

Quel impact des zones à faibles émissions sur la composition du parc automobile ?

Séminaire D2E

Jonathan Garson (Sciences-Po), Clément Malgouyres (CNRS, Crest et IPP), Maxime Tô (IPP, Crest et IFS), Corentin Trevien (Insee et Crest)

6 février 2025

L'étude en quelques mots

- **En 2024, 12 ZFE pour améliorer la qualité de l'air dans les grandes villes**
 - ▶ Restriction de circulation pour les véhicules les plus polluants dans les centres-villes
 - ▶ Réglementation basée sur le classement Crit'Air
- **Analyse des effets des ZFE sur le parc automobile**
 - ▶ Modélisation du marché de l'occasion à l'aide d'un modèle gravitaire
- **Résultats principaux**
 - ▶ Redistribution géographique des véhicules les plus polluants, avec un éloignement des ZFE à l'échelle des EPCI et des communes
 - ▶ Réduction du taux d'équipement automobile au sein des ZFE

Plan de la présentation

- 1 La mise en place des ZFE en France
- 2 Méthode
- 3 Résultats
- 4 Conclusion

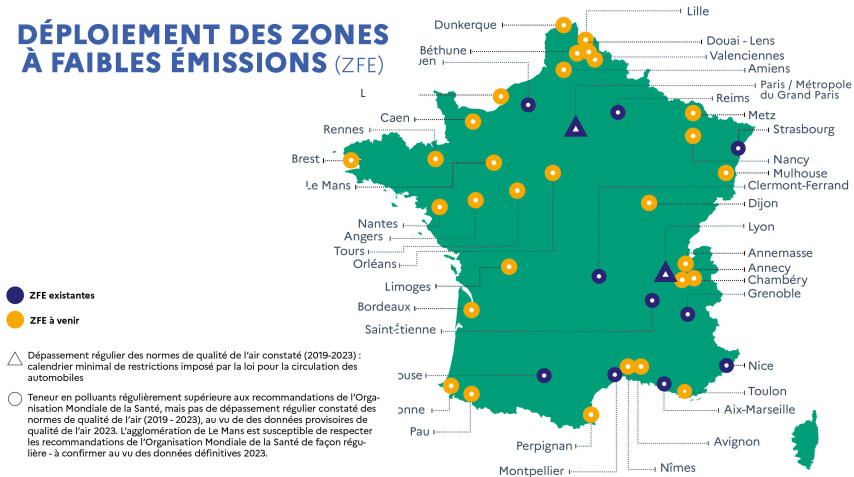
Automobile et pollution de l'air

- **La pollution de l'air, un enjeu de santé publique**
 - ▶ En France, plus de 40 000 décès prématurés imputables chaque année aux particules fines
 - ▶ Et 7000 décès imputables aux oxydes d'azote
- **La circulation automobile, source majeure de pollution de l'air en ville**
 - ▶ Godzinski et Suarez Castillo (2019) ; Heydari (2020)
- **De nombreuses politiques publiques pour améliorer la qualité de l'air**
 - ▶ Réglementations : circulation alternée, normes environnementales constructeurs, zones à faibles émissions
 - ▶ Incitations financières : bonus/malus à l'achat de véhicules, péage urbain
- **Un recul des émissions du transport routier**
 - ▶ Baisse de 73 % des émissions de NO_x et de 71 % des PM_{10} liées au transport routier entre 1990 et 2010

Les Zones à Faibles Émissions (ZFE) en France

- **Les ZFE, un dispositif pour améliorer la qualité de l'air**
 - ▶ Généralement situées dans les centres-villes
 - ▶ Accès restreint aux véhicules les plus polluants (selon le classement Crit'Air)
 - ▶ Instituées par la loi d'orientation des mobilités (2019) et renforcées par la loi climat et résilience (2021)
- **Une mise en œuvre locale par les EPCI**
 - ▶ Définition des périmètres, périodes de restriction, types de véhicules concernés, calendrier de mise en place et aides financières complémentaires
- **12 ZFE en place en 2024**
 - ▶ Premières Zones à Circulation Restreinte dès 2016
 - ▶ 2019-2021 : Grenoble, Lyon, Paris, Rouen, Reims
 - ▶ 2022-2023 : Aix-Marseille, Clermont-Ferrand, Montpellier, Nice, Saint-Étienne, Strasbourg, Toulouse
 - ▶ À terme, 45 agglomérations concernées

DÉPLOIEMENT DES ZONES À FAIBLES ÉMISSIONS (ZFE)



Les impacts des ZFE à l'étranger

● Madrid

- ▶ Réduction de la pollution, ainsi que de la congestion et des achats en magasin (Galdon-Sanchez et al., 2023)
- ▶ Augmentation temporaire des destructions de véhicules les plus polluants (Balaguer et al., 2023)

● Allemagne

- ▶ Réduction de la pollution et adoption accrue de véhicules "verts", avec un fort gain de bien-être (Wolff, 2014)

● Santiago

- ▶ Diminution du nombre de véhicules anciens, en particulier pour les ménages modestes et intermédiaires
- ▶ Déplacement des voitures polluantes vers les zones non concernées par la mesure (Fardella et al., 2023)

Le système Crit'Air

- **Un classement des véhicules selon leur niveau de pollution**
 - ▶ Basé sur la norme Euro (année de mise en circulation) et le type de carburant
 - ▶ Les véhicules diesel sont les moins bien classés
 - ▶ Applicable aux voitures, deux-roues motorisés, véhicules utilitaires légers (VUL) et poids lourds
- **Sept catégories :**
 - ▶ E : véhicules zéro émission (électriques)
 - ▶ 1 à 5 : véhicules thermiques mis en circulation à partir de 1997
 - ▶ Non classé : véhicules thermiques mis en circulation avant 1997
- **Utilisation dans les ZFE ainsi que pour la circulation différenciée**
- **Obtention de la vignette en ligne (3,77 euros)**
 - ▶ Les analyses se fondent principalement sur l'éligibilité à une vignette, indépendamment de sa commande effective



Tous les véhicules
100% électriques et hydrogènes



Tous les véhicules gaz
et les véhicules hybrides rechargeables

Essence et autres



Diesel



Euro 5 et 6
À partir du 1^{er} janvier 2011



Euro 4
Entre le 1^{er} janvier 2006
et le 31 décembre 2010 inclus

Euro 5 et 6
À partir du 1^{er} janvier 2011



Euro 2 et 3
Entre le 1^{er} janvier 1997
et le 31 décembre 2005 inclus

Euro 4
Entre le 1^{er} janvier 2006
et le 31 décembre 2010 inclus



Euro 3
Entre le 1^{er} janvier 2001
et le 31 décembre 2005 inclus



Euro 2
Entre le 1^{er} janvier 1997
et le 31 décembre 2000 inclus

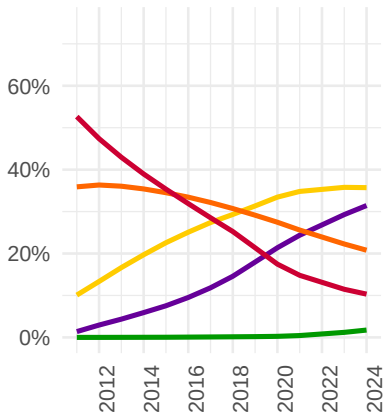


Euro 1
et avant

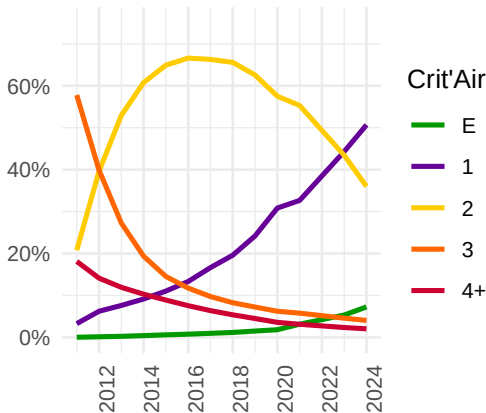
Jusqu'au 31 décembre 1996

Le classement Crit'Air des voitures s'améliore

Voitures (particuliers)



Voitures (pro.)



Voitures en circulation au 1er janvier par vignette Crit'Air

Plan de la présentation

- 1 La mise en place des ZFE en France
- 2 Méthode**
- 3 Résultats
- 4 Conclusion

Effets potentiels des ZFE sur le parc automobile

- **Recul de l'équipement automobile**

- ▶ Les ZFE pourraient inciter à renoncer à la voiture
- ▶ Différence-de-différences sur le nombre de voitures par habitant

- **Accélération du remplacement des véhicules polluants**

- ▶ Les ZFE pourraient modifier les caractéristiques environnementales des véhicules neufs et mis au rebut
- ▶ Différence-de-différences sur les achats neufs et les sorties définitives du parc selon la vignette Crit'Air

- **Redistribution géographique des voitures propres et polluantes**

- ▶ Éloignement des véhicules polluants et rapprochement des véhicules propres des ZFE via le marché de l'occasion
- ▶ Modèle gravitaire sur les flux de voitures d'occasion

- **Deux échelles : EPCI et commune**

Modélisation du marché de l'occasion entre EPCI

Flux de transactions de véhicules d'occasion entre EPCI

- Exploitation de données en panel sur la période 2011-2023
- Modèle gravitaire estimé avec un modèle Poisson PPML

$$F_{ijt} = \beta_1 ZFE_{it} + \beta_2 ZFE_{jt} + \beta_k X_{ijt} + \delta_{tg(i)} + \gamma_{tg(j)} + \mu_i + \nu_j + \theta_{ij}$$

Variables :

- F_{ijt} : véhicules d'occasion vendus de l'EPCI i vers j en t
- ZFE_{it} , ZFE_{jt} : ZFE en t dans l'EPCI d'origine (i) ou de destination (j)
- X_{ijt} : Variables de contrôle (parc)
- $\delta_{tg(i)}$, $\gamma_{tg(j)}$: effets fixes temporels selon le zonage AAV
- μ_i , ν_j : effets fixes par EPCI origine et destination
- θ_{ij} : effets fixes dyadiques

- **Répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO)**

- ▶ Caractéristiques des véhicules : date de mise en circulation, carburant, vignette Crit'Air d'éligibilité, etc.
- ▶ En circulation ou non au 1er janvier
- ▶ Caractéristiques annuelles de l'utilisateur : commune de résidence, professionnel ou particulier, etc.
- ▶ Vente du véhicule au cours d'une année donnée

- **Données complémentaires**

- ▶ Recensement de la population : mode de transport domicile-travail, équipement automobile, etc.
- ▶ Périmètre et calendrier des ZFE

Plan de la présentation

- 1 La mise en place des ZFE en France
- 2 Méthode
- 3 Résultats**
- 4 Conclusion

Légère baisse de l'équipement automobile en ZFE

- **Diminution de 3,5 % du nombre de voitures par habitant dans les EPCI classées ZFE**
 - ▶ Effet amorcé dès les trois années précédant la mise en place de la ZFE (-1,1 %)
- **Stabilité globale des achats de véhicules neufs en ZFE**
 - ▶ Rapportés au parc en circulation de l'EPCI
 - ▶ Mais effet hétérogène : augmentation des achats de voitures neuves dans les ZFE plus aisées
 - ▶ Part croissante des véhicules essence (Crit'Air 1) parmi les achats neufs en ZFE
- **Pas d'effet global des ZFE sur les retraits définitifs du parc**
 - ▶ Mais effet hétérogène : dans les ZFE moins aisées, les véhicules polluants (Crit'Air 3 à 5) moins souvent retirés du parc

Le marché de l'occasion éloigne les voitures polluantes des ZFE

Flux de véhicules d'occasion entre EPCI

Crit'Air	E	1	2	3	4	5	N
ZFE_{it}	0.0057 (0.0780)	-0.0706*** (0.0133)	-0.0635** (0.0232)	-0.0535 (0.0394)	0.1372*** (0.0128)	0.1413*** (0.0216)	0.1025*** (0.0181)
ZFE_{jt}	0.0703 (0.0432)	0.0421** (0.0161)	-0.0504** (0.0160)	-0.0695** (0.0223)	-0.2097*** (0.0122)	-0.2653*** (0.0188)	-0.1301*** (0.0208)
$\log(\text{Flux}_{ijt})$	1.773*** (0.0341)	1.772*** (0.0139)	1.853*** (0.0134)	1.749*** (0.0308)	1.737*** (0.0321)	1.769*** (0.0261)	1.914*** (0.0244)
$\log(\text{Parc}_{it})$	-1.907 (1.169)	-0.4135 (0.2112)	-0.7104* (0.3274)	-0.4549 (0.3680)	-1.486*** (0.0677)	-1.594*** (0.0947)	-1.559*** (0.0938)
$\log(\text{Parc}_{jt})$	2.270*** (0.6420)	-0.1102 (0.0939)	-0.4392*** (0.0931)	-0.8098*** (0.1368)	-0.6624*** (0.0550)	-0.7251*** (0.0281)	-0.2004** (0.0712)
Effets fixes	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	717 480	6 110 598	9 639 409	8 656 999	5 665 829	2 917 421	4 323 566
Pseudo R ²	0.68934	0.89766	0.89869	0.90423	0.85324	0.78687	0.85575
BIC	1 229 932.7	13 405 492.0	22 995 756.8	20 724 467.4	12 760 910.0	6 080 594.3	9 113 766.0

Le marché de l'occasion éloigne les voitures polluantes des ZFE

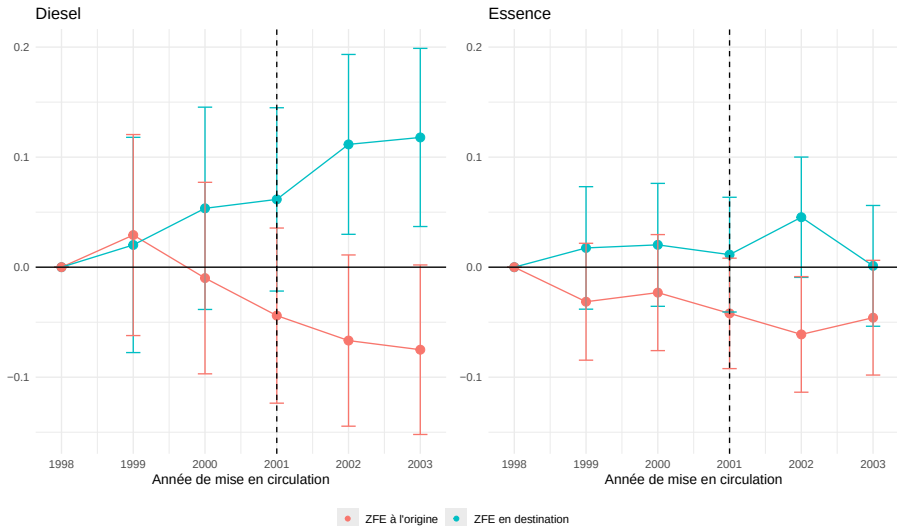
Flux de véhicules d'occasion entre les communes des EPCI

Crit'Air	E	1	2	3	4	5	N
$ZFE_{ijt} \times \frac{DistC_{trj}}{DistC_{trj}}$	0.0131 (0.0095)	-0.0063*** (0.0015)	-0.0152*** (0.0022)	-0.0023 (0.0026)	0.0082** (0.0028)	0.0084 (0.0050)	0.0122** (0.0042)
$\log(Flux_{ij})$	1.497*** (0.0427)	1.438*** (0.0166)	1.500*** (0.0121)	1.421*** (0.0128)	1.415*** (0.0123)	1.425*** (0.0149)	1.428*** (0.0175)
$\log(Parc_{it})$	2.040*** (0.5830)	0.1756* (0.0857)	0.4893*** (0.0788)	0.0509 (0.0998)	-0.6322*** (0.1159)	-0.6306*** (0.0936)	-0.6870*** (0.0869)
$\log(Parc_{jt})$	0.7624 (0.4783)	0.2785*** (0.0797)	0.5298*** (0.1480)	-0.0695 (0.1424)	-0.2611 (0.1397)	0.0353 (0.1177)	-0.0432 (0.1092)
Effets fixes	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	131 304	800 644	923 819	912 470	695 526	427 050	588 237
Pseudo R ²	0.51884	0.80568	0.79734	0.81355	0.72776	0.65871	0.76130
BIC	251 704.4	2 020 650.0	2 615 709.3	2 582 288.3	1 697 066.0	891 876.8	1 272 091.8

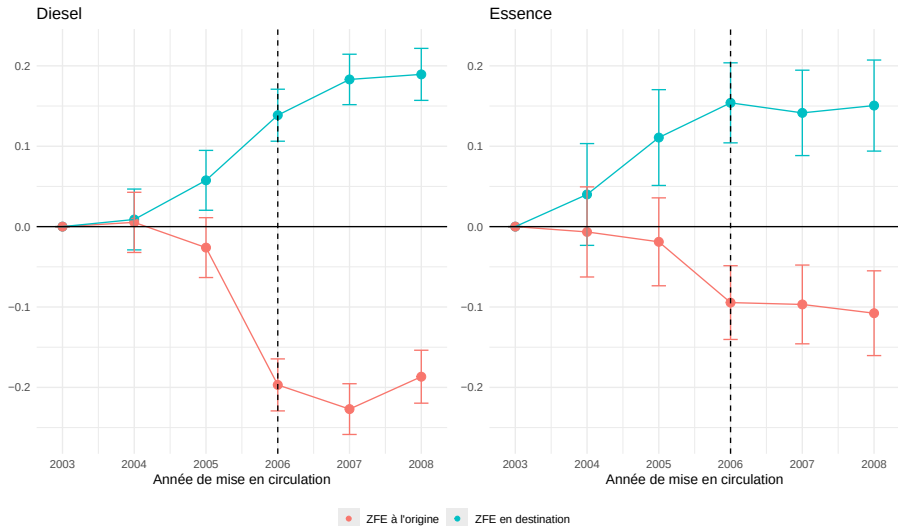
Résultats complémentaires

- **Réallocation spatiale des voitures plus rapide dans les ZFE plus aisées**
 - ▶ Moins de sorties de véhicules Crit'Air 1
 - ▶ Moins d'entrées de véhicules Crit'Air 4 et 5
- **Effets anticipés sur les véhicules les plus polluants**
 - ▶ Baisse des flux entrants de véhicules Crit'Air 5 et N vers les ZFE dans les trois ans précédant leur mise en place
 - ▶ Sur la même période *hausse* des flux de véhicules Crit'Air 3 en direction des ZFE : une solution de court terme avant une interdiction décalée dans le temps ?
- **Pourquoi des effets anticipés ?**
 - ▶ ZCR mises en place dès 2016 à Paris, Lyon et Grenoble
 - ▶ Mesure généralement annoncée plusieurs années à l'avance
 - ▶ Influence possible d'autres politiques publiques visant à réduire l'usage de la voiture

Des effets dus aux vignettes Crit'Air ?



Des effets dus aux vignettes Crit'Air ?



Plan de la présentation

- 1 La mise en place des ZFE en France
- 2 Méthode
- 3 Résultats
- 4 Conclusion**

Conclusion

- **Amélioration des caractéristiques environnementales du parc automobile en ZFE**
 - ▶ Hausse des achats de véhicules essence
 - ▶ Sur le marché de l'occasion, éloignement des véhicules polluants et rapprochement de véhicules plus propres
 - ▶ Phénomène observé tant entre les EPCI et qu'en leur sein
- **Des effets plus marqués dans les ZFE aisées**
 - ▶ Réallocation spatiale plus forte sur le marché de l'occasion
 - ▶ Retrait plus fréquent des véhicules les plus polluants
- **La suite de l'étude**
 - ▶ Extension aux véhicules utilitaires
 - ▶ Adaptation des modèles gravitaires à une approche stacked DiD
 - ▶ Mesure de l'impact global des ZFE sur le parc automobile
 - ▶ Effet des ZFE sur la pollution de l'air