

Publication d'une étude inédite sur les émissions de polluants de l'air des bus en conditions réelles d'exploitation

Le 28 janvier 2021, Airparif et Île-de-France Mobilités publient les principaux résultats d'une étude inédite sur la mesure des émissions de polluants de l'air des bus en conditions réelles d'exploitation en Île-de-France avec différentes normes euros et différents carburants et différentes motorisations (diesel, hybride et GNV). Cette étude, dont le rapport technique paraîtra fin février, est une première de par son ampleur dans une région capitale. Elle a été financée par Île-de-France Mobilités et menée par Airparif.

Le remplacement entre 2014 et 2020 par Île-de-France Mobilités de plus de 2 000 bus (Euro II, III et IV) sur un parc initial de plus de 9 000 véhicules¹ par des bus plus récents (bus Euro VI, hybrides, GNC et électriques) a réduit d'environ un tiers les émissions annuelles d'oxydes d'azote (NO_x), de particules à l'échappement (PN) et de moins de 5% les émissions de CO₂ des bus. En parallèle, l'offre de transport s'est développée avec plus de 1 000 bus récents supplémentaires.

Ces évaluations s'appuient sur des mesures des émissions de polluants par les bus en conditions de circulation et d'exploitation réelles. En effet, Île-de-France Mobilités et Airparif ont élaboré un dispositif inédit, ambitieux et innovant de par son ampleur et son degré d'automatisation pour évaluer en conditions réelles de circulation et d'exploitation les émissions en polluants des bus utilisés en Région Île-de-France. Les bus instrumentés sont des bus Euro IV (norme européenne d'émission, véhicules homologués à partir de 2006) diesel, Euro VI (véhicules homologués à partir de 2014) diesel, hybrides et GNC - Gaz Naturel Comprimé, qui est une forme de Gaz Naturel pour Véhicules (GNV).

Pour certains véhicules, comme les bus, peu de données d'émissions en conditions réelles sont disponibles. Des tests d'homologation sont réalisés sur banc d'essai et sur cycles de conduite normalisés pour certifier les véhicules vis-à-vis de la réglementation ; ces tests prennent en compte un large panel de conditions de fonctionnement, mais ils ne peuvent s'apparenter à des mesures en conditions réelles. Les résultats de cette étude en conditions réelles participent ainsi à l'amélioration des connaissances sur les émissions réelles des véhicules en circulation. Elle vise à informer les pouvoirs publics dans le cadre du développement de l'offre de transports en commun.

Cette étude permet à Île-de-France Mobilités de mieux quantifier les bénéfices de son programme massif de renouvellement du parc de bus sur la pollution de l'air en Île-de-France. Celui-ci représente environ 4 milliards d'euros d'investissement public d'ici 2030 (conversion des centres opérationnels bus et achat de nouveaux véhicules), comprenant l'adaptation de l'ensemble de ses centres opérationnels bus principalement aux technologies électrique et biogaz, ainsi que l'achat des véhicules.

¹ soit 7 000 bus et 2 000 autocars, chiffres 2014. En 2020, le parc est passé à environ 10 500 véhicules, dont 80% de bus et 20% d'autocars.

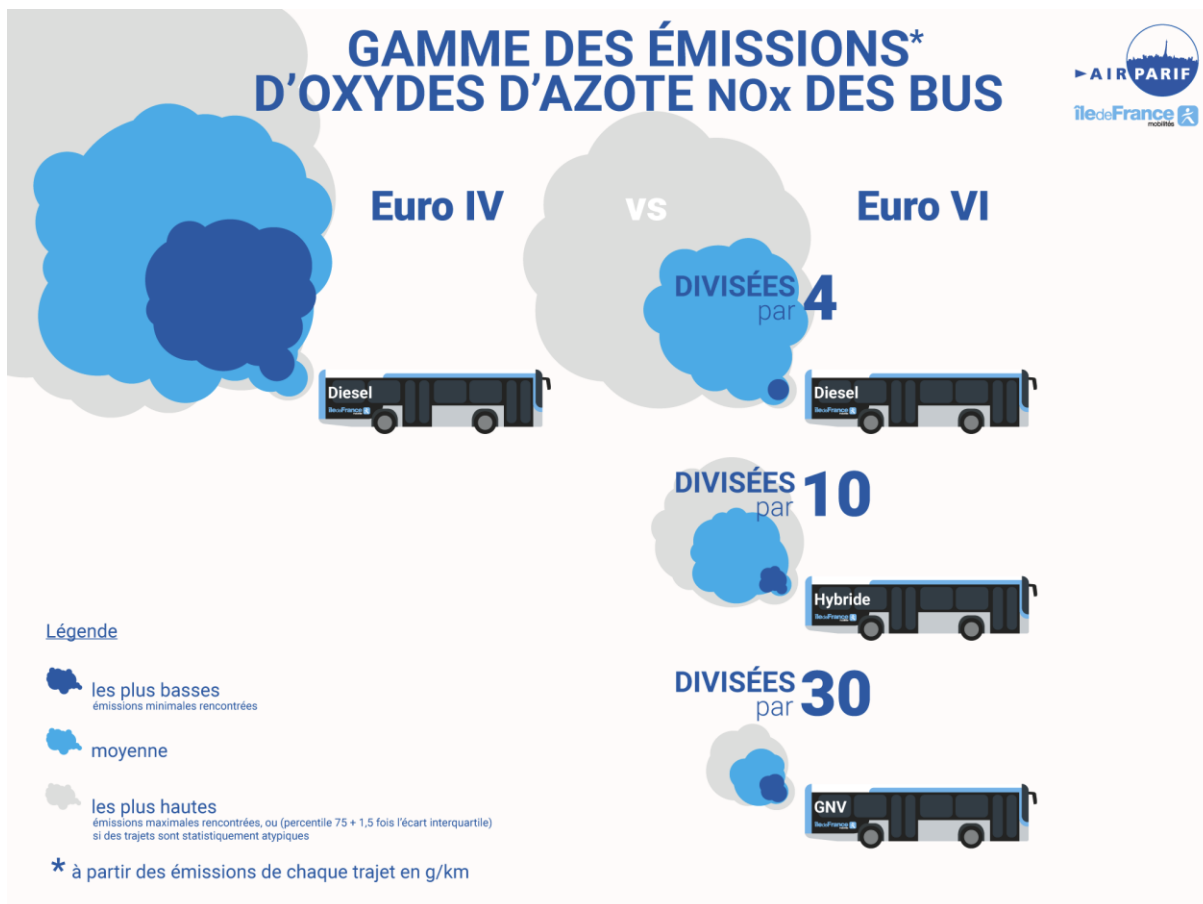
Une étude d'une ampleur inédite

- **Une étude de longue durée** : 16 campagnes de 2 semaines de mesures sur 2 ans
- **Une étude effectuée en conditions réelles** : de circulation et d'utilisation avec des passagers, avec une météorologie variable, sur des lignes parisiennes, de petite et grande couronnes, et en prenant en compte les émissions particulières dues aux démarrages à froid.
- **Un large panel de véhicules testés** : 28 bus de normes et technologies différentes : des bus Euro IV Diesel, Euro VI Diesel, Euro VI hybrides, et Euro VI GNC (Gaz Naturel Comprimé). Les bus Euro V n'ont volontairement pas été inclus dans le périmètre de l'étude, car il n'y a pas eu de rupture technologique conséquente entre les véhicules Euro IV et Euro V.
- **Quatre polluants de l'air et un polluant du climat mesurés** : particules fines et ultrafines de diamètre compris entre 23 nm et 2,5 µm (PN), oxydes d'azote (NO_x, dont NO₂), monoxyde de carbone (CO), et dioxyde de carbone (CO₂, gaz à effet de serre).
- **Plus de 30 000 000 de données d'émissions obtenues**, sur plus de 1 600 trajets.

Les résultats de l'étude, polluant par polluant, pour chaque classe de véhicule

En Île-de-France, les polluants dont les concentrations dans l'air ambiant dépassent les valeurs réglementaires ou les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé sont le dioxyde d'azote (NO₂) de la famille des oxydes d'azote (NO_x), les particules (PM₁₀), les particules fines (PM_{2,5}) et l'Ozone (O₃). Les particules ultrafines (PUF) en nombre, surveillés par Airparif, ne sont pas actuellement réglementées dans l'air ambiant. Les émissions à l'échappement des véhicules participent à ces concentrations mesurées dans l'air ambiant. L'étude s'est aussi intéressée aux émissions de CO₂, en lien avec les enjeux de changement climatique.

Concernant les émissions d'oxydes d'azote (NO_x), les bus Euro VI diesel divisent par 4 en moyenne les émissions de NO_x par rapport à celles des bus Euro IV diesel. Les véhicules Euro VI hybrides divisent par 10 les émissions par rapport à celles des bus Euro IV diesel, et une division par 30 des émissions des bus GNC Euro VI est mesurée par rapport à celles des bus Euro IV diesel.



Concernant les particules en masse (comme les PM_{10} et $PM_{2,5}$), les études scientifiques, synthétisées notamment par un rapport de l'Ademe², précisent que pour toutes les catégories Euro VI diesel, y compris hybride, et GNC, les rejets de ces particules sont si faibles qu'ils ne sont pas mesurables. Les mesures réalisées par Airparif ont visé à compléter ces constats en s'intéressant aux **particules en nombre à l'échappement** (PN, soit le nombre de particules de dimension comprise entre 23 nanomètres et 2,5 micromètres), avec la conclusion suivante : quelle que soit la motorisation ou le carburant, le passage des bus à la norme Euro VI représente une réduction très conséquente du nombre de particules émises, de 80 à 50 fois moins qu'un bus diesel Euro IV.

Concernant les émissions de dioxyde de carbone (CO_2), les bus Euro VI diesel ont diminué de 6% leur consommation de carburant, et les émissions de CO_2 qui y sont liées, par rapport aux véhicules Euro IV diesel. Les bus Euro VI hybrides réduisent eux de 27% leurs émissions de CO_2 vis-à-vis des Euro IV diesel. Les émissions des bus GNC Euro VI réduisent de 13% leurs émissions de CO_2 vis-à-vis des Euro IV diesel. Pour rappel, au-delà des émissions de CO_2 à l'échappement, les émissions totales de CO_2 du puits à la roue sont déterminées par l'origine du carburant. Ainsi, pour Île-de-France Mobilités « le choix fait d'alimenter les bus GNC avec du biométhane comme carburant permet d'aller encore plus loin dans le bilan CO_2 de ces véhicules ».

² ADEME, Denis Bénita, AJBD, and D. Fayolle, "[Panorama et évaluation des différentes filières d'autobus urbains - État des lieux sur les technologies et les filières énergétiques existantes et en devenir pour le transport par autobus](#)," 2018.

Les bus Euro VI hybrides émettent globalement moins de polluants de l'air que leurs équivalents diesel de la même norme Euro. Les bus Euro VI hybrides sont moins sensibles aux températures ambiantes faibles et aux variations de vitesse, en termes d'émissions d'oxydes d'azote, ce qui semble garantir un certain niveau de performance environnementale dans un environnement urbain dense.

Les bus Gaz Naturel Comprimé (GNC) considérés dans l'étude sont de norme Euro VI. Ils présentent également une baisse des émissions conséquentes pour tous les polluants par rapport aux bus diesel Euro IV. Les abattements les plus marquants sont obtenus pour les oxydes d'azote : tant par rapport aux bus diesel euros IV (-97%) que par rapport aux autres motorisations de la même norme Euro VI. Avec comme avantage que les émissions pour ce polluant n'augmentent pas lorsque la température ambiante diminue.

Plusieurs facteurs d'influence sur la baisse des émissions

La méthodologie de cette étude avec des mesures à l'échappement en conditions réelles d'exploitation permet d'aller plus loin dans l'analyse des facteurs qui impactent les émissions de polluants de l'air. Ces facteurs, bien que dépendants du polluant considéré, sont, en résumé et par ordre d'influence décroissante :

- La **technologie de motorisation du véhicule** (la norme Euro notamment, voir ci-dessus) ;
- Les **différents systèmes de dépollution, leurs réglages et leur entretien** : un fonctionnement non optimal des systèmes de dépollution, notamment la Selective Catalytic Reduction (SCR), peut causer des émissions de NO_x ou de NO₂ 10 à 100 fois plus élevées. Cette situation, très rarement rencontrée durant l'étude, peut entraîner une grande variabilité des émissions ;
- La **température d'échappement** : lorsqu'elle est trop basse, elle peut empêcher le système de dépollution Selective Catalytic Reduction (SCR) de fonctionner de manière optimale et ainsi augmenter les émissions de NO_x ;
- La **température ambiante** et le **démarrage à froid** : à moteur froid, ou à moteur chaud lors d'une température ambiante faible, les conditions de combustion et de fonctionnement des systèmes de dépollution ne sont pas toujours optimales, entraînant une hausse d'émissions de NO_x. Une température ambiante faible peut aussi allonger la durée du démarrage à froid ;
- Le **mode de conduite et la vitesse** : une conduite moins souple en termes de régime moteur et d'accélération peut provoquer des émissions plus importantes de CO₂ et de particules. Concernant les bus Euro IV, la diminution de la vitesse moyenne de 20 km/h à 8 km/h conduit à un doublement des émissions de particules de NO_x, et une hausse de 40% pour le CO₂, à trajet constant. En revanche, la vitesse moyenne influe très peu sur les émissions des bus Euro VI, les nouveaux véhicules sont en règle générale moins influencés par ce paramètre.

Améliorer les informations mises à dispositions des pouvoirs publics

Airparif et Île-de-France Mobilités œuvrent pour améliorer les connaissances sur la qualité de l'air et les émissions polluantes et éclairer les pouvoirs publics.

En effet, les évaluations de la pollution de l'air par modélisation se basent sur des facteurs d'émissions des véhicules. Cette étude menée par Airparif en collaboration avec Île-de-France Mobilités montre que le modèle théorique COPERT V, qui est l'une des bases de données les plus communément utilisées, a tendance à sous-estimer en moyenne les émissions de NO_x mesurées dans les conditions de cette étude pour les bus diesel Euro IV et Euro VI, tout en restant dans les gammes d'émissions rencontrées.

D'un point de vue scientifique, Airparif souhaite contribuer au perfectionnement des modélisations utilisées pour évaluer la qualité de l'air, en améliorant les facteurs d'émissions utilisés jusqu'à présent pour estimer les quantités de polluants de l'air émis par les bus. Les données observées lors de cette étude pourront être proposées pour alimenter à terme les bases de données européennes, utilisées dans les inventaires des émissions alimentant les cartographies de qualité de l'air.

Des infographies illustrant les résultats de l'étude sont librement accessibles dans ce dossier.