
Région et Développement

n° 59-2024

www.regionetdeveloppement.org

La mobilité cyclable dans le périurbain de Nantes et de Toulouse : une modélisation multi-niveau

Léo TAILLANDIER*

Résumé – L’usage du vélo en tant que mode de transport au quotidien connaît depuis quelques années en France une croissance marquée dans le centre des grandes aires urbaines mais reste très marginal dans le périurbain de ces mêmes aires. Cet article propose dans le cas de Nantes et Toulouse une quantification du poids des facteurs influençant l’usage du vélo pour expliquer le moindre usage de ce mode dans les couronnes périurbaines par rapport aux communes centre. La construction d’un modèle multi-niveau et des données d’enquêtes ménages déplacements permet de confirmer l’idée que l’hétérogénéité de l’usage du vélo au sein des aires urbaines résulte principalement du développement inégal des politiques cyclables entre le centre et la périphérie, et de la forte proportion de périurbains dont les sorties sont longues.

Classification JEL

C11, L91, R44, R58

Mots-clés

Mobilité à vélo
Périurbain français
Aires urbaines françaises
Modélisation multi-niveau

* UMR Géographie-Cités ; taillandierleo@gmail.com

INTRODUCTION

En France, dans les centres de nombreuses aires urbaines, le vélo comme mode de transport utilitaire connaît une croissance marquée de son usage depuis quelques années. Cette dynamique contraste avec les espaces de banlieue et du périurbain qui, à l'inverse, sont en grande majorité caractérisés par une stagnation voire une baisse de l'usage du vélo jusqu'à aujourd'hui. Entre 1982 et 2008, la part modale du vélo est passée de près de 5 % à 1,9 % dans le périurbain alors qu'elle s'est accrue de 2,6 en 1994 à 3,9 % en 2008 dans les communes-centres¹. Le vélo a longtemps été considéré comme un mode de transport inadapté pour le périurbain mais, récemment, plusieurs études ont mis en avant son potentiel dans un espace où s'observe un recentrage relatif des trajets sur la commune de résidence et où la transition écomobile s'impose comme un enjeu majeur (Mathon et Palmier, 2012 ; Motte-Baumvol et al., 2012 ; Berger et al., 2014 ; Aguiléra et al., 2017). Rappelons en effet que 80 % de périurbains restent des automobilistes et que les coûts de ce mode de transport augmentent ces dernières années. En dépit de ce potentiel, l'usage du vélo reste très marginal dans le périurbain par rapport au centre des plus grandes aires urbaines françaises.

Plusieurs hypothèses sont communément admises pour expliquer la disparité spatiale de l'usage du vélo au sein des aires urbaines. La longueur persistante des trajets des périurbains ainsi que le faible développement des politiques cyclables dans ces espaces sont régulièrement cités mais peu de travaux ont cherché à quantifier la part attribuable aux différents facteurs influençant l'usage du vélo pour expliquer le différentiel actuel entre le périurbain et le centre des aires urbaines françaises. Cet article permet cette quantification grâce à une modélisation statistique multi-niveau et aux données d'enquête ménage déplacements des aires urbaines de Toulouse et de Nantes. Ces deux aires urbaines incarnent les tendances observables actuellement pour les plus grandes aires urbaines françaises, marquées par un usage croissant et significatif du vélo en leurs centres et une couronne périurbaine où le vélo reste très marginal. Cependant, alors que dans le périurbain de Nantes l'usage du vélo est légèrement supérieur à la moyenne des autres couronnes périurbaines, le périurbain toulousain présente un taux d'usage nettement plus faible.

L'hétérogénéité spatiale de l'usage du vélo découle d'un ensemble conséquent de facteurs influençant l'usage du vélo et qui fonctionnent suivant une logique de système (Héran, 2018 ; Rérat, 2019). Ces facteurs sont liés aux caractéristiques des personnes elles-mêmes, de leur équipement et de leurs déplacements. Le moindre usage du vélo en périphérie proviendrait pour une part d'une concentration de personnes aux caractéristiques moins favorables à l'usage du vélo. D'autres facteurs sont liés aux caractéristiques des contextes spatiaux dans lesquels vivent et se déplacent les personnes. Ainsi le moindre usage du vélo en couronne périurbaine

¹ Chiffres tirés des Enquêtes Nationales Transport et Déplacements (1982, 1994 et 2008).

proviendrait pour une autre part de contextes spatiaux globalement moins favorable à l'usage du vélo, c'est-à-dire avec moins d'infrastructures ou de services dédiés au vélo mais aussi plus de dénivelé, un réseau routier moins dense, générateur d'effets de coupure et propice à la grande vitesse automobile.

La construction d'un modèle statistique multi-niveau s'impose comme une méthode adaptée pour quantifier les effets de contextes spatiaux différents sur la pratique du vélo. Il permet de distinguer des effets de facteurs contextuels, partagés par un groupe d'individus résidant dans la même commune par exemple, des effets de facteurs individuels (liés aux caractéristiques des individus) (Bressoux, 2010). À l'instar d'un modèle multivarié, ce modèle cherche d'abord à montrer s'il existe une association statistique entre chacun de ces facteurs (représentés par des variables explicatives) et l'usage du vélo pour un individu, et de séparer les effets de ces variables (Bressoux, 2010). La quantification de leur rôle dans les disparités spatiales d'usage du vélo permet dans une certaine mesure de hiérarchiser leur poids respectif.

Dans une première section, nous présentons les hypothèses de recherche principales ainsi que les données et la méthodologie mises en place à partir de ces hypothèses. La deuxième section est consacrée à la présentation et la mise en perspective des résultats des modèles appliqués aux deux aires urbaines de Nantes et Toulouse.

1. HYPOTHÈSE DE RECHERCHE ET PRÉSENTATION DE LA MODÉLISATION MULTI-NIVEAU

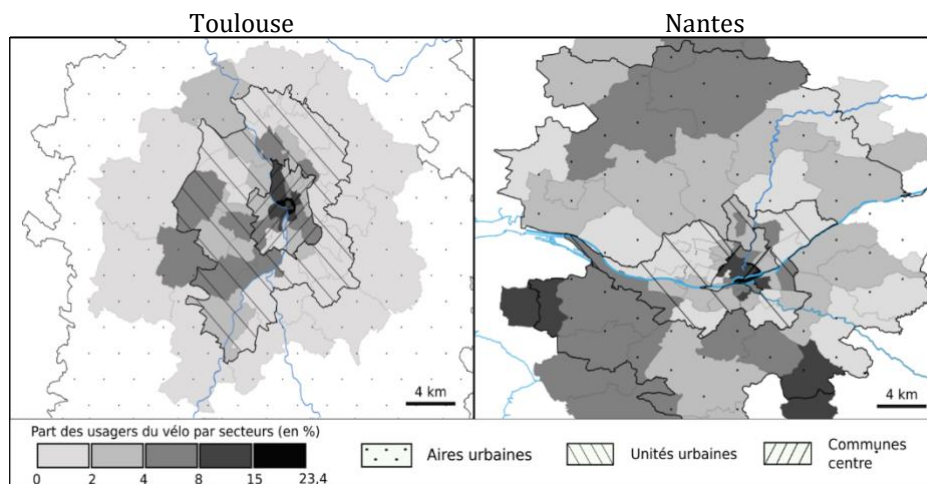
L'explication du moindre usage du vélo dans le périurbain par rapport au centre des aires urbaines passe par la formulation de plusieurs hypothèses clefs. Une première reprend l'idée que la disparité de l'usage du vélo s'observe entre les composantes des aires urbaines (commune-centre, banlieue, couronne périurbaine) mais aussi au sein de chacune. Une deuxième hypothèse pose l'idée que l'explication de cette hétérogénéité d'usage découle de multiples facteurs d'influence, et tient soit d'effets de composition (les individus qui ont des mobilités ou des caractéristiques plus favorables au vélo sont plus nombreux dans le centre), soit de facteurs d'ordre contextuel (les espaces périurbains et de banlieues possèdent des caractéristiques moins propices au développement de l'usage du vélo que le centre). Enfin la part plus réduite d'usagers du vélo en périurbain peut provenir du caractère stationnaire de certains facteurs, c'est-à-dire que des facteurs défavorables sont présents en périurbain et dans le centre mais leur effet défavorable est plus marqué ou ne s'exerce que dans le périurbain.

Compte tenu des différentes hypothèses, un modèle statistique multivarié et multi-niveau a été construit à partir des données d'enquêtes ménages déplacements (EMD) de deux aires urbaines françaises : Toulouse et Nantes.

1.1. L'exploration de l'hétérogénéité spatiale de l'usage du vélo à partir des enquêtes ménages déplacements (EMD) de Toulouse et Nantes

Le choix de ces deux aires répond à plusieurs critères. D'un côté, comme la plupart des aires urbaines françaises, la part modale² du vélo y est faible (2,7 % pour Toulouse et 2,8 % à Nantes) et proche de la moyenne nationale. D'un autre côté, ces deux aires urbaines connaissent une croissance démographique relativement soutenue depuis quelques décennies, qui s'est traduite notamment par l'émergence d'une couronne périurbaine assez étendue et très polarisée par les communes-centre. En dépit de ces caractéristiques communes, les aires urbaines de Toulouse et de Nantes ne présentent pas une répartition totalement similaire de leurs usagers du vélo (Carte 1).

Carte 1. La part des usagers du vélo dans les aires urbaines de Toulouse et Nantes



Dans les deux cas, la commune centre se démarque nettement du reste de l'aire urbaine avec un peu plus de 7 % d'usagers³ du vélo, en revanche à Nantes la banlieue et la couronne périurbaine font jeu égal et présentent un taux relativement élevé par rapport à d'autres couronnes périurbaines (3,3 % pour la couronne de Nantes contre à peine 2 % en moyenne pour les couronnes périurbaines françaises). À l'inverse, Toulouse présente des écarts plus prononcés, la part des usagers du vélo dans le périurbain proche tombe à 1,3 % et l'opposition centre/périphérie se double d'une opposition entre le périurbain et la banlieue est, où la part des usagers du vélo est quasi nulle, et l'ouest où elle se maintient à 4 % jusqu'à 10 kilomètres de l'hypercentre toulousain.

² La part modale du vélo est mesurée en divisant le total des déplacements en vélo dans une période de temps donnée par le nombre total de déplacements effectués au cours de cette même période.

³ Un individu est un usager du vélo dès lors qu'il a réalisé au moins un trajet à vélo parmi l'ensemble des trajets qu'il réalise au cours d'une journée type.

Les données qui alimentent le modèle statistique proviennent des enquêtes ménages déplacements (EMD) conduites sur ces deux aires en 2013 pour Toulouse et 2015 pour Nantes⁴. Les EMD (aujourd'hui Enquêtes Mobilité Certifiées Cerema) sont conduites par les métropoles et le CEREMA⁵ avec pour objectif de connaître les pratiques de mobilités de leurs habitants à travers le recensement des déplacements réalisés la veille du jour d'enquête par l'enquêté.

À Nantes comme à Toulouse, 12 000 personnes ont été interrogées et un peu plus de 9 000 se sont déplacées la veille du jour d'enquête. Parmi ces 9 000 personnes mobiles, à Toulouse 377 personnes sont des usagers du vélo et 435 à Nantes. Les enquêtes de ces deux aires sont relativement anciennes et de ce fait ne tiennent pas compte de l'augmentation récente des efforts des métropoles pour développer l'usage du vélo (à titre d'exemple la métropole de Toulouse a actualisé son schéma directeur cyclable en 2019). Cependant, par rapport à aujourd'hui, en 2013 et 2015, les centres présentent déjà un niveau de développement plus fort des infrastructures cyclables (les systèmes de Vélo-en-libre-service (VLS) sont déjà déployés et les premiers schémas directeurs vélo édités)⁶. Par ailleurs, les chiffres du recensement et les données de comptage, bien que mesurant de manière différente l'usage du vélo par rapport aux EMD, tendent à montrer que les écarts de niveau des taux d'usage entre le centre et le périurbain se maintiennent à des niveaux similaires entre 2013 et aujourd'hui.

1.2. Le choix d'un modèle multivarié et multi-niveau pour intégrer des facteurs d'influence nombreux, individuels et contextuels

Les variables explicatives présélectionnées pour être ajoutées au modèle reprennent les principaux facteurs identifiés jusqu'ici comme influençant l'usage du vélo. Une littérature de plus en plus conséquente depuis 15 ans met en évidence l'effet particulier d'un nombre croissant de facteurs (Handy et al., 2014 ; Winters et al., 2017). En parallèle, des études reposant sur des modèles multivariés visent à hiérarchiser le poids de ces différents facteurs ou de faire ressortir le poids déterminant de l'un d'entre eux en contrôlant l'effet des autres. Cependant ces travaux interrogent en priorité la variabilité interindividuelle et ne questionnent pas le poids de ces différents facteurs pour expliquer pourquoi les individus du périurbain font moins de vélo que ceux du centre (Heinen et al., 2015 ; Mertens et al., 2017). Les quelques travaux qui font intervenir des modèles multi-niveaux s'intéressent surtout à l'hétérogénéité des taux de pratique du vélo entre les aires

⁴ L'enquête de Nantes a un périmètre couvrant tout le département de la Loire-Atlantique donc toute l'aire urbaine nantaise. Pour Toulouse, une partie du périurbain lointain se trouve hors du périmètre d'enquête.

⁵ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cérema). Il s'agit d'un établissement public sous tutelle du ministère de la Transition écologique. Il assiste l'État et les collectivités territoriales dans l'élaboration, la mise en place et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

⁶ En attendant la publication d'enquêtes post-covid, la thèse que nous menons actuellement a pour objectif de construire des modèles à partir d'autres EMD plus récentes comme Strasbourg (2019), Rennes (2018) ou Tours (2019).

urbaines et à l'impact des différences climatiques notamment (Winters et al., 2007 ; Pucher et Buehler, 2011), or l'hétérogénéité de l'usage de vélo au sein des aires urbaines est un fait majeur en France comme dans les pays où le vélo s'est fortement développé (Harms et al., 2014 ; Tribby et Tharp, 2019 ; Dusong, 2021 ; Mac Dougall et Doucet, 2022). L'adoption d'un modèle multi-niveau répond ainsi à la double nécessité : (1) de pouvoir intégrer plusieurs facteurs explicatifs à la fois et de mesurer l'effet d'un facteur en neutralisant l'effet des autres facteurs (Bressoux, 2010), (2) de constituer des niveaux et des variables contextuelles intermédiaires entre celui de l'individu et celui de l'aire urbaine pour tenter d'expliquer l'hétérogénéité de l'usage du vélo au sein d'une aire urbaine.

Les variables retenues pour être incluses dans le modèle reflètent des facteurs d'influence qui caractérisent l'individu, leur profil, leurs déplacements et leur équipement, et, à un autre niveau, le contexte spatial dans lequel ils résident et se déplacent.

Au niveau contextuel, un certain nombre de variables reprennent les facteurs mis en avant par les travaux qui se sont attelés à mettre en évidence l'impact de l'environnement proche⁷, ou dit autrement, de sa « cyclabilité »⁸, sur l'usage du vélo (15 variables, présentées dans le tableau 1). Il s'agit de voir ensuite si la concentration de ces environnements favorables dans les centres et leur quasi-absence en couronne périurbaine participe à la constitution des écarts entre centre et périphérie. Plusieurs variables permettent ainsi de mesurer l'effet de différentes traductions spatiales des politiques cyclables telles que la densité des infrastructures cyclables (bandes, pistes cyclables et voies vertes) autour des domiciles des personnes, ou encore la proximité à certains services comme le stationnement vélo public ou encore les bornes de stations de vélo-en-libre-service. Si certains montrent l'importance de ces mesures, d'autres en nuancent les effets concrets ou mettent en avant d'autres mesures telles que les politiques de restriction de la vitesse automobile (Aldred, 2019 ; Héran, 2012 ; Buehler et Dill, 2016). Aussi, nous avons choisi de prendre en compte les zones à vitesse limitée et plus généralement des facteurs qui qualifient la propension du réseau routier et de transport en commun à favoriser ou freiner l'accessibilité à vélo par rapport à la voiture et au transport en commun (densité du réseau routier, rapport entre la surface accessible à vélo et en voiture, distance à la station de transport en commun...).

La densité de population a été par ailleurs l'un des premiers facteurs associés à un usage plus important du vélo (Cervero et Kockelman, 1997), mais plus récemment d'autres travaux montrent que derrière l'effet de cette densité, ce sont d'autres facteurs tels que la forte densité du bâti, du réseau routier ou une répartition spatiale plus équilibrée des emplois et des espaces résidentiels, qui transparaissent comme améliorant l'accessibilité à vélo et favorisent les trajets courts (Le Néchet et Aguiléra, 2012 ; Ewing et al., 2018).

⁷ L'environnement proche des personnes correspond ici à une zone de 500 mètres de rayon tracée autour du centroïde de la « zone fine » où réside la personne.

⁸ « La cyclabilité (bikeability) désigne la capacité variable des espaces à accueillir, faciliter et sécuriser l'usage du vélo » (Adam et al., 2020).

Tableau 1. Les 15 variables caractérisant le contexte spatial des personnes au sein du modèle multi-niveau

Grande famille de facteurs	Thème des facteurs	Les variables explicatives
Caractéristiques de l'environnement proche	Politiques cyclables	Longueur de voies vertes (rapportée à la longueur du réseau viaire de l'environnement proche)
		Longueur de bandes cyclables
		Longueur de pistes cyclables
		Nombre de bornes VLS (Vélo en Libre Service) dans un rayon de 500 m/Distance à la station de VLS la plus proche
	Politiques en matière de transport	Nombre de stationnements vélo dans un rayon de 500 m/Distance au stationnement vélo le plus proche
		Longueur de voies express et d'autoroutes rapportée à la longueur totale de la voirie de l'environnement proche
		Distance à la station de transport en commun la plus proche
		Nombre d'accidents de vélo rapporté au nombre d'habitants dans l'environnement proche
	Environnement naturel	Longueur de zones 30 rapportée à la longueur totale de la voirie de l'environnement proche
	Densité/perméabilité du réseau routier	Dénivelé au sein de l'environnement proche
		Longueur de réseau viaire accessible à vélo depuis le domicile
	Équilibre Actifs/emplois	Longueur de réseau viaire accessible à vélo rapportée à la longueur de réseau accessible en voiture depuis le domicile
		Nombre d'intersections rapporté à la longueur du réseau viaire
	Densité de population	Rapport entre le nombre d'actifs et le nombre d'emplois sur la commune
		Densité de population de l'iris du domicile/lieu de travail

En complément de ces 15 variables contextuelles, 16 autres variables ont été choisies pour caractériser l'usage du vélo à l'échelle individuelle (tableau 2). Expliquer l'hétérogénéité de l'usage du vélo ne peut faire l'économie de la quantification de la part d'effets découlant de la répartition spatiale inégale des catégories d'individus plus enclins à faire du vélo ou plus sensibles à la cyclabilité de l'environnement proche. Ainsi, la surreprésentation du vélo au centre peut tout simplement provenir de la concentration de groupes sociaux plus portés à l'usage du vélo comme les cadres, les étudiants, les adolescents ou les enfants (Puhler et al.,

2011 ; Solère et Jouannot, 2013), ou à la moindre présence parmi les cyclistes périurbains de groupes plus sensibles à la cyclabilité du contexte spatial (les femmes seraient par exemple plus sensibles au risque d'accident et à la longueur des trajets) (Bonham et Wilson, 2012).

Tableau 2. Les 16 variables caractérisant l'individu au sein du modèle multi-niveau

Grande famille de facteurs	Thème des facteurs	Les variables explicatives
Caractéristiques des individus et de leur équipement	Caractéristiques socio-démographiques des individus	Âge
		Genre
		Catégorie Socio-Professionnelle
		Taille du ménage
		Ménage avec un ou plusieurs enfants
	Équipement de la personne	Possession d'une voiture personnelle
		Rangement vélo à domicile/au lieu de travail
		Possession d'un abonnement aux transports en commun
Caractéristiques de la mobilité	Caractéristiques des trajets	Possession d'un vélo électrique (ménage)
		Longueur totale des déplacements du jour
		Longueur du trajet le plus long effectué dans la journée
	Caractéristiques des sorties	Nombre de trajets effectués en une journée
		Pratique de l'intermodalité
		Nombre de sorties
		Complexité des sorties
Situation géographique des individus et des trajets		Longueur des sorties (uniquement courtes, courtes et longues, etc.)
		Partie de l'aire urbaine où réside la personne
		Partie(s) de l'aire urbaine où se déplace la personne

Au-delà des caractéristiques socio-démographiques, les différences de pratiques modales inter-individuelles sont fortement influencées par l'équipement des individus et les caractéristiques de leurs déplacements. La possession d'une voiture est associée à une moindre utilisation du vélo. Or, la motorisation des ménages a continué à progresser dans le périurbain : 90 % des ménages périurbains sont

motorisés aujourd'hui. À l'inverse, ceux qui possèdent un vélo, ou ont une possibilité de le ranger à leur domicile, font davantage de vélo que les autres (Heinen et al, 2019). Le vélo à assistance électrique (VAE) est souvent cité comme une solution prometteuse pour le périurbain. Il permettrait au cycliste de s'affranchir de la contrainte de la longueur des trajets ou du dénivelé et tendrait à se substituer davantage à la voiture dans les espaces peu denses (MacArthur et al., 2018). Un dernier ensemble de variables vise à appréhender le poids des caractéristiques des déplacements des personnes, en particulier la longueur des trajets, mais aussi les caractéristiques des sorties et leur degré de complexité⁹. Les trajets courts des périurbains sont plus souvent chaînés avec des trajets longs (en l'occurrence souvent le trajet pour aller au travail du fait de la persistance de la concentration des emplois dans les pôles urbains (Floch et Levy, 2011)). Or, la sortie entière aura tendance à être réalisée avec le mode qui convient à ce trajet long, c'est-à-dire souvent la voiture (Vande Walle et Steenberghen, 2006).

1.3. La construction de deux modèles multi-niveaux à partir des EMD de Nantes et de Toulouse

À partir de l'échantillon des EMD, le modèle construit repose sur l'établissement d'une régression logistique mettant en relation une variable d'intérêt binaire¹⁰ et des variables explicatives correspondant à des facteurs influençant l'usage du vélo (Encadré 1). La notion d'explication est ici statistique. Ainsi, la mise en évidence de corrélations entre l'usage du vélo et des facteurs d'influence ne permet pas forcément de distinguer la cause et l'effet. Dans un certain nombre de cas, comme le dénivelé par exemple, on peut déduire de la corrélation observée que le facteur en question induit une probabilité plus forte ou plus faible de faire du vélo. En revanche, il est avéré que si les politiques cyclables poussent les personnes à faire du vélo, ces politiques répondent en partie à une augmentation préalable du nombre de cyclistes.

Hormis quelques questions propres à chaque métropole, le questionnaire des enquêtes a fait l'objet d'un travail d'harmonisation du CEREMA ce qui permet de produire des variables similaires et comparables entre le modèle construit sur Nantes et celui sur Toulouse¹¹. Les données issues des EMD permettent notamment de construire les variables représentant les facteurs liés aux caractéristiques socio-démographiques des individus (âge, sexe, CSP...), à leur équipement (voiture personnelle à disposition, possibilité de stationner un vélo à domicile, au lieu de travail...) et à leurs pratiques de mobilités (longueur des trajets, caractéristiques des sorties, complexités des chaînes de déplacement...). Les variables caractérisant l'environnement proche des individus sont construites à partir d'autres données

⁹ Une sortie correspond à un ensemble de trajets entre le moment où la personne quitte son domicile et celui où elle y retourne. Une sortie de plus de 2 trajets est une sortie complexe.

¹⁰ Une variable d'intérêt binaire signifie qu'elle prend la valeur 1 si la personne fait au moins un trajet à vélo au cours de ses déplacements, 0 si elle n'effectue aucun trajet à vélo.

¹¹ Certaines particularités persistent. Ainsi, seule l'enquête toulousaine a prévu une question sur la disposition d'un vélo à assistance électrique et d'un stationnement vélo au lieu de travail.

traitées sur un Système d'Information Géographique. Pour certaines nous avons calculé la distance entre le domicile de la personne et un service ou une infrastructure. D'autres variables sont issues de calculs de densité sur un cercle de rayon de 500 mètres autour du domicile de la personne^{12,13}.

Encadré 1. Équation de référence du modèle logistique multi-niveau

$$\text{Logit}(p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 x_{ij} + \beta_2 z_j + e_i + u_j$$

x_{ij} = variables explicatives « individuelles »

z_j = variables explicatives « contextuelles »

$\text{Log}(p_{ij})$ = variable d'intérêt (utilisation ou non du vélo pour la personne durant les trajets effectués le jour d'enquête)

e_i = résidus au niveau des individus

u_j = résidus au niveau contextuel

β_N = coefficients exprimant le sens et la force de l'association entre la variable d'intérêt et chaque variable explicative.

La structure multi-niveau revient à spécifier que les individus (niveau 1) sont regroupés suivant les secteurs d'enquête¹⁴ où ils résident (niveau 2). Celle-ci permet donc d'intégrer des variables explicatives individuelles et des variables explicatives contextuelles partagées par plusieurs individus, ce qui part de l'idée que des individus qui résident dans le même secteur auront tendance à avoir des comportements de mobilité plus semblables que ceux d'individus d'autres secteurs. Cette structure permet par ailleurs de décomposer la variance du modèle entre le niveau 1 (individuel) et le niveau 2 (contextuel, c'est-à-dire le secteur de tirage) via un indicateur comme l'ICC (*Intra-Class Correlation Coefficient*) (Wu et al., 2012). En isolant ainsi la variance contextuelle, nous observons l'effet des variables explicatives sur l'hétérogénéité spatiale de l'usage du vélo à l'échelle des secteurs et donc à l'intérieur des composantes de l'aire urbaine. La composante de résidence de la personne ne constitue donc pas un niveau contextuel supplémentaire mais une variable explicative catégorielle caractérisant l'individu¹⁵. Nous mesurons alors

¹² Le centre de ces cercles ne correspond pas tout à fait au domicile mais à un centroïde des zones bâties résidentielles de la zone fine où réside la personne. La zone d'enquête est découpée en une centaine de secteurs, eux-mêmes subdivisés en près de 2000 zones fines.

¹³ Le modèle inclut donc des variables qui caractérisent l'environnement proche du domicile de l'individu ainsi que des variables caractérisant l'environnement proche des lieux parcourus par les individus au cours de leurs déplacements.

¹⁴ Un secteur de tirage des EMD compte au moins 150 personnes, il correspond dans la plupart des cas à un quartier dans la commune centre, à une commune en banlieue, à des regroupements de 2 à 6 communes dans le périurbain.

¹⁵ Un niveau contextuel composé de seulement 3 unités ne permet pas une décomposition fiable de la variance individuelle et contextuelle, cette dernière serait alors surestimée (Schoeneberger, 2016 ; Moineddin et al., 2007).

l'impact des variables explicatives sur l'hétérogénéité de l'usage du vélo entre les 3 composantes de l'aire urbaine en analysant la significativité et les variations du risque relatif (en gras dans les tableaux 3 et 4) qu'a un périurbain de faire du vélo par rapport à un résident du centre lorsqu'on ajoute les variables explicatives.

Ce type de modèle permet aussi de tester des interactions entre variables explicatives. Il s'agit d'observer si l'effet d'un facteur dépend de l'expression d'un autre et, en particulier, si l'effet d'un facteur varie selon le cas où individu réside dans le périurbain, la banlieue ou le centre¹⁶.

L'élaboration du modèle final passe d'abord par la mise en place de modèles intermédiaires. Dans le modèle 1 nous avons seulement spécifié l'existence de deux niveaux et intégré aucune variable explicative pour obtenir une première mesure de la part de variance inter-secteurs (ici de 11,9 % d'après l'ICC pour le modèle nantais) et y rapporter ensuite les mesures de cette part obtenues dans les modèles suivants (1,8 % dans le modèle 8 d'après l'ICC du modèle nantais), on peut dire à partir du VPC (*Variation Partition Coefficient*) que l'ajout de l'ensemble des variables significatives explique 84 % de la variance inter-secteurs). Le passage d'un modèle n à un modèle $n+1$ correspond à l'ajout d'un sous-groupe de variables. Le modèle 4 comprend par exemple les variables déjà incluses dans les modèles 1, 2 et 3 et la variable « possession d'une voiture ». Par conséquent le modèle 8 pour Nantes et le modèle 9 pour Toulouse sont les modèles complets, comprenant toutes les variables significatives. Nous avons commencé par ajouter les groupes de variables caractérisant les personnes puis les groupes de variables plus contextuelles, caractérisant les environnements proches de groupes d'individus résidant dans la même « zone fine ».

À chaque ajout, nous avons contrôlé les phénomènes de colinéarité entre les variables explicatives, ne conservant qu'une variable parmi deux ou un groupe de variables trop corrélées entre elles. Suivant le principe de la parcimonie des modèle, les variables explicatives qui ne sont pas significativement associées à la variable d'intérêt au moment de leur ajout dans le modèle sont aussi supprimées. Parmi les variables non retenues dans les modèles finaux, on note que la densité de population de la commune de résidence apparaît d'abord comme une variable très significative lorsqu'elle est intégrée comme seule variable explicative au modèle mais cette significativité se réduit lorsqu'on ajoute d'abord les variables caractérisant la longueur des déplacements puis disparaît à l'ajout des variables caractérisant la densité des aménagements et équipements cyclables à proximité du lieu de résidence des personnes. Ce phénomène renvoie au fait que les variations spatiales de la densité de population sont en partie corrélées à la variation spatiale des longueurs des déplacements et des intensités des efforts en matière de politique cyclable. Il renvoie à l'idée évoquée plus haut que les variations spatiales de la

¹⁶ Compte tenu du nombre limité de cyclistes au sein des deux enquêtes les effets d'interaction testés ne font intervenir que les variables catégorielles pour lesquelles on compte au moins 5 cyclistes par catégories.

densité de population ne constituent pas une variable en soi pour expliquer l'hétérogénéité spatiale de l'usage du vélo mais qu'elles génèrent des pratiques de mobilités plus ou moins favorables à l'usage du vélo ou que leur prise en compte ne doit pas masquer l'effet plus déterminant de l'inégale répartition des infrastructures et des services cyclables.

Au final, ce sont 10 variables qui sont retenues pour le modèle nantais et 13 pour le modèle toulousain (modèle 8 (M.8) dans le tableau 3 et modèle 9 (M.9) dans le tableau 4). D'autres ordres d'ajouts de groupes de variables aboutissent à des modèles finaux similaires du fait de l'élimination des variables les plus corrélées entre elles.

2. LES RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

2.1. La diversité des facteurs influençant l'usage du vélo

Les résultats obtenus sur Toulouse et Nantes, une fois l'ensemble des variables significatives intégrées aux modèles complets (modèle 8 dans le tableau 3 et modèle 9 dans le tableau 4), montrent que deux groupes de variables se démarquent le plus pour expliquer pourquoi une personne a plus de chance de faire usage du vélo. D'une part, le modèle fait ressortir des profils socio-démographiques assez proches de ceux observés dans d'autres études, ainsi, dans ces deux aires urbaines les hommes et les cadres ont-ils plus de chance de faire du vélo que les femmes ou les autres catégories socio-professionnelles. D'autre part le groupe de variables caractérisant les mobilités de la personne se détache, avec notamment une corrélation négative entre la longueur des trajets et la probabilité de faire du vélo. Ainsi, à Toulouse une augmentation d'un kilomètre de la distance totale des trajets d'une personne diminue de 6 % la probabilité pour celle-ci d'être cycliste. À Nantes comme à Toulouse, les personnes qui font uniquement des sorties de plus de 10 kilomètres ont entre 3 et 4 fois moins de chances de faire usage du vélo que celles dont aucune sortie ne fait plus de 4 kilomètres.

Parmi les variables caractérisant l'environnement proche des personnes, les variables représentant les politiques cyclables se démarquent moins qu'attendu. Contrairement à ce que l'on aurait pu attendre, que ce soit à Toulouse ou à Nantes, la densité des infrastructures cyclables (pistes, bandes cyclables, voies vertes ou les trois réunies) au sein de l'environnement proche constitue une variable faiblement significative dans le modèle même si une personne disposant d'au moins 15 % d'infrastructures cyclables (bandes cyclables, voies vertes et pistes cyclables réunies) dans l'ensemble du réseau routier de son environnement proche a autour de 60/70 % de chances en plus d'être cycliste qu'une personne ne disposant d'aucune infrastructure cyclable à proximité de son domicile. La proximité du domicile avec une borne de vélo en libre-service est déterminante. Ainsi, ceux qui vivent à moins de 200 mètres d'une borne ont 2 à 3 fois plus de chances de faire du vélo que ceux qui vivent à plus de 500 mètres. De même, à Toulouse, moins que les infrastructures cyclables, un réseau routier avec une forte densité de zones à vitesse réduite (20 ou 30 km/h) favorise l'usage du vélo tandis qu'à Nantes c'est la densité de ce réseau qui ressort comme un facteur faiblement significatif.

Tableau 3. Constitution du modèle multi-niveau par ajout progressif des variables (Nantes)

Modèles	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7	M.8
ICC (intra class correlation)	0,119	0,067	0,062	0,062	0,056	0,056	0,051	0,018
VPC (part de variance inter expliquée)	ref	0,44	0,49	0,49	0,53	0,53	0,57	0,84
AIC	3460	3439	3347	3335	3149	3147	3142	3128
Composantes								
Centre (réf.)								
Banlieue		0,41***	0,42 ***	0,43 ***	0,44 ***	0,56*	0,63.	1,07
Périurbain		0,45***	0,48 ***	0,51 ***	0,58*	0,72	0,91	1,86
Sexe								
Hommes (réf.)								
Femmes			0,49 ***	0,49 ***	0,46***	0,45***	0,45***	0,45***
CSP								
Employés (réf.)								
Cadres			2,48 ***	2,62 ***	2,54***	2,52***	2,55***	2,46***
Étudiants et Écoliers			2,29 ***	1,98 ***	1,72**	1,64*	1,66*	1,66*
Possession d'une voiture								
non (réf.)								
oui				0,66***	0,85	0,84	0,84	0,85
Nombre total de trajets effectués par la personne en une journée								
					1,08**	1,09***	1,09***	1,09***
Degré de complexité des sorties de déplacements de la personne								
Uniquement des sorties simples (réf.)					—	—	—	—
Au moins une sortie complexe					0,72**	0,73**	0,72**	0,71**
Caractéristiques des sorties								
Uniquement des sorties longues de moins de 4 km (réf.)					—	—	—	—
Au moins une sortie courte (- de 4 km) et une sortie de 4 à 10 km					0,89	1,02	1,02	1,04
Au moins une sortie de 4 à 10 km et une sortie longue (plus de 10 km)					0,4 ***	0,44***	0,45***	0,47***
Uniquement des sorties longues					0,16 ***	0,2***	0,2***	0,21***
Composantes où se déplacent les personnes								
déplacements dans le centre seulement (réf.)						—	—	—
déplacements dans le centre et en banlieue						0,57**	0,56**	0,59**
déplacements dans la banlieue et le périurbain						0,48.	0,49.	0,53
Nombre d'intersections du réseau routier par mètre de réseau								
moins de 0,02 (réf.)								
[0,02;0,03]							1,54*	1,4*
[0,03;0,04]							1,7*	1,32.
plus de 0,04							1,67*	0,93
Distance à la station de vélo en libre-service la plus proche								
0 à 200 mètres (réf.)								
plus de 500 mètres								0,3***
Proportion d'infrastructures cyclables par rapport à l'ensemble du réseau routier (%)								
0 % (réf.)								
15 % et plus								1,7*

Clef de lecture : dans le modèle 1, nous avons seulement spécifié l'existence de deux niveaux et intégré aucune variable explicative pour obtenir une première mesure de la part de variance inter-secteurs (ici de 11,9 % d'après l'ICC) et y rapporter ensuite les mesures de cette part obtenues dans les modèles suivants (2,7 % dans le modèle 8 d'après l'ICC). On peut dire à partir du VPC que l'ajout de l'ensemble des variables significatives explique 78 % de la variance inter-secteurs.

, ** et * sont les niveaux de significativité de la p-value à 10 %, 5 % et 1 % respectivement.*

D'autres différences existent entre les deux aires urbaines, le modèle toulousain fait ressortir une plus grande variété de facteurs associés à un usage moins important du vélo. Les transports en commun y exercent une véritable concurrence au vélo (les personnes vivant à plus de 500 mètres d'une station de transport en commun ont entre 50 et 150 % de chances en plus de faire du vélo que ceux qui vivent à moins de 200 mètres d'une station). Par ailleurs le dénivelé plus marqué à Toulouse qu'à Nantes explique pourquoi il ressort comme un facteur discriminant dans le modèle toulousain. Enfin ceux qui détiennent un VAE ont 2,3 fois plus de chances de faire du vélo que les autres. La possession d'un VAE semble un levier contre le problème du dénivelé mais ceux qui en possèdent ne font pas nécessairement de vélo sur de plus longues distances. Par ailleurs il n'intervient pas dans l'explication des écarts entre centre et périurbain dans la mesure où il est globalement très peu répandu (moins de 2 % des ménages toulousains possèdent un VAE) et que les ménages qui en possèdent sont également répartis entre le centre et la périphérie de l'aire urbaine toulousaine.

2.2. Analyse du poids des facteurs dans les écarts entre les composantes des aires urbaines

La variation des coefficients associés à la variable « composante dans laquelle réside la personne » entre le modèle 2 (modèle avec seulement cette variable composante) et les modèles complets (modèle 8 pour Nantes et modèle 9 pour Toulouse) permet d'analyser le poids des facteurs expliquant l'hétérogénéité de l'usage du vélo entre le centre, la banlieue et le périurbain. Les coefficients associés à cette variable « composante de résidence » dans le modèle 2 reflètent la sous-représentation des cyclistes parmi les périurbains par rapport à la part qu'ils représentent parmi les résidents du centre. À partir des odds-ratio calculés sur cette variable pour ce modèle intermédiaire (modèle 2), il est possible d'estimer que les périurbains de Nantes ont 2 fois moins de chances de faire du vélo que ceux du centre (0,45) et que les périurbains de Toulouse ont 5 fois moins de chances d'en faire usage que ceux du centre (0,21). Les variations des coefficients « composantes de résidence » au fur et à mesure des ajouts de groupes de variables jusqu'au modèle complet reflètent l'intensité du rôle de ces variables dans le creusement des disparités de l'usage du vélo entre centre et périurbain. Lorsque l'ajout d'un groupe de variables au modèle fait augmenter les coefficients « composantes de résidence », cela signifie qu'une partie des écarts de probabilité de faire usage du vélo pour des personnes résidant dans des composantes différentes est liée à des effets de composition, c'est-à-dire à l'inégale répartition de ces variables entre les personnes de composantes différentes. Plus la variation des coefficients composantes de résidence est importante d'un modèle n à un modèle $n + 1$, plus les variables intégrées au modèle $n + 1$ contribuent aux écarts d'usage du vélo entre individus de composantes différentes du fait de leur inégale répartition entre composantes. Lorsque les deux modèles sont complets, les coefficients « composantes de résidence » ne présentent plus de différences significatives, c'est à dire qu'une fois qu'ont été intégrées les variables qui influencent l'usage du vélo et qui sont réparties

de manière hétérogène d'une composante à l'autre, les résidents de banlieue ou du périurbain n'ont pas moins de chance de faire usage du vélo que ceux du centre¹⁷.

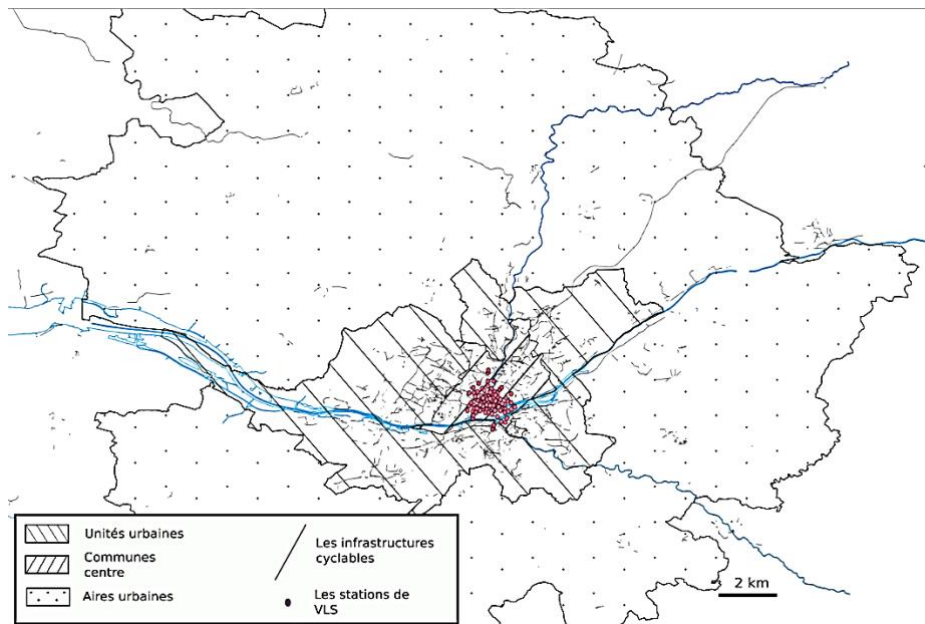
La présence exclusive du système de vélo en libre-service dans les villes-centre (Carte 2) semble constituer un avantage déterminant pour le développement de l'usage du vélo dans ces espaces, et plus particulièrement dans l'hypercentre. Ainsi pour Toulouse comme pour Nantes, la variation de coefficient la plus spectaculaire coïncide avec l'ajout de la variable « distance à la station de vélo en libre-service la plus proche » et « proportion d'infrastructures cyclables par rapport à l'ensemble du réseau routier » (le coefficient associé au périurbain passe de 0,91 à 1,86 à Nantes, de 0,62 à 1,17 à Toulouse). Cette variation confirme l'impact attendu et décisif des politiques cyclables, même si dans le détail les modèles mettent nettement moins en avant les infrastructures cyclables (variable explicative faiblement significative même si une part importante de ces infrastructures dans le réseau routier d'un environnement proche augmente les chances de pratique du vélo de 60 à 70 %) que le déploiement des vélos en libre-service (variable fortement significative et division par trois des chances pour une personne de faire usage du vélo si elle vit à plus de 500 mètres d'une station vélo en libre-service par rapport à celle qui y vit à moins de 200 mètres). Cette forte variation est imputable à la fois à l'influence de ce service et de ces infrastructures sur l'usage du vélo, et à leur répartition très inégale au sein des deux aires urbaines. La densité d'infrastructures cyclables est presque dix fois moins importante dans le périurbain que dans la ville-centre et le principal service de vélo en libre-service des deux aires ne se déploie pas au-delà des limites des communes-centre.

De manière moins marquante, les écarts entre le centre et le périurbain sont accentués par les caractéristiques du réseau routier et du réseau de transport en commun (le coefficient associé au périurbain passe de 0,72 à 0,91 à Nantes, 0,39 à 0,62 à Toulouse). En effet ce dernier est nettement plus dense dans les communes-centre que dans les couronnes périurbaines et les zones 30 sont déjà déployées dans les communes de Nantes et Toulouse quand elles sont absentes dans les couronnes. À distance de trajets égale, les personnes qui se déplacent en banlieue et au centre ont environ deux fois moins de chances de faire du vélo que les personnes qui ne se déplacent qu'au centre. La forte variation du coefficient « composante de résidence », lorsqu'on ajoute la variable explicative « composante de déplacement », montre que les résidents de banlieue en particulier sont moins nombreux à faire du vélo que ceux du centre parce qu'ils sont aussi plus nombreux à se déplacer entre le centre et la banlieue. Cet élément renvoie à l'idée que l'hétérogénéité spatiale de l'usage du vélo dépend non seulement de la « cyclabilité » des environnements

¹⁷ Il ne s'agit cependant pas de conclure que toutes les variables incluses dans le modèle suffisent à expliquer l'ensemble des écarts d'usage entre les résidents des trois composantes des deux aires urbaines. L'effet de certains groupes de variables explicatives sur la variation des coefficients « composantes de résidence » peut être aussi le produit de variables plus difficiles à intégrer dans un modèle statistique. Par exemple, la mesure de l'impact de la répartition inégale entre les composantes des aires urbaines des infrastructures et des services cyclables englobe aussi en partie l'effet de l'inégale répartition d'actions plus secondaires, mais plus difficiles à quantifier, en faveur du vélo.

proches de la résidence mais aussi de la « cyclabilité » des espaces traversés au cours des déplacements. Or, à Toulouse comme à Nantes, la présence d'un périphérique autoroutier séparant le centre et la banlieue contribue à ce que les liaisons centre-banlieue soient plus efficaces en voiture et plus difficiles à vélo.

Carte 2. La concentration des infrastructures et des services cyclables au centre de l'aire urbaine nantaise en 2015

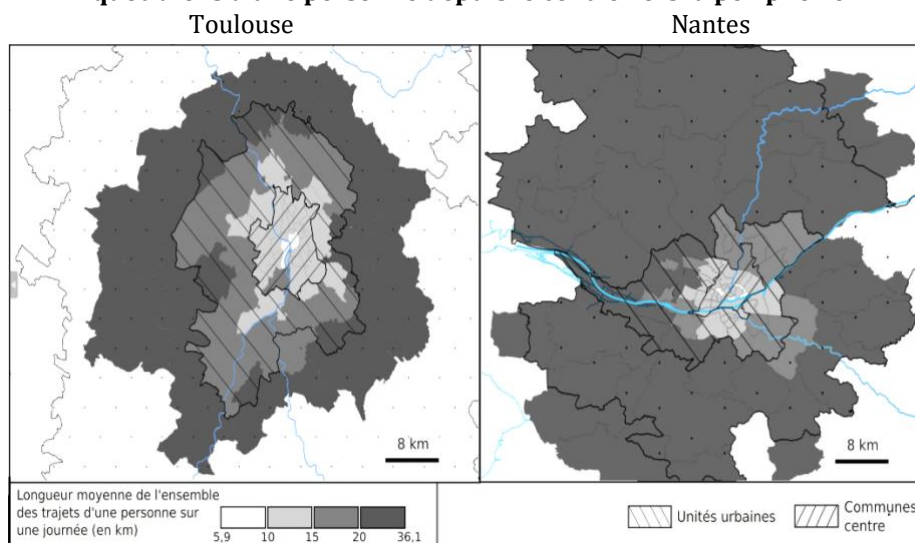


À ces facteurs liés aux caractéristiques de l'environnement proche des personnes viennent s'ajouter les caractéristiques des mobilités des individus vivant dans ces différentes composantes (du modèle 4 au modèle 5, le coefficient associé au périurbain passe de 0,53 à 0,68 à Toulouse, de 0,24 à 0,4 à Nantes). Les modèles confirment donc l'idée que la longueur des trajets est un obstacle majeur à l'usage du vélo dans le périurbain. La distance totale des trajets d'un habitant du périurbain est en moyenne largement supérieure à celle d'un habitant du centre (24,4 km contre 11,6 km pour l'aire urbaine nantaise, 27 km contre 12,2 km dans l'aire urbaine de Toulouse) (Carte 3). En tenant compte de la longueur des sorties, on s'aperçoit cependant qu'à Toulouse comme à Nantes 25 % des périurbains ne font que des sorties courtes¹⁸, ce qui confirme l'idée d'un potentiel vélo pour une proportion notable de périurbains. En revanche, plus de 38 % des périurbains font uniquement des sorties de plus de 10 km alors qu'ils sont 23 % dans la commune-centre de Nantes et seulement 6 % dans la commune-centre de Toulouse. Pour cette dernière, plus de la moitié des personnes font uniquement des sorties courtes contre

¹⁸ Les sorties dites courtes ici sont inférieures ou égales à 4 km. Ce seuil a été choisi dans la mesure où à partir des EMD de Toulouse et de Nantes nous pouvons établir que 80 % des sorties à vélo n'excèdent pas ce seuil.

27 % des habitants de Nantes. Cette forte proportion à Toulouse peut expliquer en partie pourquoi le déséquilibre entre le centre de Toulouse et le périurbain est plus prononcé qu'à Nantes où la part de ceux dont les sorties n'excèdent pas 4 kilomètres est relativement similaire dans le centre et le périurbain (27,2 contre 24,7 %).

Carte 3. L'allongement des distances moyennes de l'ensemble des trajets quotidiens d'une personne depuis le centre vers la périphérie



Si le modèle confirme l'idée d'une surreprésentation des cadres et des étudiants parmi les cyclistes, celle-ci ne génère en revanche pas plus d'hétérogénéité spatiale dans l'usage du vélo entre les composantes des aires urbaines. Ainsi, les coefficients associés au périurbain sont-ils quasiment identiques après l'ajout des variables représentant les caractéristiques socio-démographiques. D'une part, à Toulouse, les différentes catégories socio-professionnelles sont assez équitablement réparties dans les trois composantes. De l'autre, à Nantes, la moindre part de cadres dans le périurbain est contrebalancée par un usage un peu plus accru du vélo chez les enfants et les ouvriers, plus présents dans le périurbain nantais qu'à Nantes même ou dans le périurbain toulousain.

De façon plus générale, ces modèles illustrent bien la différence entre des variables qui sont associées à des différences de probabilité d'usage du vélo entre individus d'une part et entre les individus résidant dans des composantes différentes d'autre part. La variable représentant les composantes où se déplacent les personnes contribue de manière assez marginale aux différences inter-individu par rapport aux caractéristiques socio-démographiques des personnes ou de leurs déplacements (pour le modèle de Nantes comme pour celui de Toulouse, l'AIC, qui est une mesure de la qualité de l'ajustement du modèle, évolue très peu lorsqu'on ajoute la variable « composantes au sein desquelles les personnes se déplacent »). En revanche elle apparaît comme étant nettement plus décisive dans les différences

inter-composantes, en particulier parce que les déplacements centre à centre, qui sont les plus favorables au vélo, sont réalisés par une majorité des centraux et une minorité de résidents de banlieue ou du périurbain.

Au-delà de l'opposition entre le centre et la périphérie, les modèles construits permettent de donner des éléments d'explication à l'hétérogénéité de la part des usagers du vélo entre les individus d'une même composante. Cependant, compte tenu de la faiblesse des parts d'usagers du vélo dans le périurbain, ces modèles tendent surtout à mettre en évidence les facteurs qui génèrent de l'hétérogénéité entre les secteurs du centre et entre les secteurs de banlieue. La plus grande part de la variance inter-secteurs est ainsi expliquée par la concentration des stations de VLS dans l'hypercentre de Toulouse et de Nantes par opposition aux secteurs plus périphériques de la commune-centre qui en sont souvent dépourvus. De façon plus marginale, l'hétérogénéité interne aux couronnes périurbaines de Toulouse et de Nantes peut trouver des sources d'explication assez différentes. À Toulouse, en banlieue comme dans le périurbain, le relief plus prononcé à l'est explique en grande partie le déséquilibre est-ouest propre à cette aire urbaine¹⁹. À Nantes, les disparités de taux d'usage au sein du périurbain suivent pour partie des différences de polarisation de ces espaces par la métropole nantaise. Ainsi, un certain nombre de secteurs du périurbain lointain, où la part des usagers du vélo est assez importante et s'élève à près de 5 %, se démarquent notamment par des parts plus élevées de personnes dont les sorties sont courtes et n'ont pas Nantes pour destination.

2.3. Les effets d'interaction : la faible part des usagers du vélo dans le périurbain résulte-telle de combinaisons spatialisées de facteurs dissuasifs ?

Les modèles de Nantes comme de Toulouse ne laissent pas apparaître beaucoup d'effets d'interactions significatifs impliquant le fait d'être résidant du périurbain et du centre. Ceci peut signifier soit que l'impact des facteurs intégrés aux modèles ne varie pas au sein d'une aire urbaine, soit que l'impact est trop faible pour être perçu par un modèle limité par un échantillon de cyclistes trop réduit. On observe néanmoins une interaction notable entre le fait de posséder une voiture et la qualité de l'environnement cyclable. Tandis que ceux qui n'en possèdent pas ont la même probabilité de faire du vélo quelle que soit le niveau de développement des politiques cyclables ou de restriction de la vitesse automobile autour de chez eux, ceux qui possèdent une voiture sont nettement plus enclins à délaisser le vélo lorsque ces politiques sont moins développées autour de chez eux. Le développement des politiques cyclables et des zones 30 pourrait ainsi participer au transfert modal d'une partie des déplacements de la voiture vers le vélo tandis que là où elles ne se développent pas le vélo reste surtout l'apanage de cyclistes « contraints ». En couronne périurbaine, cette situation se traduit par une surreprésentation des enfants et des adolescents parmi les cyclistes (jusqu'à 46 % des cyclistes ont moins de 18 ans dans le périurbain nantais). Les effectifs de jeunes

¹⁹ Par ailleurs le moindre usage du vélo dans le périurbain toulousain par rapport au périurbain nantais se révèle comme une réunion de plusieurs facteurs parmi lesquels s'impose surtout le relief accidenté de l'Est toulousain.

cyclistes ne sont pas moins nombreux dans les communes-centres mais il est complété par des effectifs de cyclistes d'âges intermédiaires qui y sont bien plus présents. La surreprésentation des enfants parmi les cyclistes du périurbain est aussi pour partie liée à une répartition spatiale des établissements scolaires plus équilibrée que celle des emplois entre le centre et le périurbain. Ainsi, alors que pour toutes les catégories d'âge la distance moyenne des trajets passe de 4 km pour les habitants du centre à 7 km pour les périurbains, elle reste d'environ 3 km pour les moins de 18 ans au centre comme en périurbain.

CONCLUSION ET DISCUSSION

L'exploitation des EMD et la construction d'un modèle multi-niveau permettent d'appréhender les facteurs qui expliquent que le vélo soit beaucoup plus utilisé dans le centre des aires urbaines françaises que dans les banlieues et surtout les couronnes périurbaines. À partir d'une application sur Nantes et Toulouse, cette étude s'est prioritairement portée sur la mise en évidence des facteurs d'influence dits « objectifs » liés aux caractéristiques socio-démographiques des individus ou à des caractéristiques environnementales. Il s'agit néanmoins de ne pas ignorer l'impact de facteurs « subjectifs » qui contribuent aussi à renforcer les disparités entre centre et périurbain (influence des représentations liées au vélo, poids d'une « culture vélo » locale, campagne de communication ou d'action d'une association pro-vélo...) (Brisbois, 2010 ; Willis et al., 2015 ; Munoz et al., 2016). Ainsi, une exploration annexe de la fiche opinion de l'EMD toulousaine montre que si périurbains et urbains sont aussi nombreux à dire qu'il faut développer l'usage du vélo chez eux, les premiers associent néanmoins plus le vélo à un loisir qu'à un mode de transport aux qualités comparables à celles de la voiture. Dans cet article, le choix de privilégier une étude quantitative des facteurs « objectifs » répond à la nécessité de mettre en valeur leur effet dans des contextes spatiaux différents de ceux où ils ont été déjà étudiés (Handy et al., 2014). Les résultats obtenus à partir des cas de Nantes et Toulouse confortent l'idée que le moindre usage du vélo dans les couronnes périurbaines est associé à deux facteurs principaux.

Les déplacements des périurbains de Nantes et de Toulouse sont fortement polarisés par leur agglomération centrale. Le moindre usage du vélo des périurbains s'explique en partie par les caractéristiques des déplacements d'une majorité d'entre eux, en particulier ceux des actifs, qui sont encore largement marqués par de longs trajets entre le domicile et l'agglomération centrale.

Dans les centres, le développement des politiques cyclables, en particulier des services de VLS, associés à une politique de restriction de la vitesse automobile contribue à renforcer l'usage du vélo. À l'inverse dans le périurbain des deux aires, ces politiques sont encore très lacunaires ou absentes en 2015, ce qui contribue à ce que la voiture reste le mode privilégié pour le périurbain y compris pour ceux dont les sorties n'excèdent pas 10 kilomètres.

Depuis ces enquêtes cependant, les politiques cyclables commencent à s'étendre au-delà des limites des agglomérations centrales à Toulouse comme à Nantes. Le renforcement des programmes de subventionnement des politiques cyclables des collectivités par l'État depuis 2019 contribue notamment à la mise en place de schémas directeurs cyclables à l'échelle d'EPCI périurbains. Néanmoins la transposition des politiques cyclables constituées dans les milieux urbains aux espaces périurbains se heurte à plusieurs limites. Par exemple, les systèmes de VLS développés actuellement dans les grandes agglomérations ne sont pas viables financièrement dans des espaces de moindre densité. La question du coût accru des investissements en matière de politique cyclable dans ces espaces invite les collectivités à adopter des stratégies différentes dont les bénéfices ne sont pas encore pleinement mesurables, compte tenu de leur développement tardif.

RÉFÉRENCES

- Adam, M., Ortar, N., Merchez, L., Laffont, G. H., et Rivano, H.** 2020. Susciter la parole des cyclistes : traces GPS et vidéos au service de l'entretien. *EspacesTemps.net*.
- Aguiléra, A., Conti, B. et Le Néchet, F.** 2017. Accompagner la transition vers des mobilités plus durables dans le périurbain. *Transports urbains*, (1), 3-9.
- Aldred, R.** 2019. Built environment interventions to increase active travel: A critical review and discussion. *Current environmental health reports*, 6(4), 309-315.
- Berger, M., Aragau, C. et Rougé, L.** 2014. Vers une maturité des territoires périurbains ?. Développement des mobilités de proximité et renforcement de l'ancrage dans l'ouest francilien. *Echogéo*, (27).
- Bonham, J. et Wilson, A.** 2012. Bicycling and the life course: The start-stop-start experiences of women cycling. *International Journal of Sustainable Transportation*, 6(4), 195-213.
- Bourne, J. E., Cooper, A. R., Kelly, P., Kinnear, F. J., England, C., Leary, S. et Page, A.** 2020. The impact of e-cycling on travel behaviour: A scoping review. *Journal of Transport & Health*, 19.
- Brisbois, X.** 2010. *Le processus de décision dans le choix modal : importance des déterminants individuels, symboliques et cognitifs*. Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès-France-Grenoble II.
- Buehler, R. et Dill, J.** 2016. Bikeway networks: A review of effects on cycling. *Transport Reviews*, 36(1), 9-27.
- Cervero, R. et Kockelman, K.** 1997. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation research part D: Transport and environment*, 2(3), 199-219.
- Dusong, C.** 2021. *Les dynamiques de l'usage du vélo dans les espaces de banlieue : continuités, décalages et ruptures : le cas de l'Île-de-France*. Thèse de doctorat, Paris Est.
- Ewing, R., Hamidi, S., Tian, G., Proffitt, D., Tonin, S. et Fregolent, L.** 2018. Testing Newman and Kenworthy's theory of density and automobile dependence. *Journal of Planning Education and Research*, 38(2), 167-182.
- Floch, J. M. et Levy, D.** 2011. Le nouveau zonage en aires urbaines de 2010 : poursuite de la périurbanisation et croissance des grandes aires urbaines. *Insee Première*, 1375.
- Handy, S., Van Wee, B. et Kroesen, M.** 2014. Promoting cycling for transport: research needs and challenges. *Transport Reviews*, 34(1), 4-24.
- Harms, L., Bertolini, L. et Te Brömmelstroet, M.** 2014. Spatial and social variations in cycling patterns in a mature cycling country exploring differences and trends. *Journal of Transport & Health*, 1(4), 232-242.

- Heinen, E., Panter, J., Mackett, R. et Ogilvie, D.** 2015. Changes in mode of travel to work: a natural experimental study of new transport infrastructure. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 1-10.
- Heinen, E. et Buehler, R.** 2019. Bicycle parking: a systematic review of scientific literature on parking behaviour, parking preferences, and their influence on cycling and travel behaviour. *Transport Reviews*, 39(5), 630-656.
- Héran, F.** 2012. Vélo et politique globale de déplacements durables. Rapport final de recherche, PREDIT.
- Héran, F.** 2018 : « Le système vélo », Forum Vies Mobiles.
- Le Néchet, F. et Aguiléra, A.** 2012. Forme urbaine et mobilité domicile-travail dans 13 aires urbaines françaises : une analyse multi-échelle. *Recherche Transports Sécurité*, 28(3), 259-270.
- MacArthur, J., Cherry, C. R., Harpool, M. et Scheppke, D.** 2018. *A North American survey of electric bicycle owners* (No. NITC-RR-1041). National Institute for Transportation and Communities (NITC).
- McDougall, E. et Doucet, B.** 2022. Polarized Paths: 'Selling' Cycling in City and Suburb. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*.
- Mathon, P. et Palmier, P.** 2012. Vélo et politique globale de mobilité durable. *Comment estimer le potentiel cyclable d'un territoire ? Une application sur l'agglomération lilloise*. PREDIT.
- Mertens, L., Compernelle, S., Deforche, B., Mackenbach, J. D., Lakerveld, J., Brug, J., Roda, C., Feuillet, T., Oppert, J.-M., Glonti, K., Rutter, H., Bardos, H., De Bourdeaudhuij, I. et Van Dyck, D.** 2017. Built environmental correlates of cycling for transport across Europe. *Health & place*, 44, 35-42.
- Moineddin, R., Matheson, F. I. et Glazier, R. H.** 2007. A simulation study of sample size for multilevel logistic regression models. *BMC medical research methodology*, 7(1), 1-10.
- Motte-Baumvol, B., Chevallier, L. B. et Morel-Brochet, A.** 2012. *Les territoires périurbains entre dépendance automobile et ségrégation socio-spatiale, les ménages modestes fragilisés par les coûts de la mobilité*, Rapport de recherche pour le PUCA.
- Muñoz, B., Monzon, A. et Daziano, R. A.** 2016. The increasing role of latent variables in modelling bicycle mode choice. *Transport Reviews*, 36(6), 737-771.
- Pucher, J. R. et Buehler, R.** 2011. *Analysis of bicycling trends and policies in large North American cities: Lessons for New York*. University Transportation Research Center Region 2.
- Rérat, P.** 2021. The rise of the e-bike: Towards an extension of the practice of cycling ?. *Mobilities*, 16(3), 423-439.
- Schoeneberger, J. A.** 2016. The Impact of Sample Size and Other Factors When Estimating Multilevel Logistic Models, *The Journal of Experimental Education*, 84:2, 373-397.
- Solère R. et Jouannot T.** 2013. Usagers et déplacements à vélo en milieu urbain. Analyse des Enquêtes Ménages Déplacements. CERTU.
- Tribby, C. P. et Tharp, D. S.** 2019. Examining urban and rural bicycling in the United States: Early findings from the 2017 National Household Travel Survey. *Journal of Transport & Health*, 13, 143-149.
- Vande Walle, S. et Steenberghen, T.** 2006. Space and time related determinants of public transport use in trip chains. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(2), 151-162.
- Willis, D. P., Manaugh, K. et El-Geneidy, A.** 2015. Cycling under influence: summarizing the influence of perceptions, attitudes, habits, and social environments on cycling for transportation. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(8), 565-579.

- Winters, M., Friesen, M. C., Koehoorn, M. et Teschke, K.** 2007. Utilitarian bicycling: a multilevel analysis of climate and personal influences. *American Journal of Preventive Medicine*, 32(1), 52-58.
- Winters, M., Buehler, R. et Götschi, T.** 2017. Policies to promote active travel: evidence from reviews of the literature. *Current Environmental Health Reports*, 4(3), 278-285.
- Wu, S., Crespi, C. M. et Wong, W. K.** (2012). Comparison of methods for estimating the intraclass correlation coefficient for binary responses in cancer prevention cluster randomized trials. *Contemporary Clinical Trials*, 33(5), 869-880.

Cycle mobility in the peri-urban areas of Nantes and Toulouse: a multilevel modeling

Abstract – In France, the use of the bicycle as a daily transport mode has experienced a sharp growth in the center of large functional urban areas for several years but remains very marginal in the peri-urban areas of these same areas. This article proposes to quantify the weight of the factors influencing the use of the bicycle to explain the lower use of this means of transport in the outer suburbs of Nantes and Toulouse compared to the central municipalities of these two areas. The construction of a multilevel model and data from household travel surveys strengthens the idea that the heterogeneity of bicycle use within functional urban areas results mainly from the uneven development of cycling policies, between the center and the periphery, and the high proportion of peri-urban residents whose trip chains are long.

Key-words

Cycling mobility
French outer suburbs
French functional urban areas
Multilevel modeling
