



**HAL**  
open science

# Interdire les voitures pour promouvoir les vélos ? Une étude sur la ville de Tours

Antoine Pietri

► **To cite this version:**

Antoine Pietri. Interdire les voitures pour promouvoir les vélos ? Une étude sur la ville de Tours. *Revue d'économie régionale et urbaine*, 2023, 2023-4, pp.551-578. 10.3917/reru.234.0551 . hal-04283822

**HAL Id: hal-04283822**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04283822v1>**

Submitted on 27 Nov 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.

# Interdire les voitures pour promouvoir les vélos ? Une étude sur la ville de Tours

**Banning cars to promote bicycles? A study case based on the city of Tours**

Antoine PIETRI

CEE-M, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Montpellier SupAgro, Montpellier, France

[antoine.pietri@umontpellier.fr](mailto:antoine.pietri@umontpellier.fr)

N°ORCID : 0000-0003-2730-2239

## Mots-clés

Évaluation de politique publique ; Incitation au vélo ; Série temporelle segmentée.

## Keywords

Cycle promotion; Interrupted time series analysis; Public policy evaluation.

**Classification JEL** : C22, R41, R42

## Résumé

Nous avons étudié, pour la ville de Tours, l'effet de la fermeture du Pont Wilson aux voitures entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021 sur la fréquentation cycliste du pont. Nous disposons de données quotidiennes de compteurs vélos entre le 2 juin 2016 et le 24 mai 2021, de variables de contrôles calendaires, climatiques et sanitaires. En recourant à la méthode des séries temporelles segmentées, nous trouvons que cette fermeture est associée à une hausse de 7,23 % (IC95 % : +0,1 % ; +14,7 %) du trafic cycliste. En raison de certaines limites inhérentes à nos données (*e.g.*, changements de compteurs vélos, aménagements cyclistes transitoires dans la ville de Tours), il semble toutefois difficile d'imputer la totalité de l'effet obtenu à la fermeture du Pont Wilson.

## Abstract

We study the effect of the closing of the Wilson Bridge (in the French city of Tours) to cars between August 13, 2020 and May 24, 2021 on bicycle ridership. We use the daily data from bicycle counters available on the OpenData Tours Métropole Val de Loire website between June 2, 2016 and May 24, 2021. In order to take into account other factors that may impact cycling, we collected data on control variables related to the timing, the climate and the COVID pandemic. We argue that calculations based on average bicycle ridership comparisons tend to significantly overestimate the effect of closing the Wilson Bridge to cars (a 20% increase when comparing one specific month before and after the closing). Indeed, the increasing trend in bicycle use and growing environmental awareness are very strong confounding factors. Using an interrupted time series analysis, we find that this closure would be associated with a 7.23% (CI95%: +0.1%; +14.7%) increase in bicycle traffic. We performed several robustness tests and falsification tests that allowed us to confirm that there was indeed an increase in bicycle traffic. We believe it is important to conduct this type of study, especially when there are multiple exogenous shocks. Finally, we highlight some limitations of our methodology. In particular, because of the data used, it is impossible to clearly separate the effect attributable to a specific development from the totality of bicycle developments made during the COVID pandemic. One should stay particularly cautious with the results of the present study.

## Points clés

- Nous étudions l'effet de l'interdiction aux voitures du Pont Wilson sur le trafic cycliste.
- Nous utilisons les données disponibles sur le portail OpenData Tours Métropole Val de Loire.
- Nos résultats indiquent une hausse de 7,23% (IC95% : 0,1% – 14,7%) du nombre de vélos sur la période de fermeture du pont aux voitures.
- Ces résultats doivent être interprétés prudemment en raison de l'existence de facteurs confondants.

-1-

## Introduction

L'utilisation du vélo est un enjeu de santé publique (Götschi *et al.*, 2016 ; Tainio *et al.*, 2016) et de transition écologique (Courbe, 2020) constituant un impératif des politiques d'aménagement urbains. À l'échelle de l'Union Européenne, Gössling *et al.* (2019) estiment que chaque kilomètre parcouru en voiture génère un coût social de 0,11€, tandis que la même distance parcourue à vélo serait à l'origine d'un bénéfice social de 0,18€, en partie grâce aux bienfaits sur la santé. Il est donc important de promouvoir la pratique du vélo.

Au niveau individuel, la littérature économique appréhende fréquemment le choix du mode de transport comme un arbitrage coûts-bénéfices (Elvik, 2000 ; Barberan *et al.*, 2017). Parmi les coûts, nous pouvons citer les coûts monétaires associés à l'utilisation d'un mode de transport (achat et entretien, carburant éventuel etc.) et les coûts non monétaires (durée du transport, sécurité, congestion routière, émissions de polluants, niveau d'effort physique etc.). Du côté des bénéfices sont valorisés les effets de certains modes de transport sur la santé et les aménités positives le long des trajets empruntés. Au final, l'individu choisit le mode de transport lui conférant les bénéfices nets des coûts les plus importants.

Exception faite de la marche à pied, le vélo est le mode de transport disposant des coûts monétaires les plus faibles, notamment avec le développement du marché de l'occasion (Courbe, 2020). Par ailleurs, il permet de réduire significativement les temps de transport dans les espaces urbains souvent caractérisés par une forte congestion routière (Wardman *et al.*, 2007). La sécurité est l'un des aspects négatifs du recours au vélo en raison d'une part plus importante d'accidents impliquant un vélo avec une voiture ou un piéton (Elvik, 2000 ; De Geus *et al.*, 2008 ; Courbe, 2020). Avec des données sur la ville de Montréal, Lusk *et al.* (2011) mettent en évidence que le risque relatif d'un accident sur une piste cyclable est de 0,72 par rapport à l'absence de piste cyclable. En d'autres termes, les collectivités locales jouent un rôle important pour limiter les risques associés à la pratique du vélo. Concernant l'inhalation de substances polluantes, les cyclistes sont davantage exposés lorsque les pistes cyclables sont à proximité des grands axes routiers (Panis *et al.*, 2010 ; Ragetti *et al.*, 2013 ; Gelb et Apparicio, 2021), ce qui peut constituer un frein important à l'usage du vélo. Cependant, la pratique du vélo constitue aussi un moyen de réduction de l'émission des particules fines si elle se substitue à l'utilisation de la voiture. Du côté des bénéfices, la pratique du vélo est d'autant plus appréciée qu'il y a des parcs sur le trajet ou d'aménagements spécifiques pour les deux roues (Boone-Heinonen *et al.* 2009 ; Wardman *et al.*, 2007). Ici encore, le rôle des collectivités locales dans

l'organisation du trafic cycliste est prépondérante pour inciter les usagers à recourir au vélo. Enfin, les effets sur la santé sont bien documentés et perçus par la population. D'après une enquête menée par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), le vélo est considéré comme le moyen de transport actif le plus bénéfique pour la santé, devant la marche (Papon, 2018). Une pratique régulière du vélo aurait des effets bénéfiques sur la prévention des maladies cardio-vasculaires, le diabète, l'obésité ou encore certaines formes de cancer tel le cancer du sein et du colon (De Hartog *et al.*, 2010).

En tenant compte de cet arbitrage coûts-bénéfices, il est alors possible d'encourager la pratique cycliste à travers différents leviers : renchérissements des modes de transports alternatifs, subventions à l'achat du matériel cycliste ou encore aménagements de zones réservées à la circulation des cyclistes. Dans cet article, nous proposons d'étudier l'effet de la fermeture à la circulation automobile du Pont Wilson, à Tours, qui a eu lieu entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021. Ce type de mesure permet à la fois de sécuriser les trajets cyclistes – sur le plan de l'intégrité physique et de l'exposition aux particules fines – et de diminuer le temps de trajet d'un cycliste relativement à un automobiliste. La question du succès, ou non, est complexe car les objectifs associés à ce type d'aménagements sont nombreux : diminution des conflits entre piétons et cyclistes, incitation à l'utilisation du vélo plutôt que la voiture, mais aussi le contentement des électeurs. Dans le cadre de cet article, nous nous focalisons sur le lien entre la fermeture du Pont Wilson aux voitures et le trafic cycliste sur ce pont.

Nous recourons à la méthode des séries temporelles segmentées (*Interrupted Time Series*, ci-après ITS) consistant à se servir des observations passées pour construire un scénario contrefactuel. En l'absence d'un groupe témoin, cette méthode constitue la meilleure manière de déterminer la magnitude de l'effet d'une mesure (López Bernal *et al.*, 2017 ; Wagner *et al.*, 2002). Nous trouvons que l'interdiction aux voitures du pont Wilson serait responsable d'une augmentation de la fréquentation cycliste de 7,23 % (IC95% : 0,1% – 14,7%) entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021. Cependant, en raison de la mise en œuvre concomitante de plusieurs aménagements transitoires cyclables, il nous semble plus prudent d'attribuer cette hausse de 7,23 % à un ensemble de mesures ayant eu lieu sur la période à Tours. Enfin, cette étude met aussi en évidence les effets de la crise sanitaire sur l'utilisation du vélo par les Tourangeaux. Il apparaît que les deux premiers confinements de 2020, ainsi que le télétravail influencent négativement le nombre de vélos en circulation. En revanche, le troisième confinement, moins strict en termes d'encadrement des mobilités, aurait quant à lui stimulé le trafic cycliste sur le pont.

Dans la section suivante, nous présentons quelques éléments sur le contexte tourangeau ainsi qu'une revue de la littérature des méthodes traditionnellement utilisées pour mesurer l'efficacité des aménagements cyclables. La troisième section présente notre méthode et nos résultats. La quatrième section discute des limites de notre étude avant de conclure dans la cinquième section.

-2-

## Éléments de contexte

Pour appréhender la pertinence de la méthodologie déployée dans ce travail, il nous paraît important d'expliquer le contexte tourangeau. Comprendre le positionnement géographique du Pont Wilson ainsi que le contexte politique pendant l'interdiction de la circulation des voitures

permet de justifier certains choix opérés dans notre stratégie empirique. Par ailleurs, nous explorons la littérature traitant de l'évaluation des effets des aménagements cyclables sur l'utilisation du vélo pour mettre en lumière certaines limites méthodologiques. La présentation de ces éléments de contexte permet de mettre en avant les contributions de notre travail.

## 2.1. Quelques éléments sur Tours et le Pont Wilson

Tours est une commune de la région Centre-Val de Loire qui compte 137 087 habitants en 2019. D'après une étude menée par le Collectif Cycliste 37 (2020) sur les villes de plus de 100 000 habitants en 2019, Tours figure à la 22<sup>ème</sup> place du classement du nombre de mètres de pistes cyclables par habitant (32km pour un total de 0,237m de pistes cyclables / habitant). Elle se hisserait même à la 1<sup>ère</sup> place si l'on intègre l'ensemble des aménagements cyclables (dont les trottoirs partagés, bandes cyclables etc.). De même, elle apparaît comme la 7<sup>ème</sup> grande ville de France la mieux adaptée au vélo en 2021 (Baromètre des villes cyclables, 2021). Cependant, la part modale du vélo dans les déplacements se situe seulement autour de 3% en 2019 (Syndicat des mobilités de Touraine, 2020). Les aménagements cyclables constituent donc une préoccupation centrale de la ville de Tours.

Sur le plan politique, en juin 2020, Emmanuel Denis, candidat Europe Écologie Les Verts, a été élu maire de Tours au second tour des élections municipales avec 54,94% des suffrages exprimés. Sa première décision municipale a été la création d'un « nouveau parcours de piste cyclable transitoire » visant à relier le centre de Tours et la Gare TGV de Saint-Pierre-des-Corps (Duguet, 2020). Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons à une action forte : la fermeture du Pont Wilson aux voitures entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021<sup>1</sup>.

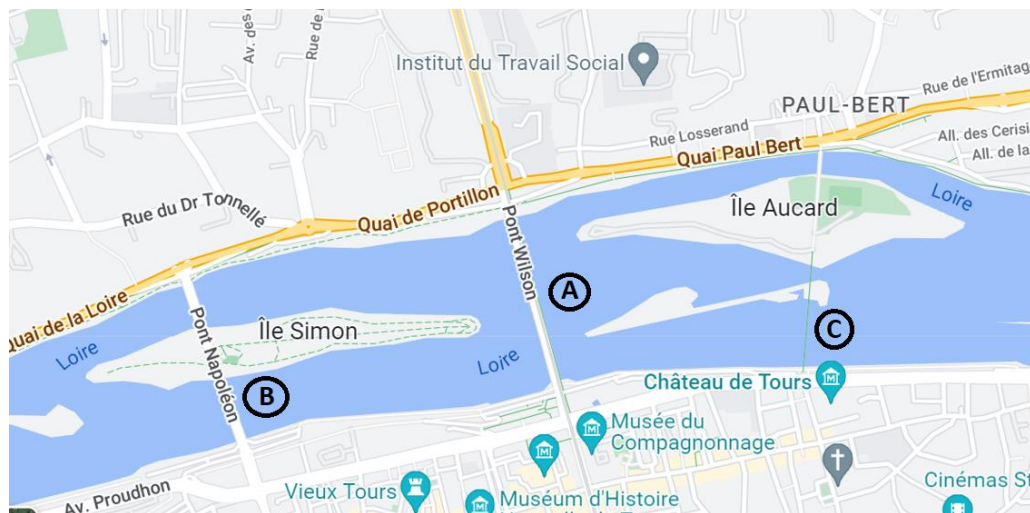
Le Pont Wilson est le pont le plus ancien de Tours. Long de 434 mètres il enjambe la Loire et permet de faire la jonction entre le Nord de Tours et le vieux Tours. Depuis la mise en service du tramway en 2013, il accueillait des cyclistes, des voitures, des piétons et des tramways. Lors de la tenue du premier conseil municipal du nouveau maire de Tours, le 24 juillet 2020, la fermeture du Pont Wilson aux voitures a été annoncée avec une prise d'effet au 13 août 2020. Dans les discours d'Emmanuel Denis, cette mesure a été présentée comme un aménagement transitoire<sup>2</sup>, pouvant être pérennisé en cas de succès (Compain, 2020). La fermeture du Pont Wilson a d'abord été considérée comme une expérimentation sur la période du 13 août 2020 au 24 mai 2021 (soit 285 jours). Puis, la circulation des voitures a été réautorisée jusqu'à la fin août 2021 en raison de travaux sur le Pont Napoléon (voir Figure 1), pour éviter la congestion automobile. Depuis, le Pont Wilson est réservé aux mobilités dites « douces ».

---

<sup>1</sup> À la suite de cette date, le pont a été réouvert temporairement aux voitures en raison de travaux sur le Pont Napoléon.

<sup>2</sup> Nous détaillons dans la suite de l'étude les autres aménagements transitoires ayant été mis en place à la suite de la crise sanitaire de la COVID-19 (cf. la section 4.3 et la Figure 2 présentée en annexe).

Figure 1 : Carte des ponts au Nord de Tours



Source : Carte des ponts au Nord de Tours, France, *Google Maps*, 8 juillet 2022. Les modifications ont été apportées par l'auteur.

La Figure 1 permet de visualiser le pont Wilson (marqué d'un « A » sur la carte). On peut voir aussi qu'il existe deux autres ponts proposant des voies cyclables : le Pont Napoléon (« B »), 700 mètres à l'ouest, et le Pont de Fil (« C »), 650 mètres à l'est. Le Tableau 3 dans l'Annexe 3 représente le trafic annuel sur chacun de ces ponts.

## 2.2. Revue de la littérature sur l'évaluation de l'effet des aménagements cyclables

Dans un grand nombre de villes, des aménagements cyclables importants ont été mis en place. Comme pour tout investissement public, la question de l'efficacité de ces nouvelles infrastructures se pose (Boardman et al. 2017). Ici, le calcul est particulièrement complexe en raison de l'existence de multiples dimensions : sur le nombre de nouveaux cyclistes, sur la santé publique, sur la sécurité, sur la congestion etc. Gössling et Choi (2015) ont mené une analyse coûts-bénéfices des aménagements cyclables dans la ville de Copenhague. Les auteurs estiment que les coûts sociaux engendrés par un kilomètre parcouru par voiture seraient 6 fois supérieurs à celui parcouru à vélo, ce qui justifie les moyens mis en œuvre par la ville. Pour évaluer l'effet des nouvelles infrastructures sur la fréquentation cycliste, les auteurs utilisent les chiffres du trafic global, sans essayer d'imputer la part des nouveaux usagers découlant véritablement des améliorations du réseaux cyclable *per se* (comparaison avant-après). Tout nouveau cycliste est donc automatiquement considéré comme la conséquence des aménagements cyclables réalisés, ce qui peut mener à des erreurs de mesure dans l'efficacité de la politique menée.

Ainsi, comme évoqué par Kirzek et al. (2009), la principale méthode consiste en une mesure des comportements cyclistes avant et après l'aménagement sur des périodes identiques (voir Macbeth (1999) dans le cas des voies cyclables à Toronto et Purcher *et al.* qui recensent 14 études de cas de grands centres urbains). Dans la même veine, la méthode d'évaluation des aménagements cyclables proposée par la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Pays de la Loire, recommande de « comparer les données du compteur avant et après l'aménagement, idéalement sur une base annuelle (moyenne mobile) centrée sur la même période » (Lucas, 2019, p.14). Le rapport mentionne aussi la vigilance à observer en cas de travaux réalisés sur l'aménagement évalué, ou dans les environs. En effet, cela constituerait des chocs exogènes de nature à influencer le trafic cycliste,



et donc à biaiser l'évaluation. Cependant, une comparaison de moyennes souffre de plusieurs limites importantes : elle ne prend pas en compte l'existence de la tendance haussière de l'utilisation du vélo – en partie en raison de la prise de conscience environnementale. Cette non-prise en compte peut mener à une surévaluation chronique des effets des interventions publiques. Ainsi, si les comparaisons de moyennes du trafic sont des éléments descriptifs intéressants, elles ne peuvent en aucun cas constituer une estimation fiable de l'effet d'un aménagement cyclable sur la fréquentation cycliste.

Une autre manière de procéder est de comparer le nombre de passages de vélos sur un mois d'année en année. En choisissant un mois considéré comme représentatif, ou peu affecté par des chocs exogènes. C'est par exemple la méthode utilisée par Marqués et al. (2015) lors de l'aménagement du réseau de pistes cyclables à Séville entre 2006 et 2011. Les auteurs estiment l'évolution du nombre de trajets à vélo dans un jour ouvré typique du mois de novembre. Procéder ainsi permet d'éliminer un certain nombre de risques de mauvaises estimations liées à des éléments extérieurs. Pour autant, cette méthode ne permet pas de dissocier le véritable effet des aménagements cyclables d'une tendance haussière potentiellement préexistante. Ainsi, Kirzek et al. (2009, p. 729) concluent que « les décideurs politiques [...] ainsi que les chercheurs eux-mêmes, doivent veiller à ne pas exagérer la force des preuves disponibles ». Or, ces problèmes d'estimation de l'effet des aménagements sur les fréquentations cyclistes sont au centre de l'évaluation de ces politiques publiques.

Dans le cas de la ville de Tours, des comparaisons de moyennes journalières ont été réalisées. Ainsi, une hausse de 20 % de la circulation des vélos a été obtenue en comparant les données de septembre 2020 à celle de septembre 2019 (Proult, 2020). Le chiffre de +18 % a aussi été évoqué en comparant le trafic cycliste entre février 2020 et février 2021 (Bellanger, 2021). Comme expliqué précédemment, cette évaluation ne peut pas être considérée comme fiable au regard du nombre importants de facteurs confondants. Nous proposons dans cette étude une stratégie empirique que nous pensons être davantage adaptée à ce type d'évaluation.

### -3-

## Stratégie empirique et résultats

Pour étudier l'effet de la fermeture du pont Wilson sur la fréquentation des cyclistes, nous recourons à une ITS, en tenant compte des spécificités présentées par le contexte tourangeau. Il s'agit d'une méthode traditionnellement utilisée en épidémiologie pour évaluer l'effet d'un choc (ou « traitement ») au niveau d'une population donnée lorsqu'aucun groupe de témoin – c'est-à-dire un groupe non-affecté par le choc – existe. L'intuition générale de la méthode est de se servir des observations antérieures au choc pour produire une analyse contrefactuelle et ainsi pouvoir déterminer les effets du choc sur la population étudiée. Le contexte de l'interdiction du Pont Wilson aux voitures – le « traitement » – qui s'étend du 13 août 2020 au 24 mai 2021 (285 jours) remplit les critères d'utilisation de l'ITS<sup>3</sup>.

---

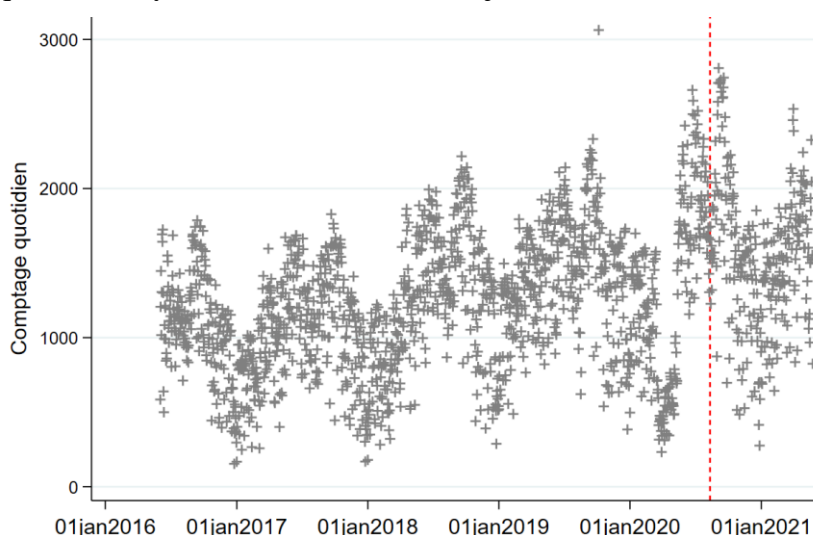
<sup>3</sup> Dans notre étude, les deux ponts adjacents, le Pont de Fil et le Pont Napoléon, ne peuvent pas être considérés comme des groupes témoins dans le but de mener une analyse de type différences-de-différences. Trois raisons à cela. Tout d'abord, étant donné la proximité des ponts avec le Pont Wilson (< 700 m) il est probable que le traitement ait contaminé les fréquentations cyclistes des autres ponts. Ensuite, étant donné la longueur de la période étudiée, il est plus que probable que ces deux ponts aient connu des chocs exogènes (travaux sur les voiries) impactant le nombre de cyclistes. Enfin, il n'existe pas de tendances parallèles entre les fréquentations cyclistes des trois avant la date de début du traitement, le 13 août 2020. En particulier, la croissance de la fréquentation

### 3.1. Données utilisées

La variable expliquée,  $Comptage_t$ , est le nombre de passages de cyclistes enregistrés quotidiennement sur le Pont Wilson entre le 2 juin 2016 et le 24 mai 2021. Les données sont obtenues sur le portail OpenData Tours Métropole Val de Loire disponibles sur le site <https://data.tours-metropole.fr/>. Chaque croix de la Figure 2 représente le nombre de vélos ayant franchi le Pont Wilson au cours d'une journée. Au total la base de données est constituée de 1 819 observations, et le traitement – débutant à la ligne verticale en pointillés dans la Figure 2 – représente 15,67% de notre échantillon total.

Pour mesurer l'effet du traitement, nous recourons à deux types de variables. Une variable dichotomique,  $Int$ , codant 1 pendant l'interdiction (*i.e.* entre le 13 août 2020 et le 25 mai 2021), 0 sinon. Cette variable mesure un effet instantané de l'interdiction. La deuxième variable,  $Int_T$ , correspond au nombre de jours écoulés depuis la décision de l'interdiction du Pont Wilson aux voitures. Elle permet de capturer un éventuel changement progressif dans la fréquentation cycliste.

Figure 2. Fréquentation cycliste du Pont Wilson (2 juin 2016 – 24 mai 2021)



Source : données obtenues sur le portail OpenData Tours Métropole Val de Loire (<https://data.tours-metropole.fr/>)

Il est important de prendre en compte quatre types de variables de contrôle, toutes susceptibles d'influencer l'utilisation du vélo : les variables météorologiques, calendaires, liées à la crise de la COVID-19 et enfin la tendance temporelle.

Pour **les variables météorologiques**, nous recourons aux données d'observations issues de messages internationaux d'observation en surface (SYNOP) de l'Organisation Météorologique Mondiale, disponibles sur le site <https://data.tours-metropole.fr/>. En particulier, trois variables ont été utilisées dans cette étude : le taux d'humidité ( $Hum$ ), la vitesse du vent ( $Vent$ ) et la

---

cycliste sur le Pont Wilson était significativement différente de celle des autres ponts (calculs non présentés dans l'article mais disponibles sur demande aux auteurs).



température (*Temp*). Dans notre étude, la valeur prise par ces variables est la valeur maximale des huit mesures prises quotidiennement<sup>4</sup>.

Les **variables calendaires** – relatives à des jours précis dans l'année – permettent de rendre compte des usages du vélo. Tout d'abord, nous avons créé une variable dichotomique, *WE*, codant 1 si le jour de la semaine est un samedi ou dimanche, 0 autrement. Comme mesure alternative, nous avons aussi des variables dichotomiques pour chaque jour de la semaine (lundi, mardi etc.). Par ailleurs, nous utilisons aussi cinq variables dichotomiques codant 1 lors des vacances scolaires (Toussaint, Noël, Hiver, Printemps et Été)<sup>5</sup>. De même, nous avons aussi ajouter une variable dichotomique prenant 1 pour valeur lorsque la compagnie de transport de Tours « Fil Bleu » qui gère le réseau bus et tram était en grève, 0 sinon. Il est en effet probable que les usagers recourent davantage au vélo ponctuellement en période de grève (Vélo & territoires, 2021). Enfin, nous avons une variable *Ferm\_Nap* qui code 1 du 5 au 24 mai 2021 – période pendant laquelle le compteur du Pont Napoléon était désactivé pour cause de travaux de ce dernier. Étant donné la proximité du Pont Napoléon et du Pont Wilson (700 mètres), il est ainsi possible que des détours vers le Pont Wilson aient été réalisés pendant cette période.

Les **variables liées à la crise sanitaire** sont importantes, car la COVID-19 a influencé les choix de transport. Nous utilisons donc trois variables dichotomiques, *Conf<sub>i</sub>*, pour tenir compte du premier confinement (17 mars au 11 mai 2020), du deuxième (30 octobre au 15 décembre 2020) et du troisième (3 avril au 3 mai 2021)<sup>6</sup>. Enfin, la crise sanitaire a aussi engendré des mesures de télétravail qui ont limité les trajets domicile-travail. La difficulté dans la prise en compte du télétravail est que chaque entreprise a adopté des règles propres en fonction de la nature de l'activité, des locaux etc. Pour avoir un proxy de cet effet, nous avons utilisé les réglementations du services publiques publiées sur le site internet [www.service-public.fr](http://www.service-public.fr), avec l'hypothèse que les réglementations s'appliquant dans le secteur public sont corrélées avec celles du secteur privé. La variable utilisée sera donc le nombre de jours de télétravail recommandés (voir Annexe 1).

Enfin, la **tendance temporelle** est une dimension importante à prendre en compte pour deux raisons. Tout d'abord car les préoccupations environnementales tendent à devenir de plus en plus importantes. Ensuite, car le développement des vélos électriques rend la pratique moins exigeante physiquement et donc plus accessible. Enfin, une série d'aides financières pour les usagers du vélo a été octroyée ces dernières années ce qui a pu contribuer à l'augmentation du trafic cycliste tourangeaux (voir la section 4.3. pour des détails sur les dispositifs mis en place à Tours). Un examen visuel de la Figure 2 confirme l'existence d'une telle tendance haussière. Une variable *T*, capturant une tendance linéaire, a donc été ajoutée au modèle.

---

<sup>4</sup> Il existe des données manquantes, mais chaque jour dispose d'au moins une mesure des trois variables évoquées. L'utilisation des valeurs moyennes au lieu des valeurs maximales ne changent qualitativement pas nos résultats. Enfin, nous avons choisi l'humidité plutôt que la pluviométrie car l'humidité est plus stable dans le temps et l'espace et constitue donc un meilleur indicateur. En effet, les pluies peuvent être localisées au niveau du capteur sans nécessairement affecter la zone du Pont Wilson, il peut aussi pleuvoir très peu mais uniquement pendant le relevé météorologique.

<sup>5</sup> Les calendriers des vacances scolaires ont été codés à partir des calendriers de l'académie Orléans-Tours entre 2016 et 2021.

<sup>6</sup> Les confinements sont codés par des variables séparées car les effets attendus sur la fréquentation cycliste sont très hétérogènes. En effet, l'encadrement des mobilités a été très variable entre les trois confinements (très strict pour le premier, beaucoup plus souple pour le troisième).

### 3.2. Stratégie empirique

Pour comparer la fréquentation cycliste du pont Wilson avant et après la fermeture, nous estimons le modèle journalier suivant :

$$Comptage_t = \beta_0 + \beta_1 T_t + \beta_2 Int_t + \beta_3 Int\_T_t + \mathbf{X}_t \boldsymbol{\beta}'_4 + \varepsilon_t \quad (1)$$

Avec  $T_t$  le nombre de jours depuis le début de la période d'investigation (le 2 juin 2016),  $Int$  une variable binaire codant 1 pendant l'interdiction des voitures sur le Pont Wilson,  $Int\_T_t$  correspond au nombre de jours écoulés depuis l'interdiction et  $\mathbf{X}_t$  un vecteur ligne regroupant l'ensemble des valeurs de nos variables de contrôle météorologiques, calendaires et sanitaires pour une période  $t$ . Les coefficients  $\beta_2$  et  $\beta_3$  capturent respectivement l'existence d'un effet en niveau et d'un effet sur la tendance de la fermeture du Pont Wilson aux voitures sur le trafic cycliste. Notre variable expliquée,  $Comptage_t$ , est une variable discrète dont la variabilité, mesurée par sa variance, est bien supérieure à sa moyenne ( $219\,604,7 > 1271,6$  comme on peut le voir dans le Tableau 2). Dans le cas d'une surdispersion, l'utilisation d'un modèle de Poisson peut conduire à une perte d'efficacité concernant l'estimation des coefficients et de leurs écarts-types. L'un des principaux écueils est donc que certaines variables explicatives peuvent apparaître comme étant des prédicteurs significatifs alors qu'en réalité cela n'est pas le cas. Pour palier cela, nous recourons à une distribution binomiale négative – mélange entre une loi de Poisson et une loi Gamma permettant de prendre en compte la surdispersion – pour estimer l'équation (1). Pour pallier les problèmes d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation des résidus, nous utilisons les écarts-types de Newey-West. Enfin, la saisonnalité présente dans la série temporelle est prise en compte par l'ajout des variables de contrôle calendaires dans le modèle (voir Section 3.1.).

### 3.3. Résultats

Tous les résultats ont été obtenus avec le logiciel STATA 16.1. Les fichiers de réplifications sont disponibles sur la plate-forme Mendeley. Le Tableau 1 présente les résultats de nos estimations (voir l'Annexe 2 pour une explication du mode de calcul des effets totaux en %).

Tableau 1 : Effet de l'interdiction du Pont Wilson à la circulation automobile

	Résultat (1)	Résultat (2)	Falsification (3)	Falsification (4)
Int	0.0448*** (0.00909)	0.0477*** (0.00916)	-0.0542 (0.0448)	0.0002 (0.0453)
Int_T	0.000181 (0.000186)	0.00012 (0.000188)	0.00027** (0.000121)	-0.00019 (0.0002)
T	0.000367*** (2.42e-05)	0.000365*** (2.41e-05)	0.000125*** (4.14e-05)	0.000364*** (3.2e-05)
Conf1	-1.046*** (0.0218)	-1.044*** (0.0218)	-1.042*** (0.0314)	-1.021*** (0.0253)
Conf2	-0.155*** (0.0219)	-0.159*** (0.0218)		
Conf3	0.0479*** (0.0144)	0.048*** (0.0141)		
Effet total en % (IC95%)	+7,23%** (+0,1% ; +14,7%)	+6.64%* (-0,49% ; +14,2%)	-1,16% (-12,8% ; +11,9%)	-2.57% (-15.7% ; +12.5%)
Saisonnalité	Jours	Week-end	Jours	Jours
Contrôles	Oui	Oui	Oui	Oui
LL	-14 711	-14 715		
Observations	1 818	1 818	1 533	1 533
Durée du traitement (jours)	285	285	285	240

Note : les erreurs standards obtenues avec la procédure Newey-West figurent entre parenthèses. \*\*\* correspond à  $p < 0.01$ , \*\* à  $p < 0.05$  et \* à  $p < 0.1$ . « Saisonnalité » explique la manière dont la saisonnalité est prise en compte : « Jours » pour l'inclusion de variables dichotomiques pour chaque jour de la semaine et « Week-end » pour une variable dichotomique codant 1 pour le Samedi et le Dimanche, 0 pour les autres jours de la semaine. « Contrôles » fait référence à l'inclusion des variables calendaires, climatiques et sanitaires présentées dans la Section 3.1. LL correspond à la log-vraisemblance. Voir le Tableau 4 pour l'ensemble des coefficients estimés.

Le principal enseignement du Tableau 1 est que la fermeture du Pont Wilson aux voitures serait associée à une hausse de +7,23% (IC95% : +0,1% ; +14,7%) du trafic cycliste entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021. La hausse observée serait un choc en niveau, c'est-à-dire que tout se passe comme si un certain nombre de cyclistes supplémentaires avaient décidé d'emprunter le Pont Wilson de façon régulière. Lorsque l'on capture la saisonnalité avec les week-ends au

lieu des jours de la semaine (colonne (2) du Tableau 1), nous trouvons un effet un peu inférieur avec une légère perte de significativité. Ainsi, la mesure de fermeture du Pont Wilson aurait bien eu un effet positif sur la fréquentation cycliste, de l'ordre d'une hausse 105 passages supplémentaires par jour, en moyenne.

D'autres résultats sont aussi à noter. Tout d'abord, on constate que l'utilisation du vélo serait davantage liée aux trajets pendulaires qu'à des loisirs (les week-ends et vacances se traduisent par une baisse du trafic). De plus, les confinements ont eu des effets différents. Si les deux premiers confinements ont fortement fait chuter la fréquentation cycliste du Pont Wilson – surtout le premier qui fut caractérisé par un encadrement strict des mobilités à un rayon de 1km autour de chez soi. Le troisième confinement est quant à lui associé à une hausse significative de la fréquentation cycliste. Ce résultat peut se justifier car ce dernier – dont le slogan donné par le gouvernement Castex était « Dedans avec les siens, dehors en citoyen » – n'a pas impliqué un encadrement strict des mobilités mais a davantage été tourné vers des déplacements responsables, avec le port du masque et/ou l'utilisation de moyen de transport individuel (dont le vélo fait partie). Enfin, le coefficient associé à la variable de tendance  $T$  ressort aussi positif et significatif, ce qui confirme l'existence d'une tendance haussière à l'utilisation du vélo à Tours. Ce dernier résultat confirme la limite des comparaisons mensuelles : elles tendent à systématiquement surestimer l'effet du traitement en raison de la non prise en compte de cette tendance haussière préexistante.

## -4-

### Discussion

Il convient maintenant de discuter les résultats présentés dans la Section 3. Il est important de vérifier que les chiffres obtenus ne sont pas le fruit de la méthode utilisée, mais qu'ils correspondent bien à un effet existant dans les données. Pour ce faire, nous soumettons notre modèle à des tests de falsification. Une fois la fiabilité statistique vérifiée, nous proposons des pistes permettant de comprendre pourquoi le trafic cycliste aurait augmenté de 7,23% (IC95% : +0,1% ; +14,7%) pendant la fermeture du Pont Wilson aux voitures. Nous excluons en particulier le scénario selon lequel la hausse observée ne serait en fait que le fruit d'un changement d'itinéraires cyclables des Tourangeaux. Si ces éléments invitent à la confiance envers nos résultats, nous insistons sur certaines limites fortes inhérentes à notre analyse : l'existence de facteurs confondants variant dans le temps.

#### 4.1. Tests de falsification

Dans un premier temps nous vérifions que l'effet obtenu n'est pas uniquement le fruit de la méthode elle-même. Pour ce faire, nous nous inspirons de Linden (2015) et menons un test de falsification (ou *placebo*). Nous supprimons les 285 jours après la fermeture du Pont Wilson aux voitures, puis nous répliquons la stratégie empirique présentée dans la Section 3.2. Les données restantes sont donc des données antérieures au traitement n'ayant aucune chance d'avoir été affectées par ce dernier.

Nous avons choisi deux départs fictifs (pseudo-départ) du traitement. Dans la colonne (3) du Tableau 1, nous reportons les résultats obtenus lorsque l'on considère une durée du traitement identique à la situation initiale, à savoir 285 jours. Ainsi, le traitement fictif s'étend du 2 novembre 2019 au 13 août 2020. Lorsque nous réestimons notre modèle nous ne trouvons plus

d'effet significatif du traitement. La colonne (4) du Tableau 1 reporte quant à elle les résultats d'un autre test de falsification où nous avons conservé le rapport durée du traitement / nombre d'observations constant par rapport à la situation initiale (15,68%). Cela nous amène à choisir un départ fictif au 16 décembre 2019, pour une durée totale du traitement de 240 jours. Ici encore, nous ne trouvons pas d'effet total du traitement significatif sur le plan statistique.

Le fait que nous ne trouvons pas d'effets significatifs globaux lors des tests de falsification nous permet d'écarter le risque que l'effet total présenté dans la Section 3 ne soit qu'un artefact statistique lié à l'utilisation d'une ITS.

#### 4.2. Investigation sur les canaux de transmission

Nous cherchons maintenant à comprendre d'où provient l'augmentation mise en évidence dans la Section 3. Une piste d'explication pourrait être que les cyclistes n'aient fait que changer leur itinéraire. Au lieu de passer par le Pont Napoléon (700m à l'ouest) ou le Pont de Fil (650m à l'est), les cyclistes auraient choisi d'emprunter le Pont Wilson.

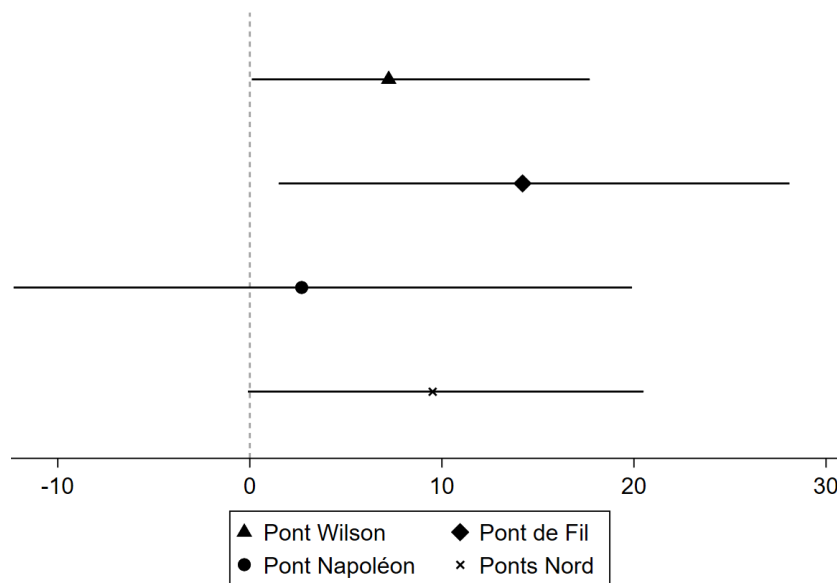
Pour voir s'il y a eu des effets de déviation, nous avons estimé l'équation (1) avec les données des compteurs du Pont de Fil et du Pont Napoléon (voir le Tableau 5, Annexe 1). La Figure 3 recense la magnitude des effets totaux du traitement pour les différents ponts. Nous retrouvons avec la ligne supérieure l'effet de +7,23 % (IC95% : +0,1 % ; +14,7 %) obtenu pour le Pont Wilson dans la Section 3. La deuxième ligne concerne la fréquentation cycliste du Pont de Fil, on constate une hausse significative de l'ordre de +14,2% (IC95% : +1,5% ; +28,1%). En d'autres termes, sur la même période le trafic cycliste a fortement augmenté sur le Pont de Fil, ce qui laisse présager que la hausse de 7,23% observée sur le Pont Wilson ne serait pas uniquement le fait de l'interdiction aux voitures, mais lié à un phénomène plus global. L'effet du traitement sur la fréquentation cycliste du Pont Napoléon est quant à lui non-significatif : +2.7% (IC95% : -12,3% ; + 19,9%). Ainsi, les deux ponts proches du Pont Wilson n'ont pas connu de diminution de leur trafic sur l'ensemble de la période durant laquelle l'interdiction était effective. Nous pouvons donc en conclure que la hausse observée sur le Pont Wilson ne se serait pas faite au détriment des deux autres ponts. Une étude plus précise du Tableau 5 nous invite à penser qu'il y aurait tout de même un effet de détournement – les coefficients associés à la variable *Int* sont négatifs et significatifs au seuil de 1 % – mais que le changement d'itinéraire n'aurait été que temporaire – coefficients associés à la variable *Int\_T* positifs et significatifs. Tout s'est donc passé comme si les cyclistes avaient été curieux du nouvel aménagement, avant de reprendre leur itinéraire initial<sup>7</sup>. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle la hausse de 7,23% du trafic cycliste sur le Pont Wilson serait uniquement due à un changement d'itinéraire des cyclistes semble invalidée.

---

<sup>7</sup> Cependant, comme les données sont anonymes il n'est pas possible d'affirmer avec certitude qu'il s'agisse bien d'une déviation temporaire des cyclistes.



Figure 3. Effets de l'interdiction aux voitures du Pont Wilson sur la fréquentation des ponts Nord de Tours (IC 95%), en % d'augmentation



Note : la première ligne (avec le triangle) représente l'effet de la fermeture du Pont Wilson aux voitures sur la fréquentation cycliste, ainsi que son IC à 95%, sur la période du 2 juin 2016 au 24 mai 2021 (1 818 jours). Pour les ponts suivants, les périodes d'investigation ont été raccourcies en fonction de la disponibilité des données. La deuxième ligne (losange) concerne l'effet du traitement sur la fréquentation cycliste sur la période du 30 juin 2016 au 24 mai 2021 (1 790 jours). La troisième ligne (rond) représente la magnitude de l'effet de la fermeture du Pont Wilson sur la fréquentation cycliste sur le Pont Napoléon entre le 6 juillet 2017 et le 24 mai 2021 (1415 jours). Enfin, la dernière ligne correspond à la mesure de l'effet sur la fréquentation de l'agrégation des données des ponts Napoléon, de Fil et Wilson sur la période du 6 juillet 2017 au 24 mai 2021 (1415 jours).

Pour autant, cette hausse est-elle significative au niveau du trafic global entre Tours Nord et Tours Centre ? Les trois ponts (Wilson, de Fil et Napoléon) représentent 95 % du trafic cycliste<sup>8</sup> ce qui nous permet d'obtenir un proxy du trafic global. Pour ce faire, nous réestimons notre modèle à partir des données agrégées des fréquentations cyclistes sur les trois ponts. La quatrième ligne de la Figure 3 montre qu'il y aurait eu une hausse du trafic global de 9,51 % (IC95% : -0,1% ; + 20,5%), et que cette hausse est significative au seuil de 10%. Ainsi, il pourrait être tentant d'affirmer que la fermeture aux voitures du Pont Wilson a eu un effet incitatif sur l'utilisation du vélo pour l'ensemble des trajets Tours Nord – Tours Centre. Un potentiel mécanisme pourrait être que cet aménagement ait agi comme une sorte de signal de l'importance du recours au vélo. Cependant, ce narratif est contrarié par la magnitude de l'effet obtenu sur le Pont de Fil qui est supérieure à celle du Pont Wilson. Il semble donc difficile de parler d'un simple effet indirect impactant les préférences des tourangeaux en faveur de l'utilisation du vélo.

#### 4.3. Limites de l'étude

Si la méthode des ITS est décrite comme la plus fiable avec ce type de données (López Bernal *et al.*, 2017), elle est tout de même frappée par des limites importantes.

<sup>8</sup> Communication personnelle avec les services de la mairie de Tours.

Il existe en effet des facteurs confondants, variants dans le temps, qui peuvent expliquer une hausse de la fréquentation cycliste. Cependant, en l'absence d'un groupe de contrôle comparable, nous ne pouvons que les évoquer et conjecturer leur effet sur notre résultat. Tout d'abord, la hausse de trafic constatée dans cette analyse pourrait aussi être le fait d'autres mesures incitatives. On peut ainsi citer le « coup de pouce vélo », forfait de 50€ pris en charge par le gouvernement pour faire réparer son vélo entre le 11 mai 2020 et le 31 mars 2021. De même, du 12 octobre au 31 décembre 2020, la ville de Tours a mis en place une subvention pour inciter à l'achat de vélos. D'après le bilan de ce dispositif – disponible sur le site internet de la mairie de Tours<sup>9</sup> – 1 464 vélos auraient ainsi été achetés, dont 28 % par des habitants de Tours Nord et 67 % par des habitants de Tours Centre. Il est ainsi tout à fait probable que ces dispositifs conduisent à une surestimation de l'effet imputable à la fermeture du Pont Wilson aux voitures.

De même, à la suite du premier confinement un certain nombre d'aménagements transitoires ont été mis en place. Au 22 décembre 2020, la ville de Tours comptait 27,9km d'aménagement transitoire dont 14,7km de pictos (lignes jaunes sur les routes), 7,7km de bandes cyclables, 2,2km de voies bus partagées et 2,3km de pistes cyclables (dont l'aménagement du Pont Wilson fait partie). Une carte représentant ces aménagements est disponible dans l'Annexe 1 (Figure 2). Ainsi, il est impossible de distinguer l'effet propre de la fermeture du Pont Wilson aux voitures de l'ensemble de l'effet de l'ensemble des aménagements réalisés.

De plus, la crise sanitaire de la COVID-19 a engendré des changements structurels dans l'utilisation du vélo. Ainsi, le rapport annuel de Vélo & Territoires sur la fréquentation cyclable estime qu'au sortir du premier confinement, « le vélo s'est imposé comme un geste barrière au quotidien » (Vélo & Territoires, 2021). Ce changement de mentalité a pu lui aussi engendrer une hausse de l'utilisation du vélo totalement indépendante de l'aménagement du Pont Wilson. L'effet obtenu dans la Section 3 est donc potentiellement surestimé. Cependant, le fait que le Pont Napoléon n'ait pas connu de hausse significative de sa fréquentation sur la période d'étude nous permet de conserver l'idée qu'une partie de la hausse observée est bien attribuable à l'effet de l'aménagement du Pont Wilson.

Enfin, les nouveaux aménagements sur le Pont Wilson ont engendré des modifications dans la circulation des cyclistes. Dès lors, il est tout à fait possible que cela ait changé la proportion de cyclistes échappant aux compteurs. Cependant, il est impossible d'établir si cela engendre une surestimation ou une sous-estimation de l'effet. De plus, il y a eu un changement de technologie de comptage en décembre 2020 (pendant la période de traitement). La partie ouest du pont était équipée d'une Zelt sélective jusqu'en décembre 2020, d'une Zelt voie verte jusqu'en mai 2021, puis d'une UZelt depuis. S'il n'est pas possible d'établir précisément les impacts que cela a eu sur les données sans réaliser un contre-comptage, il apparaît cependant que le compteur UZelt propose une meilleure qualité de comptage. En particulier, il permet d'inhiber certains signaux « parasites » émanant de trottinette et de scooters<sup>10</sup>. Concrètement, ce compteur permet un comptage plus fin et tend donc à compter davantage de passage vélos que la Zelt sélective ou la Zelt voie verte. Par conséquent, ces changements de compteurs auraient plutôt tendance à mener à une sous-évaluation de la magnitude de l'effet obtenu dans la Section 3.

---

<sup>9</sup> <https://www.tours.fr/actualite/782/73-bilan-de-l-aide-a-l-achat-de-velos.htm>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

<sup>10</sup> Communication personnelle avec Q. Bousrez, consultant commercial chez Eco-Compteur, entreprise ayant équipé le Pont Wilson de ses compteurs.

-5-

## Conclusion

Notre étude porte sur la fermeture du Pont Wilson aux voitures entre le 13 août 2020 et le 24 mai 2021. Nous avons utilisé la méthode des séries temporelles segmentées (ITS) et nous trouvons une hausse de 7,23 % (IC95% : +0,1 % ; +14,7 %) du trafic cycliste sur le Pont Wilson, une fois pris en compte les effets propres du calendrier, de la météo et de la crise de la COVID-19. En étudiant les ponts voisins (le Pont de Fil et le Pont Napoléon), nous avons conclu que, sur l'ensemble de la période, cette hausse de la fréquentation cycliste sur le Pont Wilson ne s'est pas faite au détriment des deux autres ponts. Enfin, nous avons insisté sur la complexité de distinguer l'effet propre de la fermeture du pont d'autres facteurs tels que la mise en place d'aménagements cyclistes transitoires ou de la prise de conscience environnementale croissante de la population tourangelle. Une prudence s'impose donc dans l'interprétation des chiffres présentés dans cette étude.

Nous pensons que ce travail présente plusieurs contributions. Tout d'abord, il s'agit à notre connaissance du premier travail mobilisant une ITS pour comprendre l'effet d'un aménagement cyclable. Nous pensons pourtant qu'il s'agit là d'une méthode bien adaptée et plus fiable que des comparaisons de moyennes avant / après. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les chiffres de notre étude sont très inférieurs à ceux obtenus en évaluant la hausse de la fréquentation cycliste à partir de la comparaison de moyennes journalières (+18-20%). Cela entre donc en résonance directe avec la mise en garde de Kirzek et al. (2009) sur l'exagération de la force des « preuves disponibles » : certaines comparaisons apparaissant comme parfaitement logiques peuvent être pourtant fallacieuses en raison de l'existence de facteurs confondants. Les évaluations des investissements publics relatifs aux aménagements cyclables devraient donc davantage affiner la nature du lien statistique entre l'infrastructure nouvelle et la fréquentation cycliste. Une simple comparaison avant / après des chiffres du trafic ne peut en aucun cas être suffisante. Cela est d'autant plus important que le nombre d'aménagement cyclable va probablement augmenter dans les années à venir. Selon nous, une deuxième contribution de ce travail consiste en la mise en lumière des limites de notre étude. En effet, la plupart des limites évoquées – mises à part celles relatives à la crise sanitaire – pourrait être anticipée en vue de l'évaluation d'un dispositif particulier. En d'autres termes, nous espérons que ce travail contribue à souligner l'importance de réaliser *ex ante* le protocole d'évaluation *ex post* d'un aménagement cyclable.

## Remerciements

Nous remercions tout d'abord nos interlocuteurs au sein de la mairie de Tours : A. Barreto, A. Martin et E. Thomas. Merci également à Q. Bousrez (Eco-Compteur), S. Carette (Syndicat des mobilités de Touraine) et S. Mangin (Vélo & Territoires) pour leurs précieux éclairages. Nous sommes reconnaissants à T. Blayac pour ses conseils avisés. Nous remercions aussi M. Spach pour ses relectures attentives du manuscrit. Enfin, le manuscrit a bénéficié des commentaires de deux rapporteurs anonymes ainsi que de G. Chiasson, éditeur associé à la RERU. Les éventuelles erreurs restent de la seule responsabilité de l'auteur.

## Annexes

### Annexe 1 : Données utilisées

Les données sur les variables météorologiques proviennent de <https://data.tours-metropole.fr/explore/dataset/observation-meteorologique-historiques-tours-synop/information/?sort=date>.

*Télé* est le nombre de jours de télétravail recommandés ou imposés (*Télé* = 0 avant le 11 mai 2020). Du 11 mai au 31 août 2020, nous nous sommes basés sur les recommandations du Haut Conseil de la santé publique qui préconise 1 jour de télétravail par semaine (*Télé* = 1). Du 1<sup>er</sup> septembre au 29 octobre 2020, la circulaire du 1<sup>er</sup> septembre 2020 relative à la prise en compte dans la fonction publique de l'État de l'évolution de COVID-19<sup>11</sup> conseille un jour de télétravail (*Télé* = 1). Du 30 octobre 2020 au 25 mai 2021, la circulaire du 29 octobre 2020<sup>12</sup> recommandait quand cela était possible, que les agents effectuent 5 jours de télétravail par semaine (*Télé* = 5). Du 26 mai 2021 au 8 juin 2021, la circulaire du 26 mai 2021<sup>13</sup> autorisait les agents à revenir en présentiel un jour par semaine (*Télé* = 4). Cette même, cette circulaire a défini la suite du calendrier : 3 jours de télétravail du 9 juin au 30 juin 2021 (*Télé* = 3) et 2 jours de télétravail entre le 1<sup>er</sup> juillet 2021 et la fin de l'été 2021 (*Télé* = 2).

Tableau 2. Statistiques descriptives pour les variables utilisées dans les résultats principaux (colonne (1) et (2) du Tableau 1)

	N	Moyenne	Std.dev	Min	Max
<i>Comptage</i>	1 818	1 271,6	468,62	154	3 063
<i>Int</i>	1 818	0,16	0,36	0	1
<i>Int_T</i>	1 818	22,26	61,06	0	284
<i>Temp</i>	1 818	8,9	5,79	-8,2	23,2
<i>Vent</i>	1 818	5,26	2,02	0	15,2
<i>Hum</i>	1 818	90,41	8,51	53	100
<i>WE</i>	1 818	0,29	0,45	0	1
<i>Vac_Tou</i>	1 818	0,05	0,21	0	1
<i>Vac_No</i>	1 818	0,05	0,21	0	1
<i>Vac_Hi</i>	1 818	0,05	0,21	0	1
<i>Vac_Prin</i>	1 818	0,05	0,21	0	1
<i>Vac_Ete</i>	1 818	0,16	0,37	0	1
<i>Greve</i>	1 818	0,02	0,14	0	1
<i>Conf<sub>1</sub></i>	1 818	0,03	0,17	0	1
<i>Conf<sub>2</sub></i>	1 818	0,03	0,16	0	1
<i>Conf<sub>3</sub></i>	1 818	0,02	0,13	0	1
<i>Télé</i>	1 818	0,66	1,58	0	5
<i>Ferm_Nap</i>	1 818	0,01	0,09	0	1

Note : les valeurs sont arrondies aux centièmes près. Les variables dichotomiques codant 1 pour un jour de la semaine sont omises de cette table. Les sources des données sont explicitées dans la Section 3.1 et dans l'Annexe 1.

<sup>11</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=45044>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

<sup>12</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=45072>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

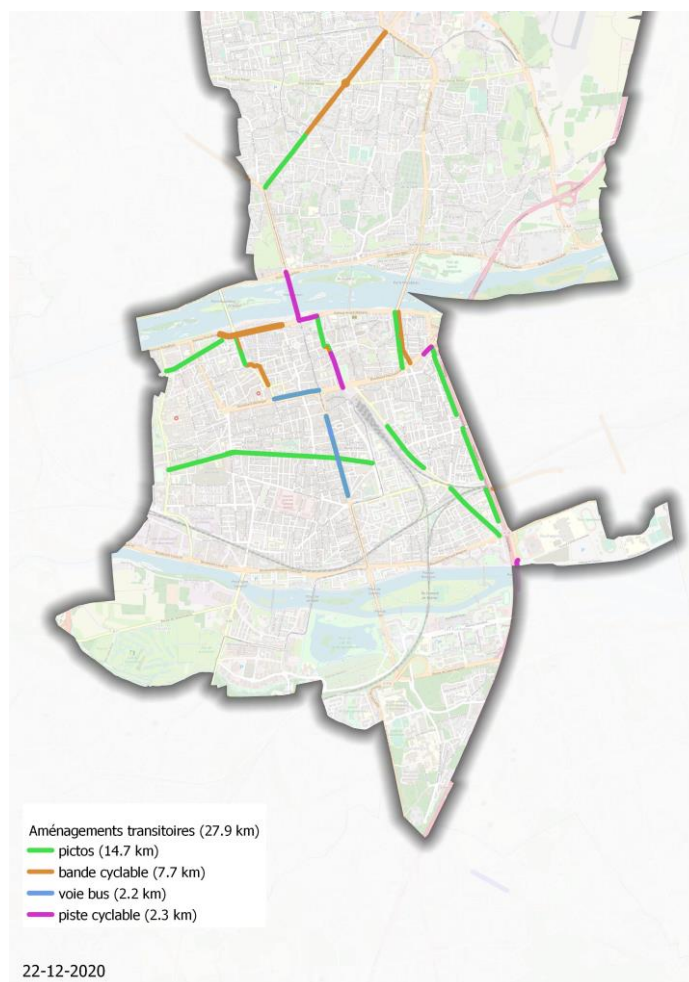
<sup>13</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf/circ?id=45175>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Tableau 3 : Trafic cycliste annuel par pont

	<b>Pont Wilson</b>	<b>Pont Napoléon</b>	<b>Pont de Fil</b>
<b>2017</b>	380 767	N.A.	365 700
<b>2018</b>	451 153	196 103	391 587
<b>2019</b>	513 255	208 576	428 751
<b>2020</b>	517 750	196 991	394 771
<b>2021</b>	642 364	Travaux	487 138

« N.A. » indique qu'il existe des données manquantes sur l'année. « Travaux » fait référence aux travaux ayant eu lieu sur le Pont Napoléon ayant engendré un arrêt des compteurs vélos.

Figure 2 : Carte des aménagements cyclables transitoires à Tours au 22 décembre 2020



Source : Syndicat des Mobilités de Touraine – Observatoire des mobilités, *OpenStreetMap*, 22 décembre 2020.



## Annexe 2 : Précisions sur les estimations des effets obtenus

La méthode des ITS est décrite dans López Bernal *et al.* (2017). Elle a été utilisée pour de nombreux thèmes tels que : l'effet d'une grève sur l'utilisation des vélos en libre-service (Fuller et al, 2019), l'étude de l'évolution du taux de suicide (López Bernal *et al.* 2015), ou encore l'étude de l'effet de la guerre des Malouines sur la population de manchots royaux (Panel et Pietri, 2022).

Pour calculer l'effet global de la fermeture du Pont Wilson aux voitures, nous procédons en plusieurs étapes. Tout d'abord, nous estimons l'équation (1) avec une régression négative binomiale. Puis, nous réalisons des prédictions à l'aide des coefficients estimés. Pour créer le contrefactuel, nous neutralisons les effets des variables *Int* et *Int\_T* qui capturent l'effet du traitement. Cette nouvelle série temporelle est une estimation de ce qu'aurait été la fréquentation du Pont Wilson s'il n'y avait pas eu d'interdiction aux voitures. Nous faisons alors la somme de toutes les valeurs prédites (ci-dessous « Valeurs prédites ») par notre modèle sur la période de traitement (13 août 2020 – 24 mai 2021), et la somme de toutes les valeurs de notre contrefactuel (« contrefactuel »). Enfin, pour obtenir l'effet total, nous calculons le taux de variation suivant :

$$\text{Effet total en \%} = \frac{\text{Valeurs prédites} - \text{contrefactuel}}{\text{contrefactuel}}$$

Cette méthode a été appliquée à l'ensemble des effets totaux du traitement calculés dans cet article.

Les résultats présentés dans cet article sont sensibles à la qualité de la prédiction de notre modèle initial. Sur la période du 13 août 2020 au 24 mai 2021, les données brutes recensent 440 097 passages de vélos soit une moyenne de 1 544 passages par jour. Notre modèle, dont tous les coefficients sont reportés dans le Tableau 5, prédit quant à lui un nombre de passages de 442 877 (1 554 passages / jour). En d'autres termes, nos estimations tendent à surévaluer le trafic cycliste de l'ordre de 0,6 %, soit 10 passages de vélos par jour, en moyenne.

## Annexe 3 : Tableaux complets des régressions

Tableau 4 : Ensemble des coefficients estimés dans le Tableau 1

	Résultat (1)	Résultat (2)	Falsification (3)	Falsification (4)
Int	0.0448*** (0.00909)	0.0477*** (0.00916)	-0.0542 (0.0448)	0.0002 (0.0453)
Int_T	0.000181 (0.000186)	0.00012 (0.000188)	0.00027** (0.000121)	-0.00019 (0.0002)
Temp	0.0220*** (0.001642)	0.0218*** (0.00148)	0.0221*** (0.00214)	0.0224*** (0.0018)
Vent	-0.0444*** (0.001303)	-0.0445*** (0.00132)	-0.0421*** (0.00281)	-0.0424*** (0.00262)
Hum	-0.00721*** (0.000624)	-0.00713*** (0.000579)	-0.0066*** (0.00126)	-0.00667*** (0.00118)
Ferm_Nap	-0.0719*** (0.0154)	-0.0665*** (0.0149)		

Vac_Tou	-0.171*** (0.0303)	-0.175*** (0.0308)	-0.159*** (0.0314)	-0.158*** (0.0301)
Vac_No	-0.567*** (0.0436)	-0.549*** (0.0433)	-0.6*** (0.0318)	-0.601*** (0.0355)
Vac_Hi	-0.214*** (0.0337)	-0.218*** (0.0345)	-0.242*** (0.0277)	-0.239*** (0.0304)
Vac_Prin	-0.086*** (0.0153)	-0.091*** (0.0154)	-0.096*** (0.0153)	-0.092*** (0.0156)
Vac_Ete	-0.135*** (0.00897)	-0.138*** (0.0087)	-0.139*** (0.0092)	-0.138*** (0.0099)
Lundi	0.339*** (0.00985)		0.337*** (0.0128)	0.336*** (0.0128)
Mardi	0.444*** (0.0141)		0.445*** (0.0178)	0.445*** (0.0175)
Mercredi	0.434*** (0.0188)		0.433*** (0.0246)	0.433*** (0.0246)
Jeudi	0.436*** (0.0205)		0.442*** (0.0222)	0.442*** (0.0221)
Vendredi	0.413*** (0.0154)		0.416*** (0.0181)	0.416*** (0.0180)
Samedi	0.185*** (0.00971)		0.183*** (0.0128)	0.183*** (0.0129)
Greve	0.067* (0.03485)	0.074** (0.0368)	0.096*** (0.0147)	0.043*** (0.0236)
Conf1	-1.046*** (0.0218)	-1.044*** (0.0218)	-1.042*** (0.0314)	-1.021*** (0.0253)
Conf2	-0.155*** (0.0219)	-0.159*** (0.0218)		
Conf3	0.0479*** (0.0144)	0.048*** (0.0141)		
Télé	-0.0202 (0.01238)	-0.0183* (0.0123)	-0.0184 (0.0438)	0.0355 (0.0343)
T	0.000367*** (2.42e-05)	0.000365*** (2.41e-05)	0.000372*** (3.84e-05)	0.000364*** (3.2e-05)
WE		-0.317*** (0.0107)		
Constante	7.233*** (0.0561)	7.647*** (0.0606)	7.166*** (0.116)	7.174*** (0.109)
Observations	1 818	1 818	1 533	1 533

Note : les résultats ont été obtenus avec une loi négative binomiale. Les erreurs standards obtenues avec la procédure Newey-West figurent entre parenthèses. \*\*\* correspond à  $p < 0.01$ , \*\* à  $p < 0.05$  et \* à  $p < 0.1$ .

Tableau 5 : Ensemble des coefficients estimés en lien avec la Figure 3

	Pont Wilson (1)	Ponts Nord (2)	Pont de Fil (3)	Pont Napoléon (4)
Int	0.0448*** (0.00909)	-0.0319* (0.0171)	-0.0481*** (0.0127)	-0.0738*** (0.0226)
Int_T	0.000181 (0.000186)	0.000897*** (0.000240)	0.00130*** (0.000350)	0.000753* (0.000434)
Temp	0.0220*** (0.001642)	0.0223*** (0.00172)	0.0235*** (0.000808)	0.0225*** (0.00174)

Vent	-0.0444*** (0.001303)	-0.0510*** (0.00122)	-0.0504*** (0.00187)	-0.0610*** (0.00163)
Hum	-0.00721*** (0.000624)	-0.00805*** (0.000632)	-0.00829*** (0.000566)	-0.0111*** (0.000714)
Ferm_Nap	-0.0719*** (0.0154)	-0.264*** (0.0246)	-0.0859*** (0.0221)	-102.6*** (0.0385)
Vac_Tou	-0.171*** (0.0303)	-0.197*** (0.0350)	-0.203*** (0.0361)	-0.139*** (0.0441)
Vac_No	-0.567*** (0.0436)	-0.546*** (0.0534)	-0.571*** (0.0397)	-0.525*** (0.0613)
Vac_Hi	-0.214*** (0.0337)	-0.162*** (0.0405)	-0.188*** (0.0504)	-0.0685 (0.0423)
Vac Prin	-0.086*** (0.0153)	-0.0540*** (0.0200)	-0.0229* (0.0127)	-0.0209 (0.0145)
Vac_Ete	-0.135*** (0.00897)	-0.150*** (0.00957)	-0.153*** (0.00988)	-0.144*** (0.0128)
Lundi	0.339*** (0.00985)	0.176*** (0.0138)	0.0124 (0.0113)	0.126*** (0.0243)
Mardi	0.444*** (0.0141)	0.263*** (0.0155)	0.0941*** (0.0141)	0.231*** (0.0324)
Mercredi	0.434*** (0.0188)	0.265*** (0.0212)	0.112*** (0.0189)	0.239*** (0.0317)
Jeudi	0.436*** (0.0205)	0.258*** (0.0253)	0.0812*** (0.0198)	0.243*** (0.0428)
Vendredi	0.413*** (0.0154)	0.236*** (0.0235)	0.0616*** (0.0181)	0.178*** (0.0350)
Samedi	0.185*** (0.00971)	0.0644*** (0.00849)	-0.0462*** (0.00710)	0.0441*** (0.0100)
Greve	0.067* (0.03485)	0.034 (0.0535)	0.052 (0.0453)	-0.008 (0.0717)
Conf1	-1.046*** (0.0218)	-1.117*** (0.0179)	-1.167*** (0.0253)	-1.051*** (0.0184)
Conf2	-0.155*** (0.0219)	-0.0890*** (0.0324)	-0.0817* (0.0474)	-0.103** (0.0476)
Conf3	0.0479*** (0.0144)	0.104*** (0.0201)	0.117*** (0.0211)	0.252*** (0.0346)
Télé	-0.0202 (0.01238)	-0.0494*** (0.0116)	-0.0461** (0.0188)	-0.0501*** (0.0180)
T	0.000367*** (2.42e-05)	0.000367*** (1.80e-05)	0.000206*** (2.99e-05)	0.000324*** (2.31e-05)
Constante	7.233*** (0.0561)	8.309*** (0.0637)	7.638*** (0.0528)	7.000*** (0.0758)
Effet total en % (IC95%)	+7,23%** (+ 0,1% ; +14,7%)	+ 9.51%* (- 0,1% ; +20,5%)	+ 14,2%** (+1,5% ; +28,1%)	+ 2,7% (-12,3% ; + 19,9%)
Observations	1 818	1 419	1 790	1 419

Note : les résultats ont été obtenus avec une loi négative binomiale. Les erreurs standards obtenues avec la procédure Newey-West figurent entre parenthèses. \*\*\* correspond à  $p < 0.01$ , \*\* à  $p < 0.05$  et \* à  $p < 0.1$ . « Ponts Nord » correspond à la somme des fréquentations cyclistes du Pont Wilson, du Pont de Fil et du Pont Napoléon. De manière intéressante, les coefficients associés aux données du Compteur du Pont de Fil – colonne (3) – sont différents de ceux des ponts Wilson et Napoléon. En particulier, on constate que la fréquentation est plus importante le dimanche sur le Pont de Fil alors que c'est l'inverse pour les autres ponts. Cela décrit probablement un usage spécifique des tourangeaux du Pont de Fil.

## Références bibliographiques

Barberan A, Abreu e Silva J, Monzon A (2017) Factors influencing bicycle use: a binary choice model with panel data. *Transportation research procedia* 27: 253-260.

Baromètre des villes cyclables (2021) *Palmarès et résultats 2021*, Dossier de presse [en ligne] <https://barometre.parlons-velo.fr/2021/dossier-presse-2021.pdf>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Bellanger E (2021) Tours : il y a un an, le pont Wilson fermait aux voitures. *La Nouvelle République*, publié le 13 août 2021 [en ligne] <https://www.lanouvellerepublique.fr/tours/tours-il-y-a-un-an-le-pont-wilson-fermait-aux-voitures>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Boardman A-E, Greenberg D-H, Vining A-R, Weimer D-L (2017) *Cost-benefit analysis: concepts and practice*. Cambridge University Press.

Boone-Heinonen J, Jacobs Jr D-R, Sidney S, Sternfeld B, Lewis C-E, Gordon-Larsen, P (2009). A walk (or cycle) to the park: active transit to neighborhood amenities, the CARDIA study. *American journal of preventive medicine*, 37(4): 285-292.

Collectif Cycliste 37 (2020) *Classement des villes les plus cyclables : Tours chute de 21 places*, posté le 28 février 2020 [en ligne] <https://www.cc37.org/classement-des-villes-les-plus-cyclables-tours-chute-de-21-places/>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Compain B (2020) Le pont Wilson, à Tours, interdit aux voitures à partir du 13 août 2020. *France Bleu Touraine*, posté le 24 juillet 2020 [en ligne] <https://www.francebleu.fr/infos/transports/le-pont-wilson-a-tours-interdit-aux-voitures-a-partir-du-13-aout-2020-1595625608>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Courbe T (2020) *Impact économique et potentiel de développement des usages du vélo en France*. Direction générale des entreprises, Études économiques [en ligne] <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/en-pratique/etudes-et-statistiques/dossiers-de-la-DGE/impact-economique-et-potentiel-developpement-velo-en-france.pdf>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

De Hartog J-J, Boogaard H, Nijland H, Hoek G (2010) Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environmental health perspectives*, 118(8): 1109-1116.

Duguet S (2020) Mon premier été de maire (4/5) – Emmanuel Denis : « Six ans, c'est trop court ! », *Libération*, publié le 12 août 2020 [en ligne] [https://www.liberation.fr/france/2020/08/12/six-ans-c-est-trop-court\\_1796682/](https://www.liberation.fr/france/2020/08/12/six-ans-c-est-trop-court_1796682/), dernière consultation le 20 juillet 2022.

Elvik R (2000) Which are the relevant costs and benefits of road safety measures designed for pedestrians and cyclists? *Accident Analysis & Prevention*, 32(1): 37-45.

Fuller D, Luan H, Buote R, Auchincloss A-H (2019) Impact of a public transit strike on public bicycle share use: An interrupted time series natural experiment study. *Journal of Transport & Health*, 13:137-142.

Gelb J, Apparicio P (2021) Cyclists' exposure to atmospheric and noise pollution: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 41(6): 742-765.

Gössling S, Choi A, Dekker K, Metzler D (2019) The social cost of automobility, cycling and walking in the European Union. *Ecological Economics*, 158: 65-74.

Gössling S, Choi A (2015) Transport transitions in Copenhagen: Comparing the cost of cars and bicycles. *Ecological Economics*, 113: 106-113.

Götschi T, Garrard J, Giles-Corti B (2016) Cycling as a Part of Daily Life: A Review of Health Perspectives. *Transport Reviews*, 36(1):45-71.

Krizek K-J, Handy S-L, Forsyth A (2009) Explaining changes in walking and bicycling behavior: challenges for transportation research. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(4): 725-740.

Linden A (2015) Conducting interrupted time-series analysis for single-and multiple-group comparisons. *The Stata Journal*, 15(2):480-500.

López Bernal J-A, Cummins S, Gasparrini A (2017) Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. *International journal of epidemiology*, 46(1): 348-355.

López Bernal J-A., Gasparrini A., Artundo C-M, McKee M (2013) The effect of the late 2000s financial crisis on suicides in Spain: an interrupted time-series analysis. *The European Journal of Public Health*, 23(5): 732-736.

Lucas G (2019) *Les impacts économiques d'un aménagement cyclable. Élaboration d'une méthode d'évaluation*, Analyses et connaissances n°225, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Pays de la Loire [en ligne] <https://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/dreal-etudesocioecovelo.pdf>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Lusk A-C, Furth P-G, Morency P, Miranda-Moreno L-F, Willett W-C, Dennerlein, J-T (2011) Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street. *Injury prevention*, 17(2): 131-135.

Macbeth A-G (1999) Bicycle lanes in Toronto. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 69(4): 38.

Marqués R, Hernández-Herrador V, Calvo-Salazar M, García-Cebrián J-A (2015) How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Research in Transportation Economics*, 53: 31-44.

Panel S, Pietri A (2022) God did not save the kings: Environmental consequences of the 1982 Falklands War. *Ecological Economics*, 201:107580.

Panis L-I, De Geus B, Vandenbulcke G, Willems H, Degraeuwe B, Bleux N, Mishra V, Thomas I, Meeusen, R (2010) Exposure to particulate matter in traffic: a comparison of cyclists and car passengers. *Atmospheric Environment*, 44(19), 2263-2270.

Papon F (2018) Perception des avantages et des risques pour la santé de la pratique des modes actifs, synthèse et recommandations, *Projet PARMA*, vol. 3.

Proult J (2020) Tours : 20% de cyclistes en plus sur le pont Wilson, *La Nouvelle République*, publié le 5 octobre 2020 [en ligne] <https://www.lanouvellerepublique.fr/tours/tours-les-cyclistes-ont-le-vent-dans-le-dos-sur-le-pont-wilson>, dernière consultation le 20 juillet 2022.

Pucher J, Dill J, Handy S (2010) Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review. *Preventive medicine*, 50: S106-S125.

Ragettli M-S, Corradi E, Braun-Fahrländer C, Schindler C, de Nazelle A, Jerrett M, Ducret-Stich R-E, Künzli N, Phuleria, H-C (2013) Commuter exposure to ultrafine particles in different urban locations, transportation modes and routes. *Atmospheric Environment*, 77: 376-384.

Syndicat des mobilités de Touraine (2020) Enquête mobilité 2019, synthèse des résultats [en ligne] <http://www.mobilite.tours->



[metropole.fr/include/viewFile.php?idtf=720&path=24%2F720\\_1623229798\\_Synthese-resultats-2020\\_SMT\\_BD.pdf](https://metropole.fr/include/viewFile.php?idtf=720&path=24%2F720_1623229798_Synthese-resultats-2020_SMT_BD.pdf), dernière consultation le 16 décembre 2022.

Tainio M, de Nazelle A-J, Götschi T, Kahlmeier S, Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen M-J, de Sá T-H, Kelly P, Woodcock J (2016) Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Preventive medicine*, 87: 233-236.

Vélo & territoires (2021) Analyse des données de fréquentation cyclable 2020, septembre 2021 [en ligne] [https://www.velo-territoires.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-07-Rapport\\_2020\\_vdef-1.pdf](https://www.velo-territoires.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-09-07-Rapport_2020_vdef-1.pdf), dernière consultation le 20 juillet 2022.

Wagner A-K, Soumerai S-B, Zhang F, Ross-Degnan D (2002) Segmented regression analysis of interrupted time series studies in medication use research. *Journal of clinical pharmacy and therapeutics*, 27(4): 299-309.

Wardman M, Tight M, Page M (2007). Factors influencing the propensity to cycle to work. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(4): 339-350.

Willis D-P, Manaugh K, 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.