



HAL
open science

Le report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs : tendances et leviers d'action pour les espaces métropolitains français. Rapport final synthétique

Pierre Leviaux, Pierre-Yves Péguy

► To cite this version:

Pierre Leviaux, Pierre-Yves Péguy. Le report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs : tendances et leviers d'action pour les espaces métropolitains français. Rapport final synthétique. LAET. 2022, pp.46. <hal-04075663>

HAL Id: hal-04075663

<https://hal.science/hal-04075663v1>

Submitted on 20 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



LABORATOIRE
AMÉNAGEMENT
ÉCONOMIE
TRANSPORTS

TRANSPORT
URBAN PLANNING
ECONOMICS
LABORATORY

Le report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs : tendances et leviers d'action pour les espaces métropolitains français

Rapport final synthétique

Pierre Leviaux et Pierre-Yves Péguy

Novembre 2022

Sommaire

I. Situation sur les parts modales et les leviers d'action	4
A. Parts modales	4
1. Données.....	4
2. Résultats.....	5
B. Leviers.....	15
II. Synthèse sur les six réseaux de la phase 2	21
A. Radars synthétiques des leviers du report modal.....	22
B. Synthèse pour les six villes retenues.....	30
C. Tests économétriques	31
1. Remarques préliminaires sur le modèle testé et les le séries de données reconstituées	31
2. Les résultats.....	32
D. Recommandations et Perspectives	34
Annexe 1 : Densité et réseaux de TC.....	37
Annexe 2 : Réseaux de TC et dépendance à la VP.....	39
Annexe 3 : Réseaux de TC et bi-motorisation des ménages	41
Annexe 4 : Détails des résultats économétriques.....	43

Dans le cadre d'un contrat de collaboration entre Transdev, l'Université Gustave Eiffel, le CNRS et l'ENTPE initié en juillet 2021, le travail de recherche portée par le Laboratoire Aménagement Economie Transports (LAET) a consisté, dans un premier temps, en l'identification des déterminants du report modal de la voiture particulière (VP) vers les transports en commun (TC) dans la littérature académique, ainsi qu'à l'élaboration d'un panorama de l'évolution des parts modales dans une sélection d'une vingtaine de villes. La seconde phase s'est ensuite concentrée, à travers la conduite d'entretiens auprès des responsables des réseaux de TC et des AOM, et de la construction d'une base de données spécifique, sur l'étude historique plus approfondie des principaux leviers du report modal activés dans une sélection de villes (Lyon, Grenoble, Nantes, Reims, Toulon, Cherbourg).

Ce rapport, qui propose une synthèse des principaux résultats de cette première année de collaboration, est organisé en deux parties. La première présente les principaux résultats issus de la revue de littérature sur les déterminants du report modal qui s'exerce de la voiture particulière vers les transports en commun. La seconde partie retrace quant à elle les résultats obtenus dans la seconde phase du projet, qui s'est appuyée sur des analyses plus poussées visant à retracer la manière dont certaines villes ont activé, au cours des 20 dernières années, certains des leviers du report modal identifiés dans la littérature académique. Elle met en évidence ce qui a fonctionné dans un certain nombre de réseaux, et ce qui a au contraire conduit à une stagnation de la part modale des TC dans d'autres.

Les travaux conduits depuis juillet 2021 confirment que le report modal est un phénomène complexe, et que son essor repose sur l'activation simultanée de plusieurs leviers décisifs (quantité et qualité de l'offre de TC, contrainte pesant sur l'usage de la VP, aménagement de l'espace de voirie et de stationnement, rôle majeur de la densité de population).

Ils ouvrent également un certain nombre de perspectives pour les futures collaborations entre Transdev et le LAET, en particulier en matière d'évaluation de la performance des réseaux de TC ainsi que dans l'articulation entre le report modal et la décarbonation de la mobilité quotidienne.

I. Situation sur les parts modales et les leviers d'action

Dans cette partie, un certain nombre d'éléments présentés dans la première phase du projet sont repris, et en particulier les éléments qui concernent les corrélations entre, d'une part, la densité de population et les parts modales transports en commun (TC), et d'autre part, entre les parts modales TC/VP, TC/vélo et VP/vélo. Dans la partie qui s'intéresse aux leviers, ce sont les principaux éléments issus de la revue de littérature qui sont exposés, ainsi que les leviers majeurs sur lesquels nous avons travaillé dans la seconde phase du projet.

A. Parts modales

1. Données

Plusieurs sources statistiques permettent de dresser un panorama de la mobilité en France.

- **L'enquête Transport** annuelle produit notamment une évaluation des trafics intérieurs de voyageurs totaux et par modes de transport.
- **L'Enquête Transports Communication (ETC)** devenue **Enquête Transports Déplacements** réalisée en 1982, 1994, 2007-2008 et 2018-2019 (INSEE, INRETS, CERTU CEREMA) assure une présentation de la mobilité locale et à longue distance. Les tendances dégagées sont à l'échelle nationale et ne sont pas représentatives à l'échelle des agglomérations. Elle envisage l'ensemble des motifs de déplacement des individus.
- Les **Enquêtes Ménages Déplacements** menées au sein des agglomérations visent à saisir la mobilité des personnes. Elles ont été réalisées pour des zones denses des grandes agglomérations

(EMD). Les villes moyennes ont également été suivies dans le cadre d'enquêtes spécifiques (EDVM) tout comme les couronnes périurbaines (Enquêtes Déplacements Grands Territoires - EDGT). Désormais ces méthodes ont été harmonisées pour n'en former qu'une seule : **l'enquête mobilité certifiée CEREMA (EMC²)**. Sans que cette périodicité soit régulière et homogène selon les villes, elles sont menées tous les 10 ans environ. Suivant des tendances à l'étalement urbain et à une mobilité résidentielle plus dispersée, elles envisagent des périmètres d'enquêtes de plus en plus vastes, au-delà des découpages administratifs des structures intercommunales (Métropole, communauté urbaine, communauté d'agglomération, communauté de communes...) comme les SCOT. Leur représentativité est pertinente à cette échelle mais pas au niveau national. L'ensemble des motifs de déplacement des individus sont envisagés.

- Le **Recensement de Population et la base Mob Pro qui en découle de l'INSEE** autorisent un suivi des pratiques de mobilités entre *lieu de résidence et lieu de travail*. Les individus ainsi enquêtés renseignent le mode de transport le plus couramment utilisé dans ces déplacements pendulaires. Ces derniers ne représentent en moyenne qu'un déplacement sur trois en termes de motifs mais ils restent structurants dans les choix de localisation résidentielle et dans la mobilité quotidienne. Cette base présente l'avantage d'être récente avec des données pour 2018 ce que n'ont pas toujours les enquêtes EMD. Nous mobiliserons principalement ces données dans le présent travail.

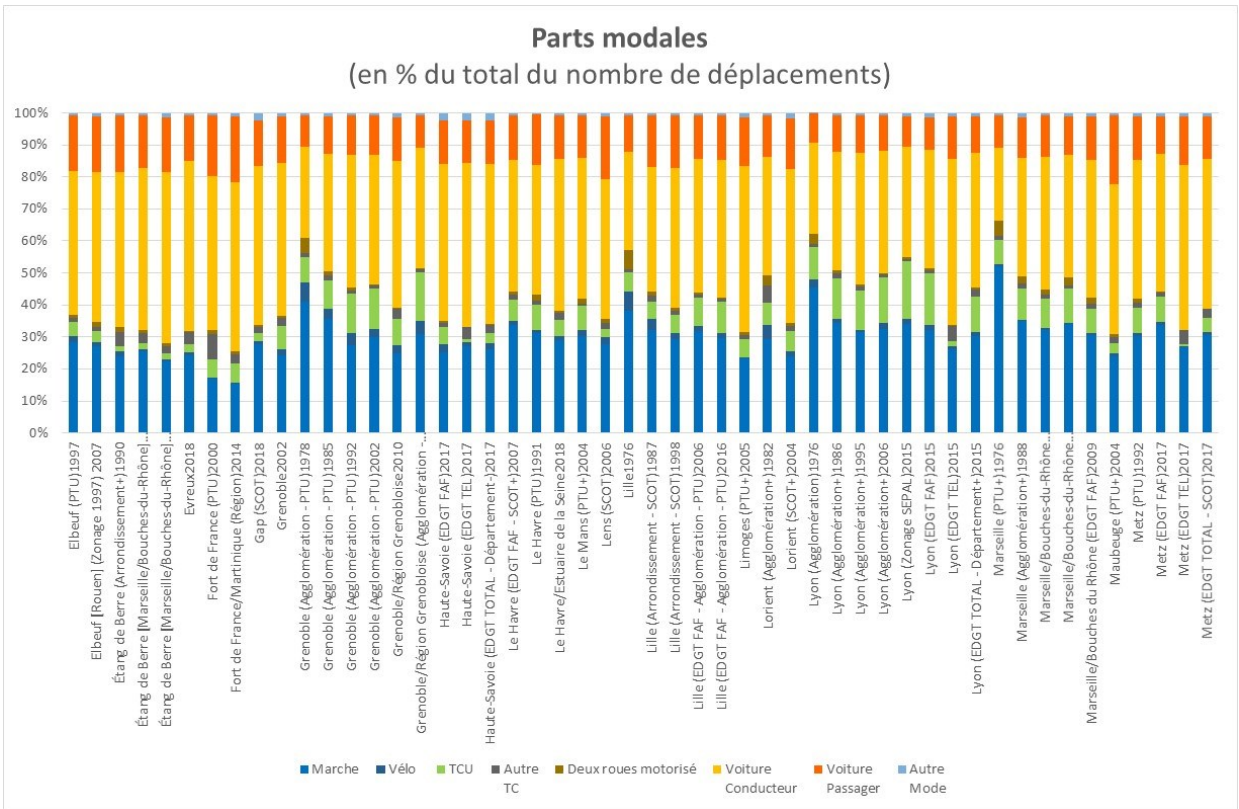
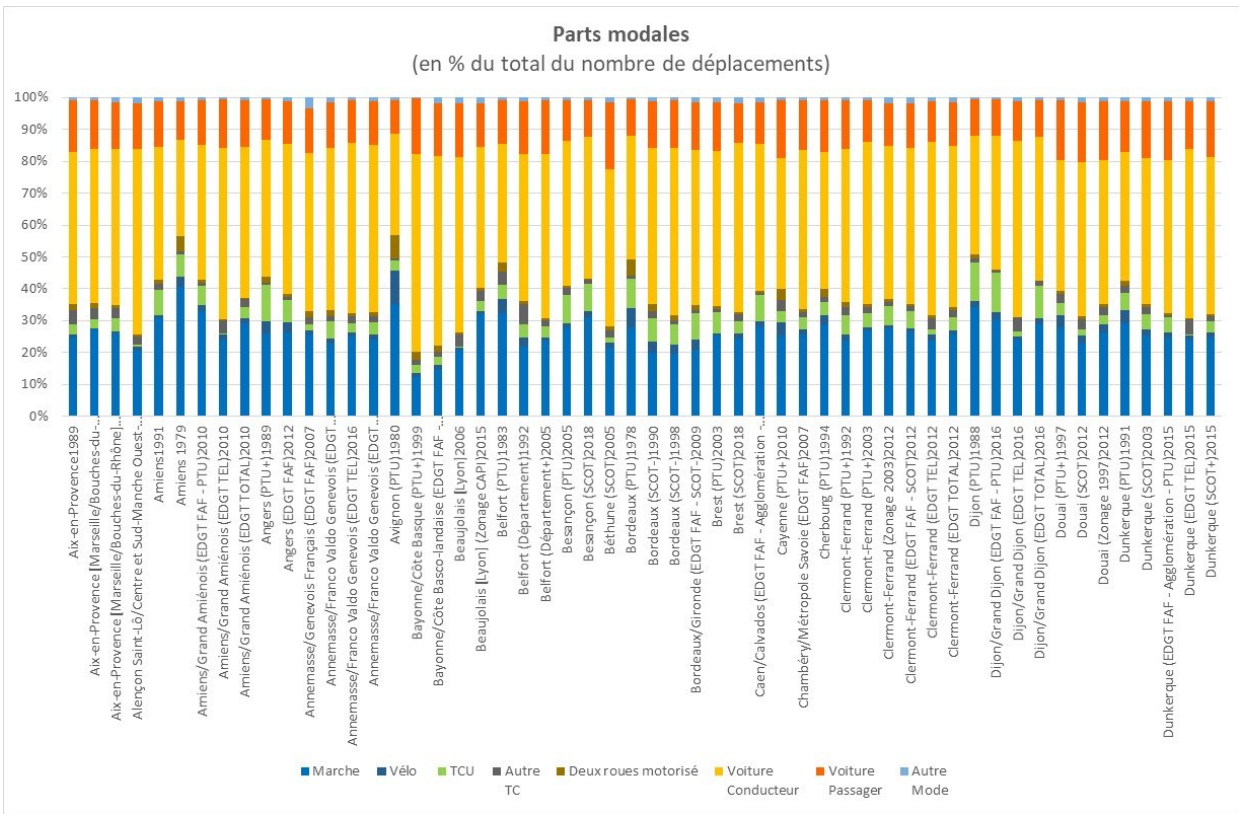
Ces données sur les parts modales évaluent la répartition par mode de transport (VP, TC, 2R...) sur la base du nombre de déplacements réalisés et non des distances parcourues.

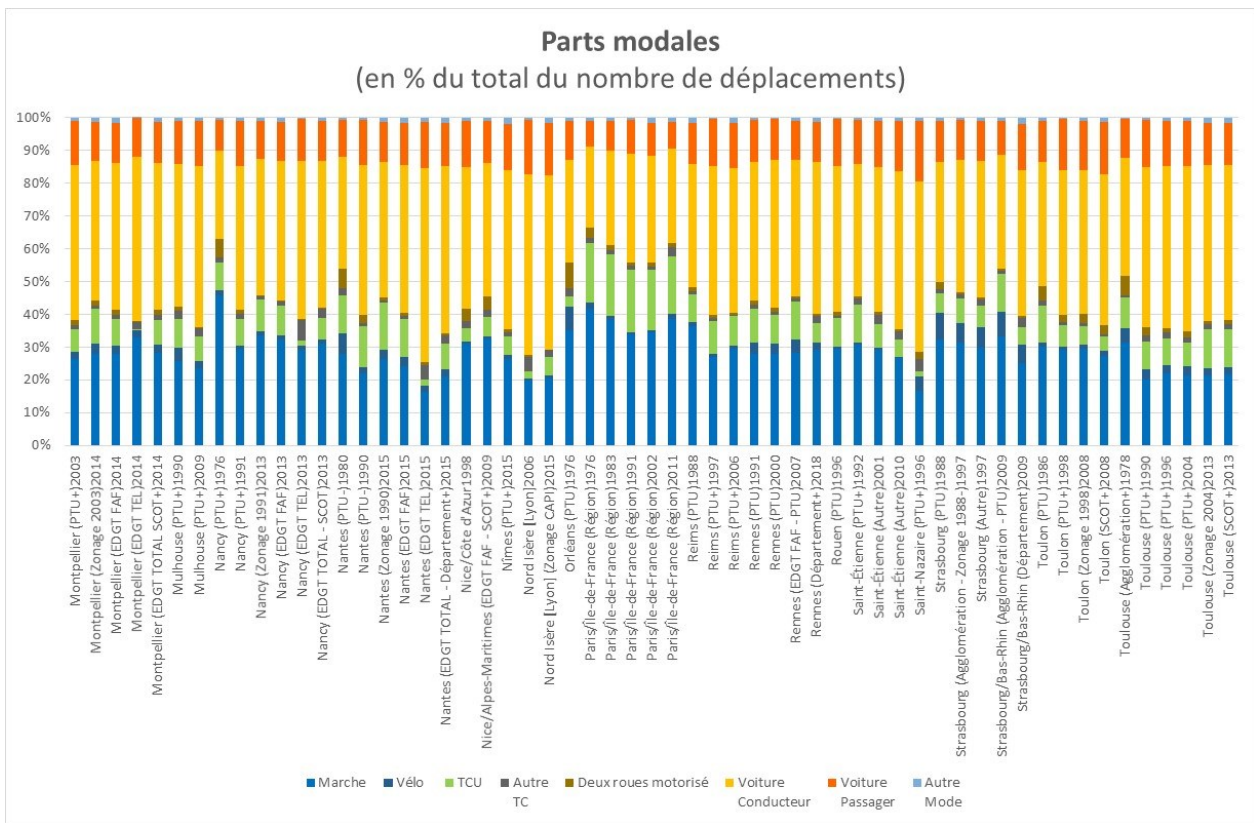
2. Résultats

a) Données EMD/EMC²

Les EMD/EMC² réalisées sur plusieurs décennies mettent en évidence plusieurs tendances :

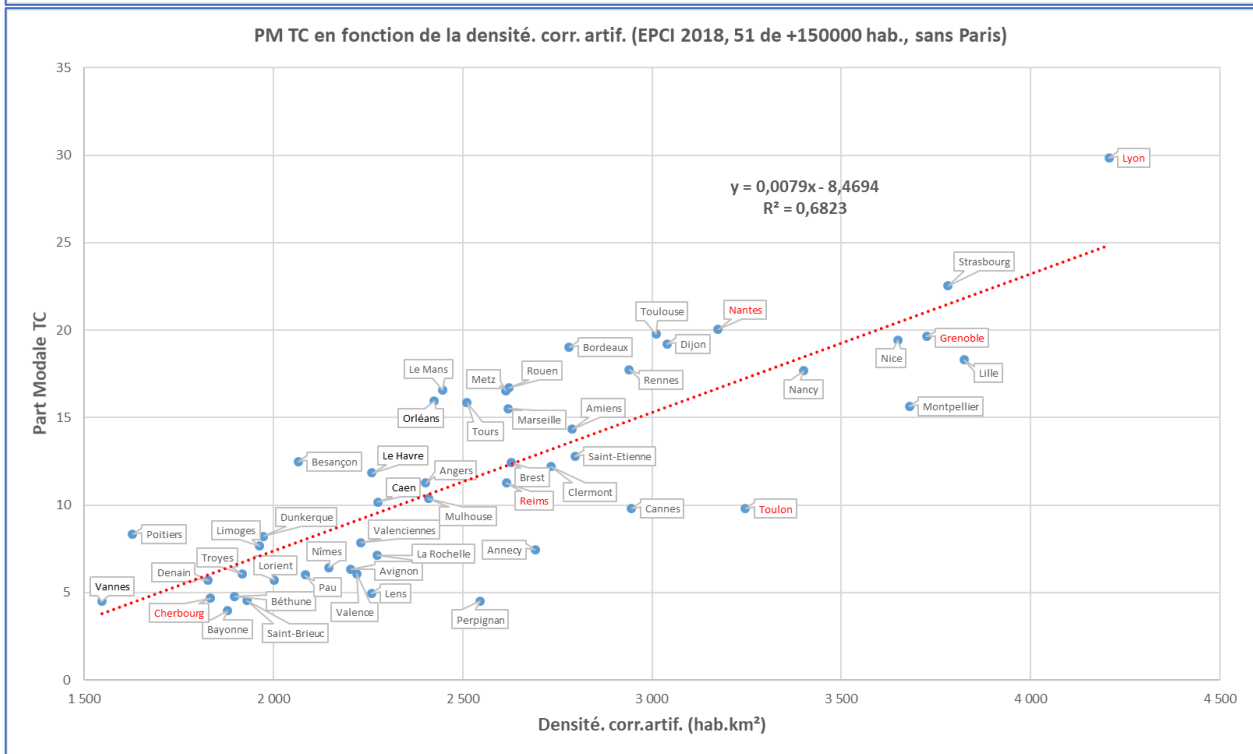
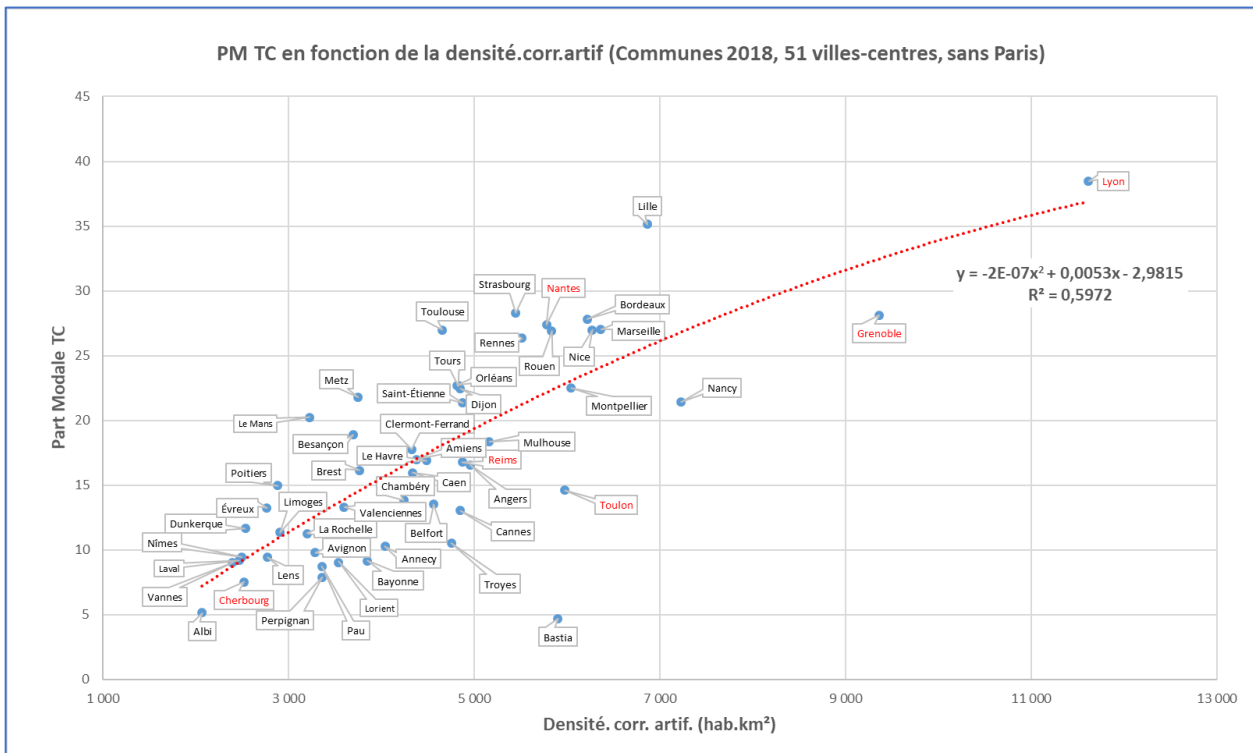
- **La part des déplacements en voiture particulière tant comme conducteur que comme passagers reste déterminante** au sein des différentes villes. Elle est marquée par une décroissance notamment dans les villes de taille importante
- La part **des déplacements en transports collectifs (TCU et autres TC) est relativement modeste**. Elle tend cependant à s'accroître à mesure que nous progressons dans la hiérarchie des villes.
- La marche à pied est un mode de déplacement significatif dans la plupart des villes suivies
- Le déplacement en deux roues motorisées ou non restent faibles même s'ils sont en croissance.





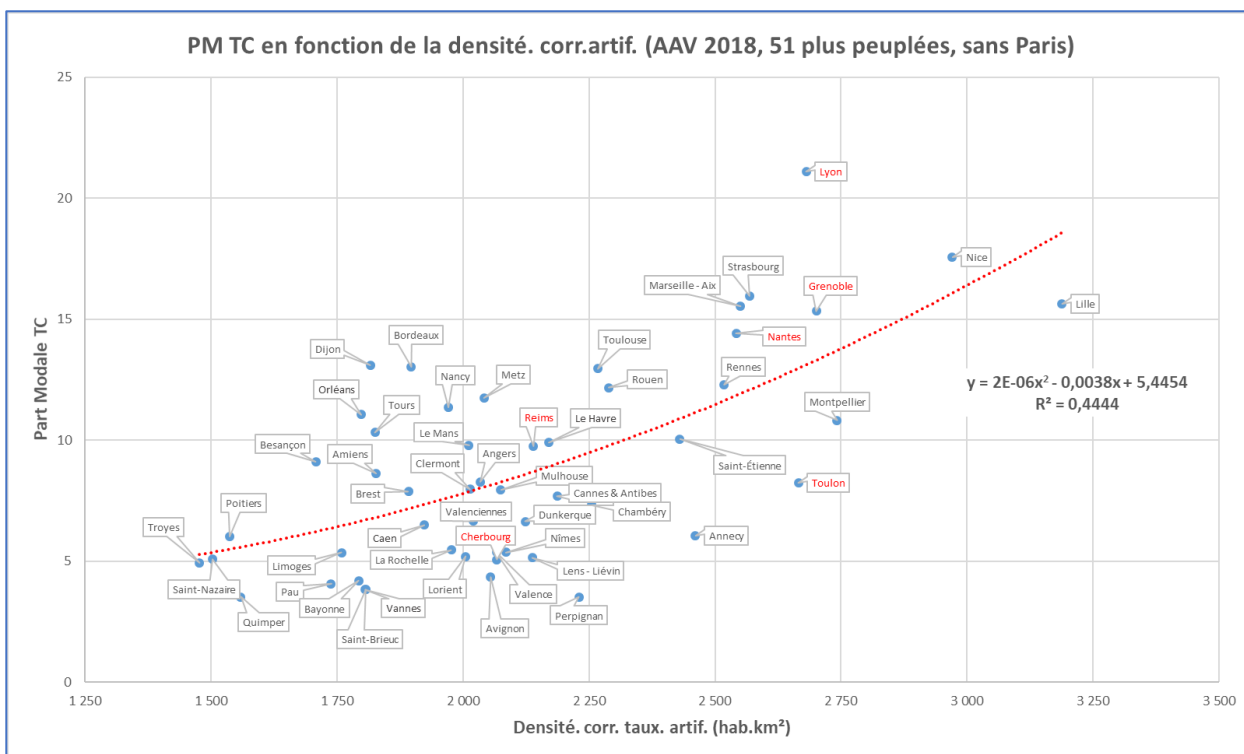
b) Données INSEE

Si l'on s'intéresse aux données de l'INSEE sur les déplacements domicile-travail, il est possible d'étudier les corrélations entre, d'une part, la densité de population et les parts modales des transports en commun (TC), et d'autre part, les corrélations entre les parts modales des différents modes. Ces corrélations ont été faites à différentes échelles spatiales : à l'échelle des communes-centres, des EPCI (métropoles, communautés d'agglomération et communautés de communes), et des AAV (Aires d'Attraction des Villes). Elles sont représentées dans les graphiques suivants. Les 6 villes sélectionnées pour la seconde phase du projet figurent en rouge sur chacun des graphiques.

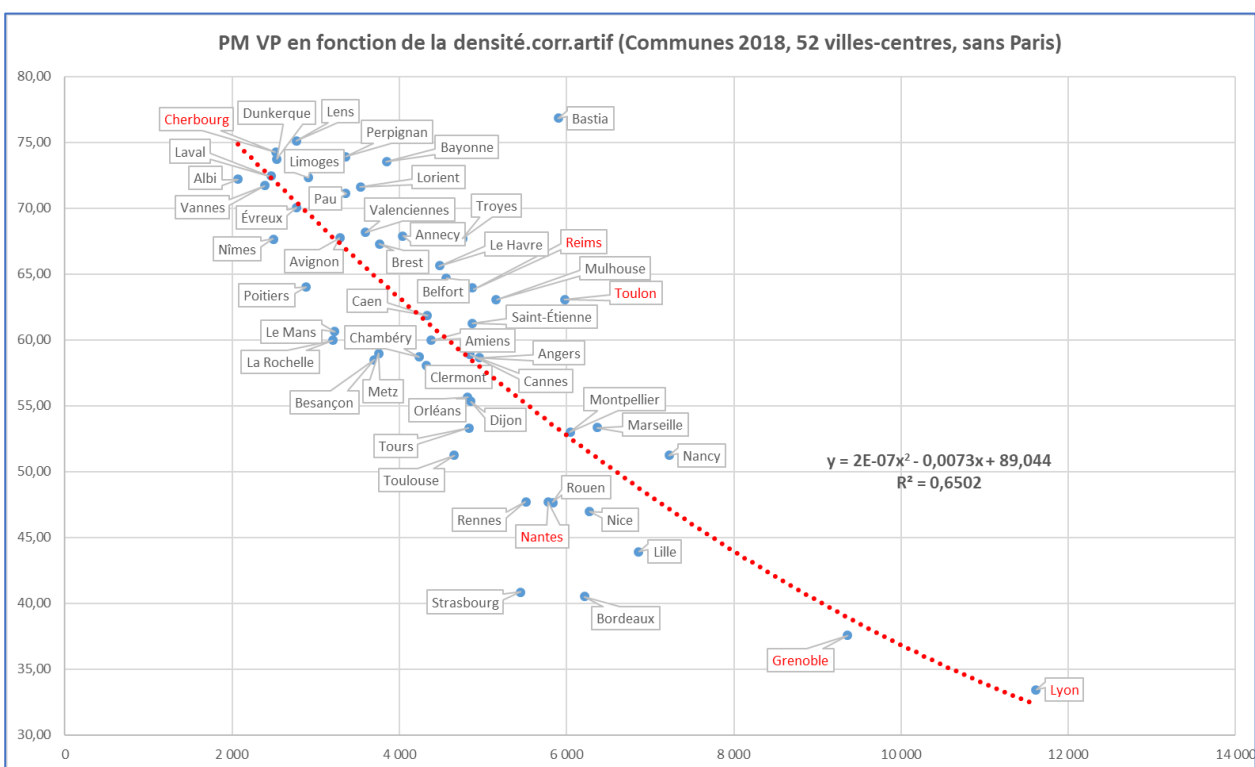


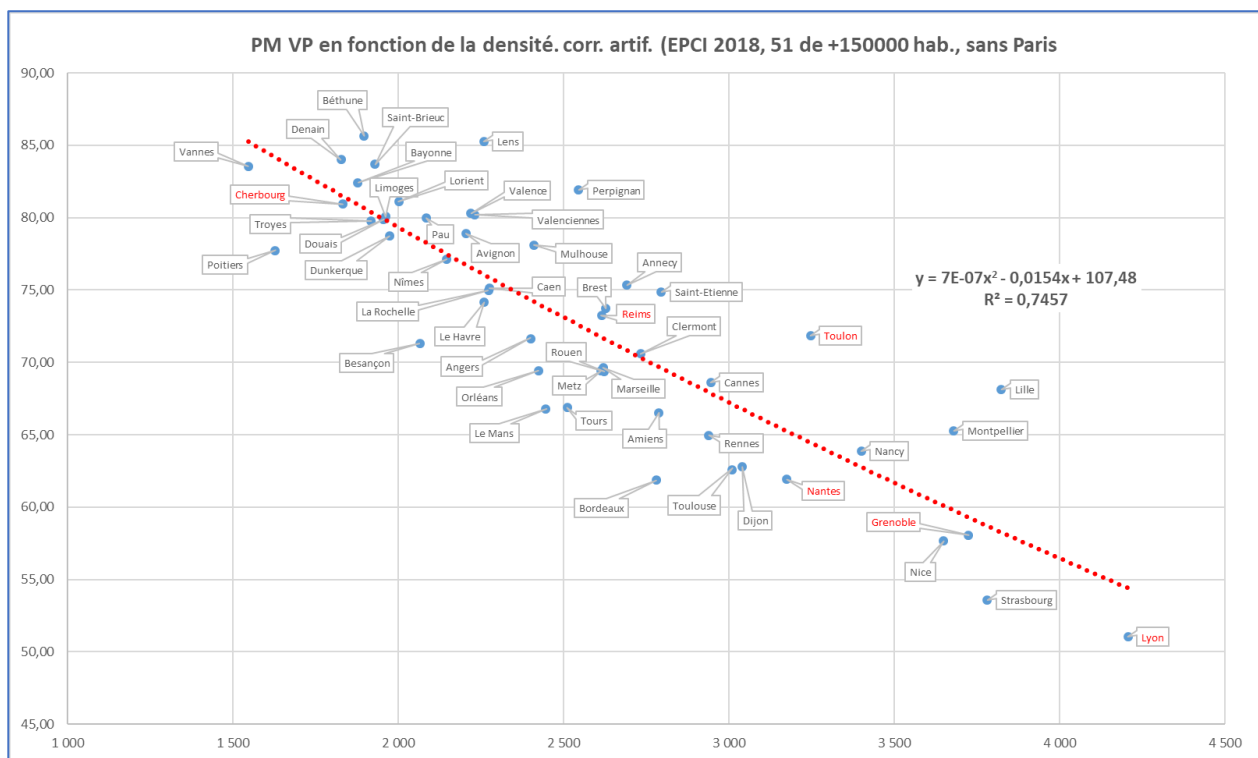
Sur les 2 graphiques ci-dessus et le graphique page suivante, on peut observer une relation statistique croissante entre la part modale des transports en commun (TC) et la densité de population. C'est ici une densité corrigée par le taux d'artificialisation qui est présentée, celle-ci tenant compte de la proportion du territoire artificialisée afin de mieux représenter la densité véritablement observée dans les parties habitées du territoire. On observe que le coefficient de détermination (R^2), qui mesure le degré d'association entre les deux variables, est ici le plus fort à l'échelle des EPCI (0,68 contre 0,59 à l'échelle des villes-centres et 0,44 à celle des AAV). Ceci n'est pas particulièrement étonnant. En effet, l'échelle de pertinence des TC ne se limite pas à la ville-centre, et il n'est donc pas surprenant d'observer que c'est à

l'échelle spatiale des métropoles ou des communautés de communes que le lien statistique entre densité de population et part modale des TC est le plus fort. Ceci peut s'expliquer de plusieurs manières. D'une part, la densité de population, couplée au niveau de population absolu d'un territoire donné, favorise les économies d'échelles et tend à favoriser la mise en place de TC, en diluant les investissements nécessaires, et en augmentant la fréquentation des TC.



D'autre part, comme le montrent les deux graphiques ci-dessous, une forte densité de population tend à contraindre l'usage de la voiture particulière, à la fois par l'accroissement de la congestion, en particulier aux heures de pointes, mais aussi par le simple jeu d'une compétition croissante pour l'usage des sols.

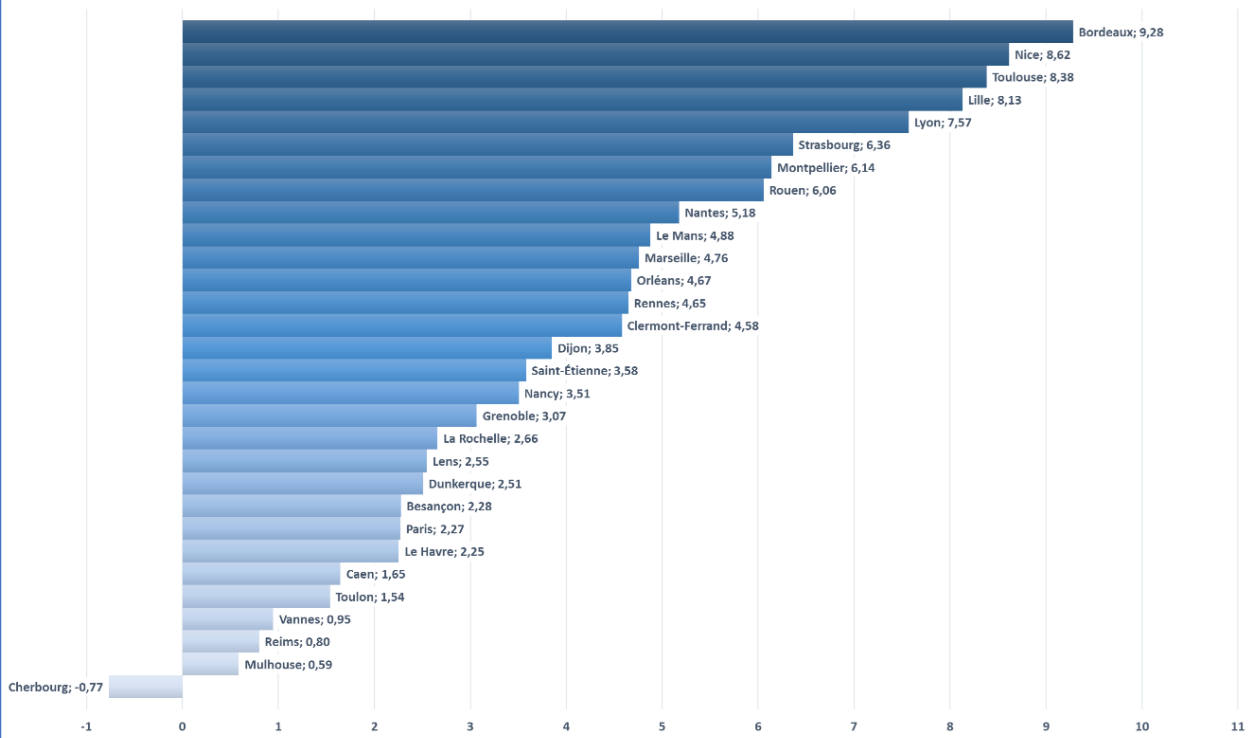




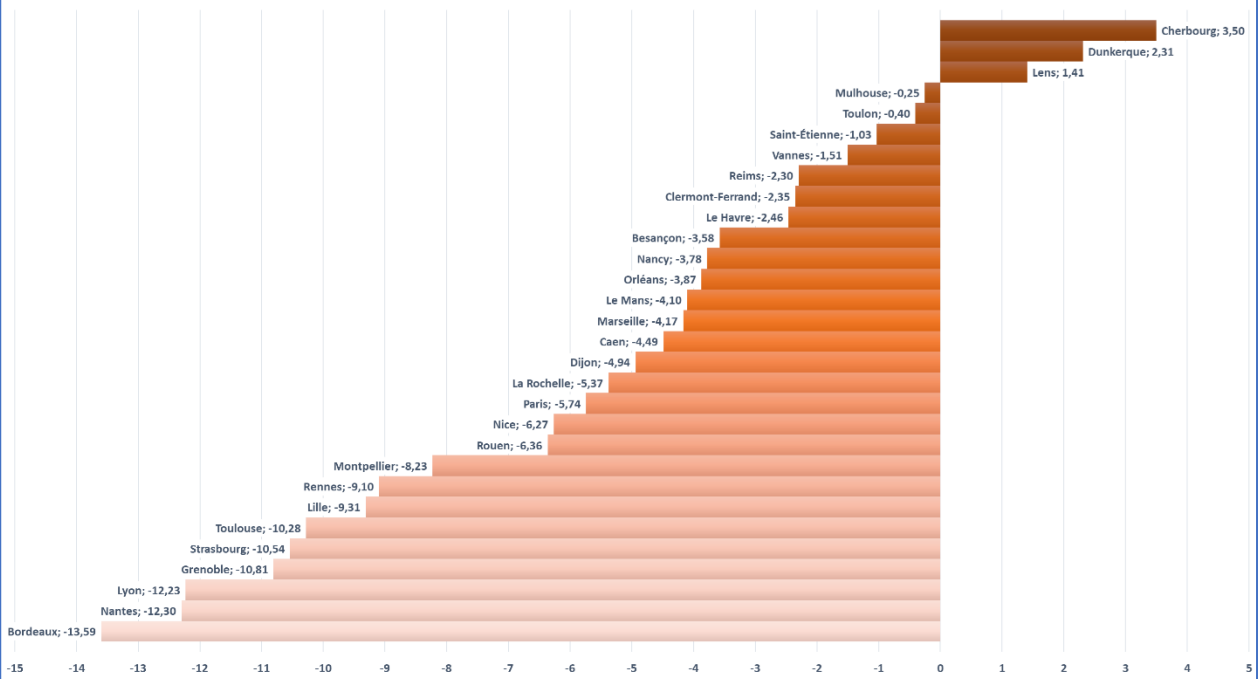
On peut d'ailleurs noter qu'aux mêmes échelles spatiales, les relations statistiques entre densité de population et part modale de la voiture particulière sont plus fortes qu'entre densité et part modale des transports en commun (R^2 respectivement de 0,65 contre 0,597 à l'échelle des communes-centres, et de 0,74 contre 0,68 à l'échelle des EPCI). En d'autres termes, ce que montrent ces graphiques, c'est que la densité de population, à mesure qu'elle s'accroît, explique une part plus importante du recul de la part modale de la voiture que de l'essor de la part modale des TC. Ceci suggère qu'il existe bien d'autres facteurs permettant d'accroître la part modale des TC, au premier rang desquels l'amélioration de l'offre.

Une autre forme de représentation graphique permet de saisir les différences d'évolution des parts modales selon les villes. C'est celle qui est représentée dans les trois figures ci-dessous. Sont représentées successivement l'évolution, en points de pourcentage, des parts modales des transports en commun (en bleu), de la voiture (VP, en orange), des deux-roues (en vert), et de la marche à pied (en gris) sur la période 2006-2018, pour les déplacements domicile-travail. Ces graphiques permettent de mettre en évidence de fortes disparités dans l'évolution des parts modales selon les villes. Plusieurs constats peuvent être faits. Tout d'abord, l'immense majorité des villes de notre sélection montrent une augmentation de la part modale des TC et une diminution de la part modale de la VP. Il existe cependant de fortes disparités entre ces villes. En effet, en dehors de Paris, dans laquelle la progression de la PM des TC a été plus faible sur la période étudiée – puisqu'elle était déjà très importante en 2006 et que la marge de progression était donc plus limitée – les gains les plus importants des TC se sont faits dans les agglomérations les plus peuplées : Bordeaux, Nice, Toulouse, Lyon, Strasbourg, Montpellier, Rouen, Nantes. La baisse de la part modale de la voiture est très largement symétrique à l'augmentation de la part modale des TC. On peut malgré tout noter que la VP perd davantage de part de marché que les TC n'en gagnent, ce qui suggère que le report modal ne se fait pas exclusivement de la VP vers les TC sur cette période. Toutefois, l'ensemble de ces graphiques tend à indiquer que les TC sont les principaux bénéficiaires de la baisse de la part modale de la VP. Par exemple, on constate que pour les déplacements domicile-travail, la part modale de la marche à pied tend à se réduire dans 27 des 30 villes de notre sélection.

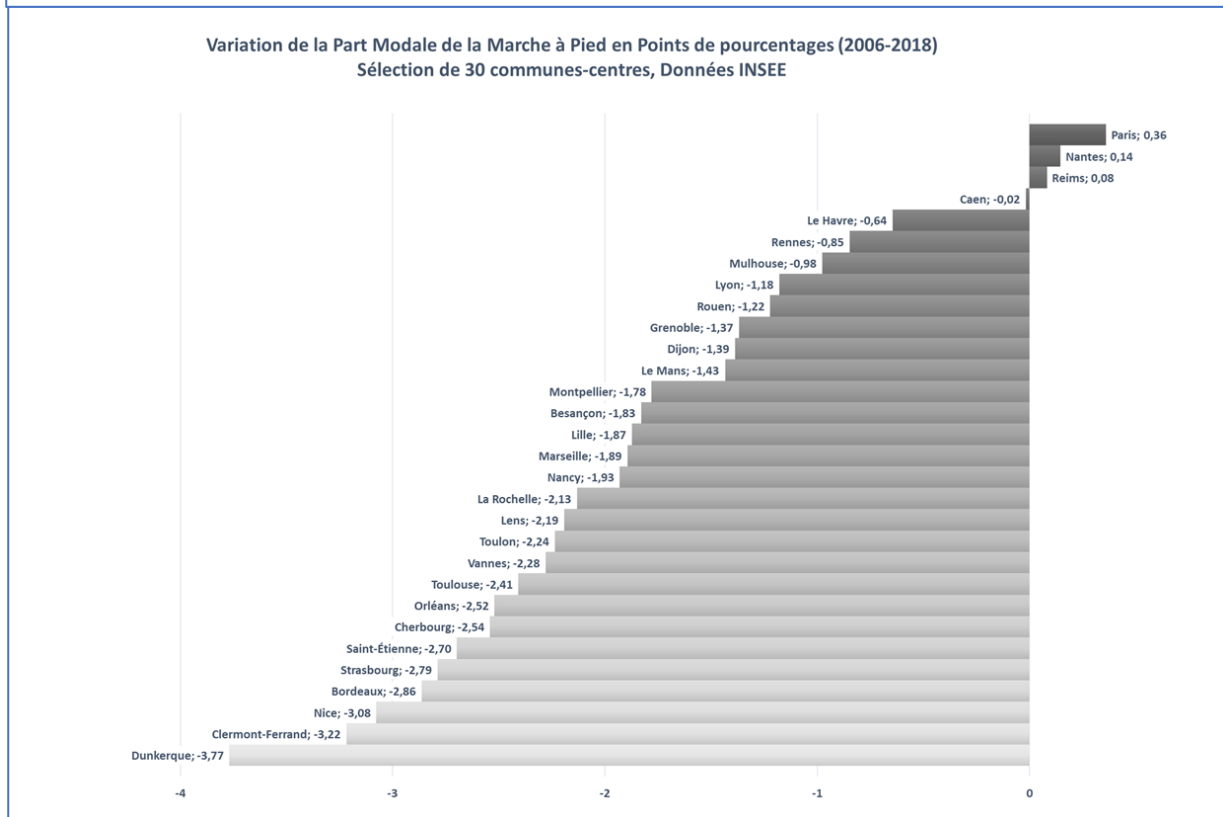
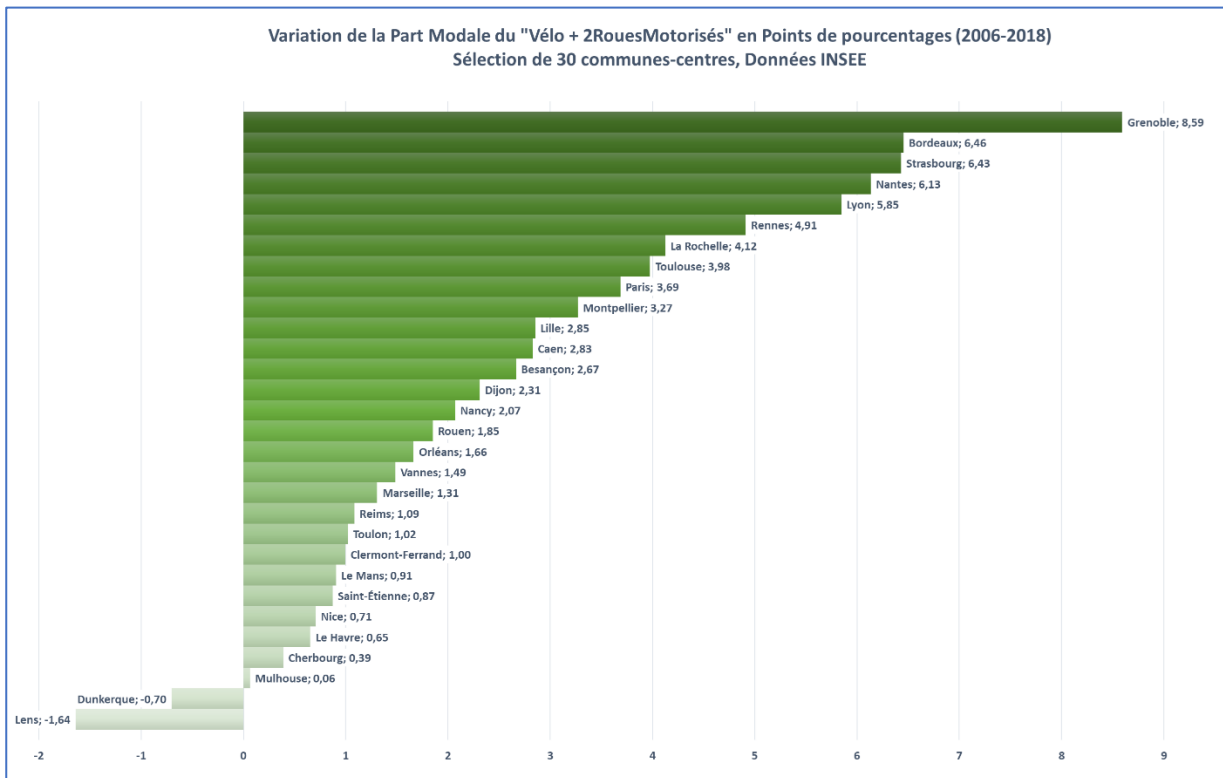
Variation de la Part Modale des TC en Points de pourcentages (2006-2018)
Sélection de 30 communes-centres, Données INSEE



Variation de la Part Modale de la VP en Points de pourcentages (2006-2018)
Sélection de 30 communes-centres, Données INSEE

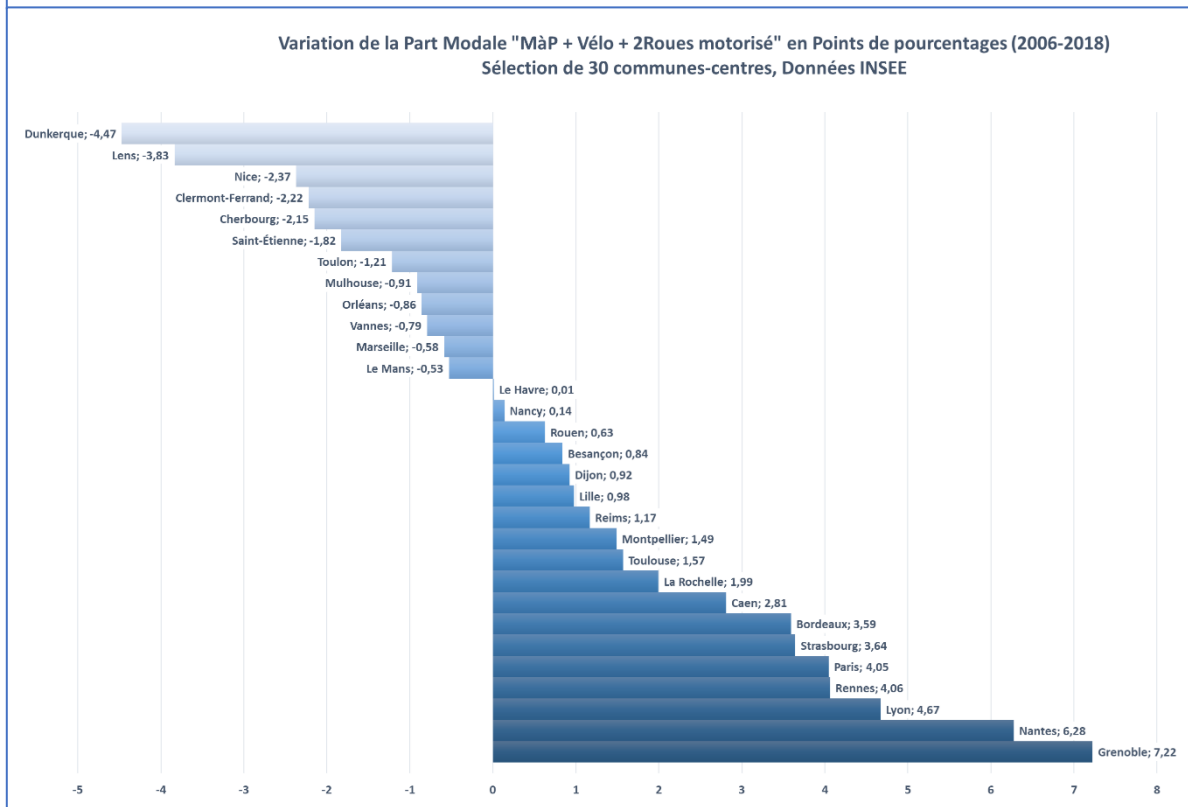
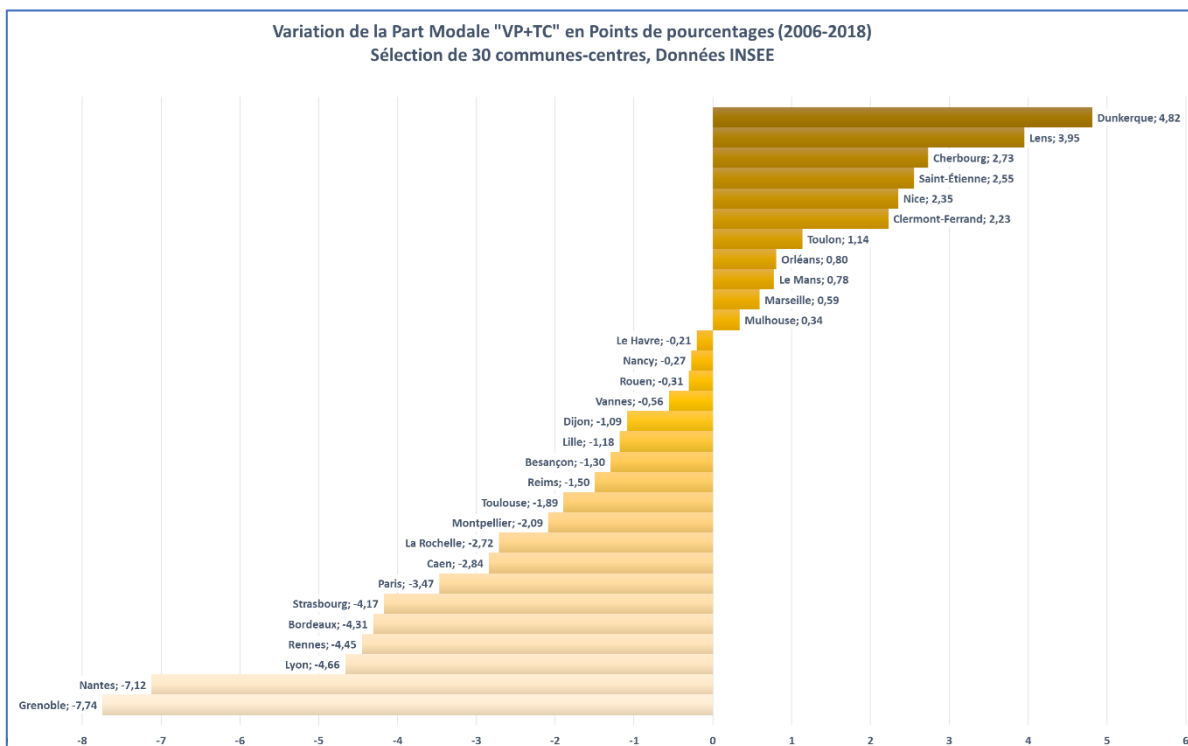


Enfin, certaines villes connaissent un développement important du vélo sur la période, notamment Grenoble, Bordeaux, Strasbourg, Nantes et Lyon (voir graphique ci-dessous). A l'inverse, comme mentionné plus haut, la part modale de la marche à pied est en recul dans la plupart des 30 villes étudiées.



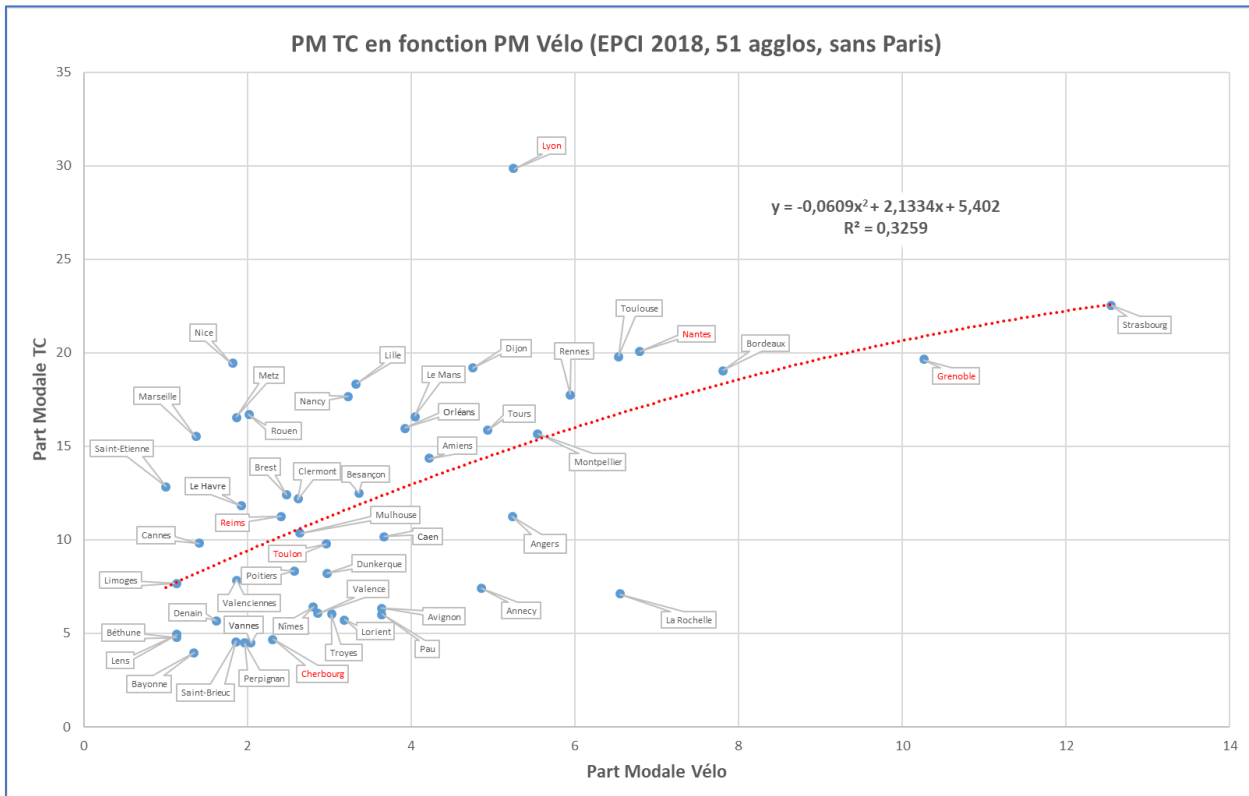
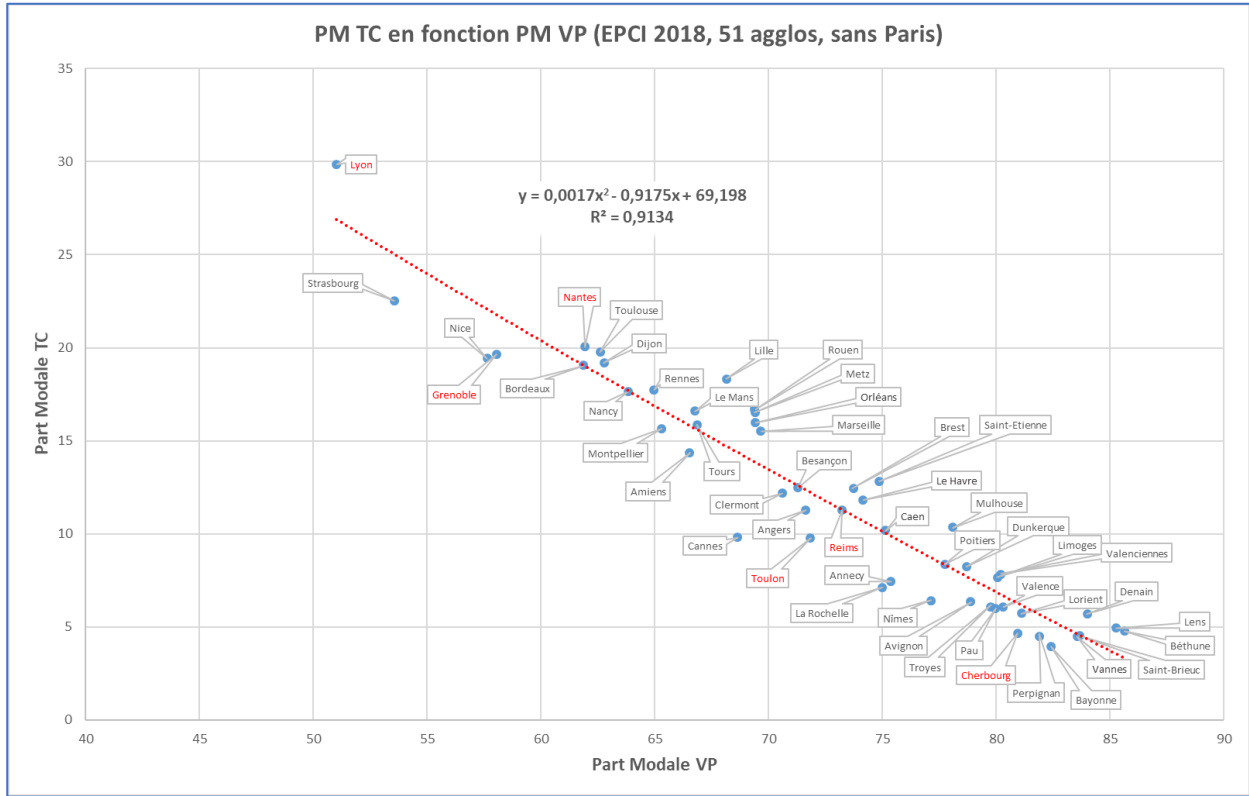
Enfin, les deux derniers graphiques de cette section, présentés ci-dessous, représentent l'addition de la variation de la part modale des TC et de la VP (en jaune) et celle de la marche à pied et des deux-roues (vélo + deux-roues motorisés, en bleu). Plusieurs éléments peuvent être mentionnés. Premièrement, dans un certain nombre de villes, la somme de la part modale des TC et de la VP diminue. C'est le cas à Grenoble,

Nantes, Lyon, Rennes, Bordeaux et Strasbourg par exemple. A la lumière des graphiques précédents, cela signifie que le recul de la part modale de la VP n'a pas bénéficié qu'aux TC, qui progressent indéniablement dans ces villes, mais a aussi permis la progression d'autres modes, en particulier le vélo. Dans d'autres villes au contraire, à Dunkerque, Lens ou Cherbourg, mais aussi Clermont-Ferrand, Nice ou Saint-Etienne, l'augmentation de la part modale combinée de TC et de la VP peut s'expliquer de diverses manières. A Dunkerque et Lens, la VP et les TC ont progressé, au détriment notable de la marche à pied et du vélo. A Cherbourg, le vélo n'a pas reculé, mais la marche à pied et les TC oui. Enfin à Clermont-Ferrand, Nice et Saint-Etienne, la VP ne progresse pas mais le recul de la marche à pied contribue à l'essor de la part combinée des TC et de la VP.

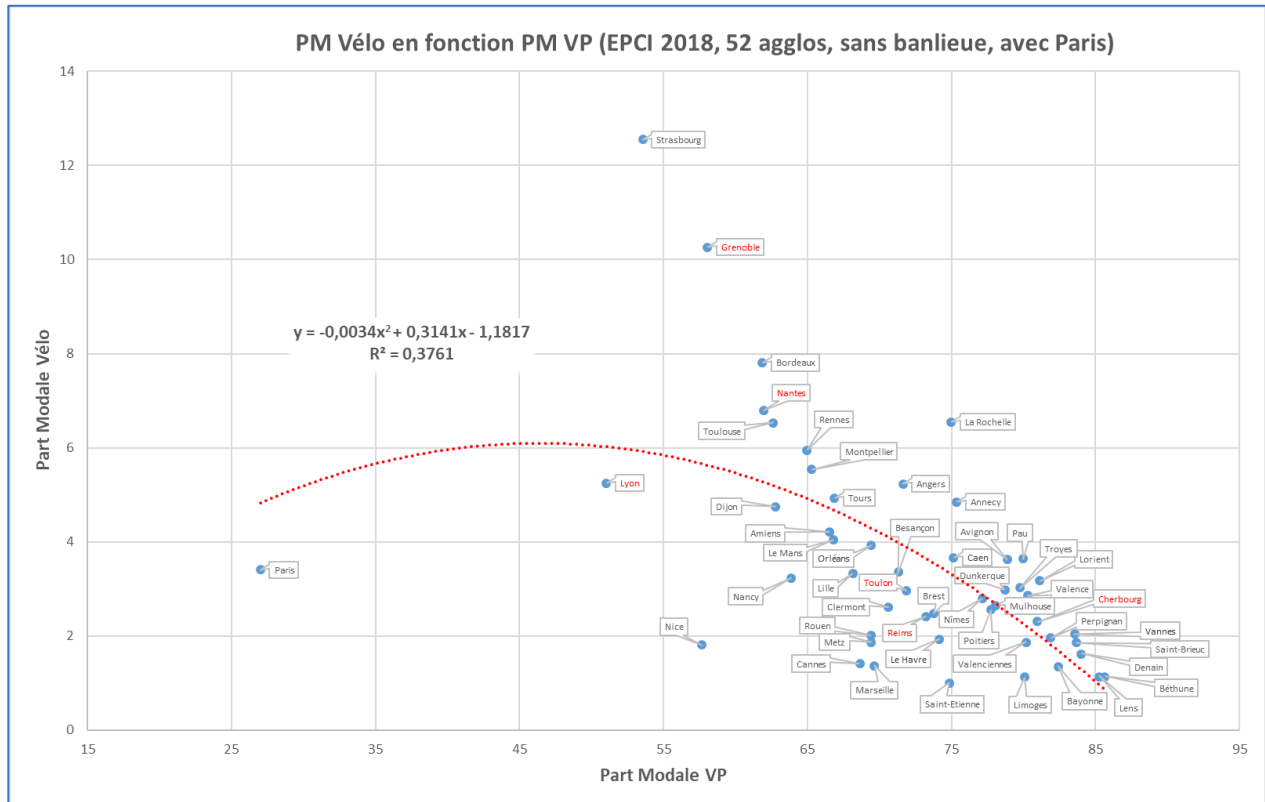


Les trois graphiques suivants illustrent les corrélations entre les parts modales des TC, de la VP et du vélo, en 2018, pour les déplacements domicile-travail, dans les 51 plus grandes agglomérations de France, hors Paris.

Il est intéressant de noter, que dans le périmètre de pertinence des TC (ville-centre et métropole), en ce qui concerne les déplacements domicile-travail, on retrouve une très forte corrélation entre la part modale de la VP et celle des TC, avec un R² extrêmement fort (0.91) pour cette relation statistique.



En comparaison, la relation statistique entre la part modale des TC et du vélo, et entre la part modale de la VP et du vélo, est beaucoup moins robuste, avec des R² respectifs de 0.32 et 0.37 (ce qui signifie qu'environ un tiers de la variance de l'une des variables est expliquée par l'autre variable). Ces différences de R² suggèrent que le phénomène de report modal s'effectue très majoritairement entre la voiture particulière et les TC, beaucoup plus marginalement entre VP et vélo, et probablement pas entre TC et vélo.



En effet, on peut notamment remarquer que les relations statistiques sont négatives entre les parts modales des TC et de la VP d'une part, et entre celles du vélo et de la VP d'autre part, ce qui suggère bien l'existence d'un report modal entre ces différents modes, puisque quand la part modale de l'un s'accroît, celle de l'autre diminue, et réciproquement. Ce n'est pas le cas pour la relation entre la part modale des TC et celle du vélo, qui est une relation globalement positive. Ceci suggère donc que l'accroissement de la part modale de ces deux modes de transport s'effectue au détriment de la part modale de la voiture.

B. Leviers

De l'analyse de 107 articles identifiés dans la littérature académique sur la mobilité urbaine en France, dans les autres pays européens et autres pays développés¹, il est possible de synthétiser 5 catégories de facteurs explicatifs du nombre de total de déplacements par modes de transport ou des parts modales exprimées généralement en % du nombre total de déplacements.

Ces facteurs explicatifs renvoient aux caractéristiques :

- des transports collectifs,
- des individus,
- des territoires,
- liées à la voiture particulière,
- des autres modes de transport.

¹ Leviaux P., Péguy, P.-Y., (2021) Rapport d'avancement sur le report modal. LAET. 158p.

Pour chacune de ces catégories on trouve donc un certain nombre de facteurs jouant un rôle plus ou moins important sur la demande de transports collectifs. Les deux colonnes de droite du tableau indiquent respectivement le sens de l'effet produit par le facteur concerné sur la demande de TC (+ si effet positif ; - si effet négatif, et son importance dans la littérature (de * à *** par ordre d'importance croissante).

		Variable à expliquer : Demande de transports collectifs	Présence / Significativité
		Variables testées : Nombre de déplacements en TC/habitant (unités), Fréquentation TC/habitant, Part modale déplacement TC (%)...	
		Effets	
Caractéristiques Transports Collectifs	Prix déplacement TC (relatif au prix déplacement VP ou prix abonnement mensuel ou ticket unité) ²	-	***
	Offre TC (Km de lignes de TC/Hab., nombre de stations dans zone données...)	+	***
	Accessibilité à l'offre transports collectifs (Distance à la station/ arrêt le plus proche...)	+	**
	Fréquence TC	+	**
	Information voyageurs	+	**
	Respect des horaires/Ponctualité	+	**
	Connectivité réseau TC et qualité des correspondances	+	**
	Sécurité / Sureté	+	**
	Confort ³	+	*
	Profondeur gamme tarifaire TC ⁴	+	*
	Fiabilité des TC (grèves et pannes)	-	*
	MaaS	+	*
	Perception TC (mauvaise)	-	*
Marketing ciblé	+	*	
Caractéristiques des individus	Revenu	-	**
	Genre (H/F)	+/-	**
	Niveau éducation	+/-	*

² L'effet du prix du déplacement en TC n'est pas symétrique à la hausse ou à la baisse. Dans certains travaux économétriques, il est identifié qu'une hausse des prix des TC conduit à une décroissance plus forte de la demande en TC qu'une baisse des prix des TC ne provoque une croissance de la demande de transports collectifs. Cette asymétrie renvoie à des phénomènes d'irréversibilité. Ainsi lorsqu'une voiture est acquise par un ménage, l'impact de la variation à la baisse des prix des TC est moindre sur la fréquentation en TC. Les ménages n'abandonnent pas autant l'usage de leur véhicule, au moins à court terme, même lorsque les prix des TC baissent.

En outre, l'évaluation de ces élasticités renvoie à des variations marginales des prix des TC. Le passage à la gratuité totale d'un réseau est véritablement une transformation structurelle. Il serait donc hasardeux d'utiliser ces coefficients d'élasticité pour apprécier l'impact comportemental d'une telle mesure si l'élasticité prix TC était de -0,4 par exemple. Ceci conduirait à affirmer que la gratuité (-100% sur le prix) entrainerait une hausse de la fréquentation de 40%, ce qui est considérable. Il est ainsi nécessaire de prendre en compte les niveaux d'offre, y compris des modes concurrents pour apprécier l'effet d'une telle mesure. Ainsi les travaux réalisés pour apprécier les impacts de la gratuité des TC utilisent des modèles multimodaux de prévision de la demande. Les simulations réalisées concluent à un double report modal, 1/ de la VP vers les TC et 2/ des déplacements réalisés en marche à pied et en deux roues vers les TC, report modal qui est plus important dans le deuxième cas (MAP et 2R vers TC) que dans le premier (VP vers TC) (Cf. Crozet Y., Faivre d'Arcier B. Mercier M., Monchambert, G., Péguy P.-Y. (2019), Réflexions sur les enjeux de la gratuité pour le réseau TCL, LAET. 117 p. disponible sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02191358>).

³ L'item Confort renvoie aux effets purement liés au confort des véhicules et des stations (éclairage, propreté, nombre de places assises, protection contre le froid, le vent ou la pluie). L'effet de saturation qui résulte de l'inadéquation entre l'offre et la demande, notamment aux heures de pointe, n'est pas intégré, ce qui explique que la catégorie « confort » ne reçoive qu'une seule étoile en termes de significativité.

⁴ Par profondeur de la gamme tarifaire, on entend la diversité des titres proposés par l'opérateur ou l'AOM. Cette diversité permet de capter une part plus importante du surplus du consommateur, c'est-à-dire de la disposition à payer des différents profils d'utilisateurs.

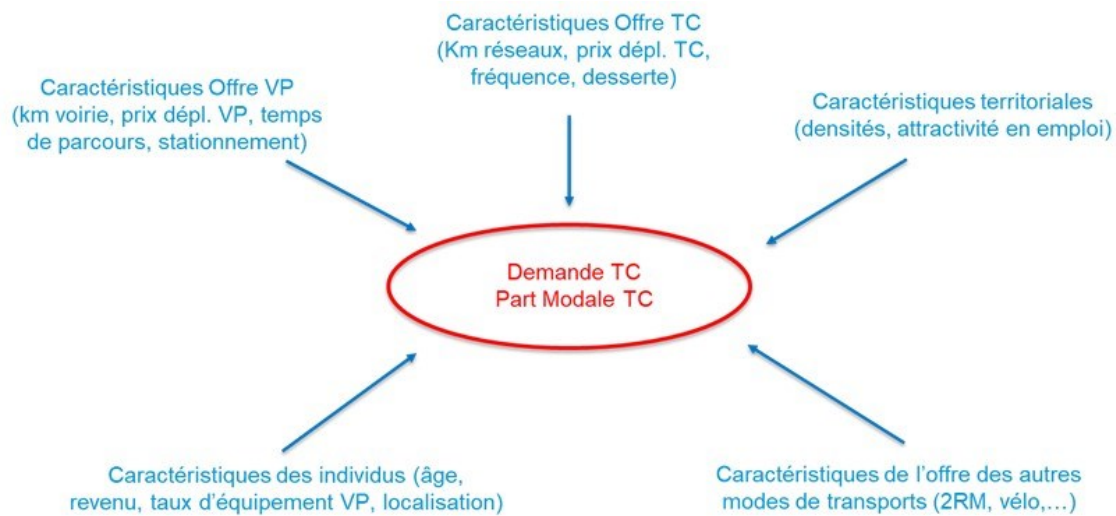
	Taux d'équipement voiture particulière	-	**
	Composition des ménages (présence de jeunes enfants)	-	**
	Age	+/-	**
Caractéristiques territoriales	Niveau de population espace urbain ou métropolitain	+	***
	Densité de population	+	***
	Densité d'emplois	+	**
	Dispersion / étalement	-	**
	TOD	+	*
	Occupation du sol	-	*
	Climat (nbre de jours de pluies, températures...)	+	*
Caractéristiques Transport en voiture particulière	Offre infrastructure VP (Nombre de km de voiries VP/habitant...)	-	***
	Prix déplacement Voiture particulière (coûts monétaires apparents (prix litre de carburant...) ou coûts monétaires complets (énergie, entretien)	+	***
	Prix stationnement VP	+	**
	Place de stationnement sur lieu de travail	-	**
	Indice de congestion VP	+	*
Caractéristiques autres modes de transport	Offre infrastructure cyclable Nombre de km de voiries vélo/ hab. ou par km²...)	+/-	*

Ce tableau permet de mettre en évidence les facteurs les plus importants dans l'explication de la fréquentation des TC mesurés en termes de nombre de déplacements ou de parts modales. De cette revue de la littérature académique, on peut considérer notamment que :

- A la suite des travaux pionniers de Newman & Kenworthy (1989), la densité de population (et d'emplois) est la variable la plus fortement liée aux parts modales respectives de la VP⁵ et de TC (cf. Figure 2 *infra*) envisagées à une échelle macroscopique. La densité peut être considérée comme exogène, dans le sens où elle n'est pas directement sous contrôle de l'AOM ou de l'opérateur de TC, au moins à court terme.
- Viennent ensuite deux grands groupes de variables : les caractéristiques liées à l'offre de TC d'une part et d'autre part celles liées à l'offre du système automobile. Ces deux groupes de variables peuvent être considéré comme endogènes notamment pour les premiers, et constituer des leviers d'actions importants pour favoriser le report modal de la VP vers les TC.
- Les caractéristiques des individus ou de l'offre en matière d'autres modes de transport, notamment l'offre de vélo, constituent deux autres groupes de facteurs ayant une influence sur le report modal, mais dont les effets sont un peu moins décisifs d'après la littérature académique.

⁵ Les travaux de Newman & Kenworthy ont mis en évidence une relation décroissante entre la densité de population et la consommation de carburants. Ceci explique notamment le profil des villes américaines, très étendues et à plus faible densité que les villes européennes et asiatiques, dans lesquelles la dépendance à la voiture est beaucoup plus forte. En revanche ces travaux comparent des agglomérations entre elles mais ne permettent pas d'expliquer les différences observées au sein d'une agglomération, entre des secteurs géographiques pouvant avoir des densités et des parts modales VP et TC très hétérogènes.

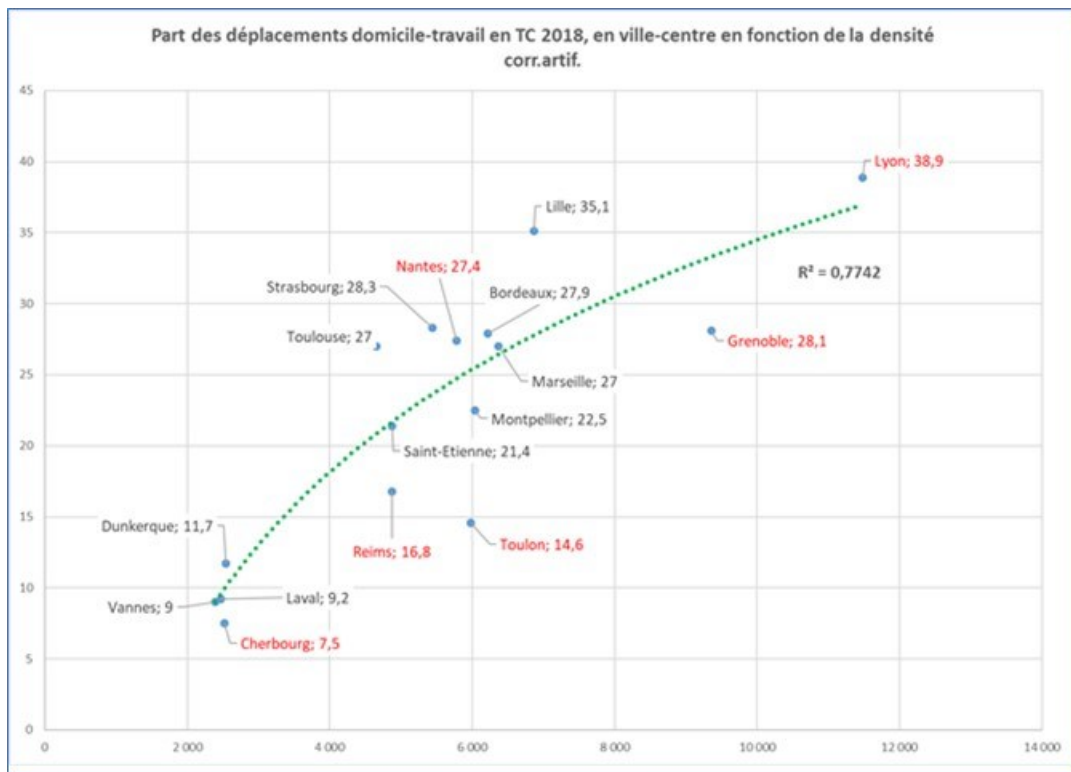
Les facteurs déterminants de la demande de TC, ou de la part modale des TC, peuvent donc être représentés de la manière suivante :



Points principaux à retenir

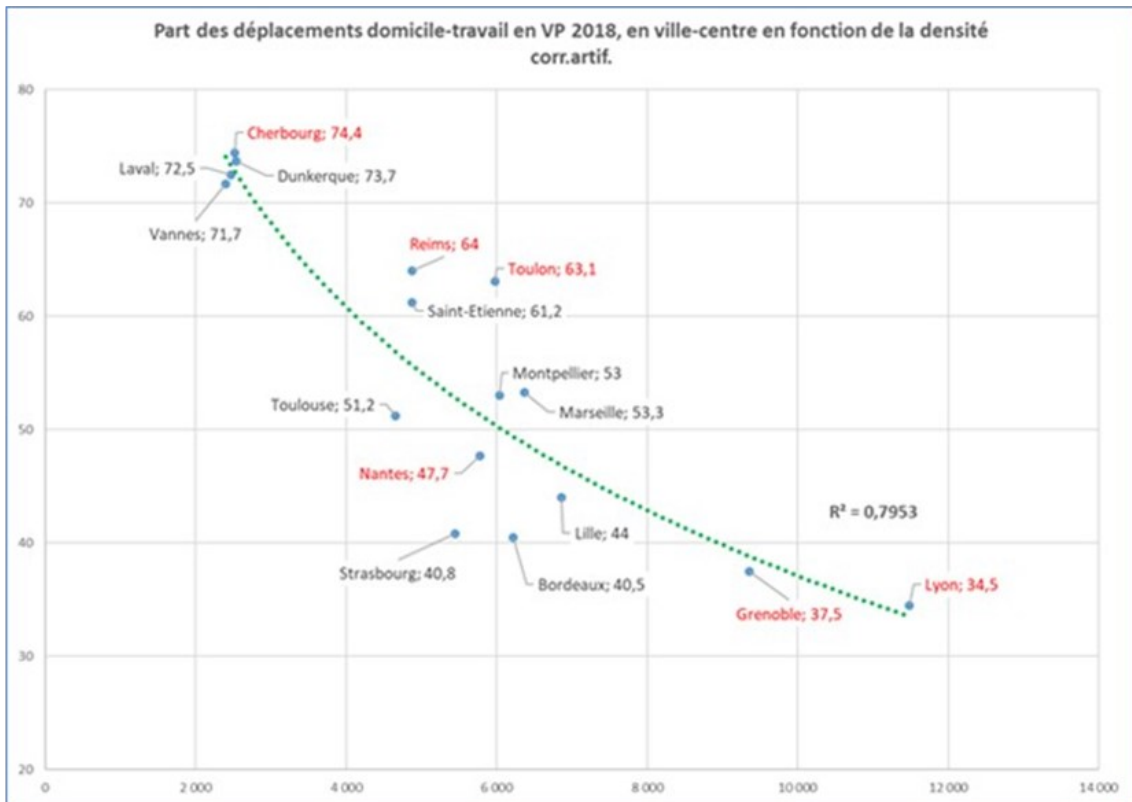
- L'analyse du report modal de la VP vers les TC repose sur le fait que ce sont deux modes en compétition : il s'agit donc d'en comparer les performances relatives en termes de coûts monétaires et non monétaires (temps...) ainsi que les facteurs qui impactent directement (offre TC, offre voirie, offre de stationnement...) et indirectement (densité, type d'habitats, ...) ces performances.
- Pour les déplacements domicile-travail, VP et TC peuvent être considérés comme des biens substituables, c'est-à-dire que la variation de consommation de l'un peut être compensée par une variation inverse de la consommation de l'autre. La très forte corrélation dans la relation statistique négative entre les parts modales des TC et de la VP corrobore fortement cette assertion. Ceci suggère un rôle fondamental de l'offre de TC dans la stimulation du report modal de la VP vers les TC.
- L'amélioration de l'offre de TC (vitesse, fréquence, population desservie, accessibilité, tarification) peut ne pas être suffisante si l'environnement est très favorable à la voiture (faible congestion, infrastructure routière très performante, coût relatif modéré de la VP). Dans ce cas, la mise en place de contraintes sur la voiture est incontournable pour stimuler le report modal.

A l'issue de la première phase du projet, il a été décidé de procéder à un focus sur un groupe restreint de villes, dans le but d'approfondir la compréhension des facteurs du report modal de la VP vers les TC. Les deux graphiques ci-dessous reprennent le lien entre densité de population et parts modales respectives des TC et de la VP pour les 6 villes sélectionnées, en accord avec les équipes de Transdev, pour la phase 2 du projet (en rouge sur les deux graphiques). Ont également été ajoutées les autres villes auxquelles elles ont été comparées. Plus précisément, Lyon a été comparée à Marseille, Toulouse et Lille ; Toulon à Grenoble, Reims, et Saint-Etienne ; Nantes à Montpellier, Strasbourg et Bordeaux ; et enfin Cherbourg a été comparée à des villes similaires comme Laval, Dunkerque et Vannes. Comme cela a déjà été mentionné précédemment, ces graphiques illustrent l'influence décisive de la densité sur la part modale des transports en commun (TC) et sur celle de la voiture particulière (VP).



Le schéma causal sous-jacent est relativement simple : à mesure que la densité de population s'accroît sur un territoire, le financement et le fonctionnement des transports collectifs voient leur soutenabilité financière s'améliorer. En effet, en particulier pour les modes les plus lourds (métro et tramway pour les transports collectifs urbains), le montant des investissements et les coûts de fonctionnement sont tels qu'ils nécessitent une densité de population suffisamment importante pour que les niveaux de fréquentation assurent, au moins partiellement, leur rentabilité. Parallèlement, lorsque la densité de population s'accroît, elle tend à favoriser la congestion automobile et donc à pénaliser la vitesse relative de la voiture par rapport aux TC. Toutes choses égales par ailleurs, elle complique l'accès au stationnement, puisque l'espace disponible sur le territoire considéré est soumis à une concurrence croissante dans ses usages (habitation, loisirs, commerce, équipements collectifs divers, services publics, usages de la voirie).

Cependant, la densité n'explique pas, à elle seule, la variabilité observée dans les parts modales respectives des TC et de la VP. Par exemple, Toulon et Nantes, indépendamment de l'importance de leur ville-centre et agglomération respectives⁶, ont une densité de population similaire en ville-centre, alors que leurs parts modales TC et VP sont très différentes (Toulon est à 14,6% TC et 63,1% VP alors que Nantes est à 27,4% TC et 47,7% VP). Ceci signifie que le report modal qui s'est progressivement exercé, sur la période 2006-2018, de la VP vers les TC, a aussi été permis par d'autres leviers que la densité. Plusieurs de ces leviers ont été davantage actionnés dans certaines villes, ce qui permet d'expliquer les différences observées dans les parts modales entre des villes de densité similaire.



Ainsi, au sein des villes dont la densité corrigée par le taux d'artificialisation est proche de 6000 hab./km², qui regroupe notamment Strasbourg, Nantes, Bordeaux, Marseille, Montpellier et Toulon, la part modale des TC peut varier presque du simple au double (14,6% à Toulon contre 28,3% à Strasbourg, 27,9% à Bordeaux et 27,4% à Nantes) et celle de la VP aller d'un peu plus de 40% à Bordeaux et Strasbourg pour atteindre 63,1% à Toulon.

Tout l'enjeu de ce travail d'investigation que nous avons mené, c'est d'avoir une compréhension plus fine des leviers du report modal autre que celui de la densité. Celle-ci reste malgré tout un facteur prépondérant : il est illusoire de chercher à obtenir, à Cherbourg par exemple, une part modale des TC similaire à celle de Lyon ou de Lille. Chaque territoire peut cependant faire l'objet d'un diagnostic plus précis, afin de mettre en évidence les marges de manœuvre qui existent pour faire reculer la part de la VP et pour accroître celle des TC.

A travers les entretiens que nous avons menés, auprès des opérateurs des réseaux de transports collectifs d'une part (direction, service des études) et des autorités organisatrices de la mobilité (AOM) d'autre part, ainsi qu'auprès d'autres acteurs, comme ceux du stationnement, nous avons pu construire un outil de diagnostic des territoires permettant de mettre en évidence les leviers du report modal mis en œuvre dans chacune de ces 6 villes.

⁶ Nantes a une ville-centre de 319 000 hab. et une agglomération de 664 000 hab. en 2019, contre respectivement 179 000 hab. et 443 000 hab. dans le cas de Toulon.

II. Synthèse sur les six réseaux de la phase 2

La seconde phase de notre étude a notamment consisté en la conduite d'un certain nombre d'entretiens, auprès des responsables de réseaux et de leurs services d'étude, ainsi qu'auprès des Autorités Organisatrices de la Mobilité (AOM). Elle a aussi permis de récolter un certain nombre de données sur la fréquentation des TC, les recettes commerciales, les coûts d'exploitation, ou encore l'évolution du linéaire de réseau sur la période 2000-2019. Il a donc été possible de mener certaines analyses statistiques, qui sont présentées dans partie B. La liste des fonctions des personnes rencontrées figure dans le tableau ci-dessous.

Cherbourg
Directeur général Transdev Cotentin - Cherbourg
Directeur Direction Transports et Mobilités CA Cherbourg-Cotentin
Grenoble
Directeur Général M-TAG
Directeur Etudes Projets - M-TAG
Resp. Centre Ressources Grenoble Alpes Métropole
Lyon
Directeur Marketing, Communication et de la Relation Client KEOLIS Lyon
Adjoint au Directeur – Direction du Pilotage des Contrats de DSP - SYTRAL Mobilités
Responsable Service financier SYTRAL Mobilités
Chargé de Mission Stationnement, Direction Mobilités, Métropole du Grand Lyon
Directrice développement d'activités et études, Lyon Parc Auto
Directeur des Infrastructures et de l'Exploitation des Mobilités
Responsable de l'unité Données, Observation, Modélisation. Service Analyse, Planification et Évaluation des Mobilités. Dir des Mobilités
Nantes
Directeur Général SEMITAN
Directrice Commerciale SEMITAN
Direction des Etudes SEMITAN
DG AURAN - Agence Urbanisme
Directrice T Mob Nantes Métropole, Dir. Dpt Déplacements
Toulon
Directeur général Transdev Toulon
Responsable Service Communication et Service au Client - Transdev Toulon
Directeur Général Adjoint, Aménagements Ports Mobilités Energies, Métropole Toulon Provence Méditerranée
Directeur des Transports et de la Mobilité, Métropole Toulon Provence Méditerranée
Service stationnement, Métropole Toulon Provence Méditerranée
Q Park Toulon
Reims
Directrice générale Transdev Reims
Directrice Marketing Transdev Reims
Cheffe de service Mobilités et Usages. Directrice adjointe. Direction Mobilités et Transports. Grand Reims
Directeur Mobilités et Transports. Grand Reims
Directeur Voirie, Circulation et éclairage public. Grand Reims

A. Radars synthétiques des leviers du report modal

Pour rendre compte des leviers qui ont été activés dans chacune des 6 villes sur la période 2000-2019, nous avons construit des « radars » en choisissant de représenter, à travers 9 axes (formant ainsi des ennéagones), les indicateurs les plus pertinents. La principale contrainte rencontrée réside dans le fait qu'il n'est pas possible d'utiliser des échelles différentes pour chacun de ces axes. Par conséquent, chaque indicateur a été normalisé pour que les valeurs prises concordent avec cette contrainte d'échelle.

Le tableau ci-dessous présente chacun des 9 axes retenus, ainsi que le type de leviers dont il relève (offre de transports en commun / caractéristiques de la ville / offre liée à la voiture / offre de modes actifs). Le 5^{ème} grand type de facteur explicatif de la demande de transports en communs, les caractéristiques des individus (âge, catégories socio-professionnelles, revenu, localisation, etc.) n'a pas été retenu pour la construction de ces radars, car il ne peut pas directement constituer un levier d'action, que celle-ci relève des pouvoirs publics (exécutif local, autorité organisatrice de la mobilité) ou des opérateurs des réseaux de TC.

La surface délimitée par ces radars synthétiques peut donc être vue comme un indicateur composite des principaux leviers mis en place par les villes pour favoriser le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun. **Plus la surface est importante, plus les leviers favorisant le report modal ont été activés.** Le choix des indicateurs est lié à la disponibilité des données sur une période de 20 ans, à leur importance dans la littérature académique et à des contraintes de construction des radars⁷.

Ainsi, pour faciliter la construction et la lecture des diagrammes, les 9 axes ont été orientés dans le sens d'un effet positif⁸ sur la fréquentation des TC. C'est le cas par exemple de l'axe 7, appelé « taux d'indépendance automobile », qui correspond à l'opposé du taux de bi-motorisation des ménages. Nous y reviendrons dans la description des axes ci-dessous.

Thématiques	Axes	Indicateurs	Unités	Effets sur les transports collectifs
Offre TC	Axe 1	Véhicules.km/surface desservie	Veh.km/km ²	+
	Axe 2	Recettes commerciales (euros 2018)/population desservie	Euros 2018/individu. desservi	+
	Axe 3	Niveau offre TCSP (Bus, BHNS, Tramway, Métro)	Indice entre 0 et 100	+
Caractéristiques de la ville	Axe 4	Densités corrigées en ville centre	Hab/hectare	+
	Axe 5	% d'habitats collectifs (1-taux de maisons individuelles)	%	+
	Axe 6	Indice de concentration emplois (Nombre d'emplois pour 100 habitants) en centre-ville	Nombre	+
Offre voiture particulière	Axe 7	Taux d'indépendance automobile (1-taux de bi-motorisation rapportés au nombre de ménages de 2 personnes et plus)	%	+
	Axe 8	Politique de contrainte sur la voiture particulière (niveau de congestion, stationnement payant, offre de stationnement)	Indice entre 0 et 100	+
Offre modes actifs	Axe 9	Politique offre autres modes (linéaire de pistes cyclables, nombre de vélos)	Indice entre 0 et 100	+

Récapitulatif des indicateurs retenus pour la construction des radars du report modal.

⁷ Plus précisément, il y a deux contraintes majeures dans la construction de ces radars : tous les axes doivent être gradués dans le même sens, et l'échelle des 9 axes est identique. Ceci explique certaines conversions dans les unités des axes retenus.

⁸ La dernière colonne à droite du tableau indique, pour des raisons de construction et d'interprétation des radars, un effet positif systématique sur la fréquentation des transports collectifs. Les « + » dans cette colonne ne doivent pas être interprétés en termes de puissance ou de significativité de l'effet du facteur en question sur la fréquentation des TC.

Parmi les axes relatifs à l'offre de TC, on trouve 3 indicateurs.

Le premier d'entre eux, qui constitue l'axe 1, est un indicateur d'offre classique des TC, le nombre de véhicules.km produits sur le réseau, rapporté à la surface du territoire desservi. Il permet de donner une bonne indication de la densité de l'offre sur un territoire donné.

L'axe 2 donne une indication sur l'efficacité du réseau en matière de tarification commerciale.

L'axe 3 s'intéresse à un levier plus spécifique de l'offre de TC, qui correspond au niveau d'offre de TCSP. Une note a été attribuée aux différents réseaux, permettant à la fois de tenir compte de la diversité des modes lourds et autres TCSP offerts par le réseau (BHNS ou Chronobus, Tramway, Métro) et de l'offre kilométrique respective de chacun de ces modes. Les deux tableaux ci-dessous présentent un récapitulatif de l'évolution, sur la période 2000-2022, des linéaires de réseaux, du type d'offre en TCSP et du nombre de communes desservies pour chacune des 6 villes de notre sélection.

	2000	2019	2022	2000	2019	2022	2000	2019	2022	2000	2019	2022	2000	2019	2022	2000	2019	2022
	LYON			GRENOBLE			NANTES			REIMS			TOULON			CHERBOURG		
Linéaire Métro (km)	26,85	32,05	32,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb Lignes Métro	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linéaire Tramway (km)	0	64,2	78,1	19,6	46,7	47,7	28,5	44,3	44,3	0	19,4	19,4	0	0	0	0	0	0
Nb Lignes Tramway	0	5	7	2	5	5	2	3	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0
Linéaire Lignes C/Chrono	0	292,7	292,7	0	72,6	72,6	0	90,8	84,8	0	50,3	50,3	0	37,3	37,3	0	0	0
Nb Lignes C/Chrono	0	26	25	0	7	7	0	9	8	0	5	5	0	3	3	0	0	0
Linéaire Busway-BHNS (km)	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nb Lignes Busway-BHNS	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sur ce premier tableau, on peut immédiatement constater les différences majeures d'évolution des linéaires de modes lourds (métro + tramway) selon les villes. Lyon avait déjà ses 4 lignes de métro en 2000, et celles-ci n'ont connu que des extensions. Les décennies 2000 et 2010 ont a contrario vu l'essor du tramway (à Lyon, Grenoble, Nantes, et Reims) et le développement des lignes fortes de bus dans 5 des 6 villes étudiées. On peut également noter que Cherbourg est la seule des 6 villes à ne posséder ni modes lourds ni bus de type Chronobus. Enfin Toulon est significativement en retrait de Reims et Grenoble, deux villes de taille similaire, puisqu'elle ne possède pas de lignes de tramway, et que son offre de lignes de bus fortes ou Chronobus est beaucoup plus limitée. A noter également que Nantes est la seule ville de cette sélection à posséder un BHNS véritable, puisqu'elle a mis en place deux lignes de Busway, dont les capacités d'emport de passagers (jusqu'à 200 passagers) s'approchent des lignes de tramway.

Evolution 2000-2022 des réseaux « Modes lourds » et « Chronobus »

	2000	2022	2000	2022	2000	2022	2000	2022	2000	2022	2000	2022
	LYON		GRENOBLE		NANTES		REIMS		TOULON		CHERBOURG	
Nb communes desservies par Modes lourds	4	11	5	13	4	7	0	2	0	0	0	0
Linéaire de lignes Modes lourds (km)	26,85	110,15	19,6	47,7	28,5	57,3	0	19,4	0	0	0	0
Superficie desservie par modes lourds (km ²)	88,17	205,12	48,41	126,16	136,66	215,5	0	54,91	0	0	0	0
Nb communes desservies par Chronobus	0	19	0	13	0	9	0	9	0	4	0	0
Linéaire de lignes Chronobus (km)	0	292,7	0	72,6	0	84,8	0	50,3	0	37,3	0	0
Superficie desservie par Chronobus (km ²)	0	233,14	0	137,48	0	199,29	0	109,27	0	93,77	0	0

Evolution de l'offre en Transports en Commun en Site Propre (TCSP) pour les 6 villes étudiées, sur la période 2000-2022.

Viennent ensuite les axes relatifs aux caractéristiques du territoire. Le premier d'entre eux (**axe 4**) a trait à la densité de population. Il s'agit plus précisément de la densité corrigée par le taux d'artificialisation, qui fournit une image plus précise de la densité de population réelle d'un territoire, et facilite les comparaisons entre territoires. D'autre part, la densité corrigée par le taux d'artificialisation permet de mieux mettre en évidence les territoires dans lesquels l'étalement urbain et le mitage de l'espace sont les plus importants. En effet, là où la densité brute s'accroît mécaniquement lorsque la population augmente, la densité corrigée peut tout à fait, lors du même accroissement de population, augmenter ou se réduire selon la surface des sols nouvellement artificialisés.

L'axe 5 constitue un autre indicateur de la diversité d'occupation du sol, lié aux formes urbaines et la typologie des habitats. En effet, pour une même densité de population sur un territoire donné, une proportion plus élevée d'habitats collectifs tend à favoriser la fréquentation des transports en commun, alors qu'une proportion plus importante de maisons individuelles favorisera l'usage accru de la voiture particulière. Les raisons à ce phénomène sont multiples, et tiennent à la fois aux caractéristiques des individus (revenus plus élevés dans l'habitat individuel⁹, taux d'équipement en VP plus important) qu'à des considérations liées à l'aménagement de l'espace et à la disposition des arrêts de TC. Pour la même densité de population, il est en effet plus simple de positionner un seul arrêt de TC à proximité d'un ensemble d'habitats collectifs qu'au sein d'un ensemble de maisons individuelles, notamment pour des raisons d'équité dans l'accessibilité (en temps) à l'arrêt concerné¹⁰.

⁹ L'effet du revenu des ménages sur le choix modal entre VP et TC n'est pas linéaire, ni univoque. Les cadres ayant fait le choix d'habiter en centre-ville des grandes agglomérations, bien desservies en TC, utilisent ces derniers tout autant que les autres catégories de revenus. En revanche, les ménages ayant des revenus importants ont tendance à avoir un taux d'équipement en VP supérieur aux autres ménages, ce qui peut les inciter à utiliser davantage la VP dans leurs déplacements, en particulier lorsque leur choix de localisation résidentielle se porte sur la périphérie des grandes villes.

¹⁰ Des formes urbaines basées sur de l'habitat individuel relativement concentré et de l'habitat collectif de type grands ensembles avec un faible coefficient d'emprise au sol peuvent avoir des densités similaires. Cependant, pour desservir

L'axe 6 donne une dernière indication sur les caractéristiques du territoire, à travers un indicateur fourni par l'INSEE, dénommé « indice de concentration de l'emploi ». Cet indice est le ratio entre le nombre d'emplois sur un territoire et le nombre d'actifs y résidant, fourni une information précieuse sur l'attractivité économique du territoire en question. Or cette attractivité est à l'origine de flux de mobilité qui tendent à favoriser les TC à mesure que l'attractivité augmente, principalement pour des raisons de saturation du réseau routier – si tant est bien sûr que l'offre de TC soit suffisamment déployée pour que le réseau de TC ne soit pas lui-même saturé et assure une performance suffisante, en particulier en termes de temps de parcours relatif vis-à-vis de la voiture.

Les deux indicateurs suivants (**axes 7 et 8**) ont trait à l'offre liée à la VP ou au système automobile en général. Le premier d'entre eux a été nommé « taux d'indépendance automobile ». Il est l'opposé du taux de bi-motorisation des ménages constitué d'au moins deux adultes. En effet, l'INSEE fournit, dans ses enquêtes logement, plusieurs indicateurs du taux d'équipement en VP des ménages. Dans le cadre de cette étude sur le report modal et ses déterminants, l'indicateur de bi-motorisation (ménages possédant au moins 2 VP) est plus intéressant que l'indicateur de motorisation classique (ménages possédant au moins une voiture) car il est davantage sensible à la qualité de l'offre de TC. En effet, les ménages abandonnent plus facilement leur second véhicule lorsqu'ils ont accès à un réseau de transports en commun performant, ce qui rend cet indicateur plus sensible pour comparer des territoires en matière de report modal de la VP vers les TC. Un dernier élément concerne cet indicateur : pour tenir compte de l'hétérogénéité de la distribution des ménages selon leur taille (les familles ont tendance à habiter en périphérie des villes-centres), il est rapporté aux seuls ménages constitués d'au moins deux adultes, et non au nombre total de ménages sur le territoire étudié.

L'axe 8 constitue un indicateur composite, reposant sur un score compris entre 0 et 100, qui a pour objectif de saisir la politique de contrainte sur la voiture particulière, dans trois dimensions principales : le niveau de congestion, l'offre de stationnement et la politique de tarification associée à ce dernier. Cet indicateur permet de mettre en évidence les villes dans lesquelles la politique de contrainte sur la VP a été la plus ambitieuse.

Enfin, **l'axe 9** repose également sur l'attribution d'un score compris entre 0 et 100, dont le but est de rendre compte de la politique d'offre d'autres modes de transport, et notamment du vélo (linéaire de pistes cyclables, offre de vélos en libre-service). Cet indicateur joue lui aussi en faveur du report modal vers les TC car les politiques « vélo » se traduisent davantage par une contrainte croissante sur la voiture que sur les TC (aménagement de la voirie ou d'espaces dédiés au stationnement des vélos).

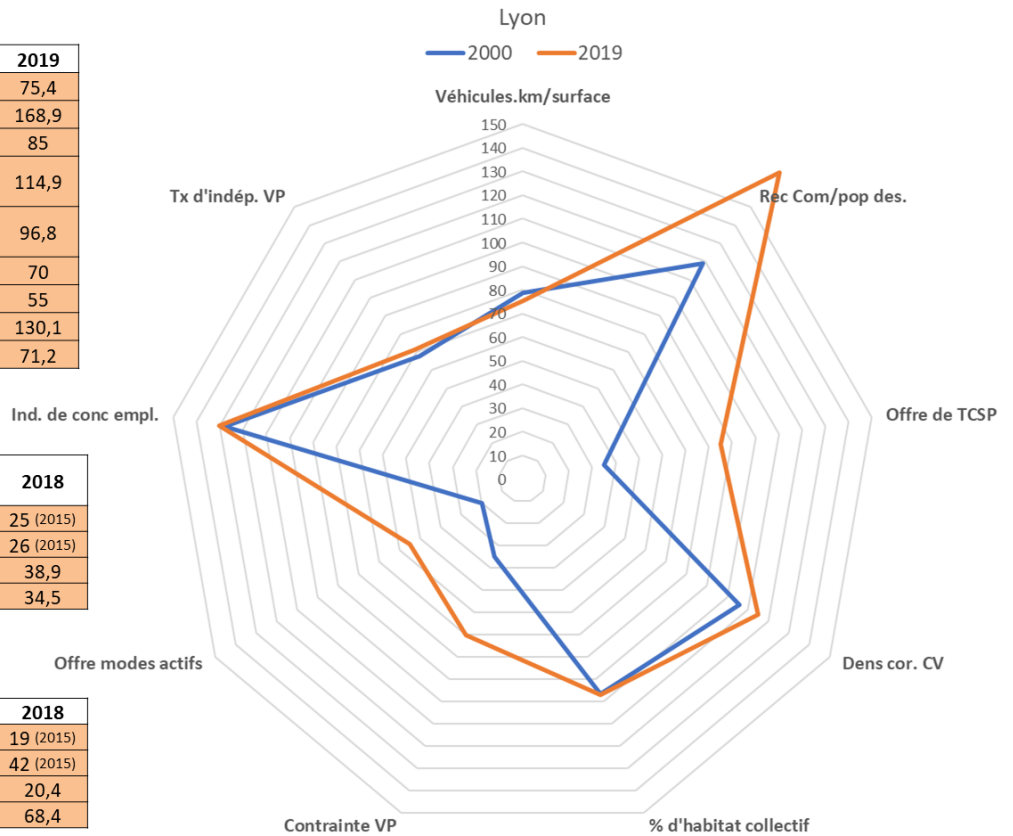
Les radars construits pour les 6 villes de notre sélection sont présentés dans les pages suivantes. Ils permettent de mettre en évidence que dans le cas de Lyon, Grenoble et Nantes, 3 leviers majeurs ont été activés au cours de la période 2000-2019 : l'augmentation de l'offre de TCSP, l'accroissement de la contrainte sur la voiture, et le développement, plus limité et plus récent, d'une offre liée au vélo plus importante.

correctement la population habitant ces formes urbaines, l'habitat collectif nécessitera moins d'arrêts de TC que l'habitat individuel.

	2000	2019
Véhicules.km/km ²	78,8	75,4
Rec Com/hab	118,8	168,9
Offre de TCSP	35	85
Dens cor. CV hab/ha	105,9	114,9
% d'habitat collectif	96,6	96,8
Contrainte VP	35	70
Offre modes actifs	20	55
Ind. de conc empl.	127,9	130,1
Tx d' indép. VP	67,8	71,2

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	15 (1995)	25 (2015)
PM VP (EMD)	44 (1995)	26 (2015)
PM TC (INSEE)	33,0 (2008)	38,9
PM VP (INSEE)	44,3 (2008)	34,5

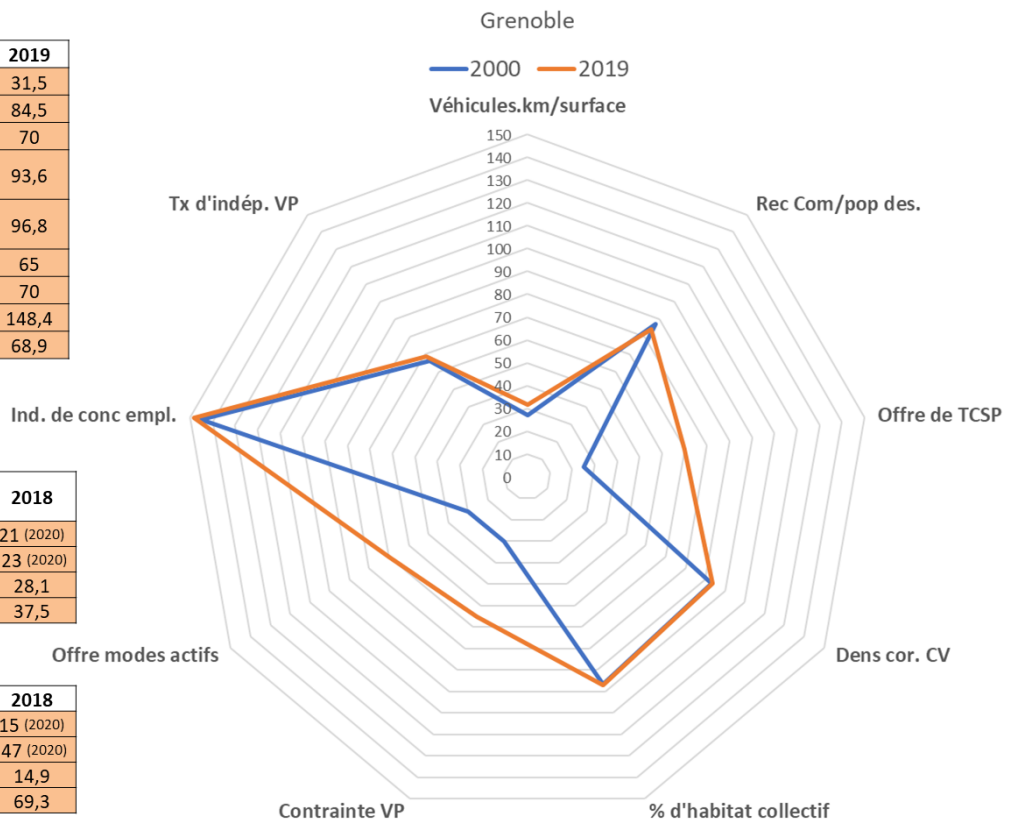
Banlieue	2000	2018
PM TC (EMD)	13 (1995)	19 (2015)
PM VP (EMD)	52 (1995)	42 (2015)
PM TC (INSEE)	16,7 (2008)	20,4
PM VP (INSEE)	71,8 (2008)	68,4



	2000	2019
Véhicules.km/km ²	26,9	31,5
Rec Com/hab	87,4	84,5
Offre de TCSP	25	70
Dens cor. CV hab/ha	93,1	93,6
% d'habitat collectif	96,6	96,8
Contrainte VP	30	65
Offre modes actifs	30	70
Ind. de conc empl.	145,2	148,4
Tx d' indép. VP	66,4	68,9

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	13 (2002)	21 (2020)
PM VP (EMD)	52 (2002)	23 (2020)
PM TC (INSEE)	26,6 (2008)	28,1
PM VP (INSEE)	45,5 (2008)	37,5

Banlieue	2000	2018
PM TC (EMD)	7 (2002)	15 (2020)
PM VP (EMD)	63 (2002)	47 (2020)
PM TC (INSEE)	14,0 (2008)	14,9
PM VP (INSEE)	71,9 (2008)	69,3

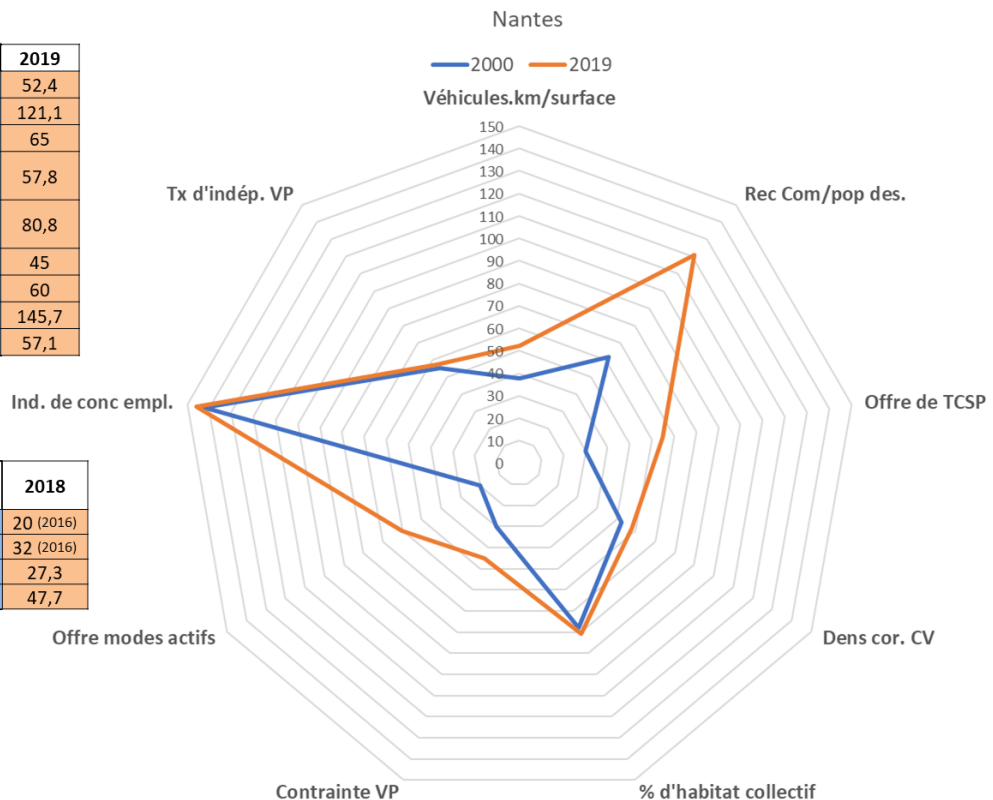


Il est également intéressant de noter que sur la même période, les indicateurs territoriaux de densité de population, de concentration de l'emploi et de pourcentage d'habitat collectif n'ont quasiment pas varié. De même, le taux d'indépendance à la VP, mesuré par la variation du taux de bi-motorisation des ménages, et donc par leur renoncement à une seconde voiture, ne varie que très peu. A l'échelle des métropoles de

Lyon, Grenoble et Nantes, il est difficile de mettre ce phénomène en évidence, alors qu'il est bien visible à l'échelle communale (cf. cartes en annexes). Enfin on peut noter que Lyon et Nantes ont également largement accru leurs recettes commerciales par habitant desservi sur cette période.

	2000	2019
Véhicules.km/km²	37,6	52,4
Rec Com/hab	61,9	121,1
Offre de TCSP	30	65
Dens cor. CV hab/ha	52,5	57,8
% d'habitat collectif	77,9	80,8
Contrainte VP	30	45
Offre modes actifs	20	60
Ind. de conc empl.	142,1	145,7
Tx d'indép. VP	55,1	57,1

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	17 (2002)	20 (2016)
PM VP (EMD)	44 (2002)	32 (2016)
PM TC (INSEE)	24,3 (2008)	27,3
PM VP (INSEE)	57,1 (2008)	47,7

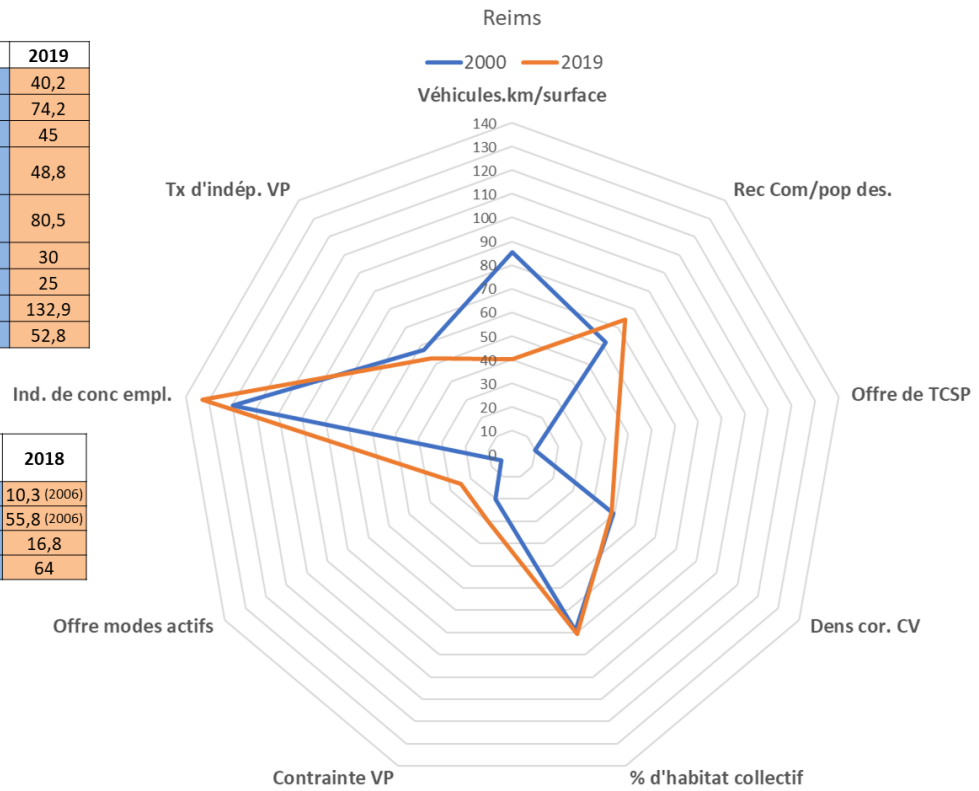


Pour les trois autres villes étudiées (Reims, Toulon et Cherbourg), l'activation de leviers favorables au report modal vers les TC a été moins importante. Reims a mis en place 2 lignes de tramway sur cette période, alors que Toulon demeure, encore aujourd'hui, l'une des rares villes de cette importance n'ayant aucun mode lourd, ni métro, ni tramway, ni busway (BHNS) comme à Nantes. Dans le cas de ces deux villes, on constate également que l'offre de TC produite, rapportée à la surface desservie par le réseau, s'est réduite. Cependant, les chiffres pour Reims doivent être relativisés car le périmètre de la communauté urbaine de Reims s'est fortement accru. Toulon, de son côté, cumule plusieurs difficultés. Elle a notamment vu son indicateur de concentration de l'emploi décroître sur la période, ce qui signifie que son attractivité s'est réduite. Parallèlement, les recettes commerciales du réseau de TC toulonnais se sont également contractées, ce qui suggère une politique tarifaire largement tournée vers la stabilité des prix des tickets et des abonnements. De manière générale, Toulon est, au sein du groupe des villes de cette importance (150 à 200 000 habitants) l'une des villes dans laquelle le potentiel d'amélioration absolu du report modal est le plus important, du fait du faible nombre de leviers activés jusqu'ici.

Enfin, dans le cas de Cherbourg, la période 2000-2019 a été encore plus défavorable au report modal. L'offre de TC par unité de surface a augmenté, mais la densité de population s'est réduite, par le jeu d'un étalement urbain plus important que dans les autres villes étudiées. En conséquence, la dépendance à l'automobile s'est accrue, avec un taux de bi-motorisation qui s'accroît de manière significative sur cette période. Si l'on ajoute à cela une contrainte sur la voiture quasiment inexistante (très faible congestion et faible concurrence des TC et du vélo pour les espaces de voirie), on retrouve la plupart des éléments défavorables au report modal de la VP vers les TC, ce qui explique en grande partie pourquoi Cherbourg est la seule ville de notre sélection ayant vu la part modale des TC se réduire entre 2006 et 2018, au moins dans les déplacements domicile-travail.

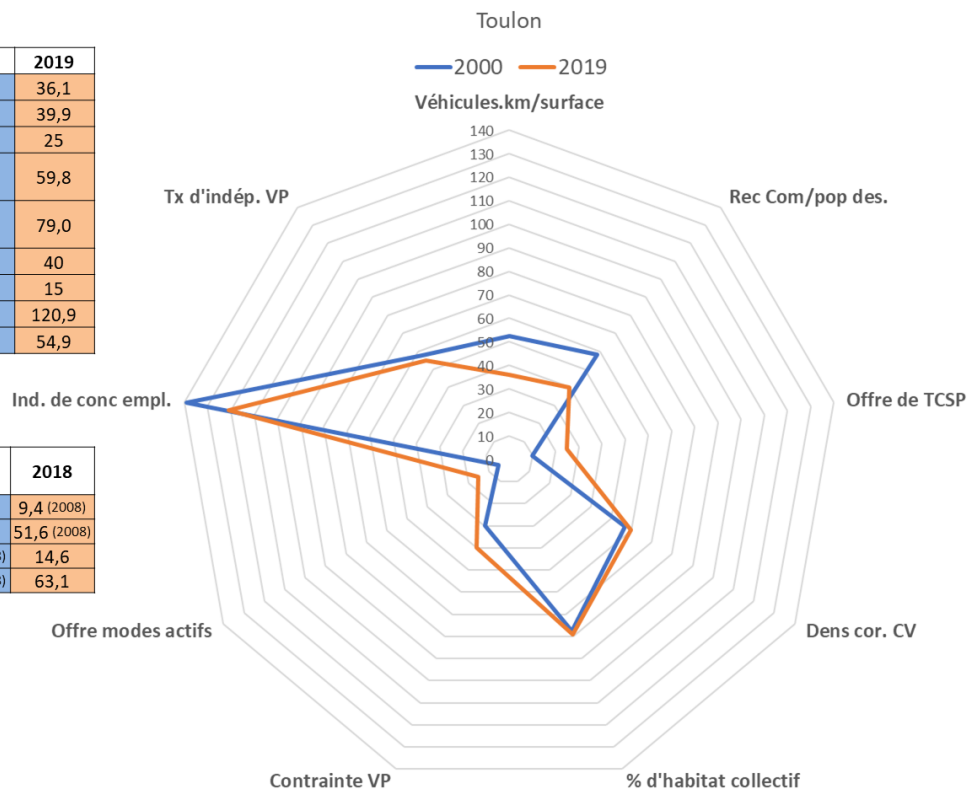
	2000	2019
Véhicules.km/km ²	85,5	40,2
Rec Com/hab	61,8	74,2
Offre de TCSP	10	45
Dens cor. CV hab/ha	49,5	48,8
% d'habitat collectif	79,0	80,5
Contrainte VP	20	30
Offre modes actifs	10	25
Ind. de conc empl.	119,8	132,9
Tx d' indép. VP	57,6	52,8

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	9,8 (1997)	10,3 (2006)
PM VP (EMD)	59,9 (1997)	55,8 (2006)
PM TC (INSEE)	16,5 (2008)	16,8
PM VP (INSEE)	64,9 (2008)	64



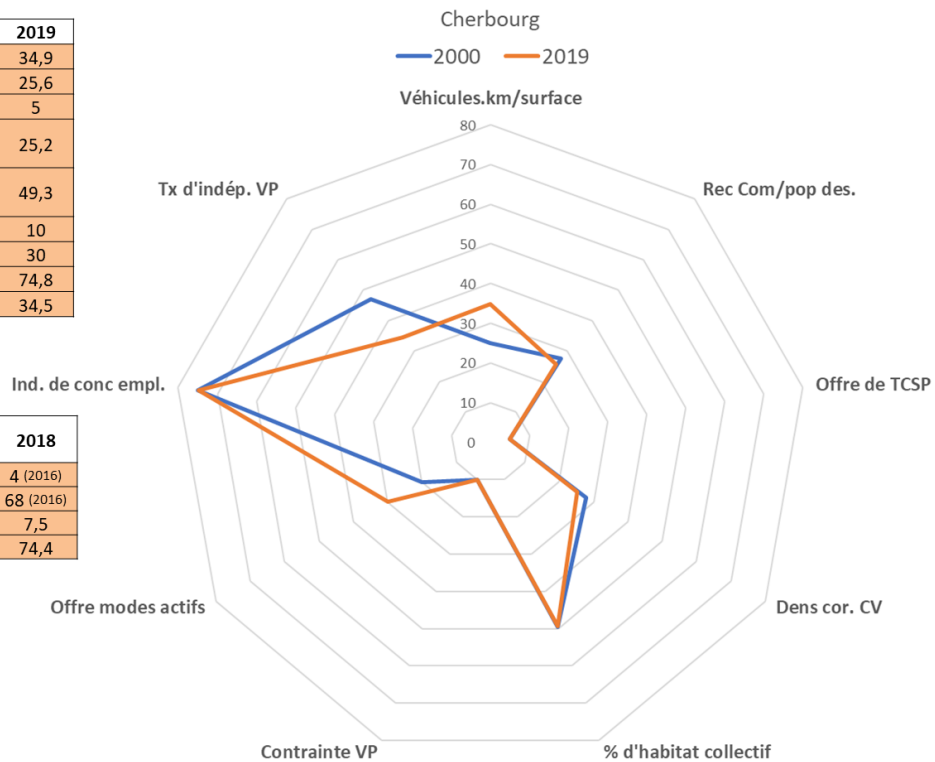
	2000	2019
Véhicules.km/km ²	52,5	36,1
Rec Com/hab	58,1	39,9
Offre de TCSP	10	25
Dens cor. CV hab/ha	57,0	59,8
% d'habitat collectif	77,6	79,0
Contrainte VP	30	40
Offre modes actifs	5	15
Ind. de conc empl.	139,1	120,9
Tx d' indép. VP	57,9	54,9

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	? (1998)	9,4 (2008)
PM VP (EMD)	? (1998)	51,6 (2008)
PM TC (INSEE)	13,6 (2008)	14,6
PM VP (INSEE)	62,2 (2008)	63,1



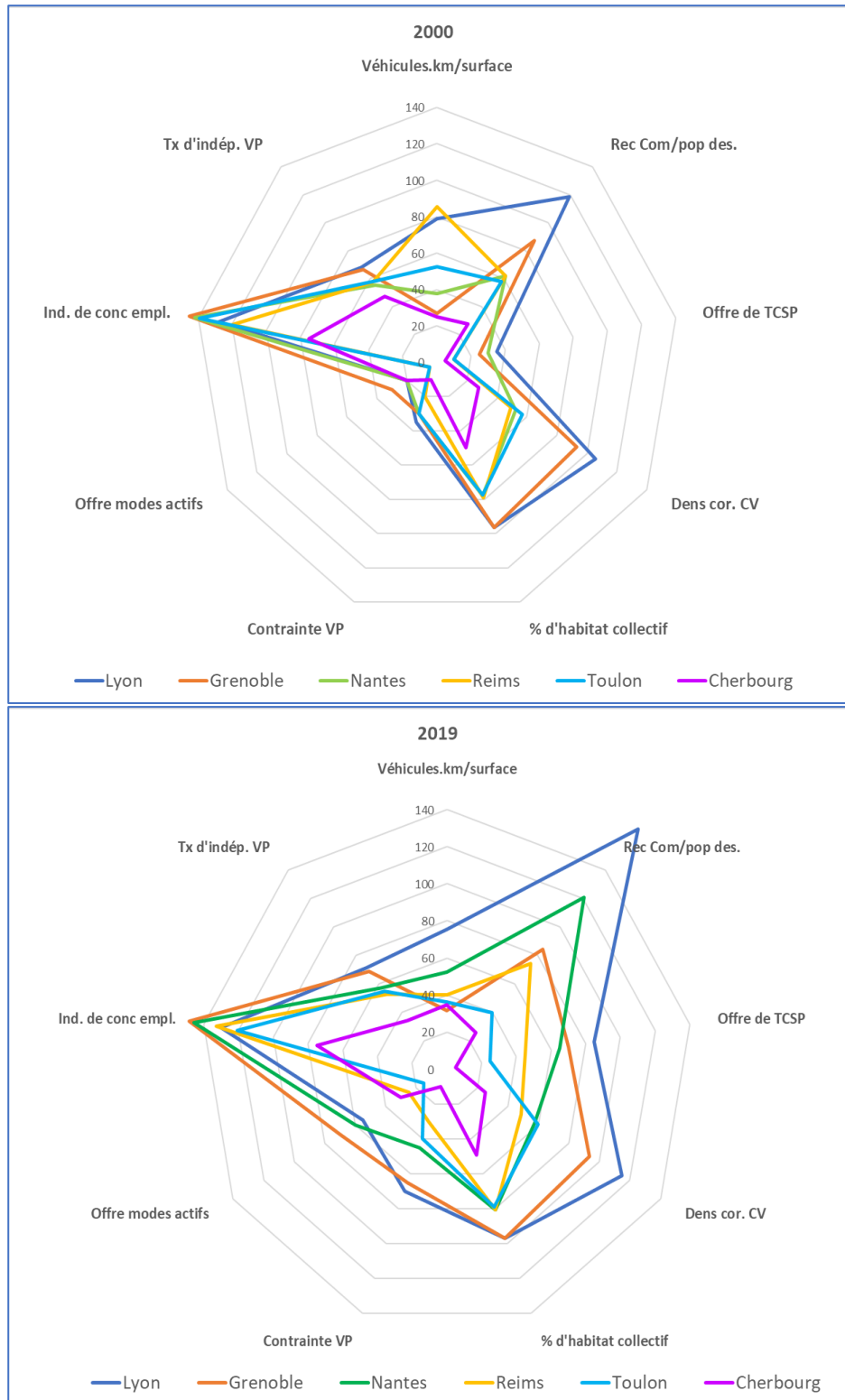
	2000	2019
Véhicules.km/km ²	25,0	34,9
Rec Com/hab	27,6	25,6
Offre de TCSP	5	5
Dens cor. CV hab/ha	27,8	25,2
% d'habitat collectif	49,6	49,3
Contrainte VP	10	10
Offre modes actifs	20	30
Ind. de conc empl.	75	74,8
Tx d' indép. VP	47	34,5

Commune-Centre	2000	2018
PM TC (EMD)	4 (1994)	4 (2016)
PM VP (EMD)	59 (1994)	68 (2016)
PM TC (INSEE)	8,2 (2008)	7,5
PM VP (INSEE)	70,8 (2008)	74,4



B. Synthèse pour les six villes retenues

La superposition des radars de chacune des 6 villes pour les années 2000 et 2019 permet de rendre compte des facteurs qui ont été favorables ou défavorables au report modal sur cette période. De manière tout à fait logique, la surface définie par le score obtenu par chacune de ces villes sur les 9 axes donne une bonne idée de l'aptitude de cette ville à favoriser le report modal de la voiture vers les TC. Sans surprise, on constate que Lyon, Grenoble et Nantes sont les villes qui ont le plus efficacement actionné les leviers du report modal, devant Reims et Toulon, Cherbourg restant largement en retrait des 5 autres villes.



C. Tests économétriques

1. Remarques préliminaires sur le modèle testé et les le séries de données reconstituées

Nous avons choisi de compléter cette analyse sur le report modal en menant une analyse économétrique sur différents réseaux de transports collectifs enquêtés. **L'objectif est ici de tester et d'estimer les variables déterminantes sur la performance de ces transports collectifs, saisie en termes de nombre de voyages réalisés annuellement** sur la base des déplacements en TC. Autrement dit, la variable à expliquer est bien le niveau de fréquentation des transports collectifs selon les villes et non la part modale en transports collectifs ou en voiture particulière ou même la variation de la part modale en transports collectifs ou en voiture particulière dans le temps.

Après avoir présenté le modèle générique testé sur un plan économétrique, nous mentionnerons la question des données et de leur disponibilité qui conditionne le choix des variables à expliquer et celui des variables explicatives.

a) Le modèle générique testé

Le modèle générique que nous testons est de la forme suivante :

$$D_{TC} = \alpha_0 + \alpha_1 Surf + \alpha_2 PopDess + \alpha_3 OVehkmTC + \alpha_4 OfTCS + PrixTC + \varepsilon_i$$

Où

Dtc : Nombre de voyages en TC

α_0 : constante

Surf : surface desservie par les TC

PopDess : Pop desservie par les TC

OVehkmTC : offre de vehicules.km

OfTCS : offre de TC structurants (TCSP et ligne BHNS/chronobus) exprimée en nombre ou km

PrixTC : prix ticket TC unité ou abonnement mensuel TC, en euros 2018

ε_i : résidus

Les variables explicatives testées dans ce modèle sont issues de celles identifiées dans l'état de littérature que nous avons réalisé. Elles ont trait aux caractéristiques de l'espace retenu, à la desserte assurée, au niveau d'offre de transports collectifs et aux prix des transports.

D'autres variables comme, par exemple, l'offre de stationnement, le niveau de congestion, le linéaire de voirie dédié à la voiture particulière, les temps de déplacements VP auraient pu être envisagées dans des tests économétriques si elles étaient disponibles en séries longues pour les villes retenues sur la période 2000-2019. Or, en dépit de relances nombreuses de notre part en direction des réseaux de TC et des directions des agglomérations (Transport, voiries...) retenues, il n'a pas été possible de reconstituer des séries chronologiques sur ces variables envisagées pour toutes ces dernières et sur tous les réseaux.

b) Choix opérés compte tenu des contraintes sur la disponibilité des données

Ce type d'analyse économétrique nécessite de disposer d'un nombre d'observations suffisantes en termes de d'années et/ou de réseaux suivis. Le nombre limité de réseaux de TC retenu initialement, six, ne permet pas d'envisager en l'état des analyses en coupes transversales autrement dit à une date donnée. Il convient en effet que le nombre d'observations soit suffisant et à tout le moins supérieur au nombre de variables explicatives sélectionnées dans le modèle. Nous avons donc retenu, dans le cadre de ce rapport, des analyses en séries chronologiques pour les réseaux pour lesquels les séries de données complètes ont pu être reconstituées sur la période 2000-2019. Les années 2020 et 2021 étant marquées par des variations fortes des données en termes d'offre et de demande TC liées à la crise sanitaire, nous avons retenu l'année 2019 comme borne supérieure de cet intervalle de temps.

En outre, comme indiqué précédemment les enquêtes EMD/EMC² qui estiment les parts modales liées aux déplacements sont réalisées avec une périodicité de l'ordre de 10 ans. Cela signifie que sur les 20 dernières années, nous ne disposons au mieux que de 2 ou 3 points d'observation, nombre insuffisant de points pour réaliser des estimations économétriques.

Les données INSEE de la base Mob Pro ne sont disponibles que sur les années 2008, 2013 et 2018. Là également cette situation nous conduit à ne disposer que de trois points d'observation pour les réseaux sélectionnés, nombre faible de points pour tester des modèles.

2. Les résultats

Nous présentons les commentaires sur les résultats obtenus sur les réseaux de Grenoble et de Toulon où nous avons le plus d'observations sur les variables en séries chronologiques. Le détail des résultats est fourni en annexe 4.

Sur ces deux réseaux, plusieurs commentaires peuvent être faits sur les résultats obtenus :

Grenoble

- **Les différents modèles testés sont tous très explicatifs avec des rapports de corrélation (R^2)¹¹ supérieurs à 0,95, qui traduisent le fort pouvoir explicatif des modèles avec les variables retenues.**
- Ces variables testées sont non seulement significatives mais leur signe est conforme à ce que l'analyse économique et la littérature identifient.
- Ainsi, **en est-il de variables ayant trait à l'offre de transports collectifs**. La croissance des véhicules.km TC contribue positivement à la croissance de la demande TC. Exprimée en termes d'élasticités, une croissance de 1 point du nombre de veh.km induit une croissance de 3,6 points du nombre de voyages. De même, une augmentation d'une ligne de TC structurante induit une croissance de 2,6 millions de voyages annuels.
- D'autres variables comme la surface, la population desservie, et du prix du tickets à l'unité ou le prix de l'abonnement en euros constants 2018 sont moins voire non significatives du point de vue statistique.

Toulon

- **Les différents modèles testés sont également tous très explicatifs avec des rapports de corrélation (R^2) supérieurs à 0,95, qui traduisent le fort pouvoir explicatif des modèles avec les variables retenues.**
- Ces variables diffèrent de celles observées comme explicatives dans le cas de Grenoble. Il convient de noter que dans le cas de Toulon la collectivité a mis un accent très significatif sur la desserte et l'accessibilité avec un nombre d'arrêt de TC de 2100 sans doublons. La métropole de Toulon en dépit de sa taille ne compte pas à proprement parler de TCSP mais des lignes de TC sous forme de bus dont la fréquence est inférieure à 10 minutes pour certaines d'entre elles.
- La surface impacte défavorablement le nombre de voyage réalisés tout comme le prix du ticket unitaire. Ces deux variables sont significatives dans le cas de Toulon. Leur impact défavorable sur les voyages en TC, saisi avec un signe négatif dans le cas du modèle, est conforme à ce que la littérature identifie quand elles sont significatives. Au niveau du nombre de voyages à l'échelle

¹¹ Ces R^2 varient entre 0 et 1. Plus le R^2 est faible, moins le modèle testé est explicatif ; plus il tend vers 1, meilleur est son pouvoir explicatif.

macroscopique du réseau, l'impact du prix du ticket en euros constants 2018 est, tout comme l'élasticité prix de la demande négative à l'échelle individuelle, négatif. Ainsi, une croissance d'un euro du ticket unitaire conduit, toutes choses égales par ailleurs, à une baisse de 23,5 millions de voyages.

- Pour la surface, la dispersion de l'habitat est synonyme d'une baisse de demande de déplacements en TC. La densité est la variable sous-jacente dans cette situation. A mesure que cette dernière croît la fréquentation des TC s'accroît comme cela est pointé dans les analyses en coupes transversales mentionnées au début de cette note. A contrario, une baisse des densités joue défavorablement sur la fréquentation ou sur les parts modales des TC.
- le nombre de lignes structurantes qui dans le cas de Toulon renvoie aux lignes de bus ayant une fréquence inférieure à 10 minutes devient fortement significatives. Un accroissement de leur nombre d'une unité induit une croissance, toutes choses égales par ailleurs, du nombre de voyages de 1,8 million par an en moyenne.

Au terme de ces analyses économétriques menées sur certains réseaux, plusieurs conclusions peuvent être faites :

- Les **modèles avec les variables retenues ont un fort pouvoir explicatif** avec des rapports de corrélation supérieur dans la plupart des cas à 0,90.
- Les variables ayant trait à **l'offre de TC saisie en termes de véhicules.km, de nombre de lignes de TC structurantes ou de km pour ces dernières** sont très significatives dans l'explication du nombre de voyages de TC sur la période 2000-2019.
- Les **variables prix des TC génèrent des effets à une échelle macroscopique des réseaux conformes à celles des élasticités prix demande à l'échelle des individus**, quand elles sont significatives dans les modèles testés.
- La moindre significativité **de ces variables prix dans les modèles testés relativement aux variables d'offres peut être interprétée comme l'importance de ces dernières relativement aux premières. L'effort serait à porter prioritairement sur l'amélioration de l'offre, la desserte, la fréquence plus que la baisse des prix des TC en moyenne¹².**
- Les variables ayant trait l'espace (surface) ont un impact moins net que les premières (offre de TC) et les secondes (prix).
- Enfin ces modèles testés sur des villes sur la base de variables en séries chronologiques longues pourront être testées sur d'autres villes quand nous aurons reçu les variables de ces mêmes séries longues.
- En complément de ces traitements en séries chronologiques nous mènerons des analyses en coupes transversales sur un plus grand nombre de villes pour une date donnée et en données de panels combinant coupes transversales et séries chronologiques.

¹² Cela ne signifie pas que les questions de tarification sociale ou solidaire ne se posent pas pour certaines catégories sociales de population.

D. Recommandations et Perspectives

Au terme de ces analyses menées sur différentes villes avec des démarches d'entretiens avec les responsables de ces réseaux et des directions des agglomérations, de représentations graphiques synthétiques et de méthodes quantitatives et notamment économétriques, plusieurs conclusions peuvent être réalisées sur la question de la fréquentation des transports collectifs et du report modal notamment VP/TC

Parmi les 6 villes étudiées lors de la seconde phase, on peut distinguer 3 groupes :

- Un premier groupe de villes ayant activé le plus de leviers sur les 20 dernières années :
 - **Lyon** : Offre de TCSP en forte croissance (Métro/Tram/Chronobus), réorganisation du réseau, politique de contrainte sur la VP (Tram, stationnement et vélo), aidée par sa densité et l'attractivité de son territoire (+1000 hab./km² sur 2008-2018).
 - **Grenoble** : Offre de TCSP en croissance importante (Tram et Chronobus), réorganisation du réseau, politique de contrainte sur la VP (vélo, tram et stationnement), stagnation de la densité.
 - **Nantes** : Offre TCSP en croissance (Tram, Busway et Chronobus), politique de contrainte sur la VP (Busway et vélo plutôt que Tram et stationnement), réorganisation du réseau.
- Un groupe de deux villes intermédiaires :
 - **Reims** : Offre de TC s'est accrue avec deux lignes de Tram et 5 Lignes fortes de bus, mais reste bien en retrait de ce qui s'est fait à Grenoble par exemple ; contrainte sur la VP modérée (Tram, mais moins d'infrastructures vélo et pas de politique de stationnement très contraignante).
 - **Toulon** : elle reste la seule ville de cette importance sans mode lourd, avec une offre TC davantage axée sur l'accessibilité (nb d'arrêts/km de réseau) que sur l'optimisation du réseau par l'augmentation de la fréquence et de la vitesse commerciale, son nombre de lignes à fréquence élevée est moins plus limité, et il n'y a pas de véritable contrainte sur la voiture (volume et prix du stationnement).
- Enfin la ville la moins favorable au report modal :
 - **Cherbourg** : c'est la ville la plus petite de notre sélection, la moins dense et la moins peuplée, son offre de TC est centrée sur le bus, mais sans véritable politique d'optimisation du réseau avant 2021, aucune véritable contrainte sur la VP jusqu'ici, et congestion très modérée. La densité y est faible, et la dépendance automobile très forte, et ce d'autant plus à mesure qu'on s'éloigne du centre-ville de Cherbourg.

De manière générale, il apparaît clairement que plusieurs leviers, combinés simultanément, permettent d'améliorer le report modal de la voiture vers les TC :

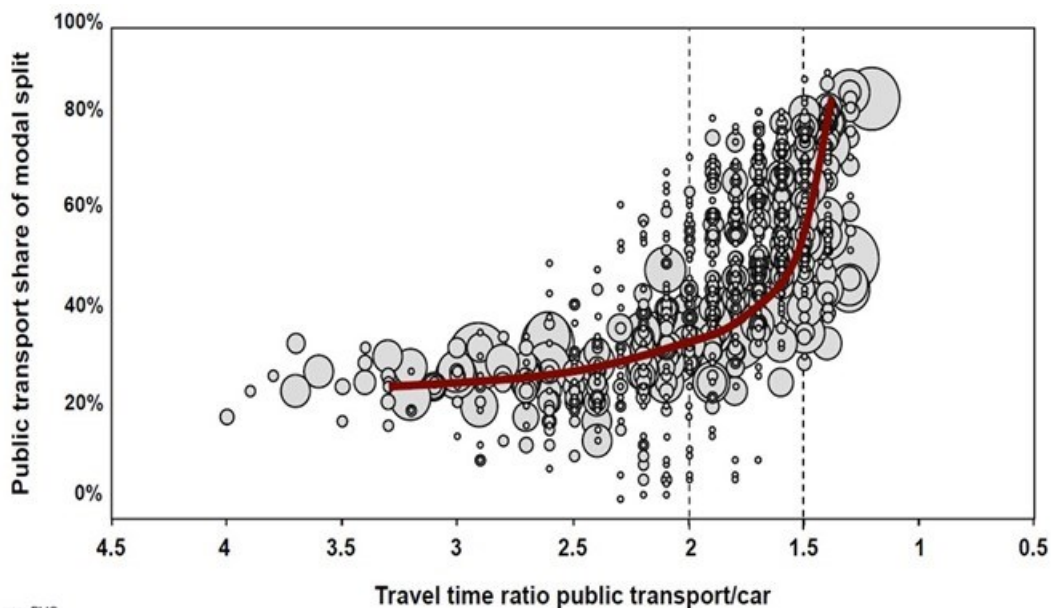
- Améliorer l'offre de TC :
 - En rationalisant l'offre existante, à budget constant (localisation des arrêts, optimisation des fréquences, redéploiement des véhicules sur les lignes les plus empruntées).
 - En mettant en place des BHNS, si possible avec des véhicules moins polluants.
 - En améliorant la tarification, par le biais d'une gamme tarifaire élargie pour aller chercher le maximum de profils d'usagers.

- Mettre en place une politique de contrainte sur la VP
 - En réduisant la voirie dédiée à la VP, par le développement des TC en surface et d'autres modes alternatifs (vélo).
 - En limitant l'offre de stationnement en surface et en augmentant les tarifs du stationnement.
 - Plus ambitieux encore : péage urbain, taxes sur le poids, la taille ou la puissance des véhicules.
- Actionner des leviers ayant trait à l'aménagement et l'urbanisme
 - En recherchant la densification le long des lignes structurantes de TC.
 - En limitant l'offre de stationnement dans le parc de logements privés.

	Toulon	Grenoble	Reims	Lyon	Nantes	Cherbourg
Nb Arrêts de Bus	2207	1356	684	4130	1100	407
Nb de Lignes	49	45	18	153	57	18
Nb communes desservies	12	49	11	73	24	48
Surface desservie (km²)	366	546	120	746	523	802
Longueur réseau Bus	631	481	180	2500	653	?
Nb d'arrêts par km²	6,0	2,5	5,7	5,5	2,1	0,5
Nb d'arrêts par km de réseau	3,5	2,8	3,8	1,7	1,7	?

Nombre d'arrêts de bus par km² et par km de réseau dans les 6 villes étudiées.

Le tableau ci-dessus permet de mettre en évidence l'arbitrage qu'il peut exister, ici à l'échelle de réseaux entiers, entre la densité d'arrêts (rapportée à la surface ou au km de réseau) – donc l'accessibilité aux réseaux – et d'autres paramètres comme la vitesse commerciale ou la fréquence de passage des bus. C'est l'un des enjeux majeurs quand on raisonne en termes de performance et d'efficacité des réseaux de transports en commun. En effet, pour un même nombre de bus et de conducteurs, on peut avoir des différences notables dans la manière d'utiliser ces ressources. On peut ainsi constater qu'en la matière, le nombre d'arrêts par km de réseau de bus est le plus faible à Lyon et Nantes (1,7 arrêt/km), et le plus élevé à Reims (3,8) et Toulon (3,5), Grenoble occupant une position intermédiaire entre ces deux groupes de villes, avec 2,8 arrêts/km.



Source : Reinhold, 2008, More passengers and reduced costs – The optimization of the Berlin Public Transport Network, Journal of Public Transportation, vol. 11 n°3, pp. 57-76

L'étude plus fine des leviers d'amélioration de la performance relative des TC vis-à-vis de la voiture, à l'échelle des réseaux mais aussi des lignes, de la performance des réseaux, est sans doute l'une piste à explorer en priorité dans la suite de notre collaboration. Les travaux de Reinhold (2008), dont l'une des figures est présentée ci-dessus, montre en effet qu'il existe un point d'inflexion dans le « décollage » de la part modale des transports en commun, à partir du moment où le temps de parcours en TC atteint 1,5 à 1,7 fois le temps de parcours en voiture.

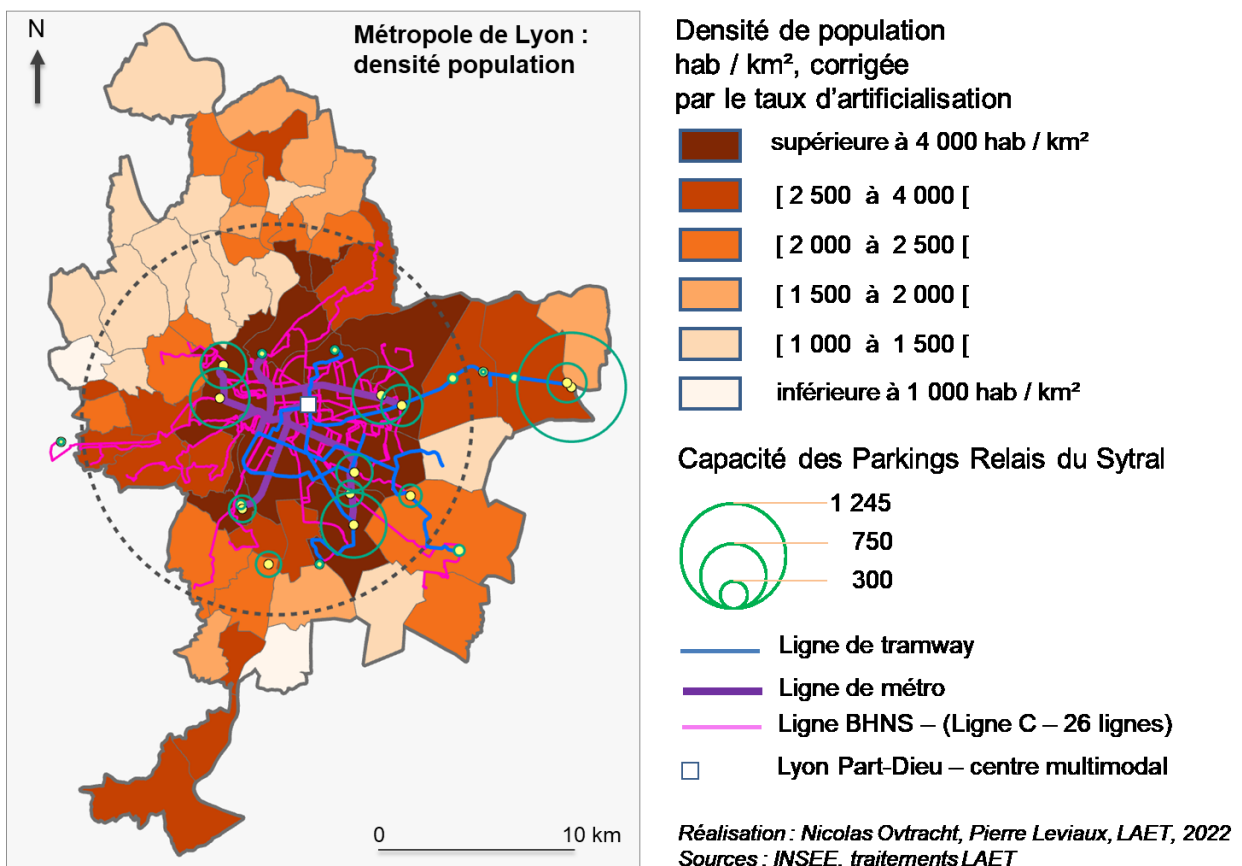
Le report modal constitue d'autre part l'un des leviers majeurs de la stratégie de décarbonation de la mobilité dans nos sociétés. Dans un contexte de contrainte budgétaire croissante, la recherche des solutions les plus économiques et les plus vertueuses sur le plan environnemental sera probablement au centre des préoccupations des décideurs publics dans les prochaines années. Il est donc urgent de pouvoir se doter d'instruments visant à éclairer les choix publics en matière d'infrastructures de transport, de choix de flottes de véhicules ou de solutions retenues pour favoriser le report modal. La suite de la collaboration entre Transdev et le LAET intégrera donc des outils d'évaluation environnementale, telle que l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) ou le Bilan Carbone. Il est en effet probable que la communication environnementale sur la mobilité devienne un levier significatif du report modal de la voiture particulière vers d'autres modes, dont les TC, dans les années à venir.

Annexe 1 : Densité et réseaux de TC

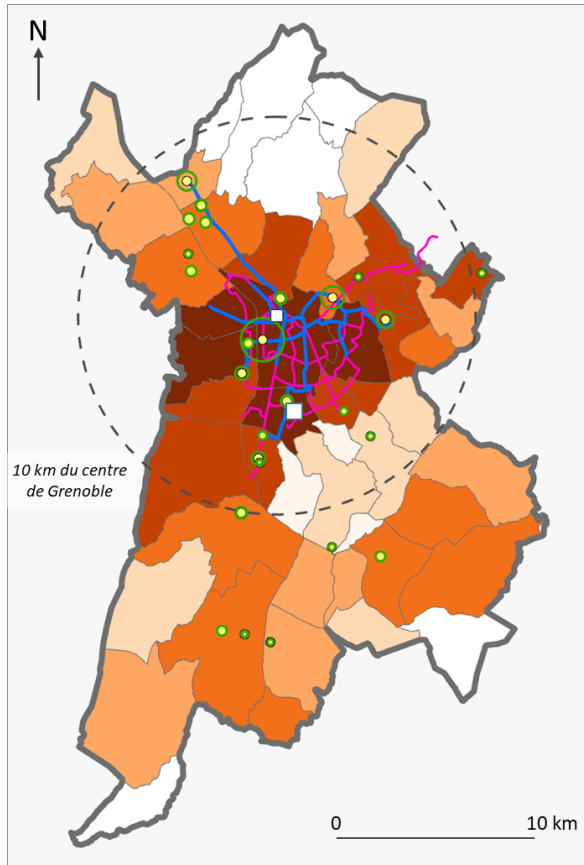
Les trois cartes de cette annexe représentent la localisation des lignes de TCSP (Métro, Tramway et Chronobus ou Lignes Fortes de Bus) pour les trois métropoles les plus peuplées de notre sélection (Lyon, Nantes et Grenoble).

Pour ces 3 villes, on constate aisément l'importance du lien entre la densité de population et le tracé des lignes de TC.

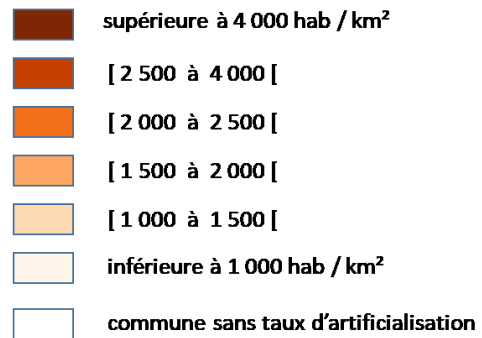
Les modes lourds sont concentrés dans les zones où la densité de population est la plus forte, conformément à ce qu'énonce la littérature académique, pour des raisons évidentes de rentabilité du déploiement d'une offre de TC performante. De manière similaire, les lignes de type Chronobus ou autres lignes fortes sont également déployées en priorité dans les zones les plus densément habitées.



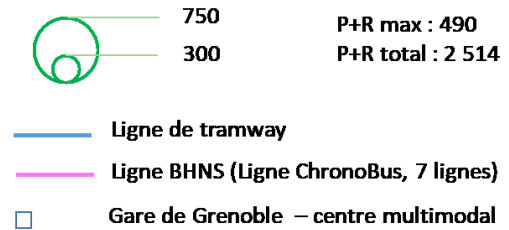
Métropole de Grenoble : densité population



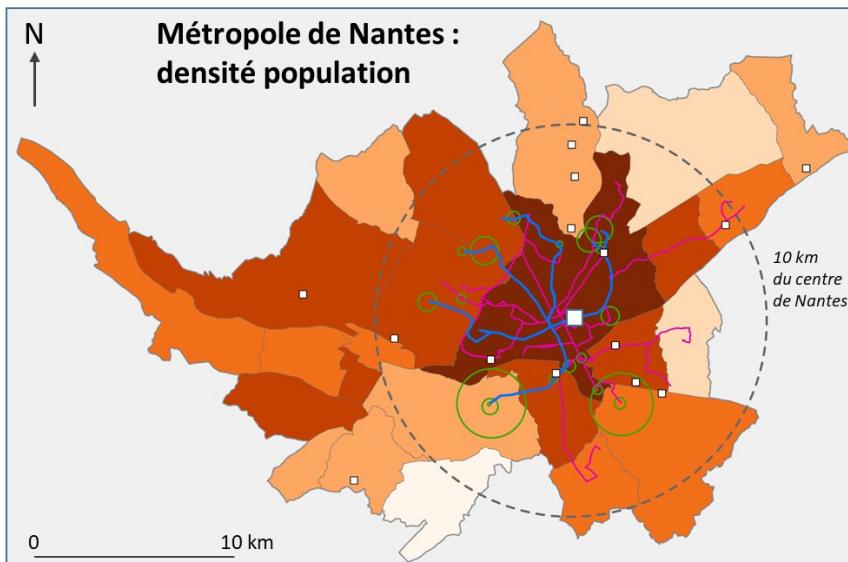
Densité de population
hab / km², corrigée
par le taux d'artificialisation



Capacité des Parkings Relais

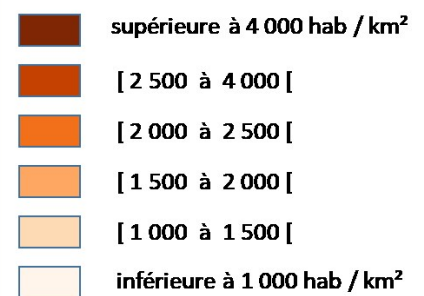


Réalisation : Nicolas Ovtracht, Pierre Leviaux, LAET, 2022
 Sources : INSEE 2018, traitements LAET

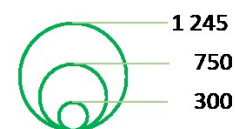


Métropole de Nantes : densité population

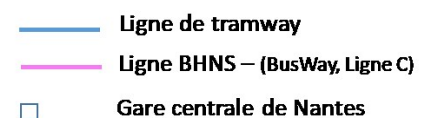
Densité de population
hab / km², corrigée
par le taux d'artificialisation



Capacité des Parkings Relais



P+R max : 685
 P+R total : 3 300

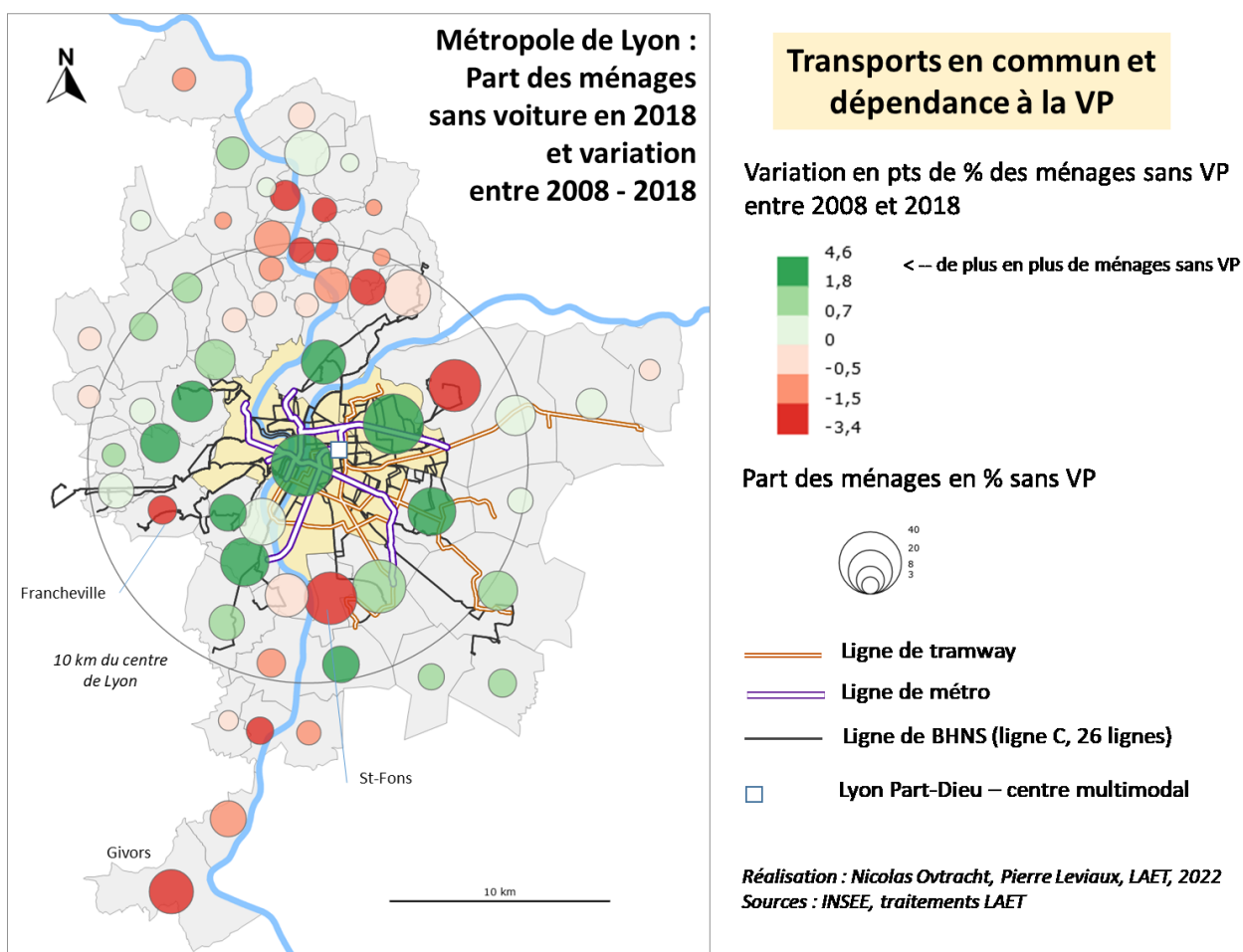


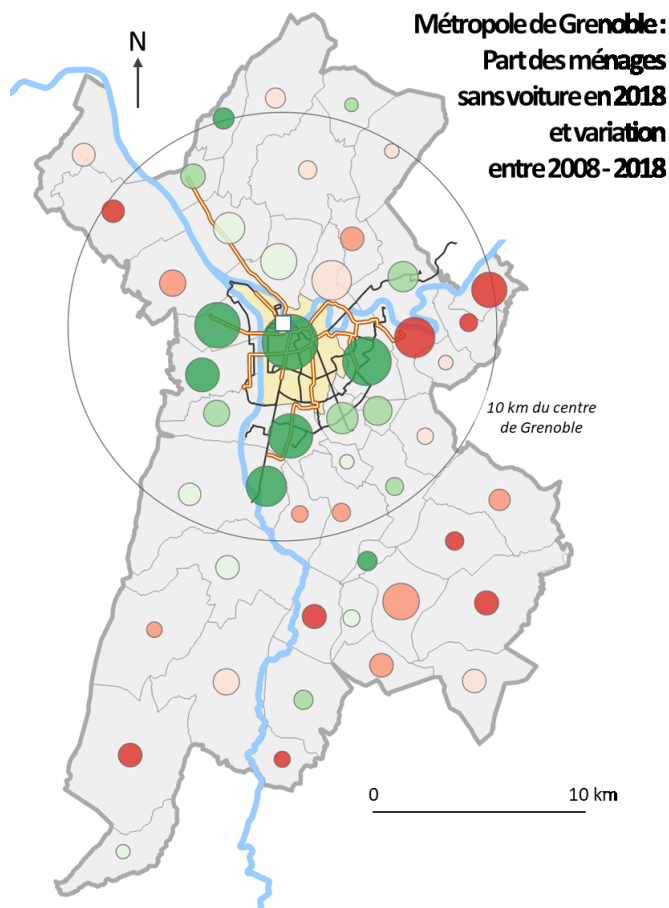
Annexe 2 : Réseaux de TC et dépendance à la VP

Les trois cartes de cette annexe représentent le lien entre le tracé du réseau de transports en commun (modes lourds + lignes fortes de bus) et la proportion des ménages sans voiture particulière (taille des cercles) ainsi que l'évolution historique de celle-ci sur la période 2008-2018 (couleur des cercles), pour les métropoles de Lyon, Grenoble et Nantes.

Pour ces 3 villes, on peut ainsi noter que la part des ménages ne possédant pas de voiture est la plus faible dans les zones les plus éloignées du réseau de TC. En effet, les cercles les plus gros se concentrent au centre de la métropole, où le réseau de TC est le plus dense et le plus performant. A l'inverse, on retrouve les plus petits cercles dans les zones les plus périphériques, ou celles qui sont mal desservies par le réseau de TC.

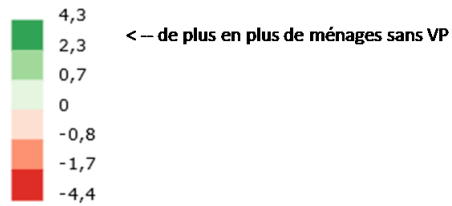
Parallèlement, on constate également que ce sont les communes bien desservies par les TC dans lesquelles les ménages renoncent le plus facilement à la possession d'une voiture (au centre, en vert), alors que les communes en périphérie plus lointaine le taux de motorisation des ménages augmenter (en rouge).





Transports en commun et dépendance à la VP

Variation en pts de % des ménages sans VP entre 2008 et 2018



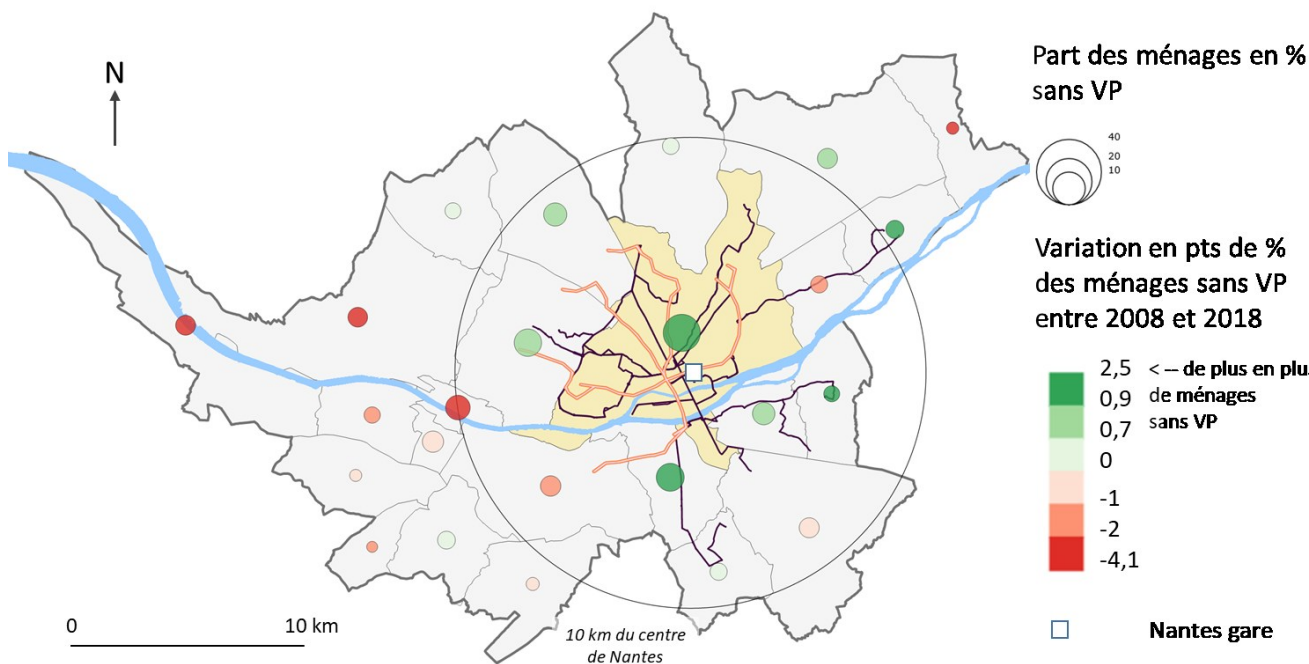
Part des ménages en % sans VP



- Ligne de tramway
- Ligne de BHNS (lignes ChronoBus, 7 lignes)
- Grenoble gare – centre multimodal

Réalisation : Nicolas Ovtracht, Pierre Leviaux, LAET, 2022
Sources : INSEE, Traitements LAET

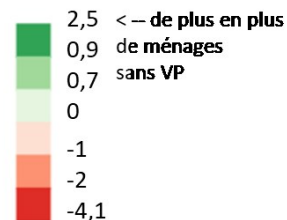
Transports en commun et dépendance à la VP



Part des ménages en % sans VP



Variation en pts de % des ménages sans VP entre 2008 et 2018



Nantes gare

- Ligne de tramway
- Ligne de BHNS (lignes ChronoBus, 7 lignes)

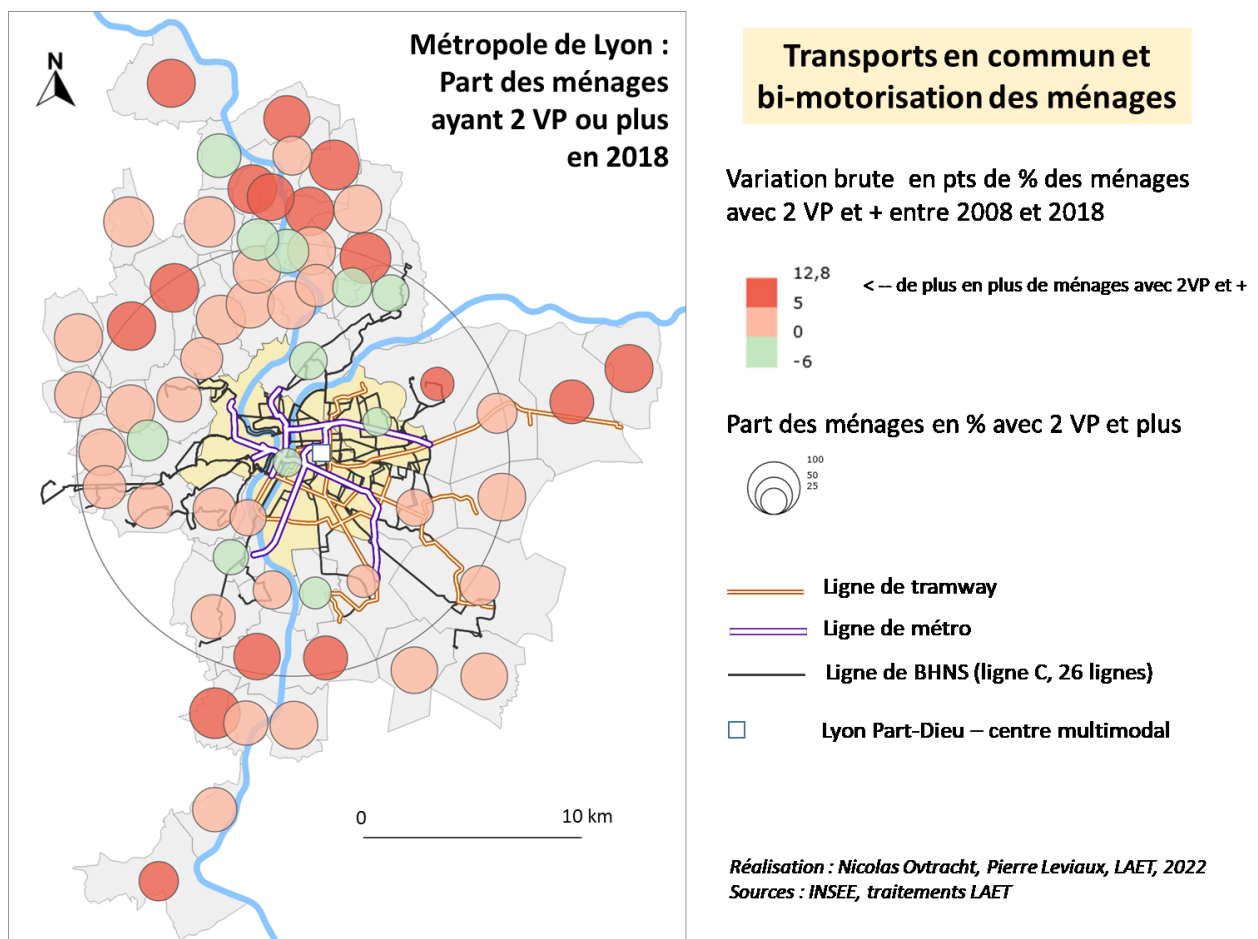
Réalisation : Nicolas Ovtracht, Pierre Leviaux, LAET, 2022
Sources : INSEE, Traitements LAET

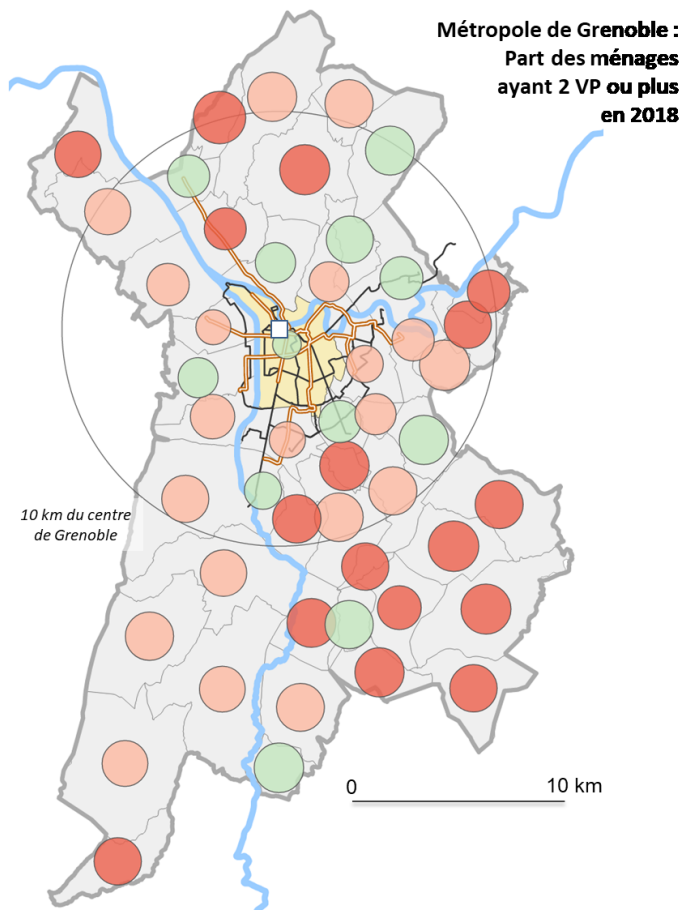
Annexe 3 : Réseaux de TC et bi-motorisation des ménages

Les trois cartes de cette annexe représentent un autre aspect du lien entre le tracé du réseau de transports en commun (modes lourds + lignes fortes de bus) et la motorisation des ménages. On s'intéresse cette fois-ci à la proportion des ménages bi-motorisés (taille des cercles) ainsi que l'évolution historique de celle-ci sur la période 2008-2018 (couleur des cercles), pour les métropoles de Lyon, Grenoble et Nantes.

Pour ces 3 villes, on peut ainsi noter que la part des ménages bi-motorisés est la plus faible dans les zones les mieux desservies par réseau de TC. En effet, les cercles les plus petits se concentrent au centre de la métropole, où le réseau de TC est le plus dense et le plus performant. A l'inverse, on retrouve les plus gros cercles dans les zones les plus périphériques, ou celles qui sont mal desservies par le réseau de TC.

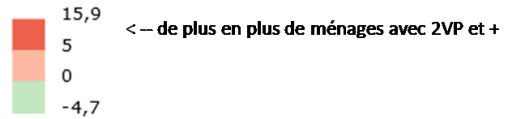
Parallèlement, on constate également que ce sont les communes bien desservies par les TC dans lesquelles les ménages renoncent le plus facilement à la possession de la seconde voiture (au centre, en vert), alors que les communes en périphérie plus lointaine la bi-motorisation des ménages augmenter, parfois de manière très significative (en rouge).





Transports en commun et bi-motorisation des ménages

Variation brute en pts de % des ménages avec 2 VP et + entre 2008 et 2018



Part des ménages en % avec 2 VP et plus



— Ligne de tramway

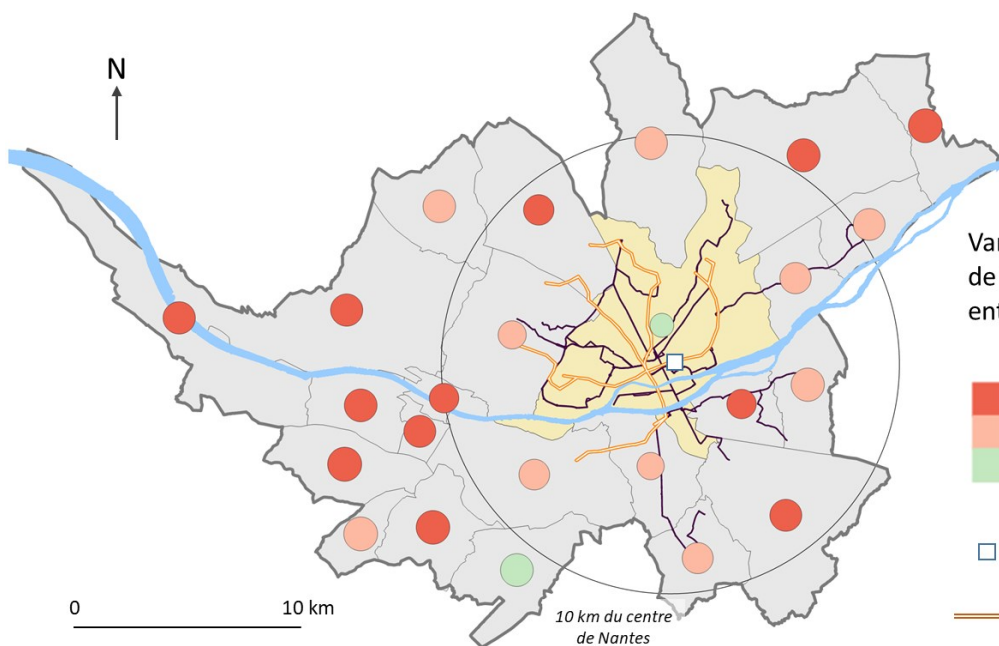
— Ligne de BHNS (lignes ChronoBus, 7 lignes)

□ Grenoble Gare – centre multimodal

Réalisation : Nicolas Ovtracht, Pierre Leviaux, LAET, 2022
Sources : INSEE, traitements LAET

Métropole de Nantes : Part des ménages ayant 2 VP ou plus et variation entre 2008-2018

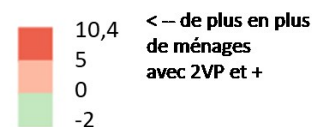
Transports en commun et bi-motorisation des ménages



Part des ménages en % avec 2 VP et plus



Variation brute en pts de % des ménages sans VP entre 2008 et 2018



□ Nantes gare

— Ligne de tramway

— Ligne de BHNS (lignes ChronoBus, 7 lignes)

Réalisation : Nicolas Ovtracht, Pierre Leviaux, LAET, 2022
Sources : INSEE, Traitements LAET

Annexe 4 : Détails des résultats économétriques

Grenoble

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Grenoble 2000-2019 (Modèle 1)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	- 82 497 039,5	- 2,8	0,01323759	**
Surface	87 586,0	1,1	0,29431366	
Population desservie	57,3	1,1	0,31021553	
Veh.km	3,6	3,9	0,00150595	***
Nbre de lignes de TCSP	2 621 753,0	2,3	0,03849105	**
Prix ticket unitaire 2018	14 192 982,4	0,9	0,40300872	

R² = 0,94

Ce premier modèle testé appelle plusieurs commentaires :

- Le rapport de corrélation R² compris entre 0 et 1 est très élevé avec une valeur de 0,94, signe que le modèle retenu explique 94% de la variance totale
- Certaines variables sont très significatives au regard de la Statistique t et des probabilités associés à l'hypothèse nulle. Elles ont ainsi une statistique t différente de 1,96 et des probabilités très faibles inférieures à 0,05%. Ainsi est-il des deux variables d'offre TC, les véhicules.km TC et le nombre de lignes de TC structurantes (TCSP, BHNS, Chronobus...).
- Ces variables sont non seulement significatives mais leur signe est conforme à ce que l'analyse économique et la littérature identifient. La croissance des véhicules.km TC contribue positivement à la croissance de la demande TC. Une croissance de 1 point du nombre de veh.km induit une croissance de 3,6 points du nombre de voyages. De même, une augmentation d'une ligne de TC structurante induit une croissance de 2,6 millions de voyages annuels.
- D'autres variables sont moins voire non significatives du point de vue statistique. Cela signifie qu'elles interviennent peu ou pas au titre la variance expliquée dans la variance totale. Ainsi en est-il de la surface, de la population desservie, et du prix du tickets à l'unité en euros constants 2018. Quand elles sont significatives dans les modèles testés, il est souvent noté qu'elles sont associées à un signe négatif qu'il est possible d'interpréter comme un effet défavorable sur la variable à expliquer du nombre de déplacements en TC.

Pour évaluer l'impact potentiel du prix des TC sur le nombre de voyages nous avons fait le choix de remplacer la variable Prix du ticket à l'unité en euros constant par la variable Prix de l'abonnement mensuel plein tarif en euros constants 2018.

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Grenoble 2000-2019 (Modèle 2)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	- 54 057 160,99	1,91	0,07669327	*
Surface	70 825,97	0,98	0,34603447	
Population desservie	- 1,83	0,03	0,97314141	
Veh.km	3,60	4,29	0,00074736	***
Nbre de lignes de TCSP	3 055 162,86	3,13	0,00743029	***
Prix abonnement 2018	494 457,86	1,45	0,16843646	

R = 0,95

Ce deuxième modèle testé appelle plusieurs commentaires :

- Le rapport de corrélation R^2 compris entre 0 et 1 est très élevé avec une valeur de 0,95, signe que le modèle retenu explique 95% de la variance totale
- Les variables très significatives au regard de la Statistique t et des probabilités associés à l'hypothèse nulle sont les mêmes que dans le modèle 1)à savoir les deux variables d'offre TC, les véhicules.km TC et le nombre de lignes de TC structurantes (TCSP, BHNS, Chronobus...).
- Le prix des abonnements mensuels plein tarifs en euros constants 2018 n'est guère plus significatifs pour comprendre le niveau de voyages réalisés annuellement dans le modèle testé que ne l'était le prix du ticket à l'unité en euros constants 2018.

Pour affiner l'évaluation de l'impact des lignes structurantes de TC, nous avons reconstitué non seulement leur nombre comme précédemment sur la base de leur chronologie mais également les kilomètres correspondants.

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Grenoble 2000-2019 (Modèle 3)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	- 145 672 479,2	- 4,29	0,00075193	***
Surface	86 208,9	0,91	0,37800124	
Population desservie	132,7	1,90	0,07857011	*
Veh.km	4,6	4,81	0,00027566	***
Km de lignes structurantes	- 15 806,0	- 0,34	0,74040283	
Prix ticket unitaire 2018	32 155 896,7	1,86	0,08348848	*

$R^2 = 0,92$

Ce troisième modèle testé appelle plusieurs commentaires :

- Le rapport de corrélation R^2 compris entre 0 et 1 est très élevé avec une valeur de 0,92, signe que le modèle retenu explique 92% de la variance totale
- L'offre mesurée en veh.km est très significative dans le modèle testé. A contrario l'introduction du nombre de km de lignes TC structurantes ne l'est plus. Cela ne signifie pas que ces lignes n'impactent pas le nombre de voyageurs mais leur effet est probablement capté par la variable veh.km liée à la colinéarité des deux variables.
- Les autres variables comme celle relatives au prix des tickets, à la surface et la population desservie sont toujours peu voire pas significatives.

L'introduction de la seule variable Km de lignes de TC structurantes, sans la variable Veh.km TC et en conservant celles ayant trait au prix du ticket à l'unité, la surface et la population conduit à des résultats d'estimation moins bons tant sur le plan du modèle général que de la significativité des variables. Le R^2 est notablement plus faible (Modèle 4). Il est donc possible de considérer que l'impact de l'offre TC sur la demande de mobilité est davantage saisie avec la variable relative au véhicules.km qu'avec celle ayant trait au km de lignes TC structurantes.

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Grenoble 2000-2019 (Modèle 4)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	- 111 886 948,62	- 2,14	0,04938039	**
Surface	167 438,38	1,14	0,27149904	
Population desservie	188,91	1,74	0,10220392	
Km de ligne TC Structurantes	10 913,66	0,15	0,88330209	
Prix tickets unité 2018	14 463 764,69	0,55	0,59374078	

R² = 0,81

Toulon

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Toulon 2000-2019 (Modèle 5)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	35 615 923,66	3,79	0,00197506	***
Surface	-59 655,99	- 4,55	0,00045053	***
Pop desservie	110,31	5,01	0,00019049	***
Veh.km	0,01	0,78	0,45039399	
Nbre de lignes TC structurantes	386 971,99	1,34	0,20032479	
Prix ticket unitaires euros 2018	- 23 486 736,46	- 4,75	0,00030922	***

R² = 0,95

Ce cinquième modèle testé appelle plusieurs commentaires :

- Le rapport de corrélation R² compris entre 0 et 1 est très élevé avec une valeur de 0,95, signe que le modèle retenu explique 95% de la variance totale
- Certaines variables sont très significatives au regard de la Statistique t et des probabilités associés à l'hypothèse nulle. Elles ont ainsi une statistique t différente de 1,96 et des probabilités très faibles inférieures à 0,05%. Ainsi est-il des variables sont la population desservie, surface et du prix du ticket unitaire en euros 2018.
- Ces variables diffèrent de celles observées comme explicatives dans le cas de Grenoble. Il convient de noter que dans le cas de Toulon la collectivité a mis un accent très significatif sur la desserte et l'accessibilité avec un nombre d'arrêt de TC de 2100 sans doublons. La métropole de Toulon en dépit de sa taille ne compte pas à proprement parler de TCSP mais des lignes de TC sous forme de bus dont la fréquence est inférieure à 10 minutes pour certaines d'entre elles.
- La surface impacte défavorablement le nombre de voyage réalisés tout comme le prix du ticket unitaire.
- Ces deux variables sont significatives dans le cas de Toulon. Leur impact défavorable sur les voyages en TC, saisi avec un signe négatif dans le cas du modèle est conforme à ce que la littérature identifie quand elles sont significatives. A nombre de voyages à l'échelle macroscopique du réseau, le prix du ticket est similaire à l'élasticité de prix de la demande négative à l'échelle individuelle. Pour la surface, la dispersion de l'habitat est synonyme d'une baisse de demande de déplacements en TC. La densité est la variable sous-jacente dans cette situation. A mesure que cette dernière croît la fréquentation des TC s'accroît comme pointé dans les analyses en coupes transversales mentionnées au début de cette note. A contrario, une baisse des densités joue défavorablement sur la fréquentation ou sur les parts modales des TC.
- Une croissance de 1 euro du ticket unitaire conduit *ceteris paribus* à une baisse de 23,5 millions de voyage. Une croissance de 1 km² de surface desservie induit une baisse du nombre de voyages en TC de près de 60 000 voyages annuels

Le test de la variable prix des TC saisie désormais par le biais du prix de l'abonnement mensuel en euros 2018 indique cette variable devient non significative (modèle 6). Les autres variables comme la surface, la population desservie conservent leur significativité et leur impact observés dans le modèle 5.

Mais, outre ce changement pour le prix de l'abonnement mensuel, le nombre de lignes structurantes qui dans le cas de Toulon renvoie aux lignes de bus ayant une fréquence inférieure à 10 minutes devient fortement significatives. Un accroissement de leur nombre d'une unité induit une croissance *ceteris paribus* du nombre de voyages de 1,8 million par an en moyenne.

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Toulon 2000-2019 (Modèle 6)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	- 11 306 057,86	- 1,11	0,28607916	
Surface	- 61 921,55	- 2,99	0,00974199	***
Pop desservie	103,12	2,72	0,01664482	**
Veh.km	- 0,01	- 0,54	0,5967381	
Nbre de lignes TC structurantes	1 832 506,66	4,42	0,00058607	***
Prix abonnement mensuel	359 138,96	1,11	0,28594499	

R² = 0,88

La substitution du nombre de lignes de TVC par le kilométrage de ces lignes de TC associés à une fréquence de moins de 10 minutes (modèle 7) ne modifie les conclusions formulées à partir du modèle 5.

Tableau : Résultats économétriques sur le réseau de Toulon 2000-2019 (Modèle 7)

	<i>Coefficients</i>	<i>Statistique t</i>	<i>Probabilité</i>	<i>significativité</i>
Constante	36 254 883,78	3,88	0,00166602	***
Surface	-59 664,87	- 4,51	0,00048788	***
Pop desservie	110,54	4,98	0,0002029	***
Veh.km	0,01	0,77	0,45314864	
Km de lignes TC structurantes	29 019,96	1,26	0,22843679	
Prix ticket	- 23 943 526,07	- 4,91	0,00023039	***

R² = 0,95