

# IMPACTS DE LA VOIERIE SUR LES ÉMISSIONS, LA SÉCURITÉ ET LE BRUIT

---

AACT-AIR 2019 : REVEAL,  
Réduction des émissions de polluants  
et efficacité environnementale des  
aménagement de voirie lyonnais

---

**SYNTHÈSE**

Janv.  
2022



EXPERTISES

## REMERCIEMENTS

Comité de suivi (ordre alphabétique) : Chantal Derkenne (ADEME), Laurent Gagnepain (ADEME), Anne-Sophie Herrebaut (ADEME), Marie Poupponeau (ADEME), Stéphane Socquet (ATMO AURA)

Membres du consortium (ordre alphabétique) : Nadege Adoneth (Grand Lyon), Séverine Asselot (Grand Lyon), Florence Gineyst (Grand Lyon), Mohamed Laraki (IFP Energies nouvelles), Dimitri Marquois (Grand Lyon), Odile Pagani (Grand Lyon), Karine Perries-Bolut (Grand Lyon), Camille Poulain-Viver (Grand Lyon), Guillaume Sabiron (IFP Energies Nouvelles), Pierre Soulard (Grand Lyon), Laurent Thibault (IFP Energies Nouvelles)

Nous remercions les membres du comité de suivi et les membres du consortium pour leurs contributions et leurs remarques constructives pendant toute la durée du projet.

## CITATION DE CETTE SYNTHÈSE

Mohamed Laraki, Manh Quan Nguyen, Guillaume Sabiron, Laurent Thibault. 2022. Impacts de la voirie sur les émissions, la sécurité et le bruit. AACT-AIR 2019 : REVEAL, Réduction des émissions de polluants et efficacité environnementale des aménagements de voirie lyonnais. Synthèse, 19 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr/>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

#### **ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01  
Numéro de contrat : 1962C0009

Étude réalisée par IFP Énergies Nouvelles pour ce projet financé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : IFP Énergies Nouvelles  
Appel à projet de recherche : AACT-AIR « Aide à l'action des collectivités territoriales en faveur de la qualité de l'air »  
Edition 2019

Coordination technique - ADEME : Chantal Derkenne  
Direction/Service : Direction Villes et Territoires Durables / Service de la Qualité de l'Air

# SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE DU PROJET .....</b>	<b>6</b>
<b>2. METHODOLOGIE .....</b>	<b>6</b>
2.1. Base de données de profils de vitesse véhicule .....	6
2.2. Base de données du trafic routier sur le territoire de la métropole du Grand Lyon : mesures et modélisations.....	6
2.3. Données de composition du parc automobile roulant .....	7
<b>3. BILAN / PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS.....</b>	<b>7</b>
3.1. Visualisation sous forme de cartographie des niveaux d'émissions .....	7
3.2. Modélisation des émissions, du bruit et de la sécurité avant et après modifications des aménagements de voirie .....	8
3.3. Résultats d'analyse globale de l'impact des différents types d'aménagement de voirie	11
<b>4. CONCLUSION / PERSPECTIVES.....</b>	<b>14</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>15</b>
<b>INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....</b>	<b>16</b>
<b>SIGLES ET ACRONYMES .....</b>	<b>17</b>

## RÉSUMÉ

Le projet REVEAL a pour objectif principal de permettre à la métropole de Lyon d'agir pour améliorer la qualité de l'air en tenant compte de la dimension « émissions polluantes » dans ses prises de décision liées aux aménagements de voirie. Pour ce faire, des outils innovants, basés sur les données réelles de mobilité de milliers d'usagers, ont été développés. Ces outils apportent au service mobilité urbaine de la métropole une vision claire sur l'impact des aménagements urbains et de la réglementation associée. En complément des émissions polluantes, ils intègrent également l'impact des aménagements sur le bruit, l'indice de sécurité routière, en complément de la congestion, seul facteur déjà mesuré. Ces outils sont basés sur les milliers de trajets réels enregistrés chaque jour grâce à l'application Geco Air. Ils permettent de classer l'impact des différents types d'aménagement de voirie en place sur le territoire afin d'identifier les bonnes et les mauvaises pratiques. Les outils développés permettent de visualiser sur chaque tronçon de route les niveaux d'émissions polluantes, de bruit, de sécurité routière et de congestion pour différentes heures de la journée. Dans un deuxième temps, des modifications d'aménagement récentes, sur lesquelles des données ont pu être collectées avant et après travaux, ont été analysées. Cette analyse a été menée sur une dizaine de sites sur lesquels la métropole a réalisé des modifications dont elle souhaite connaître les impacts. Enfin, la dernière étape du projet REVEAL consiste à accompagner la métropole sur ses modifications d'aménagements à venir en lui fournissant des projections d'impacts.

## ABSTRACT

The main objective of the REVEAL project is to enable the metropolis of Lyon to take action to improve air quality by considering the "polluting emissions" dimension in its decision related to road infrastructure modifications. To do so, innovative tools based on real mobility data from thousands of users were developed. These tools provide the city's urban mobility department with a clear vision of the impact of urban development and the associated regulations. In addition to pollutant emissions, they also include the impact of development on noise, the road safety index, in addition to congestion, the only factor already measured. These tools are based on thousands of real trips recorded everyday thanks to the Geco air application. They enable the classification of the impact of the different types of road development in place on the territory to identify recommended practices. The tools developed enable the visualization of the levels of polluting emissions, noise, emergency braking and congestion on each section of road for different hours of the day. These data are displayed in the form of a map accessible online that give an overall view of the impact of road developments on the considered area. In a second step, recent infrastructure modifications, on which data could be collected before and after, were analysed. This analysis is carried out on ten or so sites where the city has carried out modifications. Finally, the last stage of the REVEAL project consists in accompanying the city on its future development modifications by providing it with impact projections. In the longer term, these impacts can be integrated into the methodologies systematically used in the design of road developments.

# 1. Contexte du projet

---

Pour améliorer significativement la qualité de l'air sur leur territoire, les collectivités françaises en milieu urbain se doivent d'agir pour réduire les émissions liées au transport routier. À l'heure actuelle, ce secteur représente sur le territoire de la Métropole de Lyon respectivement les deux tiers des émissions totales d'oxydes d'azote (NOx) et un tiers des émissions totales de particules PM10. Pourtant, à ce jour, les équipes du service Voirie Mobilité Urbaine de cette collectivité n'ont pas d'outils leur permettant de monitorer l'impact sur la qualité de l'air des aménagements routiers. Les prises de décisions en rapport avec ces sujets ne tiennent donc pas compte de l'impact sur les émissions, faute d'outils.

L'objectif de ce projet est de permettre aux collectivités de prendre en compte les impacts sur la qualité de l'air, le bruit, la sécurité routière et la congestion dans leurs prises de décision liées aux aménagements de voirie. En effet, la qualité de l'air n'est pas le seul paramètre d'intérêt et un outil qui ne tiendrait pas compte du bruit, de la congestion et de la sécurité routière ne permettrait pas de piloter efficacement les politiques d'aménagement urbain. REVEAL a pour terrain d'expérimentation celui de la Métropole de Lyon. L'approche consiste à exploiter des données d'utilisations réelles collectées pour dresser la carte des émissions sur le territoire lyonnais et évaluer l'impact de certaines décisions prises par la métropole. Le deuxième objectif du projet est d'étudier des modifications récentes d'aménagement, sur lesquelles des données ont pu être collectées avant et après. Ainsi cette analyse permet de quantifier les impacts sur les émissions, le bruit, la sécurité routière et la congestion de différents types de modification des aménagements urbains. L'objectif final du projet est de développer un outil réalisant des prédictions d'impact suite à des modifications d'aménagement de voirie, pour que les collectivités comparent différents scénarios. REVEAL commence donc par proposer des outils d'aide à la décision sur le territoire lyonnais pour aboutir *in fine* à un outil qui se veut généralisable et utilisable par d'autres métropoles confrontées à des problématiques similaires.

## 2. Méthodologie

---

Afin de déterminer une cartographie des émissions, du bruit ou encore de la sécurité routière à l'échelle de la métropole du Grand Lyon, des modèles d'émissions, de bruit et sécurité ont été développés. Ces modèles microscopiques ont été validés indépendamment avec des mesures réelles. Toutefois, pour les exploiter, un certain nombre de données sont requises en entrée.

### 2.1. Base de données de profils de vitesse véhicule

Les trajets des utilisateurs de l'application Geco Air ont été extraits sur le territoire de la métropole de Lyon afin de construire une base de données de trajets réels sur chaque brin de route tout en incluant le moyen de transport utilisé. L'application Geco Air, lancée en décembre 2017, aide à adopter une mobilité plus responsable en donnant des conseils personnalisés sur les trajets quelle que soit la modalité de transport afin d'adopter les bons gestes. Elle a permis de constituer une base de données de trajets réels riche de 6 millions de trajets ce qui représente 70 millions de kilomètres. Sur le territoire de la métropole de Lyon, on comptabilise 1 150 000 trajets accumulant ainsi 11 millions de kilomètres.

### 2.2. Base de données du trafic routier sur le territoire de la métropole du Grand Lyon : mesures et modélisations

En complément des données de profils de vitesse, les mesures de trafic sont également une entrée nécessaire des modèles d'émissions, de bruit et de sécurité. En effet, les données Geco Air ne peuvent pas être considérées comme une image représentative des débits sur l'ensemble des brins routiers, du fait du taux de pénétration limité de l'application. Il est possible de ne pas avoir d'enregistrement pendant plusieurs jours pour un brin routier bien que le trafic correspondant ne soit pas nul. Cependant, le nombre de passages limités sur ce brin routier peut tout à fait être représentatif du profil de vitesse à différents instants de la journée ou en fonction du jour de la semaine. Ce besoin identifié, la métropole de Lyon a mis à disposition du projet REVEAL un ensemble de données de mesure et de simulation trafic.

Les données de mesure trafic fournies par le service Voirie Mobilité Urbaine de la métropole correspondent aux boucles de mesures installées sur le réseau structurant ainsi qu'aux points de comptage temporaires.

### **2.3. Données de composition du parc automobile roulant**

En complément des mesures et des données de trafic, la composition du parc automobile est déterminante pour estimer les émissions polluantes. Il est possible d'observer l'ensemble des véhicules ayant réalisé des trajets sur l'application Geco Air. Au total, 12 470 véhicules figurent dans la base de données à l'échelle de la France et 617 sur la métropole de Lyon. Ce parc roulant Geco Air de 2017 sur la métropole de Lyon a été comparé au parc national Citepa 2017 [2]. Très peu de différences ont été observées en termes de répartition par norme euro. Les données Geco Air offrent ainsi un échantillon représentatif du parc roulant de la métropole. Pour nos calculs d'émissions, de bruit et de sécurité routière, on a utilisé donc le parc roulant Geco Air sur la métropole de Lyon observé en 2019. En effet, ce parc était un bon compromis, étant très proche du parc CITEPA observé en 2017 mais davantage récent. Ce parc est également cohérent avec les observations effectuées par rapport au parc DEEM (Diagnostic Energie Emissions des Mobilités).

## **3. Bilan / Principaux résultats obtenus**

### **3.1. Visualisation sous forme de cartographie des niveaux d'émissions**

Le premier objectif du projet est d'établir des cartographies d'émissions du bruit et de sécurité sur la métropole de Lyon. La figure ci-dessous montre les niveaux d'émissions NOx en heure pleine à Lyon.

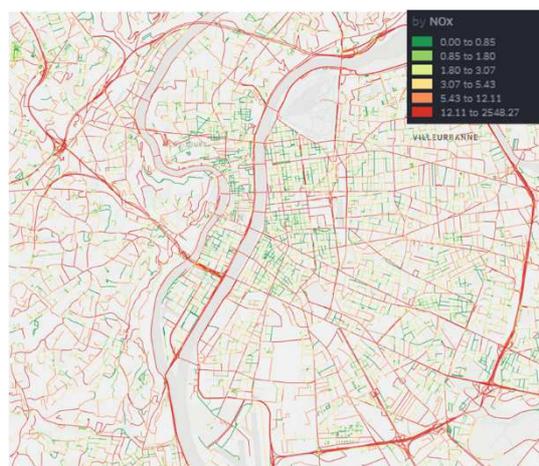


Figure 1 : Visualisation sous forme de cartographie des niveaux d'émissions NOx à Lyon en heure pleine

Sur cette figure, le scénario heures pleines matin a été sélectionné avec le parc automobile roulant du Geco air 2019. Les profils de vitesse permettant d'obtenir une estimation des émissions sont générés à partir du modèle développé dans le projet AIRMES [3]. Cette cartographie présente donc le niveau de NOx moyen exprimé en [mg/s]. D'un brin routier à un autre, on observe qu'il y a une forte variation des émissions de NOx. Ces émissions ont tendance à être plus élevées au niveau des brins routiers majeurs (autoroute, périphérique...). Cela est majoritairement dû au débit des véhicules qui est plus important sur ces axes routiers.

Les émissions de NOx unitaires (avant multiplication par le débit, en mg/km) varient aussi fortement d'un brin routier à un autre. La Figure 2 montre la répartition des émissions de NOx unitaires. Ces émissions varient de moins de 200mg/km à plus de 1400mg/km, soit un facteur multiplicatif de 7. Un brin routier ayant un fort niveau de NOx unitaire est un brin routier sur lequel les accélérations, la congestion et/ou la pente sont élevées.

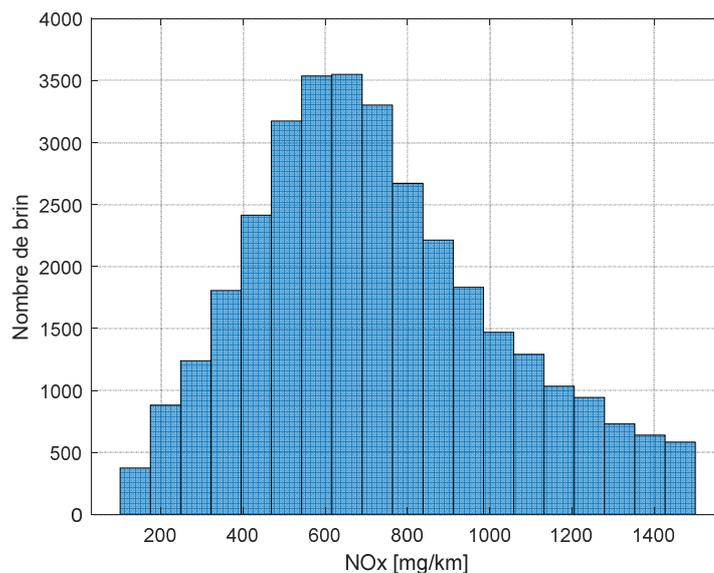


Figure 2 : Histogramme de répartition des émissions de NOx unitaires

### 3.2. Modélisation des émissions, du bruit et de la sécurité avant et après modifications des aménagements de voirie

La modélisation des émissions a pour objectif d'évaluer et d'analyser les impacts de modifications des aménagements de voirie. En effet, lorsqu'une infrastructure routière est modifiée, la quantification de l'impact de cette modification tant sur les émissions que sur le bruit ou encore la sécurité est complexe à estimer, faute d'outils adaptés. Pour cette tâche, la métropole du Grand Lyon a fourni une liste d'aménagements routiers permettant de mener soit des études *ex-post* si les travaux ont été réalisés chronologiquement après le lancement de l'application Geco Air et avant la date de réalisation du projet REVEAL, soit des études *ex-ante* si les aménagements n'ont pas encore été réalisés, mais que des modélisations MODELRY sont disponibles.

Dans cette synthèse, une analyse détaillée pour le cas Garibaldi est menée. L'analyse des autres cas d'études est **détaillée dans le document annexe du rapport**.

La transformation de l'avenue Garibaldi est présentée ici avec, dans le sens Nord-Sud, une modification d'une trémie de trois voies avec une contre-allée vers une route à trois voies comme illustré sur la figure suivante. Cette modification s'est accompagnée de l'ajout de plusieurs feux tricolores.



Figure 3 : Capture d'écran de Google street view sur le cas Garibaldi avant et après travaux

Le tableau suivant illustre l'évolution des métriques liées au profil de vitesse et au débit après la suppression de la trémie en séparant les heures creuses des heures pleines.

Info	Heure creuse			Heure pleine		
	Avant	Après	Evolution [%]	Avant	Après	Evolution [%]
Information						
Temps de parcours [s]	64	57	-11	68	70	3
Temps d'arrêt moyen [s]	17.5	14	-19.7	18.4	19.3	4.9
Nombre d'arrêt moyen	0.76	0.73	-4.3	1	1.26	26.4
Vitesse moyenne [km/h]	29	32	10.3	25.6	26.1	2.2
Débit boucles de comptage (HP) [nv/h]	-	-	-	1427	1370	-4
Accélération maximale [mg/s/km]	1.2	1.6	35	1.8	1.5	-14

Tableau 1 : Analyse des métriques liées aux vitesses et débit sur le cas Garibaldi

En heure pleine, le temps de parcours reste quasiment similaire suite à la modification. Les vitesses moyennes et le temps d'arrêt sont en effet du même ordre de grandeur. Toutefois, le nombre d'arrêts moyen a augmenté de 26% avec la suppression de la trémie. Il y a en effet plus de feux de circulation et donc une plus grande probabilité d'arrêt. Le débit en heure de pointe reste aussi du même ordre de grandeur après la modification.

En heure creuse, le temps de parcours baisse de 11%. Cela est dû à l'augmentation de la vitesse moyenne de 10%. Toutefois, après la modification, les niveaux d'accélération maximales ont augmenté de 35%. Avec plus de feux de circulation, les conducteurs ont tendance à accélérer fortement plus fréquemment. En comparant une heure creuse à une heure pleine, le temps de parcours baisse de 13 secondes après la modification alors qu'il reste du même ordre de grandeur avant la modification. Le cas de Garibaldi est donc plus sensible à la congestion et aux heures de pointe après la modification de voirie.

L'analyse a ensuite été menée en analysant l'impact de la modification au niveau des émissions. La Figure 4 illustre l'évolution spatiale des émissions de NOx sur une carte. Elle met en évidence l'augmentation locale des émissions liées à la modification de la signalisation et à l'ajout d'un feu tricolore vers la rue Paul Bert. On observe effectivement des surémissions de NOx liées à des accélérations après ce feu.

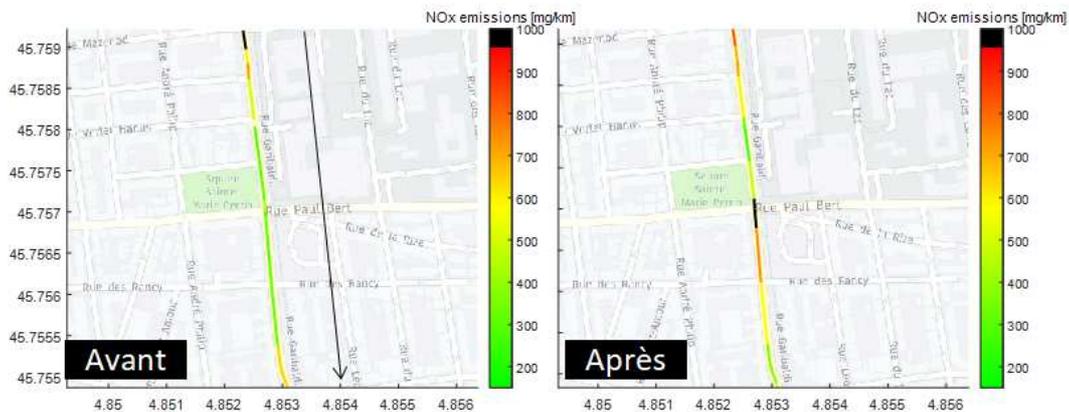


Figure 4 : Evolution des émissions de NOx sur le cas Garibaldi en heure de pointe

Comme pour les métriques liées aux vitesses, une analyse a été menée au niveau des émissions et du bruit en distinguant les heures creuses et les heures pleines.

Information	Heures creuses			Heures pleines		
	Avant	Après	Évolution	Avant	Après	Évolution
Nox par vehicule [mg/km]	576.32	705.14	22.35	641.98	687.58	7.1
Nox total [mg/s/km]	228.45	268.34	17.47	254.47	261.66	2.82
Reduction debit pour iso Nox			17.47			2.82
CO <sub>2</sub> par vehicule [g/km]	177.82	206.3	16.01	197.65	217.46	10.02
CO <sub>2</sub> total [g/s/km]	70.49	78.51	11.38	78.35	82.75	5.62
Réduction debit pour iso CO <sub>2</sub>			11.38			5.62
PMHE par vehicule [mg/km]	31.88	31.63	-0.78	43.77	27.29	-37.65
PMHE total [mg/s/km]	12.64	12.04	-4.75	17.35	10.38	-40.14
Reduction debit pour iso PMHE			-4.75			-40.14
Somme pondérée émissions [mg/s/km]	35.5	38.9	9.56	42.82	36.58	-14.58
Bruit par vehicule [dB]	50.84	50.54	-0.59	50.86	50.12	-1.46
Bruit total [dB]	82.39	81.91	-0.58	82.41	81.48	-1.12
Reduction debit pour iso bruit			-0.58			-1.12

Tableau 2 : Analyse des métriques liées aux émissions et au bruit sur le cas Garibaldi

Aux heures pleines, les émissions de NOx et CO<sub>2</sub> par véhicule ou totales restent quasiment inchangées après la suppression de la trémie. Il y a effectivement le même niveau de congestion et de vitesse moyenne. Les PM Hors Echappement (PMHE) sont toutefois réduits de 37% après la modification. Cela est dû aux niveaux d'accélération et de décélération légèrement plus faibles aux heures pleines après la modification. Globalement, la somme pondérée des émissions (SPE) est donc réduite de 14% après la modification. Dans le cas d'une augmentation du débit du même ordre de grandeur, ce segment routier resterait donc à iso-émissions totales.

Que ce soit en heure creuse ou en heure de pointe, le bruit reste du même ordre de grandeur. Les niveaux de vitesse moyenne restent très similaires à la suite de la suppression de la trémie.

Dans ce qui suit, la sécurité routière correspond à quatre types d'événements pouvant indiquer une conduite potentiellement dangereuse :

- Pertes d'adhérence longitudinale. L'adhérence longitudinale correspond au ratio entre la force à la roue et la force maximale en limite de glissement. Cela correspond à un événement de type 1.
- Fortes accélérations. Cela correspond à un événement de type 2.
- Forts freinages. Cela correspond à un événement de type 3.
- Pertes d'adhérence latérale. L'adhérence latérale correspond à un ratio similaire à celui longitudinal, mais cette fois-ci en se focalisant sur la composante latérale du couple. Cela correspond à un événement de type 4.

Pour chaque cas d'étude, la sécurité routière se mesure donc par le nombre d'occurrence de chaque type d'événement et par leurs probabilités d'occurrences. Plus ce nombre est élevé, plus l'infrastructure considérée a tendance à induire des conduites potentiellement dangereuses.

L'algorithme de calcul de la sécurité n'a été mis en place qu'après 2017. Il n'y a donc pas d'événement correspondant avant la modification. La *Figure 5* montre la probabilité d'occurrence des événements liés à la sécurité routière après la modification. On observe des freinages de manière assez récurrente (Event type 3) cela est aussi le cas des accélérations (Event type 2). Après la modification de voirie, il y a plus de feux de circulation qui peuvent induire de fortes variations des vitesses.

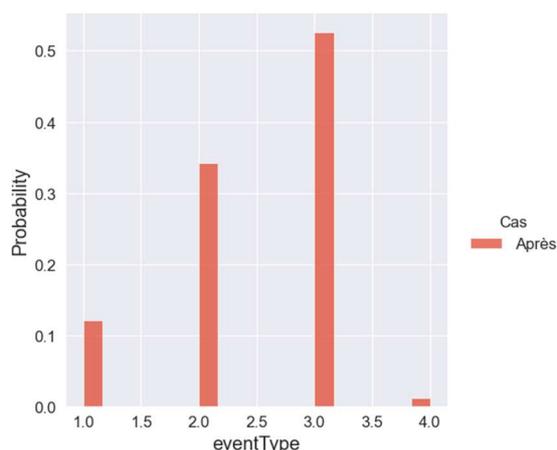


Figure 5 : Probabilité d'occurrence des événements de sécurité routière après la suppression de trémie sur le cas Garibaldi

Cette analyse a également été réalisée pour tous les autres aménagements de voiries communiqués par la métropole de Lyon. L'analyse détaillée de ces autres cas est présentée dans le document annexe du rapport final.

### **3.3. Résultats d'analyse globale de l'impact des différents types d'aménagement de voirie**

Cette analyse de l'impact des différents types d'aménagements de voirie vise à estimer le niveau d'émissions et de bruit moyen par type d'infrastructure. On peut par exemple distinguer les cas où l'on a des feux de circulation des cas où l'on a des ronds-points, etc. Pour effectuer cette analyse, les données Geco Air ont été mapmatchées dans le référentiel HERE [4]. Ensuite, grâce aux informations macroscopiques fournies par HERE, il est possible de distinguer tous les brins routiers qui appartiennent à un certain type d'infrastructure. Finalement, pour chaque trajet Geco Air qui passe par un brin routier et qui appartient à un type d'infrastructure analysé, un calcul d'émission, de bruit et sécurité est effectué. Ces calculs ont été appliqués au parc roulant de Geco Air en 2019 sur la métropole de Lyon.

Comme on a pu observer précédemment dans la Figure 2, l'infrastructure peut avoir un effet très important sur les variations des émissions de NOx. On propose donc d'effectuer des analyses d'émissions en considérant une même infrastructure. Tous les sous-trajets Geco Air qui passent par un ralentisseur ont ainsi été considérés dans la Figure 6, où l'on montre la distribution des vitesses moyennes de ces sous-trajets. Une grande variabilité des vitesses moyennes est observée pouvant aller du très congestionné avec des vitesses moyennes inférieures à 10km/h, à un comportement de conduite très agressif avec des vitesses moyennes supérieures à 30km/h.

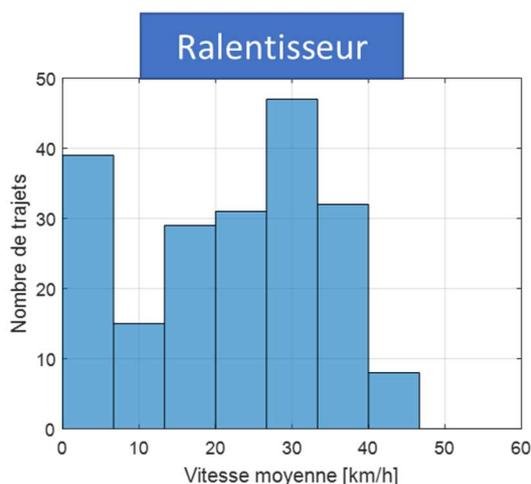


Figure 6 : Distribution des vitesses moyennes des sous-trajets issus de Geco Air qui passent par un ralentisseur sur la métropole de Lyon.

Au vu de la grande variabilité des vitesses moyennes sur le cas ralentisseur, on propose de calculer les niveaux d'émissions et de bruit en distinguant plusieurs intervalles de vitesse moyenne. Cela est présenté

dans la *Figure 7* où l'on montre les distributions des émissions de NOx et du bruit unitaires (par parc automobile). Sur ces figures, une distinction a été faite entre les cas très congestionnés ayant des vitesses moyennes inférieures à 15km/h, des cas urbains fluides avec des vitesses moyennes entre 15 et 25km/h et des cas de conduite agressive ayant des vitesses moyennes supérieures à 25km/h. Pour les cas très congestionnés, des surémissions de NOx sont observées avec une médiane de l'ordre de 1250mg/km. Les émissions de NOx baissent ensuite quasiment de moitié avec des vitesses moyennes autour 20km/h. C'est le cas idéal de vitesse pour passer le ralentisseur en restant avec une vitesse stabilisée. On l'observe aussi au niveau du bruit qui est réduit de plus de 1db entre le cas congestionné et le cas fluide. Les émissions et le bruit augmentent ensuite pour les vitesses supérieures à 25km/h. Il s'agit principalement de conducteurs agressifs qui accélèrent et décélèrent de manière importante.

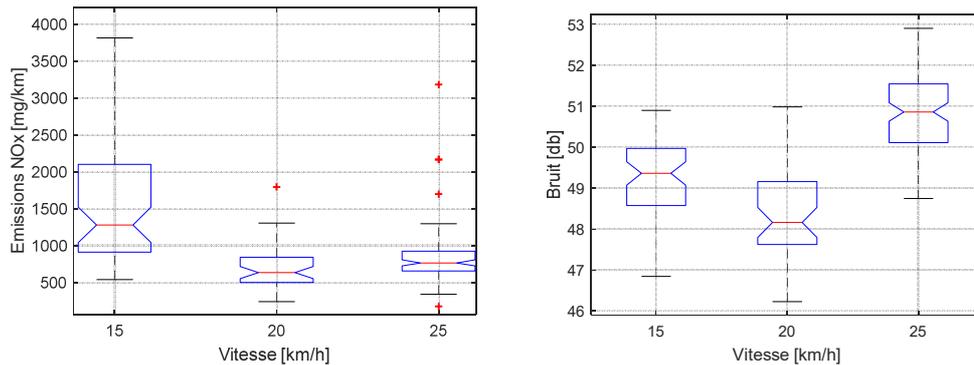


Figure 7 : Boxplot d'évolution des émissions de NOx et du bruit unitaires en fonction de la vitesse moyenne sur les brins routier ayant des ralentisseurs.

Cas	Vitesse moyenne [km/h]	Emissions NOx médian[mg/km]	Emissions NOx intervalle de confiance [mg/km]
Rond-point	Vm < 15	1320	[1100-1640]
Stop	Vm < 15	1300	[1010-1940]
Ralentisseur	Vm < 15	1250	[910 - 2100]
Feu de circulation	Vm < 15	1230	[990-1590]
Urbain (sans signalisation)	Vm < 15	1090	[880-1620]

Tableau 3 : Evaluation des émissions de NOx par type d'infrastructure pour les cas urbains congestionnés

Globalement, on observe que le niveau de congestion a un impact de premier ordre sur les émissions et sur le bruit. On propose donc d'effectuer une analyse par type d'infrastructure en distinguant les différents niveaux de congestion. Le *Erreur! Référence non valide pour un signet.* Tableau 3 *Erreur! Référence non valide pour un signet.* *Erreur! Référence non valide pour un signet.* montre l'évolution des émissions de NOx en fonction du type d'infrastructure pour les cas congestionnés. Ce dernier a été trié en fonction des émissions de NOx médianes. La dernière colonne correspond à un intervalle de confiance estimé à partir de tous les sous-trajets appartenant à un certain type d'infrastructure et de vitesse moyenne. Il est estimé à partir du 25ème et 75ème centile de la distribution correspondante. Globalement, on observe que les niveaux d'émissions de NOx unitaires sont très élevés avec des valeurs supérieures à 1000mg/km pour ces cas congestionnés. De plus, en comparant à un cas urbain sans signalisation, les cas avec signalisation, ralentisseur ou intersection, ont généralement des niveaux d'émissions plus importants. Ces cas présentent pour la plupart des variations fréquentes des vitesses.

Cas	Vitesse moyenne [km/h]	Emissions NOx médian[mg/km]	Emissions NOx intervalle de confiance [mg/km]
<b>Stop</b>	15<Vm< 25	920	[780-1100]
<b>Rond-point</b>	15<Vm< 25	900	[740-1040]
<b>Feu de circulation</b>	15<Vm< 25	850	[680-1040]
<b>Urbain (sans signalisation)</b>	15<Vm< 25	730	[630-880]
<b>Ralentisseur</b>	15<Vm< 25	630	[500 - 840]

Tableau 3 : Evaluation des émissions de NOx par type d'infrastructure pour les cas urbains moyennement congestionnés

La même analyse a été effectuée dans le Tableau 4 en considérant les cas moyennement congestionnés avec des vitesses moyennes entre 15 et 25km/h. Les niveaux d'émissions sont plus faibles par rapport au tableau précédent. De plus, les cas urbains induisant des arrêts (stop, rond-point et feu de circulation) ont des niveaux d'émissions plus élevés par rapport aux cas urbains sans signalisation ou sans arrêt obligatoire. Ainsi, pour le cas du ralentisseur, les émissions de NOx baissent quasiment de moitié (par rapport au cas très congestionné) avec des vitesses moyennes autour de 20km/h, vitesse idéale pour passer le ralentisseur en restant avec une vitesse stabilisée.

Cas	Vitesse moyenne [km/h]	Emissions NOx médian[mg/km]	Emissions NOx intervalle de confiance [mg/km]
<b>Stop</b>	Vm>25	810	[540-1140]
<b>Rond-point</b>	Vm>25	780	[610-950]
<b>Ralentisseur</b>	Vm>25	750	[650 - 920]
<b>Urbain (sans signalisation)</b>	Vm>25	560	[400-790]
<b>Feu de circulation</b>	Vm>25	550	[390-740]

Tableau 4 : Evaluation des émissions de NOx par type d'infrastructure pour les cas urbains non congestionnés

Finalement, la même comparaison a été effectuée dans le tableau ci-dessous pour les cas urbains les plus fluides, ayant des vitesses moyennes supérieures à 25km/h. Les cas urbains qui induisent des arrêts ou de forts freinages suivis par de fortes accélérations (stop, rond-point, ralentisseur) ont des niveaux d'émissions plus élevés par rapport aux cas n'induisant pas forcément des forts freinages. Ce sont les cas urbains sans signalisation ou avec feu de circulation (Feu au vert pour ces cas de sous-trajets ayant des vitesses moyennes supérieures à 25km/h. Avec un feu au vert, il n'y a pas forcément d'arrêt) qui restent à vitesse quasiment stabilisée.

Globalement, on observe que le niveau de congestion a un impact de premier ordre sur les émissions. Les cas les plus congestionnés ont des niveaux d'émissions beaucoup plus élevés que les cas fluides. Ensuite, pour chaque cas urbain, une vitesse nominale de passage est recommandée pour réduire les niveaux d'émissions et de bruit. Pour le cas ralentisseur, la vitesse recommandée est entre 15 et 25km/h pour minimiser les variations de vitesse. Pour le cas urbain sans signalisation, ce sont les vitesses supérieures à 25km/h qui sont recommandées.

Sur cette analyse globale, un focus a été fait au niveau des émissions de NOx. Généralement, des tendances similaires sont observées au niveau du bruit et des autres polluants. Ces analyses et comparaisons globales sont présentées dans le document annexe du rapport final.

## 4. Conclusion / Perspectives

---

Le projet REVEAL a mis en place une chaîne d'outils et de modèles afin d'évaluer l'impact des aménagements de voiries et des infrastructures routières sur les émissions, la congestion, la sécurité et le bruit. Cela permet donc à la métropole de Lyon d'avoir un certain recul sur les modifications de voiries effectuées tout en ayant en tête un certain nombre de préconisations pour les modifications à venir. Ces chaînes d'outils et ces modèles se basent principalement, en entrée, sur les données de mobilité issues de l'application Geco air et sur les mesures trafics issues de la métropole de Lyon. L'application Geco air permet d'enregistrer des trajets réels sur chaque brin routier. Ensuite, afin d'être en mesure d'établir des cartographies et des analyses à plus grandes échelles, les mesures de trafic sont aussi une entrée nécessaire pour une analyse complète. Ils permettent en effet de tenir compte dans nos calculs des mesures de flux globaux à l'échelle de chaque brin routier de la métropole de Lyon.

Hormis l'impact considérable du débit routier sur les émissions totales, on a pu observer une forte variabilité spatiale, d'un brin routier à un autre, des émissions unitaires. Pour les NOx, on a pu voir qu'à iso-débit, ces dernières pouvaient varier de 200mg/km à 1400mg/km soit un facteur multiplicatif de 7. Cela est dû à la vitesse moyenne et au **taux de congestion qui a un impact de premier ordre sur les émissions**. Cela est aussi dû à l'infrastructure routière et au niveau de pente. A iso pente, on a pu constater que les brins présentant des ronds-points, arrêts, ralentisseurs et feux de circulation sont des cas les plus émetteurs par rapport aux cas urbains sans signalisation.

Globalement, les différentes analyses qui ont été menées dans le projet nous ont permis de ressortir plusieurs préconisations. En voici les plus importantes :

- Il est fortement recommandé d'ajouter un ralentisseur après une infrastructure routière qui induit des fortes accélérations (feu de circulation, rond-point). Cela permet de réduire les niveaux d'accélérations.
- Il est aussi recommandé de réduire le nombre de voies (pour des voies de bus etc..) afin d'avoir moins de débit routier et moins de passage global sur les brins routiers considérés. Cela décourage l'utilisation de la voiture.
- La réduction de la limitation de vitesse dans les cas péri-urbains (périphérique, autoroute urbaine) est recommandée afin d'améliorer la sécurité routière.
- Il est recommandé de réduire autant que possible l'ajout des feux de circulations et des ronds-points dans les cas de vitesses limites supérieures à 50km/h. Cela induit des forts freinages suivis par de fortes accélérations. Il est aussi envisageable de réduire les vitesses limites autour de ces infrastructures.
- Il est recommandé d'introduire des zones à faibles émissions en commençant par restreindre les CRIT'air 4 puis en augmentant progressivement les restrictions. Cela a un impact très positif au niveau des émissions.

L'ensemble des analyses du projet REVEAL montrent que la gestion de la voirie et de l'infrastructure est un problème complexe et multifactoriel. En effet, de nombreuses questions sur la pertinence de telle ou telle infrastructure sont encore ouvertes. Par exemple, il a été impossible de statuer sur le type d'infrastructure à recommander, en comparant par exemple les cas des feux de circulation aux cas des ronds-points. Plusieurs éléments impactent cette évaluation, comme les vitesses limites, les types de brins routiers connectés ainsi que le degré d'importance du brin routier et du débit moyen correspondant. Aussi, l'impact global de la vitesse limite et de la modification de la vitesse limite sur les niveaux d'émissions de bruit et de sécurité n'est pas évidente. En fonction du cas considéré, on peut trouver des niveaux d'émissions beaucoup plus élevés avec une vitesse limite à 30km/h en se comparant à 50km/h mais avec un meilleur indice de sécurité et un niveau de bruit plus faible. Peut-on dire qu'il est justifié de réaliser une modification d'infrastructure qui aura pour effet d'augmenter localement les émissions polluantes, tout en améliorant la sécurité des usagers et en réduisant le bruit émis par le trafic ? Ce choix revient finalement aux décisionnaires qui peuvent, grâce aux outils développés dans le projet REVEAL, appliquer les pondérations souhaitées de chacun de ces aspects.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] REVEAL project (2021), AACT-AIR 2019, Rapport final.
- [2] CITEPA. (2020). *Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2018*. Technical report.
- [3] AIRMES project, PRIMEQUAL 2018, Rapport final, grant number 1866C0013.
- [4] *HERE MAPS*. (s.d.). Récupéré sur <https://www.here.com/>

## INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

---

### Figures

<i>Figure 1 : Visualisation sous forme de cartographie des niveaux d'émissions de NOx à Lyon en heure pleine.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : Histogramme de répartition des émissions de NOx unitaires.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 : Capture d'écran de Google street view sur le cas Garibaldi avant et après travaux.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4 : Evolution des émissions de NOx sur le cas Garibaldi en heure de pointe.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 5 : Probabilité d'occurrence des événements de sécurité routière après la suppression de trémie sur le cas Garibaldi.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 : Distribution des vitesses moyennes des sous-trajets issus de Geco Air qui passent par un ralentisseur sur la métropole de Lyon.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 7 : Boxplot d'évolution des émissions de NOx et du bruit unitaires en fonction de la vitesse moyenne sur les brins routier ayant des ralentisseurs.....</i>	<i>12</i>

### Tableaux

<i>Tableau 1 : Analyse des métriques liées aux vitesse et débit sur le cas Garibaldi.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 2 : Analyse des métriques liées aux émissions et au bruit sur le cas Garibaldi.....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 3 : Evaluation des émissions de NOx par type d'infrastructure pour les cas urbains moyennement congestionnés.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 4 : Evaluation des émissions de NOx par type d'infrastructure pour les cas urbains non congestionnés.....</i>	<i>13</i>

## SIGLES ET ACRONYMES

---

---

ADEME	Agence de la Transition Ecologique
PM	Particulate Matter
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides
DEEM	Diagnostic Energie Emissions des Mobilités
SPE	Somme Pondérée des émissions
PMHE	Particulate Matter Hors Echappement
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide
ZFE	Zones à Faible Emission

## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

## IMPACTS DE LA VOIERIE SUR LES ÉMISSIONS, LA SÉCURITÉ ET LE BRUIT – REVEAL – Synthèse

Le projet REVEAL a pour objectif principal de proposer un outil d'aide à la décision à la Métropole de Lyon permettant d'évaluer les émissions polluantes liées aux aménagements de voirie (stop, rond-point, ralentisseur, feu de circulation, etc.). Cet outil d'évaluation d'impact pour la qualité de l'air est fondé sur des bases de données de trajets en usage réel agrégées et des modèles d'émissions, de bruit et d'adhérence. Grâce à l'exploitation des données de mobilité de plusieurs milliers d'utilisateurs via l'application Geco Air et des boucles de comptage métropolitaines, des modélisations des émissions avant et après modification de l'infrastructure de voirie sont présentées, offrant une analyse globale de l'impact des aménagement réalisés ou envisagés. Cette synthèse présente succinctement la méthodologie employée et les principaux résultats concernant les émissions d'oxydes d'azote (NOx) liées aux aménagements de voirie.

*Le projet REVEAL a pour objectif principal de permettre à la métropole de Lyon d'agir pour améliorer la qualité de l'air en tenant compte des « émissions polluantes » liées aux aménagements de voirie. Cette prise en compte est rendue possible par l'exploitation des données de mobilité de plusieurs milliers d'utilisateurs via l'application Geco Air.*

