

MESURES POUR MODIFIER LE TRAFIC ROUTIER EN VILLE ET QUALITE DE L'AIR EXTERIEUR

Recherches bibliographiques
et analyses

SYNTHESE

Déc.
2020



EXPERTISES

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport remercient les membres du comité de pilotage :

- Marie Pouponneau (ADEME)
- Nadia Herbelot (ADEME)
- Jérémie Almosni (ADEME)
- Elodie Trauchessec (ADEME)
- Nadine Dueso (ADEME)
- Marie Joly (ADEME)

Pour la transmission de données du volet 1 :

- Air Breizh
- Air Pays de la Loire
- Atmo Auvergne-Rhône-Alpes
- Atmo Grand Est
- Atmo Hauts-de-France
- Atmo Normandie
- Atmo Nouvelle-Aquitaine
- AtmoSud
- Lig'Air
- Madinair
- Métropole du Grand Nancy

Remerciements du volet 2 / acknowledgments for section 2 :

- Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Madrid. Espagne.
- Adrià Gomila, Transport et mobilité. Barcelone, Espagne.
- Alexander Scholz. Département de mobilité. Vienne, Autriche.
- Annabel Monneaux, Bruxelles Mobilité, Belgique.
- Anne Mougnot, Bruxelles Mobilité, Belgique.
- Andrea Wellhoefer, Département Qualité de l'air. État de Bavière, Allemagne.
- Andrej Piltaver, Département de la protection de l'environnement, Ljubljana, Slovénie.
- Benoît Dupriez, Bruxelles Mobilité. Belgique.
- Caroline Daude, Direction de la voirie et des déplacements de la Ville de Paris.
- Charles Buckingham, Transport for London (TfL) City Planning. Londres, Royaume-Uni.
- Christian Resebo, Streets and parks department at City of Malmö. Malmö Suède.
- Colette Fort, Bruxelles Environnement. Belgique.
- Craig Rossington, Communities Directorate, Oxfordshire County Council. Royaume-Uni.
- Harald Frey, Technical University in Vienne, Autriche.
- Heinz Tizek, Air Quality Management, Environmental Protection, Vienne, Autriche.
- Helen Lundgaard, Regional Development and Mobility. Région de la capitale du Danemark.
- Hervé Levifve, Direction de la Voirie et des Déplacements de la Ville de Paris.
- Erich Willi, Bureau du génie civil, trafic et espace urbain, ville de Zurich, Suisse.
- Jeppe Lauritsen, Cycle Superhighways. Région de la capitale du Danemark.
- Marcus Gerstenberger, Gevas humberg & partner. Munich, Allemagne.
- Maria Herzog, Bureau de planification et gestion du trafic, Ville de Nuremberg, Allemagne.
- Mike Pitz. Département Qualité de l'air. État de Bavière, Allemagne.
- Nicolas Michelot, DRIEA, Île-de-France.
- Paco Segura, Confederación de Ecologistas en Acción, Madrid, Espagne.
- Patrick Pigache, Chef de projets. Ville de Paris.
- Pedro Abreu, Air quality. Oxford City Council. Royaume-Uni.
- Peter Ballarin. Air Quality Team. Munich. Allemagne.
- Roman Klementschtz. Institute for Transport Studies. Vienne, Autriche .
- Sabina Popit, Ljubljana, Slovénie.
- Samuel Rouse, Transport and Environmental Protection, Brighton and Hove, Royaume-Uni.
- Virginie Despeer, Bruxelles Environnement. Belgique.

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME, Tapia-Villarreal Irving, Moulin Lucile, Quéméner Aurélie. 2020. Mesures pour modifier du trafic routier en ville et qualité de l'air extérieur – Recherches bibliographiques et analyses. Synthèse, 32 pages.

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

Collaboration :

Nadine Allemand (Citepa)

Bertrand Bessagnet (Citepa)

Jean-Marc André (Citepa)

Thamara Vieira da Rocha (Citepa)

Arthur Campos y Sansano (Airparif)

Anne Kauffmann (Airparif)

Charles Kimmerlin (Airparif)

Virna Rivera (Airparif)

Fabrice Joly (Airparif)

Pietro Bernardara (CEREA/EDF)

Arièle Defossez (CEREA/EDF)

Karine Sartelet (CEREA/ENPC)

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 : 19MAR000073

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : Citepa, Airparif, CEREA, ENPC.

Coordination technique - ADEME : Marie Pouponneau - Chantal Derkenne

SOMMAIRE

RESUME.....	5
ABSTRACT.....	6
1. CONTEXTE DU PROJET	7
1.1. Objectif de l'étude.....	7
2. VOLET 1 : IMAGE DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES ET DE GAZ A EFFET DE SERRE LIEES AU TRAFIC ROUTIER DANS LES VILLES FRANÇAISES	9
2.1. Les émissions du transport routier et sa contribution.....	9
2.2. Les indicateurs complémentaires	12
2.3. Profils territoriaux	14
3. VOLET 2 : PANORAMA EUROPEEN DES MESURES LOCALES VISANT A MODIFIER LE TRAFIC ROUTIER EN VILLE ET LEURS IMPACTS.....	15
3.1. Critères de sélection de mesures visées.....	15
3.2. Sélection d'études de cas	15
3.3. Principaux enseignements du volet 2 :.....	16
4. VOLET 3 : ANALYSE CRITIQUE DES METHODES D'EVALUATION D'IMPACTS ET MISE EN PERSPECTIVE DES IMPACTS RECENSES AU REGARD DE LA QUALITE DE L'AIR EN MILIEU URBAIN EN FRANCE	18
4.1. Liens entre les mesures prises et la qualité de l'air	18
4.2. Impact sur d'autres polluants	20
4.3. Impact aux différentes échelles.....	20
4.3.1. Echelle de la rue.....	20
4.3.2. Echelle de la ville.....	21
4.4. Transposabilité des résultats.....	21
4.4.1. Un exemple de transposabilité pour la piétonnisation.....	22
4.5. Principaux enseignements du volet 3	23
5. CONCLUSIONS GENERALES.....	25
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	29
SIGLES ET ACRONYMES	30

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était d'établir l'état de l'art des connaissances des impacts sur la qualité de l'air en ville de mesures visant à limiter les émissions du trafic routier en milieu urbain et des méthodes d'évaluation de ces impacts correspondantes à l'échelle européenne. Les résultats de cette analyse ont été mis en relation avec les émissions de polluants et concentrations rencontrées en France en milieu urbain, via la réalisation d'une « photographie » de la qualité de l'air et de ses déterminants liés à la mobilité en ville.

Dans la première partie de cette étude, 25 fiches territoriales ou « portraits » ont été dressées afin de représenter la diversité des profils des territoires français au regard des émissions du transport routier. Elles illustrent la nécessité de mettre en place des mesures de réduction de ces émissions, de manière adaptée à chaque territoire. Les indicateurs relatifs aux émissions du transport routier présentent en effet une grande variabilité d'un territoire à l'autre, avec une contribution du trafic routier aux émissions d'oxydes d'azote variant de 13 à 91 % (à l'échelle de l'EPCI hors profils atypiques). La contribution à l'échelle nationale est de 57 %. Pour expliquer cette variabilité et l'impact des émissions du transport routier sur la qualité de l'air, différents indicateurs ont été expérimentés. Les résultats ont montré qu'ils s'avèrent être d'une grande complémentarité et l'intérêt de les utiliser ensemble. Par exemple, l'indicateur « émissions par habitant », en hausse avec la diminution de la densité de la population permet d'illustrer la dépendance à la voiture. Mais, utilisé seul, cet indicateur pourrait engendrer des conclusions erronées puisqu'il attribue les émissions du trafic aux habitants du territoire concerné même si une autoroute passe sur le territoire.

La deuxième partie de cette étude, dresse un panorama européen des mesures locales visant à modifier le trafic routier en ville et leurs impacts sur les émissions et la qualité de l'air. D'une manière générale, les études de cas portant sur la piétonnisation (Ljubljana, Édimbourg...), sur le partage de l'espace public avec des modes doux (Copenhague, Bruxelles...), sur la gestion du stationnement en ville (Vienne et Munich) et sur les aménagements de voiries visant à dissuader l'utilisateur de prendre sa voiture (Oxford), ont montré des réductions du trafic automobile permettant des réductions en termes d'émissions des polluants associés et de concentrations de polluants dans l'air. Ce panorama européen a permis de montrer que les mesures de réduction de la congestion et de fluidification du trafic, notamment par la création de voies de circulation supplémentaires, peuvent générer une nouvelle demande de trafic automobile, ce qui se traduit par des effets négatifs en termes d'émissions et de qualité de l'air.

La troisième partie de l'étude a porté sur l'analyse des méthodologies d'évaluation des impacts sur la qualité de l'air de ces aménagements sur le trafic routier et les émissions et une mise en regard de la qualité de l'air observée dans les villes françaises. La majorité du panorama des aménagements examinés au plan européen montre une évolution des concentrations des polluants étudiés à la baisse. La réduction des émissions a un effet important sur les concentrations de polluants à l'échelle locale, qui correspond à l'échelle d'exposition de la population. L'impact est beaucoup moins marqué pour les concentrations de fond urbain. Celles-ci influençant fortement la qualité de l'air locale, l'impact d'une seule action est très dépendant de l'environnement et des sources de pollution autres que le trafic. Ainsi, les différentes actions mises en place, telle que la piétonnisation d'une rue ou d'un centre-ville, auront un impact qui sera plus ou moins important sur la qualité de l'air selon l'environnement physique et atmosphérique des villes et notamment selon les concentrations de fond observées dans ces villes. Les concentrations de carbone suie diminuent plus rapidement que celles des NOx car elles proviennent des émissions à l'échappement et hors échappement. Les aménagements mis en place impactent certainement d'autres polluants primaires que ceux étudiés dans les études présentées (benzène, particules ultrafines), et impactent également les polluants secondaires comme l'O₃, le NO₂. Pour éviter ou limiter l'augmentation de certains polluants secondaires suite aux aménagements avec réduction du trafic, les émissions des précurseurs de ces polluants devraient être réduites, ainsi que celles des composés organiques volatils.

Le constat établi dans cette étude offre des perspectives d'action telle que la piétonnisation, qui mise en œuvre en parallèle avec des actions complémentaires, a fait réduire jusqu'à 45 % les concentrations de NO₂ et de BC dans les zones d'étude à Ljubljana et Bruxelles respectivement. Un autre type d'action est la gestion du stationnement qui réduit de 8 % les concentrations de NO₂ à l'échelle urbaine de Vienne. Les périodes d'analyse sont différentes et, dans certains cas, l'impact peut également être lié à l'amélioration technologique des véhicules. Les actions présentées dans cette étude pourraient être explorées et mises en œuvre par les autorités locales pour réduire le trafic routier et améliorer ainsi la qualité de l'air dans les villes françaises.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish the state of the art of knowledge regarding the impacts on urban air quality of measures implemented in European cities aimed at reducing road traffic emissions and the methods for evaluating these corresponding impacts. The results of this analysis have been put in context with the emissions and concentrations encountered in French urban areas, through the creation of a profile of air quality and its determinants related to mobility.

In the first part of this report, 25 territorial portraits are drawn up to show traffic emissions variability related to territory diversity. They illustrate the necessity to adapt to each territory profile relevant mitigation measures. Traffic emissions indicators show a very important variability from one territory to another. Traffic emission contribution to total emissions of NO₂ vary from 13 % to 91 % (at territorial scale without untypical profiles). At a national scale, this contribution is 57 %. With the aim to explain this variability and traffic emissions impact on air quality, different indicators have been experimented. The results showed their high complementarity and the interest to consider them as a whole. For example, the "emission per capita" indicator, increasing when population density decreases, illustrates car dependency. But, used alone, it could induce erroneous conclusions since it considers the whole amount of emissions is due to inhabitants, even if a highway crosses the territory.

The second part of the study provides an overview of local measures designed to modify the road traffic in European cities and their impacts on emissions and air quality. In general, the case studies regarding pedestrianization (Ljubljana, Edinburgh...), sharing of public space with non-motorized modes (Copenhagen, Brussels...), parking management strategies (Vienna and Munich) and roadway developments aimed at discouraging vehicle use (Oxford), exhibited reductions in car traffic volume, and even reductions in terms of associated pollutant emissions and air pollutant concentrations. The European overview has shown that measures intended to reduce congestion and improve traffic fluidity, in particular by creating additional traffic lanes, will always generate new traffic demand, resulting in negative effects in terms of emissions and air quality.

The third part of the study is focused on the analysis of the methodologies for assessing the impact on road traffic and emissions and a comparison of the air quality observed in French cities. Most of the European's overview measures show a reduction of the observed pollutant concentrations. Reducing emissions has a significant effect on pollutant concentrations at the local level, which corresponds to the exposure scale of the population. The impact is much less marked for urban background concentrations. As these strongly influence local air quality, the impact of a single action is very dependent on the environment and on sources of pollution other than traffic. Thus, the various actions implemented, such as the pedestrianization of a street or a city centre, will have an impact that will be more or less important on air quality depending on the physical and atmospheric environment of the cities and in particular the background concentrations observed in these cities. Black carbon concentrations decrease more rapidly than NO_x concentrations because they result from exhaust and non-exhaust emissions. The arrangements put in place certainly impact other primary pollutants than those studied (benzene, ultrafine particles), and also impact secondary pollutants such as O₃, NO₂. To avoid or limit the increase in certain secondary pollutants as a result of developments with reduced traffic, emissions of precursors of these pollutants should be reduced, as well as those of volatile organic compounds.

The findings of this study offer potential courses of action such as pedestrianization, which, implemented in parallel with complementary actions, reduced NO₂ and BC concentrations by up to 45 % in the study areas in Ljubljana and Brussels respectively. Another type of action is parking management, which reduced NO₂ concentrations by 8 % on the urban scale in Vienna. The periods of analysis are different and in some cases the impact can also be related to technological improvements in vehicles. The actions presented in this study could be explored and implemented by local authorities to reduce road traffic and thus improve air quality in French cities.

1. Contexte du projet

Cause de 48 000 décès chaque année en France, la qualité de l'air constitue un enjeu sanitaire national majeur. D'après l'avis de l'Anses relatif à la sélection des polluants à prendre en compte dans les études d'impact des infrastructures routières¹, le transport routier est à l'origine de l'émission dans l'air ambiant de nombreux polluants. À l'échelle urbaine, il représente une part importante des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de particules et dans une moindre mesure de composés organiques volatils (COV). Or, malgré les baisses d'émissions enregistrées entre 1990 et 2018², la qualité de l'air n'est toujours pas satisfaisante sur l'ensemble du territoire français, d'autant plus dans les grandes agglomérations avec notamment l'impact du trafic routier sur les plus fortes teneurs et/ou les dépassements de valeurs limites réglementaires (source : bilans nationaux de la qualité de l'air établis par le Commissariat général au développement durable³ sur la base de la surveillance des AASQA).

Dans son avis de mai 2018⁴, l'ADEME indique que les principaux leviers permettant de diminuer les impacts des transports sur la qualité de l'air sont l'évolution du parc en termes de motorisations et carburants, et la réduction du trafic notamment en milieu urbain. Cette dernière se fait via des actions qui combinent plusieurs types d'évolutions en matière de déplacement, de modes de transport, de types de mobilité (vélo, marche) et d'organisation des mobilités (Transports collectifs, système de co-voiturage, d'autopartage, etc.). Ces mesures sont principalement réglementaires (évolution des normes Euro sous l'égide de la Commission européenne, instauration de zones à faibles émissions mobilité par les autorités locales, etc.), ou incitatives (fiscalité des carburants à l'échelle nationale, bonus/malus, aide à l'achat de vélos à assistance électrique, aménagement urbain privilégiant les mobilités actives, forfait mobilité durable etc.). Ainsi, différents acteurs à différentes échelles territoriales sont concernés par la mise en œuvre de ces mesures.

Plus récemment, l'Anses insiste sur la nécessité de considérer conjointement⁵ :

- l'évolution technologique et réglementaire,
- la promotion des technologies alternatives (réduisant drastiquement l'émission de polluants, dont l'électromobilité),
- le renouvellement du parc roulant (toutes catégories de véhicules incluant les deux-roues motorisés et les véhicules utilitaires légers),
- mais aussi et surtout la réduction du trafic compensée par le renforcement des transports en commun à faibles émissions, de l'intermodalité et de modes actifs dans les zones densément peuplées.

Outre l'évolution technologique du parc en circulation, une réduction du nombre de véhicules motorisés en circulation est nécessaire pour atteindre des niveaux de polluants en air extérieur limitant drastiquement l'impact sanitaire de la pollution de l'air liée au trafic routier. En complément, la prise en compte de la qualité de l'air dans les politiques d'urbanisme peut permettre de limiter l'exposition des populations à un air de mauvaise qualité à proximité des axes routiers.

1.1. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'établir l'état de l'art des connaissances des impacts sur la qualité de l'air en ville des mesures visant à limiter les émissions du trafic routier en milieu urbain et des méthodes d'évaluation correspondantes à l'échelle européenne. Ces résultats sont mis en relation avec les émissions et concentrations rencontrées en France en milieu urbain via la réalisation d'une étude de la qualité de l'air et de ses déterminants liés à la mobilité en ville. L'ambition est de pouvoir montrer qu'il existe un enjeu important à réduire l'impact de la pollution atmosphérique du trafic routier automobile sur l'ensemble du

¹ Avis de l'ANSES de juillet 2012 suite à la saisine n°2010-SA-0283

² Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques - Bilan des émissions en France de 1990 à 2018. Citepa, format Secten, juin 2020.

³ Bilan national de la qualité de l'air extérieur en France, édité par le service de la donnée et des études statistiques du Commissariat général au développement durable du ministère de la transition écologique et solidaire, disponible via <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/bilan-de-la-qualite-de-lair-exterieur-en-france-en-2019-0>

⁴ Avis de l'ADEME « Émissions de particules et de NO_x par les véhicules routiers » - Mise à jour Mai 2018

⁵ Particules de l'air ambiant extérieur. Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie. Impact sur la pollution atmosphérique des technologies et de la composition du parc de véhicules automobiles circulant en France. Avis de l'ANSES (saisine n°2014-SA-0156) – Juillet 2019.

territoire français. Pour atteindre cet objectif, l'étude a été divisée en trois parties principales, listées ci-dessous.

- **Volet 1** : Image des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre liées au trafic routier dans les villes françaises,
- **Volet 2** : Panorama européen des mesures locales visant à modifier le trafic routier en ville et leurs impacts,
- **Volet 3** : Analyse critique des méthodes d'évaluation d'impacts et mise en perspective des impacts recensés au regard de la qualité de l'air en milieu urbain en France.

2. VOLET 1 : Image des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre liées au trafic routier dans les villes françaises

Le premier volet de cette étude a pour objet de réaliser des portraits d'agglomérations françaises types, en termes d'émissions du trafic routier. Les facteurs expliquant la variabilité spatiale de la contribution du trafic routier aux émissions de polluants atmosphériques et de GES sont étudiés pour définir différentes typologies de villes.

Seules des données librement disponibles ont été utilisées pour mener les analyses. Elles proviennent essentiellement des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), du Citepa et du Service des Données et Études Statistiques (SDES) ou de l'INSEE.

25 territoires ont été retenus pour échantillonner différentes configurations :

- Régions variées (en métropole et dans les DROM- COM)
- Différentes topographies : « cuvette », plaine, zone côtière, ...
- Tailles de villes variées (> 500 000 habitants, 250 000 – 500 000 habitants, 100 000 – 250 000 habitants, 20 000 – 100 000 habitants, < 20 000 habitants)
- Différentes typologies de villes et agglomérations : zone urbaine dense, bassin industriel, zone rurale, ...
- Communes dans et en dehors des zones de dépassement des valeurs limites réglementaire (zones en contentieux européen)

2.1. Les émissions du transport routier et sa contribution

Les analyses des émissions totales, des émissions du transport routier et leurs contributions aux émissions d'oxydes d'azote, de particules PM₁₀ et PM_{2,5} et de gaz à effet de serre et de ses déterminants ont été menées sur les communes et les EPCI de 11 régions françaises au-delà des 25 territoires qui font l'objet d'une fiche.

En première analyse, les quantités d'émissions liées au trafic routier et leur contribution au niveau local sont étudiées. Les graphiques de la figure 1 ci-dessous représentent la répartition des émissions annuelles d'oxydes d'azote totales et celles du trafic routier à l'échelle de l'EPCI d'une part et de la commune d'autre part. La représentation graphique en « boîte à moustache » permet d'illustrer la variabilité des émissions d'un territoire à l'autre. L'ensemble des valeurs (par exemple à l'échelle de l'EPCI) sont classées et l'échantillon est séparé en 4 parties de même nombre de valeurs, soit 25 % des données de l'ensemble de l'échantillon. Elle permet de mettre en valeur :

- La médiane : 50 % des valeurs y sont inférieures et 50 % y sont supérieures. Pour les émissions totales à l'échelle de l'EPCI en figure 1, la médiane est de 425 t.
- La partie centrale (« la boîte ») qui représente 50 % des données (25 % des valeurs sont plus faibles que la borne basse de la boîte) et 25 % sont plus élevées que la borne haute de la boîte (respectivement 222 t et 792 t pour les émissions totales des EPCI).
- Les moustaches réparties de chaque côté de la boîte qui n'excèdent pas en terme de longueur, 1,5 fois la longueur de la boîte (soit 0 et 1641 t pour les émissions totales à l'échelle de l'EPCI).
- Les points en dehors des moustaches qui sont des points atypiques.

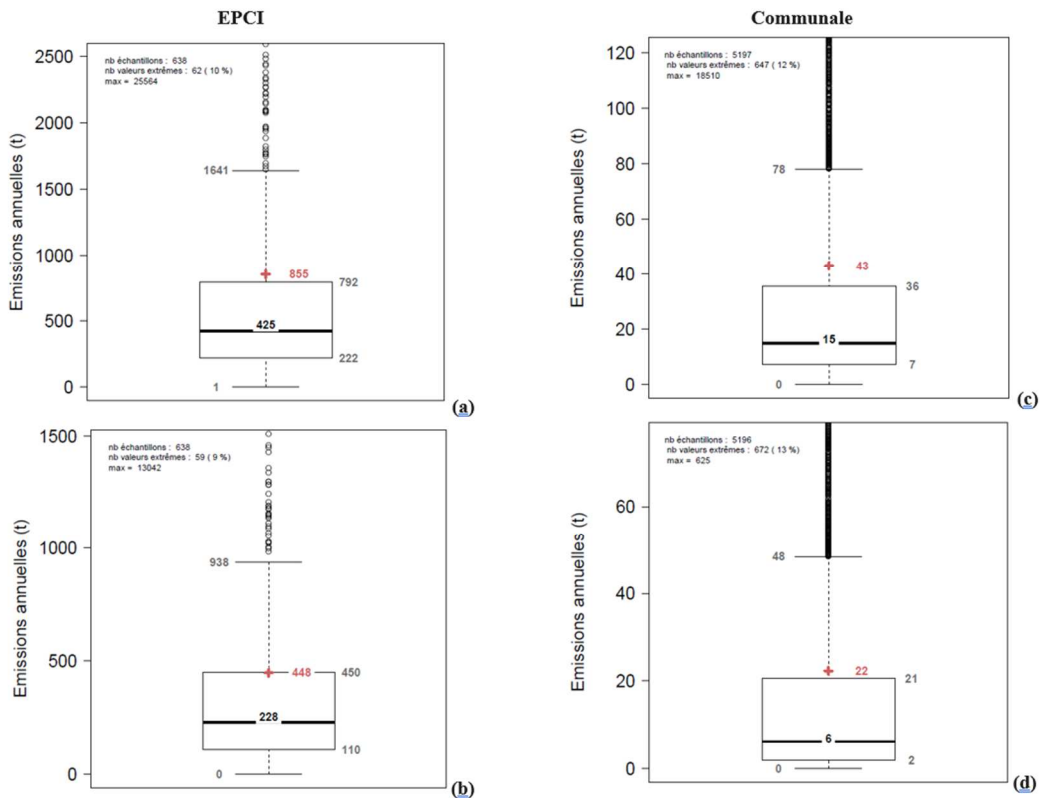


Figure 1 : Répartition des émissions de NOx, à l'échelle des EPCI (à gauche) et des communes (à droite) - En haut : émissions tous secteurs d'activités confondus. En bas : émissions du trafic routier

Les diagrammes de dispersion des émissions de NOx (Figure 1) montrent une très grande variabilité des émissions absolues liée en premier lieu à la diversité importante de la taille des territoires mais aussi aux spécificités locales (territoire urbain ou rural, bassin d'emploi, bassin industriel, zone agricole, etc.). Par exemple, les émissions totales annuelles de NOx varient de moins de 1 tonne à 25 564 tonnes à l'échelle des EPCI et de moins de 1 tonne à 18 510 tonnes à l'échelle communale. Les valeurs moyennes et médianes sont de respectivement de 855 tonnes et de 425 tonnes à l'échelle de l'EPCI et de 43 tonnes et 15 tonnes à l'échelle communale.

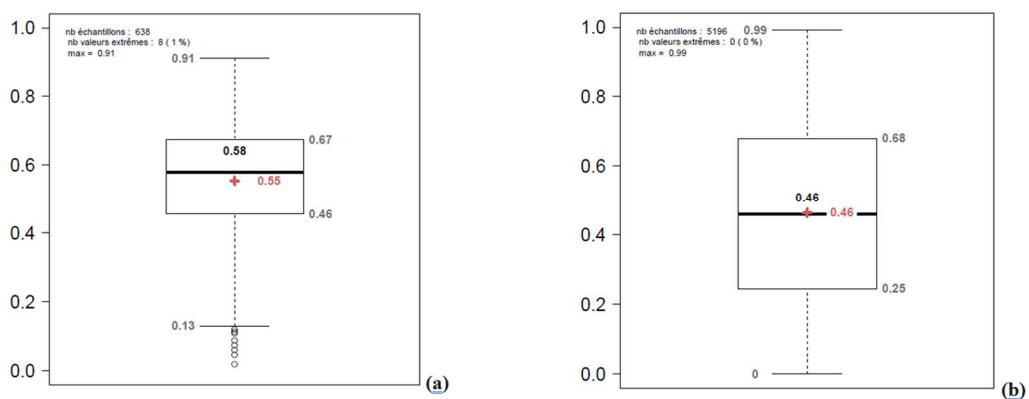


Figure 2 : Variabilité de la contribution du trafic routier dans les émissions de NOx (a) au sein des EPCI étudiés ; (b) à l'échelle communale

L'analyse des différents territoires montre une prédominance de la contribution du trafic routier aux émissions d'oxydes d'azote (NOx). **La contribution est de 57 % en moyenne sur le territoire national mais varie, selon la Figure 2, entre 13 % et 91 % en fonction des EPCI (hors profils atypiques).** Cet indicateur n'est pas suffisant pour étudier l'importance du trafic routier sur un territoire donné. En effet, il dépend fortement de l'ampleur des émissions des autres sources présentes sur le territoire considéré qui pourraient masquer les enjeux locaux relatifs au transport routier.

Cette variabilité a également été mise en lumière par l'étude approfondie des 25 territoires qui ont fait l'objet d'une fiche « portrait » (cf. Tableau 1, Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4). Le Tableau 5 présente à titre de comparaison les contributions du transport routier aux émissions des régions étudiées.

Commune/EPCI	Région	Année	NOX	PM10	PM2.5
Métropole du Grand Paris	Ile-de-France	2017	51%	24%	23%
Paris (commune)	Ile-de-France	2017	61%	29%	26%
Métropole d'Aix-Marseille-Provence	Provence-Alpes-Côte d'Azur	2017	29%	11%	12%
Marseille (commune)	Provence-Alpes-Côte d'Azur	2017	46%	18%	19%
Métropole de Lyon	Auvergne-Rhône-Alpes	2017	60%	24%	21%
Métropole Européenne de Lille	Hauts-de-France	2015	71%	36%	32%
Bordeaux Métropole	Nouvelle-Aquitaine	2016	58%	30%	28%
Nantes Métropole	Pays de la Loire	2016	68%	32%	32%
Ensemble des territoires de plus de 500 000 hab.		min.	41%	15%	16%
		moy.	57%	26%	24%
		max.	71%	36%	32%

Tableau 1 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires de plus de 500 000 habitants

Commune/EPCI	Région	Année	NOX	PM10	PM2.5
Métropole Rouen Normandie	Normandie	2015	31%	17%	26%
Eurométropole de Strasbourg	Grand Est	2017	58%	20%	21%
Rennes Métropole	Bretagne	2016	69%	34%	36%
Grenoble-Alpes-Métropole	Auvergne-Rhône-Alpes	2017	55%	19%	17%
CU du Grand Reims	Grand Est	2017	51%	11%	15%
Tours Métropole Val de Loire	Centre-Val de Loire	2016	71%	28%	28%
CU du Havre Seine Métropole	Normandie	2015	11%	16%	17%
Ensemble des territoires entre 250 000 et 500 000 hab.		min.	11%	11%	15%
		moy.	57%	22%	23%
		max.	73%	37%	39%

Tableau 2 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 250 000 et 500 000 habitants

Commune/EPCI	Région	Année	NOX	PM10	PM2.5
CU de Dunkerque	Hauts-de-France	2015	7%	4%	3%
CA Valenciennes Métropole	Hauts-de-France	2015	62%	31%	29%
CA du Niortais	Nouvelle-Aquitaine	2016	77%	13%	17%
CA de l'Espace Sud de la Martinique	Martinique	2016	87%	33%	35%
CA du Pays Nord Martinique	Martinique	2016	21%	17%	17%
CA du Centre de la Martinique	Martinique	2016	23%	37%	33%
Ensemble des territoires entre 100 000 et 250 000 hab.		min.	7%	4%	3%
		moy.	57%	20%	21%
		max.	87%	39%	40%

Tableau 3 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 100 000 et 250 000 habitants

Commune/EPCI	Région	Année	NOX	PM10	PM2.5
Montélimar Agglomération	Auvergne-Rhône-Alpes	2017	84%	21%	23%
CC Vierzon-Sologne-Berry	Centre-Val de Loire	2016	75%	25%	28%
CC Anjou Loir et Sarthe	Pays de la Loire	2016	74%	18%	23%
Les Pennes-Mirabeau (commune)	Provence-Alpes-Côte d'Azur	2017	95%	26%	32%
Ensemble des territoires entre 20 000 et 100 000 hab.		min.	2%	<1%	<1%
		moy.	57%	16%	17%
		max.	95%	58%	56%

Tableau 4 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 20 000 et 100 000 habitants

Région	Année	NOx	PM10	PM2.5
Auvergne-Rhône-Alpes	2017	62%	12%	12%
Bretagne	2016	56%	16%	20%
Centre-Val de Loire	2016	55%	10%	11%
Grand Est	2017	51%	8%	10%
Hauts-de-France	2015	45%	15%	16%
Ile-de-France	2017	55%	19%	21%
Martinique	2016	29%	29%	29%
Normandie	2015	34%	17%	22%
Nouvelle-Aquitaine	2016	62%	11%	13%
Pays de la Loire	2016	59%	11%	16%
Provence-Alpes-Côte d'Azur	2017	47%	13%	13%
France	2017	57 %	12 %	15 %

Tableau 5 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants à l'échelle régionale et nationale

2.2. Les indicateurs complémentaires

Différents autres indicateurs permettent d'analyser les différences d'émissions d'un territoire à l'autre :

- Indicateurs liés aux émissions (NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, COVNM, GES)
 - Émissions du transport routier par habitant
 - Émissions du transport routier par km²
 - L'influence du parc de véhicules
- Indicateurs contextuels
 - Population, superficie, densité,
 - Nombre de voitures par habitant
 - Taux de logements individuels
 - Répartition modale des déplacements
 - Présence de pistes cyclables

Les fiches « portrait » présentent ces indicateurs pour les 25 territoires (commune ou EPCI) étudiés.

2.2.1. Les indicateurs d'émissions

Le taux d'émissions par habitant

Le taux d'émissions rapporté au nombre d'habitants est un indicateur riche d'enseignements. Il permet notamment de s'affranchir de la taille du territoire ou de la présence d'une autre source importante d'émissions. Une commune ou un territoire avec une faible densité de population peut présenter des émissions absolues du transport routier relativement faibles mais des émissions par habitant assez importantes au regard des distances importantes (accès aux services, emplois, etc.) à parcourir ou d'une offre limitée en transport en commun. **Cet indicateur est également très variable, à l'échelle des EPCI (de <1 à 39 kg/hab), et encore plus à l'échelle communale (de <1 à 727 kg/hab),** reflétant la diversité des territoires, selon l'offre de transport en commun, la présence d'axes routiers fortement émetteurs, etc. Cet indicateur attribue aux habitants d'un territoire des polluants émis sur celui-ci alors qu'ils n'en sont pas forcément les émetteurs. C'est typiquement le cas des communes très peu peuplées et traversées par une autoroute, alors que les émissions de celle-ci ne sont pas imputables aux habitants. **Il convient donc d'être vigilant lors de l'utilisation et de l'interprétation de cet indicateur.**

La densité d'émissions

Cet indicateur est la quantité d'émission d'un territoire rapportée à sa surface. De la même manière, il permet de s'affranchir de la taille des territoires considérés lorsque l'on veut comparer les émissions de différents territoires.

La variabilité territoriale des émissions annuelles du secteur routier rapportées à la superficie du territoire est très importante. À l'échelle des EPCI, **la densité d'émissions est en moyenne de 1 357 kg/km², et elle varie de <1 à 16 t/km² ; à l'échelle communale, elle est en moyenne de 1 817 kg/km², et elle varie de <1 à 92.7 t/km².** Les valeurs très élevées de densité d'émissions sont typiquement associées à des territoires peu étalés relativement au réseau routier dense qu'ils accueillent (ex : la Métropole du Grand Paris à l'échelle de l'EPCI, qui présente une densité de 16 tonnes/km², valeur maximale des EPCI) ou des territoires de petite taille sur lesquels se déploient des axes routiers majeurs.

L'influence du parc de véhicules

La contribution aux émissions n'est pas seulement liée à la contribution au volume de trafic, le type de véhicule (véhicules particuliers, véhicules utilitaires léger, poids lourds, 2 roues motorisés), son âge et la source d'énergie des véhicules influant notablement sur les émissions. Cependant, il est important d'agir sur le volume de trafic, compte-tenu de la part élevée des émissions de particules liées à l'abrasion des pneus, freins et route.

L'étude des données du parc statique de véhicules particuliers du Service des Données et Etudes Statistiques⁶ (SDES) du ministère de la transition écologique montre que la répartition spatiale du parc statique par source d'énergie est comparable dans les différentes régions avec cependant quelques spécificités à considérer lorsque l'on souhaite agir grâce à ce levier. A titre d'exemple la part des véhicules particuliers en 2019 varie à l'échelle des EPCI de 18% à 30% et pour les CRIT'AIR 4 de 7% à 12%. Une tendance à la baisse des véhicules particuliers Diesel est observée depuis 2012. Par ailleurs, une augmentation plus marquée des VP électriques et hybrides est à noter depuis 2017 sur les régions PACA et Ile-de-France.

2.2.2. Les indicateurs liés au territoire, à son identité et à sa dynamique

D'autres indicateurs, liés à l'identité et à la dynamique des territoires ont été sélectionnés pour expliciter la variabilité des émissions du trafic routier :

- des indicateurs « clés » : nombre d'habitants (INSEE 2017), superficie et densité de population
- d'autres indicateurs calculés à partir de la base de données « logement » 2017 de l'INSEE qui éclairent la répartition modale au sein d'un territoire et donnent des informations sur l'utilisation des véhicules par les ménages :
 - **Le taux de logements individuels** fournit des pistes d'interprétation des disparités territoriales des émissions du trafic routier : un territoire présentant un faible taux de logements individuels est une zone densément peuplée, où il est aisé d'utiliser des modes de transport peu polluants (marche, vélo, trottinettes, transports en commun, etc.); a contrario, un territoire présentant un taux de logements individuels élevé correspond à une zone périurbaine ou rurale où l'utilisation de la voiture est prépondérante en raison de distances plus importantes entre les zones d'intérêts (travail, logements, commerces, loisirs, etc.) avec en général une offre de transport en commun moins importante.
 - **Le nombre moyen de véhicules par ménage** renseigne sur la dépendance locale au transport individuel motorisé qui peut s'expliquer par de nombreux facteurs : offre de transport en commun, étalement urbain, pas de zone d'emplois locale, etc.
 - **Le mode de transport domicile-travail**

L'analyse des indicateurs montre également que la variabilité de la contribution du trafic routier aux émissions de NOx ne dépend pas spécifiquement de la taille des territoires. Les analyses illustrent l'augmentation du taux d'émissions par habitant avec la diminution de la densité d'habitation en lien avec les indicateurs de dépendance à la voiture.

Cette étude a montré qu'aucun indicateur ne permet à lui seul d'expliquer la variabilité des émissions totales de polluants et de GES liées au trafic routier et leurs contributions aux émissions territoriales et conclut sur la nécessité de considérer l'ensemble des indicateurs pour mettre en évidence et expliquer l'importance des émissions du transport routier sur la qualité de l'air et les émissions de GES.

⁶ Le service des données et études statistiques (SDES) a pour mission d'organiser le système d'observation socio-économique et statistique en matière de logement, de construction, de transports, d'énergie, d'environnement et de développement durable, en liaison avec les institutions nationales, européennes et internationales intéressées.

2.3. Profils territoriaux

L'étude confirme l'importance de mettre en place des mesures de réduction des émissions du trafic routier sur l'ensemble du territoire mais adaptées à chaque profil de territoire. 25 fiches « portraits » territoriales sont dressées dans le rapport (voir annexe) afin d'illustrer la diversité des profils des territoires français au regard des émissions du transport routier. L'échantillonnage des territoires s'est basé sur la taille des villes et EPCI en termes de population. Cinq catégories de taille, paramètre influençant fortement les émissions du trafic routier, ont été définies. Parmi ces catégories, le choix des territoires s'est fait de manière à avoir différentes typologies de villes en termes de contribution du trafic routier, des territoires dans les zones considérées dans le contentieux européen avec la France et d'autres non, différentes typologie géographique (cuvette, plaine, influence océanique, etc.) et autres spécificités territoriales (bassin industriel, bassin d'emploi, plaine agricole, etc.), des territoires des différentes régions dont les données ont été rassemblées. Quand cela a été possible, les fiches ont été faites pour l'EPCI et la ville centre afin de mettre en évidence des différences ou des ressemblances entre le cœur urbain dense et l'agglomération dans son intégralité.

Les 25 fiches concernent les territoires suivants :

- plus de 500 000 habitants (catégorie A) : la Métropole du Grand Paris, la ville de Paris, la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, la ville de Marseille, la Métropole de Lyon, la Métropole Européenne de Lille, Bordeaux Métropole, Nantes Métropole ;
- entre 250 000 et 500 000 habitants (catégorie B) : la Métropole de Rouen Normandie, l'Eurométropole de Strasbourg, Rennes Métropole, Grenoble-Alpes Métropole, Grand Reims, Tour Métropole Val-de-Loire, Le Havre Seine Métropole ;
- entre 100 000 et 250 000 habitants (catégorie C) : la Communauté Urbaine de Dunkerque, Valenciennes Métropole, la Communauté d'Agglomération du Niortais, la Communauté d'Agglomération de l'Espace Sud de la Martinique, la Communauté d'Agglomération du Pays Nord de la Martinique, la Communauté d'Agglomération du centre de la Martinique ;
- entre 20 000 et 100 000 habitants (catégorie D) : Montélimar-Agglomération, la Communauté d'Agglomération Vierzon-Sologne-Berry, la Communauté de Communes Anjou Loir et Sarthe, les Pennes-Mirabeau.

Compte-tenu de la très grande diversité de territoires de la catégorie E (< 20 000 habitants), qui regroupe 5 200 EPCI et communes situées en zones rurales parmi les données collectées, il a été conclu qu'il est difficile de représenter en sélectionnant quelques Communautés de Communes ou communes pour lesquelles dresser des portraits. La diversité de ces territoires est analysée dans le rapport au regard de la dispersion des différents indicateurs.

3. VOLET 2 : Panorama européen des mesures locales visant à modifier le trafic routier en ville et leurs impacts

Une recherche bibliographique sur les évaluations des liens entre mesures locales, visant à modifier le trafic routier en ville et la qualité de l'air extérieur en milieu urbain est menée pour répondre aux **objectifs** suivants :

- Identifier toute mesure ou action réalisée ou projetée par les autorités locales européennes ayant pour objectif de réduire le trafic routier en ville,
- Analyser quels sont les impacts sur le trafic routier et les réductions associées, en termes d'émissions et concentrations,
- Dresser un état de lieux permettant d'établir un bilan global des impacts des mesures de diminution du trafic routier.

3.1. Critères de sélection de mesures visées

Les mesures recherchées dans le cadre de cette étude sont celles pouvant être mises en œuvre dans les zones urbaines introduisant un phénomène de changement de comportement de mobilité, qui se traduit par des émissions plus faibles que celles qui se produiraient sans la mesure. Les mesures locales qui ont été examinées dans cette tâche, correspondent à la demande établie par l'ADEME dans son cahier des charges et sont listées ci-dessous :

- Piétonnisation permanente ou temporelle,
- Partage de l'espace public avec des modes actifs,
- Stationnement en ville,
- Aménagements de voiries visant à dissuader l'utilisateur de circuler avec son véhicule,
- Réduction de la congestion et fluidification du trafic.

Les paramètres étudiés dans cette tâche étaient ceux liés à toute mesure mise en œuvre ayant les caractéristiques décrites ci-dessous.

- Mesures locales à l'échelle de l'Europe,
- Mesures ayant pour objectif d'améliorer la qualité de l'air,
- Les actions pouvaient être réalisées ou projetées (évaluations ex-ante et/ou ex-post),
- La zone géographique impactée par la mesure pouvait se situer à l'échelle d'une rue, d'un quartier ou d'une zone urbaine,
- Mesures en ville visant à diminuer l'ensemble du secteur du transport routier (passagers et marchandises).

Les Zones à Faibles Emissions (ZFE)⁷, les péages urbains, les Zones à Trafic Limité (ZTL) et la réduction de vitesse⁸ sont exclues du cadre de cette étude car ces mesures font l'objet de rapport déjà publiés.

3.2. Sélection d'études de cas

Les études de cas ont été choisies en fonction de la disponibilité de données, de l'analyse de rapports, des informations reçues, et des informations qui pouvaient ou non être exploitées et diffusées. Les cas sont listés ci-dessous :

- Piétonnisation permanente ou temporelle : Ljubljana, SVN (Piétonnisation du centre-ville), Bruxelles, BEL (Piétonnisation du boulevard Anspach), Édimbourg, GBR (Rues scolaires).
- Partage de l'espace public avec des modes doux : Vienne, AUT (Piétonnisation et espace partagé), Copenhague, DNK (Réseau d'autoroutes cyclables), Nuremberg, DEU (Suppression voie), Oxford, GBR (Suppression voie), Bruxelles, BEL (Suppression voie).
- Stationnement en ville : Munich, DEU (relocalisation et suppression du stationnement), Vienne, AUT (modification du tarif de stationnement).

⁷ <https://www.ademe.fr/zones-a-faibles-emissions-low-emission-zones-lez-a-travers-leurope>

⁸ <https://www.ademe.fr/impacts-limitations-vitesse-qualite-lair-climat-lenergie-bruit>

- Aménagements de voiries visant à dissuader l'utilisateur : Oxford, GBR (Aménagement d'un rond-point).
- Réduction de la congestion / création d'une voie de circulation supplémentaire : Londres, GBR (création d'une voie), Manchester, GBR (création d'une voie), villes européennes (augmentation de la capacité routière).

3.3. Principaux enseignements du volet 2 :

Quels sont les principaux points de vigilance à observer ?

- Des experts des villes de Paris (FR), Londres (UK), Vienne (AT), Madrid (ES), Zurich (CH), Nuremberg (DE), Bruxelles (BE), Malmö (SE), Barcelona (ES), Oslo (SE), Strasbourg (FR), Brighton and Hove, (UK) etc., ont souligné **la grande difficulté d'isoler les impacts d'une mesure spécifique sur le trafic et les émissions associées** parmi un ensemble de mesures mises en place en même temps ;
- Il n'y a pas systématiquement d'études d'impact sur la qualité de l'air ;
- Il n'y a pas systématiquement de comité de pilotage technique dédié au suivi du projet ;
- Les études n'ont pas toujours étudié les impacts globaux (réduction dans un lieu mais possible augmentation dans d'autres) ;
- Les institutions ou organes chargés de mettre en œuvre les mesures ne sont pas toujours les mêmes que ceux chargés de réaliser le suivi (trafic et/ou émissions et/ou concentrations) ;
- Manque de coordination entre experts transport et experts qualité de l'air.

Éléments de conclusions

Malgré la difficulté de dissocier les impacts d'une seule mesure, il a été possible d'identifier des études analysant des mesures de réduction du trafic qui ont réussi à infléchir les choix modaux et l'utilisation des différents modes de transport en milieu urbain.

D'une manière générale, les études de cas portant sur **la piétonnisation** (Ljubljana, Bruxelles et Édimbourg), sur **le partage de l'espace public avec des modes actifs** (Vienne, Copenhague, Nuremberg, Oxford, Région de Bruxelles-Capitale), sur **la gestion du stationnement** en ville (Munich et Vienne) et sur les **aménagement de voiries** visant à dissuader l'utilisateur (Oxford), **ont montré des réductions du trafic automobile**, voire des réductions en termes d'émissions polluantes associées et de concentrations de polluants dans l'air (quand les résultats étaient disponibles).

Par ailleurs, la revue a permis de montrer que les mesures de réduction de la congestion et de fluidification du trafic, notamment par la **création des voies de circulation supplémentaires, vont toujours générer une nouvelle demande**, appelée demande induite. Le phénomène de demande induite a été démontré grâce aux exemples de Londres, Manchester et l'étude sur les 545 grandes zones urbaines (LUZ) dans l'ensemble des pays qui appartiennent à l'Union européenne (UE28). Ces exemples montrent que la construction de nouvelles voies, provoque des augmentations de trafic.

Les études de cas ne sont pas comparables, donc on ne peut pas dégager de tendances. Mais, on a constaté que le trafic s'adapte à l'offre d'infrastructure routière. Lorsqu'une voie de circulation est fermée, des réductions de trafic sont observées sur l'ensemble du territoire concerné. En revanche, lorsqu'on augmente la capacité routière, cela amène plus de trafic au point de retrouver le niveau de la situation de référence (état initial). En effet, il a été démontré que l'effet bénéfique d'une augmentation de la capacité routière n'est que temporaire. Par conséquent, l'accroissement des capacités routières ne pourrait être qu'une solution temporaire et ne permet pas de réduire durablement le trafic. Cela signifie que l'accroissement des capacités ne peut résoudre la congestion de trafic et n'est pas une solution en soit⁹. que l'accroissement des capacités ne peut résoudre la congestion de trafic et n'est pas une solution en soit¹⁰.

Par ailleurs, le phénomène de demande induite serait aussi valable pour les autres modes de transport (e.g. report modal VP vers vélo dans le cas de nouvelles pistes cyclables à Copenhague).

Finalement, les modélisations réalisées dans le cadre d'études sur la gestion de stationnement (Munich et Vienne) ont montré, que la modification de l'offre et du tarif de stationnement va toujours dissuader l'usage de l'automobile en ville.

Les principaux résultats du panorama européen sont listés dans la CONCLUSION GENERALE.

⁹ A dire d'expert, l'accroissement des capacités pourrait être prise parallèlement avec d'autres solutions, notamment le renouvellement progressif du parc de véhicules par des véhicules propres, qui doit s'accompagner d'une politique de report modal.

¹⁰ A dire d'expert, l'accroissement des capacités pourrait être prise parallèlement avec d'autres solutions, notamment le renouvellement progressif du parc de véhicules par des véhicules propres, qui doit s'accompagner d'une politique de report modal.

4. VOLET 3 : Analyse critique des méthodes d'évaluation d'impacts et mise en perspective des impacts recensés au regard de la qualité de l'air en milieu urbain en France

L'objectif de ce troisième volet de l'étude est d'analyser les méthodologies d'évaluation d'impacts sur le trafic et les polluants atmosphériques des mesures identifiées dans le volet 2. Dans cette étude, l'ADEME souhaite une analyse critique quant à la méthode d'évaluation utilisée et une mise en regard de la qualité de l'air observée dans les villes françaises. L'analyse des méthodes d'évaluation d'impacts sur la qualité de l'air suite à la modification du trafic routier en milieu urbain a porté sur les quatre points suivants :

- Évaluer le lien entre les mesures prises visant à réduire le trafic routier et la qualité de l'air : les impacts sont souvent décrits en termes d'émissions de polluants ou en termes de concentrations de polluants. Si la description des impacts ne concerne que les émissions, une analyse qualitative de l'impact sur les concentrations a été faite et réciproquement. Des indicateurs permettant de suivre l'évolution de la qualité de l'air sont proposés dans cette analyse critique. Ils donnent une idée des leviers possibles pour améliorer la qualité de l'air. Ces leviers dépendent de la zone étudiée (zone urbaine, semi-urbaine, région ensoleillée ou non, etc.). Cette analyse a été limitée cependant par le manque de données car certains marqueurs importants sont manquants, comme le carbone suie. En effet, le carbone suie est présent sous forme d'aérosol et se mélange avec d'autres espèces particulaires, permettant de suivre localement différentes particules. Il permet aussi d'évaluer plus particulièrement les mesures de réduction du trafic routier (en plus d'autres sources).
- Estimer l'impact sur d'autres polluants : les aménagements présentés par le volet 2 ont des impacts sur les concentrations ou les émissions de principaux polluants de la qualité de l'air. Cependant, ces polluants ne sont pas exhaustifs. Il est important de prendre en compte aussi les émissions/concentrations d'autres polluants. Cela concerne des polluants réglementés mais non étudiés dans l'étude spécifique, ou bien des polluants qui sont non regardés et non réglementés, à savoir les particules ultrafines (PUF), le carbone suie (BC), certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), et les aérosols organiques.
- Evaluer l'impact à différentes échelles d'action : échelle microscopique (rue / zone de l'action) ou macroscopique (ville / agglomération). Les transformations chimiques des polluants atmosphériques sont non linéaires et ont lieu à différentes échelles de temps et d'espace. L'analyse a été limitée par la complexité des régimes chimiques non-linéaires.
- Analyser la transposabilité d'une action réalisée dans d'autres pays européens vers la France : cette analyse est faite à partir des résultats du volet 2 et des profils fournis dans le volet 1. Les profils de villes ou d'agglomérations françaises fournissent des informations sur le trafic routier et sur les polluants atmosphériques en milieu urbain en France. L'argumentation sur la transposition d'un aménagement fait l'objet d'une analyse critique. Plusieurs critères sont regardés afin d'évaluer et de guider les collectivités sur la mise en place d'un aménagement et son impact sur la qualité de l'air par rapport à une ville française. Par exemple les émissions de polluants et la répartition modale de différents pays sont étudiées. L'analyse peut être limitée par plusieurs critères manquants comme la composition du parc routier, la différence d'avancement technologique, etc.

4.1. Liens entre les mesures prises et la qualité de l'air

Dans la plupart des aménagements réalisés qui visent à améliorer la qualité de l'air en réduisant le trafic routier en milieu urbain, il est constaté une amélioration locale de la qualité de l'air. Dans la majeure partie de ces études, cette amélioration se traduit par une réduction des concentrations en dioxyde d'azote (NO₂), benzène, dioxyde de soufre (SO₂), particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) et carbone suie (BC). Le tableau suivant résume l'impact que peut avoir une piétonnisation sur l'évolution des émissions et des concentrations.


Polluant	Impact de la mesure sur le trafic	Evolution des émissions	Evolution concentration	Causes de l'amélioration de la qualité de l'air
NO ₂	Réduction De 17% à 32%		Entre [-38% : -46%]	diminution du trafic + Amélioration technologique
PM ₁₀ et PM _{2,5}			Jusqu'à -34% et -44%	
Black Carbon			Jusqu'à -70%	
CO			Jusqu'à -75%	

Tableau 6 : Tableau récapitulatif de l'impact d'une piétonisation.
Traitement CEREA

Plus généralement, la piétonisation a permis pour de nombreux cas d'études (voir Tableau 6) :

- une réduction locale plus marquée des émissions de carbone suie que celle du dioxyde d'azote,
- une réduction locale des concentrations jusqu'à 70 % de carbone suie et jusqu'à 40 % de NO₂ peut être observée,
- la concentration des particules peut être réduite de 30 % avec une baisse non linéaire entre PM₁₀ et PM_{2,5}. Cette concentration dépend de facteur tel qu'une situation météorologique favorisant la formation de polluants secondaires (impact probable sur les concentrations de PM_{2,5}).

Le tableau suivant résume l'impact d'une meilleure gestion du stationnement en ville sur l'évolution des émissions et des concentrations.

Polluant	Impact de la mesure sur le trafic	Evolution des émissions	Evolution concentration	Causes de l'amélioration de la qualité de l'air
NO ₂	Réduction De 1% à 6%	Jusqu'à -6%	Entre -5% et -8%	baisse du nombre de déplacements de voitures
PM ₁₀		Jusqu'à -8%	NC	
CO ₂		Jusqu'à -7%	NC	

Tableau 7 : Tableau récapitulatif de l'impact de la gestion du stationnement en ville pour les 2 cas de modélisation.
Traitement CEREA.

Plus généralement, la gestion du stationnement en ville a permis dans les différents cas d'études (Tableau 7) :

- une réduction locale plus marquée des émissions de particules que celles du dioxyde d'azote,
- la modélisation de la gestion du stationnement montre une réduction des émissions locales de NO₂ qui paraît être équivalente à la réduction de la concentration locale.

Les émissions de polluants primaires ont une influence plus importante sur les concentrations au plus proche de la source d'émission. **Les différentes stratégies de réduction de trafic routier réduisent les émissions de polluants à l'échelle locale.** Cette réduction des émissions a un effet direct sur la qualité de l'air. En revanche, l'impact sur la qualité de l'air sera beaucoup moins marqué pour des concentrations de fond urbain. **En effet, il n'y a pas de linéarité entre les concentrations de fond urbain et les émissions du trafic routier. Une diminution locale d'un polluant sur la qualité de l'air ne permet pas d'améliorer largement et durablement la qualité de l'air du fond urbain.**

Dans plusieurs études, on remarque que les concentrations de carbone suie diminuent plus rapidement que celles des oxydes d'azote NO_x, alors que ces diminutions devraient être équivalentes si on considère uniquement les émissions à l'échappement du trafic. En fait, le carbone suie n'est pas seulement émis à l'échappement (dû à la combustion du gazole) des véhicules, mais il est également émis en grande partie par les émissions hors échappement (provenant de l'usure des freins et des pneus, de l'abrasion de la route et de la remise en suspension des particules). Ainsi des aménagements tels que la piétonisation sont très efficaces pour réduire les fortes concentrations de carbone suie observées localement.

Certaines conditions permettent d'expliquer qu'un aménagement ait ou non un impact sur les émissions/concentrations de polluants. Certaines situations météorologiques peuvent provoquer une stagnation de polluants. On note que la formation des polluants secondaires est plus importante pendant ces périodes de stagnation. Il est donc nécessaire de réglementer les précurseurs des particules secondaires pour limiter les fortes concentrations liées à des épisodes de pollution lors de condition favorable notamment lors de stagnation de la pollution.

L'environnement physique joue également un rôle sur les effets d'un aménagement qui n'auront pas les mêmes impacts sur une ville côtière ou sur une ville située dans un bassin. Avec l'évolution réglementaire et l'amélioration technologique des véhicules motorisés, certains aménagements n'auront plus la même efficacité que les aménagements réalisés avant les années 2000 et 2010. De plus, Il est difficile d'affirmer que ces réductions sont à imputer au seul aménagement réalisé à un instant t, sans tenir compte de l'évolution technologique et du renouvellement du parc de véhicules motorisés.

4.2. Impact sur d'autres polluants

Les études de cas de la revue bibliographique ont mis en avant certains polluants primaires issus du trafic routier comme le dioxyde d'azote NO₂, le carbone suie et les particules (PM₁₀ et PM_{2.5}). Le carbone suie est surtout émis par le trafic routier et il n'est pas réactif. Il est ainsi un bon indicateur de polluants émis majoritairement par le trafic routier, comme le dioxyde d'azote NO₂, le monoxyde de carbone CO, le benzène. D'autres polluants primaires sont susceptibles d'être impactés par les aménagements qui visent à réduire le trafic routier :

- les métaux (cuivre, zinc, plomb, chrome, nickel),
- les particules en suspension (TSP), PM_{1.0}, PUF,
- les composés organiques volatils (COV) (proportionnellement de manière moins importante que NOx et NO₂),
- les gaz à effet de serre : CO₂, hydrofluorocarbures (HFC),
- les polluants organiques persistants (POP) : hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP), dioxines et furanes (PCDD/F).

Les aménagements impactent également les concentrations en polluants secondaires :

- l'ozone (O₃),
- le dioxyde d'azote (NO₂),
- les composés organiques semi volatils, l'acide sulfurique (H₂SO₄), l'acide nitrique (HNO₃).

La baisse du volume de trafic n'engendre pas nécessairement de baisse des concentrations d'ozone en zone urbaine. Pour que l'ozone diminue, il faudrait que les émissions de COV hors trafic soient aussi diminuées, et que la diminution des émissions de COV soit proportionnellement plus importante que la diminution des émissions de NOx. Diminuer les concentrations d'ozone est important car l'ozone peut être considéré comme un indicateur des concentrations en oxydant et donc de la formation des aérosols secondaires.

4.3. Impact aux différentes échelles

Dans l'analyse bibliographique présentée par le volet 2, seule la piétonnisation est conduite à différentes échelles. La piétonnisation représente l'étude de cas pour lequel le plus d'informations identifiées par le volet 2.

4.3.1. Echelle de la rue

La plupart des mesures de piétonnisation sont prises à l'échelle de la rue. La typologie de la rue est un des critères à prendre en compte lors de la mise en place d'un aménagement : largeur de la rue, rue canyon¹¹ (hauteur des bâtiments versus largeur de la rue), intersection de rue, bordée d'arbres ou non, le long d'un cours d'eau, etc. Une action mise en place aura un impact plus ou moins important sur la qualité de l'air, selon la typologie de la rue considérée. Par exemple, les rues canyons favorisent la stagnation des polluants. Donc la réduction ou suppression du trafic routier dans les rues canyon aura un impact plus important sur les polluants issus du trafic routier que dans une rue ventilée. On peut dire que la piétonnisation est efficace à l'échelle de la rue. Elle permet de réduire les émissions et concentrations de polluants tels que carbone suie et les oxydes d'azote à l'échelle locale. **Elle n'a cependant pas ou peu d'impact sur les concentrations de fond urbain.** Néanmoins, la piétonnisation peut entraîner une augmentation des concentrations de polluants secondaires tel que l'ozone, si des mesures additionnelles pour réduire les émissions de COV ne sont pas mises en place. La complexité des régimes chimiques et le rapport de concentrations COV/NOx régissent la formation de l'ozone. Dans un milieu urbain, ce rapport

¹¹ Une rue canyon désigne une rue dont les bâtiments des 2 côtés, sur plus de 100 m, se succèdent de manière ininterrompue ou sont très proches les uns des autres. Le rapport moyen entre la hauteur du bâti et la largeur de rue est supérieur à 0,5.

est plutôt faible. Une diminution des NOx entraîne une augmentation de l'ozone, tandis qu'une diminution de COV entraîne une baisse de l'ozone. Dans les cas de piétonnisation, les émissions de NOx baissent plus rapidement que celles des COV entraînant une non-diminution des concentrations d'ozone. Pour être efficace sur l'ozone, les mesures de piétonnisation doivent être accompagnées d'une diminution des émissions de COV. Les composés organiques volatils peuvent provenir par exemple d'autres secteurs émetteurs comme l'industrie manufacturière et le secteur résidentiel (produits contenant des solvants). Ce constat n'empêche pas la mise en place une piétonnisation par une collectivité, des actions à plus grande échelle étant nécessaire pour diminuer l'ozone.

4.3.2. Echelle de la ville

A l'échelle de la ville, il peut être intéressant de mettre en place une piétonnisation. Plus un espace est piétonnisé, plus il aura un impact local sur la qualité de l'air, mais cet impact sera moins visible sur les concentrations de pollution atmosphérique de fond. Cette action peut avoir un impact plus global mais il faut tenir compte de certains critères : la concentration de fond de la ville et ses caractéristiques (densité, superficie).

4.4. Transposabilité des résultats

Dans cette partie, la transposabilité des différentes actions prises en dehors de la France en tenant compte des fiches territoriales produites par le volet 1 est étudiée.

Dans ces fiches territoriales, plusieurs critères sont regardés. Ils permettent d'évaluer et de guider les collectivités sur la mise en place d'un aménagement et son impact sur la qualité de l'air. Ces critères sont les suivants :

- le type de polluants émis par le transport routier,
- les zones d'étude en contentieux européen ou non avec un polluant règlementé,
- la densité de population,
- la répartition modale (part de la voiture, de la marche à pied, vélo, transport commun, etc.),
- la répartition du parc des véhicules particuliers.

Selon le rapport de l'ACEA¹² (European Automobile Manufacturers Association), la répartition des véhicules par type de motorisation peut être différente d'un pays à un autre, notamment pour la répartition essence versus diesel. Un aménagement effectué dans un pays qui a un impact positif sur la qualité de l'air pourrait ne pas avoir les mêmes résultats qu'un même aménagement dans une ville de France.

Lorsqu'une action vise à réduire le nombre de véhicules dans une rue, un centre-ville ou bien un quartier, on peut noter qualitativement que :

- l'impact sur les émissions sera plus important sur les polluants tels que le carbone suie, les dioxydes d'azote, les particules et les GES, pour un parc roulant dont la majorité des véhicules utilisent le diesel,
- l'impact sur les émissions sera plus important sur les COV et le CO pour un parc roulant dont la majorité des véhicules utilisent l'essence.

Pour évaluer la transposabilité de manière efficace, il faut connaître précisément les caractéristiques de l'aménagement déjà réalisé et son impact ainsi que les caractéristiques du futur aménagement et son environnement.

Les différentes actions mises en place comme une piétonnisation, un nouvel aménagement urbain ou bien une nouvelle gestion du stationnement permettent de réduire la part de la voiture en milieu urbain de quelques pourcentages voire de plus de 20 %. Ceci implique une réduction des émissions locales de polluants liés au trafic routier réduisant localement de manière importante les concentrations de certains polluants primaires comme le carbone suie, ainsi que les concentrations de NOx. Mais l'impact sur la qualité de l'air en général pour l'ensemble des polluants dépend de l'environnement physique et chimique où l'action va être déployée et notamment des concentrations de fond.

Différents critères et points de vigilance sont à observer, tels que :

- le niveau de concentration de fond du territoire,
- le niveau d'émissions de traceurs tels que le carbone suie et autres polluants (NO₂, PM, etc.),

¹² ACEA report. Vehicles in use Europe 2017.

- la répartition modale de la zone étudiée (part de la voiture, de la marche à pied, vélo et transport commun),
- la composition de la flotte de véhicules motorisés par type de carburant,
- la densité de population et la superficie de la zone,
- les typologies de la rue,
- la condition météorologique / situation géographique ou topologique particulière (relief).

Une action réduisant le trafic routier sur un territoire où la part du véhicule est faible par rapport aux autres modes de transport (transport en commun, vélo, marche à pied) aura un impact plus faible sur la qualité de l'air.

4.4.1. Un exemple de transposabilité pour la piétonnisation

Dans cet exemple, la fiche territoriale de Grenoble-Alpes produite par le volet 1 est étudiée. Grenoble-Alpes et Ljubljana ont une densité de population semblable. L'analyse se base sur plusieurs indicateurs, dont la densité de population ainsi que la répartition modale des déplacements domicile travail. Le Tableau 8 présente l'un des critères permettant d'évaluer la transposabilité : la répartition modale avant et après la mise en place de la piétonnisation à Ljubljana.

Répartition modale	Grenoble 2017	Ljubljana 2003	Ljubljana 2015
Voiture	59 %	58 %	38,2 %
Transport en commun	19 %	13 %	13,3 %
Marche à pied	11 %	19 %	37,5 %
Deux-roues motorisé	11 %	NC	NC
Vélo	NC	10 %	11-13 %

Tableau 8 : Répartition modale de la ville de Grenoble en 2017 et évolution de la répartition modale de la zone urbaine de Ljubljana entre 2003 et 2015.

La fiche territoriale de Grenoble-Alpes métropole indique, d'après le Tableau 8, que la part de la voiture en 2017 est de 59 %, et est équivalente à celle de Ljubljana en 2003. Les différents aménagements réalisés par la ville de Ljubljana ont modifié la répartition modale dans la zone urbaine dont une baisse d'environ 20 % et de 28 % dans le centre-ville de la part des voitures. Une piétonnisation sur une ville française impliquant une réduction du trafic routier aura un impact sur les émissions à l'échappement et hors échappement.

L'évaluation de l'impact sur les émissions et sur les concentrations d'une piétonnisation à Grenoble Alpes métropole telle que mise en place à Ljubljana sera différente. Les parts des émissions de BC, NOx et PM issus du transport routier de la base de données EMEP¹³ (European Monitoring and Evaluation Programme) sont plus élevées en France qu'en Slovénie en 2018. Dans l'hypothèse où la répartition des véhicules par type de carburant à l'échelle nationale est la même pour la ville d'étude, les données de Dans cette partie, la transposabilité des différentes actions prises en dehors de la France en tenant compte des fiches territoriales produites par le volet 1 est étudiée.

Dans ces fiches territoriales, plusieurs critères sont regardés. Ils permettent d'évaluer et de guider les collectivités sur la mise en place d'un aménagement et son impact sur la qualité de l'air. Ces critères sont les suivants :

- le type de polluants émis par le transport routier,
- les zones d'étude en contentieux européen ou non avec un polluant règlementé,
- la densité de population,
- la répartition modale (part de la voiture, de la marche à pied, vélo, transport commun, etc.),
- la répartition du parc des véhicules particuliers.

Selon le rapport de l'ACEA (European Automobile Manufacturers Association), la répartition des véhicules par type de motorisation peut être différente d'un pays à un autre, notamment pour la répartition essence versus diesel. Un aménagement effectué dans un pays qui a un impact positif sur la qualité de l'air pourrait ne pas avoir les mêmes résultats qu'un même aménagement dans une ville de France.

¹³ <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/emissions-as-used-in-emep-models>

Lorsqu'une action vise à réduire le nombre de véhicules dans une rue, un centre-ville ou bien un quartier, on peut noter qualitativement que : montrent que la part du véhicule particulier diesel en Slovénie est plus faible de l'ordre 20 %, et inversement plus élevée de 20 % pour l'essence, que la France en 2015. Les émissions locales de carbone suie, NOx et PM₁₀ seront d'autant plus réduites que le pourcentage de véhicules Diesel est plus élevé en France. Pour les PM₁₀, cela est d'autant plus vrai que les véhicules diesels sont anciens (avant norme Euro 5) et sans filtre à particules. Néanmoins, cette répartition entre véhicule diesel et essence est à l'échelle nationale, elle est peut être bien différente d'une ville à une autre. Il est donc nécessaire de se rapprocher des collectivités locales afin de prendre connaissance de cette répartition. Les données manquantes pour l'analyse de la transposabilité sont la répartition des véhicules (thermiques diesel/essence, électrique) dans la ville d'étude, la part modale des deux-roues motorisés à Ljubljana et l'âge du parc roulant, en lien avec l'amélioration technologique des véhicules. La connaissance de la répartition des différents types de véhicules permet de mieux identifier sur quelles émissions de polluants, une baisse du nombre de voitures aura des impacts.

La transposabilité de l'aménagement de la même zone piétonne réalisée à Ljubljana sur une ville française comme Grenoble entraînerait localement une réduction des émissions (carbone suie, NOx, PM₁₀), et une réduction des concentrations (carbone suie, PM₁₀ et PM_{2,5}, NO₂). Les concentrations peuvent diminuer jusqu'à 40 % localement.

4.5. Principaux enseignements du volet 3

Le travail minutieux et fourni des études de cas du volet 2 a permis de donner une base pour l'analyse des aménagements pour améliorer la qualité de l'air. Ce panorama a montré la difficulté d'isoler un aménagement de son impact sur la qualité de l'air en termes d'émission ou de concentration de polluants.

Dans la plupart des cas d'étude issus de la revue bibliographique, qui permettent de réduire le trafic routier en milieu urbain, il y a peu de cas d'impact permettant de quantifier une réduction du trafic routier avec les émissions de polluant. La majorité du panorama montre une évolution des concentrations soit lors de la mise en place d'un aménagement, soit sur une plus longue période. Ces aménagements montrent une évolution à la baisse des polluants étudiés. Localement, la réduction de la concentration des polluants primaires est proportionnelle à la réduction des émissions de ces polluants. La diminution du trafic routier permet de réduire localement les émissions de polluants. La piétonnisation est un aménagement efficace pour réduire la pollution locale. Les concentrations de carbone suie diminuent plus rapidement que celles des NOx car elles proviennent des émissions à l'échappement et hors échappement (comme les particules). Cependant, une diminution locale d'un polluant ne permet pas d'améliorer la qualité de l'air du fond urbain de manière significative.

Les polluants documentés sont souvent limités aux concentrations de dioxydes d'azote et aux particules. Cependant, d'autres polluants primaires sont susceptibles d'être impactés par les aménagements, ainsi que des polluants secondaires. Certaines études manquent de données comme pour le carbone suie qui est un bon traceur de la pollution induite par le transport routier et permet d'estimer l'impact d'une action sur la qualité de l'air. L'impact d'un aménagement sur la qualité de l'air peut être lié à l'environnement physique tel que la typologie des rues. Notamment, certaines typologies de rues, comme les rues canyons, favorisent la stagnation des polluants qui engendrent la formation de polluants secondaires (NO₂, particules). Il est nécessaire de réglementer les précurseurs des particules secondaires pour limiter les fortes concentrations locales de polluants secondaires liés à des épisodes de pollution aux particules.

Pour la transposabilité des résultats d'impact sur une ville française, les différentes actions mises en place comme une piétonnisation, un nouvel aménagement urbain ou bien une nouvelle gestion du stationnement permettent de réduire la part de la voiture en milieu urbain. Cependant l'impact d'une action va être plus ou moins efficace sur la qualité de l'air selon l'environnement physique et atmosphérique de la ville d'étude. Des points de vigilances sont à observer notamment au regard de la situation de départ qui peut être très différente selon plusieurs critères. Ces critères peuvent être portés par l'environnement comme le niveau de concentrations en polluant de fond du territoire, les conditions météorologiques et la situation géographique. D'autres critères liés à la répartition modale dont la part de la voiture dans les déplacements et la composition de la flotte automobile sont à prendre en compte.

Ces différents critères ont un rôle sur l'intensité des actions mises en place pour réduire le trafic routier en milieu urbain et sur leurs impacts sur la qualité de l'air.

5. CONCLUSIONS GENERALES

L'ambition du projet a été d'analyser des actions potentielles qui réduisent le trafic automobile en milieu urbain et par conséquent les émissions voire les concentrations de polluant et de GES. L'étude offre des perspectives d'action potentielles qui pourraient être prises par les autorités locales pour réduire le trafic automobile. **L'une des limites de cette étude est qu'elle n'aborde pas les impacts en termes d'exposition de la population aux polluants atmosphériques, les coûts bénéfiques sanitaires et que d'autres aspects sociétaux et économiques (e.g. impacts macroéconomiques, attractivité des centres villes lorsque le tarif de stationnement augmente considérablement, etc.).**

Le premier volet de l'étude a consisté en la réalisation de portraits types d'agglomérations françaises, en termes d'émissions du trafic routier. Ils permettront aux décideurs publics de situer leur territoire dans le panel de territoires ayant mis en place des mesures de réduction du trafic routier analysées dans la deuxième et troisième partie de l'étude. Ils pourront ainsi faire le lien entre les impacts évalués sur ces territoires et les gains potentiels qui pourraient être engendrés par des mesures sur leur propre territoire. La deuxième partie a dressé un panorama européen des mesures locales visant à modifier le trafic routier en ville et leurs impacts sur le trafic routier et les réductions associées, en termes d'émissions et concentrations. Le troisième volet de l'étude a porté sur l'analyse des méthodologies d'évaluation d'impact sur le trafic routier et une mise en regard de la qualité de l'air observée dans les villes françaises.

Les principaux résultats du panorama européen sont listés ci-dessous. Il est important de rappeler la difficulté de dissocier les impacts à une mesure individuelle sur les émissions de polluants, de sorte que les impacts présentés ci-dessous peuvent dans certains cas être le résultat d'un ensemble d'actions complémentaires, et dans certains cas être influencés par la modernisation du parc automobile. Pour cette raison, le lecteur est invité à se reporter au rapport principal et à l'annexe 2 de l'étude, qui décrit chaque mesure de manière exhaustive. En plus, estimer l'impact d'une mesure de réduction du trafic sur les concentrations atmosphériques, s'avère une tâche encore plus complexe. Ceci est dû au fait que la qualité de l'air est fonction de l'intensité (et caractérisation) du trafic, de la quantité de polluants émise dans une atmosphère réactive, de la configuration des rues et des formes urbaines, mais aussi du mouvement de l'air dans ce même bassin, des conditions météorologiques, etc. De ce fait, les résultats montrés dans la présente revue doivent être interprétés avec prudence.

Piétonnisation

- La ville de Ljubljana, qui comptait en 2012, 281 000 habitants et d'une superficie de 275 km² a mis en œuvre la piétonnisation dans le centre-ville. Cette mesure et les actions complémentaires citées dans l'Annexe du volet 2, ont considérablement amélioré la qualité de l'air dans cette ville. Dans le centre-ville, la moyenne mensuelle de concentrations de NO₂ a connu une réduction d'environ 44 % entre 2006 et 2019. Les concentrations de PM₁₀ ont connu quant à elles, une diminution d'approximativement 40 % sur la même période.
-
- À Bruxelles, la piétonnisation a été mise en œuvre sur le boulevard Anspach. Cette ville, avec une population de 179 277 habitants (2018) et une superficie de 32,61 km², a eu des impacts positifs significatifs en termes d'amélioration de la qualité de l'air associés à cette mesure. Cette mesure a permis de diminuer significativement la contribution locale des concentrations de BC, le matin (-56 %) et le soir (-79 %). Les concentrations totales de BC ont été réduites de 35 à 55 % le matin et le soir respectivement.
-
- À Édimbourg, la fermeture temporaire de la circulation des véhicules, dans le cadre des « rues scolaires », a été mise en place avec un énorme succès. Les résultats d'impacts constatés à Édimbourg, qui a une superficie de 259 km² et une population de 488 050 habitants (2016), montrent une réduction de 2 259 déplacements en voiture par jour, ainsi qu'une réduction des émissions de 1 631 g/km de NO_x dans la zone d'étude.

Partage de l'espace public avec des modes doux

- La mesure de piétonnisation et l'espace partagé a été mise en œuvre à Vienne en Autriche. Cette ville, d'une superficie de 414,89 km² et une population de 1 897 491 habitants (2019), a piétonnisé et mis en œuvre un espace partagé sur l'avenue Mariahilferstraße. Cette mesure a provoqué un effet positif significatif quant à l'amélioration de la qualité de l'air dans la zone. Le trafic motorisé a connu une diminution de 13 509 véhicules (valeurs de 7 heures/jour) grâce à cette mesure. Les émissions de particules (PM) et NO_x ont respectivement vu leurs émissions diminuer de 15 % et 14 %.
- Avec une population de 1 320 629 habitants (2019) et une superficie de 3 030 km², la Région de la capitale du Danemark a créé un réseau d'autoroutes cyclistes. En 2018, le réseau cyclable continu, maillé et de sécurité homogène, a attiré de nouveaux cyclistes, évitant ainsi 145 521 véhicules.kilomètres (véh.km) en voiture particulière par jour et 191 984 véh.km en Transport Public par jour. En 2045, le réseau permettra 6 millions de déplacements à vélo et pourra éviter jusqu'à 1 million de déplacements en voiture par an, ayant comme conséquence une diminution de 1,500 kilotonnes d'émissions de CO₂ et 2,5 tonnes d'émissions de NO_x.
- La piétonnisation a été mise en œuvre dans le centre historique de la ville de Nuremberg qui comptait en 2006 une population de 511 628 habitants et une superficie de 186,38 km². La mesure a été mise en place par la fermeture à la circulation automobile à l'exception des transports en commun. Après un an, le trafic dans le centre-ville a été réduit jusqu'à 25 % et l'augmentation du trafic dans les rues adjacentes s'est avérée très limitée, en supposant l'effet d'évaporation d'une partie du trafic. A moyen terme, cela a permis de réduire les concentrations d'oxyde d'azote d'environ 35 % et des particules d'environ 17 % (dans une période de 6 ans). Il faut garder en mémoire qu'il s'agit d'une mesure appliquée à une période où les véhicules polluaient davantage que le parc actuel (2020).
- La ville d'Oxford, avec une population de 159 600 habitants (2015) et une superficie de 45,59 km² a piétonnisé le centre-ville. Cette mesure a permis une réduction entre 17 % et 23 % du trafic de véhicules dans cette zone. Les concentrations moyennes des PM dans la rue piétonne principale ont été réduites de 25 %. Les niveaux de monoxyde de carbone ont été réduits de 75 % dans une rue d'espace partagé. La majorité des sites de la ville a connu une réduction de niveaux de dioxyde d'azote (NO₂). Il faut garder en mémoire qu'il s'agit d'une mesure appliquée à une période où les véhicules polluaient davantage que le parc actuel (2020).
- La Région de Bruxelles-Capitale (RBC) a évalué la suppression de deux voies de circulation sur le Viaduc Herrmann-Debroux à l'entrée de Bruxelles. La RBC comptait en 2020, 1 223 520 d'habitants et une superficie de 161,38 km². La transformation du Viaduc provoquerait une réduction du nombre de déplacements de 5 000 véhicules sur l'axe étudié pendant l'heure de pointe du matin (HPM). Cela correspond à une diminution du nombre de déplacements pendant HPM de 1,9 % et de 0,5 % (trafic entrant et sortant) respectivement. En termes de véh.km, cela correspond à une diminution de 1,7 % véh.km (trafic entrant à la ville) et de 0,7 % véh.km (trafic sortant).

Stationnement en ville

- Avec une population de 1 552 762 habitants (2019) et une superficie de 310,43 km², la ville de Munich, a analysé les impacts potentiels de la relocalisation et suppression des places de stationnement. Ces mesures provoqueraient une réduction de 144 000 déplacements en voiture/jour dans l'ensemble de la zone urbaine. Cela a une incidence directe sur les émissions polluantes. La réduction de trafic mentionnée, entraîne une diminution de 1,3 % de la part de la longueur du réseau routier dépassant le seuil réglementaire de moyenne annuelle de NO₂ de 40 µg/m³.
- La ville de Vienne en Autriche, a étudié l'impact de la modification du tarif du stationnement sur le trafic. Cette mesure conduirait une diminution de 1,1 % de l'utilisation de la voiture. Cela correspond à une réduction de 6,7 % du trafic en termes de véh.km/jour. Ces réductions de trafic se traduisent en diminutions de 6 et 8 % des émissions journalières de NO_x et de PM₁₀ respectivement. Les résultats sur les concentrations de NO₂, montrent des réductions jusqu'à 2 µg/m³ dans toute la ville, soit une réduction jusqu'à 8 %. Une réduction de 8 % de CO₂ peut être également atteinte grâce à cette mesure.

Aménagements de voiries visant à dissuader l'usager

- Les impacts associés à l'aménagement du rond-point « The Plain » à Oxford (réduction de la largeur de chaque rue, amélioration des passages piétons et cyclistes, etc.) montrent une réduction de 3,5 % des déplacements de véhicules motorisés/jour, contrastée par une augmentation de l'activité cycliste de 6,4 %. Les évolutions observées sur la période 2014 - 2016 (avant et après le réaménagement) ont montré une diminution de concentration de NO₂ entre 6,2 et 12,5 % dans les stations de mesure de la qualité de l'air situées à proximité du rond-point.

Par ailleurs, la revue a permis de montrer que **la création des voies de circulation supplémentaires** va toujours générer une nouvelle demande, appelée **demande induite**. Le phénomène de demande induite a été démontré grâce aux exemples de Londres, Manchester et l'étude sur les 545 grandes zones urbaines (LUZ) dans l'ensemble des pays qui appartiennent à l'Union européenne (UE28). Ces exemples montrent que la construction de nouvelles voies, provoque des augmentations de trafic.

- Le réaménagement de l'avenue Thames à Londres vers une chaussée à deux voies a fait augmenter de 3 µg.m⁻³ les concentrations locales de PM₁₀, ainsi qu'une augmentation entre 3 et 6,5 µg.m⁻³ de NO₂.
- L'augmentation de l'infrastructure routière « M60 Manchester Motorway Box » a occasionné 4 % de report modal vers la voiture, 11,8 % d'augmentation du nombre de déplacements pendulaires et 13,8 % d'augmentation concernant les déplacements « autres » comprenant les loisirs, l'accompagnement et les voyages d'affaires, ainsi qu'une augmentation de 13 et de 10 % concernant respectivement les véh.km des déplacements pendulaires et autres.
- L'étude réalisée sur les 545 grandes zones urbaines en Europe montre des éléments qui confirment « la loi fondamentale de la congestion routière ». Les principaux résultats suggèrent que la construction de routes a provoqué un accroissement proportionnel du trafic. Par conséquent, l'augmentation de capacité n'a pas permis de réduire la congestion de trafic. Les résultats de l'analyse des émissions polluantes (NO_x, PM₁₀ et SO₂) en fonction de l'offre d'infrastructure routière montrent l'effet causal de l'offre d'infrastructure sur les émissions polluantes. En conclusion, l'augmentation du réseau routier de 10 % provoque une augmentation de la pollution atmosphérique de 1 %, ce qui représente un impact important.

Transposabilité des résultats d'impact sur une ville française

Concernant la transposabilité des résultats d'impact sur une ville française, il s'avère que de nombreux facteurs extérieurs à chaque mesure de réduction du trafic peuvent influencer sur son efficacité. L'impact d'une mesure va être plus ou moins efficace sur la qualité de l'air selon l'environnement physique et atmosphérique de la ville d'étude (e.g. typologie des rues, conditions météorologiques, etc.). De même, une mesure de réduction du trafic sera plus efficace si les automobilistes disposent des alternatives de remplacement attrayantes et sont motivés à y recourir. C'est-à-dire, l'efficacité de la mesure est conditionnée par le contexte de la ville et l'ensemble des actions complémentaires mises en œuvre simultanément (e.g. transport public, etc.).

Le contexte de la ville joue un rôle essentiel en matière de préférences modales des individus. Il est nécessaire de le prendre en compte lorsqu'il s'agit de proposer une mesure de réduction du trafic. Par exemple en France, les résultats montrent que la part modale en véhicule particulier et transport en commun varie fortement selon les territoires. Cela met en évidence les différences d'offres de transport en commun des territoires induisant, ou non, une « dépendance à la voiture ». De même, plus les territoires sont densément peuplés, moins la « dépendance à la voiture » est forte.

Les territoires français étudiés sont caractérisés par une diversité de profils (en termes de population, superficie, densité, géographie, etc.). L'étude montre la nécessité de mettre en place des mesures de réduction des émissions du trafic routier adaptées à chaque territoire.

À cet égard, les études de cas du panorama européen présentent également des villes aux profils très variés en termes de superficie et de population. Cependant, la majorité ont réussi à provoquer un changement du choix modal en milieu urbain.

D'une manière générale, les impacts observés en Europe suivent des tendances similaires, dans une plus ou moins grande proportion, malgré la grande diversité des villes étudiées. La présente étude a permis de constater que le comportement des automobilistes (e.g. nb de déplacements en voiture, véhicules kilomètres parcourus, etc.) va toujours s'adapter à l'offre d'infrastructure routière ainsi qu'à l'offre de stationnement (e.g. places et/ou tarif). Par exemple, la création des voies de circulation supplémentaires génère une nouvelle demande de trafic automobile « trafic induit », ce qui se traduit par des effets négatifs en termes d'émissions et de qualité de l'air. En revanche, lorsqu'une voie de circulation est fermée, des réductions de trafic automobile « trafic évaporé », des émissions polluantes associées, voire de concentration de polluants dans l'air à l'échelle locale sont observées sur l'ensemble du territoire concerné.

Il est important de rappeler que plus le parc est récent, moins ces mesures seront efficaces. Les différentes stratégies de réduction de trafic routier réduisent les émissions de polluants à l'échelle locale. En effet, il n'y a pas de linéarité entre les concentrations de fond urbain et les émissions du trafic routier. Une diminution locale d'un polluant sur la qualité de l'air ne permet pas d'améliorer largement et durablement la qualité de l'air du fond urbain.

La réduction des émissions issues du trafic automobile joue un rôle essentiel dans la réduction de la concentration de polluants à l'échelle locale. Le constat établi dans cette étude offre des perspectives d'action qui pourraient être explorées et mises en œuvre par les autorités locales pour réduire le trafic automobile et améliorer ainsi la qualité de l'air dans les villes françaises.

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires de plus de 500 000 habitants.....	11
Tableau 2 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 250 000 et 500 000 habitants	11
Tableau 3 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 100 000 et 250 000 habitants	11
Tableau 4 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants pour les territoires avec une population comprise entre 20 000 et 100 000 habitants	11
Tableau 5 : Contribution du transport routier aux émissions des principaux polluants à l'échelle régionale et nationale.....	12
Tableau 6 : Tableau récapitulatif de l'impact d'une piétonnisation.....	19
Tableau 7: Tableau récapitulatif de l'impact de la gestion du stationnement en ville pour les 2 cas de modélisation.....	19
Tableau 9 : Répartition modale de la ville de Grenoble en 2017 et évolution de la répartition modale de la zone urbaine de Ljubljana entre 2003 et 2015.....	22

FIGURES

Figure 1 : Répartition des émissions de NOx, à l'échelle des EPCI (à gauche) et des communes	10
Figure 2 : Variabilité de la contribution du trafic routier dans les émissions de NOx (a) au sein des EPCI étudiés ; (b) à l'échelle communale.....	10

SIGLES ET ACRONYMES

ACEA	European Automobile Manufacturers Association
ADEME	Agence de la Transition Ecologique
ANSES	Agence nationale de la sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail
AQMS	Station de surveillance de la qualité de l'air
BC	Black Carbon / carbone suie
CCA	Cycle City Ambition Programme
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CEREA	Centre d'Enseignement et de recherche en Environnement Atmosphérique
Citepa	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CJUE	Cour de Justice de l'Union Européenne
CO ₂	Dioxyde de carbone
COPERT	Computer Program to Calculate Emissions from Road Transport
DfT	Ministère britannique des transports
EDGAR	Emissions Database for Global Atmospheric Research
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EMITS	Environmental Monitoring of Integrated Transport Strategies
EPCI	Établissements Publics de Coopération Intercommunale
ETRO	Experimental Traffic Regulation Order
GES	Gaz à effet de serre
GNC	Gaz naturel comprimé
HBEFA	Handbook of Emission factors
HPM	Heures de pointe du matin
HPS	Heures de pointe du soir
INSEE	L'Institut national de la statistique et des études économiques
LAURE	Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie
LEZ	« Low Emissions Zones » en anglais ou Zone à faibles émissions
LHM	Capitale de l'État Munich
LOM	Loi sur l'Orientation des Mobilités
LÜB	Système bavarois de surveillance de la qualité de l'air
LUZ	« Large Urban Areas » en anglais ou Grandes zones urbaines
MGP	Métropole du Grand Paris
MUSTI	Modèle multimodal de déplacements de la Région de Bruxelles-Capitale
MVG	Société de transport de Munich
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote
OMINEA	Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France
P&R	Parc Relais
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PAD	Plan d'Aménagement Directeur
PCAET	Plans Climat-Air-Énergie Territoriaux
PM	Particules fines
PM ₁₀	Particules en suspension dans l'air dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres
POP	Polluant Organique Persistant
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PREPA	Plan national de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques
PUF	Particule Ultrafine
RBC	Région de Bruxelles Capitale
RGU	Referat für Gesundheit und Umwelt : Unité « Santé et environnement » de la ville de Munich

SDES	Service des Données et Études Statistiques
SDRADDET	Schéma Régional D'aménagement, De Développement Durable Et D'égalité Des Territoires
Secten	Sectorisation économique et énergétique, est un format d'inventaire utilisé par le Citepa
SIG	Système d'Information Géographique
SO₂	Dioxyde de soufre
SRCAE	Schéma Régional Climat Air Énergie
TfL	Transport for London
TMJA	Trafic journalier moyen annuel
TP	Transport Public
UE28	Ensemble des pays ayant appartenu à l'Union européenne entre 2013 et 2020
UZ	Umweltzone : zone environnementale à Vienne
VKT	Véhicules.kilomètres parcourus
VP	Véhicule particulier
VUL	Véhicules utilitaires légers
ZFE-m	Zones à Faible Émissions – mobilité

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.



MESURES POUR MODIFIER LE TRAFIC ROUTIER EN VILLE ET QUALITÉ DE L'AIR EXTERIEUR

Cette étude dresse l'état de l'art des connaissances des impacts sur la qualité de l'air en ville de mesures visant à limiter les émissions du trafic routier.

Tout d'abord, 25 fiches territoriales ou « portraits » ont été dressées afin de représenter la diversité des profils des territoires français au regard des émissions du transport routier.

Dans une deuxième partie, un panorama européen des mesures locales visant à modifier le trafic routier en ville est dressé : piétonnisation, gestion du stationnement, développement des espaces consacrés aux modes actifs... L'impact de ces mesures est évalué.

Dans une dernière partie, les impacts sur la qualité de l'air sont estimés pour ces différents aménagements. Ainsi la réduction des émissions a un effet important sur les concentrations de polluants à l'échelle locale. Cependant l'impact est beaucoup moins marqué pour les concentrations de fond urbain.

Des mesures ont été mises en œuvre par des villes européennes pour modifier le trafic routier (piétonnisation, stationnement...).

Cette étude montre qu'elles ont un impact sur la circulation routière et sur la qualité de l'air notamment sur la concentration des polluants à l'échelle locale.

Autant de pistes de travail pour améliorer la qualité de l'air des villes françaises.

