



**HAL**  
open science

## Les déterminants de l'acceptabilité sociale des ZFE en France : le cas de la future ZFE de Grenoble

Rim Rejeb, Hélène Bouscasse, Sandrine Mathy, Carole Treibich

### ► To cite this version:

Rim Rejeb, Hélène Bouscasse, Sandrine Mathy, Carole Treibich. Les déterminants de l'acceptabilité sociale des ZFE en France : le cas de la future ZFE de Grenoble. 2023. hal-03996727

**HAL Id: hal-03996727**

**<https://hal.science/hal-03996727v1>**

Preprint submitted on 20 Feb 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.

Consumption - *Energy* - Innovation

---

## Les déterminants de l'acceptabilité sociale des ZFE en France : le cas de la future ZFE de Grenoble

Rim Rejeb  
Hélène Bouscasse  
Sandrine Mathy  
Carole Treibich

February 14, 2022

JEL: Q48, Q52, Q53, R58

---



# Les déterminants de l'acceptabilité sociale des ZFE en France : le cas de la future ZFE de Grenoble

Rim Rejeb, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, Grenoble INP, GAEL, Grenoble, France.

[rim.rejeb@vedecom.fr](mailto:rim.rejeb@vedecom.fr)

Hélène Bouscasse, CESAER, Agrosup Dijon, INRAE, Bourgogne Franche-Comté Univ.,  
Dijon, France. [helene.bouscasse@inrae.fr](mailto:helene.bouscasse@inrae.fr)

Sandrine Mathy, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, Grenoble INP, GAEL, Grenoble,  
France. [sandrine.mathy@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:sandrine.mathy@univ-grenoble-alpes.fr)

Carole Treibich, Univ. Grenoble Alpes, CNRS, INRAE, Grenoble INP, GAEL, Grenoble,  
France. [carole.treibich@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:carole.treibich@univ-grenoble-alpes.fr)

Février 2023

**Résumé :** Bien qu'elle soit exposée à des niveaux importants de pollution atmosphérique, la France est en retard par rapport à ses voisins européens dans la mise en œuvre des zones à faibles émissions (ZFE). Les questions d'acceptabilité semblent être centrales pour expliquer ce retard. La loi Climat et Résilience votée en 2021 introduit l'obligation pour les villes de plus de 150.000 habitants de mettre en place une ZFE d'ici fin 2024. Trente-trois nouvelles zones urbaines en France sont ainsi concernées dont l'agglomération de Grenoble. A travers des données originales d'enquête cet article propose une évaluation *ex-ante* de l'acceptabilité de cette future ZFE et de ses déterminants. L'analyse s'appuie sur des données originales recueillies par une enquête téléphonique. La mise en œuvre d'une analyse bivariée et d'une régression logit binaire nous a permis d'observer un bon niveau d'acceptabilité de la ZFE en moyenne, mais avec des niveaux moindres pour les individus directement concernés par les restrictions de circulation. Les résultats montrent que l'acceptabilité est principalement déterminée par les attitudes positives et les perceptions individuelles de la ZFE et moins influencée par les caractéristiques sociodémographiques.

**Mots clés :** Zones à faible émissions, acceptabilité sociale, analyse économétrique, France

## Determinants of the social acceptability of Low Emission Zones (LEZ) in France: the case of the future LEZ in Grenoble

**Abstract:** Although France is exposed to significant levels of air pollution, it is lagging behind its European neighbors in the implementation of low-emission zones (LEZs). Acceptability issues seem to be central to this delay. The Climate and Resilience Law passed in 2021 introduces the obligation for cities with more than 150,000 inhabitants to implement a LEZ by the end of 2024. Thirty-three new urban areas in France are thus concerned, including the Grenoble metropolitan area. Using original survey data, this article proposes an *ex-ante* evaluation of the acceptability of this future LEZ and its determinants. The analysis is based on original data collected through a telephone survey. Using bivariate analysis and binary logit regression, we found a good level of acceptability of the LEZ on average, but with lower levels for individuals directly affected by the traffic restrictions. The results show that acceptability is mainly determined by positive attitudes and individual perceptions of the LEZ and less influenced by socio-demographic characteristics.

**Keywords :** Low emission zones, social acceptability, econometric analysis, France

**JEL codes:** Q48, Q52, Q53, R58

## Introduction

L'une des mesures phares visant à réduire la pollution dans les villes est la création de zones à faible émission (ZFE). Une ZFE désigne une zone urbaine dans laquelle l'accès des véhicules les plus polluants (en fonction d'une catégorisation du niveau de pollution des véhicules) est interdit ou réglementé. Cette politique peut être accompagnée d'autres stratégies comme la promotion de la marche, du vélo et des transports en commun (Paris, 2022 ; ADEME, 2020), la gestion du stationnement et de la congestion, ou encore un péage urbain.

La première ZFE a été mise en œuvre en 1996 par la Suède. Depuis cette date, un certain nombre de pays européens ont suivi. Aujourd'hui ce sont plus de 320 ZFE qui sont déployées dans dix-sept pays européens (Azdad et al., 2022). Milan, Rome et Londres ont obtenu les meilleurs résultats en matière de réduction des émissions du trafic, avec une réduction de 10 à 20 % des émissions de NOx et de PM10, grâce à leur ZFE.

Cependant, cette efficacité environnementale dépend de la conception de chaque ZFE (périmètre de restriction plus ou moins étendu autour du centre urbain, catégories de véhicules réglementés, type de réglementation pour les véhicules concernés par la ZFE avec interdiction totale ou accès payant, dérogations possibles, périodes d'interdiction pendant la semaine, possibilités de transfert modal, politiques d'accompagnement, etc.). Ku et al. (2020) décrivent ainsi les différences de périmètres, de catégories de véhicules visés par les restrictions dans les ZFE de Londres, Milan, et Rome (cf. Encadré 1).

Bien qu'elle soit exposée à des niveaux importants de pollution atmosphérique, la France est en retard par rapport à ses voisins européens dans la mise en œuvre des ZFE. Les questions d'acceptabilité semblent être centrales pour expliquer ce retard. En effet, l'introduction de politiques publiques aussi restrictives a un impact important sur les pratiques de mobilité individuelle et les autres activités quotidiennes. Elles peuvent avoir des répercussions sociales sur les ménages qui sont fortement dépendants de leur voiture, notamment pour les déplacements domicile-travail. Les ZFE peuvent également avoir des impacts économiques notamment dans les zones commerciales de centre-ville en rendant leur accès plus difficile au profit des commerces excentrés. Ainsi, la mise en place d'une ZFE peut donner lieu à des mouvements d'opposition locaux susceptibles de conduire à une moindre ambition voire à la suppression de la mesure. C'est notamment à ce titre que les zones d'actions prioritaires pour l'air (ZAPA) introduites par le Grenelle de l'Environnement en 2010 avaient été supprimées dès 2012 avant même d'être expérimentées. La crise des gilets jaunes déclenchée par l'annonce de l'augmentation de la taxe carbone en 2018 ou le mouvement des bonnets rouges en 2013 contre une nouvelle "Ecotaxe" sur le transport par camion sont également emblématiques de mouvements sociaux qui ont démarré suite à l'annonce de politiques visant à limiter l'impact environnemental des transports et qui ont conduit à l'abandon de ces mesures en France.

La loi Climat et Résilience votée en 2021 introduit l'obligation de mise en œuvre de ZFE dans les agglomérations de plus de 150.000 habitants d'ici fin 2024. L'évaluation de leur acceptabilité et des déterminants de cette acceptabilité apparaît donc pertinente avant que celles-ci soient généralisées en France pour des ZFE ambitieuses mais justes, et ainsi obtenir des réductions significatives des émissions de polluants. La littérature existante portant sur l'acceptabilité des ZFE est pourtant encore rare. L'objectif de cet article est donc de contribuer à cette littérature en proposant une évaluation *ex-ante* de l'acceptabilité des habitants de la Métropole grenobloise pour le futur projet de mise en place de ZFE y restreignant la circulation des véhicules privés polluants. L'analyse s'appuie sur des données originales recueillies par une enquête téléphonique. La mise en œuvre d'une analyse bivariée et d'une régression logit binaire nous a permis d'observer un bon niveau d'acceptabilité de la ZFE en moyenne, mais avec des

A Milan, la ZFE ne permet l'accès gratuit qu'aux véhicules électriques et hybrides. Les véhicules datant d'avant les normes Euro et les véhicules Euro 1 et 2 sont interdits de circuler dans son périmètre. Les autres véhicules doivent payer une redevance quotidienne de 5 € pour circuler. Ces restrictions s'appliquent tous les jours de l'année, week-ends et jours fériés compris, mais uniquement de 7h30 le matin et 19h30 le soir.

A Rome, il s'agit plutôt de zones à trafic limité, dans lesquelles seules certaines catégories d'usagers peuvent accéder en voiture. Rome compte ainsi sept zones distinctes, chacune ayant ses propres règles. Seuls les taxis, les véhicules pour handicapés et les résidents qui vivent ou travaillent dans la zone ont accès aux zones du centre historique de Rome. Enfin, Londres a déployé une ZFE par étapes à partir de 2008. Celle-ci consiste en une redevance journalière pour les véhicules polluants entrant dans son périmètre. Au moment de sa mise en place elle couvrait le même périmètre que le péage urbain (qui existe depuis 2005), c'est-à-dire la majeure partie du Grand Londres. Devant les faibles résultats en terme d'émissions de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et de particules fines (PM), les restrictions se sont durcies donnant lieu à une ZTFE (Zone à Très Faibles Emissions ou Ultra-Low Emissions Zone en anglais) en avril 2019 qui s'applique aux véhicules à essence qui ne répondent pas à la norme Euro 4, et aux véhicules diesel qui ne répondent pas à la norme Euro 6. En 2021, le périmètre s'est étendu et devrait l'être encore en 2023. Ces restrictions sont appliquées 24 heures sur 24, y compris les week-ends et les jours fériés. La redevance coûte 12,50 £ et s'ajoute au péage urbain (qui concerne par contre uniquement le centre de Londres). Une amende allant de 80 £ à de 160 £ doit être payée en cas de non-respect.

niveaux moindres pour les individus directement concernés par les restrictions de circulation. Les résultats montrent que l'acceptabilité est principalement déterminée par les attitudes positives et les perceptions individuelles de la ZFE et moins influencée par les caractéristiques sociodémographiques.

La première partie de cet article décrit le contexte des ZFE en France et plus spécifiquement pour l'agglomération grenobloise. La deuxième partie décrit la littérature existante sur l'acceptabilité des ZFE. Dans la troisième partie, nous présentons la méthodologie que nous avons employée, puis dans la quatrième les résultats. Enfin la cinquième partie discute les résultats notamment du point de vue des recommandations politiques.

## 1. Le contexte des ZFE

### 1.1. Le long cheminement des ZFE en France

Au début des années 2010, la France a été menacée d'une action en justice par l'Union Européenne pour non-respect de la directive de 2008 sur la qualité de l'air en ce qui concerne les PM et le NO<sub>2</sub>. La loi Grenelle 2 adoptée en 2010 offrait la possibilité aux communes de plus de 100.000 habitants dans lesquelles les normes de pollution étaient dépassées ou risquaient de l'être d'expérimenter un projet de zone d'action prioritaire pour l'air (ZAPA), inspiré des zones à faibles émissions. Les ZAPA ont fait l'objet d'un appel à projets de faisabilité lancé par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) en 2010. Huit collectivités locales (Paris, Clermont-Ferrand, Nice, Lyon, Grenoble, Bordeaux, Aix-en-Provence et Saint-Denis) s'étaient finalement engagées dans la phase préparatoire de dix-huit mois précédant l'expérimentation proprement dite de trois ans, qui devait débuter en 2012. Sur la base des études préliminaires réalisées dans les huit villes candidates, les pouvoirs publics ont finalement rapidement renoncé à cette initiative, invoquant notamment l'injustice sociale dont ces ZAPA pourraient être la source.

En 2015 les vignettes Crit’Air (certificat qualité de l’air) ont été introduites. Elles succèdent à la pastille verte (1998-2012) en permettant de distinguer parmi les véhicules ceux qui sont susceptibles de polluer moins. La vignette Crit’Air s’appuie sur les normes Euro (voir classification en Annexe). Les automobilistes étaient libres de demander ou non un certificat, la décision d’utilisation des certificats étant du ressort des maires ou des préfets.

Il a ainsi fallu attendre 2015 pour que la première ZFE française soit effectivement créée avec la ZFE de Paris, suivie par neuf autres métropoles (Grand Paris<sup>1</sup>, Grenoble, Lyon, Nice, Rouen, Strasbourg, Toulouse, Reims, Saint-Etienne). Paris a été la première agglomération à annoncer l’interdiction de tous les véhicules diesel à partir de 2024. Ainsi, dès juin 2021, la restriction de circulation a visé les véhicules Non classés, Crit’Air 5 et Crit’Air 4 sur l’ensemble du territoire parisien, y compris le boulevard périphérique et les bois de Vincennes et de Boulogne. Ces restrictions de circulation s’étendront aux véhicules Crit’Air 3 en juillet 2023, puis aux véhicules Crit’Air 2 (c’est-à-dire notamment aux véhicules diesel) au 1er janvier 2024 date à laquelle, plus aucun Parisien ne devrait être exposé à des dépassements des valeurs limites européennes. Enfin, d’ici 2030 100% de véhicules devront être « propres » et les valeurs guides de l’OMS pour tous les polluants devront être respectées.

La loi Climat et Résilience votée en 2021 introduit l’obligation pour les villes de plus de 150.000 habitants de mettre en place une ZFE d’ici fin 2024. Les restrictions de circulation sont calées sur les vignettes Crit’Air. Trente-trois nouvelles zones urbaines en France sont ainsi concernées. Un calendrier réglementaire est établi par cette loi qui prévoit l’interdiction dans ces ZFE des véhicules Crit’Air 5, Crit’Air 4 et Crit’Air 3 respectivement en 2023, 2024 et 2025. Selon les données de parc automobile datant de 2021, sur les 8,1 millions de voitures des résidents d’intercommunalités concernées à plus ou moins long terme par la mise en place d’une ZFE, 30,1 % relèvent de la vignette Crit’Air « zéro émission » ou Crit’Air 1. Les voitures les plus polluantes, relevant d’une vignette Crit’Air 5 ou trop anciennes pour bénéficier d’une vignette, représentent 4 % du parc. Si l’on ajoute les vignettes Crit’Air 4, ce taux passe à 10 % et à 33% en incluant également les vignettes Crit’Air 3.

## 1.2. La ZFE dans la métropole grenobloise

L’agglomération grenobloise fait partie des agglomérations qui devront mettre en place une ZFE d’ici fin 2024.

La Métropole grenobloise comprend 49 communes. Avec 444.000 habitants en 2014, c’est la 11ème agglomération française en termes de population. Grenoble, la ville centre, compte à elle seule environ 160.000 habitants. Grenoble a la réputation depuis des décennies d’être une ville très polluée. La topographie de Grenoble est en effet propice à une stagnation de la pollution puisque trois massifs montagneux entourent la ville. Malgré une réduction en Isère depuis 2000 des polluants atmosphériques émis (réduction de 40% et 48% pour, respectivement, les PM2,5 et les NOx), une grande partie de la population est encore exposée à de fortes concentrations en PM2,5 et NOx (ATMO Auvergne-Rhône-Alpes, 2019). À Grenoble, Morelli et al. (2019) estiment que chaque année, la pollution aux PM2,5 est responsable du décès prématuré de 145 personnes (soit 5,6 % des décès toutes causes confondues chez les 30 ans et plus).

Dans le même temps, la Métropole grenobloise a la particularité de faire partie des villes et agglomérations françaises engagées de longue date dans les problématiques air, énergie et climat. Elle a été la première ville de France à adopter un Plan Climat local en 2005. Par la suite, la Métropole grenobloise a mis en œuvre un Plan de Protection de l’Atmosphère adopté en 2014, un Plan Air Energie Climat en 2020 et elle s’est engagée dans le programme du Ministère de l’Environnement "Villes respirables en 5 ans" qui prévoyait 21 actions pour réduire

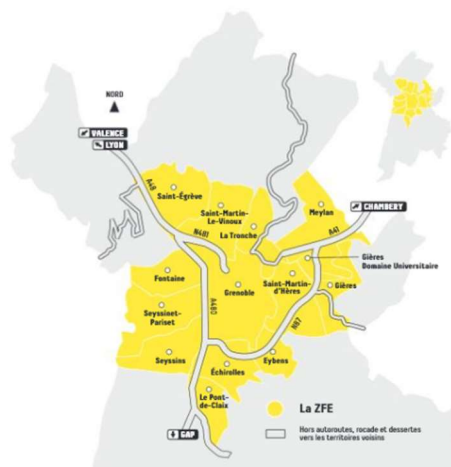
---

<sup>1</sup> 77 communes sur les 131 de la Métropole du Grand Paris sont engagées dans la ZFE situées dans tout ou partie du périmètre de l’A86 (A86 exclue) y compris le périphérique, le bois de Boulogne et le bois de Vincennes.



l'exposition de la population à la pollution atmosphérique sur la période 2017-2022. Ce plan cible le transport de marchandises et la mobilité ainsi que le chauffage au bois individuel non performant.

En janvier 2017, une ZFE pour les véhicules de transport de marchandises (véhicules utilitaires légers et poids lourds) a été mise en œuvre au niveau du centre-ville étendu de Grenoble. Seuls les véhicules de transport de marchandises les plus polluants (c'est-à-dire les non classés selon les labels Crit'Air) étaient interdits de circulation dans la ZFE entre 6h et 19h, du lundi au vendredi. À partir de mai 2019, cette restriction a été élargie à 10 communes volontaires avec une interdiction 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, puis, à 27 communes supplémentaires en 2020. Les véhicules particuliers ne sont pas encore concernés par ces restrictions, mais depuis 2017, l'apposition de la vignette Crit'Air sur le véhicule est devenu obligatoire pour circuler dans les 49 communes de Grenoble. Cependant, elles sont actuellement utilisées pour restreindre la circulation des véhicules les plus polluants uniquement lors des pics de pollution. Suite à la loi Climat et Résilience, la ZFE doit également cibler les véhicules particuliers avec, comme évoqué précédemment, des interdictions progressives des vignettes Crit'Air 5, 4 et 3 entre 2023 et 2025 au plus tard. Le périmètre couvre treize communes de la Métro<sup>2</sup> (Figure 1). A l'échelle de la Métropole (308.909 ménages) qui ont au moins une voiture, 2,2% de ces ménages ont une voiture avec une vignette Crit'Air 5 ou non classée, 4,8% avec une vignette Crit'Air 4 et 19,3% avec une vignette Crit'Air 3. En 2025, plus d'un quart des ménages connaîtraient des restrictions pour entrer dans le périmètre de la ZFE. A l'initiative de la Métropole et de ces communes, un objectif supplémentaire de sortie du diesel (interdiction des vignettes Crit'Air 2) en 2030 est envisagé. Horaires, dérogations, mesures d'accompagnement et grands axes concernés ont fait l'objet d'une concertation avec les habitants à travers différents dispositifs : rencontre dans l'espace public, ateliers d'intelligence collective, ateliers design...



Les axes en gris ne sont pas concernés par la ZFE.  
Figure 1 : Périmètre de la ZFE de l'agglomération grenobloise.

## 2. Revue de littérature sur l'acceptabilité des ZFE

À ce jour, l'ensemble des recherches existantes sur l'acceptabilité publique des politiques visant à réduire les externalités négatives des transports s'est plutôt concentrée sur des politiques autres que les ZFE, notamment les stratégies de tarification des transports urbains (Gu et al., 2018 ; Schade et Schlag, 2003). Ces travaux s'appuient notamment sur des modèles socio-psychologiques pour identifier les relations entre l'acceptabilité de la mesure et, d'une part, des construits directement liés à la mesure évaluée et, d'autre part, des construits renvoyant à des

<sup>2</sup> Les treize communes sont : Grenoble, Saint-Egrève, Saint-Martin le Vinoux, La Tronche, Meylan, Saint-Martin d'Hères, Gières, Eybens, Echirolles, Le Pont de Claix, Seyssins, Seyssinet-Pariset et Fontaine.

aspects plus profonds du psychisme, plus éloignés de la question évaluée, ce que Morton et al. (2021) appellent respectivement facteurs proximaux et facteurs distaux. Les facteurs proximaux se réfèrent plus précisément aux croyances spécifiques à la politique, telles que les perceptions de l'efficacité de la politique (Jagers et al., 2017), l'équilibre entre les coûts et les bénéfices de la mesure (Jia et al., 2017 ; Hansla et al., 2017), la possibilité de conséquences négatives du dispositif, telles que l'atteinte aux libertés individuelles (Schade et Baum, 2007 ; Sun et al., 2016), ou les perceptions d'équité (Jakobsson et al., 2000 ; Schmöcker et al., 2012). Les facteurs distaux concernent quant à eux les orientations de valeurs pro-environnementales (Eriksson et al., 2008 ; Cools et al., 2011), la conscience des problèmes (Eriksson et al., 2006 ; Kim et al., 2014) ou les perceptions des compétences de ces institutions (Nikitas et al., 2018 ; Kim et al., 2014).

Le cas spécifique des ZFE n'a été abordé que récemment par ce type de travaux. Nous identifions dans la littérature deux courants de travaux en fonction du moment de l'évaluation de la ZFE dans le calendrier de mise en œuvre de la mesure.

Les analyses *ex ante* sont basées sur des questionnaires interrogeant les personnes sur un projet plus ou moins abouti et concret de mise en place de ZFE. Par exemple, Morton et al. (2021) présentent une évaluation de l'acceptabilité publique des ZFE en Ecosse en interrogeant les individus sur leur opinion sur l'introduction d'une ZFE dans la ville la plus proche de leur lieu de résidence. Les construits socio-psychologiques et les résultats empiriques sur l'acceptabilité sont ensuite intégrés dans un modèle d'équation structurelle. Les résultats indiquent que les attitudes, les croyances spécifiques en la politique, la confiance dans le gouvernement et le niveau de prise de conscience du problème environnemental et sanitaire posé représentent tous des construits significatifs en termes d'effets directs et indirects sur l'acceptabilité. Rizki et al. (2022) explorent les facteurs socio-psychologiques qui influent sur l'acceptabilité et la préférence en matière de restriction (c'est-à-dire le type de véhicule et les stratégies) concernant la reproduction à d'autres endroits, de la ZFE existante dans une zone touristique de Jakarta. Ils explorent les facteurs socio-psychologiques qui affectent l'acceptabilité et la préférence de restriction. Leur analyse est basée sur des questionnaires distribués aux personnes qui se déplacent quotidiennement dans Jakarta, ainsi que sur de la modélisation par équations structurelles (SEM) et de la régression logistique multinomiale (MNL) hiérarchique. Le soutien à l'expansion des ZFE s'avère être déterminé par la confiance envers le gouvernement, le niveau de préoccupation environnementale et les normes personnelles et sociales concernant la mise en œuvre des ZFE. En outre, les personnes plus jeunes et plus riches font partie des groupes qui sont plus préoccupés par l'efficacité de la mise en œuvre des ZFE.

Il existe également un petit corpus de littérature évaluant l'acceptabilité des ZFE une fois qu'elles ont été mises en œuvre. Oltra et al. (2021) ont évalué l'acceptabilité des ZFE par les résidents de Barcelone après quatre mois de mise en œuvre partielle de cette mesure, sur la base d'une enquête auto-administrée (en ligne) auprès de ces résidents. L'échantillon des répondants a montré une acceptabilité générale élevée, 64% des participants déclarant qu'elle était « acceptable » ou « totalement acceptable ». La réalisation d'une analyse des relations structurelles pour évaluer l'effet des facteurs attitudinaux et sociodémographiques sur cette acceptabilité a démontré que la légitimité perçue du processus, les impacts globaux perçus et l'affect avaient un effet direct significatif sur l'acceptation. Les attitudes et orientations personnelles antérieures et, dans une moindre mesure, les caractéristiques personnelles, étaient indirectement associées aux niveaux d'acceptabilité. L'étude *ex-post* de Tarrío-Ortiz et al. (2021) sur « Madrid Central », la ZFE de Madrid, indique également une forte acceptabilité globale de la mesure, 68% de l'échantillon exprimant des pensées « positives » ou « très positives » à son sujet. L'utilisation d'une régression logistique ordonnée a permis d'identifier le rôle limité que jouent les caractéristiques sociodémographiques dans l'explication de cette acceptabilité publique. Cependant, leurs résultats montrent que les participants plus jeunes,



ayant un faible revenu et vivant en colocation expriment une plus grande acceptabilité que les autres groupes de participants. Les auteurs expliquent ces résultats par le fait que ce groupe particulier est composé d'individus moins dépendants de leur voiture et utilisant principalement les transports publics, donc moins affectés par les restrictions de la ZFE. Les caractéristiques de mobilité des personnes semblent en fait influencer leur niveau d'acceptabilité. Par exemple, les utilisateurs habituels des transports publics ou les motocyclistes présentent une meilleure acceptabilité de « Madrid Central ». Les résultats de cette étude ont également mis en évidence le rôle important de l'idéologie politique et de la conscience environnementale de l'individu sur l'acceptabilité. Les participants qui se positionne d'un point de vue politique à gauche ont montré une acceptabilité beaucoup plus élevée que les autres idéologies politiques, notamment que les partisans des partis de droite. De même, les personnes les plus soucieuses de l'environnement ont exprimé une plus grande acceptabilité de la ZFE.

En France il n'existe pas à notre connaissance d'évaluation de l'acceptabilité des ZFE telles qu'envisagées dans la loi Climat et Résilience de 2021. Une littérature assez restreinte s'était penchée sur l'évaluation des projets de ZAPA. La Branche et Charles (2012) avaient notamment évalué, sur la base d'un questionnaire, l'acceptabilité du projet pour Grenoble. Ainsi, 68 % des personnes interrogées se déclarent a priori favorables ou très favorables au projet sur la base d'une présentation sommaire de l'initiative. A posteriori, au terme de la passation du questionnaire, seuls 59 % se disaient encore favorables ou très favorables au projet de ZAPA. Ces évaluations n'ont pas donné lieu à une approche économétrique qui permettrait d'étudier les déterminants individuels de cette acceptabilité et d'isoler les caractéristiques individuelles les plus corrélées avec le niveau d'acceptabilité. Philipps-Bertin et al. (2015) ont quant à eux évalué différents scénarios de mise en œuvre d'une hypothétique ZAPA à Lyon (au moment de l'enquête, aucun scénario sur l'expérimentation envisagée par l'agglomération de Lyon n'était alors disponible). L'étude ne s'intéresse par conséquent qu'à une partie des individus susceptibles d'être concernés par la mise en œuvre d'une ZAPA, à savoir la population qui pourrait certes être contrainte (dans ses déplacements effectués en automobile) par la mesure mais qui pourrait également en profiter (en termes de réduction de pollution, de bénéfices sanitaires ou encore en termes de réduction du trafic automobile). Une majorité d'individus semble disposée à accepter la mise en œuvre d'une ZAPA. Si la possibilité d'atteindre des objectifs sanitaires semble jouer positivement sur l'acceptabilité, l'effet du pourcentage de la population impactée par l'interdiction est plus ambigu et dépend, entre autres, de la perception que les individus ont du caractère juste (ou non) de la politique. Le coût, lui, est un attribut qui joue négativement sur la probabilité d'accepter la mise en œuvre d'une politique.

La littérature sur les ZFE en France s'est plutôt développée sur les impacts potentiels de la ZFE sur la santé, la mobilité et sur la répartition de ces impacts selon les catégories de population. Sans poser directement la question de l'acceptabilité cette littérature permet néanmoins d'éclairer les enjeux liés à la mise en œuvre des ZFE en France. Cette littérature alerte notamment sur le risque d'augmentation des inégalités sanitaires ou sociales.

Ainsi, Host et al. (2020) dans le cadre d'une évaluation de quatre scénarios hypothétiques de ZFE (deux périmètres différents et deux niveaux d'interdiction de circulation) pour le cas de la métropole parisienne (le « Grand Paris ») montrent que la mesure pourrait contribuer à accroître les inégalités sanitaires. En effet, les résidents dans le périmètre de la ZFE bénéficieraient d'impacts positifs sur l'exposition de la population, sur les décès prématurés, sur les naissances à terme de faible poids, sur les nouveaux cas d'asthme pour les résidents dans le périmètre de la ZFE, mais l'enjeu est que les résidents en dehors du périmètre de restriction bénéficient également de cette mesure. Les auteurs soulignent alors l'intérêt d'étendre la ZFE à une zone plus large, ce qui conduirait à une répartition plus équitable des bénéfices sur la population. Toujours dans le cas du « Grand Paris », Poulhes et Proulhac (2021) montrent que les bénéfices sanitaires seraient les plus faibles pour les populations les plus sensibles aux problèmes de

pollution, les plus jeunes et les plus âgés. Par contre, les plus riches seraient les grands gagnants de la ZFE, mais sont également les plus exposés actuellement. Selon les scénarios, entre 13 et 43 % des habitants exposés à de fortes concentrations de NO<sub>2</sub> en dehors du périmètre de la ZFE passeraient sous le seuil critique de 40 µg/m<sup>3</sup>.

Peu d'études évaluent les impacts des restrictions d'une ZFE sur la mobilité individuelle, notamment différenciés selon les catégories de population. Charleux (2014) utilise des données d'enquête sur les déplacements des ménages pour évaluer comment une ZFE projetée à Grenoble pourrait affecter la mobilité des individus, en cherchant spécifiquement à savoir si l'impact serait socialement différencié et pourrait constituer une injustice sociale. Quatre scénarios probables sont envisagés et les régressions logistiques montrent qu'en effet, la probabilité que les individus soient affectés par la ZFE est liée à leur groupe social. Ainsi, plus la catégorie de véhicules visée par la ZFE est restreinte, plus l'impact serait inégal. Ainsi, une réglementation qui traiterait tous les véhicules de la même manière, quelle que soit leur catégorie d'émission - comme une zone réservée aux piétons ou un péage urbain - pourrait éventuellement être plus égalitaire. Un périmètre de ZFE restreint à un centre relativement riche où sont concentrées de nombreuses ressources urbaines et des réglementations qui ne visent que les véhicules anciens, exempterait de facto les populations les plus aisées.

Ces résultats convergent avec ceux plus récents de Blandin et al. (2022) qui montrent en effet que les différentes catégories de ménages vulnérables en termes de mobilité sont surreprésentées parmi l'ensemble des ménages qui seront impactés par la mise en place d'une ZFE dans l'agglomération grenobloise.

### 3. Méthodes et données

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'acceptabilité par les habitants de Grenoble des mesures locales d'amélioration de la qualité de l'air de ZFE et d'en identifier les déterminants. Nous utilisons des données originales recueillies lors d'une enquête téléphonique réalisée dans le cadre du projet QAMECS-SHS (Mathy et al. 2022). La passation du questionnaire a été réalisée entre avril et mai 2019 par l'institut de sondage Alyce Sofreco auprès de 1.304 participants dont 1.004 résident dans l'une des 49 communes de l'agglomération grenobloise, et 300 dans le Grésivaudan et le Voironnais, communautés de communes qui en sont limitrophes. Le recrutement des personnes enquêtées a été effectué sur la base de quotas pré-calculés. L'entretien téléphonique durait environ 30 minutes par participant.

#### 3.1. Questionnaire

Nous avons expliqué aux participants que La Métro envisageait de mettre en place un projet de ZFE qui interdirait d'ici 2022 l'accès au centre-ville des véhicules diesel d'avant 2006 et des véhicules essence d'avant 1997 (c'est-à-dire les véhicules avec une vignette Crit'Air 4 et 5). Au moment de l'enquête (en 2019), ce calendrier de mise en œuvre était envisagé par les élus de l'agglomération grenobloise. Nous avons également présenté le projet d'interdiction totale des véhicules diesel d'ici 2024 à l'instar de la mesure mise en place à Paris.

Nous avons conçu l'enquête téléphonique, sur la base de la revue de littérature, de manière à tester l'effet d'un groupe de déterminants sur l'acceptabilité de ces restrictions. L'enquête est organisée en trois grandes catégories de déterminants : les caractéristiques sociodémographiques, les caractéristiques liées aux déplacements et les caractéristiques d'attitudes et de perceptions vis-à-vis de la ZFE. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les items utilisés pour mesurer les variables incluses dans chaque catégorie.

Tout d'abord, les questions sociodémographiques portaient sur le sexe, l'âge, la zone de résidence, le niveau de revenu, le niveau d'éducation et la profession. Pour des raisons de comparabilité et pour faciliter la lecture des résultats, nous avons créé des catégories pour

certaines de ces variables. Par exemple, en utilisant l'année de naissance dans la variable âge, nous avons créé trois catégories de différents niveaux d'âge.

Deuxièmement, pour les questions relatives aux déplacements, les participants indiquaient s'ils possèdent un véhicule et, dans l'affirmative, nous demandions la catégorie de la vignette Crit'Air de leur(s) véhicule(s)<sup>3</sup>. Par ailleurs, nous leur avons posé des questions sur leurs habitudes de mobilité active (c'est-à-dire l'utilisation régulière du vélo et de la marche) en évaluant le niveau d'automatisme de la décision d'utiliser un mode alternatif à la voiture.

Troisièmement, nous avons inclus des questions, sur la base d'une échelle de Likert à 5 points, pour évaluer les attitudes et les perceptions individuelles qui pourraient influencer l'acceptabilité. Ces mesures concernent les modes alternatifs à la voiture, le problème de la qualité de l'air à Grenoble et les avantages liés à la mise en place d'une ZFE.

Tableau 1 : Items mesurant les variables étudiées

Variable	Question	Catégories de réponses
<b>Caractéristiques sociodémographiques</b>		
Sexe	Vous êtes...	Un homme / une femme
Age	Quelle est votre année de naissance ?	
Zone de résidence	Quelle est le nom de la commune dans laquelle se trouve votre résidence principale ?	
Revenu	Pouvez-vous nous dire dans quelle fourchette se trouve le revenu mensuel net de votre ménage ?	Moins de 1000€ à plus de 4000€
Education	Quel est votre plus haut niveau d'étude	Plusieurs réponses proposées
Profession	Quel est ou était votre profession principale	Plusieurs réponses proposées
<b>Caractéristiques du déplacement</b>		
Possession de voiture	Combien de voitures y a-t-il dans votre ménage ?	
Vignette Crit'Air	Quelle est l'étiquette Crit'Air de votre voiture principale ?	Electrique et hydrogène jusqu'à Hors Crit'Air
Niveau de mobilité	Quelle est votre activité professionnelle actuelle ?	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Habitudes de mobilité active	Décider d'utiliser un mode de transport alternatif à la voiture est quelque chose	Que vous faites automatiquement Que vous faites sans y penser Que vous faites sans avoir à vous rappeler consciemment Que vous commencez à faire avant de vous en rendre compte
<b>Attitudes et perceptions</b>		
Attitude vis-à-vis de la voiture	La voiture est plus pratique que les transports en commun	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Attitude vis-à-vis du vélo	Le vélo est plus pratique et moins coûteux que la voiture	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Perception du problème	Etes-vous gêné au quotidien par la pollution atmosphérique dans l'agglomération grenobloise ?	1. pas du tout gêné à 5. tout à fait gêné
Préoccupation environnementale	Dans quelle mesure vous intéressez-vous à la question de la qualité de l'air dans l'agglomération grenobloise ?	1. pas du tout intéressé à 5. tout à fait intéressé

<sup>3</sup> Nous avons demandé aux personnes ne connaissant pas la vignette CritAir de leur(s) véhicule(s) d'indiquer le type de carburant et l'année de mise en circulation, ce qui a permis de reconstituer la vignette CritAir.

Perception de la justice sociale	En cas de mise en œuvre de la ZFE, les personnes précaires seront pénalisées	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Perception de la justice économique	En cas de mise en œuvre de la ZFE, l'économie locale (magasins, entreprises) seront pénalisées	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Perception de l'efficacité sur la santé	En cas de mise en œuvre de la ZFE, il y aura des effets bénéfiques sur votre santé et celle de vos proches	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Perception de l'efficacité sur la mobilité	En cas de mise en œuvre de la ZFE, la circulation dans la zone sera plus fluide	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
Perception de l'efficacité sur l'environnement	En cas de mise en œuvre de la ZFE, la pollution de l'air sera réduite	1. pas du tout d'accord à 5. tout à fait d'accord
<b>Acceptabilité</b>		
Acceptabilité de la ZFE	Evaluez la mesure de lutte contre la pollution visant à bannir l'accès des centres-villes aux voitures les plus polluantes	1. pas du tout acceptable à 5. tout à fait acceptable

### 3.2. Description des participants

Le tableau 1 décrit les caractéristiques de l'échantillon. Près de la moitié des répondants sont de sexe masculin (48%) et 49% sont âgés de 25 à 54 ans. Les 49 municipalités de la métropole sont regroupées en trois zones, de A à C. Ainsi, la zone A est constituée de la ville de Grenoble, la zone B est le « centre urbain » de l'aire urbaine (cœur urbain), la zone C comprend les territoires périurbains et ruraux ou de montagne. Le Grésivaudan et le Voironnais constituent la zone D. Les participants se répartissent presque également entre les différents niveaux de revenus mais les personnes ayant un niveau d'éducation élevé sont plus fortement représentées (54%) que dans la population de l'agglomération (43% des plus de 18 ans) ou du Voironnais et du Grésivaudan (48% des plus de 18 ans). Près de 10% des participants ne possèdent pas de voitures. Il y a une forte proportion de véhicules ayant une étiquette Crit'Air 1 (27%) et Crit'Air 2 (26%). Dans le cadre de cette enquête, 11% des participants possèdent une voiture avec une étiquette Crit'Air 4, 5 ou Hors Crit'Air qui serait interdite par la ZFE que nous leur avons présentée.

L'analyse de la distribution des vignettes Crit'Air montre un impact significatif de la catégorie socio-professionnelle (voir Tableau 8 en annexe): il y a une part significativement (significatif à 1%) plus importante de personnes ayant des vignettes Crit'Air 1 chez les cadres. L'analyse ne fait pas ressortir par contre qu'il y aurait significativement plus de voitures Crit'Air 4, 5 ou Hors Crit'Air (impactés par la ZFE présentée) dans une certaine catégorie socio-professionnelle notamment parmi les employés, ouvrier ou sans emploi. Enfin, la part des personnes ne possédant pas de voitures est significativement plus importante pour les personnes sans emploi.

Tableau 2 : Caractéristiques de l'échantillon

		Proportion (%)*
Zone de résidence	Zone A	25,27
	Zone B	33,09
	Zone C	11,76
	Zone D	29,88
Genre	Hommes	48,34
	Femmes	51,66
Age	18 - 24 ans	13,02
	25 - 54 ans	48,58

	55 ans et plus	38,40
Niveau de mobilité	Mobile	59,44
	Moins Mobile	40,56
Profession	Agriculteur, artisan ou commerçant	3,71
	Cadre et profession intellectuelle supérieure	31,62
	Profession intermédiaire	27,87
	Employé	21,64
	Ouvrier	9,54
	Chômeurs et autres inactifs	5,62
Education	Certificat d'études primaires	1,48
	BEPC	2,32
	CAP/BEP	12,64
	BTS Baccalauréat BT DEUG, DUT, BTS	24,77
	Diplômé.e de professions sociales ou de la santé	1,43
	Diplôme universitaire	54,45
	Ne souhaite pas répondre	1,45
Sans diplôme	1,47	
Niveau de revenu	1 000 € ou moins	6,99
	1 001 – 1 500 €	9,36
	1 501 – 2 000 €	14,39
	2 001 – 3 000 €	18,83
	3 001 – 4 000 €	15,19
	Plus de 4 000 €	21,11
	Ne veut pas répondre	12,19
Ne sait pas	1,93	
Vignette	Electrique ou Hydrogène	4,13
	Crit'Air 1	26,76
	Crit'Air 2	25,9
	Crit'Air 3	20,65
	Crit'Air 4, 5 ou Hors crit'Air	11,27
	Pas de voiture	9,72
Ne sait pas	1,55	

### 3.3 Méthodes d'analyse

Nos analyses de données reposent sur des données redressées afin que ces dernières soient représentatives de la population du territoire de l'étude.

Nous commençons nos analyses par des statistiques descriptives des variables d'intérêt. Ces analyses sont suivies d'une analyse bivariable. Nous utilisons un certain nombre de tests statistiques, en fonction du type de données, pour évaluer les relations qui peuvent exister entre le niveau d'acceptabilité (être un « partisan » ou un « opposant ») du projet ZFE et les caractéristiques individuelles. Nous considérons que les personnes ayant répondu que la ZFE est acceptable ou tout à fait acceptable sont partisans de la ZFE, alors que celles ayant répondu que la ZFE est tout à fait inacceptable ou inacceptable est considéré comme un opposant.

Nous utilisons des tests non paramétriques (test de Mann-Whitney et test de Kruskal-Wallis) pour les données catégorielles et non normalement distribuées et des t-tests pour comparer les moyennes de données normalement distribuées (Denis, 2020).

Pour avoir une vision plus complète de la manière dont les caractéristiques individuelles évaluées précédemment interagissent et déterminent l'acceptabilité de la ZFE à Grenoble, nous réalisons un modèle logistique simple. La variable modélisée est la probabilité d'être un partisan de cette mesure. L'utilisation d'un modèle de choix discret a été largement utilisée dans les

études existantes sur les transports (Al-Salih et Esztergár-Kiss, 2021 ; Puan et al., 2019 ; Bouscasse, 2017) et a également été mise en œuvre dans l'évaluation de l'acceptabilité des interventions publiques. Par exemple, Tarrío-Ortiz et al. (2021) ont utilisé la modélisation logistique ordonnée pour évaluer l'acceptabilité de la ZFE à Madrid.

## 4. Résultats

### 4.1 Statistiques descriptives

La Figure 2 présente la distribution dans notre échantillon des niveaux d'acceptabilité du projet de ZFE à Grenoble. Une majorité de 54,26% des répondants sont partisans du projet, 28,35% y sont opposés et 17,38% sont neutres ou indécis.

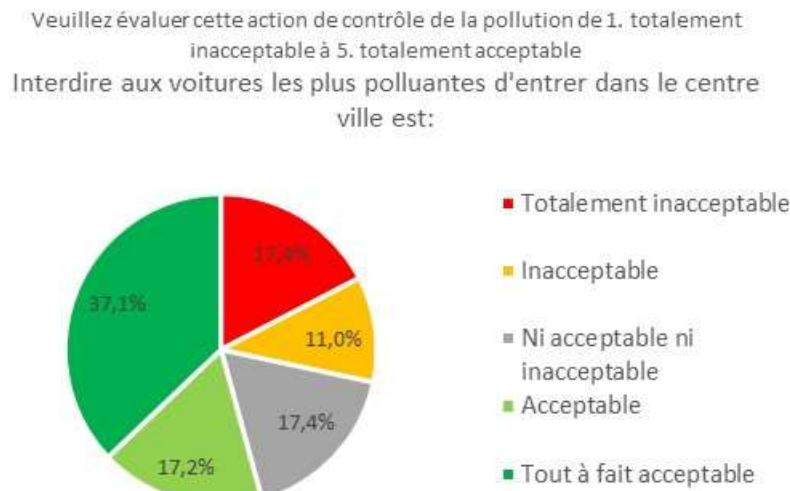


Figure 2: Niveau d'acceptabilité individuelle du projet ZFE à Grenoble

Nous cherchons ensuite à identifier au sein de la série de variables présentées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** lesquelles pourraient être significativement expliquer le niveau d'acceptabilité de la ZFE.

Pour cela, nous évaluons tout d'abord dans quelle mesure les caractéristiques sociodémographiques des deux sous-échantillons « partisans » et « opposants » diffèrent. Le Tableau 3 montre le rôle limité de ces caractéristiques dans le niveau d'acceptabilité. C'est le cas même avec des différences relativement importantes pour certaines caractéristiques entre les deux types de participants. Par exemple, parmi les partisans, 31% sont des hommes alors que seulement 18% le sont dans le groupe des opposants. Cependant, le sexe du participant n'a pas d'effet significatif sur le fait de s'opposer ou non à la ZFE. Un autre exemple similaire est le niveau d'éducation : les individus ayant un niveau d'éducation élevé sont relativement beaucoup plus nombreux à soutenir la ZFE : ils représentent ainsi 37% des partisans contre seulement 17% des opposants. Néanmoins, cette variable n'a qu'un faible impact significatif (à 10%) sur l'acceptabilité. Ces résultats sont en accord avec le rôle mineur identifié de ces variables sociodémographiques par Tarrío-Ortiz et al. (2021) pour l'acceptabilité de la ZFE à Madrid.

Les caractéristiques personnelles liées aux caractéristiques du déplacement ont un effet davantage significatif sur l'acceptabilité de la ZFE. Dans le Tableau 4, une plus grande partie des « partisans » possède des véhicules moins polluants selon les vignettes Crit'Air ou ne possèdent pas de véhicule du tout. En comparant avec les réponses des « opposants », nous constatons que le fait de posséder une voiture, surtout si elle est polluante, entraîne une moindre acceptabilité. En particulier, en utilisant le test de Dunn, nous



constatons que ceux qui ont des véhicules à vignette Crit’Air 4, 5 ou Hors Crit’Air expriment une plus faible acceptabilité de la ZFE que ceux qui possèdent des véhicules à vignette Électrique et hydrogène (p-valeur = 0.001) et que ceux qui ne possèdent pas de voiture (p-valeur = 0.002). Nous constatons également que ceux qui possèdent une voiture avec une vignette Crit’Air 3 ont une acceptabilité plus faible de la ZFE que ceux qui ne possèdent pas de voiture (p-valeur = 0,009).

Ces résultats sont en accord avec les études existantes sur l'acceptabilité de la ZFE (Tarrío-Ortiz et al., 2021 ; Oltra et al., 2021) qui concluent que les personnes possédant des véhicules polluants expriment une acceptabilité plus faible que celles possédant des véhicules moins polluants ou ne possédant pas de voiture. Ce résultat est intuitif, puisque ces personnes sont moins concernées par les restrictions et leur impact sur leur vie quotidienne.

Les habitudes de mobilité jouent également un rôle significatif sur l'acceptabilité de la ZFE. Nous constatons que les « partisans » ont des habitudes de mobilité active (marche et vélo) plus fortes que les « opposants » (p-valeur = 0.000). Ces personnes ayant des habitudes de mobilité active dépendent donc moins des voitures pour leurs déplacements sont moins touchées par les restrictions de la ZFE.

Ce sont par contre les attitudes et les perceptions personnelles qui ont les impacts les plus importants sur l'acceptabilité de la ZFE (Tableau 5). Les « partisans » ont des attitudes significativement plus positives envers les transports publics et la bicyclette en tant qu'alternatives à la voiture que les « opposants » ( $4.08 > 3.58$ , p-valeur = 0.000). Les « partisans » sont généralement plus préoccupés par la qualité de l'air dans leur région ( $3,9 > 3,44$ , p-valeur = 0,000) et perçoivent la pollution atmosphérique à Grenoble comme un problème plus important ( $2,73 > 2,53$ , p-valeur = 0,021) que les « opposants ». Ces résultats soulignent le rôle crucial de l'équité perçue dans l'acceptabilité de cette mesure. Qu'elle soit sociale ou économique, la perception de la ZFE comme non équitable est plus présente chez les « opposants ». Ce résultat va dans le sens des résultats de Charleux (2014) sur les sentiments d'injustice qu'une ZFE pourrait générer et qui semblent être non seulement environnementaux mais aussi sociaux et économiques. Enfin, l'efficacité perçue de la ZFE est significativement différente entre les « partisans » et les « opposants » pour trois niveaux évalués : santé, mobilité et environnement. Les « partisans » pensent plus que les « opposants » que la ZFE aura des effets bénéfiques sur leur santé et celle de leur famille ( $3.86 > 2.76$ , p-valeur = 0.000). Ils ont également une perception plus élevée ( $3,74 > 2,69$ , p-valeur = 0,000) de l'impact positif de la ZFE sur la fluidité du trafic dans la zone. Les « partisans » de la ZFE croient également plus que les « opposants » à la capacité de cette mesure pour réduire la pollution atmosphérique dans la zone ( $3,86 > 2,83$ , p-valeur = 0,000).

Tableau 3: Caractéristiques sociodémographiques et leur influence sur l'acceptabilité.

Proportion (%)		Partisans (n= 710)	Opposants (n=364)	p-valeur
Genre	Homme	30.98	17.96	0.129
Age	18 à 24 ans	8.78	4.09	0.101
	25 à 54 ans	30.37	18.37	
	55 ans et plus	26.52	11.86	
Zone de résidence	A	16.89	8.08	0.336
	B	22.32	11.13	
	C	6.86	4.87	
	D	19.61	10.24	
Revenu	1000 ou moins	4.91	2.41	0.068
	1001 – 1500	5.53	3.6	
	1501 – 2000	8.41	6.04	
	2001 – 3000	13.03	5.88	



	3001 – 4000	10.44	5.17	
	4001 et plus	15.07	5.57	
	Ne souhaite pas répondre	7.28	4.68	
	Ne sait pas	1.02	0.99	
Niveau d'éducation	Universitaire	36.88	17.22	0.080
Profession	Agriculteur, artisan ou commerçant	2.76	1.25	0.830
	Cadre et profession intellectuelle supérieure	20.27	10.96	
	Profession intermédiaire	18.64	9.29	
	Employé	13.79	8.001	
	Ouvrier	5.50	3.8	
	Sans emploi ou autre activité	3.93	1.8	

Tableau 4: Caractéristiques liées aux déplacements et leur influence sur l'acceptabilité.

Proportion (%)		Partisans (n= 710)	Opposants (n= 364)	p- valeur
Etiquettes Crit'Air / Voiture (%)	Electrique et hydrogène	3.13	0.82	0.001
	Crit'Air 1	17.81	7.96	
	Crit'Air 2	15.98	8.72	
	Crit'Air 3	11.05	7.94	
	Crit'Air 4, 5 ou Hors Crit'Air	6,55	5,33	
	Sans voiture	9.63	3.1	
	Ne sait pas	1.53	0.47	
Niveau de mobilité (%)	Mobile	38.26	20.75	0.517
Habitudes de mobilité douce (moyenne)	Le choix modal d'une alternative à la voiture est automatique	3.55	3.2	0.000

Tableau 5: Attitudes et perceptions personnelles et leur influence sur l'acceptabilité.

Moyenne		Partisans (n= 710)	Opposants (n= 364)	p-valeur
Attitude vis-à-vis de la voiture	Praticité par rapport aux TC	3.76	4.09	0.000
Attitude vis-à-vis du vélo	Praticité par rapport à la voiture	4.08	3.58	0.000
Perception du problème	Pollution de l'air à Grenoble	2.73	2.53	0.021
Préoccupation environnementale	Qualité de l'air à Grenoble	3.9	3.44	0.000
Perception de l'équité sociale	Pénalise les ménages précaires	3.56	3.96	0.000
Perception de l'équité économique	Pénalise l'économie locale	3.01	3.49	0.000
Perception de l'efficacité	Sur la santé	3.86	2.76	0.000
Perception de l'efficacité	Sur la mobilité	3.74	2.69	0.000
Perception de l'efficacité	Sur l'environnement	3.86	2.83	0.000

## 4.2. Déterminants de l'acceptabilité de la ZFE à Grenoble

Dans cette section nous évaluons l'impact des différentes variables étudiées sur l'acceptabilité de la ZFE à travers l'estimations d'une régression logistique simple. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6. Ils confirment le faible impact déjà identifié dans la littérature des variables sociodémographiques sur la probabilité d'être un « partisan » de cet type de mesure. En effet, aucune des variables sociodémographiques incluses n'a d'effet significatif sur cette probabilité. Les résultats montrent que les caractéristiques individuelles des déplacements jouent un rôle moins important que celui identifié précédemment avec l'analyse bivariée. En fait, nous

constatons que parmi les variables considérées, seule la catégorie de vignette Crit'Air détermine significativement l'acceptabilité. Posséder une voiture avec une vignette Crit'Air 4, 5 ou Hors Crit'Air (OR = 0.23, p-valeur = 0.017) augmente significativement la probabilité d'être un « opposant » comparé à avoir une vignette « Electrique et hydrogène ».

Les variables les plus importantes déterminant l'acceptabilité sont les attitudes et les perceptions. Les participants davantage préoccupés par l'environnement sont plus susceptibles de soutenir cette mesure d'amélioration de la qualité de l'air (OR = 1.27, p-value = 0.022). Cependant, contrairement à la littérature existante qui identifie les impacts sociaux potentiellement négatifs d'une ZFE comme déterminant de l'acceptabilité, l'étude de notre échantillon ne fait ressortir dans cette catégorie de variables que la crainte de l'impact sur les activités économiques (OR = 0,85, p-value = 0,037). Les personnes estimant que la ZFE pourrait induire de tels impacts sont moins susceptibles d'être favorables à la ZFE. Enfin, les trois catégories d'efficacité perçue ont un impact significatif sur l'acceptabilité, celle sur la mobilité ayant l'effet le plus fort (OR = 1,37, p-value = 0,000), suivi de l'efficacité perçue sur la santé (OR = 1,32, p-value = 0,002), l'efficacité perçue sur l'environnement jouant un rôle plus faible, mais toujours significatif (OR = 1,27, p-value = 0,013).

Tableau 6: Acceptabilité de la ZFE à Grenoble - Régression logistique simple

Favorable	OR	SE	p-value
<b>Caractéristiques sociodémographiques</b>			
Femme	1.38	0.29	0.125
Age			
25 -54 ans	0.55	0.25	0.191
+55 ans	0.58	0.28	0.257
Zone de résidence			
B	0.85	0.19	0.454
C	0.87	0.32	0.696
D	0.89	0.28	0.726
<b>Revenu</b>			
1001 - 1500	0.62	0.34	0.390
1501 - 2000	0.47	0.23	0.131
2001 - 3000	1.16	0.61	0.782
3001 - 4000	0.862	0.44	0.775
4001 et plus	1.26	0.65	0.661
Ne souhaite pas répondre	0.79	0.43	0.670
Ne sait pas	0.31	0.29	0.222
Niveau d'éducation universitaire	0.96	0.22	0.845
<b>Profession</b>			
Cadre/Profession intellectuelle supérieure	0.84	0.44	0.746
Profession intermédiaire	1.19	0.62	0.729
Employé	1.22	0.64	0.707
Ouvrier	1.82	1.11	0.329
Sans emploi ou autre activité	1.02	0.71	0.982
<b>Caractéristiques déplacement</b>			
Etiquette Crit'Air			
<i>Critair 1</i>	0.79	0.44	0.667
<i>Critair 2</i>	0.45	0.26	0.163
<i>Critair 3</i>	0.51	0.29	0.238
<i>Critair 4, 5 ou Hors critair</i>	0.23	0.14	0.017
Ne possède pas de voiture	0.60	0.37	0.401
Ne sait pas	0.43	0.38	0.341

<b>Moins mobile</b>	0.98	0.25	0.923
<b>Habitude de mobilité active</b>	0.99	0.09	0.883
<b>Attitudes et perceptions</b>			
Attitude vis à vis de la voiture	0.85	0.07	0.052
Attitude vis à vis du vélo	1.13	0.09	0.105
Perception du problème	0.84	0.07	0.051
Préoccupation environnementale	1.27	0.13	0.022
Perception de l'équité sociale	0.86	0.07	0.062
Perception de l'équité économique	0.85	0.06	0.037
Perception de l'efficacité sur la santé	1.32	0.12	0.002
Perception de l'efficacité sur la mobilité	1.37	0.11	0.000
Perception de l'efficacité sur l'environnement	1.27	0.12	0.013
Constante	1.01	1.13	0.993
Observations = 743			
F-adjusted test statistic = 0.938			
p-value = 0.491			

Note: OR = Odds Ratio, SE = Standard Error

### 4.3 Adaptation à la ZFE et mesures d'accompagnement

Nous complétons nos analyses de l'acceptabilité de la ZFE à Grenoble en nous intéressant d'abord aux comportements que les répondants qui seraient impactés par une ZFE interdisant les véhicules Crit'Air 4 ou 5 pensent adopter. Dans un second temps nous interrogeons les répondants sur les mesures d'accompagnements qu'ils estiment les plus pertinents. Les douze propositions listées dans la Figure 4 leur sont présentées. Ces analyses reposent sur un faible nombre d'observations puisque seuls 80 participants ont déclaré avoir comme véhicule principal un véhicule avec une vignette Crit'Air 4 ou 5.

Compléter les évaluations d'acceptabilité par de telles analyses constitue une originalité de ce travail. A notre connaissance, la seule étude ayant effectué des analyses similaires est celle de Tarrío-Ortiz et al. (2021). Ces auteurs avaient en effet inclus dans leur enquête une question ouverte pour laquelle les répondants pouvaient suggérer des actions qui amélioreraient l'acceptabilité de la ZFE à Madrid. Les trois mesures les plus fréquemment indiquées étaient l'augmentation de la fréquence des transports publics dans la zone, l'octroi de subventions pour renouveler le parc automobile et la promotion du covoiturage.

La Figure 3 décrit les changements de comportement que les participants pensent adopter pour différentes catégories de déplacements (travail/études, courses, autres achats et loisirs) en cas de mise en place de la ZFE. Pour toutes les catégories de déplacements, la majorité des personnes concernées par cette mesure sont prêtes à changer leur mode de transport pour des alternatives à la voiture (bus, tram, vélo, marche et covoiturage). Ceci est particulièrement vrai pour les déplacements travail/études où 55% des répondants mentionnent cette option. Pour les autres catégories de déplacements, le report modal est cité par 42% à 53% de l'échantillon. Par ailleurs, en fonction du motif du déplacement, 5,6% à 20% des participants sont prêts à prendre le risque de payer une amende en entrant dans le périmètre de la ZFE. La part la plus élevée de 20 % concerne les déplacements pour le travail ou les études. Ces parts sont sans doute sous-estimées en raison du biais de désirabilité sociale, c'est-à-dire que certains répondants pourraient ne pas oser donner une telle réponse par peur d'être jugés par l'enquêteur. Par ailleurs, selon la catégorie de déplacement, de 10,5 à 19,5% de participants se disent prêts à changer de voiture pour en acheter une moins polluante. Certains participants ont déclaré qu'ils changeraient l'itinéraire ou la destination, en particulier pour les courses (18,5% pour les courses alimentaires et 15,5% pour les autres types d'achats) et les loisirs (15,4%). Le comportement le moins choisi est l'annulation du déplacement, surtout dans le cas de courses

alimentaires avec seulement 1% de part contre environ 7% de part pour les voyages d'autres achats ou de loisirs.

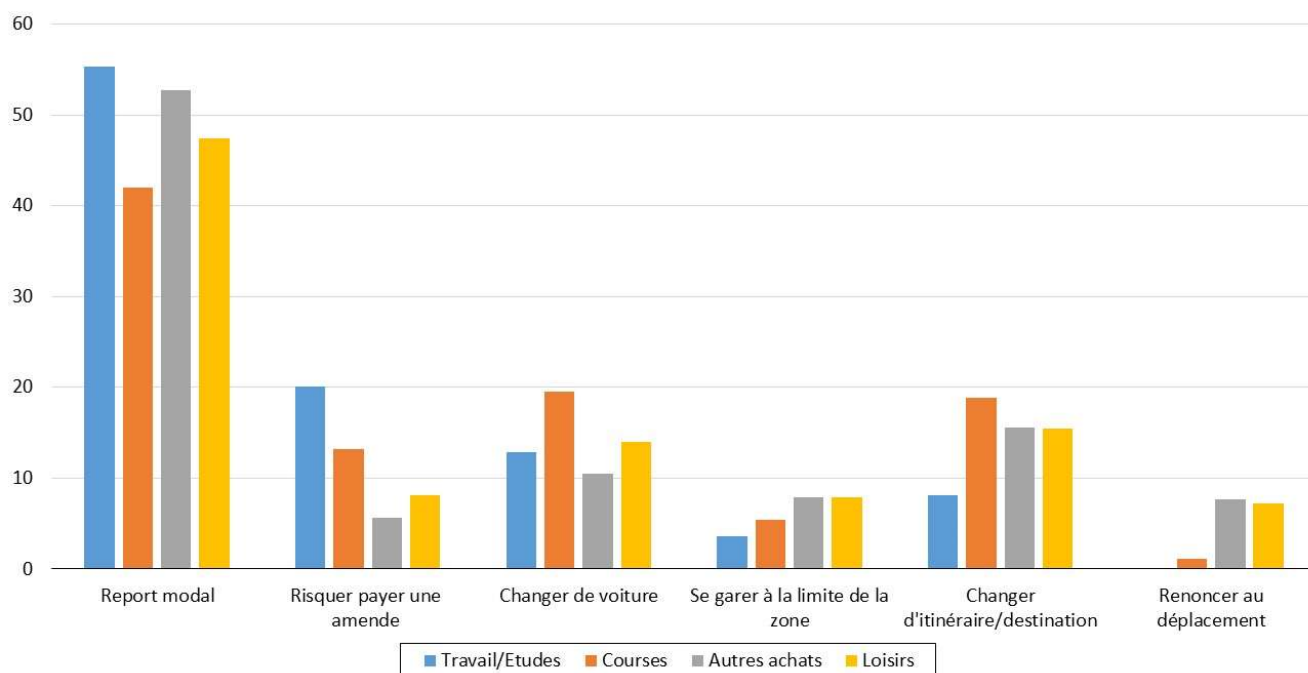


Figure 3 : Changement de comportement déclaré en cas de mise en place d'une ZFE

L'utilité perçue des mesures d'accompagnement est évaluée à l'aide d'échelles de Likert à 5 points allant de « 1. Pas du tout utile » à « 5. Utile ». Les scores moyens pour l'ensemble des mesures varient de 3,6 points à 4,4 points pour l'ensemble de l'échantillon (voir Figure 43). Les mesures visant à améliorer l'accessibilité économique, physique et sociale des transports publics sont les plus sollicitées. Selon les réponses des participants, la mesure considérée comme la moins utile est la communication d'informations sur les solutions de mobilité existantes. La comparaison du niveau d'utilité perçue de ces mesures entre les « opposants » et les « partisans » montre une différence d'utilité significative entre ces deux groupes à la ZFE, les « partisans » ayant des niveaux d'utilité perçue plus élevés (voir Tableau 7). L'acceptabilité de la ZFE est donc également liée à l'acceptabilité de ces mesures d'accompagnement. Ce résultat est intéressant pour les autorités publiques car il souligne l'importance de prendre en compte l'acceptabilité dans la conception de leurs mesures.

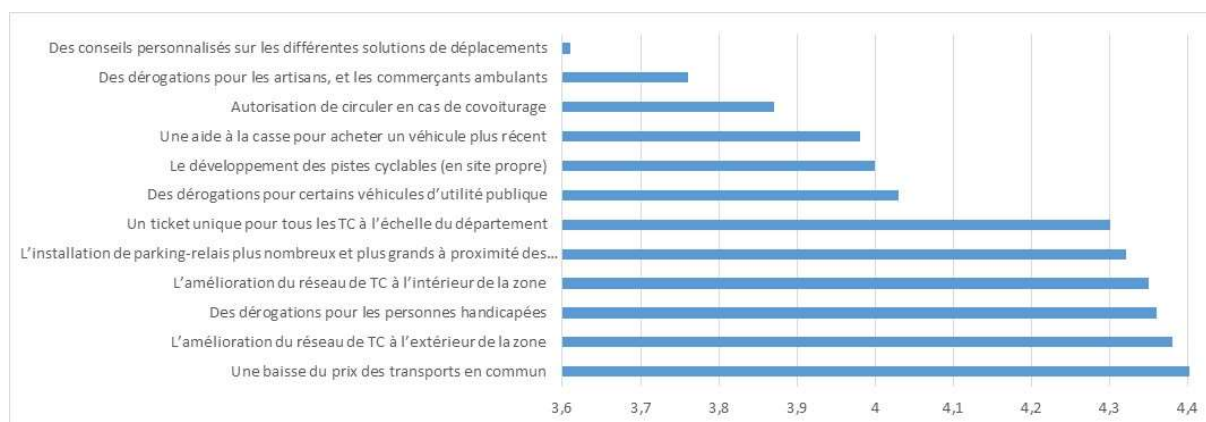


Figure 4: Utilité moyenne perçue des mesures d'accompagnement du projet ZFE

Tableau 7 : Utilité perçue des mesures d'accompagnement en fonction de l'acceptabilité de la ZFE.

Mesures d'accompagnement	Partisans (n= 710)	Opposants (n= 364)	p-valeur
Une aide à la casse pour acheter un véhicule plus récent	4.14	3.7	0.000
Conseils personnalisés sur les différentes solution de déplacements	3.85	3.21	0.000
Dérogations pour les artisans et les commerçants ambulants	3.84	3.6	0.009
Autorisation de circuler en cas de covoiturage	4	3.56	0.000
Une aide à la casse pour acheter un véhicule plus récent	4.14	3.7	0.000
Développement de pistes cyclables	4.26	3.57	0.000
Dérogations pour certains véhicule d'utilité publique	4.15	3.83	0.001
Ticket unique pour tous les transports en commun dans le département	4.39	4.12	0.002
Parkings relais plus nombreux et plus grands à proximité des transports en commun	4.48	4.06	0.000
Amélioration du réseau de transports publics dans la zone	4.54	4.04	0.000
Dérogations pour les personnes handicapées	4.48	4.12	0.000
Amélioration du réseau de transports publics à l'extérieur de la zone	4.49	4.19	0.000
Baisse du prix des transports publics	4.51	4.29	0.004

## 5. Discussion et recommandations politiques

La littérature existante s'intéressant à la mise en œuvre de mesures d'amélioration de la qualité de l'air et notamment aux ZFE s'est jusqu'à présent principalement penchée sur leurs conséquences environnementales et sanitaires. Cependant, peu de recherches se sont intéressées sur l'acceptabilité de la population, qui est pourtant déterminant pour la faisabilité sociotechnique de ce type de mesures. Cet article vise à combler ce manque en évaluant l'acceptabilité du projet ZFE à Grenoble.

Nous avons utilisé des données d'enquête pour étudier les impacts des caractéristiques sociodémographiques (par exemple, l'âge, le genre), des caractéristiques liées aux déplacements (par exemple, la possession d'une voiture et les caractéristiques de pollution, les habitudes de mobilité) et des caractéristiques en terme d'attitudes et de perceptions sur l'acceptabilité individuelle de la ZFE.

Nos résultats montrent une acceptabilité relativement élevée de cette mesure, 54% des participants estimant qu'elle est acceptable ou très acceptable. Ce résultat est comparable aux niveaux d'acceptabilité dans d'autres villes européennes. Il est également similaire à l'évaluation spécifique de l'acceptabilité de la ZAPA à Grenoble par La Branche et Charles (2012) dans laquelle 59% de l'échantillon (après avoir été bien informés sur la mesure et ses conséquences) était en faveur de cette mesure.

Nos résultats montrent que l'acceptabilité de la ZFE est faiblement liée aux caractéristiques sociodémographiques. Ce résultat est similaire à celui de Tarrío-Ortiz et al. (2021) dans leur évaluation de l'acceptabilité de la ZFE à Madrid.

Les caractéristiques liées aux déplacements jouent un rôle important dans cette acceptabilité. Le fait de considérer le type de vignette Crit'Air des voitures des répondants est une originalité de ce travail. Les personnes possédant une voiture ayant une vignette Crit'Air polluante sont ainsi moins favorables à la ZFE. Ce résultat est intuitif puisqu'ils sont directement touchés dans leurs pratiques de mobilité.

Les attitudes et les perceptions apparaissent comme les déterminants les plus importants de l'acceptabilité. Plus les gens sont concernés, plus ils sont conscients du problème de la qualité de l'air, plus ils croient en l'efficacité de la ZFE et plus leur acceptabilité est forte.

Même si l'équité perçue des impacts (par exemple, sur la mobilité ou sur la santé) a été identifiée par les études existantes comme un facteur de blocage potentiel pour l'acceptation d'une mesure d'amélioration de la qualité de l'air (Jagers et al., 2017), et plus particulièrement de la ZFE (Oltra et al., 2021), les répondants à notre enquête semblent être plus préoccupés par les impacts sur l'économie locale que par les impacts sociaux. A cet égard, des analyses complémentaires sur les populations les plus vulnérables concernées devraient être menées pour identifier les barrières spécifiques affectant leur acceptabilité et proposer des mesures d'accompagnement adéquates.

Cependant, la généralisation de ces résultats à d'autres villes françaises ou européennes doit être faite avec prudence étant donné que les habitants de Grenoble sont particulièrement sensibles à la question de la qualité de l'air exprimée par des préoccupations environnementales élevées. Des analyses similaires à celles effectuées dans ce travail devraient être développées dans d'autres contextes de manière à approfondir la question des déterminants de l'acceptabilité des ZFE ou de leur non acceptabilité.

Néanmoins, l'échantillon étant représentatif de la population de la Métropole, ces résultats présentent des perspectives intéressantes pour les autorités locales de Grenoble dans le contexte de la mise en place de la ZFE prévue en 2023. Nos résultats soulignent ainsi l'importance d'une bonne communication à destination de la population sur les objectifs de la ZFE et sur ses conséquences attendues notamment sanitaires. Les résultats portant sur les comportements adoptés en cas de mise en place de la ZFE et l'évaluation des mesures d'accompagnement montrent que les individus les plus concernés ont une préférence pour le report modal vers les modes actifs, notamment les transports en commun et le vélo. Nous constatons également que tous les participants (affectés ou non) sollicitent une réduction des tarifs des transports publics, l'amélioration du réseau de transports publics à l'intérieur et à l'extérieur de la ZFE et des aides financières pour les personnes handicapées. Ceci soulignent l'opportunité des ZFE comme outil pour promouvoir des stratégies de reports modaux vers les modes actifs. Bouscasse et al. (2022a) ont montré que les potentiels de reports modaux sur l'agglomération grenobloise notamment vers les modes actifs sont importants et sont susceptibles de générer des bénéfices sanitaires supplémentaires à ceux liés à la réduction de la pollution à travers un regain d'activité physique. Ces bénéfices sanitaires sont des déterminants individuels significatifs des choix de mode de transport (Bouscasse et al., 2022b). De ce point de vue, Rejeb et al. (2023) soulignent l'importance de jouer sur la motivation intrinsèque des individus pour favoriser l'adoption de ces modes actifs à travers des messages positifs sur leurs bienfaits, plutôt que sur la culpabilisation d'utiliser des modes de transports polluants.

Dans ce contexte, la stratégie de la Métropole grenobloise de déployer un dispositif d'accompagnement personnalisé parallèlement à la mise en place de la ZFE pourrait s'avérer très porteuse de ce point de vue de manière à permettre aux individus de mieux connaître les alternatives à la voiture et leurs bienfaits, mais également de faire prendre conscience que les modes actifs peuvent devenir un élément central de la mobilité quotidienne de nombreux habitants de la Métropole.

Parallèlement à ces mesures d'accompagnement, des éléments de design de la ZFE sont également en mesure de faciliter l'acceptabilité sociale. Ainsi une ZFE non permanente comme discuté dans le cadre de la ZFE grenobloise ne dégraderait qu'à la marge les performances environnementales comme le montrent Blandin et al. (2023) mais permettrait de ne pas stigmatiser les personnes travaillant de nuit ou en horaires décalés et n'ayant pas forcément les moyens de s'acheter rapidement un véhicule compatible avec la ZFE.

Au-delà des résultats présentés ici, il est utile que ce type d'analyse soit approfondie de manière à mieux appréhender les mécanismes par lesquels les enjeux sanitaires, la motivation au report modal, les normes sociales, les perceptions, les attitudes, ou encore la confiance dans les politiques publiques façonnent l'acceptabilité au niveau individuel.

## Bibliographie

- ADEME (2020). Les zones à faibles émissions (Low Emission Zones) à travers l'Europe : déploiement, retours d'expériences, évaluation d'impacts et efficacité du système. <https://bibliothèque.ademe.fr/air-et-bruit/27-zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-l-europe-les.html>.
- Azdad, Z., Stoll, B., and Müller, J. (2022). The development trends of low- and zero-emission zones in Europe. Technical report, Cleancities.
- Al-Salih, W. Q. and Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8):4332.
- ATMO Auvergne-Rhône-Alpes (2019). Bilan de la qualité de l'air 2019 en Auvergne-Rhône-Alpes. <http://www.pieros.org/etude/bilan-de-qualite-de-lair-2019-auvergne-rhone-alpes/>.
- Blandin L, Bouscasse H, Mathy S, Assessing the ex-ante impacts of a low-emission zone on vulnerable households in Grenoble, France
- Bouscasse, H. (2017). Essays on travel mode choice modeling: a discrete choice approach of the interactions between economic and behavioral theories (Doctoral dissertation, Université de Lyon).
- Bouscasse, H., Gabet, S., Kerneis, G., Provent, A., Rieux, C., Salem, N. B., ... & Slama, R. (2022a). Designing local air pollution policies focusing on mobility and heating to avoid a targeted number of pollution-related deaths: forward and backward approaches combining air pollution modeling, health impact assessment and cost-benefit analysis. *Environment International*, 159, 107030.
- Bouscasse, H., Mathy, S., Rejeb, R., & Treibich, C. (2022b). Is the impact of transport modes on health an individual determinant of transport mode choice. In ISCTSC 2022-The 12th International Conference on Transport Survey Methods.
- Charleux L. (2014) Contingencies of environmental justice: the case of individual mobility and Grenoble's Low-Emission Zone, *Urban Geography*, 35:2, 197-218, DOI: 10.1080/02723638.2013.867670
- Cools, M., Brijs, K., Tormans, H., Moons, E., Janssens, D., and Wets, G. (2011). The socio-cognitive links between road pricing acceptability and changes in travel-behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(8):779–788.
- Eriksson, L., Garvill, J., and Nordlund, A. M. (2006). Acceptability of travel demand management measures: The importance of problem awareness, personal norm, freedom, and fairness. *Journal of environmental psychology*, 26(1):15–26.
- Eriksson, L., Garvill, J., and Nordlund, A. M. (2008). Interrupting habitual car use: The importance of car habit strength and moral motivation for personal car use reduction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 11(1):10–23.
- Gu, Z., Liu, Z., Cheng, Q., and Saberi, M. (2018). Congestion pricing practices and public acceptance: A review of evidence. *Case Studies on Transport Policy*, 6(1):94–101.
- Hansla, A., Hysing, E., Nilsson, A., and Martinsson, J. (2017). Explaining voting behavior in the gothenburg congestion tax referendum. *Transport Policy*, 53:98–106.
- Host, S., Honoré, C., Joly, F., Saunal, A., Le Tertre, A., & Medina, S. (2020). Implementation of various hypothetical low emission zone scenarios in Greater Paris: Assessment of fine-scale reduction in exposure and expected health benefits. *Environmental research*, 185, 109405.
- Jagers, S. C., Matti, S., and Nilsson, A. (2017). How exposure to policy tools transforms the mechanisms behind public acceptability and acceptance—the case of the Gothenburg congestion tax. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(2):109–119.
- Jakobsson, C., Fujii, S., and Gärling, T. (2000). Determinants of private car users' acceptance of road pricing. *Transport policy*, 7(2):153–158.



- Jia, N., Zhang, Y., He, Z., and Li, G. (2017). Commuters' acceptance of and behavior reactions to license plate restriction policy: A case study of tianjin, china. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52:428–440.
- Kim, J., Schmöcker, J.-D., Bergstad, C. J., Fujii, S., and Gärling, T. (2014). The influence of personality on acceptability of sustainable transport policies. *Transportation*, 41(4):855–872.
- Ku, D., Bencekri, M., Kim, J., Leec, S., and Leed, S. (2020). Review of European low emission zone policy. *Chemical Engineering*, 78:241–246.
- La Branche, S. and Charles, L. (2012). Étude d'acceptabilité sociale de la zapa de l'agglomération grenobloise: synthèse des principaux résultats. *Pollution Atmosphérique*, 227.
- Mathy S., Bouscasse H., Chalabaëv A., La Branche S., Rejeb R., Siroux V., Treibich C. (2022). QAMECS-SHS, Représentations, perceptions et pratiques de mobilité: quelles implications pour les politiques publiques? – Rapport scientifique final, 92 pages.
- Morton, C., Mattioli, G., and Anable, J. (2021). Public acceptability towards low emission zones: The role of attitudes, norms, emotions, and trust. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 150:256–270.
- Nikitas, A., Avineri, E., and Parkhurst, G. (2018). Understanding the public acceptability of road pricing and the roles of older age, social norms, pro-social values and trust for urban policy-making: The case of bristol. *Cities*, 79:78–91.
- Oltra, C., Sala, R., López-Asensio, S., Germán, S., and Boso, À. (2021). Individual-level determinants of the public acceptance of policy measures to improve urban air quality: The case of the barcelona low emission zone. *Sustainability*, 13(3):1168.
- Paris (2022). La zone à faibles émissions (zfe). <https://www.paris.fr/pages/la-zone-a-faibles-emissions-zfe-pour-lutter-contre-la-pollution-de-l-air-16799>.
- Philipps-Bertin, C., Gastineau, P., Chaumont, A., Champelovier, P., & Benmati, M. (2015). *Acceptabilité des Zones d'Action Prioritaire pour l'amélioration de la qualité de l'air: Rapport final* (Doctoral dissertation, IFSTTAR-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux).
- Poulhès, A., & Proulhac, L. (2021). The Paris Region low emission zone, a benefit shared with residents outside the zone. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 98, 102977.
- Puan, O., Hassan, Y., Mashros, N., Idham, M., Hassan, N., Warid, M., and Hainin, M. (2019). Transportation mode choice binary logit model: A case study for johor bahru city. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, volume 527, page 012066. IOP Publishing.
- Rejeb, R., Bouscasse, H., Chalabaev, A., & Mathy, S. (2023). What is the role of active mobility habits in the relationship between self-determination and modal shift intentions? A mediation analysis.
- Rizki, M., Irawan, M. Z., Dirgahayani, P., Belgiawan, P. F., and Wihanesta, R. (2022). Low emission zone (lez) expansion in jakarta: Acceptability and restriction preference. *Sustainability*, 14(19):12334.
- Schade, J. and Baum, M. (2007). Reactance or acceptance? reactions towards the introduction of road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1):41–48.
- Schade, J. and Schlag, B. (2003). Acceptability of urban transport pricing strategies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(1):45–61.
- Schmöcker, J.-D., Pettersson, P., and Fujii, S. (2012). Comparative analysis of proximal and distal determinants for the acceptance of coercive charging policies in the uk and japan. *International Journal of Sustainable Transportation*, 6(3):156–173.
- Sun, X., Feng, S., and Lu, J. (2016). Psychological factors influencing the public acceptability of congestion pricing in china. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 41:104–112.

Tarriño-Ortiz, J., Soria-Lara, J. A., Gómez, J., and Vassallo, J. M. (2021). Public acceptability of low emission zones: The case of “madrid central”. *Sustainability*, 13(6):3251.

## Annexes

### La classification des vignettes Crit'Air

 <b>VOITURES PARTICULIERES</b>		
		
<p>Tous les véhicules « <b>zéro émission moteur</b> » : <b>100 % électrique et hydrogène</b></p>	<p><b>Essence et autres</b> <b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2011</p>	<p><b>Essence et autres</b> <b>EURO 4</b> Entre le 1<sup>er</sup> janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p> <p>-----</p> <p><b>Diesel</b> <b>EURO 5 et 6</b> À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2011</p>
6 % des voitures particulières		23 % des voitures particulières
		
<p><b>Essence et autres</b> <b>EURO 2 et 3</b> Entre le 1<sup>er</sup> janvier 1997 et le 31 décembre 2005 inclus</p> <p>-----</p> <p><b>Diesel</b></p> <p><b>EURO 4</b> Entre le 1<sup>er</sup> janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus</p>	<p><b>Diesel</b> <b>EURO 3</b> Entre le 1<sup>er</sup> janvier 2001 et le 31 décembre 2005 inclus</p>	<p><b>Diesel</b> <b>EURO 2</b> Entre le 1<sup>er</sup> janvier 1997 et le 31 décembre 2000 inclus</p>
43 % des voitures particulières	14% des voitures particulières	6% des voitures particulières
Non classés : 9% des véhicules particuliers		

Distribution des vignettes Crit’Air en fonction de la catégorie socio-professionnelle

Vignette	Profession						Total
	Agriculteur, commerçant	Cadre et profession intellectuelle	Profession intermédiaire	Employé	Ouvrier	Sans emploi ou autre	
<b>Electrique ou Hydrogène</b>	1	18	15	8	3	3	48
%	2,33	4,8	4,63	3,07	2,86	5,56	4,13
Adjusted residual	-0,606	0,791	0,531	-0,982	-0,688	0,539	
p-value	0,5445	0,4289	0,5954	0,3261	0,4915	0,5899	
<b>Critair 1</b>	11	124	91	57	18	10	311
%	25,58	33,07	28,09	21,84	17,14	18,52	26,76
Adjusted residual	-0,179	3,35	0,633	-2,041	-2,335	-1,402	
p-value	0,8579	0,0008	0,5267	0,0413	0,0195	0,1609	
<b>Critair 2</b>	11	114	79	60	30	7	301
%	25,58	30,4	24,38	22,99	28,57	12,96	25,9
Adjusted residual	-0,049	2,415	-0,736	-1,221	0,654	-2,223	
p-value	0,9609	0,0157	0,4617	0,2221	0,5131	0,0262	
<b>Critair 3</b>	10	63	76	55	24	12	240
%	23,26	16,8	23,46	21,07	22,86	22,22	20,65
Adjusted residual	0,429	-2,24	1,467	0,19	0,585	0,292	
p-value	0,6679	0,0251	0,1424	0,8493	0,5585	0,7703	
<b>Critair 4, 5 ou Hors critair</b>	7	27	33	43	17	4	131
%	16,28	7,2	10,19	16,48	16,19	7,41	11,27
Adjusted residual	1,058	-3,031	-0,729	3,017	1,67	-0,92	
p-value	0,2901	0,0024	0,4660	0,0026	0,0949	0,3576	
<b>Pas de voiture</b>	3	25	25	33	12	15	113
%	6,98	6,67	7,72	12,64	11,43	27,78	9,72
Adjusted residual	-0,62	-2,429	-1,437	1,808	0,618	4,585	
p-value	0,5353	0,0151	0,1507	0,0706	0,5366	0,000005	
<b>nsp</b>	0	4	5	5	1	3	18
%	0	1,07	1,54	1,92	0,95	5,56	1,55
Adjusted residual	-0,838	-0,919	-0,01	0,545	-0,519	2,441	
p-value	0,4020	0,3581	0,9920	0,5858	0,6038	0,0146	
<b>Total</b>	43	375	324	261	105	54	1,162

Contingency table analysis (Chi-square test of independence): Pearson chi2(30) = 77.0841 p-value = 0.000

Post-hoc analysis (Based on adjusted residuals)

The residuals are z-scores, Z-scores need to be corrected with the bonferroni correction method to have the interpretable p-values alpha with bonferroni correction= 0,05.

Tableau 8 : Distribution des vignettes Crit’Air en fonction de la catégorie socio-professionnell