entre les deux villes peuvent s'expliquer par de nombreux facteurs (cf. tableau 2). Si Toulouse est une ville de plus grande taille que Montpellier, son PTU est également beaucoup plus vaste, ce qui conduit à une densité moyenne de population plus faible (977 hab./km² contre 1 322). Bien que l'offre par habitant soit légèrement plus forte à Toulouse (35 km/hab. contre 33), il est logique que le niveau d'usage des TC y soit un peu moins élevé (149 voyages/hab. contre 195).

Variables explicatives possibles de l'efficience commerciale

Les variables potentiellement explicatives de l'efficience commerciale sont *a priori* nombreuses et concernent aussi bien les caractéristiques de l'offre proposée, que le « contexte » dans lequel les lignes s'insèrent.

Les caractéristiques des lignes concernent à la fois le niveau de service et l'inscription de chaque ligne au sein du réseau. On peut ainsi recenser :

- La **longueur** de la ligne : plus une ligne est longue, plus elle dessert le territoire et serait susceptible de capter de la clientèle résidente ;
- La **vitesse commerciale** : le temps de parcours reste un élément clé de l'attractivité des TC comparativement aux autres modes de transport ;
- L'**amplitude horaire** de fonctionnement : en dehors des trajets domicile-travail qui ont lieu principalement en heure de pointe, les heures de début et de fin de service participent à la perception de la qualité du service offert ;
- La **sinuosité** de son tracé : le souhait de desservir l'ensemble de l'espace urbain conduit parfois à des itinéraires assez complexes, mais ce cabotage territorial tend à rallonger les temps de parcours ;
- La **fréquence** : le temps d'attente reste un des principaux défauts des réseaux TC. Cette fréquence pouvant varier au cours de la journée, cette caractéristique sera approchée par le nombre de service par jour et par sens ;
- La **structure du service** (rapport entre heure de pointe et heure creuse) : un trop fort écart entre HP et HC peut donner l'impression d'une ligne ne fonctionnant qu'en heure de pointe, ce qui réduit l'attractivité de la ligne ;
- Le **nombre d'arrêts** (ou la distance inter-arrêt) : s'il est courant de considérer que la zone d'attractivité d'une ligne de bus est de l'ordre de 300 m, la multiplication des arrêts pénalise le temps de parcours.

L'insertion territoriale de la ligne concerne la nature des espaces desservis, mais aussi les opportunités de destination, en lien avec les motifs de déplacements :

- La **densité de population** résidant à proximité des arrêts (cercle de 300 m) : le nombre d'habitants desservis semble logiquement un facteur explicatif de la fréquentation ;
- Les **établissements d'enseignement** (écoles, collèges, lycées, universités,...) desservis : la clientèle pour motif études reste une composante forte de la fréquentation des réseaux ;
- La localisation des **entreprises** et leur nombre de salariés, pour ce qui concerne de possibles déplacements domicile-travail ;
- La localisation des **services et commerces**, puisque la mobilité non liée au travail est de plus en plus importante ;
- La localisation des **centres d'échanges**, permettant la connexion à d'autres réseaux, notamment les gares SNCF.

Comme cela l'a été indiqué précédemment, l'accès à des données géolocalisées sur les entreprises, établissements d'enseignement, commerces et services n'a pas été possible dans

le cadre de cette recherche, ce qui n'a pas permis de prendre en compte ces variables dans l'analyse de la performance des lignes.

L'ensemble des caractéristiques des lignes a pu être obtenue pour Montpellier et Toulouse. Cependant, il est rapidement apparu que le lien entre ces variables et l'efficacité commerciale n'était pas évident pour un certain nombre d'entre elles. La recherche de corrélations a été décevante, voire a conduit parfois à des résultats contradictoires. Ainsi, par exemple, la mise en relation des données d'efficacité commerciale avec la vitesse commerciale des lignes montre que plus une ligne est rapide, moins l'efficacité commerciale est bonne... Quoique illogique *a priori*, ce résultat ne fait qu'exprimer un constat évident : c'est dans les zones périphériques de faible densité que les bus circulent le plus vite, du fait de l'absence de congestion... Autrement dit, pour mesurer l'influence de la vitesse sur l'efficacité, il serait nécessaire de comparer des lignes comparables (centre-ville / périphérie). Malheureusement, dans ce cas, le faible nombre de lignes de chaque catégorie dans un réseau ne permet pas de réaliser un traitement statistique significatif. Ainsi, seul un petit nombre de variables ont pu être analysées et semblent avoir une influence mesurable sur l'efficacité commerciale.

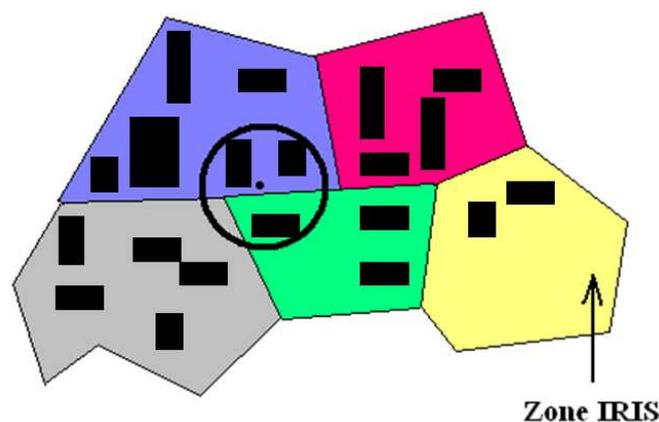
- **Le nombre de services par jour, facteur explicatif principal**

Comme les figures 14 et 15 l'ont montré, la corrélation entre le nombre de services par jour et l'efficacité commerciale est visible, même si le petit nombre de lignes ne permet pas d'explorer plus en profondeur en fonction de la hiérarchie du réseau. Le coefficient de détermination R^2 est de 0,75 pour Montpellier et de 0,61 pour Toulouse.

- **L'importance de la population résidant à proximité des arrêts**

Le calcul de la population située dans un cercle de 300 m autour des arrêts d'une ligne a été fait à partir des zones IRIS, au prorata de la surface de bâti. Cette répartition, certes grossière, permet une première approche, qu'il serait nécessaire d'affiner. La corrélation avec l'efficacité commerciale est assez bonne sur Montpellier ($R^2= 0,6$), moyenne sur Toulouse (0,3), mais ce facteur semble jouer un rôle dans la performance des lignes.

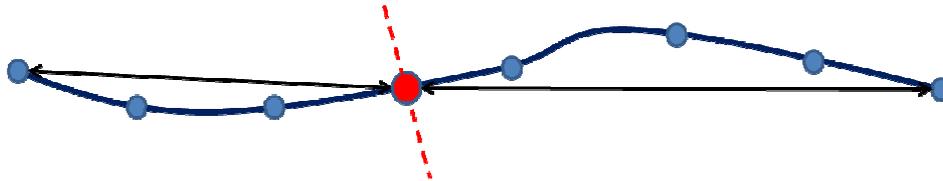
Figure 16 : principe de calcul de la population résidant à proximité des arrêts à partir des zones IRIS (distance de 300 m)



- **La sinuosité des lignes**

La recherche d'un indicateur simple permettant de prendre en compte la géométrie du tracé, vise à comparer la distance à vol d'oiseau avec le kilométrage réellement effectué. Cependant, les usagers ne parcourent pas l'intégralité d'une ligne, et le calcul de terminus à terminus n'a pas de sens. C'est pourquoi le calcul se fait en tenant compte de l'arrêt le plus fréquenté (à partir des données de montée-descente), ce qui peut bien correspondre au fonctionnement des lignes diamétrales, mais aussi aux lignes de rabattement (l'arrêt le plus fréquenté est alors l'un des terminus) : deux demi-lignes sont ainsi constituées et l'indicateur est la moyenne du ratio distance réelle / distance à vol d'oiseau, entre cet arrêt principal et chaque terminus.

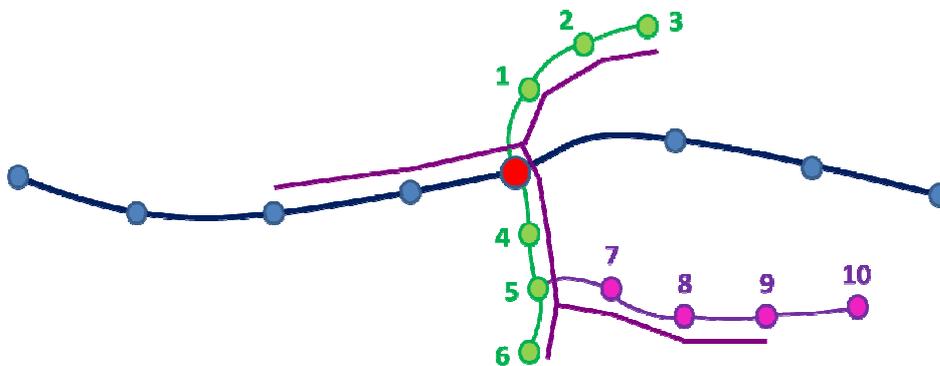
Figure 17 : Principe de calcul de l'indicateur de sinuosité



- **La connexion aux autres lignes du réseau**

L'appartenance de chaque ligne au réseau peut être appréciée par l'importance des connexions qu'elle permet avec les autres lignes. Il ne suffit pas ici de savoir si la ligne dessert une station de TCSP – car cela devient une règle générale – mais de qualifier ces possibilités de correspondance, en tenant compte des fréquences des lignes en correspondance, et des temps de parcours pour atteindre une destination visée. L'indicateur proposé ici consiste à mesurer la distance cumulée que l'on peut parcourir sur le reste du réseau, en un budget temps donné (et en tenant compte du temps d'attente sur la ligne, pris égal à la moitié de la fréquence). Un algorithme de calcul a été établi pour estimer tous les chemins possibles sur le réseau⁹. L'indicateur s'exprime donc comme une distance cumulée : plus elle est élevée, plus les opportunités de destination sont importantes. Le budget temps retenu, après différents tests, a été de 45 mn, temps jugé supportable pour l'utilisateur effectuant un trajet avec correspondance. Il est calculé comme la moyenne pour tous les arrêts de la ligne.

Figure 18 : Principe de calcul de l'indicateur de correspondance (distance cumulée)



⁹ Pour plus de précisions sur le mode de calcul de cet indicateur, voir Regouby, 2010

Si cet indicateur a été retenu par la suite pour la modélisation de l'efficacité commerciale, il est cependant apparu comme « peu parlant » (distance en mètres de tous les chemins possibles). Il a été donc recalculé également sous une forme plus expressive, à savoir, le pourcentage d'arrêts du réseau accessibles en un budget temps donné. Les figures 19 et 20 présentent respectivement cet indicateur pour les réseaux analysés.

Figure 19 : Nombre d'arrêts du réseau accessibles en un budget-temps donné (Montpellier)

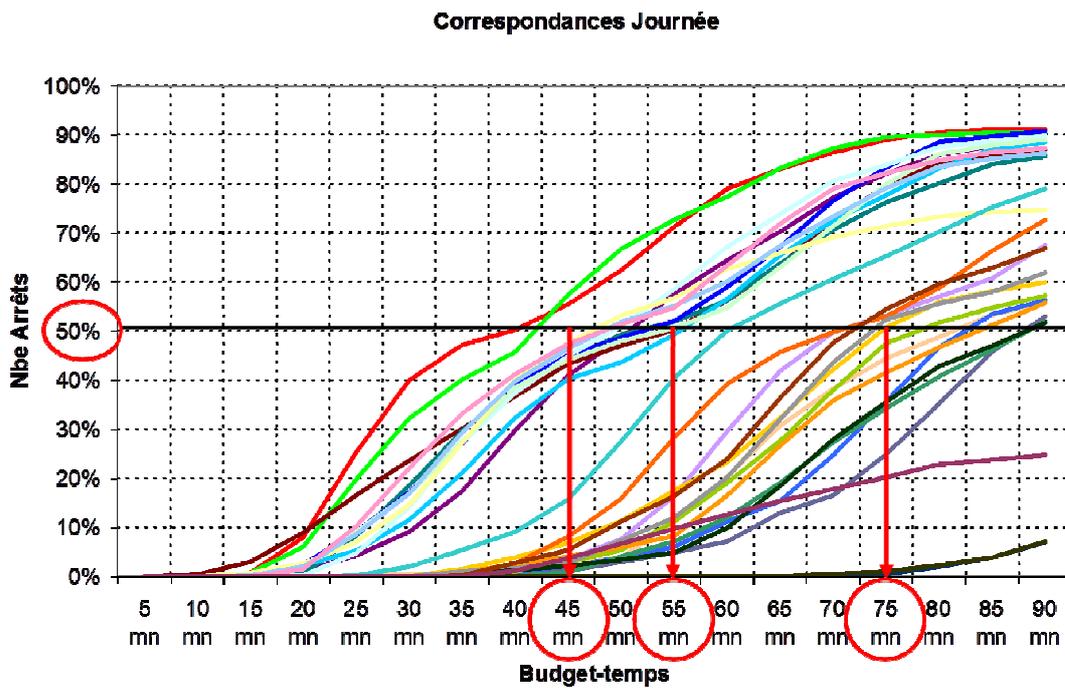
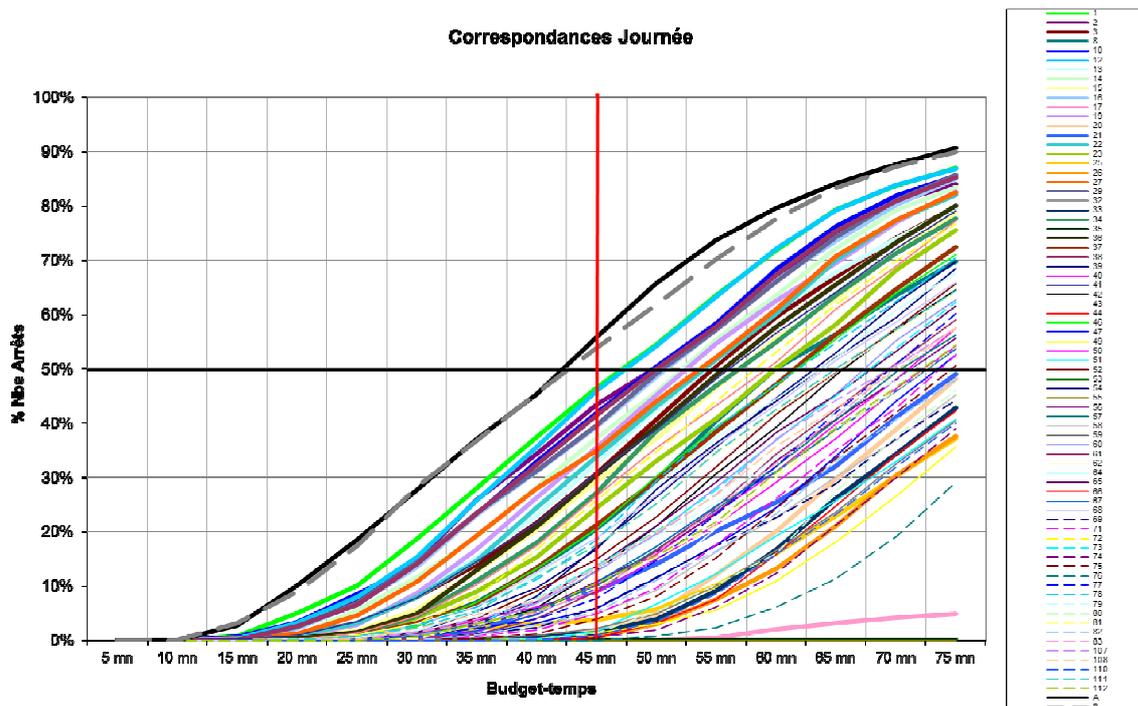


Figure 20 : Nombre d'arrêts du réseau accessibles en un budget-temps donné (Toulouse)



Cet indicateur est un moyen d'apprécier globalement la performance d'un réseau dans l'accessibilité à la ville, puisqu'il prend en compte le degré de maillage et les fréquences des lignes. On peut observer ici que seules les lignes de TCSP permettent d'accéder à au moins 50 % des arrêts dans un budget temps de 45 mn.

Pour Montpellier, les lignes se segmentent en deux groupes, les urbaines, pour lesquelles 50 % des arrêts sont accessibles pour un temps compris entre 50 et 60 m., et les suburbaines pour lesquelles il faut au moins 75 mn. Pour Toulouse, le gradient semble plus continu, sans doute du fait du PTU très large de l'agglomération, mais les ordres de grandeur sont similaires.

L'importance du budget temps nécessaire pour atteindre les différents points de la ville montre bien que le maillage des réseaux reste faible, dès lors que l'on prend en compte les fréquences et les temps de parcours de chaque ligne.

Modélisation de l'efficacité commerciale

Différentes combinaisons de variables ont été successivement testées, donnant le plus souvent des résultats limités ou décevants¹⁰. Ces efforts ont conduit progressivement à définir des méta-variables afin d'améliorer les estimations. Nous ne présenterons ici que le modèle donnant les meilleurs résultats, et qui reprend les quatre variables décrites ci-dessus : le nombre de services par jour, l'indice de correspondance (distance cumulée), le coefficient de sinuosité, et la population résidant dans un cercle de 300 m autour des arrêts. Précisons que le modèle est calé sur les lignes de bus, sans prendre en compte les lignes de TCSP.

Tableau 7 : Modélisation de l'efficacité commerciale

Régression linéaire – variables centrées-réduites.

Variable	Montpellier		Toulouse	
	Coefficient	Probabilité de Student	Coefficient	Probabilité de Student
Nombre de services par jour	0,522	2,3 E-04	0,477	3,2 E-05
Racine carré de l'indice de correspondance	0,291	0,0252	0,312	0,0056
Coefficient de sinuosité x Ln(population)	0,296	0,00106	0,194	0,0068
Constante	0		0	
R ²	0,88		0,71	

La faible taille des échantillons ne permet pas d'affiner le modèle en tenant compte de la typologie des lignes. De plus, il faut noter que si le nombre de services est la variable ayant le poids le plus fort, ce nombre devrait être par nature corrélé avec les densités de population : la demande potentielle influe sur la fréquence des lignes. L'intérêt du modèle est principalement de montrer le poids relatif des variables, qui apparaît variable selon les réseaux :

- il est intéressant de constater que le nombre de voyageurs par véhicule.km est d'autant plus grand que le nombre de services proposés est élevé : ceci veut dire que **le nombre**

¹⁰ Cf. Regouby, 2010

de voyages évolue proportionnellement au carré du nombre de services. Un tel résultat signifie que l'attractivité d'une ligne serait, toutes choses égales par ailleurs, conditionnée par des niveaux de fréquence élevés. Certes, il ne suffit pas de doubler la fréquence pour améliorer l'efficacité commerciale, car il faut qu'il existe un réservoir de clientèle potentielle (population et activités desservies), mais c'est un élément qui milite en faveur de la mise en place de niveaux minimaux de fréquence pour que la ligne commence à attirer de la clientèle. On aborde ici en particulier l'inefficacité de la mise en place de lignes à faible niveau de service, comme par exemple les prolongements de lignes en périphérie par quelques services par jour : il serait sans doute plus pertinent d'augmenter la fréquence de la ligne, plutôt que de la prolonger – sous réserve d'assurer une possibilité de rabattement (à pied, en vélo ou en voiture) sur le terminus.

Certes, il n'a pas été possible de déterminer à partir de quel « niveau d'offre minimal » la ligne devient attractive, mais l'analyse tend à démontrer que cette question de la fréquence est déterminante dans l'attractivité du réseau.

- La **qualité des connexions** contribue également à l'attractivité du réseau. L'indice de correspondance, calculée par la distance parcourable sur l'ensemble du réseau (l'arrêt comme point d'entrée), prend en compte non seulement les points de correspondance, mais également les fréquences et les temps de parcours sur les autres lignes. On remarquera cependant que d'une ville à l'autre, l'influence de ce paramètre varie, sans qu'il soit évident d'en déterminer les raisons. Il serait nécessaire de faire cette modélisation sur un grand nombre de réseaux, pour voir si d'autres facteurs structurels (design du réseau, distribution des densités de population, effet des modes lourds – tram ou métro) peuvent expliquer ces différences¹¹.
- Enfin, et de manière plus surprenante, l'importance de la **population desservie** semble jouer un rôle secondaire dans l'attractivité des lignes : la pondération par le logarithme indique que l'impact est important pour les zones très faiblement peuplées, mais qu'au-delà d'un certain seuil, cette variable joue proportionnellement beaucoup moins que le niveau de fréquence. Comme indiqué plus haut, il semble logique de penser que le nombre de services par jour est en partie corrélé avec la population desservie : l'observation des situations des deux réseaux montre que cette corrélation n'est que partielle (l'ordre de grandeur est de 0,6 service pour 1000 habitants, mais le coefficient de corrélation R^2 n'est que de 0,51 à Montpellier, et de 0,38 à Toulouse).

Du fait de la faible taille des échantillons de lignes analysés, cette modélisation de l'efficacité commerciale des lignes de bus mériterait d'être validée par une application à plusieurs autres réseaux. De plus, elle ne prend pas en compte de nombreux facteurs. Pour juger de l'attractivité du réseau, il importe en effet de tenir compte des conditions de concurrence de la voiture (circulation, stationnement) et donc des stratégies développées dans le cadre des Plans de Déplacements Urbains. De même, il serait nécessaire de prendre en compte l'emploi et les équipements desservis, données non disponibles à l'échelle de l'analyse par ligne.

La compréhension des facteurs explicatifs de l'efficacité doit également tenir compte de l'hétérogénéité des lignes de bus. La typologie selon les fonctions des lignes devrait permettre d'affiner les estimations du modèle, mais nécessite de disposer d'un plus grand nombre de

¹¹ Signalons toutefois que les premières tentatives d'application de ce modèle sur le cas de Grenoble, par L. Ippoliti ne sont pas convaincantes quant à l'influence de cet indice de correspondance, qui tendrait même plutôt à dégrader le résultat de la modélisation. Des analyses complémentaires sont en cours.

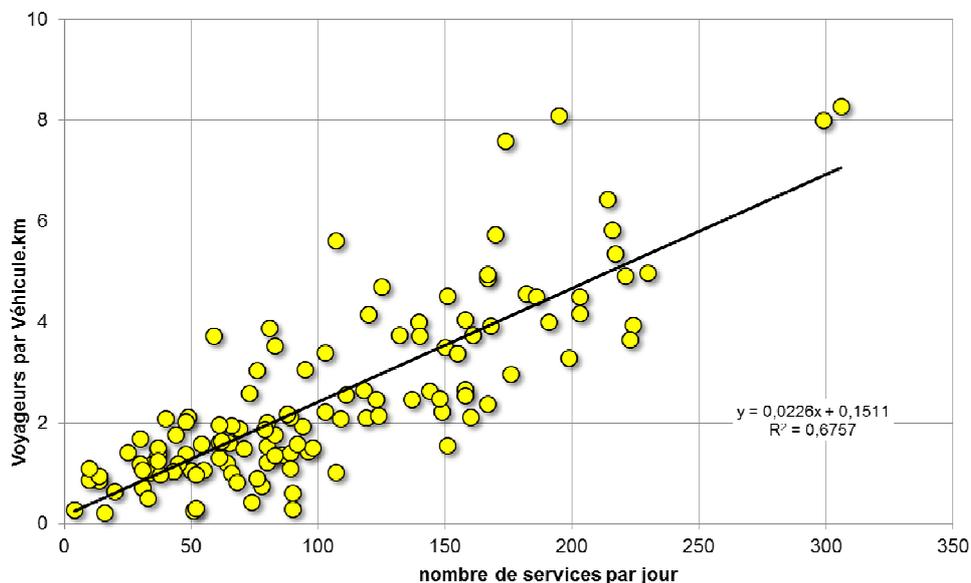
lignes. Il pourrait être possible ici de regrouper les lignes de plusieurs réseaux, à condition de lever l'hypothèse sur leur comparabilité.

Enfin, une autre piste de recherche envisagée a été de découper les lignes en tronçons homogènes, de façon à mieux tenir compte des territoires traversés selon les différents types de lignes, mais aussi du fonctionnement des lignes elles-mêmes, en tenant compte des points d'arrêt les plus fréquentés. Outre le fait que cela complique encore plus l'analyse (sur Montpellier, 26 lignes de bus donnent 84 tronçons), les tentatives de modélisation n'ont pas donné de meilleurs résultats que le modèle par ligne. De plus, cela pose le problème des passagers « transitant » par un tronçon sur une ligne. C'est pourquoi cette piste a été rapidement abandonnée.

Une efficacité fortement corrélée au niveau de service

Il ressort de l'ensemble de ces analyses que l'efficacité commerciale est fortement corrélée avec le nombre de services offert par jour. Ce résultat n'est pas surprenant, mais les analyses par ligne permettent de quantifier cette relation et de donner un panorama de la diversité des situations observées. Dans la figure 21, nous avons agrégé les données de trois réseaux, Montpellier, Toulouse et Grenoble, ville dans laquelle cette analyse est en cours d'application. Bien que ce regroupement puisse être contestable, puisque les terrains sont différents, cet échantillon de 122 lignes de bus donne une idée de la structuration de l'offre et de son efficacité commerciale.

Figure 21 : relation entre le nombre de services et l'efficacité commerciale – données agrégées sur Montpellier, Toulouse et Grenoble



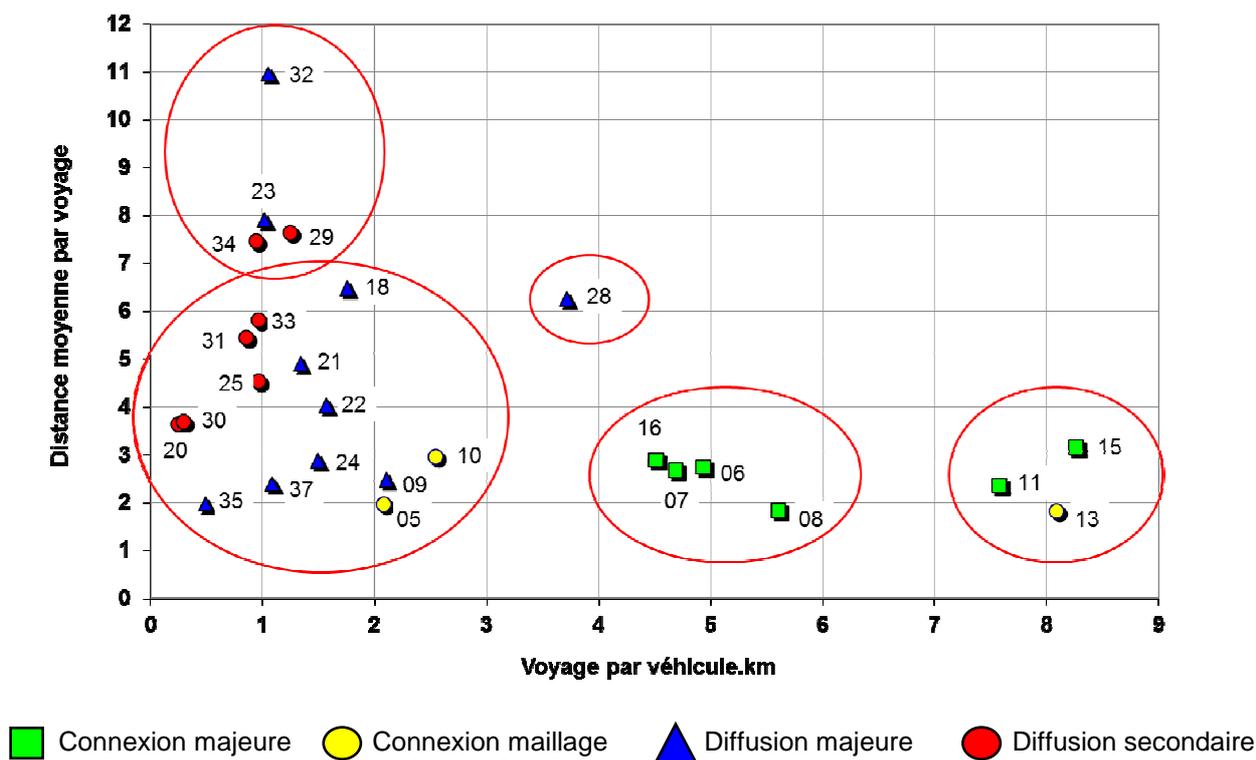
L'enjeu de l'amélioration de l'efficacité commerciale des lignes de bus apparaît clairement à la lecture de ce tableau. Un quart des lignes présente un bon niveau d'offre (> 150 services), mais moins d'une ligne sur cinq dépasse le niveau de 4 voyages par véhicule.km offert et une ligne sur deux est en-dessous de 2 voyages par véhicule.km. Pour améliorer la performance globale des réseaux, un important effort de restructuration des lignes semble s'imposer.

Tableau 8 : Distribution des lignes selon le niveau d'offre et le niveau d'efficience

122 lignes		Nombre de Voyages par Véhicule.km					Total
		< 2	2-4	4-6	6-8	> 8	
Nombre de services par jour et par sens	< 50	20%	2%				23%
	50-100	28%	7%				35%
	100-150	1%	13%	3%			17%
	150-200	1%	7%	6%	1%	1%	16%
	200-250	0%	2%	5%	1%		7%
	> 250					2%	2%
	Total	50%	32%	14%	2%	2%	

Cependant l'approche par voyage induit un biais qu'il semble nécessaire de corriger. En effet, le voyage ne tient pas compte de la distance parcourue par l'utilisateur. C'est pourquoi il a été nécessaire de recalculer, à partir des matrices origine-destination des enquêtes, les voyageurs.km pour chaque ligne.

Figure 22 : Distance par voyage et efficience commerciale à Montpellier



Comme le montrent les figures 22 et 23, on observe des situations très différentes selon les lignes. Ainsi à Montpellier peut-on distinguer quatre groupes qui se différencient, en croisant l'efficience commerciale avec la distance moyenne parcourue (obtenue en divisant le total des voyageurs.km par le nombre de voyages) : il apparaît nettement que les lignes à efficience commerciale bonne ou moyenne sont en quasi-totalité des lignes de connexion desservant le centre-ville (la ligne 13 est celle qui relie le tramway et le campus universitaire en position péricentrale, et la ligne 28 est une radiale rabattant une commune périphérique sur le tramway

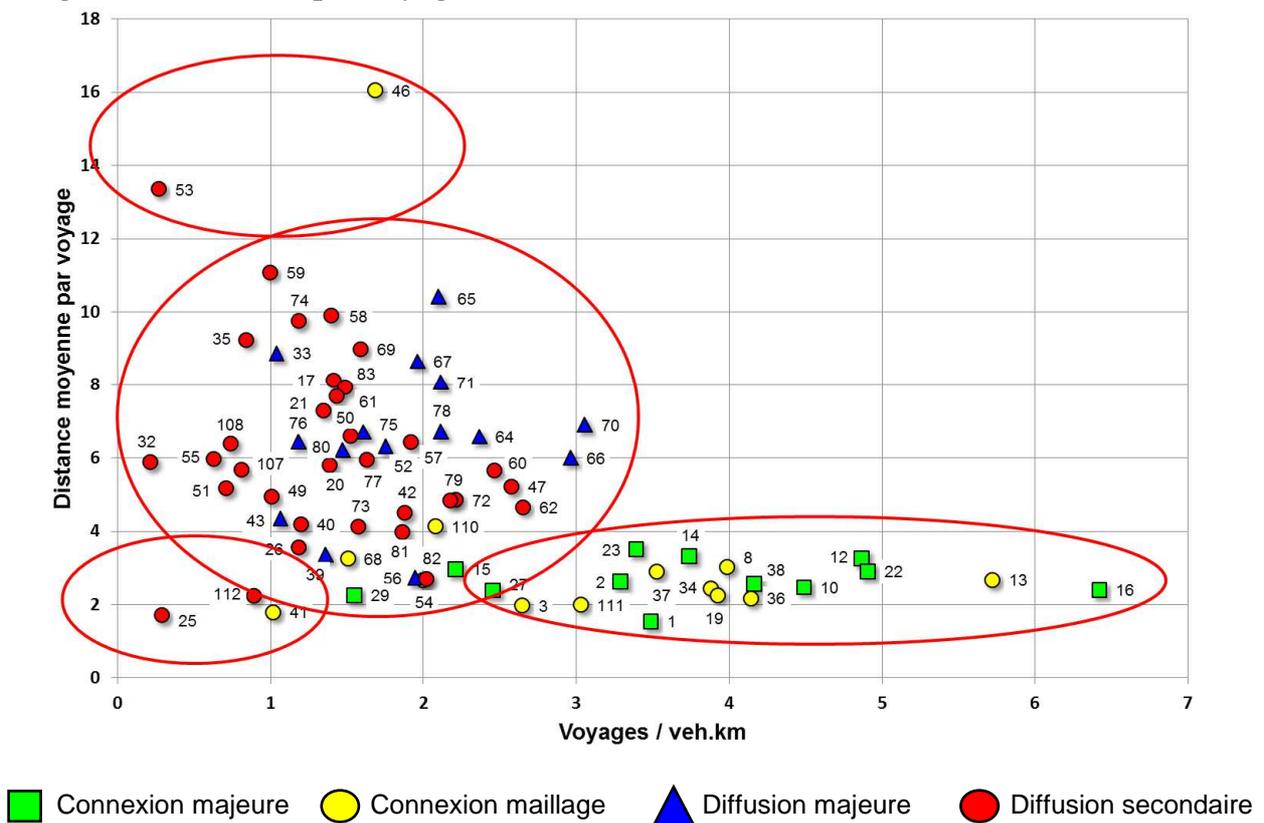
par des services semi express). En même temps, cela signifie que les trajets effectués sont particulièrement courts (de 2 à 3 km en moyenne).

A l'inverse, les lignes de diffusion se caractérisent par une distance moyenne très variable (de 2 à 11 km), et une efficacité commerciale faible (< 2 voyages/veh.km). On retrouve ici beaucoup de lignes périphériques, qui assurent de longs trajets vers la ville, souvent en rabattement sur le tramway.

Ceci tend à montrer que les lignes efficaces se nourrissent surtout de petits trajets dans le centre, qui sont sans doute plus liés à d'autres motifs que le domicile-travail. L'analyse par catégorie d'utilisateur (cf. supra) permettra de revenir sur cette question des petits trajets.

La situation à Toulouse est légèrement différente, même si l'on retrouve le même groupe de lignes de connexion à bonne efficacité commerciale, mais alimentées là aussi par des trajets courts de centre-ville. Les lignes de diffusion ont-elles aussi une efficacité commerciale faible et des distances moyennes variant principalement de 2 à 12 km.

Figure 23 : Distance par voyage et efficacité commerciale à Toulouse



Conclusion

L'analyse de l'efficacité commerciale des lignes de Montpellier et Toulouse montre, au-delà de spécificités locales, des traits relativement similaires. La hiérarchie des lignes (connexion / diffusion) se retrouve dans les niveaux de service offert et donc dans l'attractivité même de chaque ligne. Si ces résultats n'ont rien d'extraordinaire, l'analyse permet de souligner l'importance du nombre de services par jour comme principale variable explicative de l'efficacité commerciale, mais aussi de souligner que la bonne fréquentation des lignes du centre provient d'un grand nombre de trajets courts : la pénalisation progressive de l'usage de la voiture dans le centre explique sans doute ce phénomène, mais met en lumière a contrario la faible attractivité du réseau pour les trajets longs, notamment ceux liés au domicile-travail, qui constituent pourtant l'une des cibles principales de la réduction de « l'autosolisme ». Enfin, les figures mettent clairement en évidence des lignes à très faible performance, dont la pertinence ne semble pas s'imposer : des gains d'efficacité semblent donc possible, au prix d'une restructuration des lignes de bus. Mais pour mieux apprécier l'intérêt de telles modifications, il est nécessaire d'apprécier la contribution de chaque ligne aux grands objectifs de politique publique : le rôle social, la réduction de la congestion, l'amélioration de l'environnement. C'est l'objet des parties suivantes de ce rapport.

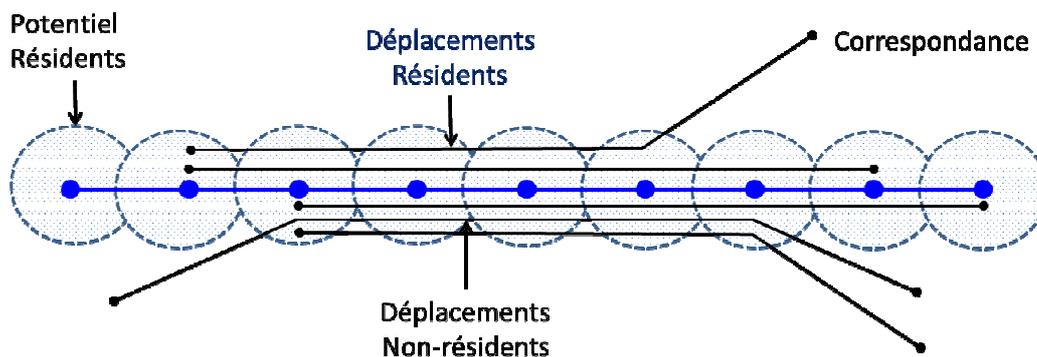
4. L'efficacité en termes de politiques publiques

4.1 Mesurer le rôle social des lignes de bus

Le rôle traditionnel du transport public est d'assurer la mobilité des personnes captives ou à faible revenu. Il semble donc intéressant d'évaluer comment chaque ligne du réseau contribue à cet objectif, en analysant non seulement le profil des usagers, mais aussi quelle part du potentiel de ces groupes d'usagers est captée par une ligne donnée sur son tracé. Il faut également considérer ici deux groupes d'usagers :

- Ceux qui résident à proximité de la ligne, que l'on peut identifier dans les enquêtes origine-destination par le fait que le motif à l'arrêt de montée ou de descente est le domicile (desserte des populations résidentes).
- Ceux qui utilisent la ligne au sein du réseau pour leurs déplacements, sans pour autant être résidents : ce sont les usagers « en transit » sur la ligne.

Figure 24 : Potentiel de clientèle par segments d'usagers



Mesurer le potentiel de clients « résidents »

L'un des indicateurs utilisés couramment pour apprécier le niveau de fréquentation d'un réseau, est le nombre de voyages par habitant. Cependant cet indicateur regroupe par nature tous les voyages et tous les types de voyageurs, ce qui ne permet pas de caractériser les groupes de population réellement utilisateurs du réseau. Il est donc proposé ici de construire un indicateur mesurant le nombre de voyages fait par les « résidents », définis comme la population habitant dans le cercle de 300 m autour de chaque arrêt. Cet indicateur peut ensuite être décomposé en fonction de groupes de population spécifiques. Ici, la désagrégation en groupes dépend des données disponibles.

Dans le cas des statistiques de population fournies par l'INSEE à l'échelle des zones IRIS, on peut distinguer deux variables, celle de l'âge et celle du statut :

Statut	Age
Scolaires	0 - 14 ans
Etudiants	15 - 18 ans
Actifs	19 - 24 ans
Chômeurs	25 - 34 ans
Sans Emploi	35 - 54 ans
Retraités	55 - 69 ans
	70 ans et +

Il n'est pas contre par possible d'avoir des données sur les revenus des ménages auxquels les individus appartiennent, ce qui ne permet pas de cerner tous les aspects de la dimension sociale. Pour les voyages réalisés, les enquêtes O-D fournissent le plus souvent l'âge et le statut de l'utilisateur, ainsi que le motif à l'origine et à la destination, ce qui permet d'identifier les voyages de résidents. De plus, l'indication du titre de transport utilisé peut permettre de repérer les usagers bénéficiant de tarifs sociaux.

Après diverses tentatives de regroupement, la décomposition en groupes d'utilisateurs retenue comporte les catégories suivantes, pour la population âgée de 15 à 64 ans :

- Actifs occupés
- Chômeurs
- Elèves, étudiants, stagiaires non rémunérés
- Retraités / pré-retraités
- Autres inactifs

Bien que cette segmentation ne soit pas totalement satisfaisante par rapport à l'objectif visé, il a ainsi été possible de mesurer pour chaque groupe le nombre de voyages effectués sur chaque ligne.

Usage des lignes par les « résidents » à Montpellier

L'analyse des voyages des résidents des lignes de Montpellier (calculé en nombre de voyages par résident et par an¹²) montre des situations très contrastées selon les lignes. Ainsi, les deux lignes de tramway T1 et T2 semblent globalement capter un grand nombre de voyages de résidents (rappelons qu'en 2008, le réseau de Montpellier atteint 194 voyages par habitant et par an).

Ce tableau permet de voir que certaines lignes se distinguent par des niveaux d'usage des résidents sensiblement plus élevés que la moyenne (cases colorées). Les lignes 9, 11, 13, 15 et 16 se distinguent ainsi par un usage sensiblement plus élevé des résidents, tandis qu'à l'inverse, les lignes 5, 6, 7, 8 et 18 ont un usage particulièrement faible, du même ordre que les lignes suburbaines.

¹² Le passage des voyages le jour de l'enquête aux voyages annuels est obtenu en multipliant ce nombre par 255 jours d'exploitation. Ce nombre se révèle sans doute un peu excessif, si on le compare avec la valeur calculée en rapportant le total des voyages enquêtés au nombre annuel de voyages déclarés pour 2008 dans l'enquête annuelle sur les réseaux (environ 245 jours).

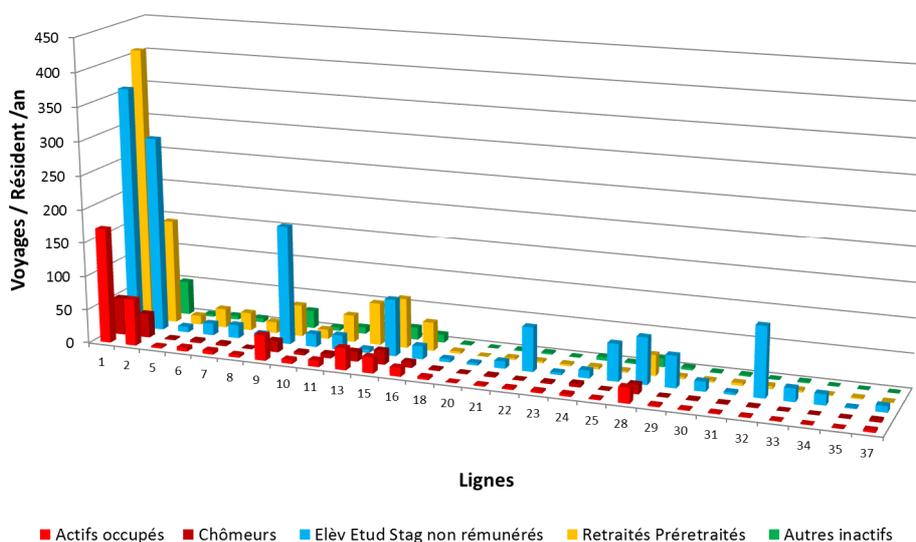
Il souligne en outre, qu'à l'exception des lignes de tramway, l'attractivité des lignes est particulièrement faible pour ce qui concerne les actifs ayant un emploi, sauf pour les lignes 9, 13, 15 et 28. La capacité du réseau à offrir une alternative à l'usage de la voiture pour les déplacements domicile-travail semble donc limitée.

Cependant, les chiffres donnés ici sont sans doute à interpréter avec précaution. Outre le fait que l'on généralise à l'année les trafics d'une journée enquêtée, rappelons que l'on se limite ici aux déplacements dont le motif à l'origine ou la destination est le domicile. C'est plus dans la comparaison des lignes entre elles, que l'analyse peut aider dans le diagnostic de leur fonctionnement, en soulignant leur rôle plus ou moins marqué par rapport à des groupes de clientèle visés.

Tableau 9 : Nombre de voyages par résident et par an à Montpellier

Population 15-64 ans (2006)	Actifs occupés	Chômeurs	Elève Etud Stag non rémunérés	Retraités Préretraités	Autres inactifs	Total ligne voy/hab/an
1	170,9	54,6	360,3	409,8	72,4	233,6
2	68,6	35,3	289,6	155,4	50,0	122,8
5	2,5	1,9	8,4	13,3	3,1	5,0
6	5,7	3,6	17,3	27,7	5,4	9,9
7	5,6	3,4	19,5	26,0	5,9	10,3
8	3,8	0,8	10,5	16,5	4,6	5,9
9	37,4	17,0	176,3	46,1	26,1	51,1
10	5,9	4,2	19,2	13,7	4,9	9,6
11	9,6	6,3	21,5	39,6	9,5	14,5
13	32,1	14,4	5,4	61,8	17,5	12,2
15	23,6	20,5	83,1	72,8	17,8	165,8
16	12,9	8,2	19,2	41,9	11,7	119,7
18	3,7	2,1	4,8	3,3	1,3	14,7
20	0,5	1,0	3,4	0,4	0,0	0,5
21	1,5	2,5	10,4	2,8	1,6	3,8
22	2,3	0,9	64,7	2,8	2,1	27,6
23	2,8	2,2	3,6	2,7	0,5	4,8
24	3,3	5,1	11,4	3,6	5,0	8,9
25	1,6	0,7	54,4	2,4	1,8	7,4
28	22,7	13,6	68,1	30,4	12,8	26,9
29	2,2	0,7	46,5	3,5	3,2	23,7
30	1,4	1,5	14,2	2,7	1,2	1,7
31	1,2	1,2	3,5	3,8	1,8	1,1
32	1,2	1,3	102,0	4,5	0,5	3,4
33	0,8	0,4	19,3	3,2	1,7	2,6
34	0,4	0,2	15,8	1,2	0,2	15,5
35	0,5	0,6	1,4	1,6	0,1	0,0
37	2,7	2,7	9,0	0,8	0,0	0,0

Figure 25 : Type de clientèle « résidente » sur les lignes de Montpellier



La même analyse en fonction des revenus de la population résidente serait intéressante à conduire, mais les données n'ont pu être obtenues, tant sur les populations résidentes, que sur les usagers, via l'enquête origine-destination.

Usage des lignes par les « résidents » à Toulouse

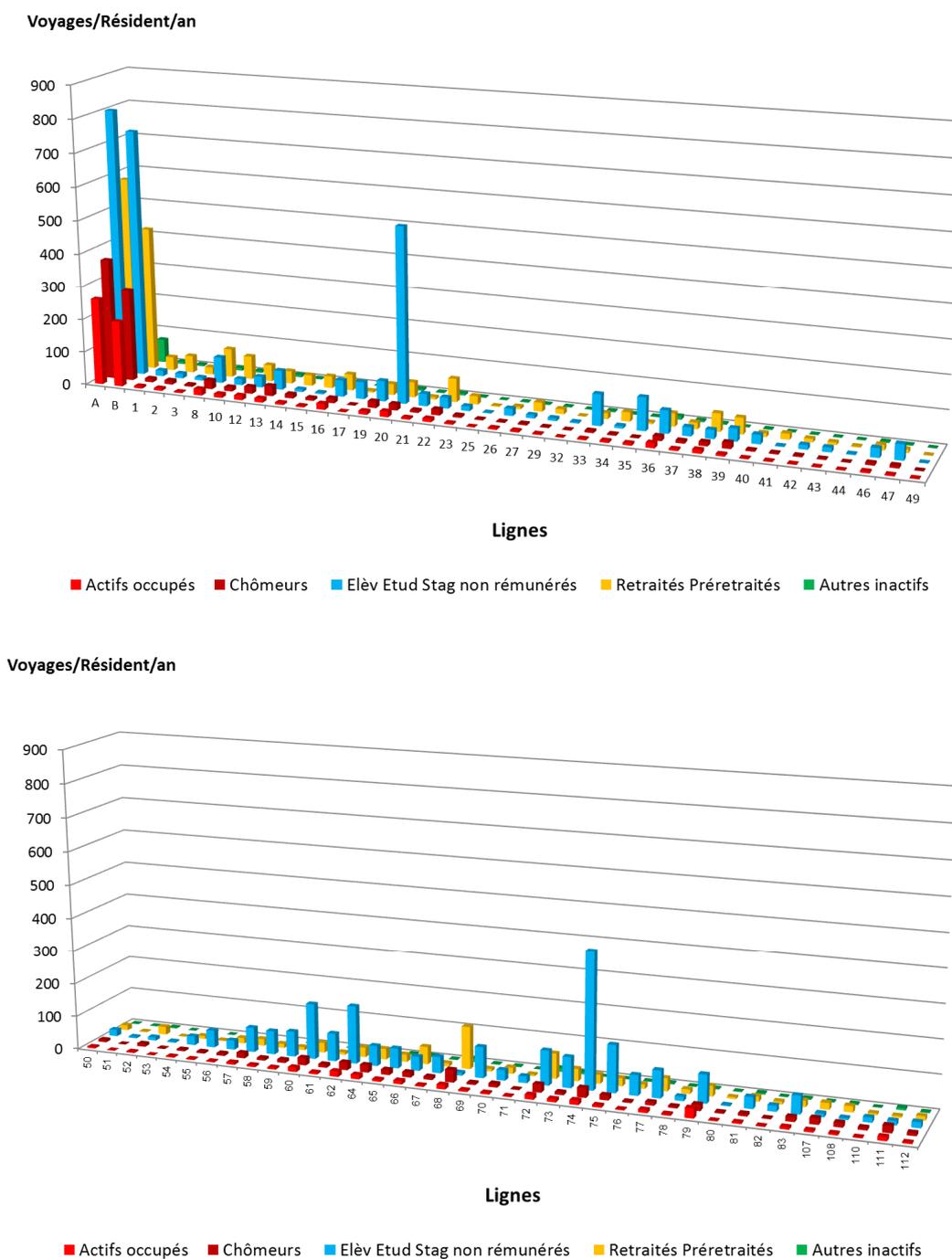
Le même type d'analyse a pu être réalisé sur le réseau de Toulouse, et les résultats soulignent également cette grande variété des profils des lignes, comme l'indique le tableau 10.

Tableau 10 : Nombre de voyages par résident et par an à Toulouse

Population 15-64 ans (2006)	Actifs occupés	Chômeurs	Elève Etud Stag non rémunérés	Retraités Préretraités	Autres inactifs	Total ligne voy/hab/an	Population 15-64 ans (2006)	Actifs occupés	Chômeurs	Elève Etud Stag non rémunérés	Retraités Préretraités	Autres inactifs	Total ligne voy/hab/an
A	260,3	365,0	801,9	581,7	64,8	369,9	50	4,2	7,0	19,3	14,8	1,1	6,7
B	197,5	275,9	743,7	434,6	70,2	341,4	51	0,6	0,3	4,4	1,7	0,4	1,5
1	6,4	10,5	16,7	39,9	6,4	10,6	52	3,5	9,1	10,0	23,6	2,8	6,2
2	6,9	11,6	14,1	50,1	4,3	10,6	53	0,4	1,4	3,9	0,0	0,0	0,8
3	3,0	5,4	8,7	22,0	4,0	5,4	54	3,3	4,9	26,6	8,8	2,0	9,2
8	19,2	26,4	77,9	85,0	7,6	28,7	55	2,7	5,1	51,3	1,9	0,0	8,0
10	10,8	12,4	18,2	69,3	4,5	15,0	56	2,8	7,2	27,7	16,1	2,9	9,3
12	13,4	20,6	32,0	49,1	3,7	18,4	57	6,6	15,7	73,5	19,9	3,6	15,9
13	12,0	30,5	57,7	37,2	6,7	21,9	58	5,6	7,0	70,0	12,2	1,2	13,0
14	6,0	12,2	7,6	31,8	2,6	7,8	59	5,2	9,3	75,5	9,0	2,8	12,2
15	3,9	7,7	4,4	35,4	1,6	5,6	60	13,4	22,2	165,5	29,0	5,7	30,0
16	17,9	14,3	49,1	48,3	4,8	24,3	61	5,5	9,8	83,2	7,1	0,5	15,4
17	1,0	1,0	51,0	4,7	0,6	7,4	62	16,4	22,9	172,4	28,8	3,1	37,2
19	10,2	19,3	61,3	32,8	4,6	17,9	64	13,2	22,2	60,0	31,9	6,2	21,4
20	16,9	18,4	529,4	45,5	4,9	84,0	65	6,5	15,3	59,4	21,8	3,9	15,5
21	5,1	7,1	36,8	7,2	2,0	8,8	66	10,3	15,0	42,0	52,0	5,0	17,9
22	10,1	17,4	32,8	70,0	5,7	18,0	67	4,1	9,0	48,6	9,7	1,7	11,8
23	4,0	6,6	13,9	24,7	1,7	7,0	68	13,0	37,2	8,7	125,8	10,3	13,8
25	0,7	2,5	1,9	1,8	0,0	1,0	69	4,8	5,9	92,2	7,5	1,9	14,0
26	4,7	2,7	21,4	7,6	1,3	6,3	70	4,7	10,7	30,9	18,4	2,2	10,6
27	4,7	4,5	9,7	27,0	2,0	6,5	71	2,2	1,5	19,8	5,1	0,5	5,4
29	2,6	2,2	8,1	14,4	1,4	4,2	72	13,6	24,1	102,9	74,9	10,8	33,0
32	0,4	1,4	3,6	0,8	0,8	0,9	73	9,3	8,0	90,8	36,7	6,0	19,9
33	3,6	6,1	93,5	17,6	3,4	14,8	74	13,2	28,3	404,8	26,6	0,0	57,6
34	5,6	3,7	7,6	27,4	1,9	6,8	75	6,2	14,5	140,6	23,7	0,9	23,1
35	6,2	1,9	98,6	5,1	1,5	17,8	76	2,3	3,6	60,3	13,0	1,1	9,7
36	14,8	13,4	68,0	39,3	10,0	22,6	77	8,9	9,5	81,3	38,6	3,6	21,3
37	4,9	7,7	26,7	19,5	4,3	9,2	78	4,4	5,2	12,5	12,7	1,1	6,3
38	10,8	11,8	26,2	53,8	2,8	15,8	79	29,0	18,4	84,1	31,0	2,2	38,8
39	5,5	18,2	37,8	48,3	0,0	12,6	80	1,2	3,9	3,0	5,3	0,8	1,9
40	2,2	4,0	27,7	11,1	1,8	6,0	81	4,4	7,5	34,4	15,5	3,9	10,7
41	2,1	3,5	2,0	17,3	0,8	3,1	82	1,9	2,2	17,3	8,2	0,5	4,8
42	1,8	3,8	13,2	10,2	0,7	4,3	83	7,0	14,1	53,6	18,5	3,1	13,9
43	1,3	2,5	13,5	7,5	0,4	3,4	107	5,8	18,4	10,3	19,5	1,5	8,2
44	0,7	1,0	2,5	3,0	0,3	1,1	108	5,0	13,2	5,0	18,1	3,1	6,0
46	5,0	6,6	27,8	15,5	3,1	9,7	110	2,2	7,4	14,5	5,0	0,0	4,2
47	3,3	7,8	46,7	10,9	1,5	8,8	111	11,8	21,0	12,9	4,9	6,3	11,7
49	1,3	0,7	1,1	0,7	0,0	1,0	112	3,6	8,4	17,0	12,2	1,8	7,0

On observe ici aussi la forte attractivité du métro sur les résidents, puisque les niveaux d'usage sont très élevés, y compris pour les actifs ayant un emploi. Là encore la valeur absolue des chiffres est à prendre avec précaution : les populations résidentes ont été calculées sur la base d'un cercle de 300 m, et il est avéré que la zone d'attraction de stations de métro est beaucoup plus élevée. Ceci conduit à sous-estimer la population résidente de chaque catégorie, et par voie de conséquence à surestimer leur niveau de mobilité quotidienne en TC. Les chiffres pour le métro sont donc donnés pour disposer d'un ordre de grandeur, sachant que l'analyse se focalise ici sur les lignes de bus, dont on peut voir que l'attractivité est très variable d'une ligne à l'autre. Comme pour Montpellier, on retrouve une assez bonne attractivité sur les scolaires, mais on peut également noter l'importance relative des retraités dans l'usage des TC.

Figure 26 : Type de clientèle « résidente » sur les lignes de Toulouse

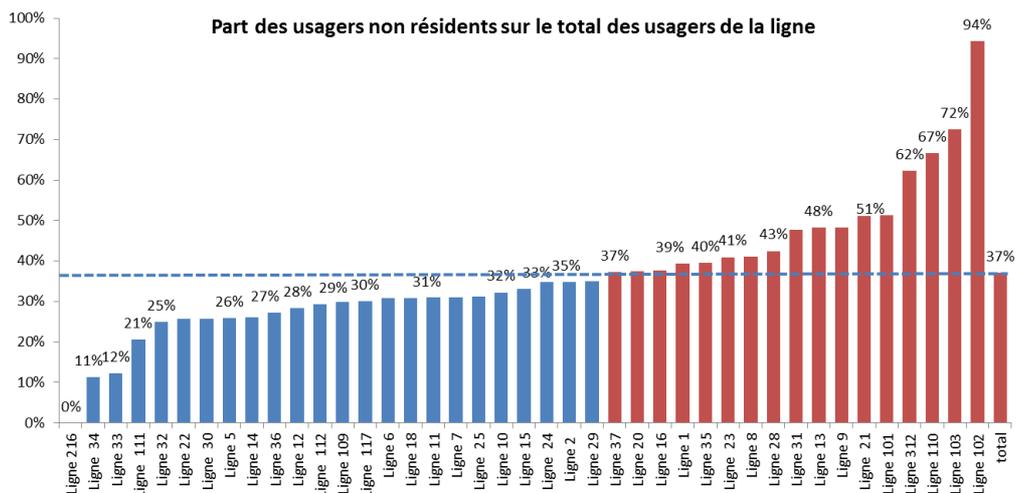


Il ressort de ces analyses que la capacité d'attraction des lignes vis-à-vis des populations résidentes ciblées est très variable. Cet indicateur permet donc de définir des profils de lignes, qui seront repris dans les tableaux de bord par ligne (cf. supra), en qualifiant chaque ligne par rapport à l'attractivité moyenne du réseau de bus. Rappelons que les valeurs absolues sont à prendre avec précaution : pour les rendre lisibles, cet usage par catégorie de résidents est exprimé en nombre de voyage par an et par résident, mais que les données d'enquête servant à l'analyse ne concernent que la journée enquêtée.

L'importance des usagers « non-résidents »

La performance d'une ligne ne peut se limiter bien sûr à l'analyse des clients résidents. En effet, la ligne peut être fréquentée par des populations non résidentes, soit pour des trajets directs, (déplacements « secondaires », non liés au domicile), soit pour des correspondances. L'indicateur proposé ici est le pourcentage de clients non-résidents par rapport au total de la clientèle de la ligne : ceci permet d'apprécier leur contribution à l'efficacité de la ligne. Par contre, il n'est pas possible de mesurer ici un « potentiel » capté en nombre de voyages par an, puisqu'il n'y a pas de population de référence.

Figure 27 : Part des « non-résidents » dans la clientèle de chaque ligne à Montpellier

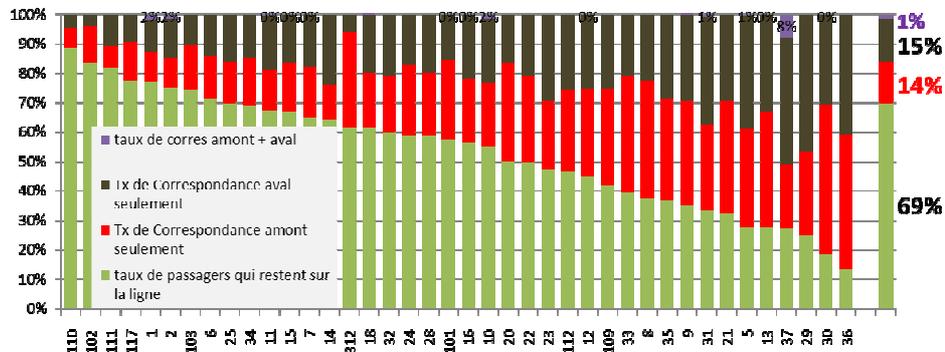


En moyenne, un peu plus d'un tiers des usagers (37%) ne sont pas résidents de la ligne. On remarquera que les lignes de tramway sont dans cette moyenne (T1 : 39% ; T2 : 35%), de même que les lignes les plus chargées du réseau (lignes 6, 7, 11, 15 et 16). Seule la ligne 13 présente un taux sensiblement plus élevé (48%), puisqu'il s'agit de la ligne desservant le pôle universitaire. Les lignes connaissant les taux les plus élevés correspondent souvent au parcours urbain de lignes départementales et sont souvent des lignes à faible fréquentation. Globalement, 13 lignes ont une part de non-résidents inférieure à 30%, 21 une part de 30 à 50% et seulement 7 lignes une part supérieure à 50%.

Il est également intéressant de voir comment se distribuent les trajets avec correspondances sur ces lignes. Il apparaît globalement que 69 % des trajets sont directs, 30 % ont une correspondance (amont ou aval) et seulement 1% ont plus d'une correspondance. Mais cela tient en grande partie au fort trafic des deux lignes de tramway, puisque 25 lignes sur 31 ont

une part de trajets directs inférieure à 50 %, ce qui montre l'importance des correspondances dans le fonctionnement des lignes.

Figure 28 : Taux de correspondances par ligne à Montpellier



La répartition en pourcentage masque cependant l'importance des flux de trafic avec correspondance. L'analyse montre que les lignes de connexion sont celles qui génèrent les flux en correspondance les plus importants, à l'exception de la ligne 5 et de la ligne 8, dont la fréquentation est faible pour des lignes de ce type (respectivement 3 900 et 4 500 voyages / jour).

Il n'est pas *a priori* simple de trouver des facteurs explicatifs de cette variation du taux de voyages avec correspondances. Cela tient sans doute à la diversité des situations rencontrées, entre l'importance et la nature des populations et activités desservies, ainsi qu'aux opportunités de connexion avec les autres lignes du réseau. Cependant, dans une perspective de restructuration des lignes et de leur niveau de service, ce taux de trajets avec correspondance nous semble être un élément utile pour mieux comprendre le fonctionnement d'une ligne.

La même analyse sur Toulouse semble donner des résultats du même genre. On observe ainsi que le taux d'utilisateurs non-résidents est sensiblement plus élevé (47%, soit près d'un voyage sur deux) qu'à Montpellier. Ce taux élevé résulte du poids important des deux lignes de métro dans la fréquentation : ces lignes connaissent des taux de 56 % (ligne A) et de 51% (ligne B). Y aurait-il ici un effet spécifique au métro, qui générerait des déplacements secondaires et des trajets en correspondances plus importants dans le centre-ville ? Faut-il y voir un effet lié à la taille de l'agglomération toulousaine ?

La distribution de ces parts d'utilisateurs non-résidents est globalement proche, puisque 30 lignes ont une part inférieure à 30 %, 37 lignes une part comprise entre 30 et 50 % et seulement 9 (dont les deux lignes de métro) dépassent une part de 50 %.

L'analyse des taux de correspondance montre qu'en moyenne 57 % des trajets sont directs, soit une part sensiblement plus faible que pour Montpellier (69%), avec des taux un peu plus élevés pour les lignes de métro (61 % pour la ligne 4 et 59 % pour la ligne B). Là encore, les raisons sont multiples, mais l'on peut y voir un effet de taille, favorisant les trajets avec correspondance à Toulouse.

Figure 29 : Part des « non-résidents » dans la clientèle de chaque ligne à Toulouse

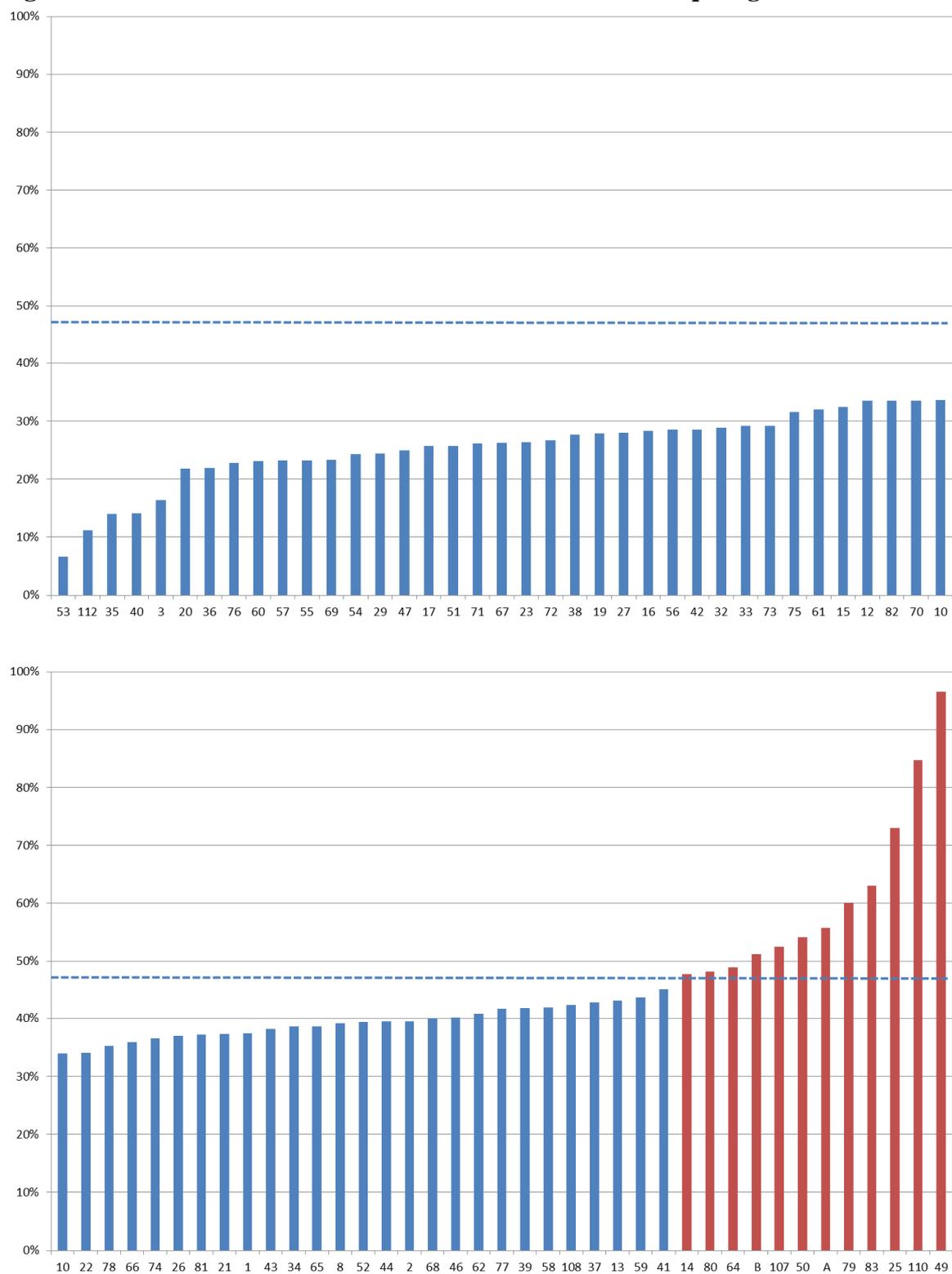
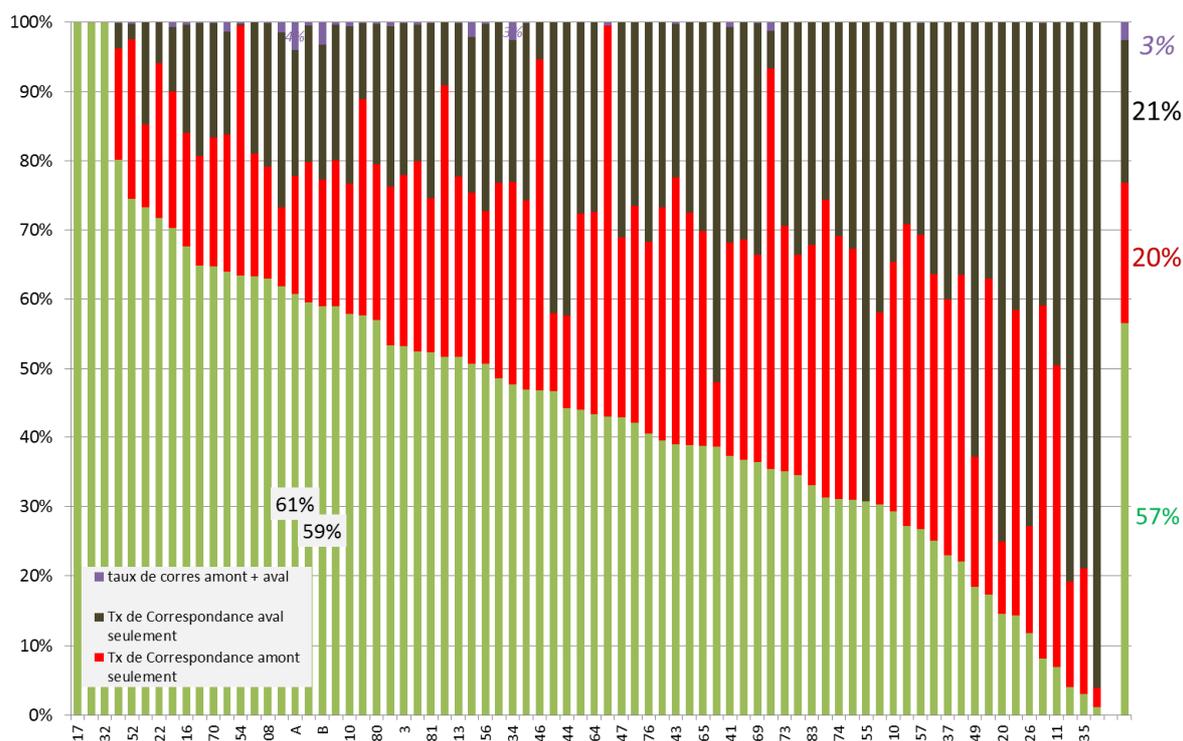


Figure 30 : Taux de correspondances par ligne à Toulouse



Conclusion : un problème d'accès aux données sur les clients

Cette tentative de mesure du rôle social d'une ligne de transport collectif n'a pu être menée jusqu'à son terme, du fait d'une difficulté d'accès à des données détaillées par ligne. L'objectif principal était d'essayer de vérifier le caractère social de la clientèle de la ligne, en identifiant des catégories d'usagers spécifiques : les personnes captives (comme les scolaires, une partie des retraités), ou les personnes à revenu modeste. Il aurait été nécessaire pour cela de disposer d'informations sur les clients et sur leur localisation résidentielle.

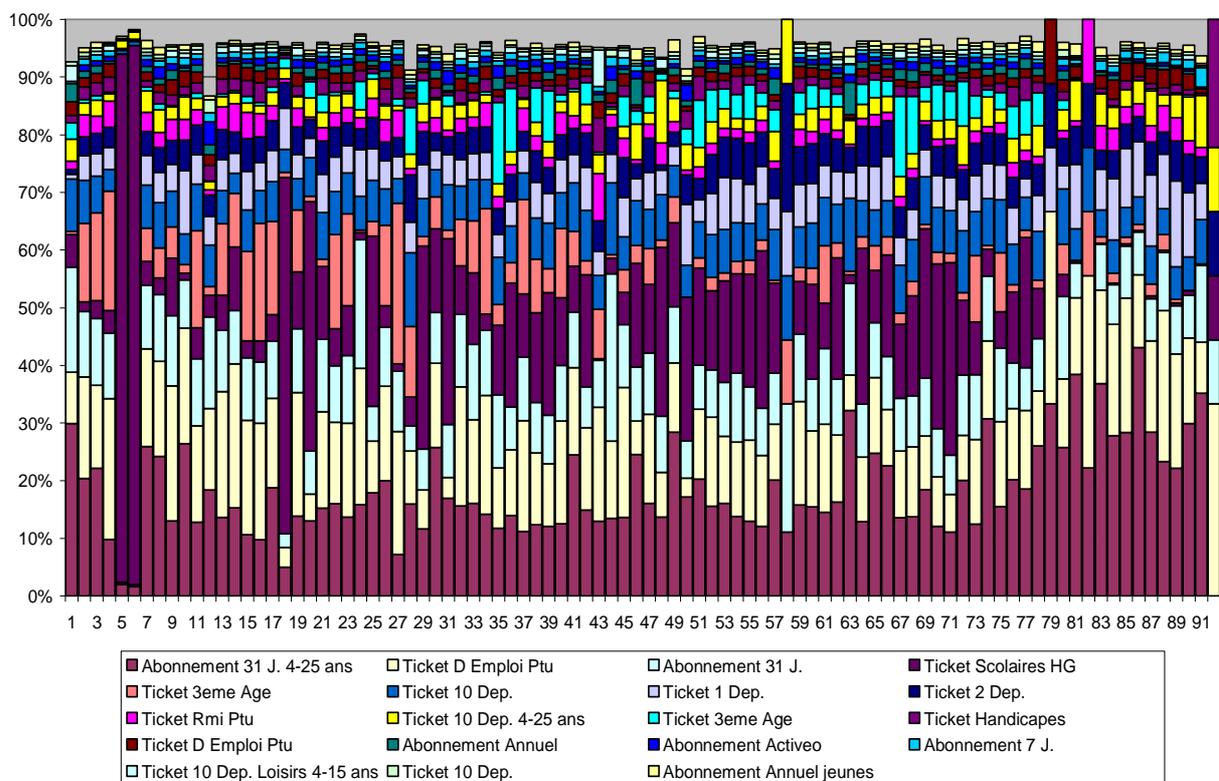
La proposition de l'indicateur du nombre de voyage par an et par résident cherche à contourner – en partie – cette difficulté en tentant de mesurer l'attractivité de la ligne vis-à-vis des populations desservies. Au-delà des chiffres qu'il est nécessaire de prendre avec un certain recul, cette analyse montre que les taux d'usage des actifs occupés sont la plupart du temps très faible, ce qui tend à démontrer la difficulté du réseau à attirer ce type de clientèle : les politiques de limitation de l'usage de la voiture en ville sont donc encore loin de se traduire dans la réalité des quartiers, sur le plan des alternatives offertes. Ce résultat vient conforter le diagnostic apporté sur l'efficacité commerciale des lignes, qui reste globalement faible, à l'exception de quelques lignes fortes. Il semble que les bons résultats de fréquentation dépendent encore largement des petits trajets faits en TC dans le centre-ville, là où l'usage de la voiture devient de plus en plus contraint.

Une autre piste d'analyse du rôle social des transports collectifs pourrait passer par l'étude des données de billetterie. Celles-ci permettent de connaître le titre utilisé, et donc d'identifier des catégories spécifiques de clientèle (scolaire, étudiant, tarifs sociaux,...) et leur usage des lignes. Cependant, deux limites se font rapidement jour. La première est que – sauf dans le cas

de « systèmes fermés » couplés à une tarification à la distance (comme le RER en Ile-de-France), les données recueillies le sont au moment de la validation : il n'est donc pas possible de connaître l'origine-destination du voyage, et encore plus du déplacement. La seconde est la difficulté à pouvoir mettre ces consommations de transport en rapport avec les caractéristiques du voyageur, comme par exemple sa localisation résidentielle : il faudrait pour cela assurer une liaison entre les données de voyages et les données des clients, ce que la CNIL ne semble pas accepter.

Aussi ces données de billetterie ne donnent-elles qu'une vision globale de la clientèle fréquentant la ligne, sans pouvoir distinguer les résidents, ni même connaître les motifs des voyages effectués. Pour le réseau de Toulouse, ce traitement permet par exemple de sortir des profils de ligne en fonction des titres principalement utilisés.

Figure 31 : Clientèle par ligne selon le titre de transport – réseau de Toulouse



On peut ainsi remarquer le profil très « scolaire HG » de deux lignes tandis que d'autres lignes se caractérisent par un très faible poids de ces titres scolaires. Les abonnements « moins de 25 ans » sont par contre présents sur pratiquement toutes les lignes et représentent entre 10 et 40 % des voyages. Sur le réseau de Toulouse, la base de données billetterie identifie en 2009, 95 titres différents, selon le type de titre (tickets, carnet, abonnement) ou le type de bénéficiaire (jeune, retraité, RMIste, demandeur d'emploi,...).

Si ces données sont donc peu adaptées pour le calcul des indicateurs proposés, elles permettent cependant d'apprécier le rôle social joué par les lignes en fonction du statut des individus. De plus, elles offrent l'avantage de couvrir l'ensemble de l'année (et pas seulement une journée, comme pour les enquêtes O-D).

Ces différents éléments nous amènent à souligner que la mesure de la performance sociale des lignes est difficile à faire, dans un contexte où les données nécessaires par ligne ne sont pas aisément accessibles. On peut espérer que le développement des systèmes d'informations géographiques (SIG) conduise progressivement à disposer de données localisées qui faciliteraient l'analyse par ligne.

Malgré le caractère parcellaire des indicateurs produits, ces informations sont de nature à alimenter des tableaux de bord par ligne, qui aideront à mieux interpréter les indicateurs d'efficacité. Dans la perspective de restructuration des lignes, il est en effet important de mettre en évidence, par exemple, qu'une ligne à faible efficacité assure la desserte de populations cibles, et qu'à ce titre, l'AOT peut tout à fait justifier le maintien d'une desserte, au titre de la fonction sociale du réseau.

4.2 La contribution des lignes à la réduction de la congestion du trafic automobile

La seconde « mission » du transport public est de réduire la congestion, en captant une partie de la demande excessive de déplacement en voiture. Cet objectif reste une des justifications importantes de développement des réseaux, afin d'assurer le bon fonctionnement des activités de la ville. Il semble donc utile de mesurer la contribution des lignes à cet objectif, puisque c'est une des dimensions de la performance des réseaux.

Les phénomènes de congestion sont complexes à mesurer¹³, car leur apparition résulte de l'écart entre une demande instantanée et une capacité des voies. Elle est donc localisée et peut être soit ponctuelle, soit récurrente, ce qui rend difficile sa quantification, autrement que par une comptabilisation des kilomètres de voies saturées. Apprécier le rôle d'un réseau TC dans la réduction de cette congestion est donc difficile, et il a fallu rechercher une variable proxy pour exprimer ce phénomène.

Une première analyse a consisté à identifier le **nombre de déplacements en voiture évités** pour une population cible, celle des **non-captifs**, pour leurs déplacements domicile-travail en heures de pointe. La définition des non-captifs s'est faite en tenant compte de l'âge (accès au permis : fixé ici à 20 ans pour tenir compte des données IRIS disponibles), et en éliminant les personnes titulaires d'abonnements sociaux (moyen d'approcher la contrainte de revenu et donc la possession d'une voiture). Enfin, pour tenir compte de possibles trajets courts, un seuil de distance de 3,5 km a été retenu, en dessous duquel on estime que le trajet serait plutôt fait en mode doux (marche à pied, deux-roues) qu'en voiture [pour la justification de ce seuil, voir ci-après]. Cette règle conduit à éliminer 34 % des voyages des non-captifs pour Montpellier et 24 % pour Toulouse, où les déplacements sont globalement plus longs.

Sur cette base, les calculs ont été faits pour Montpellier et pour Toulouse.

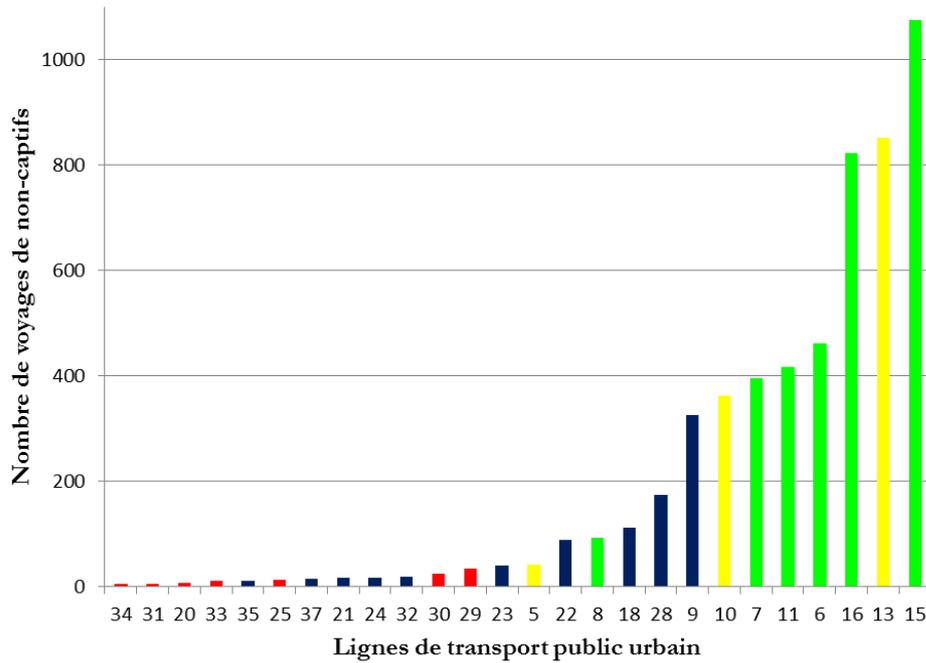
Tableau 11 : Estimation des déplacements domicile-travail en voiture évités pour les non captifs en heure de pointe

	Montpellier	Toulouse
déplacements domicile/travail de non-captifs en heures de pointe	8 762	31 394
dont voyages sur les lignes de TCSP	7 271	30 542
Voitures.km évités	58 800 km	431 230 km

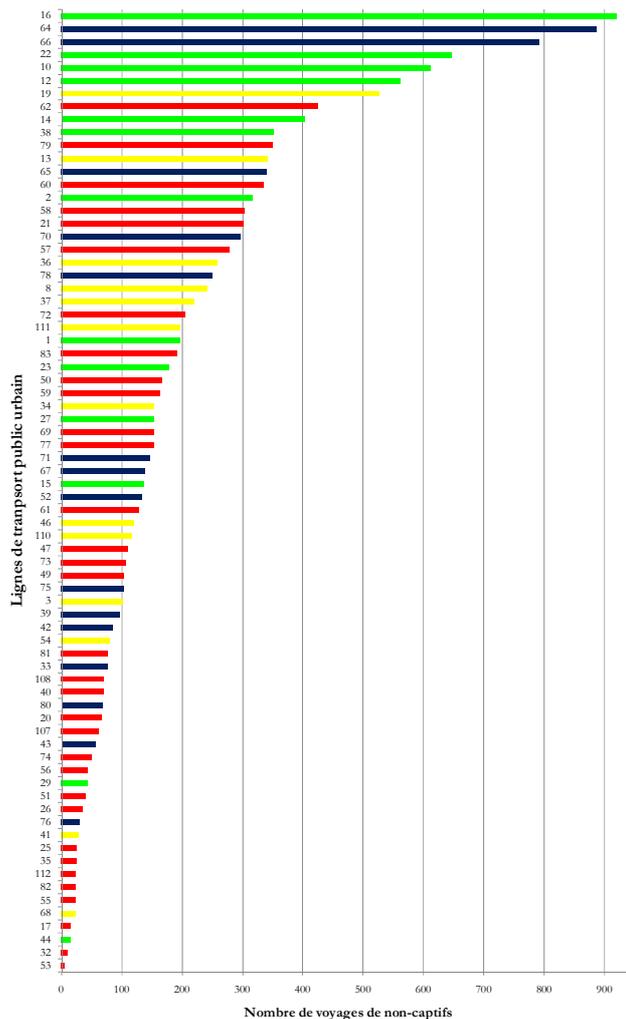
Ce premier tableau met en évidence un effet de taille entre Montpellier et Toulouse, où les volumes de circulation évités sont sensiblement plus importants. Il identifie également le rôle majeur joué par les lignes de TCSP, qui captent plus de 80 % des déplacements domicile-travail des non captifs : on retrouve ici des éléments mis en lumière sur l'attractivité des lignes auprès des actifs (partie sur le rôle social des TC). Concernant les lignes de bus, la figure 32 présente le détail des voyages de non-captifs évités.

¹³ Voir la thèse de Gaëlle Lesteven, 2012, les stratégies d'adaptation à la congestion dans les grandes métropoles – analyse à partir des cas de Paris, Sao Paulo et Mumbai, Doctorat de géographie- aménagement, Université Paris Panthéon-Sorbonne.

Figure 32 : Estimation du nombre de voyages de non-captifs pour les déplacements domicile-travail en heures de pointe pour chaque ligne de bus



Montpellier



Toulouse

Il apparaît pour Montpellier que seules 11 lignes sur 26 étudiées arrivent à attirer des flux de non captifs supérieurs à 100, ce qui souligne la faible performance globale du réseau de bus vis-à-vis de cette clientèle spécifique. Pour Toulouse, avatagée par sa plus grande taille, le résultat n'est pas vraiment meilleur, puisque 24 lignes sur 74 attirent des flux supérieurs à 200.

On remarquera par ailleurs que les lignes attirant les flux de non-captifs les plus importants sont toutes des lignes offrant un nombre de services par jour élevé.

Cette première analyse semble montrer que le rôle de décongestion de la circulation est essentiellement assuré par les lignes de TCSP, tandis que les lignes de bus ne jouent le plus souvent qu'un rôle mineur relativement à cet objectif. Cependant, la restriction aux individus non captifs a tendance à sous-estimer ce rôle : en effet, en heure de pointe, le trafic comprend également de nombreux trajets liés à l'enseignement (lycées, universités,...), et qu'en l'absence de système de transport public, ces trajets nécessiteraient des accompagnements, donc des trafics en voiture. C'est pourquoi, un second indicateur a été construit, prenant en compte plus largement l'ensemble de la clientèle en heure de pointe.

L'indicateur proposé est le **nombre de kilomètres de trajets en voiture en heures de pointe évités** par l'utilisation des transports collectifs. Le raisonnement consiste à dire qu'en l'absence de TC, ces déplacements auraient été faits à l'identique (même période, même O-D) par un autre mode de transport. C'est une hypothèse forte, car bien sûr rien ne nous garantit qu'en l'absence de réseau TC, la mobilité des individus ne se serait pas organisée autrement. Il est donc clair que cet indicateur a un caractère fictif, et qu'il n'a pour objectif que d'approcher la mesure de la contribution des TC à la décongestion.

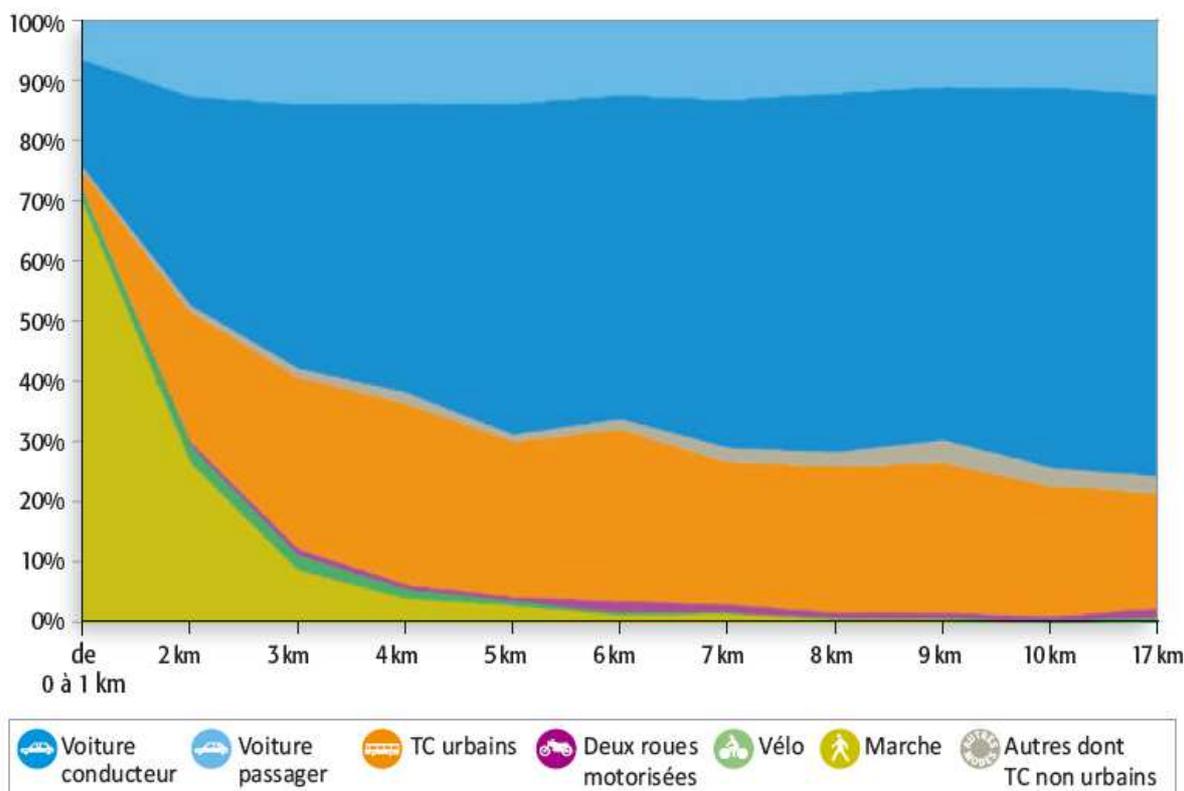
Il est apparu ensuite nécessaire de distinguer deux situations de report modal, en l'absence de TC : l'usager peut se reporter sur la voiture, ou bien sur des modes doux, comme le vélo et la marche à pied. Ce choix semble largement reposer sur la distance du déplacement, comme le montrent de nombreuses statistiques. A titre d'illustration, la figure 33 est tirée de l'Observatoire des Déplacements du Grand Lyon et montre sur la base de l'Enquête Ménages Déplacements menée à Lyon en 2006, la répartition de l'usage des modes en fonction de la portée (à vol d'oiseau) des déplacements. Il apparaît ainsi qu'au-delà de 2,3 km environ, plus de 50 % des déplacements sont faits en voiture. En exprimant cette portée en distance réelle (coefficient de 1,5 tenant compte de la géométrie des réseaux), on obtient un seuil de l'ordre de 3,5 km.

Ce genre de règle de distance pour le report modal a également été proposée par plusieurs chercheurs ayant travaillé sur des scénarios potentiels de report modal (projet Paris21, piloté par M.H. Massot, et projet Lyon21, piloté par P. Bonnel)¹⁴ : les seuils proposés sont différents, car ils sont calculés sur la base de la longueur des boucles (trajets aller-retour), sont fonction de l'âge des personnes (contrainte physique) et varient pour la marche ou le vélo.

Compte-tenu de la taille des deux agglomérations étudiées, plusieurs seuils de distances (1,5 km, 2,5 km et 3,5 km) ont été testés : les variations des résultats sont apparues mineures, et c'est le seuil de 3,5 km qui a été choisi pour faire les calculs de l'indicateur.

¹⁴ Cf. Bonnel P., Caubel D., Massot M.-H., 2003

Figure 33 : Répartition des modes de déplacements en fonction de la portée en kilomètres du déplacement dans le Grand Lyon en 2006



Source : Agence d'Urbanisme pour le développement de l'agglomération lyonnaise, 2010, *L'observatoire des déplacements de l'agglomération lyonnaise – les distances de déplacements*, n°3, 8 p.

L'indicateur de décongestion est donc défini comme la somme des distances de déplacements évités en voiture en heure de pointe grâce au réseau. Il regroupe l'ensemble des déplacements de plus de 3,5 km réalisés sur du domicile/travail ou autre motif entre 7h et 9h et 17h et 19h. Ces trajets sont calculés à partir des déplacements en TC (origine/destination de l'ensemble du déplacement, correspondances comprises) des individus. La longueur du trajet en voiture est estimée à partir de la distance à vol d'oiseau entre l'origine-destination, multipliée par un coefficient tenant compte de la géométrie du réseau (1,4).

Puisque le calcul de l'indicateur suppose de disposer de l'ensemble du déplacement effectué par l'usager, il n'a pas été possible de le calculer pour l'agglomération de Toulouse. En effet, l'enquête origine-destination ne nous fournit pas les arrêts de montée et descente en amont ou en aval du voyage recensé, ce qui ne permet pas de calculer les voyageurs.km complets.

La limitation aux déplacements dont l'origine ou la destination est le centre-ville, n'a *in fine* pas été retenue. Outre qu'elle complexifie sensiblement les calculs lorsque l'on prend en compte le déplacement complet de l'usager (et pas seulement le voyage sur la ligne), les différences de volumes de l'indicateur restent dans le cas des agglomérations de province *a priori* peu importantes.

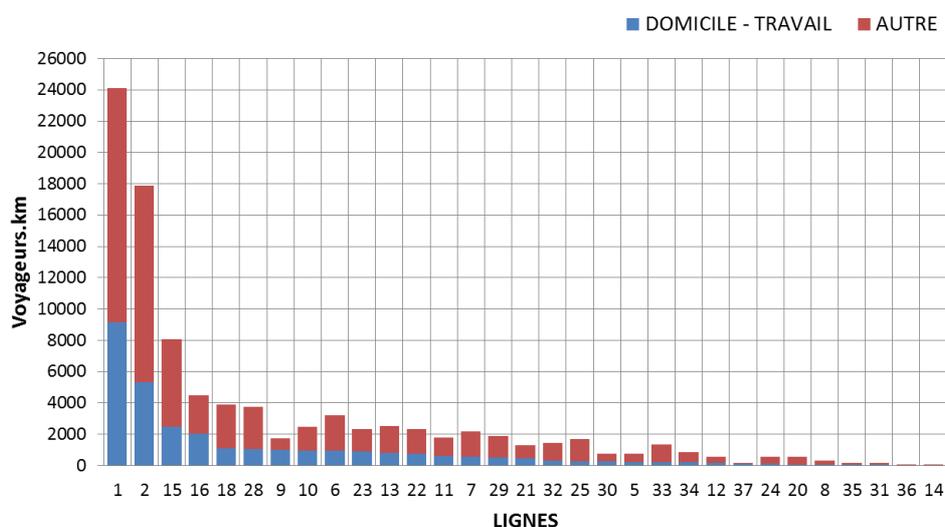
Sur cette base, les résultats pour Montpellier montrent que le réseau contribuerait à réduire d'environ 100 000 voyageurs.km l'occupation du réseau sur l'ensemble des heures de pointe. En tant que tel, ce chiffre a peu de signification (il faudrait pouvoir le comparer au total des passagers.km en voiture sur l'agglomération, donnée dont nous ne disposons pas). Il est par contre intéressant de noter que les déplacements domicile-travail ne représentent qu'un tiers de ce total, et comme indiqué précédemment, ce sont les lignes de tramway qui semblent jouer le premier rôle.

Tableau 12 : Voyageurs.km évités en heures de pointe – Montpellier

Nombre de voyageurs.km évités en voiture en heures de pointe (tous motifs) :	93 559 voy.km
Dont réseau de bus :	51 564 voy.km (55%)
Dont réseau tramway :	41 995 voy.km (45%)
Dont domicile-travail	30 878 voy.km (33%)

Il est par contre plus intéressant de disposer des chiffres par ligne, pour apprécier leur performance relativement à l'objectif de décongestion. Il apparaît clairement que cette contribution est modeste, puisque seules 10 lignes de bus sur 29 étudiées (1/3) dépassent les 2 000 voyageurs.km journaliers.

Figure 34 : Contribution des lignes à la décongestion – réseau de Montpellier



Ensemble des déplacements de plus de 3,5 km, de 7h à 9h et de 17h à 19h

Seule la ligne 15 (qui vient d'être remplacée par la 3^{ème} ligne de tramway) offre une contribution vraiment significative à la décongestion (8077 voy.km), tandis que certaines lignes urbaines (5 et 8) ont un niveau 10 fois inférieur... L'interprétation de ce résultat mitigé doit cependant être faite avec précaution. Ceci souligne par contre l'intérêt de mesurer les voyageurs.km, car cet indicateur met en évidence que la bonne fréquentation de certaines lignes résulte d'un grand nombre de trajets courts en centre-ville, alors que la faible fréquentation des lignes périphériques ne suffit pas à totaliser des niveaux importants de voyageurs.km.

4.3 La contribution des lignes à la réduction des nuisances environnementales

L'appréciation du rôle des lignes de TC à la réduction des nuisances environnementales peut se faire à de nombreux niveaux, en fonction des diverses nuisances prises en compte (bruit, pollution locale, effet de serre). L'idée reste d'apprécier dans quelle mesure l'usage des TC permet de limiter les impacts négatifs que générerait un trafic automobile plus important. Pour autant, la constitution d'un « bilan environnemental » complet par ligne semble excessive, par rapport à l'objectif d'apprécier la performance d'un réseau relativement à un objectif de politique publique, lui-même multiforme.

Ainsi, même si des efforts importants ont été faits ces dernières années au niveau des matériels roulants (par exemple avec les normes européennes sur la consommation et les émissions des véhicules), l'image du bus dans la ville reste encore souvent dégradée : le « gros véhicule diesel qui fume », le bruit des moteurs, et bien entendu la consommation de produits pétroliers et les émissions de CO₂ qui en résultent, font partie de ces clichés courants parmi les résidents. Certaines AOT se sont orientées vers le choix de motorisation ou de carburant différents, avec des parcs de véhicules au gaz, sans parler du regain d'intérêt pour les véhicules électriques ou hybrides, en attendant l'hydrogène...

Il ne sera pas question ici de conduire de tels bilans des « nuisances » générées par les véhicules de transport collectif – ce qui aurait nécessité une analyse détaillée des caractéristiques du parc – mais bien d'apprécier comment les déplacements évités en voiture conduisent globalement à une amélioration de l'environnement. Aussi la démarche proposée est-elle assez proche de ce qui a été fait pour la contribution à la décongestion, en tentant d'estimer l'impact des voyageurs.km évités sur le réseau. La différence est que l'on ne se limite pas qu'aux seules heures de pointe.

On retrouve ici l'importance de pouvoir quantifier les voyageurs.km sur le réseau pour l'ensemble des déplacements, en retenant le même principe d'estimation des déplacements en voiture évités : seuls les déplacements de plus de 3,5 km sont *a priori* retenus, comme justifié dans la partie précédente.

Puisqu'il ne pouvait être question d'identifier tous les impacts environnementaux, le choix symbolique a été fait de **se limiter à un indicateur, les émissions de CO₂**, thème bien connu des collectivités dans la perspective d'une mobilité durable. Ce choix est bien sûr contestable, mais la production d'un grand nombre d'indicateurs n'est pas de nature à modifier fondamentalement l'appréciation de la contribution du réseau à l'amélioration de l'environnement.

Il faut par contre tenir compte du fait que le réseau est lui-même émetteur de CO₂, et l'objectif est alors de s'assurer que le bilan net est positif. C'est pourquoi l'indicateur proposé est le ratio suivant :

$$\frac{\text{Total des émissions de CO}_2 \text{ résultant de l'exploitation de la ligne}}{\text{Total des émissions de CO}_2 \text{ par les déplacements évités s'ils étaient réalisés en voiture}}$$

La construction de l'indicateur suppose donc de calculer :

- Les émissions de CO₂ générées par l'exploitation de la ligne, à partir de la longueur de la ligne, du nombre de services par jour, et d'un équivalent d'émissions de CO₂ par km ; les hypothèses servant au calcul des émissions de CO₂ par véhicule.km sont détaillées en annexe 4.
- Comme pour la congestion, estimer les kilomètres VP évités du fait de l'usage du réseau TC. Ici, c'est l'ensemble des déplacements (tous motifs, journée entière) qu'il faut prendre en compte, et le même principe de report modal VP / modes doux selon un seuil de distance a été retenu : des tests ont été faits sur ce seuil (de 1,5 à 3,5 km). Ensuite les voyageurs.km VP estimés sont convertis en véhicule.km (taux d'occupation de 1,2) puis transformés en émissions de CO₂ sur la base d'un équivalent unique (la non connaissance du parc automobile ne permettant pas d'affiner l'estimation).

La signification de l'indicateur est alors simple à interpréter : lorsque l'indicateur est inférieur à 1, cela signifie que le total des émissions générées par l'exploitation de la ligne est inférieur au total des émissions qui auraient été produites par le trafic VP en l'absence de réseau TC. Il y a donc un intérêt environnemental à maintenir cette ligne. A l'inverse, si l'indicateur est supérieur à 1, c'est que la faiblesse des voyageurs.km assurés par la ligne fait que les émissions de CO₂ des TC sont supérieures à ce que produirait le trafic VP de ces usagers : le maintien de la ligne – relativement à l'objectif environnemental – n'est pas justifié.

Certes, un tel indicateur est grossier et ne peut être considéré comme une évaluation complète de l'intérêt environnemental des lignes. Il faut le concevoir comme un simple indicateur visant à souligner que l'efficacité environnementale dépend du taux d'utilisation des lignes. C'est un clignotant construit dans la perspective d'un tableau de bord visant à apprécier globalement la performance des lignes du réseau.

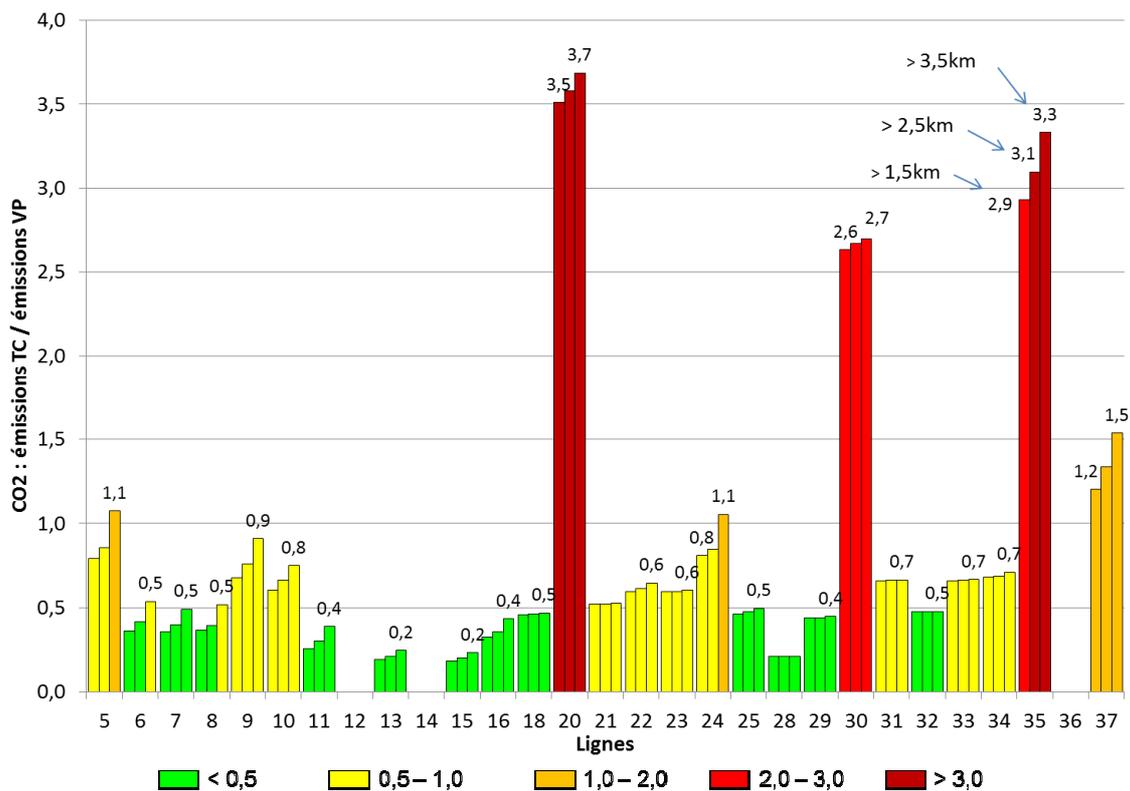
Comme pour la congestion, cet indicateur n'a pu être calculé que pour le réseau de Montpellier, puisqu'il nécessite de connaître les distances des déplacements des usagers.

La figure 35 présente les résultats détaillés par ligne. S'il apparaît clairement que la très grande majorité des lignes a un indicateur inférieur à 1, quatre lignes sont dans la situation inverse (20, 30, 35, 37) : il s'agit de lignes de diffusion en périphérie, qui présentent un nombre de services faible à moyen (de 10 à 50), peu de voyages (de 50 à 280 par jour) et donc une efficacité commerciale particulièrement faible (de 0,2 à 1,1 voyages/véhicule.km). Il est de ce fait logique que l'efficacité environnementale de ces lignes soit contestable.

On notera l'influence du seuil de report modal (de 1,5 à 3,5 km), qui peut faire basculer quelques lignes (5, 24) au-dessus du seuil de 1,0. Ceci concerne des lignes sur lesquelles un grand nombre de voyages sont de faible portée : l'abaissement du seuil conduit mécaniquement à augmenter le nombre de voyages qui seraient reportés sur la voiture, et donc à améliorer la valeur de l'indicateur environnemental en le faisant diminuer. Cependant, globalement, le choix du seuil ne vient pas perturber la hiérarchie des lignes selon ce critère.

Ces résultats soulignent une fois de plus l'intérêt de calculer les voyageurs.km sur les lignes. Si la valeur de l'indicateur semble largement corrélée avec l'efficacité commerciale (les meilleures lignes sont les 11, 13 et 15), on remarquera que la ligne 28 présente un meilleur ratio environnemental que des lignes plus efficaces (6, 7, 8, 16), du fait de la longueur des voyages de ses usagers.

Figure 35 : Indicateur d'efficacité environnementale – réseau de Montpellier



Bien que son mode de calcul soit complexe (puisqu'il nécessite de recalculer les distances de chaque déplacement effectué sur une ligne), cet indicateur peut paraître simpliste, en résumant le bilan environnemental de la ligne à un simple ratio des émissions de CO2. Cependant, il nous semble avoir une vertu pédagogique forte, dans les discussions sur l'optimisation des lignes d'un réseau. En effet, les demandes de prolongements de lignes en périphérie peu denses sont fréquentes, et génèrent des véhicules.km en exploitation qui se révèlent particulièrement peu productifs, souvent parce que le service offert est limité en fréquence et donc peu attractif. Montrer que cette offre n'est pas adaptée, mais qu'en plus elle n'est pas convaincante sur le plan environnemental, peut favoriser la recherche de solutions plus pertinentes.

Les équivalents retenus pour l'estimation des émissions de CO2 des TC et des trajets évités en voiture, peuvent bien sûr être discutés, et le mode de calcul de l'indicateur amélioré. Il faudrait en particulier tenir compte du parc de véhicule utilisé sur la ligne (gabarit, énergie utilisée) pour affiner cette appréciation, mais là encore l'objectif n'est pas de faire un bilan environnemental, mais de disposer d'un « clignotant » au sein d'un tableau de bord, permettant de juger de l'efficacité et de l'efficacité d'une ligne au sein d'un réseau.

5. La production d'un tableau de bord comme outil de diagnostic de la performance par ligne

L'ensemble des informations et analyses produites constitue une base permettant d'envisager un tableau de bord par ligne, qui peut devenir un outil de gestion intéressant, dans la perspective de la recherche d'une plus grande performance du réseau de transport public. Comme il l'a été rappelé à de nombreuses occasions, l'efficacité des réseaux (productive et commerciale) reste un impératif de gestion, surtout dans un contexte marqué par une dérive des coûts d'exploitation et par de nouvelles difficultés de financement pour les AOT. Mais cette recherche d'efficacité ne doit pas se faire indépendamment des objectifs de politique publique poursuivis, dans la perspective de favoriser une mobilité urbaine durable. Les différentes missions explicitées dans la partie précédente (social, congestion, environnement) font partie du rôle de service public des réseaux : les AOT sont en droit d'accepter de financer certains services à la population, même s'ils s'avèrent peu efficaces. Il est cependant intéressant d'informer ces AOT du rapport bénéfices/coûts des lignes, afin de favoriser une meilleure utilisation des fonds publics consacrés au transport public. Certaines lignes peuvent représenter un volume d'offre (en véhicule.km produits) peu important, et donc ne contribuer que modestement au coût total du réseau, mais leur utilité sociale peut être forte, parce qu'elles desservent un équipement particulier ou une population fragile. D'autres peuvent connaître un niveau d'offre plus élevé et pourtant ne pas générer un usage en rapport avec la qualité du service proposé, ce qui devrait induire une analyse plus détaillée pour comprendre les raisons de cette faible performance. D'autres enfin donnent satisfaction en termes de fréquentation, mais parfois au prix d'un niveau de service élevé, ce qui fait que le déficit par voyage reste important.

L'intérêt d'une démarche par tableau de bord est également de favoriser un *benchmarking*, c'est-à-dire de comparer les résultats d'une ligne à d'autres de même type. C'est pourquoi nous avons choisi à chaque fois de comparer les résultats d'une ligne à la moyenne des lignes du réseau. Cette approche permet d'un rapide coup d'œil de souligner par un jeu de couleurs les performances de la ligne. Afin de ne pas trop complexifier la lecture de ce tableau de bord, le nombre d'indicateurs reste limité, en présentant les caractéristiques de l'offre et de l'usage et les contributions aux objectifs de politique publique. L'objectif n'est pas de disposer d'un diagnostic détaillé, mais de critères de positionnement relatif de la ligne par rapport aux autres, en vue de souligner les éléments de faible ou forte performance de la ligne.

Ce tableau de bord comprendrait deux parties : un tableau de synthèse des données et indicateurs sur l'ensemble des lignes, une série de fiches par ligne, donnant plus de précisions.

5.1 Le tableau de synthèse

Cinq familles de critères sont retenues pour structurer ce tableau de bord :

- Les données caractérisant l'offre
- Les données d'usage
- L'efficacité commerciale
- La performance sociale
- La performance en décongestion
- La performance en réduction des émissions de CO2

Tableau 13 : Indicateurs de performance de l'offre

lignes	Type de ligne	OFFRE						
		Nbe Services /Jour	Longueur (km)	Vitesse Commerciale	Veh.km TC /jour	Coeff de sinuosité	Population (par arrêt)	% d'arrêts du réseau accessible en 45 mn
5	Connexion	109	4,6	19,8	502	0,54	1 762	40,9%
6	Connexion	167	11,5	13,5	1 923	0,65	3 449	43,3%
7	Connexion	125	13,1	14,7	1 641	0,64	3 157	44,4%
8	Connexion	107	2,6	15,1	276	0,72	5 170	45,1%
9	Connexion	160	10,3	19,3	1 655	0,52	397	40,2%
10	Connexion	111	18,0	17,8	2 002	0,53	1 541	44,9%
11	Connexion	174	5,2	13,7	908	0,75	4 173	44,1%
12								
13	Connexion	392	3,1	19,9	1 220	0,77	1 616	47,5%
14								
15	Connexion	306	10,9	15,6	3 323	0,71	3 476	46,4%
16	Connexion	153	14,6	16,0	2 241	0,57	2 632	47,3%
18	Diffusion	57	14,5	23,1	828	0,52	673	3,4%
20	Diffusion	52	9,3	17,9	485	0,28	511	2,4%
21	Diffusion	37	7,4	22,3	273	0,78	898	1,9%
22	Diffusion	61	11,1	23,5	678	0,49	1 112	15,7%
23	Diffusion	43	11,6	27,1	500	0,59	512	2,9%
24	Diffusion	37	8,3	24,7	309	0,62	342	6,8%
25	Diffusion	38	7,9	26,6	300	0,55	700	4,0%
28	Diffusion	67	9,4	23,0	632	0,80	451	8,1%
29	Diffusion	37	12,1	26,2	446	0,80	729	1,1%
30	Diffusion	52	17,9	21,2	933	0,67	579	2,7%
31	Diffusion	10	8,6	28,4	86	0,91	512	0,0%
32	Diffusion	31	14,5	34,9	450	0,45	1 146	0,8%
33	Diffusion	52	8,0	26,6	414	0,88	714	2,1%
34	Diffusion	14	18,2	30,8	254	0,64	784	0,0%
35	Diffusion	33	6,2	21,0	205	0,53	1 035	5,3%
36								
37	Diffusion	10	4,7	18,4	47	0,77	251	3,7%
1	Massific.	434	14,6		6 350			55,4%
2	Massific.	297	19,7		5 860			57,4%
TOTAL		3166	298		34 740			
Total bus		2435	264		22 531			
Moyenne Bus		94	10,1	21,6	867	0,64	1 474	19,4%
Moyenne Réseau		113	10,7	21,6	1 241			22,1%
Moyenne Tram		366	17,2		6 105			56,4%

N.B. : les lignes 12, 14 et 36 ne sont pas renseignées, les données de l'enquête O-D n'étant pas disponibles. Les couleurs (de rouge à vert) indiquent le positionnement de chaque ligne de bus par rapport à l'ensemble, pour chaque critère isolément.

La synthèse des données d'offre permet ainsi rapidement de repérer les points forts et les points faibles de chaque ligne, relativement aux autres.

Ce premier tableau met en évidence la segmentation entre les lignes urbaines principales (5 à 16), qui présentent un nombre de services sensiblement supérieur à celui des lignes de périphérie. La population desservie en moyenne par arrêt y est supérieure, du fait de la densité urbaine, et leur bonne connexion au réseau via la desserte du centre offre une accessibilité élevée à la ville via les possibilités de correspondances. Par contre, leur situation centrale les conduit à avoir une vitesse commerciale plus faible qu'en périphérie. On notera cependant que certaines d'entre elles sont très courtes (moins de 6 km), ce qui peut expliquer une attractivité limitée.

Tableau 14 : Indicateurs d'usage et d'efficacité

lignes	Type de ligne	USAGES		EFFICIENCE COMMERCIALE	
		Nbe Voyages /Jour	Nb Voy.km /jour	Voy/Veh.km J = efficacité commerciale	Distance moyenne par voyage
5	Connexion	1 044	3 899	2,1	3,7
6	Connexion	9 697	32 782	5,0	3,4
7	Connexion	8 130	28 404	5,0	3,5
8	Connexion	1 548	4 576	5,6	3,0
9	Connexion	3 487	14 532	2,1	4,2
10	Connexion	5 091	20 448	2,5	4,0
11	Connexion	6 880	22 344	7,6	3,2
12		1 989	5 900		3,0
13	Connexion	9 867	38 332	8,1	3,9
14		835	2 520		3,0
15	Connexion	27 438	109 220	8,3	4,0
16	Connexion	10 214	41 624	4,6	4,1
18	Diffusion	1 469	10 600	1,8	7,2
20	Diffusion	120	815	0,2	6,8
21	Diffusion	383	3 093	1,4	8,1
22	Diffusion	1 154	6 815	1,7	5,9
23	Diffusion	576	4 948	1,2	8,6
24	Diffusion	502	2 249	1,6	4,5
25	Diffusion	629	3 839	2,1	6,1
28	Diffusion	2 350	17 818	3,7	7,6
29	Diffusion	560	5 977	1,3	10,7
30	Diffusion	279	2 091	0,3	7,5
31	Diffusion	90	766	1,0	8,5
32	Diffusion	529	5 600	1,2	10,6
33	Diffusion	398	3 679	1,0	9,2
34	Diffusion	240	2 213	0,9	9,2
35	Diffusion	101	429	0,5	4,3
36		22	199		9,0
37	Diffusion	51	229	1,1	4,5
1	Massific.	116 035	204 868	18,3	1,8
2	Massific.	53 365	129 420	9,1	2,4
TOTAL		265 073	730 228	7,6	2,8
Total bus		95 673	395 940	4,2	4,1
Moyenne Bus		3 299	13 653	2,8	5,9
Moyenne Réseau		8 551	23 556	3,5	5,7
Moyenne Tram		84 700	167 144	13,7	2,1

Ce second tableau fournit les données d'usage, en distinguant les voyages recensés par jour mais aussi les voyageurs.km, donnée essentielle pour le calcul des autres indicateurs de performance. On peut ainsi en déduire une distance moyenne par voyage, qui souligne que les trajets dans la partie centrale de la ville sont par nature plus courts que ceux réalisés en périphérie.

En termes d'efficacité commerciale, la moyenne des lignes du réseau se situe à 2,8 voyages /véhicule.km, soit six fois moins que la moyenne des lignes de tramway. On notera cependant que trois lignes dépassent les 7 voyages par véhicule.km, niveau souvent observé pour les lignes de Bus à Haut Niveau de Service. Enfin, la ligne 28, qui assure le rabattement d'une commune périphérique sur le tramway par un itinéraire rapide (peu d'arrêts intermédiaires de type semi-express), atteint un niveau d'efficacité commerciale supérieur à la moyenne du réseau.

Tableau 15 : Indicateurs de performance sociale

lignes	Type de ligne	SOCIAL - Voyages/Résident/an						Part des voyages de non résidents	% voyages avec correspondances
		Actifs occupés	Chômeurs	Elèves Etudiants Stagiaire	Retraités Préretraités	Autres inactifs	total ligne voy/hab/an		
5	Connexion	2,5	1,9	8,4	13,3	3,1	5,8	26%	72%
6	Connexion	5,7	3,6	17,3	27,7	5,4	11,9	31%	29%
7	Connexion	5,6	3,4	19,5	26,0	5,9	12,1	31%	35%
8	Connexion	3,8	0,8	10,5	16,5	4,6	7,2	41%	63%
9	Connexion	37,4	17,0	176,3	46,1	26,1	60,6	48%	65%
10	Connexion	5,9	4,2	19,2	13,7	4,9	9,6	32%	45%
11	Connexion	9,6	6,3	21,5	39,6	9,5	17,3	31%	33%
12								28%	55%
13	Connexion	32,1	14,4	5,4	61,8	17,5	26,3	48%	72%
14								26%	36%
15	Connexion	23,6	20,5	83,1	72,8	17,8	43,6	33%	33%
16	Connexion	12,9	8,2	19,2	41,9	11,7	18,8	38%	44%
18	Diffusion	3,7	2,1	4,8	3,3	1,3	3,0	31%	39%
20	Diffusion	0,5	1,0	3,4	0,4	0,0	1,0	38%	50%
21	Diffusion	1,5	2,5	10,4	2,8	1,6	3,8	51%	68%
22	Diffusion	2,3	0,9	64,7	2,8	2,1	14,6	26%	50%
23	Diffusion	2,8	2,2	3,6	2,7	0,5	2,3	41%	53%
24	Diffusion	3,3	5,1	11,4	3,6	5,0	5,7	35%	41%
25	Diffusion	1,6	0,7	54,4	2,4	1,8	12,2	31%	30%
28	Diffusion	22,7	13,6	68,1	30,4	12,8	29,5	43%	42%
29	Diffusion	2,2	0,7	46,5	3,5	3,2	11,2	35%	75%
30	Diffusion	1,4	1,5	14,2	2,7	1,2	4,2	26%	82%
31	Diffusion	1,2	1,2	3,5	3,8	1,8	2,3	48%	67%
32	Diffusion	1,2	1,3	102,0	4,5	0,5	21,9	25%	40%
33	Diffusion	0,8	0,4	19,3	3,2	1,7	5,1	12%	61%
34	Diffusion	0,4	0,2	15,8	1,2	0,2	3,6	11%	31%
35	Diffusion	0,5	0,6	1,4	1,6	0,1	0,8	40%	63%
36								27%	86%
37	Diffusion	2,7	2,7	9,0	0,8	0,0	3,0	37%	73%
1	Massific.	170,9	54,6	360,3	409,8	72,4	213,6	39%	23%
2	Massific.	68,6	35,3	289,6	155,4	50,0	119,8	35%	25%
TOTAL								37%	30%
Total bus								35%	43%
Moyenne Bus		7,2	4,5	31,3	16,5	5,4	13,0	33%	53%
Moyenne Réseau		15,3	7,4	52,2	35,5	9,4	24,0	34%	51%
Moyenne Tram		119,8	45,0	325,0	282,6	61,2	166,7	37%	24%

Ce tableau fournit la synthèse des voyages par catégorie de résidents et par an. Il permet de souligner la plus ou moins bonne performance de chaque ligne, relativement à un groupe cible identifié. Rappelons que l'absence de données sur les revenus ou les bénéficiaires de titres sociaux n'a pas permis de construire un indicateur de ce type pour cibler les populations fragiles.

Deux indicateurs complètent cette approche, pour tenir compte d'une part de l'importance de la clientèle non résidente (i.e. dont le domicile n'est pas situé dans l'aire d'attraction de 300 m autour des arrêts de la ligne), et du fonctionnement du réseau, en indiquant le taux de correspondance par ligne.

Là encore la lecture du tableau met en évidence des situations contrastées selon certains critères. Les lignes 9, 13, 15 et 28 ressortent du lot avec un profil très vert. Signalons que la ligne 13, qui connecte les tramways au campus universitaire, a pourtant un ratio de voyage par étudiant très faible : ceci est normal, car ce ratio ne concerne que les étudiants résidant à proximité de la ligne.

Tableau 16 : Indicateurs de performance – décongestion et environnement

lignes	Type de ligne	CONGESTION - km VP évités en HP - dépl. > 3,5 km			
		Motifs Domicile - Travail	Autres Motifs	Voiture.km HP >3,5 km Total	Part D-T
5	Connexion	242	534	776	31,2%
6	Connexion	935	2 276	3 211	29,1%
7	Connexion	571	1 605	2 175	26,2%
8	Connexion	70	268	337	20,6%
9	Connexion	1 008	748	1 756	57,4%
10	Connexion	944	1 524	2 468	38,2%
11	Connexion	591	1 198	1 789	33,1%
12		153	393	546	28,0%
13	Connexion	822	1 717	2 539	32,4%
14		36	40	76	47,0%
15	Connexion	2 462	5 615	8 077	30,5%
16	Connexion	2 022	2 470	4 492	45,0%
18	Diffusion	1 092	2 824	3 916	27,9%
20	Diffusion	86	490	576	15,0%
21	Diffusion	481	834	1 315	36,6%
22	Diffusion	758	1 583	2 341	32,4%
23	Diffusion	915	1 393	2 309	39,6%
24	Diffusion	107	468	575	18,7%
25	Diffusion	276	1 407	1 683	16,4%
28	Diffusion	1 077	2 667	3 744	28,8%
29	Diffusion	524	1 368	1 892	27,7%
30	Diffusion	256	488	744	34,5%
31	Diffusion	54	104	158	34,4%
32	Diffusion	311	1 144	1 454	21,4%
33	Diffusion	214	1 143	1 358	15,8%
34	Diffusion	212	630	842	25,2%
35	Diffusion	58	92	150	38,7%
36		41	52	94	44,2%
37	Diffusion	112	60	172	65,1%
1	Massific.	9 140	14 983	24 124	37,9%
2	Massific.	5 307	12 564	17 871	29,7%
TOTAL		30 878	62 681	93 559	33,0%
Total bus		16 430	35 134	51 564	31,9%
Moyenne Bus		567	1 212	1 778	32%
Moyenne Réseau		996	2 022	3 018	33%
Moyenne Tram		7 224	13 774	20 997	34%

ENVIRONNEMENT - km VP évités /jour - dépl. > 3,5 km				
Emissions totales journalières TC en gCO2	Voy.km	Emissions VP en gCO2	Rapport Emission TC / VP	Emission VP / voy.km
478 674	495	445 207	1,08	114,2
1 834 672	3 798	3 419 435	0,54	104,3
1 565 336	3 475	3 182 982	0,49	112,1
263 363	494	508 094	0,52	111,0
1 578 317	1 785	1 737 101	0,91	119,5
1 909 259	2 564	2 544 533	0,75	124,4
865 797	2 424	2 233 477	0,39	100,0
	624	610 053		103,4
1 163 281	5 438	4 719 571	0,25	123,1
	161	161 364		64,0
3 169 783	13 569	13 577 381	0,23	124,3
2 137 521	4 951	4 925 863	0,43	118,3
789 567	1 264	1 683 919	0,47	158,9
462 424	91	125 471	3,69	154,0
260 193	282	494 936	0,53	160,0
646 885	795	999 542	0,65	146,7
477 380	447	791 231	0,60	159,9
294 643	252	279 663	1,05	124,4
286 417	419	577 032	0,50	150,3
603 061	2 189	2 837 851	0,21	159,3
425 535	453	950 911	0,45	159,1
889 481	232	329 843	2,70	157,7
82 164	65	123 600	0,66	161,4
429 434	426	899 058	0,48	160,6
394 568	352	590 783	0,67	160,6
242 699	180	341 752	0,71	154,4
195 649	60	58 700	3,33	136,7
	16	29 900		150,5
44 732	25	29 142	1,53	127,1
21 490 834		49 208 398	0,44	150
21 490 834		49 208 398		
826 571	1 632	1 696 841	0,92	134
826 571	1 632	1 696 841	0,92	134

Ce dernier tableau de synthèse permet d’apprécier la contribution relative de chaque ligne aux objectifs de décongestion (trajets en heures de pointe) et de réduction des émissions de CO2 (trajets sur l’ensemble de la journée).

Du fait du poids très important des lignes de tramway dans la décongestion (impact plus de 10 fois supérieur à l’impact moyen d’une ligne de bus), les résultats peuvent paraître modestes. De plus, certaines lignes du centre ont des résultats du même ordre que ceux des lignes périphériques.

On retrouve également une diversité des résultats pour la réduction des émissions de CO2, les lignes du centre n’étant pas toujours globalement plus performantes : ceci tient au fait que les déplacements effectués y sont plus courts, et que la règle retenue de report modal sur la voiture ne retient que les déplacements supérieurs à 3,5 km.

Ces premiers tableaux de synthèse permettent d’avoir une vue d’ensemble de la performance relative des lignes de bus les unes par rapport aux autres, performance qui se révèle complexe à analyser, puisqu’elle prend en compte les niveaux d’offre, l’usage et la contribution aux objectifs de politique publique. C’est là l’intérêt de cette approche, dans la perspective de conduire une optimisation des lignes prenant en compte tous les facteurs.

5.2 Le diagnostic par ligne

Afin d'illustrer la démarche de diagnostic de la performance, nous proposons d'analyser quelques lignes du réseau de Montpellier, pour tenter de proposer une évaluation de synthèse sur leur fonctionnement.

Ces fiches par ligne sont volontairement résumées aux principaux indicateurs du tableau de bord de la performance. Il ne s'agit donc pas ici de conduire des études par ligne détaillées, qui nécessiteraient une connaissance fine du terrain, comme en disposent les services marketing du réseau. L'objectif est de montrer que l'analyse de la performance peut avoir un intérêt opérationnel dans la construction d'un diagnostic du fonctionnement du réseau, en mettant rapidement en lumière les points forts et les points faibles de chaque ligne. Ce « jugement de valeur » ne prétend donc pas offrir une vue complète et détaillée de la « vie » d'une ligne, compte tenu de la complexité de son fonctionnement dans son inscription territoriale locale.

Les analyses faites à partir des résultats de l'enquête origine-destination sont bien sûr potentiellement beaucoup plus riches. Afin de ne pas alourdir la présentation, seuls quelques traitements annexes ont été indiqués, comme la distribution des voyages et des voyages.km par catégorie d'usagers. D'autres résultats comme les « serpents de charge », la fréquentation de chaque arrêt, ou les correspondances réalisées, seraient tout à fait utiles pour un travail de restructuration et d'optimisation des lignes.

Rappelons également les limites de cette analyse, du fait de la difficulté à disposer de données détaillées par ligne : la clientèle analysée est celle circulant le jour de l'enquête, et la généralisation à l'année de ces résultats est par nature abusive. Enfin, signalons que les données concernent la période 2008-09 : les remarques faites le sont donc sur un réseau qui a depuis fortement évolué, et l'objectif reste ici d'illustrer la démarche en l'appliquant à un cas réel.

Ligne 15 : Pierre de Coubertin ← → Gare Saint Roch



22

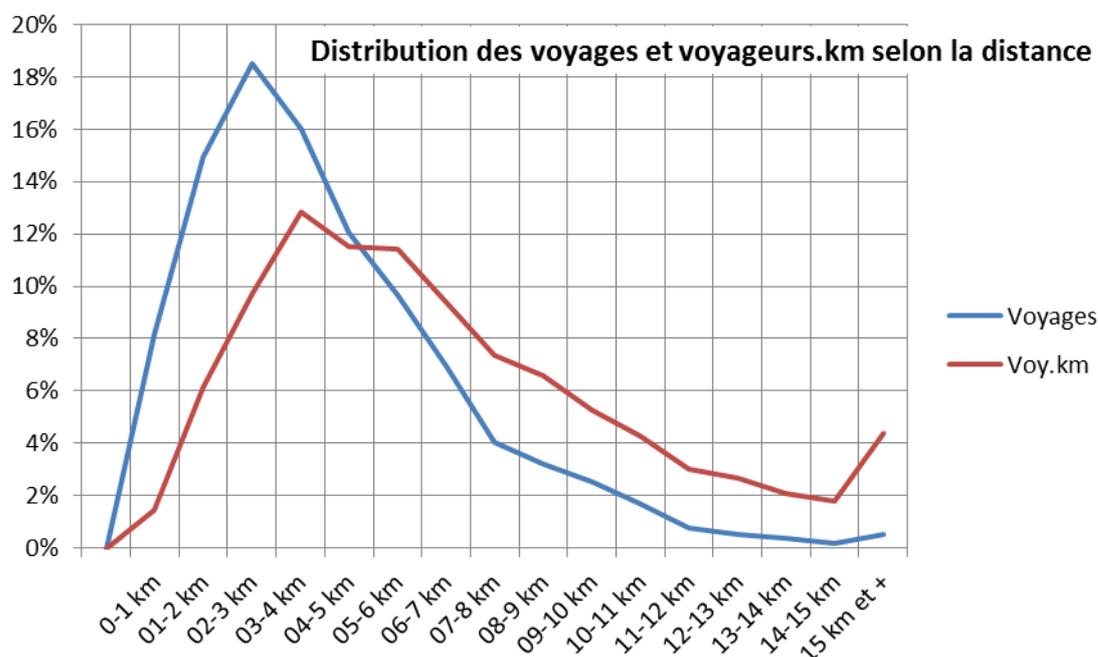
Offre, usage et efficacité commerciale

		lignes	15	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
OFFRE	Type de ligne		Connexion					
	Nbe Services /Jour		306	3166	2435	94	113	366
	Longueur (km)		10,9	298	264	10,1	10,7	17,2
	Vitesse Commerciale		15,6			21,6	21,6	
	Veh.km TC /jour		3 323	34 740	22 531	867	1 241	6 105
	Coeff de sinuosité		0,71			0,64		
	Population (par arrêt)		3 476			1 474		
% d'arrêts du réseau accessible en 45 mn		46,4%			19,4%	22,1%	56,4%	
USAGES	Nbe Voyages /Jour		27 438	265 073	95 673	3 299	8 551	84 700
	Nb Voy.km /jour		109 220	730 228	395 940	13 653	23 556	167 144
EFFICIENCE COMMERCIALE	Voy/Veh.km J = efficacité commerciale		8,3	7,6	4,2	2,8	3,5	13,7
	Distance moyenne par voyage		4,0	2,8	4,1	5,9	5,7	2,1

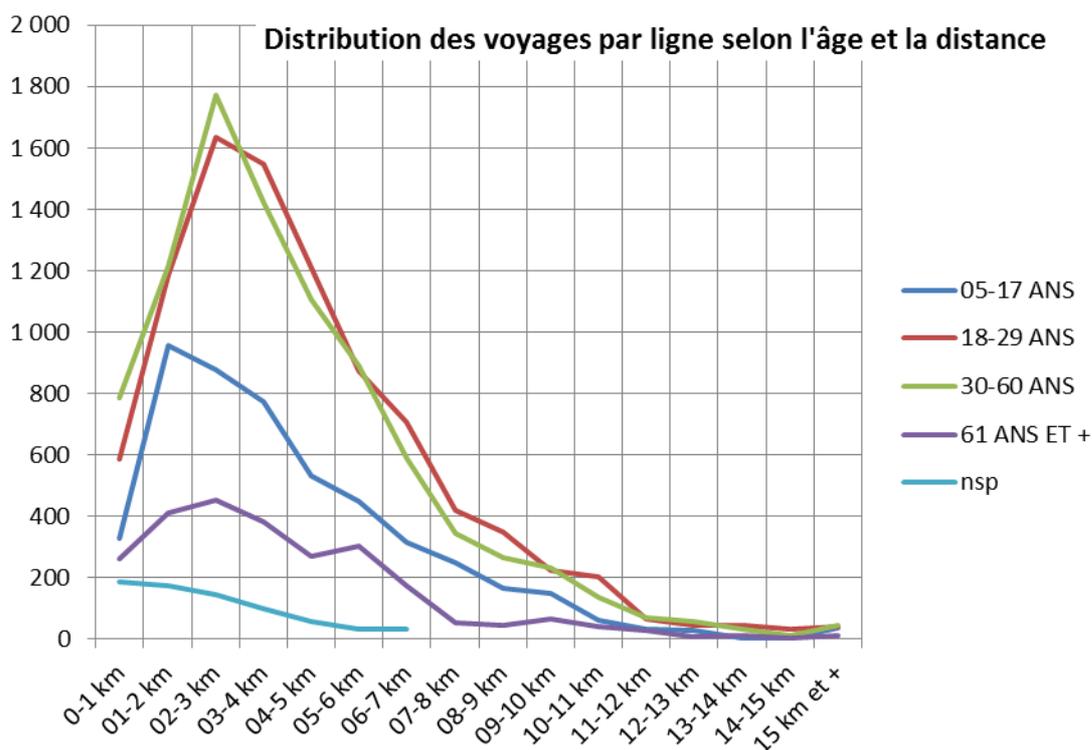
Presque tous les indicateurs sont au vert pour la meilleure ligne du réseau, sur le plan de l'offre : nombre de services par jour élevé, population moyenne par arrêt élevée, connexion au reste du réseau forte (46% des arrêts accessibles en 45 mn). Il est donc logique de trouver une efficacité commerciale forte (8,3 voyages/véhicule.km), digne d'un BHNS.

Cette ligne « radiale » connaît cependant un trajet un peu sinueux et est surtout confrontée à la pénétration dans l'hyper centre de Montpellier (desserte de la gare St Roch). Bien qu'elle soit d'une assez bonne longueur (près de 11 km), la distance moyenne par voyage est peu élevée (4 km), indiquant un usage fractionné sur le territoire.

Répartition des voyages selon la distance des déplacements (O-D complète)



L'observation de la distribution des voyages et voyageurs.km confirme ce fait, puisque 58 % des déplacements font moins de 4 km (19% font de 2 à 3 km).



La clientèle est composée pour 35 % de jeunes de 18 à 29 ans (42 % pour l'ensemble du réseau) , et pour 34 % de personnes de 30 à 60 ans (28 %), les scolaires ne représentant que 19 % (19 %) et les plus de 60 ans, 10 % (8 %). Ceci semble exprimer la bonne attractivité de la ligne pour les actifs.

Efficacité de la ligne

		lignes	15	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
SOCIAL - Voyages /Résident /an	Type de ligne		Connexion					
	Actifs occupés		23,6			7,2	15,3	119,8
	Chômeurs		20,5			4,5	7,4	45,0
	Elèves Etudiants Stagiaire		83,1			31,3	52,2	325,0
	Retraités Préretraités		72,8			16,5	35,5	282,6
	Autres inactifs		17,8			5,4	9,4	61,2
	total ligne voy/hab/an		43,6			13,0	24,0	166,7
	Part des voyages de non résidents		33%	37%	35%	33%	34%	37%
	% voyages avec correspon-dances		33%	30%	43%	53%	51%	24%
CONGESTION - km VP évités en HP dépl. > 3,5 km	Motifs Domicile -Travail		2 462	30 878	16 430	567	996	7 224
	Autres Motifs		5 615	62 681	35 134	1 212	2 022	13 774
	Voiture.km HP >3,5 km Total		8 077	93 559	51 564	1 778	3 018	20 997
	Part D-T		30,5%	33,0%	31,9%	32%	33%	34%
ENVIRONNEMENT - km VP évités /jour dépl. > 3,5 km	Emissions totales journalières TC en gCO2		3 169 783	21 490 834	21 490 834	826 571	826 571	
	Voy.km		13 569			1 632	1 632	
	Emissions VP en gCO2		13 577 381	49 208 398	49 208 398	1 696 841	1 696 841	
	Rapport Emission TC / VP		0,23	0,44		0,92	0,92	
	Emission VP / voy.km		124,3	150		134	134	

Là aussi, presque tous les indicateurs sont également au vert. L'attractivité de la ligne est bonne auprès de toutes les catégories de résidents, et la fréquentation par des non-résidents (33% des voyages) est assez bonne. Seul le taux de correspondance reste faible, mais cela peut provenir de la structure radiale de la ligne desservant l'hyper-centre.

La contribution à la décongestion est forte, du fait de la bonne fréquentation en heure de pointe, avec une part de trajets domicile-travail moyenne. Le bilan environnemental est positif, malgré les fortes émissions dues à l'importance du service offert.

La ligne 15 est sans conteste la meilleure ligne du réseau. Cela peut expliquer son remplacement récent par la nouvelle ligne de tramway T3 sur la plus grande partie de son itinéraire, et par un prolongement de la ligne de tramway T1.

Ligne 20 : St Jean de Védas St Hubéry ← → St Jean de Védas La Lauze

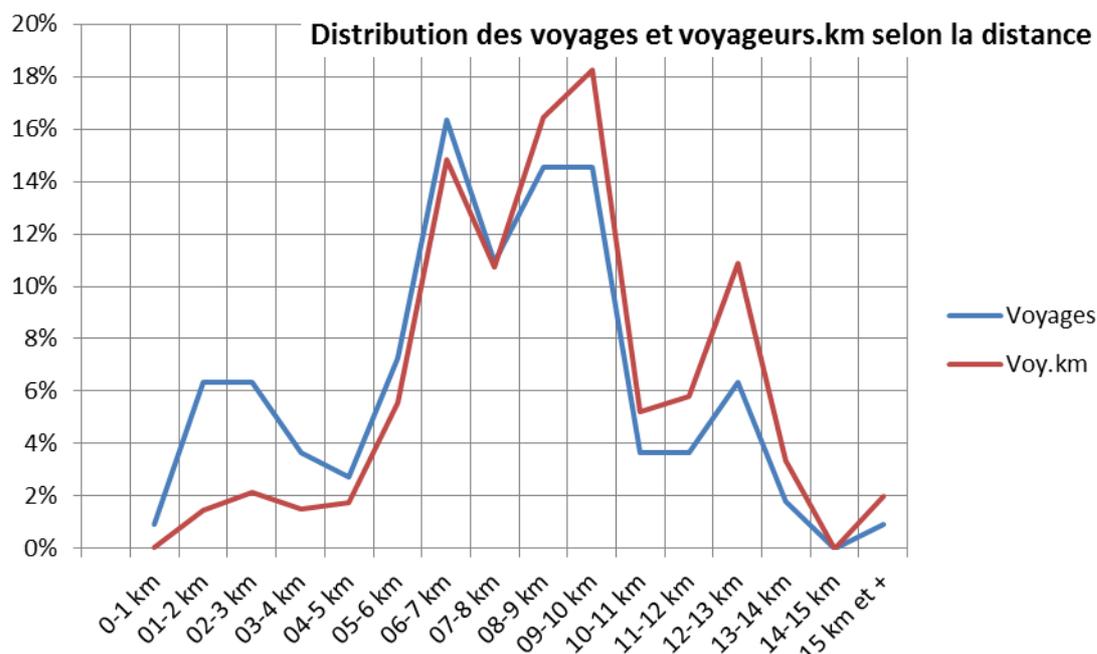


Offre, usage et efficience commerciale

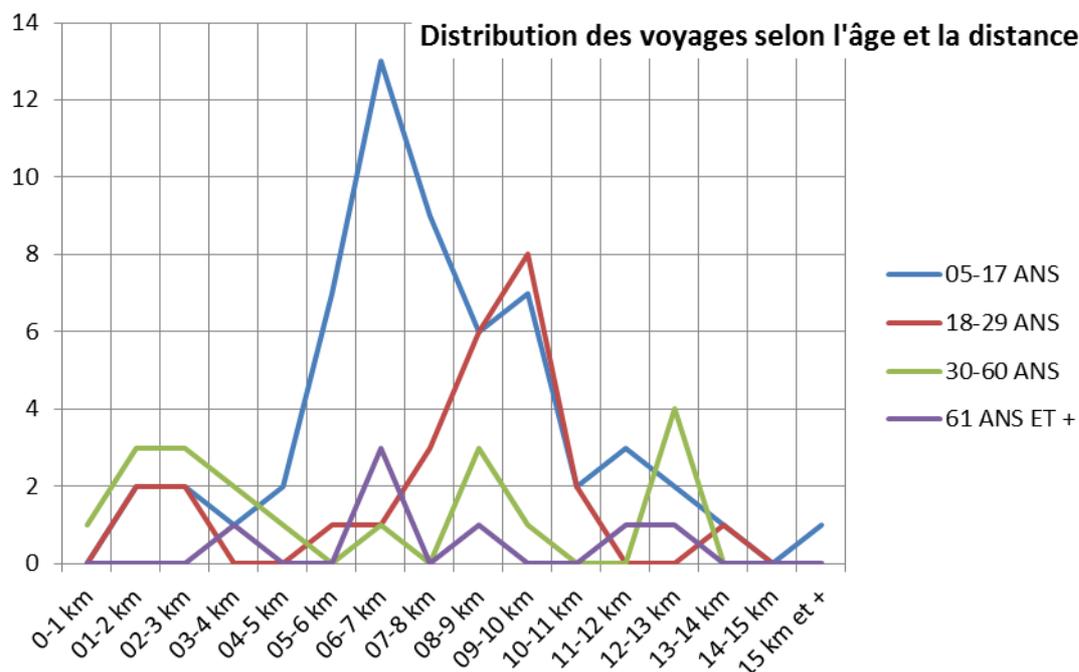
		lignes	20	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
OFFRE	Type de ligne		Diffusion					
	Nbe Services /Jour		52	3166	2435	94	113	366
	Longueur (km)		9,3	298	264	10,1	10,7	17,2
	Vitesse Commerciale		17,9			21,6	21,6	
	Veh.km TC /jour		485	34 740	22 531	867	1 241	6 105
	Coeff de sinuosité		0,28			0,64		
	Population (par arrêt)		511			1 474		
	% d'arrêts du réseau accessible en 45 mn		2,4%			19,4%	22,1%	56,4%
USAGES	Nbe Voyages /Jour		120	265 073	95 673	3 299	8 551	84 700
	Nb Voy.km /jour		815	730 228	395 940	13 653	23 556	167 144
EFFICIENCE COMMERCIALE	Voy/Veh.km J = efficience commerciale		0,2	7,6	4,2	2,8	3,5	13,7
	Distance moyenne par voyage		6,8	2,8	4,1	5,9	5,7	2,1

Presque tous les indicateurs sont au rouge pour cette ligne de diffusion secondaire, qui dessert la commune de Saint Jean de Védas, en rabattement sur le terminus de la ligne de tramway T2. L'itinéraire est particulièrement sinueux, avec un niveau d'offre moyen, et couvre un territoire peu dense (500 habitants par arrêt en moyenne). Il en résulte également une faible connexion au réseau de l'agglomération du fait de sa situation éloignée en périphérie, si bien que la fréquentation est particulièrement faible pour ce niveau de service. L'efficience commerciale y est l'une des plus faibles du réseau (0,2 voyage par véhicule.km).

Répartition des voyages selon la distance des déplacements (O-D complète)



L'observation de la distribution des voyages et voyageurs.km montre une structure assez désordonnée et peu significative, du fait du faible nombre de voyages réalisés. 55 % des déplacements font moins de 8 km (16% font de 6 à 7 km).



La clientèle est composée à 53 % de scolaires (19 % sur l'ensemble du réseau), et de 24 % de personnes de 30 à 60 ans (28 %), les actifs de 30 à 60 ans ne représentant que 17 % (28 %). Il est clair que cette ligne de desserte locale semble n'attirer que quelques captifs.

Efficacité de la ligne

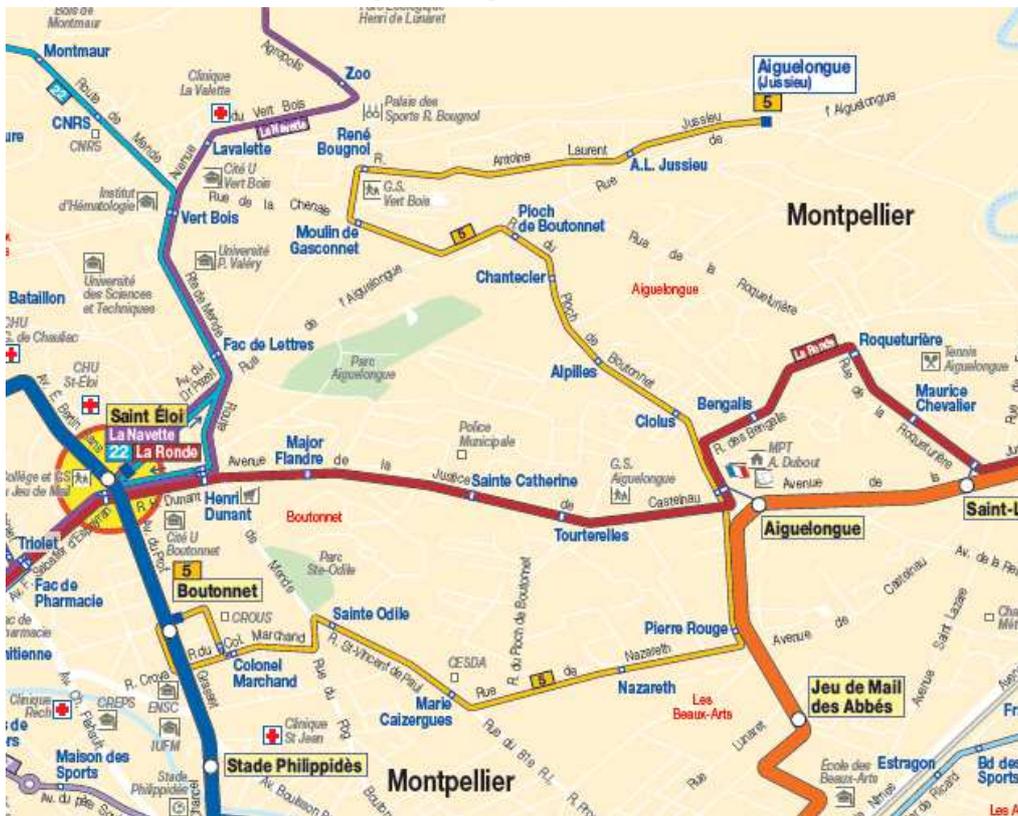
	lignes	20	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram	
SOCIAL - Voyages /Résident /an	Actifs occupés	0,5			7,2	15,3	119,8	
	Chômeurs	1,0			4,5	7,4	45,0	
	Elèves Etudiants Stagiaire	3,4			31,3	52,2	325,0	
	Retraités Préretraités	0,4			16,5	35,5	282,6	
	Autres inactifs	0,0			5,4	9,4	61,2	
	total ligne voy/hab/an	1,0			13,0	24,0	166,7	
	Part des voyages de non résidents	38%		37%	35%	33%	34%	37%
	% voyages avec correspon-dances	50%		30%	43%	53%	51%	24%
CONGESTION - km VP évités en HP dépl. > 3,5 km	Motifs Domicile -Travail	86	30 878	16 430	567	996	7 224	
	Autres Motifs	490	62 681	35 134	1 212	2 022	13 774	
	Voiture.km HP >3,5 km Total	576	93 559	51 564	1 778	3 018	20 997	
	Part D-T	15,0%	33,0%	31,9%	32%	33%	34%	
ENVIRONNEMENT - km VP évités /jour dépl. > 3,5 km	Emissions totales journalières TC en gCO2	462 424	21 490 834	21 490 834	826 571	826 571		
	Voy.km	91			1 632	1 632		
	Emissions VP en gCO2	125 471	49 208 398	49 208 398	1 696 841	1 696 841		
	Rapport Emission TC / VP	3,69	0,44		0,92	0,92		
	Emission VP / voy.km	154,0	150		134	134		

Là aussi, presque tous les indicateurs sont au rouge. L'attractivité de la ligne est très faible auprès de toutes les catégories de résidents, y compris les scolaires et étudiants, et la fréquentation par des non-résidents (38% des voyages) est heureusement assez bonne (même si cela réfère à des volumes de clientèle très faibles). Le taux de correspondance est de 50 %, indiquant bien un certain rôle dans le rabattement sur le tramway.

La contribution à la décongestion est donc très faible, tant du fait de la faible fréquentation, que de l'absence d'attractivité de la ligne sur les déplacements domicile-travail. Le résultat sur le plan de l'environnement est encore plus mauvais, puisque le ratio émissions TC /VP signifie que la ligne de bus pollue trois fois plus que si ces usagers avaient circulé en voiture...

La ligne 20 est sans conteste la plus mauvaise ligne du réseau. Cela peut s'expliquer par son implantation périphérique dans une zone à faible densité, mais sans doute aussi par son tracé de desserte assez compliqué. Il est clair que cette ligne, qui bénéficie pourtant d'un nombre de services par jour relativement élevé, mériterait une restructuration profonde, afin d'en améliorer la performance.

Ligne 5 : Boutonnet ← → Aiguelongue (Jussieu)

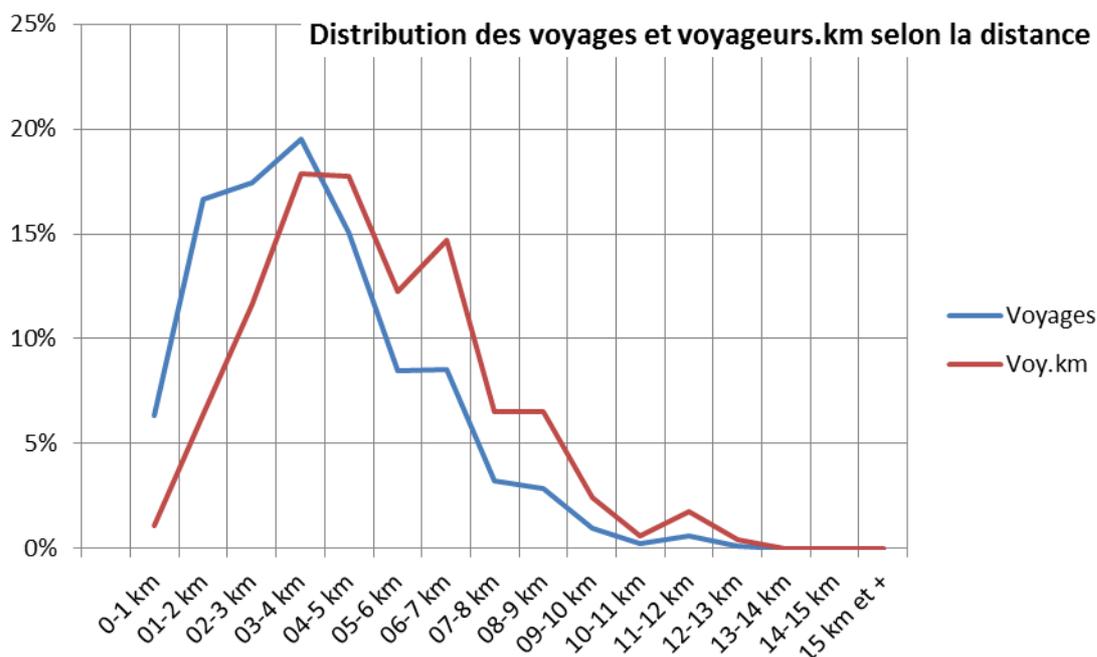


Offre, usage et efficacité commerciale

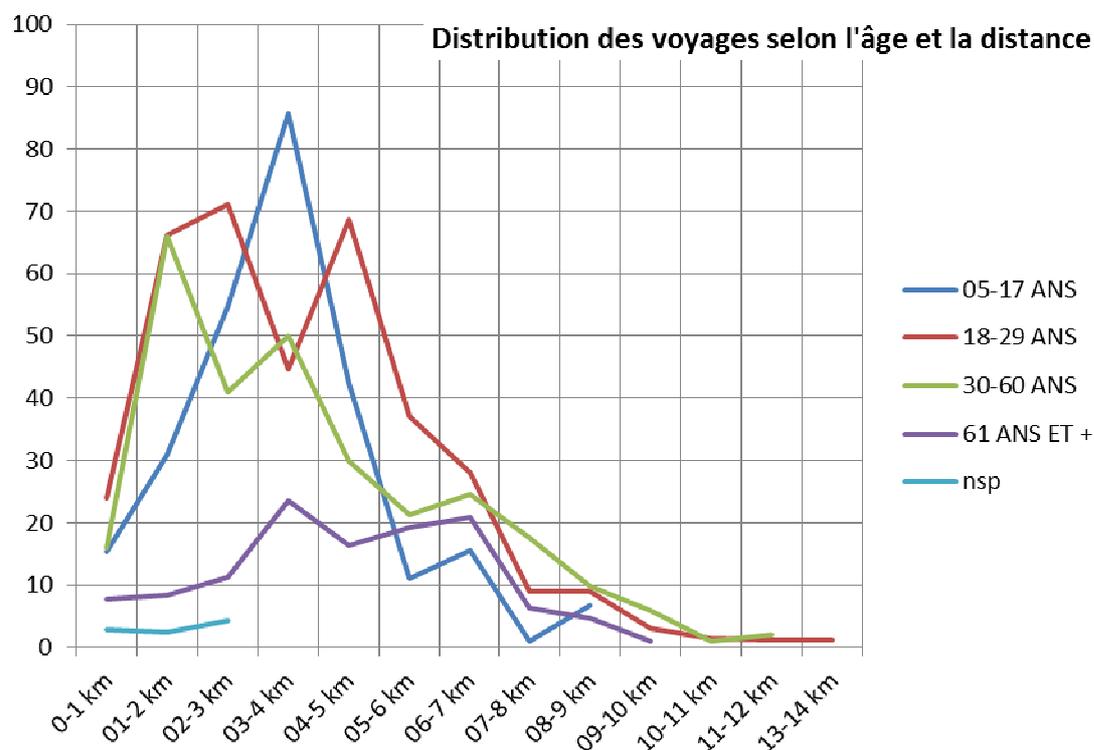
		lignes	5	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
OFFRE	Type de ligne		Connexion			
	Nbe Services /Jour		109	94	113	366
	Longueur (km)		4,6	10,1	10,7	17,2
	Vitesse Commerciale		19,8	21,6	21,6	
	Veh.km TC /jour		502	867	1 241	6 105
	Coeff de sinuosité		0,54	0,64		
	Population (par arrêt)		1 762	1 474		
	% d'arrêts du réseau accessible en 45 mn		40,9%	19,4%	22,1%	56,4%
USAGES	Nbe Voyages /Jour		1 044	3 299	8 551	84 700
	Nb Voy.km /jour		3 899	13 653	23 556	167 144
EFFICIENCE COMMERCIALE	Voy/Veh.km J = efficacité commerciale		2,1	2,8	3,5	13,7
	Distance moyenne par voyage		3,7	5,9	5,7	2,1

La ligne 5 a été classée dans la catégorie « Connexion de maillage », dans la mesure où elle assure une liaison avec les lignes de tramway T1 et T2, mais sans pénétrer l'hyper centre de la ville. De plus elle présente un nombre de services par jour (109) assez élevé. Son tracé est cependant très sinueux, mais elle offre une très bonne connexion avec le réseau (41 % des arrêts accessibles en 45 mn). Pourtant, sa fréquentation est moyenne et son efficacité commerciale (2,1) est deux fois moindre que la moyenne des lignes de connexion de maillage. On peut donc être surpris par les résultats très moyens de cette ligne.

Répartition des voyages selon la distance des déplacements (O-D complète)



Il apparaît que 60 % des déplacements sont courts (moins de 4 km), ce qui laisse penser que la desserte de la ligne reste principalement locale, ou dans le secteur via un rabattement sur l'une des lignes de tramway.



La clientèle de la ligne comprend une part de scolaires (25 %) sensiblement supérieure à la moyenne (19%), et proportionnellement un peu moins de jeunes de 18 à 29 ans (35 % contre 42 % en moyenne). La part des 30-60 ans (27 %) est dans la moyenne, mais ce sont des trajets plutôt courts. Enfin les plus de 60 ans (12 %) sont sensiblement plus importants que la moyenne (8 %).

Efficacité de la ligne

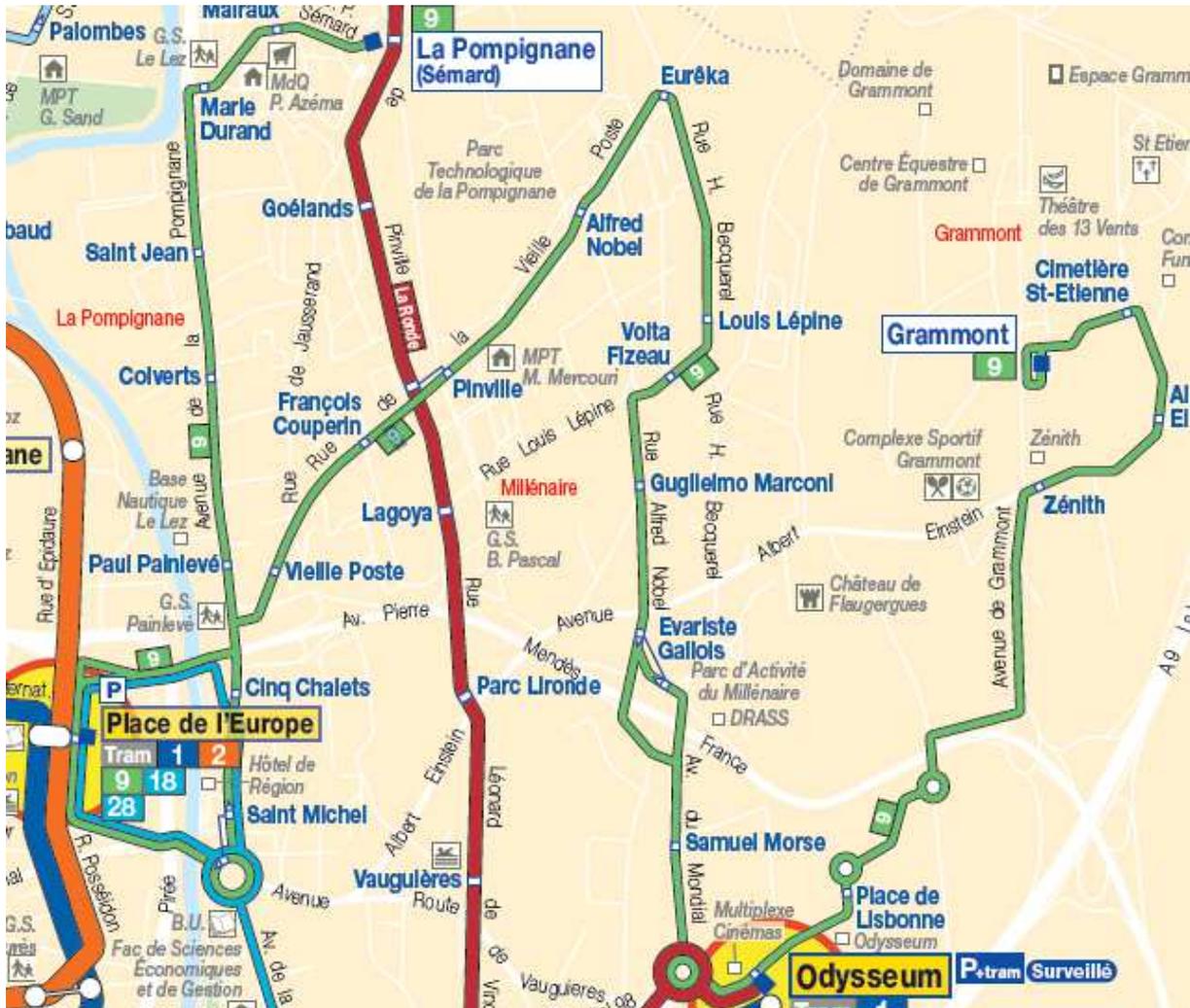
	lignes	5	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
SOCIAL - Voyages /Résident /an	Actifs occupés	2,5	7,2	15,3	119,8
	Chômeurs	1,9	4,5	7,4	45,0
	Elèves Etudiants Stagiaire	8,4	31,3	52,2	325,0
	Retraités Préretraités	13,3	16,5	35,5	282,6
	Autres inactifs	3,1	5,4	9,4	61,2
	total ligne voy/hab/an	5,8	13,0	24,0	166,7
	Part des voyages de non résidents	26%	33%	34%	37%
	% voyages avec correspondances	72%	53%	51%	24%
CONGESTION - km VP évités en HP dépl.> 3,5 km	Motifs Domicile - Travail	242	567	996	7 224
	Autres Motifs	534	1 212	2 022	13 774
	Voiture.km HP >3,5 km Total	776	1 778	3 018	20 997
	Part D-T	31,2%	32%	33%	34%
ENVIRONNEMENT - km VP évités /jour dépl. > 3,5 km	Emissions totales journalières TC en gCO2	478 674	826 571	826 571	
	Voy.km	495	1 632	1 632	
	Emissions VP en gCO2	445 207	1 696 841	1 696 841	
	Rapport Emission TC / VP	1,08	0,92	0,92	
	Emission VP / voy.km	114,2	134	134	

Le profil des résidents utilisateurs met en évidence la faiblesse de la catégorie élèves/étudiants, qui constitue généralement la partie la plus importante de la clientèle. A l'inverse, les retraités sont plus nombreux que la moyenne, ce qui laisse supposer un certain profil du quartier desservi. De même, la part des usagers non-résidents est faible (26 %). On peut enfin observer un taux de correspondance très élevé, qui résulte de la logique de rabattement sur les tramways.

Sur le plan de la décongestion, comme de l'environnement, le bilan n'est pas très positif, et ceci résulte de la fréquentation très moyenne de la ligne.

Bien qu'offrant un nombre de services relativement élevé, et une très bonne connexion au reste du réseau, la fréquentation de la ligne reste proportionnellement modeste, voire décevante. Deux pistes de réflexion émergent de l'analyse. La première est relative au tracé très sinueux de la ligne, ce qui peut en limiter l'attractivité. La seconde concerne plus les caractéristiques du quartier desservi : la part modeste des scolaires et des étudiants, conjuguée à une part assez importante de retraités correspond-elle à un « vieillissement » du quartier ? Faut-il dès lors considérer plus cette ligne comme une ligne de diffusion (desserte du quartier), auquel cas le nombre de services offert ne serait-il pas excessif ?

Ligne 9 : La Pompignane (Sémard) ← → Grammont

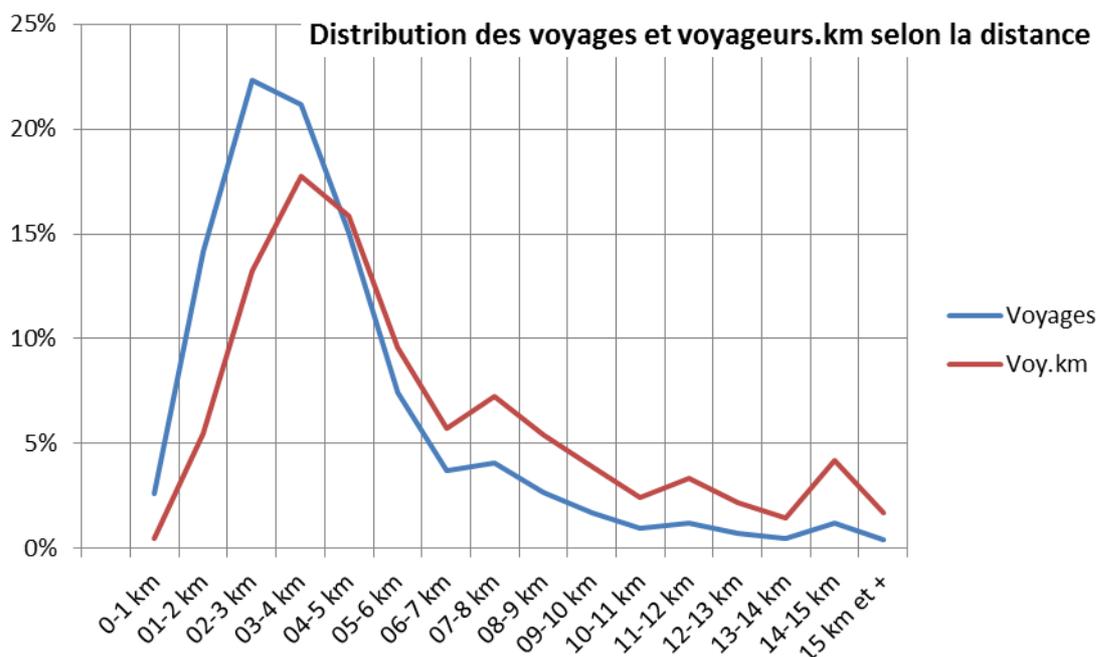


Offre, usage et efficacité commerciale

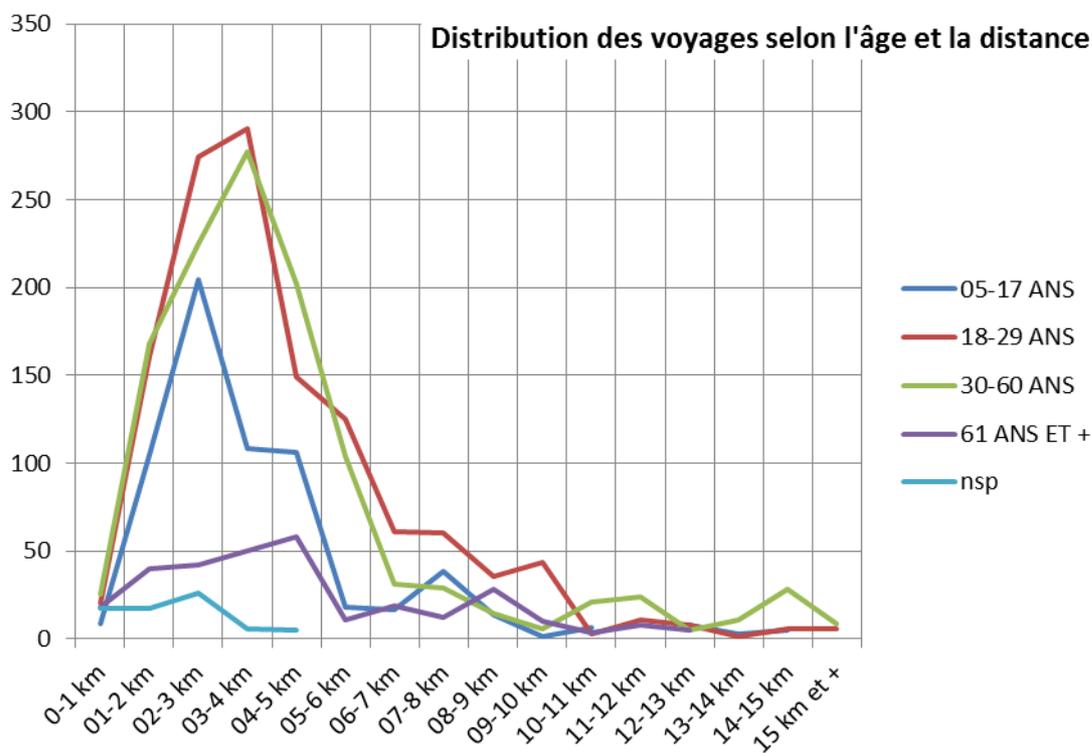
		lignes	9	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
OFFRE	Type de ligne		Connexion					
	Nbe Services /Jour		160	3166	2435	94	113	366
	Longueur (km)		10,3	298	264	10,1	10,7	17,2
	Vitesse Commerciale		19,3			21,6	21,6	
	Veh.km TC /jour		1 655	34 740	22 531	867	1 241	6 105
	Coeff de sinuosité		0,52			0,64		
	Population (par arrêt)		397			1 474		
	% d'arrêts du réseau accessible en 45 mn		40,2%			19,4%	22,1%	56,4%
USAGES	Nbe Voyages /Jour		3 487	265 073	95 673	3 299	8 551	84 700
	Nb Voy.km /jour		14 532	730 228	395 940	13 653	23 556	167 144
EFFICACITÉ COMMERCIALE	Voy/Veh.km J = efficacité commerciale		2,1	7,6	4,2	2,8	3,5	13,7
	Distance moyenne par voyage		4,2	2,8	4,1	5,9	5,7	2,1

La ligne 9 est classée dans la catégorie « Connexion de maillage », là aussi vu la connexion au réseau de tramway, sans desservir l'hyper centre de Montpellier. Son niveau de service est élevé (160 services), mais son tracé en W est complexe. De plus, les quartiers desservis semblent de faible densité (397 résidents par arrêt en moyenne), si bien que l'efficacité commerciale est inférieure à la moyenne du réseau de bus, résultat plutôt pour une ligne de ce niveau de service. Pourtant, la connexion au reste du réseau est particulièrement bonne.

Répartition des voyages selon la distance des déplacements (O-D complète)



La distribution des voyages selon les distances de déplacement montre que les trajets sont courts : 60 % des déplacements dont moins de 4 km, ce qui laisse penser à un fonctionnement très local de la ligne.



La distribution par âge montre que toutes les catégories de population sont concernées, dans des proportions proches de la moyenne des lignes. On notera cependant une part des personnes de 30 à 60 ans un peu supérieure (34 % contre 28 % en moyenne), au détriment des personnes de 18 à 29 ans (36 % au lieu de 42 %).

Efficacité de la ligne

	lignes	9	TOTAL	Total bus	Moy. Bus	Moy. Réseau	Moy. Tram
SOCIAL - Voyages /Résident /an	Actifs occupés	37,4			7,2	15,3	119,8
	Chômeurs	17,0			4,5	7,4	45,0
	Elèves Etudiants Stagiaire	176,3			31,3	52,2	325,0
	Retraités Préretraités	46,1			16,5	35,5	282,6
	Autres inactifs	26,1			5,4	9,4	61,2
	total ligne voy/hab/an	60,6			13,0	24,0	166,7
	Part des voyages de non résidents	48%		37%	35%	33%	34%
% voyages avec correspondances	65%		30%	43%	53%	51%	24%
CONGESTION - km VP évités en HP dépl. > 3,5 km	Motifs Domicile -Travail	1 008	30 878	16 430	567	996	7 224
	Autres Motifs	748	62 681	35 134	1 212	2 022	13 774
	Voiture.km HP >3,5 km Total	1 756	93 559	51 564	1 778	3 018	20 997
	Part D-T	57,4%	33,0%	31,9%	32%	33%	34%
ENVIRONNEMENT - km VP évités /jour- dépl. > 3,5 km	Emissions totales journalières TC en gCO2	1 578 317	21 490 834	21 490 834	826 571	826 571	
	Voy.km	1 785			1 632	1 632	
	Emissions VP en gCO2	1 737 101	49 208 398	49 208 398	1 696 841	1 696 841	
	Rapport Emission TC / VP	0,91	0,44		0,92	0,92	
	Emission VP / voy.km	119,5	150		134	134	

Cette ligne se distingue par des usages élevés des résidents desservis, quel que soit leur statut, et par une proportion de non-résidents forte (48 %), même si cela se rapporte à une fréquentation globale modérée. La part des trajets avec correspondance est élevée (65 %), ce qui résulte de la bonne connexion avec le tramway.

L'efficacité en décongestion est assez bonne, avec une part forte (57 %) des trajets domicile-travail. Cependant, sur le plan de l'environnement, le tracé relativement long de la ligne et le niveau de service élevé font que les émissions de CO2 sont élevées et que le bilan n'est pas très bon (ratio de 0,91).

Le fonctionnement de la ligne semble bien répondre aux habitants du secteur, en assurant une connexion sur le réseau de tramway pour se rendre dans le centre de Montpellier. De plus, les déplacements domicile-travail sont relativement importants, sans doute du fait que la ligne assure une liaison entre le tramway et la zone d'activités du Millénaire. Le résultat moyen en termes d'efficacité commerciale provient sans doute du tracé complexe de cette ligne, qui regroupe en fait plusieurs sections d'importance inégale (la liaison sur Grammont semble être peu productive, tout en allongeant les véhicules.km). Peut-être un découpage en plusieurs lignes pourrait en améliorer l'efficacité.

Conclusion

Le tableau de bord proposé reste donc très synthétique et permet d'avoir une vue d'ensemble de la performance des lignes, avec un zoom sur les points forts et les points faibles de chacune d'elles. Les quelques exemples présentés montrent clairement que cette démarche de suivi de la performance peut avoir un intérêt opérationnel pour l'optimisation du réseau.

Il serait cependant utile de le compléter par des données sur les coûts d'exploitation (coût unitaire et coût total) afin de situer les enjeux sur le plan du financement du réseau. En effet, certaines « petites » lignes peuvent présenter une performance très modeste, mais du fait du faible volume d'offre produit, le déficit global à la charge de l'AOT restera modeste, et donc acceptable si cette ligne présente un intérêt fort pour certaines catégories de population. Mais ce peut être aussi l'occasion de repenser plus globalement la desserte locale, d'assurer de meilleures connexions avec les lignes fortes, voire d'augmenter la fréquence si le potentiel de résidents est présent, pour arriver *in fine* à faire progresser l'efficacité commerciale.

Enfin, il pourrait être possible à terme de chercher à « monétariser » les externalités positives de la ligne (coût social de décongestion, coût du CO2) pour mettre en rapport le coût public supporté par l'AOT avec les avantages sociaux produits par la ligne.

Conclusion et perspectives

Alors que la mise en avant des objectifs du développement durable constitue un nouvel argument de poids pour favoriser l'usage des transports publics dans les villes, les statistiques nationales sur les réseaux montrent qu'à l'exception de l'Ile-de-France, leur fréquentation reste encore modeste. Certes, on ne change pas brutalement une situation qui fut favorable à la voiture pendant des décennies, et qui a profondément marqué la forme urbaine. Aujourd'hui, les transports publics ne sont plus dans les grandes villes des services réservés à la seule population captive. L'impossibilité pour la voiture individuelle de satisfaire une demande de déplacement croissante, a conduit progressivement les villes à remettre en cause l'hégémonie automobile, et à conduire des politiques de reconquête des espaces centraux, au profit des modes alternatifs. Grâce au Versement Transport, et sous l'influence des lois environnementales, les villes ont agi dans trois directions complémentaires : développer des transports en commun en site propre (TCSP), qui ont fortement changé l'image du transport collectif, pénaliser l'usage de la voiture dans les zones centrales (réduction de capacité viaire, baisse de vitesse, limitation et paiement du stationnement), et enfin favoriser l'usage des modes doux (marche et vélo). Plus récemment, la perspective d'un accroissement significatif du prix des carburants vient conforter ces politiques de déplacement.

Pourtant l'habitude du recours à la voiture reste forte, en partie justifiée par une mobilité qui se diversifie, tant dans ses rythmes quotidiens, que dans les territoires concernés : l'étalement urbain, porteur d'une faible densité, tend à éparpiller la demande, facteur peu favorable à des transports collectifs qui se nourrissent de la concentration des flux. Ainsi l'augmentation des volumes d'offre de service ne suffit pas pour attirer en nombre les automobilistes. Outre l'investissement dans les TCSP, ceci conduit à une forte progression du coût des réseaux, que le Versement Transport ne pourra à lui seul couvrir. L'équation du financement des réseaux revient donc sur la scène et nécessitera des ajustements structurels pour en garantir le développement : accroissement des tarifs (tout en maintenant des réductions pour les plus défavorisés), augmentation des contributions des collectivités, recherche de nouvelles sources de financement (péage urbain, taxation des plus-values foncières, écotaxes,...).

La contrainte de financement vient donc désormais interroger les stratégies de développement des réseaux. Pour éviter le risque d'une diminution de l'offre (que l'on observe déjà dans certains pays européens) qui serait contraire aux objectifs de mobilité durable, la question devient : « peut-on faire mieux pour le même prix ? ». C'est en ces termes que la notion de performance des réseaux est aujourd'hui au cœur des réflexions sur le transport public. Mais il apparaît vite que ce concept, très facilement appréhendable, fait référence à un domaine particulièrement complexe, dès lors que l'on souhaite articuler les dimensions économiques et celles de l'action locale. Cette recherche s'est fixée pour objectif de décrypter le contenu de la notion de performance dans le domaine des transports publics urbains, en tentant d'articuler les notions d'efficacité et d'efficacités.

La question de l'efficacité productive n'a pas été abordée en tant que telle, puisqu'elle renvoie aux facteurs de production de l'offre et *in fine* au coût d'exploitation par véhicule.km, qui fait l'objet de négociations dans le cadre des appels d'offre. L'accès à ces données touche le domaine de l'entreprise, et de plus la connaissance fine de ces coûts par ligne nécessiterait de disposer des données de comptabilité analytique. Toutefois, les réflexions menées sur

l'offre (tracé des lignes, niveaux de service) soulignent le lien entre cette efficacité productive et le design du réseau.

L'accent a volontairement été mis sur l'efficacité commerciale, dans la mesure où la finalité d'un réseau reste bien sûr de transporter des passagers, et ainsi de satisfaire au mieux les besoins de mobilité des usagers de la ville. Le second défi a été de proposer des éléments méthodologiques pour essayer de mesurer également l'efficacité du réseau, c'est-à-dire le degré d'atteinte des objectifs des politiques publiques mises en œuvre. Il s'agit là d'un problème complexe, et nous sommes conscients que les quelques indicateurs proposés ne font sans doute qu'effleurer le sujet. Mais cette première pierre pourra peut-être contribuer utilement à d'autres travaux de recherche.

Produire des données par ligne

La seconde originalité de cette recherche s'appuie sur l'idée que la performance globale d'un réseau est la résultante de celle de ses composantes, à savoir les lignes de transport public. L'accent a été mis sur les lignes de bus, tant parce qu'elles constituent la part majoritaire de l'offre (en véhicule.km) et donc des coûts générés, mais aussi parce qu'elles jouent un rôle de desserte fine des territoires et de connexion à l'ensemble du réseau. Ceci a permis également de disposer d'un plus grand nombre de cas à étudier, tandis que les lignes de TCSP sont peu nombreuses. Mais l'ambition de cette analyse par ligne s'est heurtée aux difficultés d'obtention de données à ce niveau : si l'offre est bien connue, le suivi de l'usage et de la clientèle est plus épisodique, en raison du coût des enquêtes que cela nécessite. Le recours aux données des enquêtes origine-destination a permis d'atteindre ce détail, mais avec une limite importante qu'il faut rappeler : ces données concernent une journée-type d'exploitation, et leur généralisation à l'année est certainement abusive.

De plus, chaque enquête origine-destination propose sa méthodologie : la contrainte de coût d'enquête et l'absence de réflexion sur l'utilisation de ces données à d'autres fins que de dresser le profil de la clientèle d'une ligne, font que les bases de données ne contiennent pas les mêmes champs, et que leur disponibilité est épisodique. Un travail de standardisation de ces enquêtes serait fort utile, en s'assurant notamment que l'on dispose des informations sur le déplacement complet du client (et pas seulement le voyage sur la ligne enquêtée), et que les données sur ses caractéristiques individuelles soient structurées d'une façon compatible avec les données localisées de population de l'INSEE.

Il faut espérer sur ce plan que le développement des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) permettra à terme la production de données géolocalisées, de façon à pouvoir aisément mettre en rapport sur un territoire donné, les informations relatives à l'offre (lignes, arrêts, niveaux de service), celles relatives aux usagers de la ligne (résident ou non, statut, âge, motif du déplacement,...) et celles propres au territoire concerné (population, emplois, établissements d'enseignement, commerces et services,...). L'utilisation d'un tel outil a été indispensable pour mener à bien cette recherche, notamment pour apprécier les niveaux d'attractivité des lignes vis-à-vis des populations desservies. Cela a cependant nécessité un lourd travail de vérification des données extraites des systèmes locaux (qui n'étaient pas conçus pour un tel usage).

Assurer le suivi de la performance des lignes

La construction des indicateurs de performance a permis de proposer un tableau de bord comparatif des lignes, qui peut constituer un outil utile dans le processus d'optimisation des réseaux, en offrant un diagnostic simplifié de leur fonctionnement. Certes, l'analyse détaillée des lignes a montré que chacune d'elles est spécifique et que ses résultats dépendent d'un grand nombre de paramètres. Les nombreuses servitudes locales, liées à la localisation des équipements à desservir et aux contraintes propres à la structure du réseau de voirie, limitent les possibilités d'optimisation. Mais dans la compétition entre les modes de déplacement, il ressort que l'attractivité des lignes dépend fortement de leur tracé et du niveau de service offert : plus que la desserte fine des territoires – qui se révèle coûteuse – c'est bien la fréquence qui semble rester le facteur explicatif le plus fort de la fréquentation des lignes. C'est pourquoi les processus en cours de hiérarchisation des réseaux de bus nous semblent aller dans la bonne direction, quitte à réduire la desserte fine et obliger les usagers à marcher un peu plus pour accéder à un service de meilleure qualité. C'est d'ailleurs un phénomène que l'on observe déjà lors de la mise en place de lignes de TCSP : beaucoup d'usagers préfèrent se rabattre à pied sur la ligne forte, plutôt que de se rabattre avec une ligne de bus à plus faible fréquence.

Compte tenu de l'impérieuse nécessité de maîtriser les coûts d'exploitation des réseaux, il nous semblerait utile que les contrats de délégation de service public comprennent une partie relative au suivi de la performance par ligne. Cette dernière ne doit pas se limiter à de simples exigences (certes nécessaires) de respect de la qualité du service produit (comme la régularité), mais prendre en compte la dimension de l'efficacité commerciale. Cela suppose en échange une collaboration accrue entre l'AOT et son exploitant, qui est en mesure de proposer des modifications de tracé et de niveau de service visant à améliorer le taux d'utilisation de la ligne tout en prenant en compte les contraintes d'exploitation, afin de ne pas faire dériver les coûts. Ce processus de négociation sur le design du réseau existe déjà lors des appels d'offre, mais il pourrait être généralisé à l'exécution quotidienne du contrat. Pourquoi par exemple ne pas favoriser un système de bonus/malus fondé sur la performance de chaque ligne ?

Nous restons en effet convaincus à l'issue de cette recherche que les gains d'efficacité (y compris productive) sont principalement à attendre dans le design des réseaux.

Approfondir la modélisation de l'efficacité commerciale

Le travail entrepris avec les réseaux de Montpellier et Toulouse a permis une première approche de la performance des lignes et de suggérer des pistes sur les facteurs explicatifs de l'efficacité commerciale. Il sera certes nécessaire d'étendre cette observation à d'autres réseaux, comme cela est en cours dans le cadre de la thèse CIFRE conclue avec Grenoble Alpes Métropole. Les éléments méthodologiques produits dans le cadre de cette recherche peuvent être aisément repris par d'autres AOT, en vue de disposer d'une base de données par ligne plus vaste, afin de confirmer et d'affiner la modélisation de l'efficacité commerciale. Plusieurs pistes de recherche peuvent être avancées : la segmentation des lignes, comme la typologie fonctionnelle proposée, mérite d'être précisée, ce qui suppose de disposer d'un plus grand nombre de cas ; d'autres variables explicatives doivent être introduites, comme la

localisation des emplois, et des équipements (enseignements, commerces,...), mais aussi un champ qui n'a pas été exploré, à savoir les conditions de concurrence entre modes sur les itinéraires. Ainsi, il serait utile de prendre en compte les contraintes pesant sur l'usage de la voiture (congestion, difficulté de stationnement), car l'on sait que cela joue fortement sur les potentialités de report modal. Là encore, on peut espérer que le développement des SIG permette à terme de disposer d'informations localisées plus fiables pour aller dans ce sens.

De même, le développement de la billétique dans les réseaux est une source d'informations importante sur la clientèle et ses usages, surtout dans un contexte où les rythmes de déplacement se diversifient et que les pratiques multimodales s'accroissent. De plus, ceci serait le moyen de disposer de données saisonnières et annuelles, permettant de mieux apprécier la fréquentation des lignes et les caractéristiques des usagers. Ce peut être enfin un moyen de repenser la tarification des transports publics, dans le sens d'une plus grande diversification des niveaux de prix en fonction des usages et des caractéristiques des clients. Certes, il est important de conserver une simplicité dans l'accès aux réseaux, mais il est tout aussi utile de prendre en compte le consentement à payer des clients, en lien avec la qualité du service offert. C'est là un des enjeux de l'accroissement de la contribution financière des usagers, sans risquer les pertes de clientèle qu'un accroissement uniforme des tarifs pourrait induire.

Approfondir les liens entre efficacité commerciale et efficacité productive

Un dernier axe de recherche nous semble devoir être proposé et concerne le lien entre les deux dimensions de l'efficacité. L'influence d'un haut niveau de service sur la fréquentation semble établie, mais cet accroissement de l'offre conduit-il mécaniquement à un accroissement proportionnel des coûts d'exploitation d'un réseau ? Comme le montre l'illustration fictive présentée en couverture de ce rapport, le coût unitaire d'exploitation d'une ligne à forte efficacité commerciale semble devoir être plus élevé, du fait de la mobilisation d'un parc plus important pour assurer une bonne fréquence, voire du recours à des systèmes techniques plus complexes (tramway,...). Quel est l'ordre de grandeur de ce surcoût unitaire selon le niveau de service proposé ? Par ailleurs, une plus grande efficacité commerciale signifie une croissance plus que proportionnelle du nombre d'usagers, et donc une progression des recettes commerciales directes. Dès lors, le déficit unitaire (par véhicule.km) est réduit, ce qui signifie que l'AOT voit sa contribution unitaire baisser. Certes, le volume de déficit global de la ligne peut augmenter, mais dans quelles proportions ?

Il nous semble que cet axe de recherche serait de nature à constituer auprès des AOT un argument complémentaire pour favoriser la hiérarchisation des réseaux, si l'on peut démontrer que l'augmentation des fréquences contribue non seulement à accroître la fréquentation mais également à améliorer l'efficacité productive. Certes ceci suppose une optimisation de l'exploitation afin d'utiliser au mieux le parc disponible, quitte à ajuster à la marge la fréquence, voire à accompagner l'augmentation du niveau de service, des quelques aménagements de voirie nécessaires pour faire progresser la productivité externe de la ligne.

Au terme de cette recherche, nous tenons à souligner quelques-uns des enseignements que nous retirons de ce long travail d'analyse. La première est la complexité de la notion de performance lorsqu'elle est appliquée à des réseaux de transport public, chargés d'assurer de nombreuses fonctions dans l'espace urbain : c'est là un champ de recherche qui mérite d'être développé, dans le contexte de forte contrainte sur les finances publiques. La seconde est l'intérêt de l'analyse au niveau de la ligne, surtout dans une période où l'on cherche à capter de nouveaux clients : le choix de l'usage de la voiture se fait au domicile et résulte d'un arbitrage sur la performance des différentes alternatives, ressentie par les clients potentiels, et la qualité de l'offre bus est un des déterminants de ce choix. Certes, cela complexifie les analyses, et nécessite de gérer un grand nombre de données qui ne sont pas produites à cette fin.

Cette recherche apporte des éléments méthodologiques qui peuvent être repris par d'autres réseaux, urbains, départementaux ou même régionaux. Elle ne prétend pas avoir fait le tour de la question, et nous restons ouverts aux suggestions pour améliorer la démarche. De plus, nous n'avons pu atteindre tous les objectifs fixés, tant du fait de la sous-estimation de la lourdeur du travail à l'échelle d'une ligne, que parce que la question de l'optimisation même de ces lignes n'a été qu'effleurée. Un travail plus fin sur les conditions d'exploitation serait nécessaire dans cette perspective, en s'appuyant même sur un découpage en tronçons homogènes des lignes. Mais ce travail de gestion opérationnelle est de la responsabilité des AOT et des opérateurs, et nous aurait écarté de notre objectif principal, proposer une méthodologie de la performance des réseaux.

Références

- André M., Garrot B., 2003, *Conditions de fonctionnement des autobus et cycles de conduite représentatifs pour l'évaluation des émissions de polluants*, Rapport INRETS-LTE 0338, 62 p.
- Baumstark L., Ménard C., Roy W., Yvrande-Billon A., 2005, *Modes de gestion et efficacité des opérateurs dans le secteur des transports urbains de personnes*, Rapport PREDIT n° 03MT24, 154 p.
- Beauvais J.M., 2012, *Dépenses engagées par les voyageurs : comparaison entre le transport public et la voiture particulière – situation en 2008 et évolution depuis 1970*, étude FNAUT multi-clients, 152 p.
- Bonnel P., Caubel D., Massot M.-H., 2003, *Efficacité spatiale des réseaux de transport dans une perspective de réduction drastique de l'usage de la voiture – Application aux zones denses parisienne et lyonnaise*, [en ligne], http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/09/66/79/PDF/asrdlf_2003.pdf, consulté le 19/02/2010.
- Bonnel P., Caubel D., Mignot D., 2005, *Lyon21 : Etude de faisabilité d'un système de transport radicalement différent pour la zone dense lyonnaise*. Lyon : LET. 220p (Etude et Recherches, n°17). ISSN 0769-6434
- Bouzouina L., Nicolas J.P., Vanco F., 2011, « Evolution des émissions de CO2 liées aux mobilités quotidiennes : une stabilité en trompe l'oeil », *Recherche – Transport - Sécurité*, vol. 27, n°2, pp.128-139.
- Bly P.H., Webster W., Pounds S., 1980, Effects of subsidies on urban public transport, *Transportation* 9, pp. 311-331
- Buehler, R., Pucher, J., 2010, Making public transport financially sustainable. *Transport Policy*
- CERTU, 2010, *Articuler urbanisme et transports : chartes, contrats d'axe, etc... retours d'expériences*,
- CERTU, LET, 2012, *Calcul des émissions de CO2 à partir de l'Enquête Nationale Transports Déplacements 2008: méthodologie et premiers résultats*, 46 p. [en ligne] http://www.certu.fr/fr/Mobilit%C3%A9_et_d%C3%A9placements-n25/D%C3%A9placements_et_planification-n46/Mod%C3%A9lisation-n50/IMG/pdf/Rapport_Entd_CO2.pdf
- Clément L., 1995, *Offre intermédiaire et organisation hiérarchique des réseaux de transports collectifs urbains*, Thèse, Université Lyon 2, 538 p.
- Croissant Y., 1996, Les performances des firmes françaises de transport urbain, *Revue d'Economie Politique* 105(3) mai-juin, pp. 466-485.
- De Borger B., Kerstens K., Costa A., 2002, Public transit performance: what does one learn from frontier studies, *Transport Reviews*, 22(1), pp. 1-38.
- Faivre d'Arcier, B. 2008, *Prospective pour un financement durable des transports publics urbains*, rapport pour le PREDIT III, 164 p.
- Faivre d'Arcier, B. 2010, La situation financière des transports publics urbains est-elle « durable » ?, *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n°58

- Gagnepain P, Ivaldi M., 2002, Incentive Regulatory Policies: The Case of Public Transit Systems in France, *Rand Journal of Economics* 33(4), pp. 605-629.
- IGD, AMF, 2008, *Indicateurs de performance des réseaux de transport public*, 65 p.
- Kerstens K., 1999, Decomposing Technical Efficiency and Effectiveness of French Urban Transport, *Annales d'économie et de statistique*, n° 54.
- Lesteven G., 2012, *Les stratégies d'adaptation à la congestion dans les grandes métropoles – analyse à partir des cas de Paris, Sao Paulo et Mumbai*, Doctorat de géographie-aménagement, Université Paris Panthéon-Sorbonne, 368 p. + annexes
- Massot M.H., Armoogum J., 2002, Evaluation des potentiels de réduction des trafics automobiles dans le cas de la zone dense francilienne, *Recherche Transports Sécurité*, vol.77, pp.259-280
- Massot M.-H., Orfeuil J.-P., 1989, *Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro, Premier tome : usages et usagers des services de transport en commun urbains*, INRETS, 54 pages.
- Massot M.-H., Orfeuil J.-P., 1990, *Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro, Deuxième tome : structures de l'offre de transport*, INRETS, 71 pages.
- Massot M.-H., Orfeuil J.-P., 1991, *Offre et demande de transport en commun dans les villes françaises sans métro, Troisième tome : sensibilité de l'usage à l'offre*, INRETS, 76 pages.
- Mert Cubukcu K, 2008, Examining the cost structure of urban bus transit industry: does urban geography help? *Journal of Transport Geography* 16, pp. 278–291
- Orfeuil J.P., 2011, Transports publics de voyageurs : coûts, concurrence, multimodalité, in *Infrastructure & Mobilité* n°111
- Reinhold T., 2008, *More passengers and reduced costs – the optimization of the Berlin Public Transport Network*, communication à la Conférence « Travel Demand Management 2008 », Vienne, juillet, pp. 292-301
- Regouby R., 2010, *Mesure et analyse de la performance des lignes de transport public urbain en vue de leur optimisation*, mémoire du master Recherche Transports, Espaces, Réseaux, Université Lyon 2 & ENTPE, LET, 109 p.
- UTP, 2010, les principaux chiffres de l'année 2008, [en ligne]
http://www.utp.fr/images/stories/utp/publications/ChiffresCl_s2008_pp12_21.pdf
- Van de Velde D.M., 2003, First Experiences with Tendering at the Tactical Level (Service Design) in Dutch Public Transport, *8th Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport*, Rio de Janeiro, 14-18 September.
- Wallis I., 2003, Incentive Contracts in Urban Public Transport – Appraisal of Practice and Experience to Date, *8th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport*, 12-19 September, Rio de Janeiro.

Liste des figures

1 : Evolution des recettes de Versement Transport.....	7
2 : Evolution sur longue période de l'offre et de la fréquentation	8
3 : Evolution du coût moyen et de la recette moyenne par voyage.....	9
4 : Evolution du R/D sur longue période.....	10
5 : Evolution de la structure du financement des AOT dans les années 2000	11
6 : Variation du nombre de voyages par véhicule.km selon les réseaux.....	13
7 : Une performance liée aux acteurs	20
8 : Relation entre offre et efficacité commerciale en 2008	21
9 : Relation entre efficacité productive et efficacité commerciale	22
10 : Les quatre missions du transport public.....	23
11 : Facteurs influençant la performance d'un réseau TPU	26
12 : Hiérarchisation du réseau de Montpellier (2008).....	31
13 : Hiérarchisation du réseau de Toulouse (2008).....	32
14 : Hiérarchisation, niveau de service et efficacité commerciale à Montpellier	33
15 : Hiérarchisation, niveau de service et efficacité commerciale à Toulouse	34
16 : principe de calcul de la population résidant à proximité des arrêts à partir des zones IRIS (distance de 300 m)	37
17 : Principe de calcul de l'indicateur de sinuosité.....	38
18 : Principe de calcul de l'indicateur de correspondance (distance cumulée).....	38
19 : Nombre d'arrêts du réseau accessibles en un budget-temps donné (Montpellier).....	39
20 : Nombre d'arrêts du réseau accessibles en un budget-temps donné (Toulouse).....	39
21 : relation entre le nombre de services et l'efficacité commerciale – données agrégées sur Montpellier, Toulouse et Grenoble	42
22 : Distance par voyage et efficacité commerciale à Montpellier	43
23 : Distance par voyage et efficacité commerciale à Toulouse	44
24 : Potentiel de clientèle par segments d'utilisateurs	47
25 : Type de clientèle « résidente » sur les lignes de Montpellier	50
26 : Type de clientèle « résidente » sur les lignes de Toulouse	51
27 : Part des « non-résidents » dans la clientèle de chaque ligne à Montpellier	52
28 : Taux de correspondances par ligne à Montpellier	53
29 : Part des « non-résidents » dans la clientèle de chaque ligne à Toulouse	54
30 : Taux de correspondances par ligne à Toulouse	55
31 : Clientèle par ligne selon le titre de transport – réseau de Toulouse.....	56
32 : Estimation du nombre de voyages de non-captifs pour les déplacements domicile-travail en heures de pointe pour chaque ligne de bus	59
33 : Répartition des modes de déplacements en fonction de la portée en kilomètres du déplacement dans le Grand Lyon en 2006	61
34 : Contribution des lignes à la décongestion – réseau de Montpellier.....	62
35 : Indicateur d'efficacité environnementale – réseau de Montpellier	65

Liste des tableaux

1 : Les taux actuels du Versement Transport	7
2 : Données générales sur les réseaux de Montpellier et Toulouse.....	14
3 : Typologie des lignes au sein d'un réseau.....	31
4 : Classification des lignes de Montpellier	31
5 : Classification des lignes de Toulouse	32
6 : Typologie des lignes, niveaux de service et efficacité commerciale	35
7 : Modélisation de l'efficacité commerciale	40
8 : Distribution des lignes selon le niveau d'offre et le niveau d'efficacité	43
9 : Nombre de voyages par résident et par an à Montpellier.....	49
10 : Nombre de voyages par résident et par an à Toulouse.....	50
11 : Estimation des déplacements domicile-travail en voiture évités pour les non captifs en heure de pointe	58
12 : Voyageurs.km évités en heures de pointe – Montpellier	62
13 : Indicateurs de performance de l'offre	68
14 : Indicateurs d'usage et d'efficacité.....	69
15 : Indicateurs de performance sociale	70
16 : Indicateurs de performance – décongestion et environnement	71

Table des Matières

Sommaire	1
Avant-propos	3
1. La nécessité d'améliorer la performance des réseaux	5
Du « tout automobile » à la mobilité durable	5
La face cachée du système : la durabilité de son financement.....	7
Des choix stratégiques guidés par la recherche d'une meilleure performance des réseaux	11
2. Les diverses dimensions de la « performance »	17
La mesure de l'efficacité	19
Efficacité productive et efficacité commerciale.....	21
Efficacité commerciale et performance de réseau	23
Articuler efficacité et efficacité	25
La difficulté d'accès à des données détaillées par ligne	27
3. Facteurs explicatifs de l'efficacité commerciale des lignes	29
Une typologie des lignes qui reflète la hiérarchisation des réseaux.....	29
Variables explicatives possibles de l'efficacité commerciale	36
Modélisation de l'efficacité commerciale.....	40
Une efficacité fortement corrélée au niveau de service	42
Conclusion.....	45
4. L'efficacité en termes de politiques publiques.....	47
4.1 Mesurer le rôle social des lignes de bus	47
Mesurer le potentiel de clients « résidents ».....	47
L'importance des usagers « non-résidents ».....	52
Conclusion : un problème d'accès aux données sur les clients.....	55
4.2 La contribution des lignes à la réduction de la congestion du trafic automobile.....	58
4.3 La contribution des lignes à la réduction des nuisances environnementales	63
5. La production d'un tableau de bord comme outil de diagnostic de la performance par ligne.....	67
5.1 Le tableau de synthèse.....	67
5.2 Le diagnostic par ligne	72
Ligne 15 : Pierre de Coubertin ← → Gare Saint Roch.....	73
Ligne 20 : St Jean de Védas St Hubéry ← → St Jean de Védas La Lauze	76
Ligne 5 : Boutonnet ← → Aiguelongue (Jussieu).....	79
Ligne 9 : La Pompignane (Sémard) ← → Grammont.....	82
Conclusion.....	85
Conclusion et perspectives.....	87
Produire des données par ligne	88
Assurer le suivi de la performance des lignes.....	89
Approfondir la modélisation de l'efficacité commerciale	89
Approfondir les liens entre efficacité commerciale et efficacité productive.....	90
Références	92
Liste des figures	94
Liste des tableaux	95
Table des Matières	96
Annexes	97
Annexe 1 : enquêtes origine-destination.....	97
Annexe 2 : Structure des données nécessaires au calcul des indicateurs	98
Annexe 3 : Données zones IRIS disponibles pour 2008.....	99
Annexe 4 : Hypothèses pour le calcul de l'indicateur environnemental.....	100

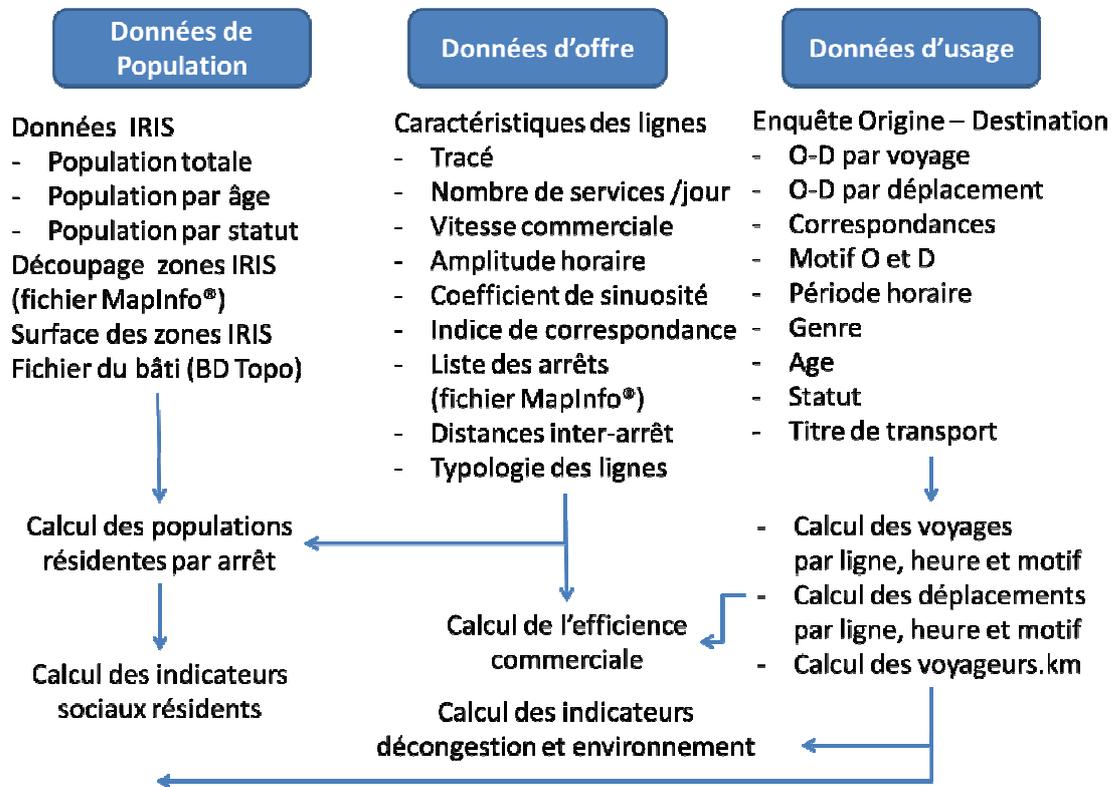
ANNEXES

Annexe 1 : enquêtes origine-destination

Variables des enquêtes origine-destination (exemple)

Variable	Contenu
ENR	Numéro Enregistrement
MODE	Mode du voyage support de l'enquête bus ou tramway
LIGNE	Indice (n° de ligne)
SENS	Sens du voyage
TRH	Périodes (d'après l'heure de départ des courses) - clair
PER	Périodes (d'après l'heure de départ des courses) - code
HDEP	Heure de départ de la course
KV	Nombre de voyages
KD	Nombre de déplacements
NV	Ratio voyages / déplacements - redressement réseau
TYPDEPL	Type de déplacement
TYPDEPLCOF	Type de déplacement en correspondance
ZO	Zone d'Origine du déplacement - zonage EMD
ZD	Zone de Destination du déplacement - zonage EMD
ZODET	Zone d'Origine du déplacement - zonage EMD + détail des communes hors MM
ZFDET	Zone de Destination du déplacement - zonage EMD + détail des communes hors MM
OM	Zone fine de montée du voyage - zonage EMD
DM	Zone fine de descente du voyage - zonage EMD
OCOMM	Commune d'Origine du déplacement combiné TaM+mode mécanisé
DCOMM	Commune de Destination du déplacement combiné TaM+mode mécanisé
MTE	Code Arrêt de montée du voyage
DEC	Code Arrêt de descente du voyage
ARMTE	Code Arrêt de montée du voyage - EN CLAIR
ARDEC	Code Arrêt de descente du voyage - EN CLAIR
IDMTE	Identifiant Arrêt de montée - SIG
IDDEC	Identifiant Arrêt de descente - SIG
MNMTE	Identifiant Arrêt de montée - SIG MN
MNDEC	Identifiant Arrêt de descente - SIG MN
Titre	Titre utilisé pour le déplacement/voyage
CATEG	Catégorie de titres
MOTIFC	Motif combiné principal du déplacement/voyage
OMOTIF	Motif à l'origine du déplacement/voyage
DMOTIF	Motif à destination du déplacement/voyage
OMODE	Mode à l'origine du déplacement
DMODE	Mode à destination du déplacement/voyage
CORM2	Ligne de prise en correspondance amont avant CORM1
CORMNA2	Arrêt de montée de la ligne CORM2
CORM1	Ligne de prise en correspondance amont
CORMNA1	Arrêt de montée de la ligne CORM1
AMONT1	Arrêt de montée de la ligne CORM1 en clair
AMONT2	Arrêt de montée de la ligne CORM2 en clair
CORP2	Ligne prise en correspondance aval après CORP1
CORPNA2	Arrêt de descente de la ligne CORP2
CORP1	Ligne prise en correspondance aval
CORPNA1	Arrêt de descente de la ligne CORP1
AVAL1	Arrêt de descente de la ligne CORP1 en clair
AVAL2	Arrêt de descente de la ligne CORP2 en clair
Fréquence	Fréquence d'utilisation
Sexe	Sexe du répondant
Age	Age en clair
TRAGE	Tranche d'age
Profession	Activité du répondant
NOC	Numéro de course

Annexe 2 : Structure des données nécessaires au calcul des indicateurs



Annexe 3 : Données zones IRIS disponibles pour 2008

NOM_IRIS	Nom de l'IRIS
DEPCOM	Code INSEE de la commune dans laquelle l'IRIS se trouve
NOM_COM	Nom de la commune dans laquelle l'IRIS se trouve
DCOMIRIS	Code complet de l'IRIS à 9 caractères
Pop_2006	Population totale de l'IRIS en 2006 (source : INSEE)
Pop_DomTrav_IRIS	Nombre de déplacements domicile/travail ayant le domicile dans l'IRIS étudié (calculé à partir du nombre de ces déplacements au niveau de la commune et par un rapport de proportionnalité des populations totales de l'IRIS et de la commune dans laquelle il se trouve)
Surf_IRIS	Superficie de l'IRIS
Surf_Bati_IRIS	Superficie totale cumulée du bâti de l'IRIS
Pop_Commune	Population totale de la commune dans laquelle l'IRIS se trouve (source : INSEE)
Pop_DomTrav_Commune	Nombre de déplacements domicile/travail ayant le domicile dans la commune où l'IRIS étudié se trouve (source : INSEE)
Surf_Commune	Superficie de la commune dans laquelle l'IRIS se trouve
Surf_Bati_Commune	Superficie totale cumulée du bâti de la commune dans laquelle l'IRIS se trouve
Act_IRIS	Nombre d'actifs résidant dans l'IRIS (calculé à partir du nombre d'actifs dans la commune dans laquelle se trouve l'IRIS et par un rapport de proportionnalité des populations totales de l'IRIS et de la commune)

Statut et Age dans IRIS

Statut	Age
Scolaires	0 - 14 ans
Etudiants	15 - 18 ans
Actifs	19 - 24 ans
Chômeurs	25 - 34 ans
Sans Emploi	35 - 54 ans
Retraités	55 - 69 ans
	70 ans et +

Annexe 4 : Hypothèses pour le calcul de l'indicateur environnemental

Hypothèses retenues pour le calcul des émissions de CO2 par véhicule.km

Les hypothèses concernant le calcul des émissions de CO2 pour les bus sont délicates à établir, du fait de la structure du parc et de son âge. De plus les technologies et les normes évoluent rapidement et peu d'études sont facilement accessibles sur les conditions d'utilisation réelles. Citons par exemple :

André M., Garrot B., 2003, *Conditions de fonctionnement des autobus et cycles de conduite représentatifs pour l'évaluation des émissions de polluants*, Rapport INRETS-LTE 0338, 62 p.

Bouzouina L., Nicolas J.P., Vanco F., 2011, « Evolution des émissions de CO2 liées aux mobilités quotidiennes : une stabilité en trompe l'oeil », *Recherche – Transport - Sécurité*, vol. 27, n°2, pp.128-139.

CERTU, LET, 2012, *Calcul des émissions de CO2 à partir de l'Enquête Nationale Transports Déplacements 2008: méthodologie et premiers résultats*, 46 p. [en ligne] http://www.certu.fr/fr/Mobilit%C3%A9_et_d%C3%A9placements-n25/D%C3%A9placements_et_planification-n46/Mod%C3%A9lisation-n50/TMG/pdf/Rapport_Entd_CO2.pdf

Après discussion avec divers experts, nous avons pu constater la fluctuation des valeurs unitaires, en matière d'émissions de CO2, selon qu'elles soient calculées sur la base d'un parc (l'UTP propose des valeurs de l'ordre de 150 gCO2 par voyageur.km pour une traction thermique, ou de 449 gCO2 par voyage ; l'éco comparateur de l'ADEME semble proposer une valeur de 132 gCO2 par voyageur.km pour les bus de province), ou sur la base des déplacements réalisés (le CERTU proposent des valeurs globales par mode de transport à partir de l'Enquête Nationale Transport de 2008 : en rapportant ces données aux voyageurs.km, les valeurs varient de 100 à 105 gCO2, mais du fait de la composition mixte de la traction des véhicules, on peut trouver des valeurs moyennes de l'ordre de 43 gCO2/voyageurs.km).

Face à ces incertitudes, les hypothèses moyennes suivantes ont été retenues :

- Un taux d'émission moyen pour les bus de 273 gC/ kg de CO2
- Une émission moyenne de 260,4 gC/véhicule.km
- Soit une valeur moyenne de 953,8 gCO2 par véhicule.km

Pour les trajets en voiture, les émissions moyennes ont été estimées à 174 gCO2/Voyageur.km

Ces chiffres peuvent être contestés ou affinés. Le calcul visant à produire un indicateur de comparaison des lignes, de telles modifications ne sont pas de nature à bouleverser les estimations faites.

Résumé

Les transports publics urbains font aujourd'hui face à de nouvelles difficultés de financement, résultant de l'accroissement de l'offre, afin de favoriser la réduction de l'usage de la voiture en ville. Bien que le développement des transports en commun en site propre dans les grandes villes de province ait fortement revalorisé l'image de ce mode de transport, l'augmentation des coûts de production du service, la hausse modérée de la fréquentation et la faible contribution des usagers, conduisent à aggraver la charge récurrente de couverture des déficits d'exploitation pour les Autorités Organisatrices. L'hypothèse principale de cette recherche consiste à affirmer que c'est au niveau du design des réseaux que les gains potentiels seront les plus importants, comparativement à la maîtrise des coûts unitaires de production ou à l'accroissement des tarifs. C'est la raison pour laquelle l'analyse de la performance doit être menée au niveau de chaque ligne, en recherchant les facteurs explicatifs d'une bonne efficacité commerciale. Il reste cependant nécessaire de garder à l'esprit les « missions » confiées au transport public (rôle social, décongestion, amélioration de l'environnement, cohérence transport/urbanisme), afin de ne pas tomber dans une simple rationalisation économique qui serait contraire aux objectifs de politique publique visés par les AOT. Il est donc indispensable de coupler l'optimisation économique des lignes avec la notion d'efficacité, c'est-à-dire de degré d'atteinte des objectifs des politiques publiques. Ce rapport propose une méthodologie d'analyse de la performance des lignes de bus, sur la base d'indicateurs relatifs à l'offre, à l'efficacité commerciale et à l'efficacité en termes de politiques publiques, afin d'aider à une certaine optimisation de l'offre sous contraintes.

Abstract

Urban Public Transport is today facing new difficulties in its funding, due to the increase of supply in order to encourage car use reduction in cities. Even if the development of 'right-of-way' systems renewed the image of UPT in main cities in France, increasing operating deficits result from several parameters: the growth of unit costs for operation, the light increase of patronage, the weak contribution of fare box revenue. The main assumption of this research is to consider that potential savings can be obtained through an improved design of the network. Performance measurement should be conducted at the level of each line by identifying the explanatory factors of the commercial efficiency. But, as the PT network has also to satisfy public policy goals (social mission, traffic congestion reduction, environment improvement), a pure financial optimization could lead to results in contradiction with these objectives. This report presents a methodology for the measurement of the performance of bus lines, through a set of indicators on the level of supply, the commercial efficiency and the political goals achievement, in order to favor an optimization process under constraints.