

Evaluation des émissions de polluants et GES associées au réseau de transport en commun du réseau bus TISSEO

Années 2013 et 2018

ETU-2022-150 - Edition Mai 2022



CONDITIONS DE DIFFUSION

Atmo Occitanie, est une association de type loi 1901 agréée (décret 98-361 du 6 mai 1998) pour assurer la surveillance de la qualité de l'air sur le territoire de la région Occitanie. Atmo Occitanie est adhérent de la Fédération Atmo France.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'État français et de l'article L.220-1 du Code de l'environnement. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de l'article L.220-2 du Code de l'Environnement.

Atmo Occitanie met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur le site :

www.atmo-occitanie.org

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Occitanie.

Toute utilisation partielle ou totale de données ou d'un document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit obligatoirement faire référence à **Atmo Occitanie**.

Les données ne sont pas systématiquement rediffusées lors d'actualisations ultérieures à la date initiale de diffusion.

Par ailleurs, **Atmo Occitanie** n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec **Atmo Occitanie** par mail :

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	3
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
2. MÉTHODE.....	6
3. RESULTATS.....	7
3.1. ÉVOLUTION DES EMISSIONS DES BUS ENTRE 2013 ET 2018	7
3.1.1. Évolution des émissions unitaires des bus TISSEO	7
3.1.2. Quelle évolution des émissions entre 2013 et 2018 ?	8
3.1.2.1. Hausse du nombre de kilomètres parcourus	8
3.1.2.2. Hausse des émissions de gaz à effet de serre.....	9
3.1.2.3. Baisse des émissions de polluants atmosphériques	9
3.2. IMPACT DE LA PRISE EN COMPTE DE LA FLOTTE LOCALE DE BUS SUR LES EMISSIONS.....	11
3.2.1. Comparaison des flottes de bus	11
3.2.2. Comparaison du nombre de kilomètres parcourus.....	14
3.2.3. Quels impacts de la prise en compte de la flotte TISSEO ?	14
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	16
TABLE DES ANNEXES	17

RÉSUMÉ

Afin d'améliorer l'inventaire des émissions du secteur des transports en commun de l'agglomération toulousaine, Atmo Occitanie a réalisé, dans le cadre du programme d'action 2020 de la convention de partenariat TISSEO / Atmo Occitanie, un diagnostic précis des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques de l'ensemble du réseau de bus TISSEO. Ce réseau d'une centaine de lignes de bus régulières dessert la majeure partie de l'agglomération toulousaine et constitue un maillon important de la politique des transports en commun de l'agglomération toulousaine.

Ce diagnostic a été mené en utilisant les données locales fournies par TISSEO :

- Pour l'année 2013, année de l'état initial de l'évaluation de l'impact sur l'air du Plan de Mobilité de l'agglomération toulousaine (Plan de Déplacement Urbain)
- Pour l'année 2018 (dernière année de mise à jour de l'inventaire).

Les objectifs de ce rapport sont de :

- Présenter l'évolution des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre du réseau de bus TISSEO sur le territoire du plan de mobilité de Toulouse entre les deux années étudiées,
- De comparer les émissions du réseau de bus évaluées avec un parc de bus national à celles établies avec des données locales fournies par TISSEO.

Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur notre inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre et TISSEO nous a fourni les caractéristiques locales du réseau de bus (kilomètres commerciaux parcourus, vitesse moyenne commerciale et parc réel de la flotte de bus).

Nous avons ainsi montré que **l'offre de transport a évolué entre 2013 et 2018**. Le nombre de kilomètres parcourus par les bus a augmenté de 13% engendrant une hausse de la consommation énergétique et des émissions de GES de 15%. **En 2018, 49% de la flotte de bus est de motorisation GNV issu d'énergie fossile. En revanche, l'introduction de bioGNV issu de la méthanisation des déchets dans le mix GNV permettrait de réduire le bilan GES global au travers de cette valorisation énergétique.**

Dans le même temps, les **renouvellement et renforcement de la flotte ont permis de réduire de 10% les émissions de NOx, de 14% les émissions de PM10 et de 24% les émissions de PM_{2,5}. Le renouvellement de la flotte apparaît ainsi comme un levier important d'amélioration de la qualité de l'air.**

Enfin, nous avons mis en évidence que la prise en compte des caractéristiques locales du réseau de bus permet **d'améliorer l'évaluation de ses émissions.**

En 2021, cette évaluation sera menée sur la période 2013 à 2019 et étendue à l'ensemble du réseau de bus. Elle sera ensuite actualisée, chaque année, dans l'inventaire annuel des émissions. **Les émissions des bus seront mises en perspective du nombre de passagers transportés et comparées aux émissions des véhicules particuliers.**

Les prochaines actualisations de l'inventaire des émissions d'Atmo Occitanie prendront désormais en compte les émissions des bus calculées à partir des informations fournies par TISSEO. En outre, Les consommations énergétiques et les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre pour l'ensemble des lignes fournies par TISSEO étant calculées et géo référencées, les émissions de bus seront intégrées dans les cartographies de pollution atmosphérique.

Grâce à la méthodologie déployée, nous disposerons ainsi d'un état actuel et d'un historique pluriannuel des émissions et de la consommation d'énergie. Ils permettront :

- **D'évaluer l'impact de la modernisation du parc de bus ou de l'évolution de l'offre de transport,**
- **De réaliser des scénarisations d'actions afin d'évaluer leur impact sur la consommation et la qualité de l'air et ainsi d'aider à la prise de décision.**

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Atmo Occitanie produit chaque année l'inventaire des émissions des polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre (GES) de l'ensemble de la région à l'échelle communale. L'objectif de cet inventaire est de quantifier toutes les émissions de polluants atmosphériques et de GES du territoire au cours de l'année. L'inventaire est divisé en grands secteurs : transports, résidentiel, tertiaire, agriculture, industriel.

Pour le secteur des transports, l'inventaire des émissions du territoire du Plan de Mobilité (Plan de Déplacement Urbain de l'agglomération toulousaine) de Toulouse, dans sa première version, distinguait les différents types de véhicules ou mode de transport suivants : les voitures particulières (VL), les deux roues motorisées, les véhicules utilitaires légers (VUL), les poids lourds (PL), les trains et les avions. Dans les inventaires suivants (versions 2 à 4), Atmo Occitanie a évalué les émissions du réseau de bus selon une méthodologie nationale.

Afin d'améliorer l'inventaire des émissions de ce secteur, Atmo Occitanie a réalisé, dans le cadre du programme d'actions 2020 de la convention de partenariat TISSEO / Atmo Occitanie, un diagnostic précis des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques de l'ensemble du réseau de bus TISSEO. Ce réseau d'une centaine de lignes de bus régulières desservant la majeure partie de l'agglomération toulousaine constitue, en effet, un maillon important de la politique des transports en commun de l'agglomération toulousaine.

Territoire du Plan de Mobilité de l'agglomération toulousaine



Ce diagnostic a été mené en utilisant les données locales fournies par TISSEO :

- Pour l'année 2013, année de l'état initial de l'évaluation de l'impact sur l'air du Plan de Mobilité de l'agglomération toulousaine (Plan de Déplacement Urbain)
- Pour l'année 2018 (dernière année de mise à jour de l'inventaire).

Les objectifs de ce rapport sont de :

- Présenter l'évolution des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre du réseau de bus TISSEO sur le territoire du plan de mobilité de Toulouse entre les deux années étudiées,
- De comparer les émissions du réseau de bus évaluées avec un parc de bus national à celles établies avec des données locales fournies par TISSEO.

Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur notre inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre et TISSEO nous a fourni les caractéristiques locales du réseau de bus (kilomètres commerciaux parcourus, vitesse moyenne commerciale et parc réel de la flotte de bus).

2. MÉTHODE

Le calcul des émissions des bus sur le territoire du Plan de Mobilité nécessite la prise en compte de plusieurs paramètres :

- Le nombre de bus en circulation sur chaque axe pour chaque heure de l'année,
- Le parc des bus en circulation sur le territoire,
- La vitesse de circulation des bus

Nous récapitulons ci-dessous les modalités de prise en compte de ces paramètres dans le cadre des deux méthodologies comparées pour calculer les émissions de bus sur le territoire du Plan de Mobilité :

	Méthodologie nationale	Méthodologie locale**
Nombre de bus en circulation sur chaque axe	Part fixée de bus au Trafic Moyen Journalier Annuelles de l'ensemble des véhicules sur les voies urbaines	Nombre de kilomètres commerciaux pour chaque ligne de bus par heure, par jour et par an
Parc de bus	Parc de bus fourni par le CITEPA*	Parcs de bus local
Vitesse des bus	Vitesse réglementaire	Vitesses moyennes commerciales des bus par ligne

* Le CITEPA, opérateur d'Etat pour le compte du Ministère de la Transition Écologique fournit le parc de l'ensemble des véhicules en circulation en France métropolitaine par catégories de véhicules et par année.

** L'ensemble des données utilisées pour la méthodologie locale sont fournies par TISSEO Collectivités

Les facteurs d'émissions utilisés sont basés sur la dernière version disponible de la méthodologie européenne COPERT (version 5.3).

Atmo Occitanie a ainsi évalué les émissions totales directes issues de la circulation des bus sur les axes routiers du domaine d'étude.

3. Résultats

3.1. Évolution des émissions des bus entre 2013 et 2018

3.1.1. Évolution des émissions unitaires des bus TISSEO

		Évolution des émissions unitaires par type de bus (g/km)			
Année	Type de bus	NOx	PM10	PM2,5	GES (eqCO ₂)
Évolution 2018 / 2013	Midi	-94%	-48%	-63%	-19%
	Standard	-11%	-26%	-34%	+2%
	Articulé	-20%	-9%	-13%	0%

Entre 2013 et 2018, la flotte de bus TISSEO se modernisant, les émissions unitaires des principaux polluants atmosphériques des différents types de bus tendent à diminuer :

- Les émissions unitaires des bus « midi » diminuent fortement en lien avec le renouvellement de la flotte de bus (disparition des euros 3 au profit d'euros 6 et d'électriques). Les émissions de particules baissent de 48% pour les PM10 et de 63% pour les PM2,5. Les émissions de NOx diminuent, quant à elles, de 94%. La part en hausse du nombre de bus électriques permet également de diminuer les émissions unitaires de gaz à effet de serre.
- Les émissions unitaires des bus « standard » diminuent en lien avec le retrait des bus aux motorisations les plus anciennes et donc les plus polluantes. Les émissions de NOx diminuent ainsi de 11%, les émissions de particules PM10 baissent de 26% et celles des particules PM2,5 de 34%.
- Les émissions unitaires des bus articulés diminuent également grâce à l'achat de bus diesel euro5 EGR addblue, diesel hybride et GNV euro 6, qui compensent les émissions unitaires des bus aux motorisation plus anciennes encore en circulation.

3.1.2. Quelle évolution des émissions entre 2013 et 2018 ?

Nous présentons l'évolution entre 2013 et 2018 pour les 63 lignes de bus en circulation sur le territoire du Plan de Mobilité toulousain pour ces deux années.

Les six lignes Linéo déployées au 31 décembre 2018 mises en place par Tisséo à partir de 2016 en remplacement de six lignes classiques, dans le cadre de sa politique d'amélioration du réseau de transports en commun de l'agglomération toulousaine sont prises en compte dans cette comparaison.

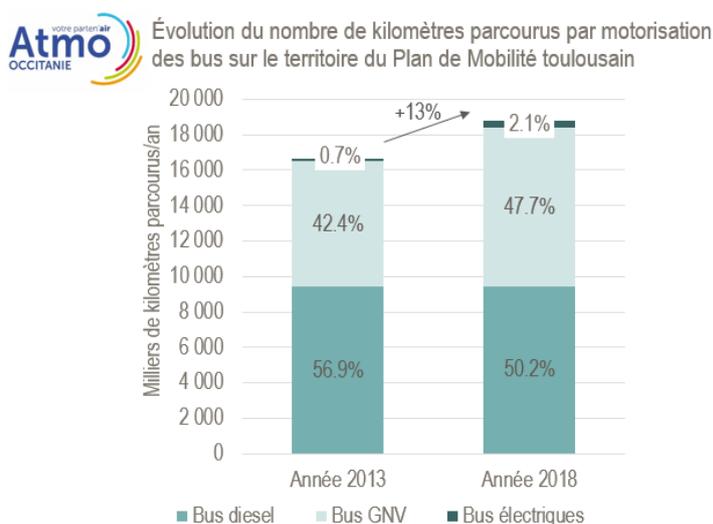
3.1.2.1. Hausse du nombre de kilomètres parcourus

Entre 2013 et 2018, le nombre de kilomètres parcourus par les bus a globalement augmenté de 13% sur le territoire du Plan de Mobilité.

La mise en œuvre progressive des lignes linéo associées à une augmentation de la fréquence de passage des bus, a induit une hausse de 28% du nombre de kilomètres parcourus tandis que pour le réseau classique, cette hausse est de 10%.

L'accroissement du parc de bus et son renouvellement par des motorisations moins polluantes entraîne une évolution du nombre de kilomètres parcourus par motorisation entre 2013 et 2018. Ainsi, alors que le nombre de de kilomètre parcourus par les bus diesel reste stable, il augmente de 27% pour les bus GNV qui représentent 47.7% des kilomètres totaux parcourus par les bus TISSEO.

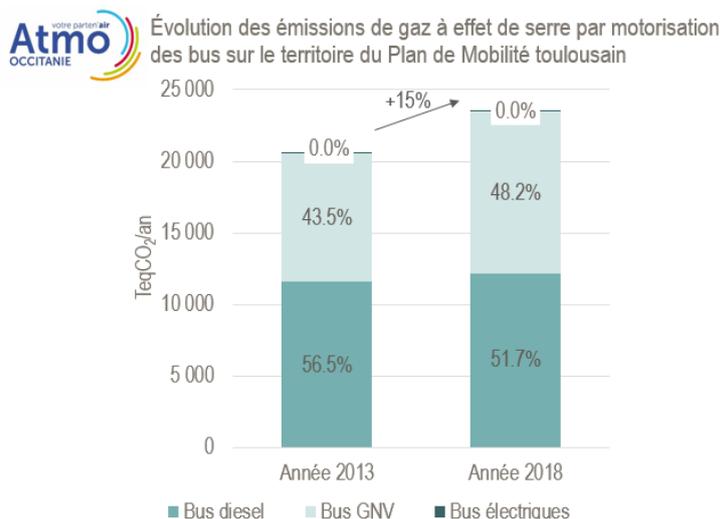
Malgré une hausse importante des kilomètres parcourus (+258%), les bus électriques restent minoritaires, ils représentent 2,1% des kilomètres totaux parcourus.



3.1.2.2. Hausse des émissions de gaz à effet de serre

La hausse de 13% des kilomètres parcourus se traduit par une augmentation de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre de 15%.

La contribution des bus GNV aux émissions de GES est en hausse en 2018 en lien avec l'évolution du parc de bus en circulation.



Le choix de TISSEO Collectivités de privilégier la motorisation GNV (49% de la flotte de bus en 2018) ne permet pas de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. En effet, le GNV alimentant les bus est issu à 100% de la filière énergie fossile. En revanche, valoriser du bioGNV issu de la méthanisation des déchets permettrait de compenser les émissions de GES.

3.1.2.3. Baisse des émissions de polluants atmosphériques

Bien que le nombre de kilomètres parcourus par les bus soit en hausse, l'achat de bus de motorisation récente et moins polluante pour renouveler et renforcer la flotte de bus engendre une diminution des émissions de polluants atmosphériques entre 2013 et 2018 de :

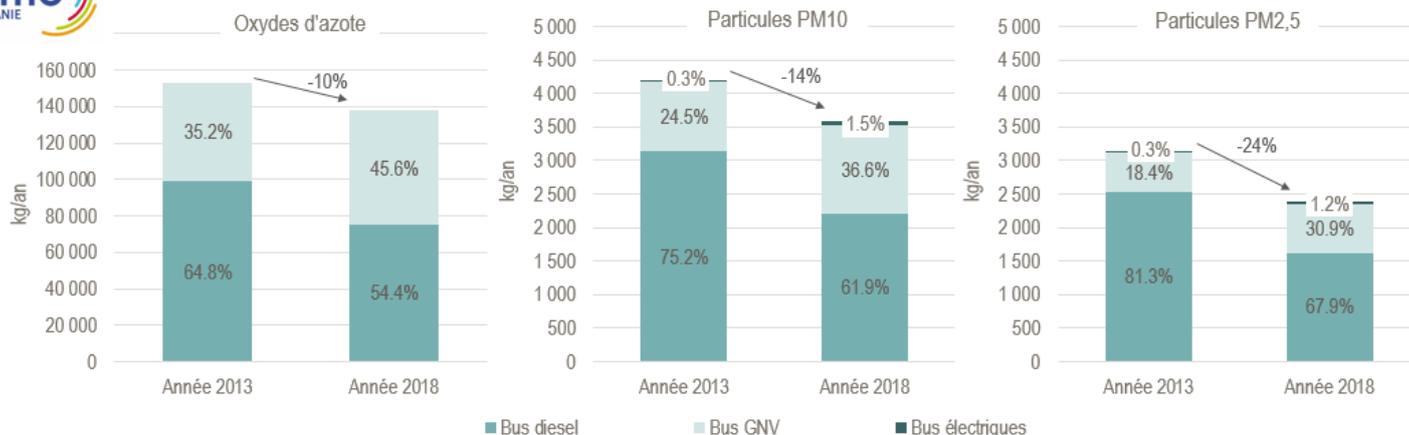
- -10% pour les oxydes d'azote
- -14% pour les PM10
- -24% pour les PM2,5.

La modernisation de la flotte de bus sur les lignes linéo permet une plus forte diminution des émissions de NOx sur ces lignes en comparaison des lignes classiques, pour lesquelles le parc de bus a peu évolué. Ainsi, sur les lignes linéo, les émissions de NOx ont diminué de 32%, contre 4% pour les lignes classiques.

En revanche, la baisse des émissions de particules PM10 et PM2,5 est du même ordre de grandeur pour les lignes linéo et les lignes classiques.



Évolution des émissions de polluants atmosphériques par motorisation des bus sur le territoire du Plan de Mobilité toulousain



Il est à noter que les émissions de particules PM₁₀ et PM_{2,5} des bus et plus globalement des véhicules routiers sont liées aux émissions à l'échappement mais également à l'usure des disques et plaquettes de freins, des pneus et de la chaussée.

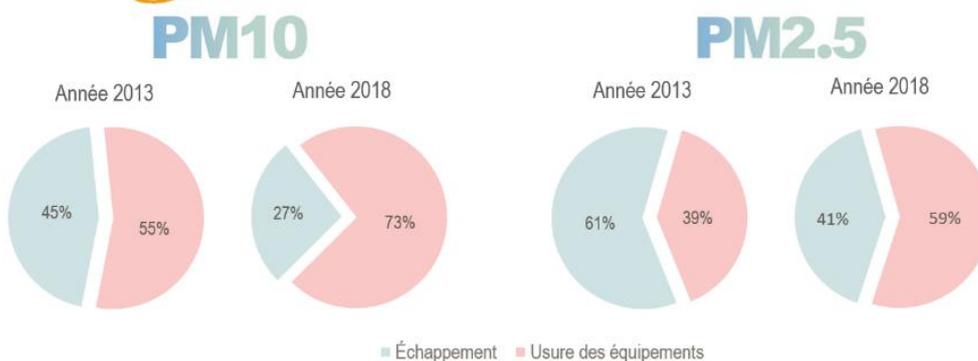
Les émissions des particules PM₁₀ à l'échappement ont baissé de 54% entre 2013 et 2018 grâce à la mise en application des normes euro et au renouvellement progressif du parc routier. **En revanche, les émissions de particules émises par l'usure ont augmenté de 3% en lien avec la hausse du nombre de kilomètres parcourus.**

Ainsi, l'usure des équipements (freins, pneus et route) contribuent à 73% des émissions de particules PM₁₀ et à 59% des émissions de PM_{2,5} des bus pour l'année 2018.

La part de l'usure des équipements (pneus, frein, route) est variable en fonction des particules :



Contribution de l'usure des équipements et de l'échappement aux émissions des bus



Le choix de la motorisation GNV en remplacement des bus les plus polluants permet une diminution forte des émissions à l'échappement de polluants atmosphériques. Il apparait ainsi que le renouvellement de la flotte vers des motorisations plus récentes constitue un levier important de diminution des émissions et donc d'amélioration de la qualité de l'air. Cependant, la part des émissions de particules issues de l'usure des équipements tend à augmenter et est devenue prépondérante en 2018.

3.2. Impact de la prise en compte de la flotte locale de bus sur les émissions

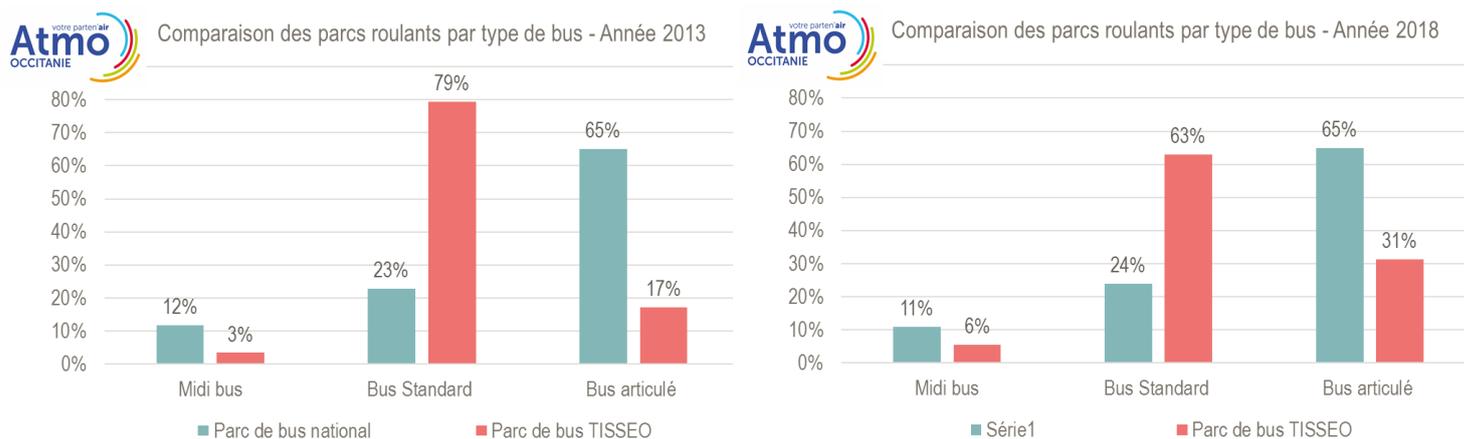
3.2.1. Comparaison des flottes de bus

L'inventaire des émissions de 79 lignes de bus, pour l'année 2013, et 68 lignes de bus, pour l'année 2018 a été mené à partir des données de fonctionnement fournies par Tisseo Collectivités.

Dans les deux méthodologies, le parc de bus est décliné selon les types de bus suivants :

- Bus midi,
- Bus standard,
- Bus articulé.

La comparaison des parcs roulants utilisés selon les deux méthodologies met en évidence que le parc de bus pris en compte dans la méthodologie nationale n'est pas représentatif du parc de bus TISSEO. En 2013, celui-ci est essentiellement composé de bus standard contrairement au parc national.

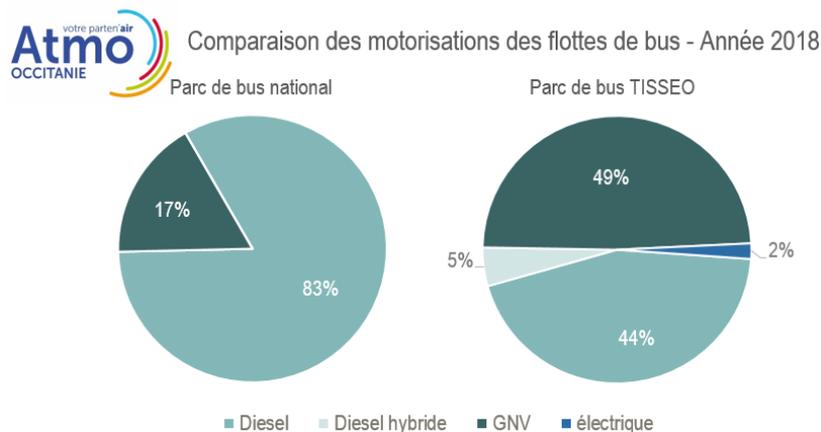
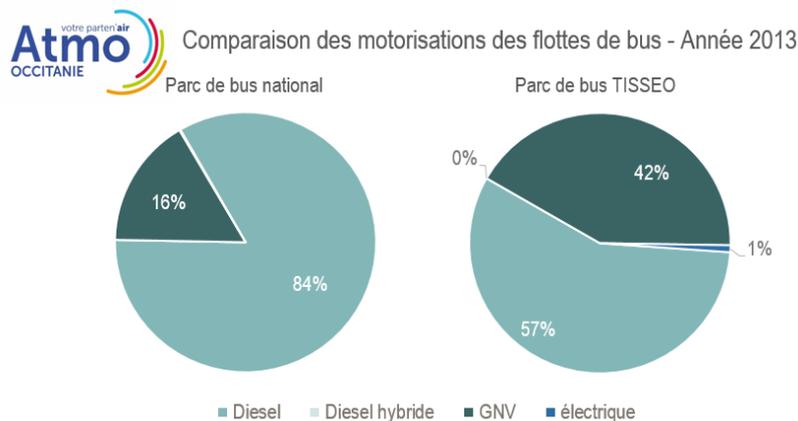


Entre 2013 et 2018, la stratégie de renouvellement de la flotte de bus de TISSEO a notamment porté sur :

- L'achat de midi bus : leur nombre augmente de 50%. En outre, $\frac{3}{4}$ des midi bus en circulation sur le territoire du Plan de Mobilité, les motorisations les plus polluantes, sont renouvelés au profit de véhicules euro 6, la norme euro la plus récente, et de la motorisation électrique,
- Le retrait progressif des bus standard diesel et GNV aux motorisations les plus anciennes de la flotte. En 2018, la flotte ne compte plus aucun bus diesel euro 1 et 2. En outre, le nombre de bus diesel et de GNV euro3 en circulation est en baisse.
- L'achat de bus articulés de motorisations récentes moins émettrices de polluants atmosphériques (diesel euro5 SCR addblue, diesel hybride et GNV euro 6) en remplacement de bus standard et articulés d'anciennes motorisations, permettant de passer de 17% de bus articulés en 2013 à 31% en 2018. Cette part reste néanmoins nettement inférieure à la part du parc national.

Depuis 2003, **Tisséo Collectivités a fait le choix de privilégier la motorisation GNV (Gaz Naturel pour Véhicule). La motorisation GNV est connue pour émettre moins de polluants que le diesel. En outre, lorsqu'il est issu du processus de méthanisation, son utilisation permet de limiter les émissions de gaz à effet de serre en considérant le cycle de vie du carburant. Actuellement, le GNV qui alimente les bus TISSEO n'est pas issu de cette filière.**

La répartition de la flotte de bus Tisséo par motorisation due à ce choix stratégique montre de fortes disparités avec celle du parc de bus national.



En 2013, 42% de la flotte de bus de TISSEO est de motorisation GNV contre 16% pour la flotte nationale, le reste de la flotte étant constituée de bus diesel. Enfin, on note la présence de 1% de bus électrique dans la flotte TISSEO.

Entre 2013 et 2018, on assiste dans le parc TISSSEO,

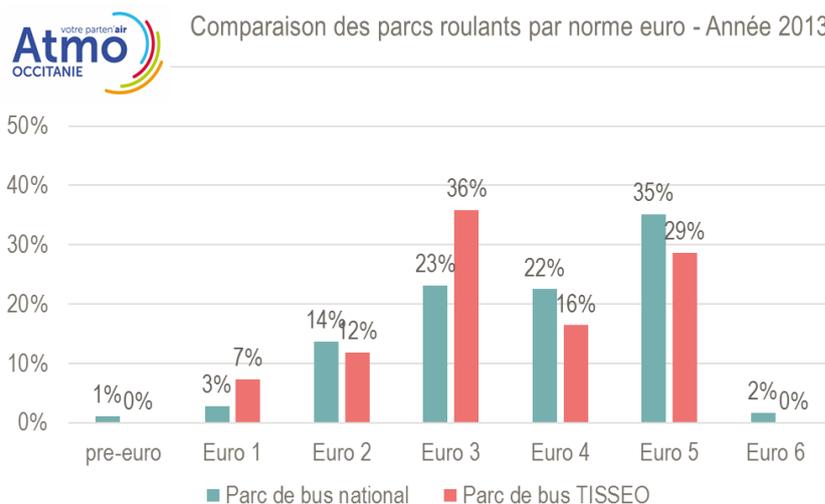
- **Au renforcement de la motorisation GNV (49% des bus en 2018),**
- **A l'introduction de bus de motorisation de bus diesel hybride (5% du parc en 2018),**
- **A la poursuite d'achats de véhicules électriques (2% du parc en 2018).**

A contrario, **la répartition du parc de bus national évolue peu entre 2013 et 2018.** Les bus diesel prédominent et représentent 83% des motorisations. Les bus GNV complètent ce parc. Le parc national n'intègre donc pas de bus diesel hybride et de bus électrique.

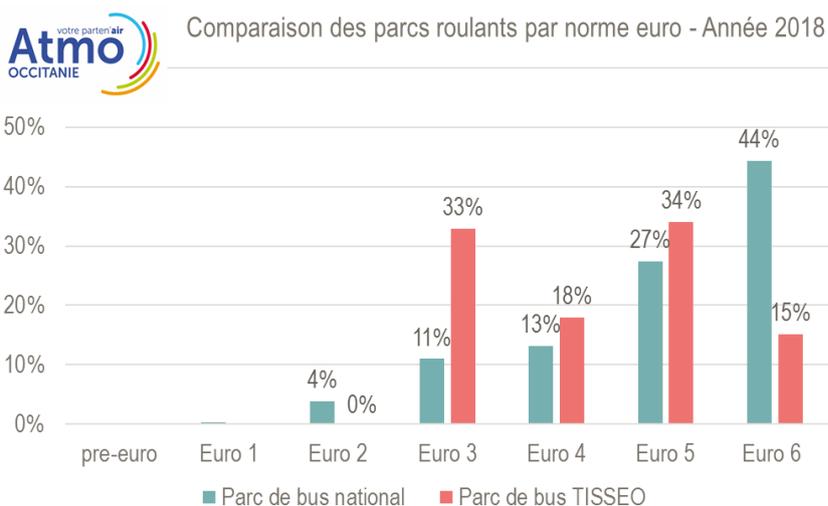
Enfin, le graphique ci-après présente la répartition du parc de bus en 2018 sur le territoire du Plan de Mobilité de Toulouse en fonction de leur norme euro toutes motorisations confondues. La norme euro a été mise en place par l'Union européenne en 1988 pour les véhicules roulants neufs (norme Euro 0 à

VI), afin de limiter les émissions de polluants liées aux transports routiers. Elle fixe des normes d'émissions des oxydes d'azote (NOx), et de particules de plus en plus contraignantes. Les constructeurs sont ainsi dans l'obligation de mettre sur le marché des véhicules moins polluants. En revanche, ces normes ne visent pas à réduire l'émission des gaz à effets de serres des véhicules, responsables du réchauffement climatique. Cependant, les émissions de GES baissent grâce à la modernisation des véhicules et à la diminution de la consommation d'énergie recherchée par les gestionnaires de flottes de véhicules.

En 2013, la répartition de la flotte de bus TISSEO est assez similaire à celle de la flotte nationale.



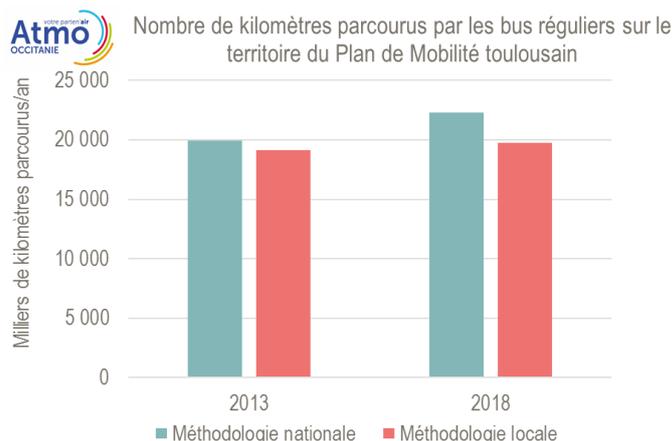
En revanche, en 2018, la flotte de bus TISSEO dispose de peu de véhicules euro 6 en comparaison de la flotte nationale. En effet, seuls 15% des bus en circulation sur le territoire du Plan de Mobilité sont de motorisation euro 6, la plus contraignante en terme d'émission d'oxydes d'azote et de particules. Le parc national est constitué, quant à lui de 44% de véhicules euro 6.



3.2.2. Comparaison du nombre de kilomètres parcourus

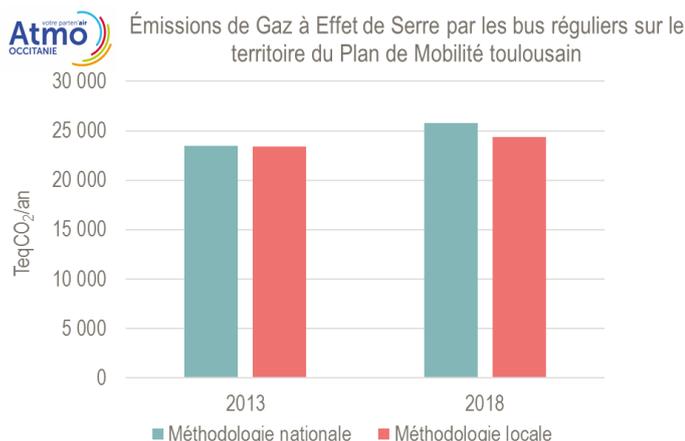
Dans la méthodologie nationale, le nombre de kilomètres parcourus est évalué en affectant une part des bus au Trafic Moyen Journalier Annuel de l'ensemble des véhicules sur les voies urbaines. Ainsi, en 2013, la méthodologie nationale évalue que 0,42% des véhicules en circulation sur les voies urbaines du territoire du Plan de Mobilité sont des bus. Cette part des bus est de 0,47% en 2018.

Dans le cadre de cette étude, TISSEO nous a fourni le nombre de kilomètres commerciaux parcourus pour chaque ligne de bus prise en compte.



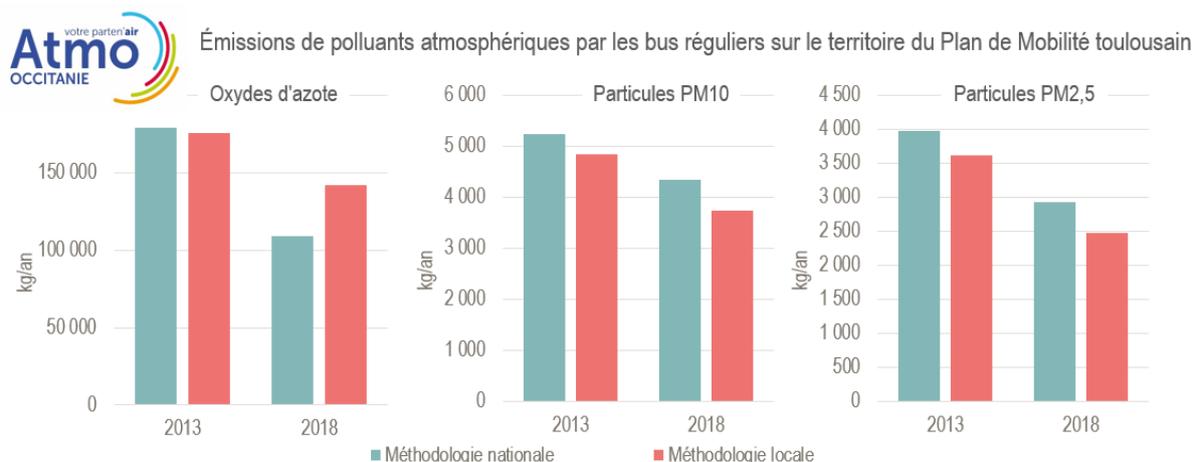
En 2018, le nombre de kilomètres parcourus fourni par TISSEO n'intègre pas la totalité des lignes de bus réguliers et les transports à la demande (TAD). **Il est du même ordre de grandeur que celui calculé par la méthodologie nationale.**

3.2.3. Quels impacts de la prise en compte de la flotte TISSEO ?



Les émissions de gaz à effet de serre étant directement liées au nombre de kilomètres parcourus, celles-ci sont du même ordre de grandeur que celles fournies par la méthodologie nationale. **En 2013, comme en 2018, le réseau de bus réguliers de TISSEO a émis environ 24 000 tonnes eqCO₂ de GES. La prise en compte du parc local a peu d'influence sur les émissions de GES évaluées.**

En 2013, les flottes de bus sont assez proches dans les deux méthodologies.



La prise en compte du parc local, avec induit une évaluation :

- à la hausse des émissions de NOx en lien avec une part de motorisations euro 6, en rupture technologique en comparaison des normes précédentes, plus faible que dans le parc national (15% du parc de bus TISSEO contre 44% du parc national en 2018),
- à la baisse des émissions en particules PM₁₀ et PM_{2,5} en lien avec une part de motorisation GNV plus forte que dans le parc national (49% du parc de bus TISSEO contre 17% du parc national en 2018).

La prise en compte des caractéristiques locales du réseau de bus a ainsi permis **d'affiner l'évaluation de ses émissions sur le territoire du Plan de Mobilité toulousain.**

4. Conclusion et perspectives

Les objectifs de ce rapport sont de :

- Présenter l'évolution des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre du réseau de bus TISSEO sur le territoire du plan de mobilité de Toulouse entre les deux années étudiées,
- De comparer les émissions du réseau de bus évaluées avec un parc de bus national à celles établies avec des données locales fournies par TISSEO.

Nous avons ainsi montré que **l'offre de transport a évolué entre 2013 et 2018**. Le nombre de kilomètres parcourus par les bus a augmenté de 13% engendrant une hausse de la consommation énergétique et des émissions de GES de 15%. **En 2018, 49% de la flotte de bus est de motorisation GNV issu d'énergie fossile. En revanche, l'introduction de bioGNV issu de la méthanisation des déchets dans le mix GNV permettrait de réduire le bilan GES global au travers de cette valorisation énergétique.**

Dans le même temps, les **renouvellement et renforcement de la flotte ont permis de réduire de 10% les émissions de NOx, de 14% les émissions de PM10 et de 24% les émissions de PM_{2,5}. Le renouvellement de la flotte apparait ainsi comme un levier important d'amélioration de la qualité de l'air.**

Enfin, nous avons mis en évidence que la prise en compte des caractéristiques locales du réseau de bus permet **d'améliorer l'évaluation de ses émissions.**

En 2021, cette évaluation sera menée sur la période 2013 à 2019 et étendue à l'ensemble du réseau de bus. Elle sera ensuite actualisée, chaque année, dans l'inventaire annuel des émissions. **Les émissions des bus seront mises en perspective du nombre de passagers transportés et comparées aux émissions des véhicules particuliers.**

Les prochaines actualisations de l'inventaire des émissions d'Atmo Occitanie prendront désormais en compte les émissions des bus calculées à partir des informations fournies par TISSEO. En outre, Les consommations énergétiques et les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre pour l'ensemble des lignes fournies par TISSEO étant calculées et géo référencées, les émissions de bus seront intégrées dans les cartographies de pollution atmosphérique.

Grâce à la méthodologie déployée, nous disposerons ainsi d'un état actuel et d'un historique pluriannuel des émissions et de la consommation d'énergie. Ils permettront :

- **D'évaluer l'impact de la modernisation du parc de bus ou de l'évolution de l'offre de transport,**
- **De réaliser des scénarisations d'actions afin d'évaluer leur impact sur la consommation et la qualité de l'air et ainsi d'aider à la prise de décision.**

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Méthodologie de l'inventaire des émissions des bus sur le territoire du Plan de Mobilité toulousain

ANNEXE 2 : Généralités sur les principaux polluants étudiés

ANNEXE 1 : Méthodologie de l'inventaire des émissions des bus sur le territoire du Plan de Mobilité toulousain

Émissions directes et indirectes

Les émissions polluantes analysées dans cet état des lieux sont **les émissions directes de polluants atmosphériques et de GES**.

Pour rappel, on classe les émissions de GES en 3 catégories dites « Scope » (pour périmètre, en anglais).

- Scope 1 / Emissions directes : ce sont celles qui sont produites sur le territoire par les secteurs précisés dans l'arrêté relatif au PCAET : résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agricole, déchets, industrie, branche énergie hors production d'électricité, de chaleur et de froid. Elles sont le fait des activités qui sont localisées sur le territoire y compris celles occasionnelles (par exemple, les émissions liées aux transports à vocation touristique en période saisonnière, la production agricole du territoire, etc.). Les émissions associées à la consommation de gaz et de pétrole font partie du scope 1.
- Scope 2 / Emissions indirectes des différents secteurs liées à leur consommation d'énergie ; ce sont les émissions indirectes liées à la production d'électricité et aux réseaux de chaleur et de froid, générées sur ou en dehors du territoire mais dont la consommation est localisée à l'intérieur du territoire.
- Scope 3 / Emissions induites par les acteurs et activités du territoire ; elles peuvent faire l'objet d'une quantification complémentaire. Certains éléments du diagnostic portant sur les gaz à effet de serre peuvent faire l'objet d'une quantification complémentaire prenant plus largement en compte des effets indirects, y compris lorsque ces effets indirects n'interviennent pas sur le territoire considéré ou qu'ils ne sont pas immédiats.

Méthodologie générale

La méthodologie générale de l'inventaire des émissions réalisé par Atmo Occitanie ainsi des éléments méthodologiques sur les hypothèses choisies et données utilisées par secteur sont décrits ci-dessous.

Dans le cadre de l'arrêté du 24 août 2011 relatif au Système National d'Inventaires d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère (SNIEBA), le Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT) associant :

- le Ministère en charge de l'Environnement,
- l'INERIS,
- le CITEPA,
- les Associations Agréées de Surveillance de Qualité de l'Air ;

a mis en place un guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques.

Ce guide constitue la référence nationale à laquelle chaque acteur local doit pouvoir se rapporter pour l'élaboration des inventaires territoriaux.

Sur cette base et selon les missions qui lui sont ainsi attribuées, Atmo Occitanie réalise et maintient à jour un Inventaire Régional Spatialisé des émissions de polluants atmosphériques et GES sur l'ensemble de la région Occitanie. L'inventaire des émissions référence une trentaine de substances avec les principaux polluants réglementés (NOx, particules en suspension, NH3, SO2, CO, benzène, métaux lourds, HAP, COV, etc.) et les gaz à effet de serre (CO2, N2O, CH4, etc.).

Cet inventaire est notamment utilisé par les partenaires d'Atmo Occitanie comme outil d'analyse et de connaissance détaillée de la qualité de l'air sur leur territoire ou relative à leurs activités particulières.

Les quantités annuelles d'émissions de polluants atmosphériques et GES sont ainsi calculées pour l'ensemble de la région Occitanie, à différentes échelles spatiales (EPCI, communes, ...), et pour les principaux secteurs et sous-secteurs d'activité.

La méthodologie de calcul des émissions consiste en un croisement entre des données primaires (statistiques socioéconomiques, agricoles, industrielles, données de trafic...) et des facteurs d'émissions issus de bibliographies nationales et européennes.

$$E_{s,a,t} = A_{a,t} * F_{s,a}$$

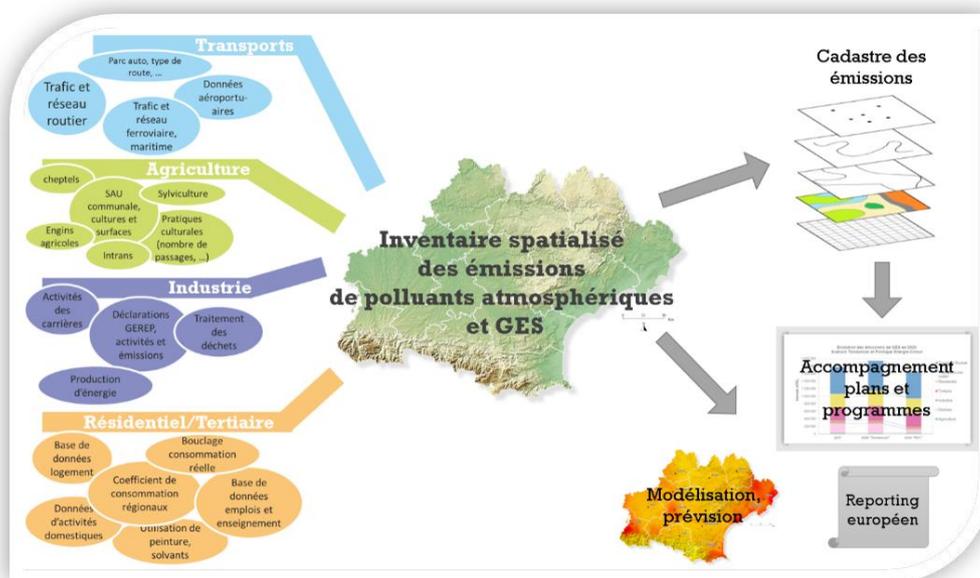
Avec :

E : émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant le temps « t »

A : quantité d'activité relative à l'activité « a » pendant le temps « t »

F : facteur d'émission relatif à la substance « s » et à l'activité « a »

Ci-dessous un schéma de synthèse de l'organisation du calcul des émissions de polluants atmosphériques et GES :



Méthodologie pour les bus

Présentation

Les émissions associées au bus, comme pour tous les transports routiers, sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés en trois catégories :

- Les émissions à l'échappement (combustion du carburant des moteurs) ;
- Les émissions liées à l'usure des pièces mécaniques des véhicules (pneus, freins) et l'usure de la route;
- Les émissions liées au réenvol des particules au passage des véhicules sur la route.

Cette dernière catégorie n'est pas répertoriée en tant qu'émissions *directes* de polluants et de GES et n'est donc pas intégrée dans les totaux présentés ici.

Le calcul des émissions des bus est basé sur la méthodologie COPERT qui permet de convertir des données caractéristiques du trafic automobile (trafic moyen journalier annuel, vitesse moyenne de circulation...) en émissions de polluants. Un facteur d'émission est attribué à chaque polluant et pour chaque catégorie de bus. Il est déterminé en fonction du type de véhicule (midi, standard ou articulé...), de la vitesse de circulation, du type de moteur (diesel ou GNV) et de sa date de mise en circulation pour tenir compte des normes d'émissions Euro qui fixent les limites maximales de rejets de polluants pour les véhicules roulants neufs.

Pour le réseau de bus du Plan de Mobilité de Toulouse, TISSEO Voyageurs a fourni à Atmo Occitanie pour chaque ligne de bus et pour les années 2013 et 2018:

- Le nombre de kilomètres parcourus par heure,
- La vitesse commerciale moyenne,
- La composition de la flotte de bus par type de véhicules (midi, standard ou articulé...), motorisation et norme Euro

Incertitudes associées aux quantités d'émissions

Le calcul des émissions de bus est réalisé à partir de la méthodologie européenne COPERT V - COmputer Program to calculate Emission from Road Transport (version 5.3). Elle fournit des facteurs d'émissions unitaires pour plusieurs motorisations de bus mais reste peu documentée pour cette catégorie de véhicules en comparaison d'autres types de véhicules.

Ainsi, dans sa dernière version, elle ne propose pas de **facteurs d'émissions pour les bus hybrides électriques diesel euro 6 qui représentent 5% de la flotte de bus TISSEO en 2018**. Pour les calculs d'émissions, ces bus ont donc été assimilés à des bus diesel euro 6. **Ce choix a sans doute engendré une surestimation des émissions de ces bus.**

En outre, le modèle COPERT ne fournit pas de facteurs d'émissions pour **les bus articulés GNV (5% de la flotte de bus en 2018)**. **Les facteurs d'émission des bus standards de même motorisation ont donc été utilisés dans cette étude entraînant, sans doute, une sous-estimation des émissions de ces bus.**

En 2021, Airparif¹, en partenariat avec Île-de-France Mobilités, a réalisé une grande étude à l'émission de bus. Elle a concerné 28 bus de normes et de technologies différentes : des bus Euro IV et euro 6, des bus hybrides euro 6 et des bus GNV euro 6. Leurs émissions de particules en nombre, d'oxydes et de dioxyde d'azote, de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone ont été mesurées en conditions réelles d'exploitation.

Ces travaux expérimentaux ont ainsi mis en évidence :

- des émissions de NOx des bus euro 6 hybrides 2,4 fois inférieures aux bus euro 6 non hybrides,
- des émissions de CO₂ des bus euro 6 hybrides 16% inférieures aux bus euro 6 non hybrides,
- des émissions de NOx des bus euro 6 GNV nettement inférieures à celles des bus euro 6 diesel, en moyenne les émissions sont divisées par 7,
- des émissions de CO₂ des bus euro 6 GNV similaires à celles des bus diesel instrumentés.

La comparaison des facteurs d'émission mesurés en conditions réelles pour les bus diesel Euro IV, euro 6 aux facteurs d'émission COPERT a mis en évidence une sous-estimation des émissions réelles.

Ainsi, dans les gammes de vitesse les plus fréquentes, les émissions de NOx mesurées :

- pour les bus euro 4 sont en moyenne 1,6 fois plus élevées que les facteurs COPERT
- pour les bus euro 6 sont globalement 2,8 fois plus élevées que les facteurs COPERT

Les résultats de l'évaluation d'Airparif ont permis l'amélioration des connaissances sur les émissions réelles des bus en circulation. Ainsi, il apparaît que les émissions des bus calculées dans cette étude sont certainement sous-estimées.

L'actualisation régulière de l'inventaire des émissions permettra de prendre en compte rétroactivement les facteurs d'émission dès leur publication et d'améliorer cette évaluation.

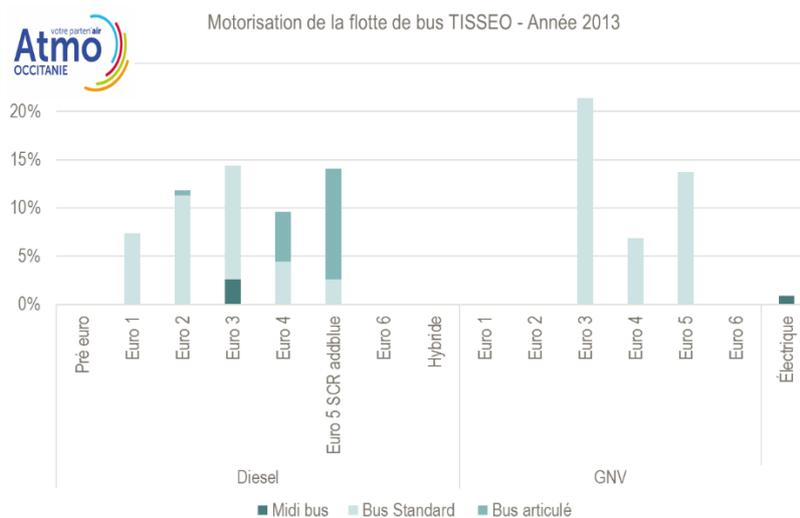
¹ Mesures des émissions des bus en conditions réelles d'exploitation – comparaisons et facteurs d'influence – Airparif – Avril 2021

Présentation de la flotte de bus TISSEO

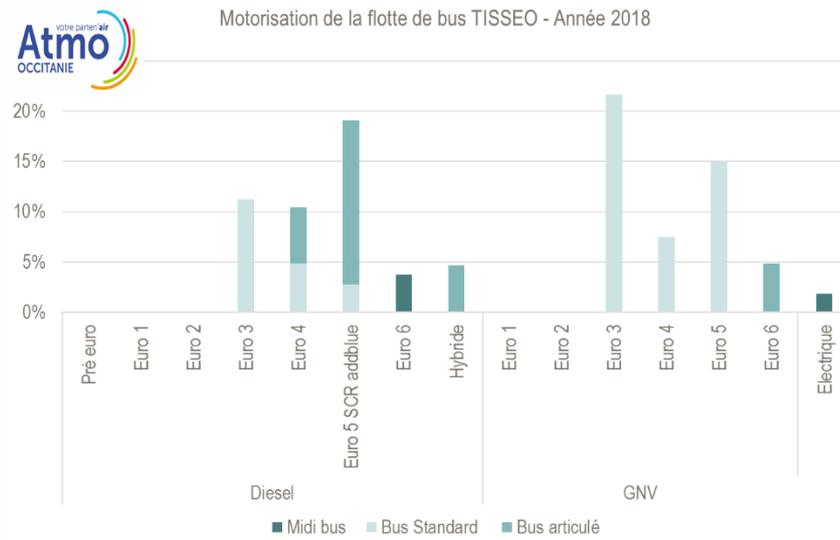
Entre 2013 et 2018, le nombre de midi bus augmente de 50%. En outre, $\frac{3}{4}$ des midi bus en circulation sur le territoire du Plan de Mobilité, les motorisations les plus polluantes, sont renouvelés. Les renouvellement et renforcement de la flotte de midi bus ont été menés au profit de véhicules euro 6, la norme euro la plus récente, et au profit de la motorisation électrique. Ainsi, en 2018, la totalité des midi bus diesel euro 3 du parc 2013 ont disparu. La flotte de midi bus est composée, pour $\frac{2}{3}$, de midi bus diesel euro 6 et pour $\frac{1}{3}$, de midi bus électriques.

Entre 2013 et 2018, le nombre de bus standard diminue d'environ $\frac{1}{3}$. Les bus diesel et GNV aux motorisations les plus anciennes sont retirés de la flotte de bus. En 2018, sur le territoire du Plan de Mobilité, il ne circule plus de diesel euro 1 et 2. En outre, le nombre de bus diesel et de GNV euro3 en circulation est en baisse.

Les bus standards retirés de la flotte de bus ont été remplacés par des bus articulés. L'offre de transport pour ce type de bus a ainsi été multiplié par 1,7. Les quelques bus articulés euro 2 en circulation en 2013 sont retirés de la flotte. Les autres bus diesel euro 4 et diesel euro5 SCR addblue² sont conservés. En outre, dans le cadre du déploiement des lignes Linéo, TISSEO fait l'acquisition de bus articulés diesel euro5 SCR addblue, diesel hybride et GNV euro 6 pour renforcer son parc.



² Cette technologie permet de convertir les NOx en eau et azote grâce à une réduction catalytique sélective.



ANNEXE 2 : Généralités sur les polluants étudiés

Les oxydes d'azote NO_x

Sources

Les oxydes d'azote (NO_x) regroupent essentiellement deux molécules :

- le monoxyde d'azote (NO) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂).

Ces deux polluants sont émis lors des phénomènes de combustion. Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffages...). Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO.

Le pot catalytique a permis, depuis 1993, une diminution des émissions des véhicules à essence. Néanmoins, l'effet reste encore peu perceptible compte tenu de l'âge moyen des véhicules et de l'augmentation forte du trafic automobile. Des études montrent qu'une fois sur 2 les européens prennent leur voiture pour faire moins de 3 km, une fois sur 4 pour faire moins de 1 km et une fois sur 8 pour faire moins de 500m ; or le pot catalytique n'a une action sur les émissions qu'à partir de 10 km.

Effets sur la santé

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Dès que sa concentration atteint 200 µg/m³, il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Effets sur l'environnement

Les oxydes d'azote participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Les particules PM₁₀, PM_{2,5}

PM = Particulate Matter (matière particulaire)

Sources

Les particules peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruption volcaniques, feux de forêt, érosion éolienne des sols, pollens ...) ou anthropique (liées à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont issues majoritairement de la combustion incomplète des combustibles fossiles (circulation automobile,

centrale thermique, sidérurgie, cimenteries, incinération de déchets, manutention de produits pondéraux, minerais et matériaux,).

Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les COV. On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM_{10}), à 2,5 microns ($PM_{2,5}$) et à 1 micron (PM_1).

Effets sur la santé

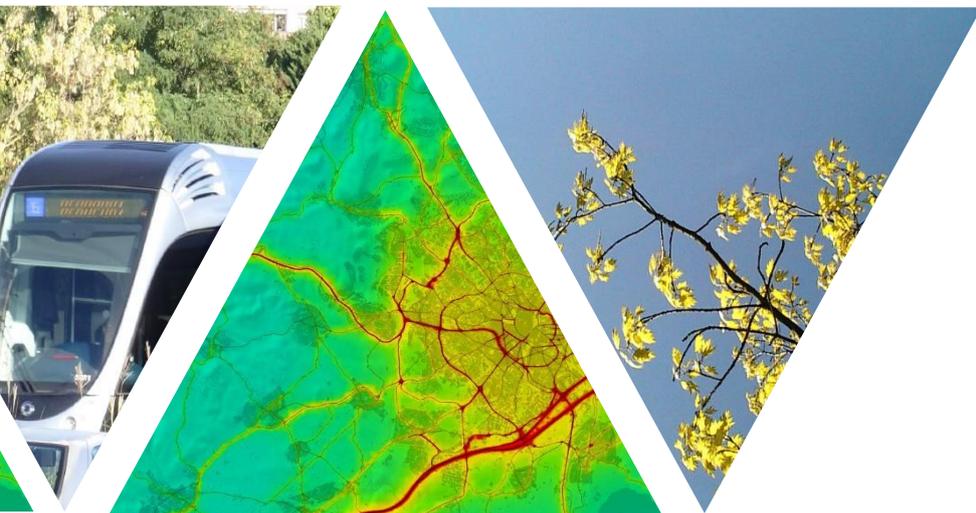
Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des effets cardio-vasculaires. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes : c'est notamment le cas de certaines particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM_{10} et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires.

Ces particules sont quantifiées en masse mais leur nombre peut varier fortement en fonction de leur taille.

Effets sur l'environnement

Les effets de salissures des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.



L'information sur la qualité de l'air en Occitanie

www.atmo-occitanie.org



Agence de Montpellier
(Siège social)
10 rue Louis Lépine
Parc de la Méditerranée
34470 PEROLS

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie