



AtmoSud

Qualité de l'Air

Provence - Alpes - Côte d'Azur

Evaluation du PDU de la Métropole Aix Marseille Provence

Décembre 2019

RESUME :

EVALUATION DU PDU DE LA METROPOLE AIX MARSEILLE PROVENCE

Décembre 2019

- ▶ Pour les oxydes d'azote, l'objectif (-75 %) n'est pas atteint avec -67 % d'émission à l'horizon 2030.
- ▶ Pour les Gaz à Effet de Serre, la réduction d'émission est -26.4 % à l'horizon 2030. L'objectif de -26 % est atteint.
- ▶ Pour les particules fines PM10, la réduction d'émission est -35 % à l'horizon 2030. L'objectif de -37% est quasiment atteint et est limité par le type d'émission présent en 2030. Si la part des émissions liées à l'échappement, à la surémission à froid et aux phénomènes d'usure (pneu, frein, route) diminue de -55%, la contribution liée à la resuspension diminue uniquement de -4%. Ce phénomène limite la réduction possible d'émission pour ce polluant.
- ▶ Pour les particules fines PM2.5, la réduction d'émission est -48% à l'horizon 2030. L'objectif de -50% est quasiment atteint.
- ▶ Les objectifs de réduction des émissions fixés par le PPA des Bouches-du-Rhône de -10% pour les NOx, PM10 et PM2.5 au-delà du tendanciel sont atteints.

Les gains entre 2030 fil de l'eau et 2030 avec les actions du PDU sont compris entre -13 et -18% pour ces 3 polluants.

▶ Une réduction des concentrations dans les centres villes et le long des axes interurbains

La mise en place des actions du PDU devrait permettre une réduction des concentrations supplémentaires par rapport aux concentrations du scénario tendanciel 2030. Les principales améliorations sont attendues au niveau du centre-ville de Marseille ainsi qu'en proximité des grands axes interurbains de la métropole.

Rédaction	Vérification	Validation
Benjamin Rocher benjamin.rocher@atmosud.org	Damien PIGA damien.piga@atmosud.org	Edwige Révélat Edwige.revelat@atmosud.org
Contact	Date de parution	Références
Sylvain MERCIER Sylvain.mercier@atmosud.org	11/12/2019	23ZA2013

PARTENAIRES



AUTEURS DU DOCUMENT

ROCHER Benjamin, GUTTIEREZ Dylan, PIGA Damien - AtmoSud

SOMMAIRE

1. Introduction.....	7
2. Descriptif de la zone d'étude.....	8
3. Méthodologie et données d'entrée du calcul des émissions	9
3.1 Mode de calcul des émissions du trafic routier :	9
3.2 Hypothèses de scénarisation.....	10
3.2.1 Evaluation globale	10
3.2.2 Evaluation spatialisée.....	11
3.3 Parcs roulants utilisés.....	11
4. Evaluation des actions du PDU sur les émissions de polluants, de gaz à effet de serre et de consommation d'énergie.	13
4.1 Bilan des trafics et distances parcourues	13
4.2 Emissions des principaux polluants atmosphériques.....	14
4.3 Emissions des 3 principaux gaz à effet de serre issus du transport routier sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille Provence.....	18
4.4 Consommation en énergie du transport routier sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille Provence.....	21
5. Evaluation sur les concentrations en NO₂ et PM₁₀ de la mise en œuvre des actions du PDU à l'échelle de la métropole Aix Marseille Provence.....	22
5.1 Evolutions des émissions par axes routiers entre 2017 et 2030 avec mises en œuvre des actions du PDU.....	22
5.2 Calcul pour la situation de référence	26
5.3 Méthodologie de calcul pour les scénarios	29
5.4 Cartographies des concentrations en particules	32
5.5 Cartographies des concentrations en dioxyde d'azote	34
5.6 Exposition des populations.....	38
6. Synthèse	39
GLOSSAIRE.....	40
ANNEXES	43

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS	44
----------	--	----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Hypothèses de travail élaborées en collaboration avec l'agAM.....	10
Tableau 2 : Evolution des émissions en NOx et en particules fines PM10 et PM2.5	15
Tableau 3 : Estimation de la contribution du transport routier sur les concentrations en PM ₁₀ au niveau du site de fond urbain de Marseille Longchamp à partir des données AE33 et de l'étude « 3 villes ».....	30
Tableau 4 : population exposée à un dépassement de seuil réglementaire pour les différents scénarios	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Réseau routier évalué dans le cadre du PDU de la Métropole AMP.....	8
Figure 2 : Chaîne de calcul simplifiée des émissions du transport routier.....	9
Figure 3 : Parcs roulants urbain VP 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018.....	12
Figure 4 : Evolution du trafic routier sur la zone d'étude exprimée en millions de véhicules.km.	13
Figure 5 : Evolution du trafic routier à l'échelle de Métropole AMP suivant l'énergie.....	14
Figure 6 : Evolution des émissions en NOx par type de véhicules	15
Figure 7 : Evolution des émissions en PM10 par type d'émission et par type de véhicules.....	16
Figure 8 : Evolution des émissions en PM2.5 par type d'émissions et par type de véhicules	17
Figure 9 : Evolution des émissions de GES issues du transport routier sur la Métropole Aix-Marseille Provence.....	19
Figure 10 : Evolution des émissions de GES (sans CO ₂ biomasse) par type de véhicules sur la Métropole Aix-Marseille Provence.....	20
Figure 11 : Evolution des consommations annuelles d'énergie exprimées en tep par le transport routier sur la Métropole Aix-Marseille Provence.....	21
Figure 12 : Evolution des trafics (TMJA) par axes du réseau entre 2017 et 2030.....	23
Figure 13 : Evolution des trafics (TMJA) par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU	23
Figure 14 : Evolution des émissions routières annuelles en NO ₂ par axes du réseau entre 2017 et 2030	24
Figure 15 : Evolution des émissions routières annuelles en NO ₂ par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU.....	24
Figure 16 : Evolution des émissions routières annuelles en PM10 par axes du réseau entre 2017 et 2030	25
Figure 17 : Evolution des émissions routières annuelles en PM10 par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU.....	25
Figure 18: Exemple de positionnement des points de calculs pour le traitement des sources linéaires (gauche) et des sources ponctuelles (droite).....	26
Figure 19 : Emprise des sous-domaines de calculs sur la métropole.....	27
Figure 20 : Localisation des points de mesure utilisés dans l'assimilation des observations pour la réalisation de la cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2017 sur la métropole	27
Figure 21 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2017 à l'échelle régionale	28
Figure 22 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille	28
Figure 23 : Cartographie des niveaux annuels 2017 en PM ₁₀ (percentile 90.4 des moyennes journalières exprimé en µg/m ³)	29
Figure 24 : Cartographie des niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille	32
Figure 25 : Cartographie des différences entre les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 et les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille.....	32
Figure 26 : Cartographie des niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille.....	33
Figure 27 : Cartographie des différences entre les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille.....	33
Figure 28 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »	34
Figure 29 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 « hypothèse haute » et la moyenne annuelle pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille	34

Figure 30 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse »	35
Figure 31 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 « hypothèse basse » et la moyenne annuelle pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille	35
Figure 32 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »	36
Figure 33 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »	36
Figure 34 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse ».....	37
Figure 35 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et la moyenne annuelle en NO ₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse ».....	37
Figure 36 : Parcs roulants urbain VP par vignette Crit'Air, construit à partir des données du CITEPA	46
Figure 37 : Parcs roulants urbain VUL 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018.....	47
Figure 38 : Parcs roulants urbain PL 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018	47

1. Introduction

La réalisation du Plan de déplacement urbain de la métropole Aix Marseille Provence, qui vise à améliorer la fluidité des transports et à affirmer la transition énergétique sur le territoire en établissant des actions jusqu'à l'horizon 2030, nécessite une évaluation de ses impacts sur la qualité de l'air, le climat et l'énergie. AtmoSud, association de surveillance de la qualité de l'air en région Provence Alpes Côte d'Azur, partenaire de la métropole Aix Marseille Provence, a réalisé cette évaluation du PDU.

Les objectifs du PDU sont multiples sur les enjeux Air, Energie et Climat :

- d'un point de vue réglementaire :
 - Le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône, adopté en 2013, avec lequel le PDU doit être compatible, contient une mesure spécifique aux PDU (action 7.2. Imposer des objectifs de qualité de l'air aux nouveaux plans de déplacements urbains et à échéance de la révision pour les existants).
Celui-ci oblige les PDU à fixer des objectifs de réduction des émissions de 10% pour les NOx, PM₁₀ et PM_{2.5} au-delà du tendanciel (évolution technologique du parc roulant).
 - Le respect sur le territoire de la Métropole AMP des valeurs limites européennes sur les polluants d'intérêt : Particules fines PM₁₀, Particules fines PM_{2.5} et dioxyde d'azote NO₂.
- d'un point de vue sanitaire :
 - Respect des lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les polluants d'intérêts : PM_{2.5}, PM₁₀ et NO₂.

Les objectifs définis par le PDU au regard de ces différents enjeux sont entre l'année de référence 2012 et le scénario PDU 2030 :

- Pour les GES, une réduction de -26 % des émissions ;
- Pour les NOx, une réduction de -75 % des émissions ;
- Pour les particules fines PM₁₀, une réduction de -37 % des émissions ;
- Pour les particules PM_{2.5}, une réduction de -50% des émissions ;

Pour atteindre ces objectifs, les travaux de la Métropole Aix Marseille Provence ont conduit à l'élaboration d'un plan d'actions, basé sur 7 grands leviers :

- Un système vélo global
- Un système de transports collectifs performants
- Un système routier ré-inventé : innovant, efficace et durable
- Des espaces publics partagés et attractifs
- Un réseau hiérarchisé de pôles d'échanges multimodaux
- Des services de mobilité agiles et accessibles
- Se donner les moyens de réussir

A partir de ces grands axes de travail qui visent à améliorer le report modal et la mobilité, la métropole et l'agence d'urbanisme de l'agglomération Marseillaise (agAM) ont fourni à AtmoSud des hypothèses de trafic sur le réseau routier, à l'origine de l'évaluation présentée ici. Celles-ci sont décrites en détail dans la partie « Evaluation du PDU » du document final du PDU. Cette évaluation porte sur :

- Les émissions de polluants atmosphériques et des Gaz à Effet de Serre (GES)
- Une estimation des consommations d'énergie du secteur des transports routiers.

Les années prises en compte sont 2012, 2017, 2030 fil de l'eau et 2030 avec mise en place des actions du PDU.

Une évaluation cartographique à fine échelle a également été menée sur les concentrations attendues en dioxyde d'azote et en particules fines PM10. Cette évaluation permet d'évaluer les actions du PDU (affectable au réseau routier) à l'horizon 2030 au regard des enjeux et objectifs de qualité de l'air définis par l'Union Européenne et l'OMS.

2. Descriptif de la zone d'étude

La Métropole Aix-Marseille-Provence réunit 92 communes réparties sur trois départements. Elle rassemble sur un même territoire des espaces agricoles, urbains et industriels. Le trafic routier du territoire est complexe ; il est caractérisé par les déplacements domicile travail entre les pôles urbains et industriel, les trafics de transit (tourisme, fret) ou le trafic routier induit par les activités économiques (ports, logistique urbaine).

La zone d'étude porte sur l'ensemble du réseau routier de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Au total, 41 500 tronçons ont été pris en compte, soit 4 210 km de réseau dont 590 km d'autoroute (Figure 1).

RESEAU ROUTIER AIX-MARSEILLE-PROVENCE



Figure 1 : Réseau routier évalué dans le cadre du PDU de la Métropole AMP

3. Méthodologie et données d'entrée du calcul des émissions

3.1 Mode de calcul des émissions du trafic routier :

Le calcul des émissions du trafic moyen journalier annuel (TMJA) a été réalisé par le modèle MOCAT (MODèle de CALCul des émissions du Transport), développé par Atmo Auvergne Rhône-Alpes.

Cet outil est construit sur la base de la méthodologie définie par le Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux ([PCIT 2](#)) et de COPERT (COMputer Program to calculate Emissions from Road Transports),.

La méthodologie COPERT est financée par l'Agence Européenne de l'Environnement. Elle repose sur l'utilisation de lois empiriques d'évolution des émissions en fonction de la vitesse des véhicules. Ces lois sont spécifiées pour un grand nombre de classes, correspondant à différents types de véhicules, de carburants, de motorisations, de générations technologiques. La version 5 de COPERT a été prise en compte : [COPERT V](#)

Les sources de données locales de trafic (modèle, comptages) sont identifiées afin de caractériser au mieux le trafic circulant sur chacun des axes routiers de la zone d'étude et pour calculer les émissions et consommations associées.

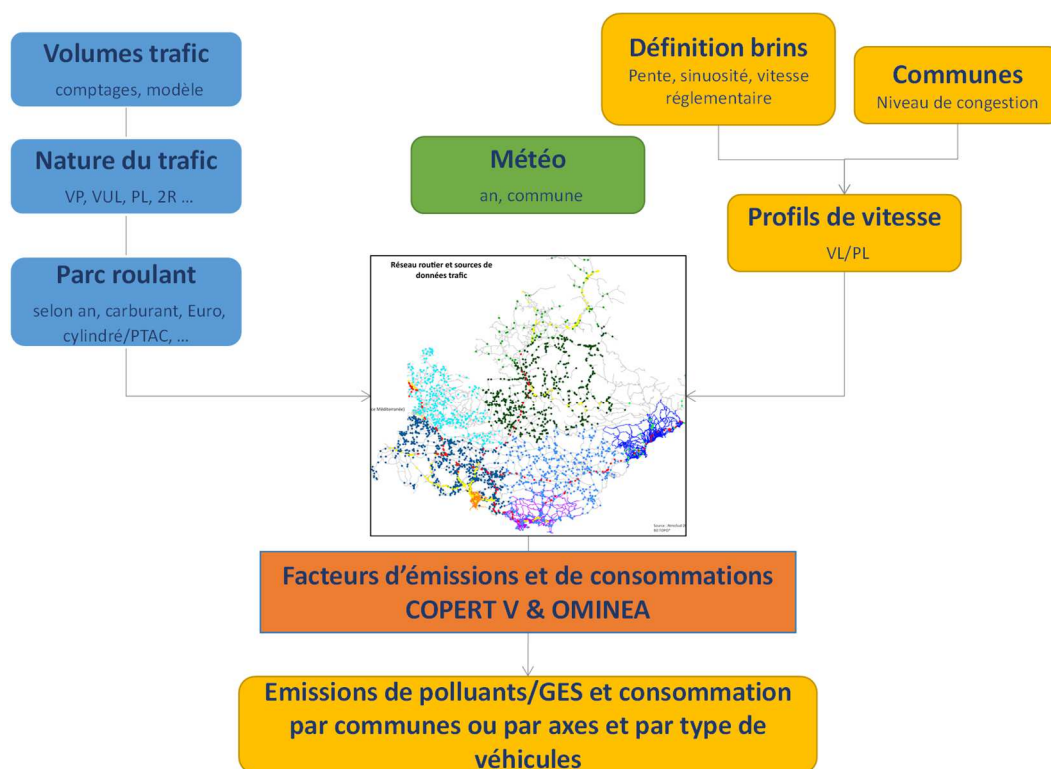


Figure 2 : Chaîne de calcul simplifiée des émissions du transport routier

Le calcul des émissions atmosphériques est réalisé pour chaque type de véhicules avec distinction entre :

- les opérations de moteurs chauds stabilisés ;
- la phase de chauffage (les émissions à froid) ;
- les sources d'évaporation (distinction entre évaporation au roulage, diurnes et suite à l'arrêt du véhicule). Ces deux derniers types sont évalués à partir du parc statique connu annuellement à l'échelon des communes de la Métropole ;
- l'usure des pneus, des plaquettes de freins et des routes : un facteur d'émission moyen par kilomètre est attribué selon le type de véhicule pour les particules fines.

3.2 Hypothèses de scénarisation

Les travaux initiaux menés par l'agAM ont conduit à la constitution d'un premier ensemble d'actions dont les impacts ont pu être spatialisés sur le réseau routier de la métropole. Des choix supplémentaires d'ordre stratégique ont ensuite été ajoutés. Ces choix portant sur des données de parcs de motorisations notamment, n'ont pu être affectés spatialement au réseau.

Ainsi, deux évaluations distinctes sont réalisées dans le cadre de ce rapport.

3.2.1 Evaluation globale

Cette évaluation globale tient compte de l'ensemble des actions du PDU à l'horizon 2030 et porte sur les émissions de polluants, de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie.

Dans le cadre de cette étude, AtmoSud a mis à disposition de l'agAM et de la Métropole les éléments de trafic routier utilisés dans le cadre de l'inventaire des émissions. Ces données ont été retravaillées par l'agAM afin d'ajuster les trafics pour affiner l'état des lieux 2017 et fournir deux jeux de données prospectives 2030 et 2030 avec actions du PDU.

Tableau 1 : Hypothèses de travail élaborées en collaboration avec l'agAM

	2012	2017	2030	2030 PDU
Trafic routier sur les axes	Données 2012 des trafics totaux, évaluer à partir du ratio 2030 et 2012 d'évolution du PCAET. Pour les trafics poids lourds (PL) et deux-roues (2R), les trafics directement issus des travaux de l'agAM sur les déplacements ont été intégrés.	Les quantités de trafics totaux de chacune des années calculées sont issues des travaux de l'agAM sur les déplacements auxquelles est appliqué le ratio du trafic total AtmoSud/PDU de la référence 2012. Les trafics PL et 2R sont directement issues des travaux de l'agAM sur les déplacements.		
Parc roulant utilisé	Les parcs roulants utilisés sont les parcs nationaux, construits par le CITEPA et détaillés en fonction du type d'axe. Les parcs roulants des années 2012 et 2017 sont issus en partie des données d'immatriculation. Le parc roulant 2030 est un parc prospectif (MEEM-DGEC/CITEPA version Mai 2018) construit par le CITEPA et basé sur les projections des inventaires d'émissions du scénario "Avec Mesure Existante". Ce scénario inclut toutes les mesures visant la réalisation des objectifs énergétiques français, et la réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques, effectivement adoptées ou exécutées avant le 1 ^{er} juillet 2017.			Prévision de l'évolution des trafics par axe en prenant en compte les actions du PDU ayant pu être affectées au réseau et les futurs projets d'aménagement routier. Trafics totaux et de poids lourds par axes fournis par l'agAM.
Part de biocarburant	Source OMINEA 2018		Article 25 de la Directive (UE) 2018/2001 du 11/12/2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. -> 14% minimum de biocarburant	
Météo	Données communales météo 2012 – modèle AtmoSud	Données communales météo 2017 - modèle AtmoSud		
Outils de calcul et facteurs d'émissions	Modèle MOCAT (MOdèle de CAcul des émissions du Transport), développé par Atmo AURA, construit sur la base de la méthodologie définie par le Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux (PCIT 2) et de COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transports), dans le cas présent COPERT V .			

Pour intégrer le développement prévu dans le cadre du PDU sur la mobilité électrique, le choix a été fait d'utiliser le parc roulant urbain 2030 CITEPA (avec 11% des véhicules particuliers (VP) électriques) sur les réseaux urbains,

interurbains et autoroutes non concédées. Pour les autres autoroutes, le parc roulant utilisé comprend 3 % de VP électriques.

Pour réaliser une évaluation de l'ensemble des actions du PDU à l'horizon 2030 par rapport à l'année de référence 2012, AtmoSud et l'agAM ont procédé de la façon suivante :

- **Sur les 4 échéances** : les données de trafic PL et 2R sur la Métropole sont issues des travaux sur les déplacements de l'agAM. Le trafic total (TMJA) est également issu des travaux de l'agAM auquel est appliqué le ratio du trafic total AtmoSud/PDU de la référence 2012 pour intégrer une prise en compte du trafic de transit.
- La base de données 2012 tient compte du tendanciel de trafic pris en compte par le PCAET entre 2030 et 2012 afin d'assurer une évolution tendancielle cohérente.

3.2.2 Evaluation spatialisée

Cette évaluation spatialisée des actions PDU (ayant pu être affectées au réseau routier) porte sur les concentrations en NO₂ et PM₁₀ attendues à l'horizon 2030. Cette évaluation a permis de calculer une variation des émissions de NOx (oxydes d'azote) et de particules fines PM₁₀. Elle reprend les seules hypothèses du tableau 1.

La part de 2 roues est fournie par défaut et il n'y a pas de prise en compte d'un ratio de parc électrique VP spécifique sur les réseaux interurbains et autoroutes. L'utilisation de ces hypothèses permet d'évaluer les impacts en concentrations et l'exposition des populations.

Ce calcul permet d'évaluer ainsi les actions du PDU (affectables au réseau routier) au regard des enjeux et objectifs de qualité de l'air définis par l'Union Européenne et l'OMS.

3.3 Parcs roulants utilisés

Sur la Métropole Aix-Marseille-Provence, AtmoSud utilise pour le calcul des émissions de polluants des parcs roulants qui varient selon les années et le type de réseau.

Dans le cadre de cette étude, les données utilisées sont issues du parc roulant national construit par le CITEPA (CITEPA v2018) sur les années 2012, 2017 et 2030, à partir des données statistiques sur le nombre de véhicules en circulation et de leurs caractéristiques. Les parcs roulants sont ensuite modulés en fonction des distances moyennes parcourues par chaque type de véhicules selon les types de réseaux : urbains, interurbains ou autoroutes. Les graphiques ci-dessous illustrent les caractéristiques et l'évolution du parc roulant de véhicules particuliers (VP) entre 2012, 2017 et 2030 sur un réseau de type urbain. Les parcs roulants PL et VUL (véhicules utilitaires légers) sont décrits en annexe 2.

► **Un parc roulant renouvelé en totalité entre 2012 et 2030.**

Le parc roulant urbain VP évolue sensiblement en termes de norme EURO. La mise en circulation des normes euro 6b, 6c et 6d entre 2015 et 2021 associée au renouvellement naturel des véhicules, conduit à une évolution du parc passant de 14 % d'Euro 6b en 2017 à 85 % de véhicules au moins caractérisés par la norme Euro 6b en 2030. Les véhicules particuliers inférieurs à Euro 6 passent de 100 % en 2012, à 86 % en 2017 et 15 % en 2030. Le parc roulant VP par norme Crit'Air est décrit en annexe 2.

► **Diminution des véhicules diesel au profit de l'électrique.**

Concernant le type d'énergie utilisée, la part des véhicules électriques passe de moins de 1% en 2017 à 11% en 2030. La part du gazole diminue, mais dans cette perspective 2030, reste à hauteur de 66% du parc roulant. Le paramètre de cylindrée évolue peu, la principale modification est induite par les véhicules électriques (11%) en 2030. Ces véhicules ne se caractérisent pas par une cylindrée et sont intégrés dans la catégorie dite « toutes ».

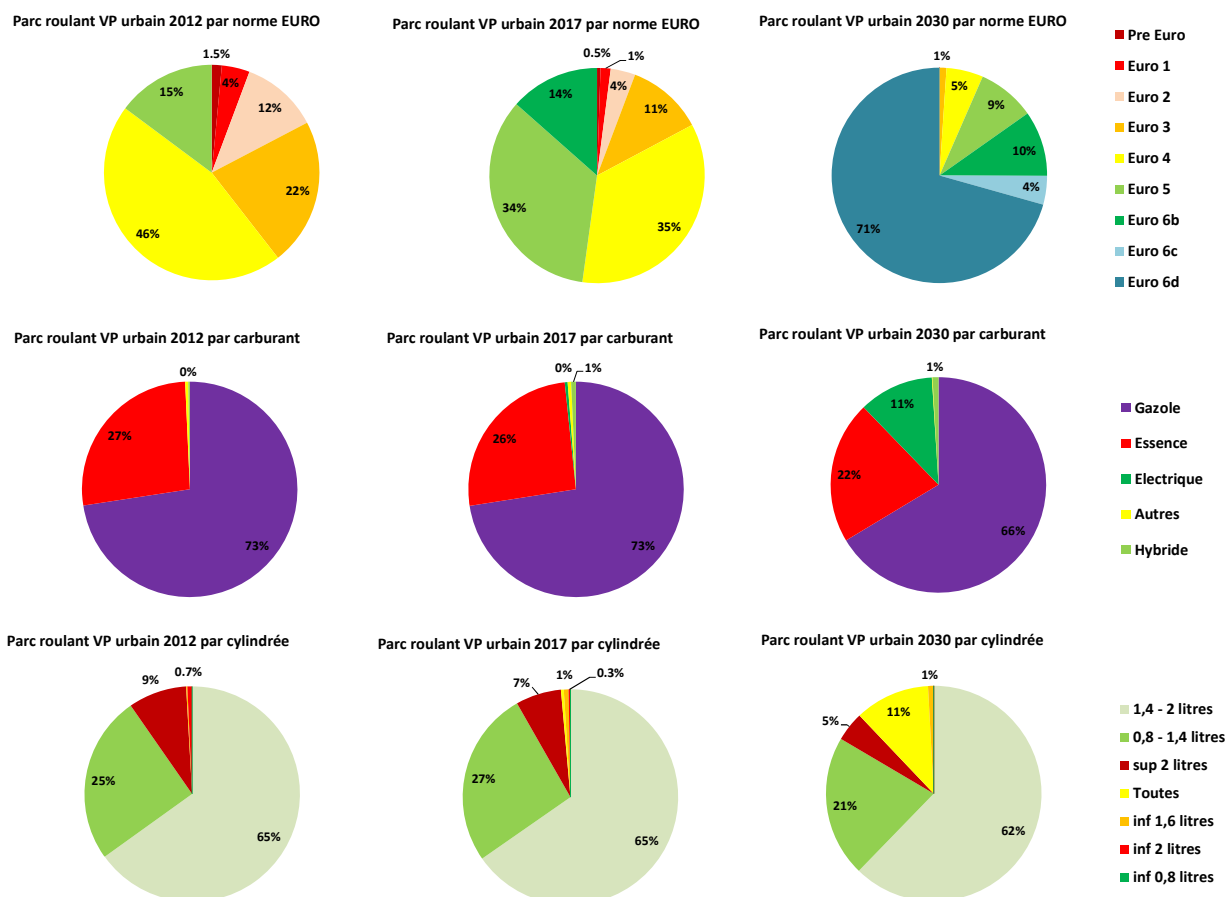


Figure 3 : Parcs roulants urbain VP 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018

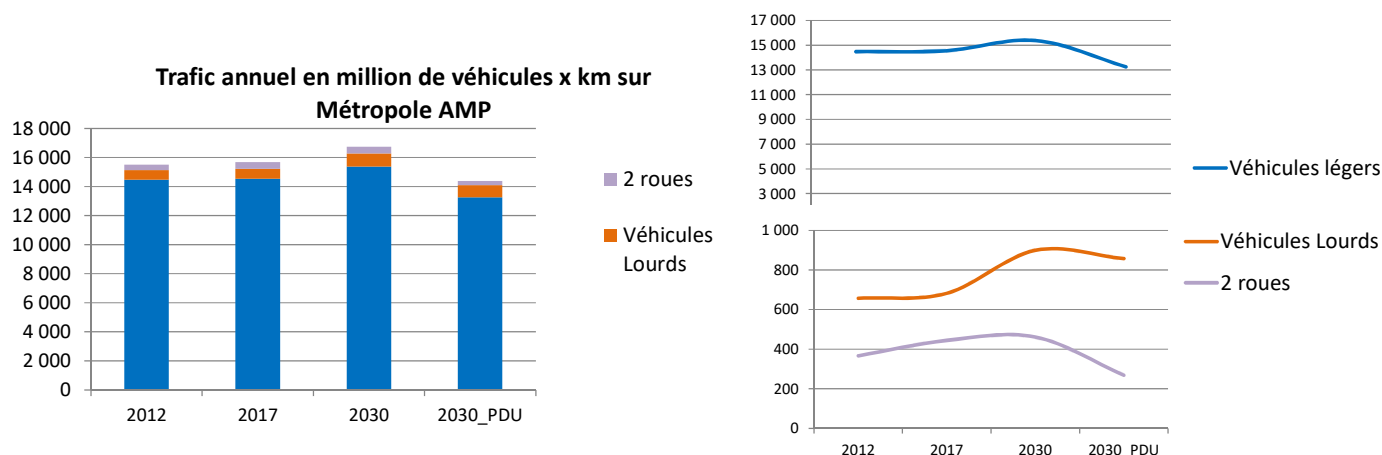
4. Evaluation des actions du PDU sur les émissions de polluants, de gaz à effet de serre et de consommation d'énergie.

4.1 Bilan des trafics et distances parcourues

La mise en œuvre de l'ensemble des actions du PDU devrait permettre une diminution de 7.2 % du trafic entre 2012 et 2030. Entre le scénario tendanciel 2030 et le scénario PDU 2030, la diminution du trafic sur la Métropole AMP devrait atteindre 14%.

Par rapport à l'année de référence 2012, les évolutions attendues sont différentes en fonction des actions du PDU et des types de véhicules. Une diminution significative est attendue pour le trafic des 2 roues (-26.7%) et des véhicules légers (-8.5%), tandis qu'une augmentation du trafic poids lourds reste attendue (+30.5%). Toutes les évolutions de trafic annuel pour les différents scénarios sont présentées dans la Figure 4.

► Des actions PDU permettant une réduction de 7.2% du trafic par rapport à 2012.



Trafic annuel parcouru sur les réseaux routiers sur Métropole AMP	Millions de veh.km parcourus par an			
	2012	2017	2030	2030 PDU
Véhicules légers (VP, VUL)	14 479.23	14 549.28	15 380.34	13 254.5
Véhicules Lourds	657.30	682.26	899.84	857.6
2 roues	366.35	444.48	461.64	268.5

Total	15 503	15 676	16 742	14 381
-------	--------	--------	--------	--------

Métropole Aix-Marseille Provence	% variation trafic total			
	2012	2017	2030	2030 PDU
2012		1.1%	8.0%	-7.2%
2017			6.8%	-8.3%
2030				-14.1%
2030_PDU				

Figure 4 : Evolution du trafic routier sur la zone d'étude exprimée en millions de véhicules.km.

Le gain total de trafic sur la Métropole AMP est estimé à 1 122 millions de kilomètres parcourus en moins par an entre 2012 et 2030 avec actions PDU. Cela équivaut, par jour, à environ 730 véhicules de moins sur tous les axes de la Métropole AMP.

► **Une part de véhicules légers électriques à 11% sur le réseau urbain et qui atteint 8% du trafic total sur la Métropole AMP en 2030**

L'analyse des données de trafic par énergie permet d'identifier les tendances et la contribution des énergies dites « propres » (GNV, GPL, électricité). Le développement des véhicules avec énergies « propres » passe de 87 millions de kilomètres parcourus en 2017 à 1 096 millions de kilomètres parcourus en 2030 avec mises en œuvre des actions du PDU (Figure 5).

Cela équivaut à retirer 8% du trafic des véhicules diesel ou essence sur l'ensemble de la Métropole et près de 11% du trafic des véhicules particuliers dans les zones urbaines et interurbaines.

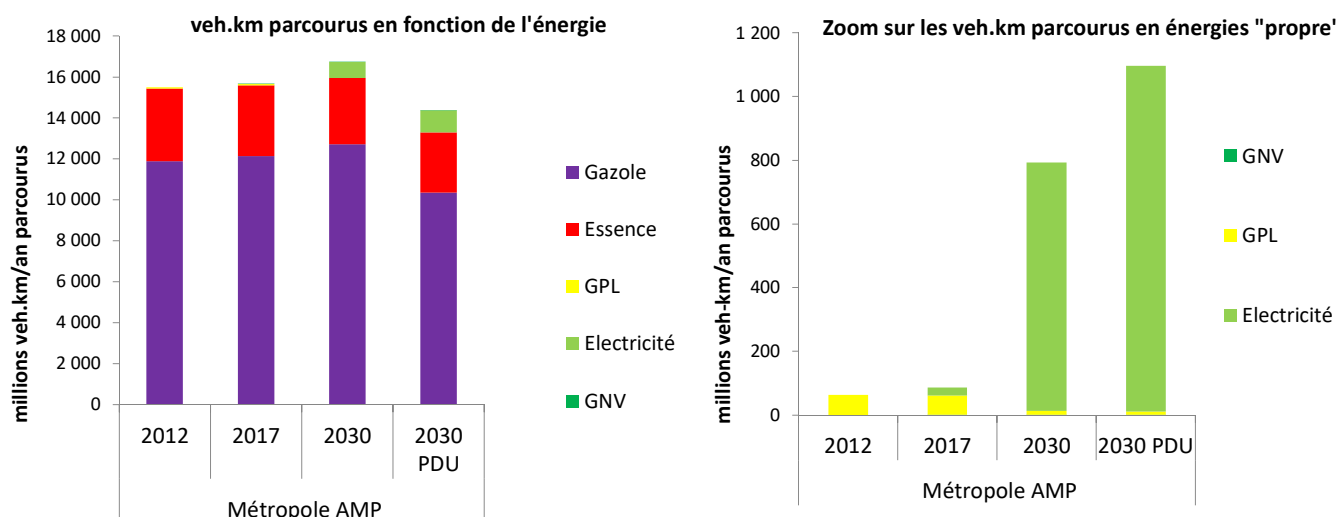


Figure 5 : Evolution du trafic routier à l'échelle de Métropole AMP suivant l'énergie

4.2 Emissions des principaux polluants atmosphériques

► **Les objectifs fixés par le PPA sont respectés**

Entre le scénario tendanciel 2030 et le 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU, les gains attendus sont compris entre - 13 et -18% pour les 3 polluants NO_x, PM10 et PM2.5 (Tableau 2).

Les objectifs de réduction des émissions fixés par le PPA des Bouches-du-Rhône de 10% pour les NO_x, PM10 et PM2.5 au-delà du tendanciel sont donc atteints.

► **Ceux recherchés par le PDU ne sont que partiellement atteints.**

Entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU, les évolutions des émissions de polluants atmosphériques sont de (cf Tableau 2) :

- -67 % pour les oxydes d'azote,
- -35 % pour les particules fines PM10
- et -48 % pour les particules fines PM2.5.

Les objectifs de réduction du PDU ne sont donc que partiellement atteints : l'objectif de réduction de -75% d'émissions d'oxydes d'azote n'est pas atteint tandis que les objectifs de -37% d'émissions de particules fines PM10 et de -50% pour les particules fines PM2.5 sont quasiment atteints avec respectivement -35% et -48%.

Polluants principaux émis en tonnes par an		Métropole AMP fil de l'eau			PDU	Evolution des émissions		Objectifs PDU 2012 - 2030
		2012	2017	2030	2030	2030 PDU / 2030	2030 PDU / 2012	
NOx	Oxydes d'azotes	13 328.1	11 010.1	5 372.9	4 418.2	-18%	-67%	-75%
PM10	Particules PM10	1 527.1	1 296.9	1 130.9	985.4	-13%	-35%	-37%
PM2.5	Particules PM2.5	1 086.7	851.1	645.6	561.2	-13%	-48%	-50%

Tableau 2 : Evolution des émissions en NOx et en particules fines PM10 et PM2.5

► **Une réduction de 67% des émissions d'oxydes d'azote entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre du PDU**

Les oxydes d'azotes sont majoritairement émis à l'échappement et par la surémission des moteurs à froid. Les véhicules légers représentent la principale source d'émissions de ce polluant parmi l'ensemble des véhicules (Figure 6). A l'horizon 2030 les réductions d'émissions les plus importantes portent sur les véhicules particuliers avec -57 % et également sur les poids lourds (-91 %), malgré l'augmentation de trafic attendu pour ce type de véhicules.

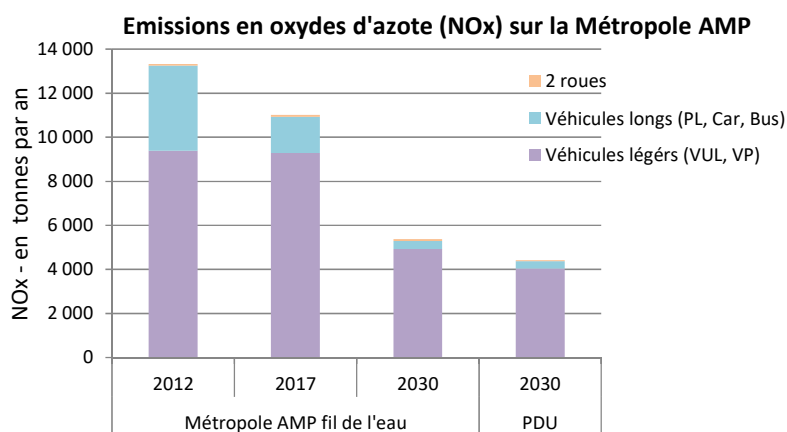


Figure 6 : Evolution des émissions en NOx par type de véhicules

► **Une diminution de -35 % des émissions des particules PM₁₀ entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre du PDU**

Pour les particules fines PM₁₀, la part d'émissions liée à la resuspension constitue la majorité des émissions en 2030 avec 56 %, contre 38 % en 2012 (Figure 7).

Si la part des émissions de PM₁₀ liées à l'échappement, à la surémission à froid et aux phénomènes d'usure (pneu, frein, route) diminue de -55 %, la contribution liée à la resuspension diminue uniquement de -4 %. **Ce phénomène limite la réduction possible d'émission pour les PM₁₀ qui atteint une réduction de -35 % entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU.**

A noter : les émissions de resuspension et d'usure sont directement liées à la quantité de trafic et ne sont pas aujourd'hui impactées par le type de technologie, que ce soit les normes euro ou le type de carburant.

Dans les facteurs d'émissions des véhicules à l'horizon 2030, il n'existe actuellement pas de donnée prospective sur des technologies qui permettraient de filtrer ou de collecter les particules issues des différentes phases d'usures et de resuspension. De tels systèmes sont à l'étude auprès des constructeurs automobiles mais aucun chiffre consolidé sur leur potentiel de réduction ou sur un éventuel déploiement n'est disponible au moment de cette étude.

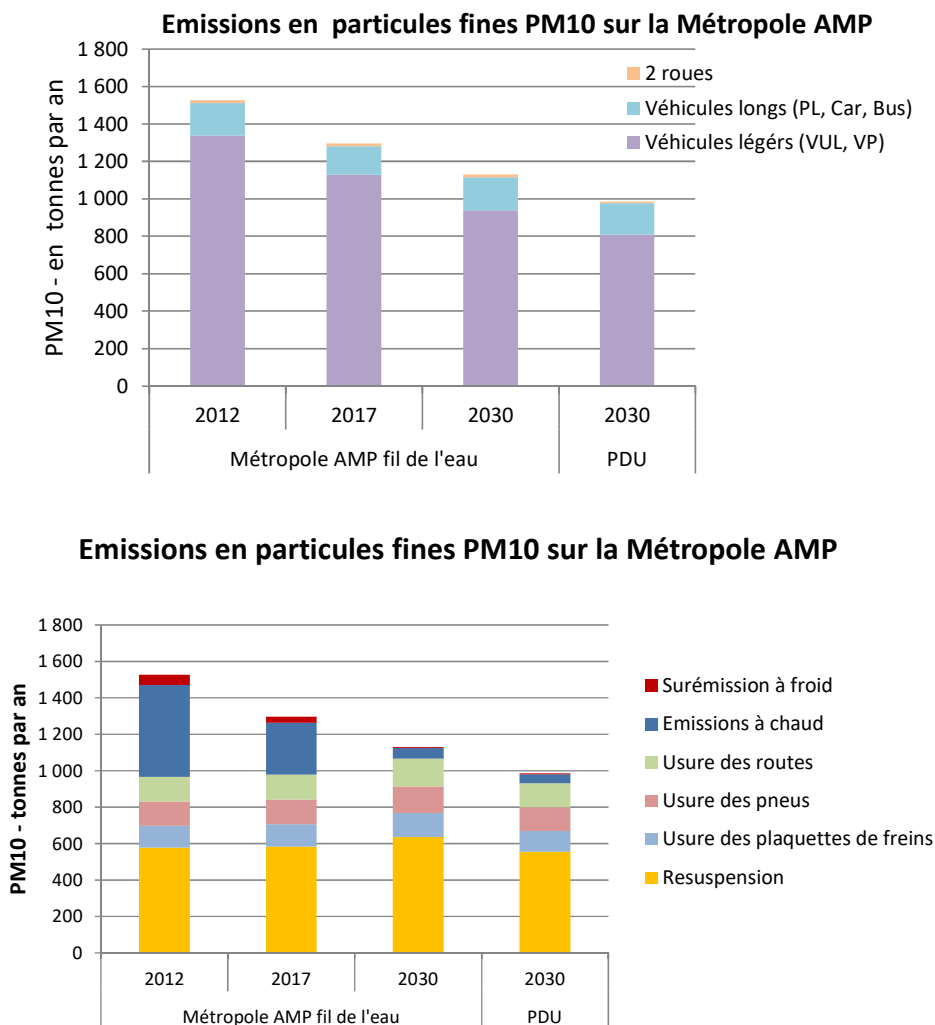


Figure 7 : Evolution des émissions en PM10 par type d'émission et par type de véhicules

► **Une diminution de 48 % des émissions des particules fines PM_{2,5} entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU**

Pour les particules fines PM_{2,5}, la part d'émissions liée à la resuspension constitue la majorité des émissions en 2030 avec 53 % (Figure 8). Elle ne représentait que 29 % en 2012, contre 38 % pour les PM₁₀.

Le gain obtenu pour les particules PM_{2,5} entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU (-48 %) est donc plus important que pour les particules fines PM10 (-35%).

Si la part des émissions des PM_{2,5} liées à l'échappement, à la surémission à froid et aux phénomènes d'usure (pneu, frein, route) diminue de 66 %, la contribution liée à la resuspension diminue uniquement de -4 %. **Ce phénomène limite la réduction possible d'émission pour les PM_{2,5}, qui atteint une réduction de 48% entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU.**

A noter : les émissions de resuspension et d'usure sont directement liées à la quantité de trafic et n'est pas aujourd'hui impacté par le type de technologie, que ce soit les normes euro ou le type de carburant.

Comme pour les particules fines PM10, il n'existe actuellement pas de données prospectives sur des technologies qui permettraient de filtrer ou de collecter les particules issues des différentes phases d'usures et de resuspension.

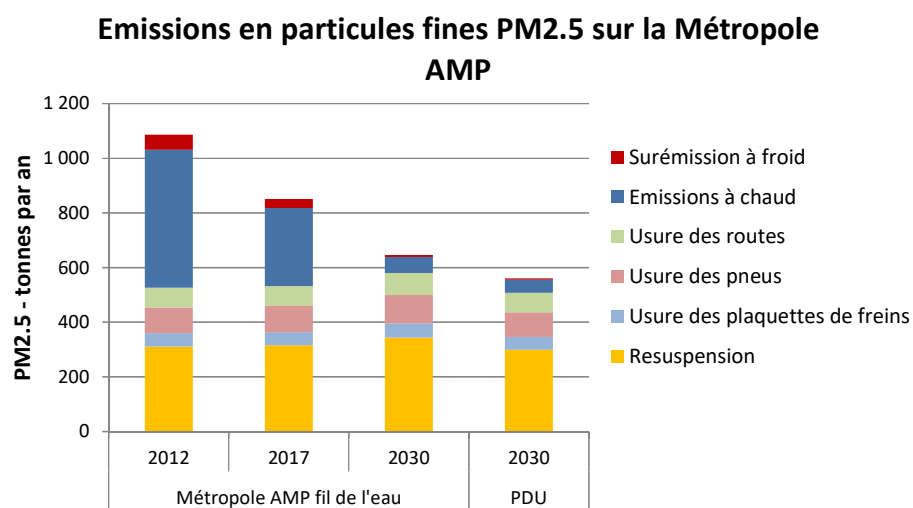
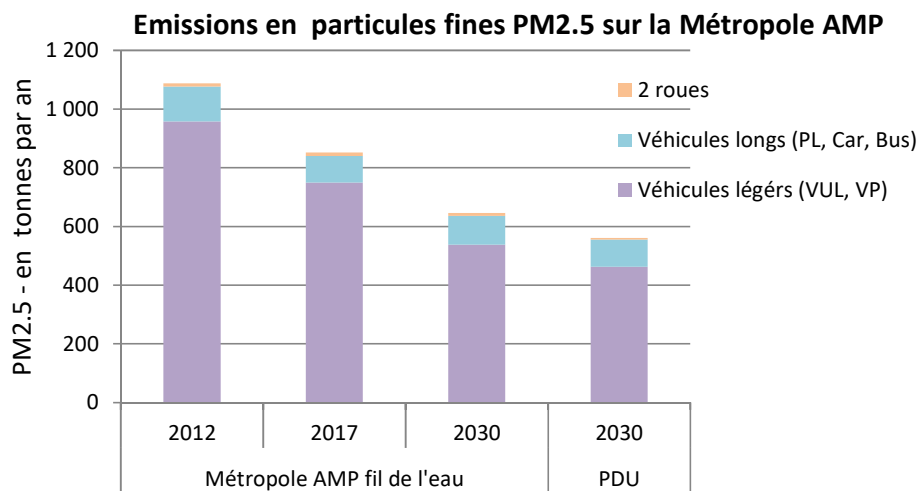


Figure 8 : Evolution des émissions en PM2.5 par type d'émissions et par type de véhicules

4.3 Emissions des 3 principaux gaz à effet de serre issus du transport routier sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille Provence

Les 3 principaux gaz à effet de serre pris en compte dans cette partie sont le dioxyde de carbone (CO₂), le protoxyde d'azote (N₂O) et le méthane (CH₄). Les gaz à effet de serre restants (famille des gaz fluorés) ne représentent qu'une faible partie des émissions de gaz à effet de serre, estimée à moins de 5% au niveau national¹. Les résultats présentés dans cette section ne les prennent pas en compte.

► Une réduction 26.4 % des émissions de GES entre 2012 et 2030 PDU

En termes de gaz à effet de serre sur l'ensemble de la Métropole Aix-Marseille Provence, une décroissance de 26.4 % des émissions du secteur des transports est attendue entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU (Figure 9). En l'état l'objectif de réduction de 26 % des émissions de GES est atteint.

La part des biocarburants dans les essences et le gazole devrait également passer de 6.8 % en 2012 à 14 % en 2030² : « Afin d'intégrer l'utilisation de l'énergie renouvelable dans le secteur des transports, chaque État membre impose une obligation aux fournisseurs de carburants afin de faire en sorte que, d'ici à 2030, la part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports atteigne au moins 14% (part minimale) ».

Comme mentionné dans le PDU, un des facteurs d'ajustement à grande échelle pourrait porter sur la part de biocarburant dans les carburants à l'horizon 2030. En effet, la part de 14 % précisée dans la directive européenne constitue un minimum.

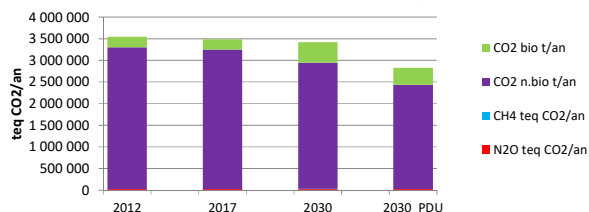
Dans le cas présent, il suffirait d'une part de biocarburant à 15 % pour atteindre une réduction de -27 % des émissions de GES en 2030 sur la Métropole AMP.

¹ CITEPA 2019 : <https://www.citepa.org/fr/secten/>

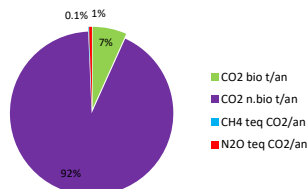
² Article 25 de la Directive (UE) 2018/2001 du parlement Européen et du conseil du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables. : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.FRA&toc=OJ.L:2018:328:TOC

		2012	2017	2030	2030_PDU
CO ₂ bio t/an	CO ₂ bio t/an	237 902	236 867	474 831	392 373
CO ₂ n.bio t/an	CO ₂ n.bio t/an	3 282 130	3 219 995	2 916 820	2 410 294
CH ₄ teq CO ₂ /an	CH ₄ teq CO ₂ /an	3 568	2 655	2 082	1 684
N ₂ O teq CO ₂ /an	N ₂ O teq CO ₂ /an	21 131	22 661	26 093	23 384
PRG 100	PRG 100 t/an	3 544 730	3 482 177	3 419 826	2 827 735
GES sans CO ₂ bio	GES sans CO ₂ bio t/an	3 306 828	3 245 310	2 944 995	2 435 362

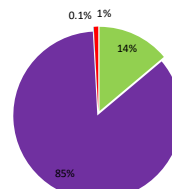
Evolution des émissions de GES Routier sur la Métropole AMP



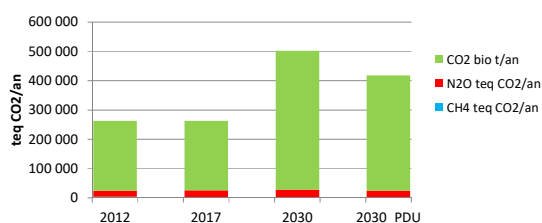
Répartition émissions 2012 GES



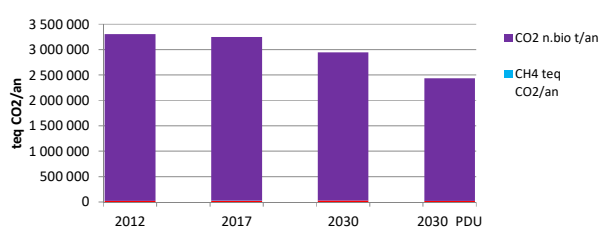
Répartition émissions 2030 GES



Evolution des émissions de GES (sauf CO₂ fossile)



Evolution des émissions de GES (sauf CO₂ bio)



	% variation émission GES 2012 - 2017	% variation émission GES 2012 - 2030	% variation émission GES 2012 - 2030_PDU	% variation émission GES 2030 - 2030_PDU
CO ₂ bio	-0.4%	99.6%	64.9%	-17.4%
CO ₂ n.bio	-1.9%	-11.1%	-26.6%	-17.4%
CH ₄ teq CO ₂	-25.6%	-41.6%	-52.8%	-19.1%
N ₂ O teq CO ₂	7.2%	23.5%	10.7%	-10.4%
PRG 100	-1.8%	-3.5%	-20.2%	-17.3%
GES sans CO ₂ bio	-1.9%	-10.9%	-26.4%	-17.3%

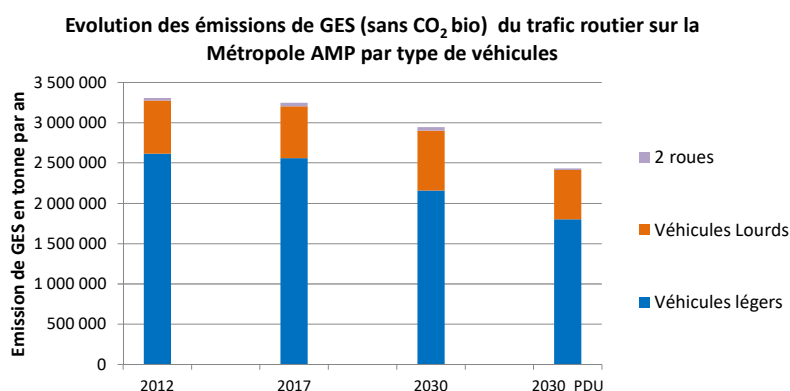
Figure 9 : Evolution des émissions de GES issues du transport routier sur la Métropole Aix-Marseille Provence

► **Le gain en émissions de GES est majoritairement induit par les véhicules légers**

Les différents scénarios réalisés montrent que le gain sur les émissions de GES entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU est majoritairement porté par les véhicules particuliers avec -25% pour les GES totaux (GES tot) et -31 % pour les GES sans CO₂ biomasse (CO₂ bio.) (Figure 10).

Sur les véhicules lourds, le gain est nul sur les GES avec CO₂ biomasse, ce qui tend à montrer que l'augmentation du trafic de poids lourds attendue (voir paragraphe 4.1) compense l'amélioration technologique du parc roulant. Le gain de -8 % de GES sans CO₂ bio pour les poids lourds est induit par l'introduction d'une part de biocarburant plus importante à l'horizon 2030 (voir paragraphe précédent).

Le scénario PDU met également en avant une diminution du nombre de 2 roues, permettant une réduction de 29% des émissions de GES sans CO₂ bio entre 2012 et 2030 avec actions PDU et une réduction de 44 % entre le scénario tendanciel 2030 et 2030 PDU.



	2012	2017	2030	2030_PDU	% variation émission GES 2012 - 2030_PDU	% variation émission GES 2030 - 2030_PDU
GES tot					-25%	-16%
Véhicules légers	2 806 903	2 748 292	2 506 703	2 093 650	0%	-18%
Véhicules Lourds	702 856	690 535	865 130	705 502	-24%	-44%
2 roues	34 971	43 349	47 993	26 691		

	2012	2017	2030	2030_PDU	% variation émission GES (sans CO ₂ bio) 2012 - 2030_PDU	% variation émission GES (sans CO ₂ bio) 2030 - 2030_PDU
GES sans CO ₂ bio					-31%	-16%
Véhicules légers	2 617 253	2 560 237	2 158 239	1 802 590	-8%	-18%
Véhicules Lourds	657 316	645 126	745 383	607 870	-29%	-44%
2 roues	32 259	39 947	41 373	23 008		

Figure 10 : Evolution des émissions de GES (sans CO₂ biomasse) par type de véhicules sur la Métropole Aix-Marseille Provence

4.4 Consommation en énergie du transport routier sur le territoire de la Métropole Aix-Marseille Provence

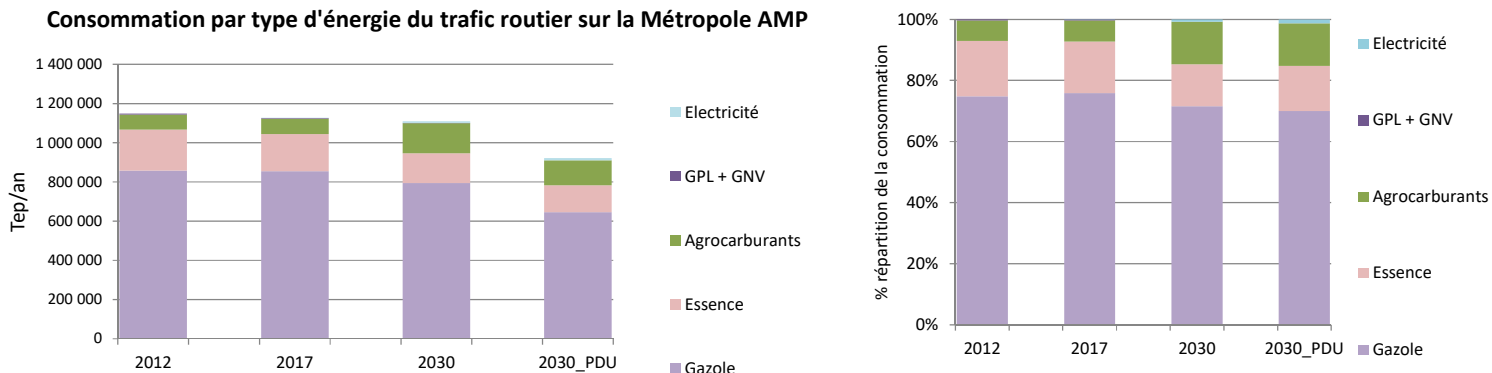
► Une baisse sensible de la consommation d'énergie

La consommation d'énergie du secteur des transports routiers sur la Métropole AMP entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU, devrait décroître au total de 19,7 % (Figure 11).

Entre le scénario tendanciel 2030 et les scénario 2030 avec les actions PDU, le gain de consommation d'énergie est de 16,8 %.

Les énergies fossiles utilisées dans le secteur du transport routier restent la principale source d'énergie de ce secteur en 2030 avec 85 % de la consommation énergétique. Toutefois, avec une hypothèse de 14 % de biocarburant à l'horizon 2030 (voir paragraphe 4.3), à laquelle s'ajoute l'évolution du parc roulant et les actions du PDU de la Métropole, la diminution de consommation des énergies fossiles devrait atteindre 26,9 % entre 2012 et 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU.

Consommation par type d'énergie du trafic routier sur la Métropole AMP



tep/an	2012	2017	2030	2030
Gazole	858 702	854 047	794 685	645 358
Essence	208 135	191 330	151 394	137 154
Agrocarburants	77 844	77 379	154 013	127 386
Electricité	-	328	8 613	11 977
GPL + GNV	4 030	3 857	767	654
Consommation total	1 148 711	1 126 942	1 109 472	922 528
Consommation énergie fossile	1 070 867	1 049 234	946 846	783 166

Variation de la consommation total	2012	2017	2030	2030_PDU
2012		-1.9%	-3.4%	-19.7%
2017			-1.6%	-18.1%
2030				-16.8%
2030_PDU				

Variation de la consommation énergie fossile total	2012	2017	2030	2030_PDU
2012		-2.0%	-11.6%	-26.9%
2017			-9.8%	-25.4%
2030				-17.3%
2030_PDU				

Figure 11 : Evolution des consommations annuelles d'énergie exprimées en tep par le transport routier sur la Métropole Aix-Marseille Provence

5. Evaluation sur les concentrations en NO₂ et PM₁₀ de la mise en œuvre des actions du PDU à l'échelle de la métropole Aix Marseille Provence

Après l'évaluation des actions du PDU sur les émissions en polluants atmosphériques et en gaz à effet de serre, AtmoSud a estimé l'impact de ces mêmes actions en termes d'impact sur la qualité de l'air (c'est-à-dire en concentrations). Seules les actions qui ont pu être affectées au réseau routier sont prises en compte dans cette partie.

Les hypothèses prises en compte ont été validées par l'agAM à la date du 22 novembre 2019.

Dans cette partie portant sur les concentrations, les années étudiées sont 2017 et 2030. La comparaison des concentrations pour l'année 2012 et les chiffres d'exposition des populations associés ne sont pas apparus pertinents dans le cadre de l'évaluation des actions du PDU car fortement influencées par les conditions météorologiques. Les variations observées ne peuvent donc pas être directement associées à des évolutions d'émissions.

5.1 Evolutions des émissions par axes routiers entre 2017 et 2030 avec mises en œuvre des actions du PDU

A partir des trafics affectés par l'agAM sur le réseau routier métropolitain pour les différents scénarios, un travail sur les émissions a été mené par AtmoSud. Ce travail permet d'estimer l'évolution des émissions annuelles en NO₂ et en PM₁₀ pour chacun des brins routiers du réseau suivant la méthodologie décrite dans la section 3.

A noter : les évolutions dues à l'ouverture de nouvelles voies ne sont pas représentées sur ces cartes entre la situation 2017 et le tendanciel 2030 car les évolutions sont exprimées relativement à la situation de référence, donc 2017. Ces nouveaux aménagements sont toutefois pris en compte pour le calcul des champs de concentrations et l'estimation des populations exposées.

► Evolutions des trafics

Les évolutions de trafics exprimés en trafic moyen journalier annuel (ou TMJA) entre les différents scénarios et utilisées pour les calculs des émissions sont représentées dans les figures Figure 12 et Figure 13.

La tendance globale est à une croissance des trafics sur l'ensemble de la métropole entre 2017 et 2030.

Seuls quelques axes présentent des baisses significatives en raison de nouveaux aménagements permettant un délestage du trafic comme dans le centre-ville de Marseille ou la nationale reliant Martigues à Fos-Sur-Mer (Figure 12).

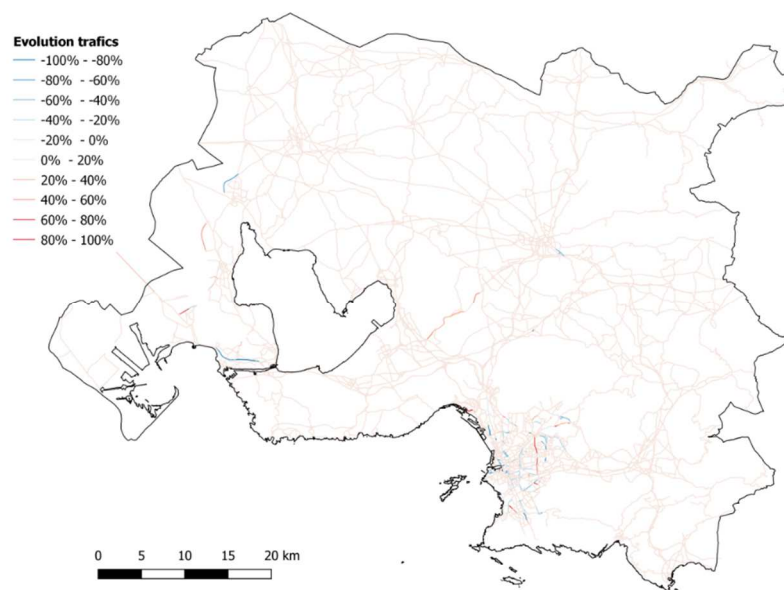


Figure 12 : Evolution des trafics (TMJA) par axes du réseau entre 2017 et 2030

Les actions du PDU permettront une diminution globale des trafics sur le réseau métropolitain avec des baisses sensiblement plus importantes dans l'hyper-centre de la ville de Marseille (Figure 13).

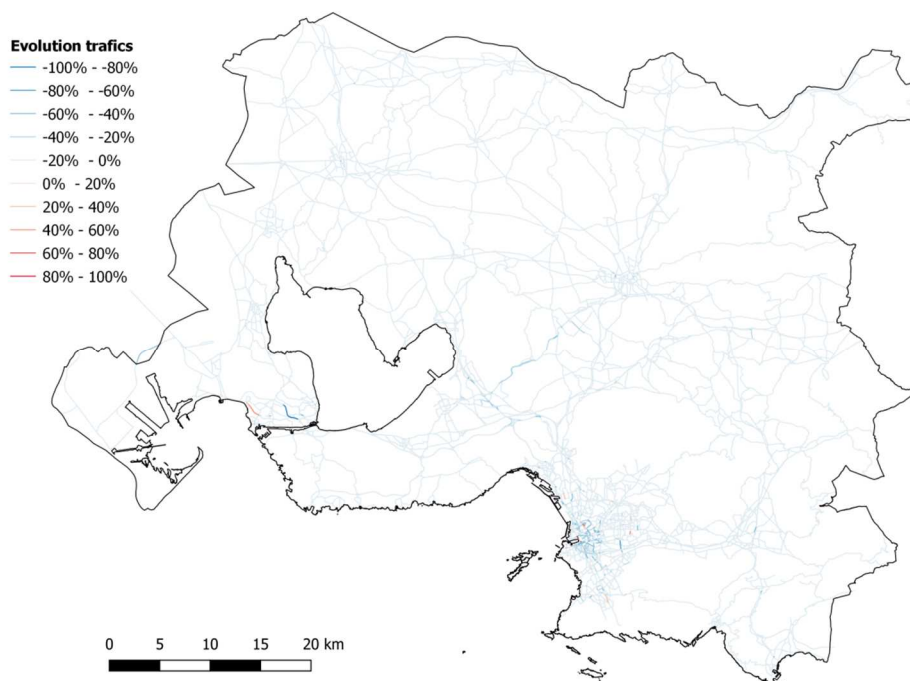


Figure 13 : Evolution des trafics (TMJA) par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU

► Evolutions des émissions en NO₂ et PM₁₀

Cette section présente les évolutions spatiales d'émissions de polluants entre l'année de référence 2017 et le tendanciel pour l'année 2030 (Figure 14 et Figure 16) ainsi que les évolutions associées uniquement aux actions du PDU entre le tendanciel pour l'année 2030 et le scénario 2030 avec les actions du PDU (Figure 15 et Figure 17).

L'analyse globale sur l'évolution des émissions entre ces différents scénarios est donnée dans la section 4.

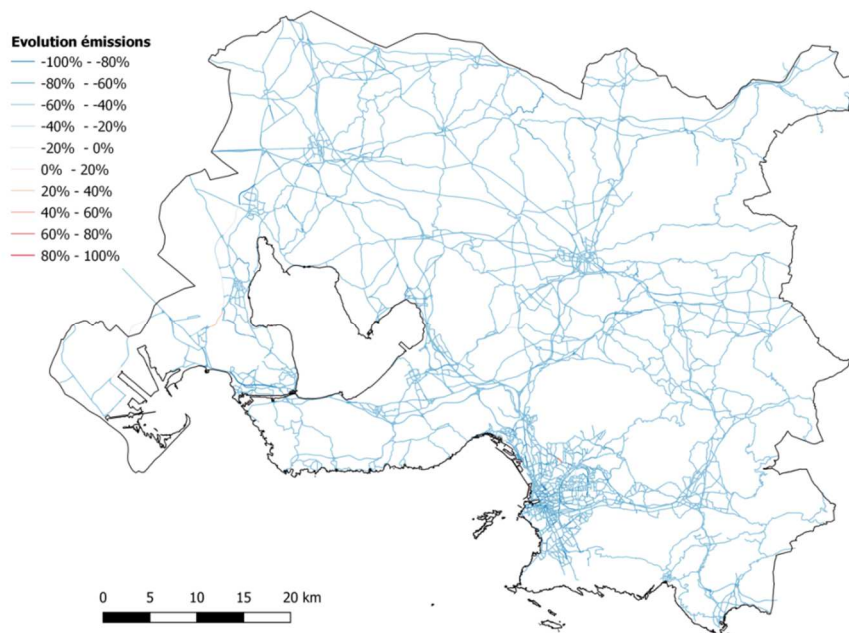


Figure 14 : Evolution des émissions routières annuelles en NO₂ par axes du réseau entre 2017 et 2030

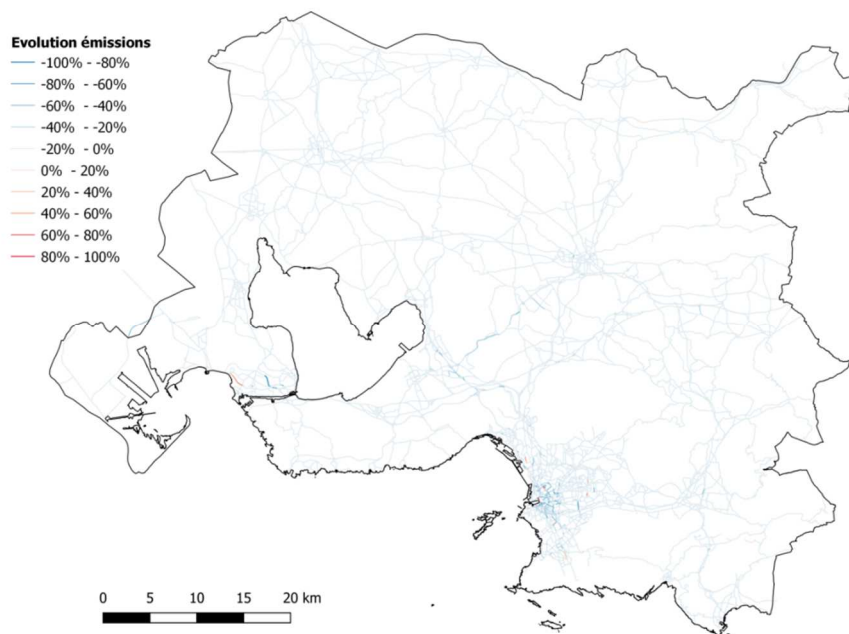


Figure 15 : Evolution des émissions routières annuelles en NO₂ par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU

Entre la situation de l'année de référence 2017 et le scénario tendanciel 2030, des abaissements significatifs des émissions en NO₂ sont observés sur l'ensemble du territoire métropolitain. Les trafics augmentant sur cette période, les diminutions en émissions sont dues principalement aux évolutions du parc roulant.

En lien avec l'évolution du trafic entre le scénario tendanciel 2030 et le scénario 2030 avec mise en œuvre des actions du PDU, les principales baisses en émissions sont attendues au niveau de l'hyper-centre de la ville de Marseille.

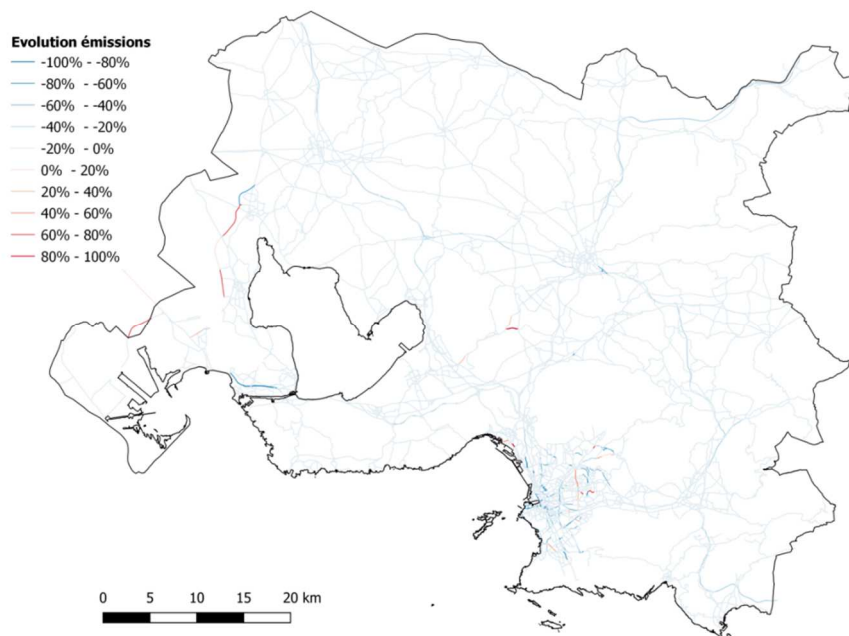


Figure 16 : Evolution des émissions routières annuelles en PM10 par axes du réseau entre 2017 et 2030

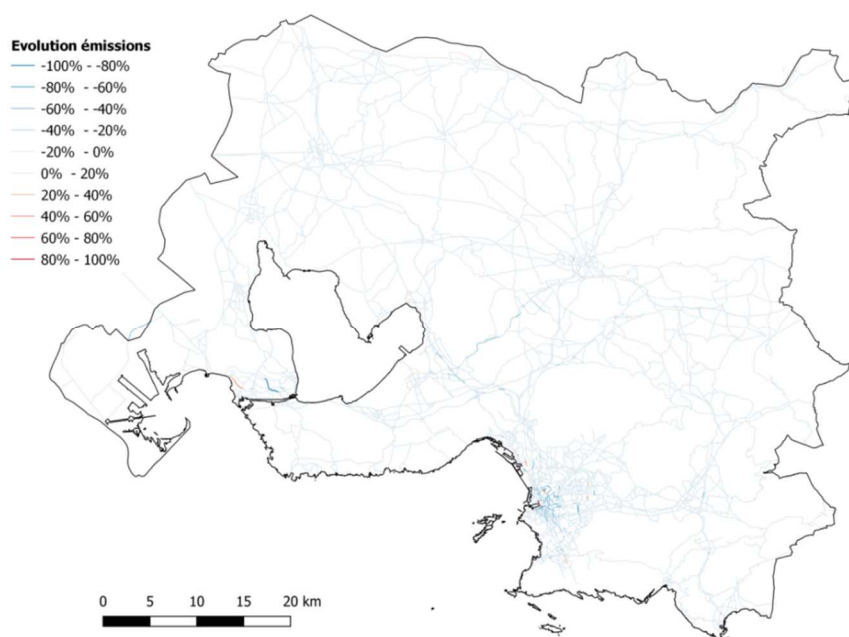


Figure 17 : Evolution des émissions routières annuelles en PM10 par axes du réseau entre 2030 et 2030 avec les actions du PDU

Une part importante des émissions de particules étant issue de l'usure des équipements et de la resuspension, les diminutions en émissions de PM₁₀ sont moins marquées que pour les émissions de NO₂ entre le scénario de référence 2017 et le tendanciel 2030. Ainsi, sur certains axes où une augmentation significative du trafic est attendue, les émissions de PM₁₀ sont en augmentation.

Les réductions de trafic attendues suites à la mise en place des actions du PDU devraient permettre une diminution des émissions de PM₁₀ avec la même tendance que pour les émissions de NO₂.

5.2 Calcul pour la situation de référence

Le modèle de dispersion retenu pour le calcul de la situation de référence est ADMS-Urban (v3.1) [Atmospheric Dispersion Modelling System] développé par le CERC [Cambridge Environmental Research Consultant]. Il permet de reproduire le transport des polluants émis dans l'atmosphère par différents types de sources (industrielles, routières, résidentielles, ...) en fonction des conditions météorologiques. La formulation du modèle permet d'intégrer ces sources de pollution suivant différentes configurations afin de reproduire au mieux leurs impacts sur les concentrations de polluants : sources ponctuelles, linéaires, surfaciques ou volumiques. La dispersion des panaches dans le modèle est contrainte par les champs météorologiques provenant soit d'observation sur site, soit de modèle numérique. Les variables nécessaires permettent de caractériser l'état de l'atmosphère et de reproduire les mouvements de l'air dans les trois dimensions ainsi que de reproduire les phénomènes d'élimination des polluants tels que le dépôt humide par les précipitations. Le modèle permet également de considérer les différents paramètres environnementaux du domaine d'étude pouvant induire une modification de l'écoulement tels que la topographie, l'occupation du sol, la rugosité...

Sa formulation de type gaussienne est adaptée aux études réalisées à des résolutions spatiales fines en permettant une grande liberté dans le positionnement des points de calculs. Il est possible de répartir ces points à des distances plus ou moins proches des sources d'émissions pour reproduire le plus finement possible les variations de concentrations dans les zones d'intérêts (Figure 18). Pour cette étude, la résolution finale de restitution des champs de concentrations est de 25 mètres sur l'ensemble du domaine d'étude.



Figure 18: Exemple de positionnement des points de calculs pour le traitement des sources linéaires (gauche) et des sources ponctuelles (droite)

L'intégralité des sources d'émissions, calculée par AtmoSud dans le cadre de la réalisation annuelle de l'inventaire régional des émissions sur la région Provence-Alpes-Côte-D'azur est intégrée dans le calcul de dispersion³. Cela comprend l'intégralité des émissions dues aux activités industrielles et à la production d'énergie, la gestion des déchets, les transports routiers et non routiers tels que le transport aérien et maritime, les activités du secteur tertiaire ainsi que celles du résidentiel, les activités du secteur agricole et toutes les sources naturelles d'émissions.

Pour les études couvrant un territoire de grandes dimensions (plusieurs kilomètres), le domaine d'étude est découpé en multiples sous-domaines permettant d'intégrer des conditions météorologiques adaptées à chaque sous-domaine et pouvoir tenir compte de propriétés physiques différentes telles que la rugosité, l'albedo, ... Les sous-domaines utilisés pour le calcul de référence de cette étude sont de 6km x 6km avec un découpage plus fin sur l'hyper-centre de la ville

³ AtmoSud, Les inventaires territoriaux Air-Climat-Energie, 2019 -
https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/190724_plaquette_inventaires_territoriaux_0.pdf

de Marseille et des sous-domaines de 3km x 3km en raison de limitations de formulations mathématiques du modèle (Figure 19)

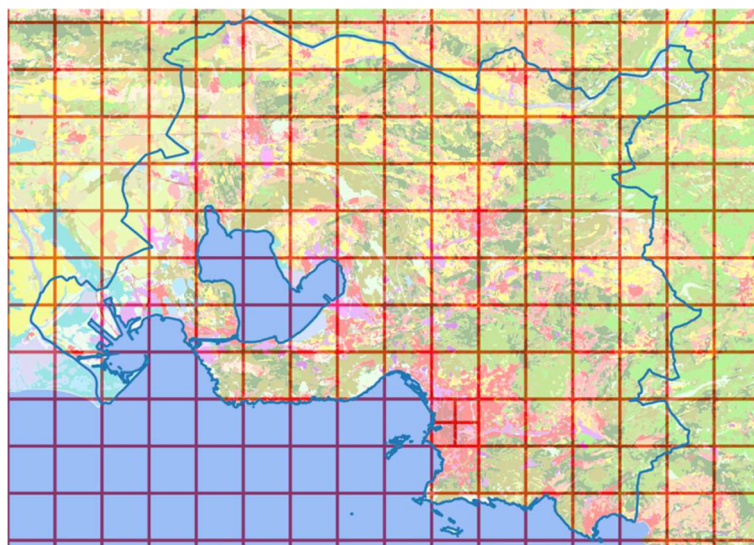


Figure 19 : Emprise des sous-domaines de calculs sur la métropole

Les données d'observation des stations fixes du réseau d'observation de la qualité de l'air déployé par AtmoSud ainsi que l'ensemble des campagnes de mesures mobiles et temporaires sont assimilés aux résultats de modélisations dits « bruts ». Cette étape de correction des simulations permet de garantir la meilleure représentation des champs de concentrations en s'assurant que les résultats fournis sont conformes aux observations à l'emplacement des sites de mesures (Figure 20).

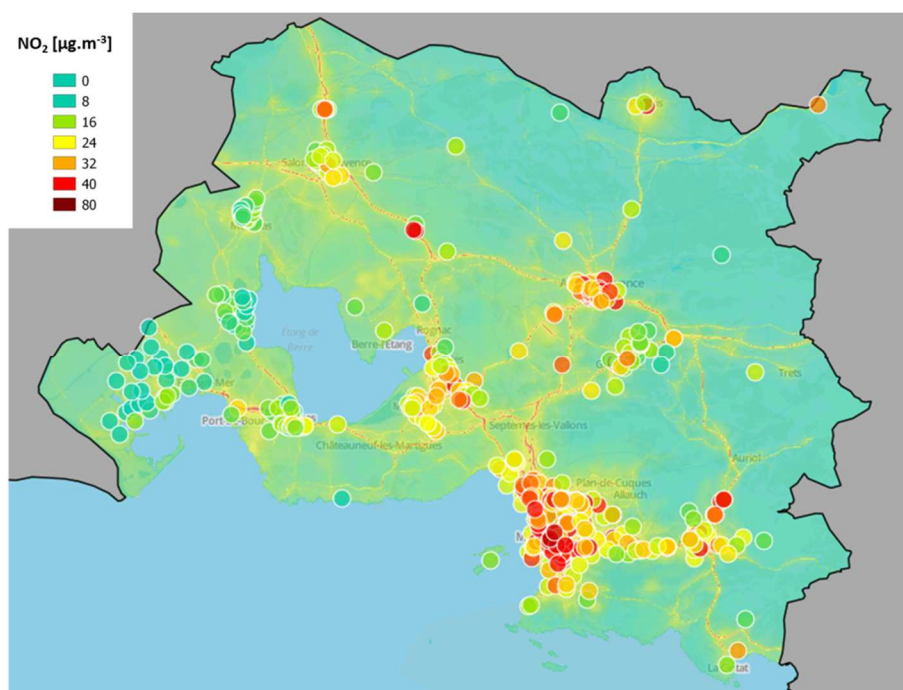


Figure 20 : Localisation des points de mesure utilisés dans l'assimilation des observations pour la réalisation de la cartographie de la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2017 sur la métropole

Une agrégation temporelle des résultats obtenus est effectuée pour chacune des mailles du domaine d'étude afin de calculer les statistiques réglementaires associées aux polluants pris en compte. Pour cette étude, les statistiques réglementaires sont la moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO₂) dont la valeur limite est fixée à 40 µg/m³ ainsi que le percentile 90.4 de la concentration journalière en PM₁₀, correspondant à la concentration moyenne journalière du 36^{ème} jour le plus élevé, dont la valeur limite est fixée à 50 µg/m³.

Cette chaîne de calculs est développée depuis plusieurs années par les équipes d'AtmoSud. Elle est utilisée dans différentes études et également pour la réalisation des cartographies annuelles. Ces sorties permettent d'estimer les surfaces et populations exposées aux dépassements des valeurs limites en dioxyde d'azote (NO₂) ainsi qu'en particules fines (PM₁₀) pour alimenter les rapports annuels au niveau européen. Un exemple de cartographie annuelle en NO₂ calculée avec ce modèle à l'échelle régionale est donné en Figure 21.

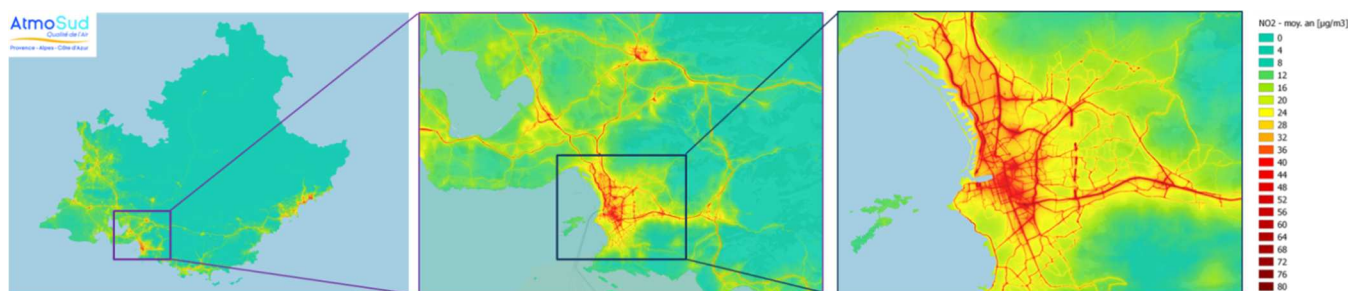


Figure 21 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2017 à l'échelle régionale

Les cartographies des champs de concentration des statistiques réglementaires de l'année 2017 à l'échelle du territoire métropolitain sont fournies dans les figures 22 et 23 respectivement pour le NO₂ et les PM₁₀. Ces cartographies servent de référence pour l'évaluation des concentrations de cette étude.

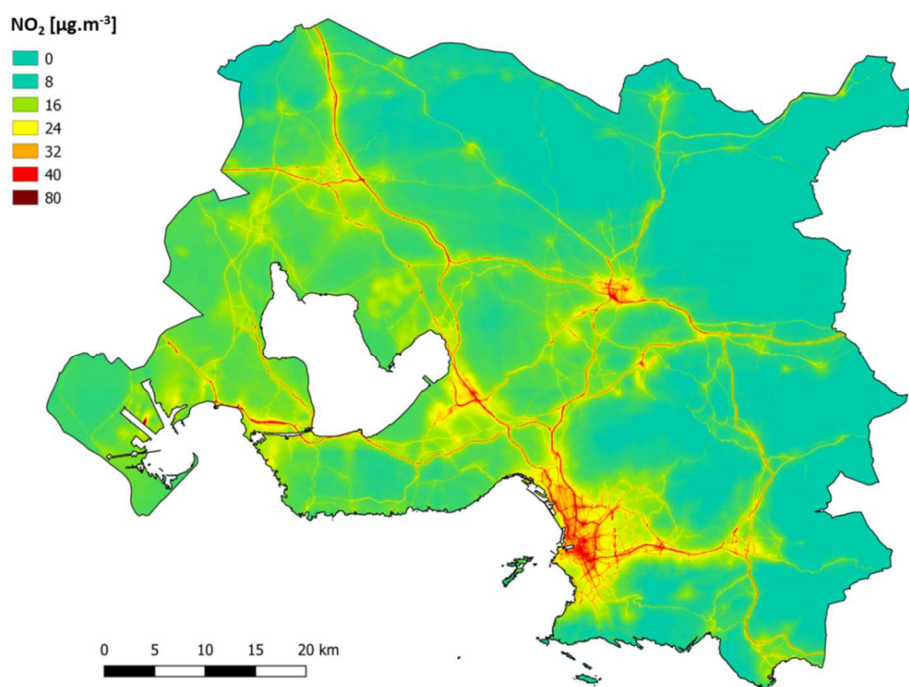


Figure 22 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

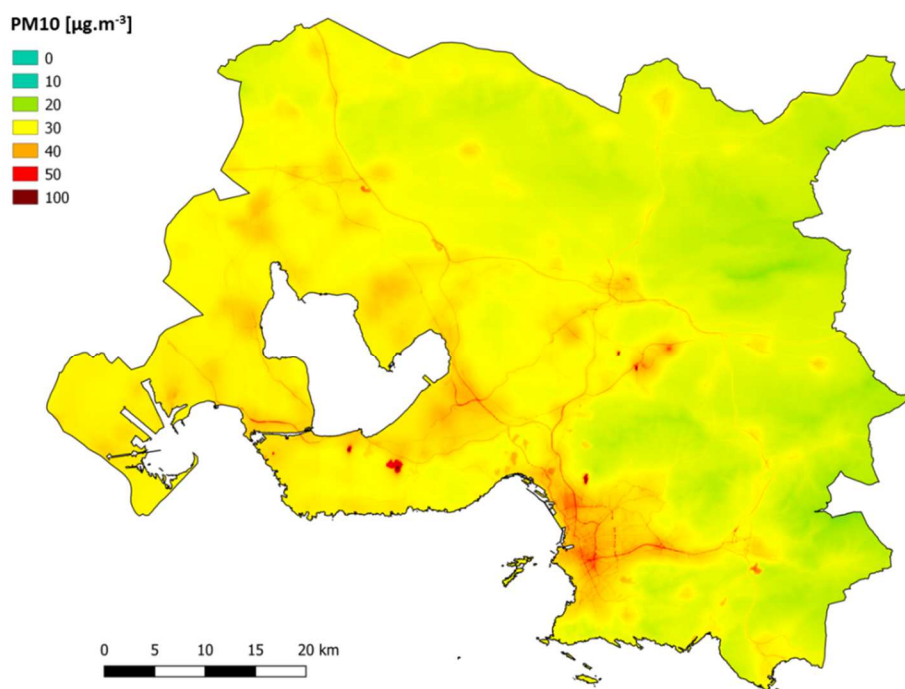


Figure 23 : Cartographie des niveaux annuels 2017 en PM₁₀ (percentile 90.4 des moyennes journalières exprimé en µg/m³)

5.3 Méthodologie de calcul pour les scénarios

Pour estimer l'impact des évolutions des émissions routières sur les champs de concentrations en respectant les délais de travaux, une méthode spécifique d'estimation a été développée et mise en œuvre. Cette méthode vise à simplifier les calculs d'impact sur les concentrations et à réduire les temps de calculs associés. Les résultats produits par cette méthode fournissent une valeur de concentrations indicative et ne se substituent pas à la réalisation d'une étude de dispersion complète.

L'hypothèse de base permettant la simplification du système est de considérer une relation linéaire directe au niveau de la source de rejet de polluants entre les émissions de polluants et leurs contributions à la concentration. La dispersion de cette contribution autour des axes routiers est ensuite représentée par une décroissance gaussienne, fonction de la distance à l'axe, de formulation :

$$\text{Contribution}(d) = \alpha \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{d-\mu}{\sigma} \right)^2},$$

avec : d la distance à l'axe, α un facteur d'évolution, μ et σ les paramètres d'ajustement de la fonction gaussienne.

La réalisation de plusieurs tests paramétriques a permis de définir l'ajustement des paramètres des gaussiennes (écart-type) en fonction de la distance à l'axe, du trafic associé et du polluant étudié.

► Méthodologie de calculs pour les concentrations en particules PM₁₀

Pour appliquer cette méthode d'estimation aux concentrations en PM₁₀, il est nécessaire au préalable d'estimer la contribution du secteur routier sur les concentrations en particules dans le périmètre de l'étude. Pour cela, AtmoSud dispose sur le site de Longchamp de plusieurs moyens de mesures des particules fines : BAM, AE33, ainsi que des préleveurs permettant la collecte sur filtre des particules.

Le BAM est l'analyseur de référence permettant une mesure continue de la concentration massique en PM₁₀ et PM_{2.5} à un pas de temps horaire. Il est complété par un AE33 mesurant le carbone suie, ou « Black carbon », à différentes longueurs d'onde et permettant d'estimer la contribution du trafic routier et de la combustion de biomasse sur les concentrations en PM₁₀⁴. De plus, une étude caractérisant la composition des particules en suspension dans l'air et permettant de remonter aux contributions des sources émettrices, a été menée sur la base de prélèvements effectués de 2014 à 2016 sur les villes de Marseille, Nice et Port-de-Bouc⁵.

Les résultats issus de ces différents travaux permettent d'obtenir une estimation de la contribution du trafic routier aux concentrations en PM₁₀ sur le site de fond urbain de Longchamp, représentatif du fond urbain de la métropole d'Aix-Marseille (Tableau 3).

Tableau 3 : Estimation de la contribution du transport routier sur les concentrations en PM₁₀ au niveau du site de fond urbain de Marseille Longchamp à partir des données AE33 et de l'étude « 3 villes ».

Estimation de la part du trafic routier sur le site de fond.	2016 et 2017– AE 33 Black Carbon	2014-2016 Etudes 3 Villes
Période froide	16.2%	16%
Période chaude	13.7%	15%
Moyenne	14.7%	15 %

Les résultats issus de deux méthodes totalement distinctes sont homogènes et permettent d'évaluer la contribution du transport routier sur les concentrations en PM₁₀ de fond urbain dans la métropole d'Aix-Marseille à 15 %.

Pour l'application de cette méthode d'évaluation, il est également nécessaire d'estimer la contribution du secteur routier sur les concentrations en proximité du trafic. Cette estimation est réalisée en analysant les écarts entre les sites urbains de fond du territoire, comme le site de Marseille / Longchamp, et les sites de typologie trafic routier les plus proches, comme le site de Marseille / Rabatau, ainsi qu'en analysant les contributions du trafic routier mesurées lors de campagne temporaire sur des sites sous l'influence directe du transport routier.

Ces différents résultats permettent d'évaluer la sur-contribution du transport routier sur les concentrations des sites à proximité du trafic routier à 20%.

Pour calculer l'abattement des concentrations en particules par l'application de la méthode mise en œuvre dans le cadre de cette étude, il est alors nécessaire d'appliquer tout d'abord le facteur d'abattement moyen issu du calcul des émissions proportionnellement à la contribution du transport routier sur les concentrations de fond urbains, de manière homogène sur l'ensemble du domaine d'étude. Puis l'abattement en émissions sur chacun des axes est appliqué au niveau des sources d'émissions proportionnellement à la contribution du transport routier sur les concentrations de proximité avec une décroissance gaussienne en s'éloignant de l'axe.

Les résultats obtenus par l'application de cette méthode sur les concentrations en PM₁₀ à l'horizon 2030 ainsi que ceux obtenus après l'application des actions du PDU sont présentés dans la section 5.4.

► Méthodologie de calculs pour les concentrations en NO₂

Une version spécifique de la méthodologie d'estimation a été adaptée pour les concentrations en NO₂. Lors de la réalisation de la cartographie de référence 2017, une correction aux modélisations brutes est apportée afin de corriger les différences entre les observations et les résultats des simulations. Cette correction permet d'ajuster les incertitudes

4 Bilan 2016 : <https://www.airpaca.org/publications/bilan-2017-des-mesures-de-black-carbon>

5 Etude 3 ville : <https://www.airpaca.org/publications/etude-de-la-composition-chimique-des-pm10-marseille-nice-et-port-de-bouc>

liées aux calculs de la dispersion et des émissions. En effet, même si l'inventaire des émissions calculé par AtmoSud se veut le plus exhaustif possible, il n'est pas possible de considérer l'intégralité des sources routières sur le territoire. Le réseau routier considéré dans l'inventaire et servant de base à cette étude est constitué des axes structurants et principaux du territoire métropolitain. Toutefois, il ne prend pas en considération des axes secondaires, mineurs au regard des axes structurant tels que les autoroutes ou les axes interurbains mais qui participent toutefois aux concentrations de fond en NO₂, notamment dans les principaux centres urbains. Cette limite du calcul entraîne une partie de la sous-estimation des concentrations simulées, dites « simulations brutes ». La part ajoutée par l'assimilation des observations est appelée la « part corrigée ».

Comme expliqué dans la partie précédente, la part corrigée dans le calcul de référence est associée en partie à des émissions non prises en compte dans l'inventaire. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce déficit. La part corrigée peut être intégralement associée au secteur des transports routiers. Dans ce cas, les réductions d'émissions en NO₂ obtenues grâce à l'amélioration technologique des motorisations devraient impacter les concentrations de fond au même titre que les concentrations de proximité et la part corrigée des concentrations devraient également subir un abattement. A l'opposé, il est possible de formuler l'hypothèse que l'intégralité des émissions du secteur routier est explicitée dans la simulation et que la part corrigée des concentrations en NO₂ est associée aux autres secteurs d'émissions tels que les autres transports, le secteur industriel ou le résidentiel. Avec cette hypothèse, la part corrigée des concentrations ne doit pas être impactée par les variations d'émissions du secteur routier. Au regard des multiples incertitudes associées à l'ensemble de la chaîne de calculs, l'ensemble des secteurs d'émissions peut être soumis à une sous-estimation sans qu'il soit aujourd'hui possible d'affirmer dans quelles proportions ces sous-estimations se distribuent dans les différents secteurs d'activité.

Pour tenir compte des limites explicitées, deux calculs ont été réalisés pour estimer les concentrations en NO₂ scénarisées. Dans les deux méthodes, la première étape du calcul consiste à appliquer la méthode de décroissance gaussienne le long de chacun des axes proportionnellement à la décroissance en émissions correspondante. Cette étape permet d'estimer les concentrations brutes scénarisées. Les calculs diffèrent dans la seconde étape, consistant à tenir compte de la sous-estimation des concentrations initiales. Dans un premier cas, la part corrigée est ajoutée aux concentrations brutes scénarisées sans aucune modification par rapport à la situation de référence. Cet ajout a pour effet de minimiser l'impact des évolutions des émissions du secteur routier sur les concentrations globales en NO₂. Les résultats de ce calcul sont présentés sous la mention « hypothèse haute » dans le reste du document. Dans le second cas, un facteur d'abattement moyen est appliqué à la part corrigée avant d'être ajoutée aux concentrations brutes scénarisées. Cet abattement correspond à la diminution moyenne des émissions en NO₂ du secteur routier sur le domaine d'étude. L'application de cet abattement a pour effet de maximiser l'impact des évolutions des émissions du secteur routier sur les concentrations globales en NO₂. Les résultats de ce calcul sont présentés sous la mention « hypothèse basse » dans le reste du document. La mise en œuvre de ces deux calculs permet d'obtenir un intervalle de résultats à l'intérieur duquel doit se trouver la valeur à estimer.

5.4 Cartographies des concentrations en particules

Un travail équivalent pour les concentrations annuelles en particules permet d'estimer l'évolution de leurs champs de concentrations pour les différents scénarios. Pour chacun des scénarios, une cartographie des différences est présentée afin d'évaluer dans un premier temps l'impact des évolutions du tendanciel et dans un second temps, l'impact sur les concentrations uniquement associé à la mise en place des actions du PDU.

► Scénario tendanciel 2030

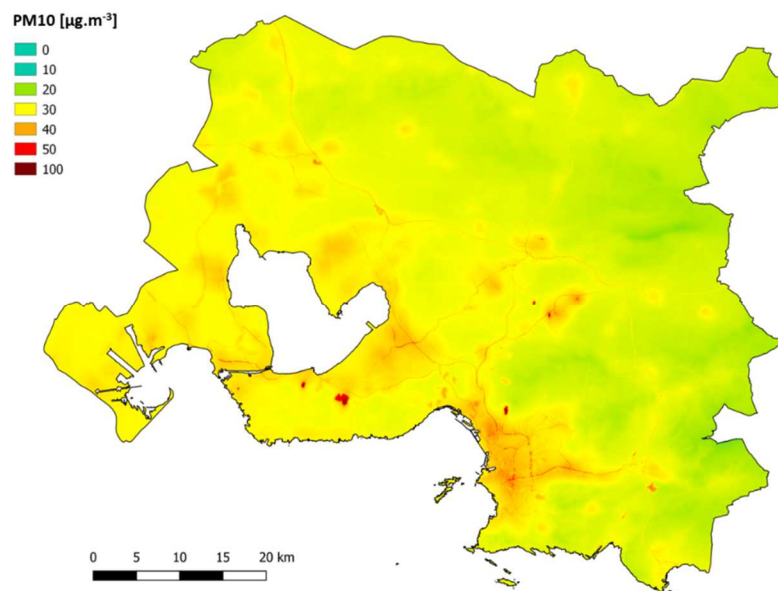


Figure 24 : Cartographie des niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

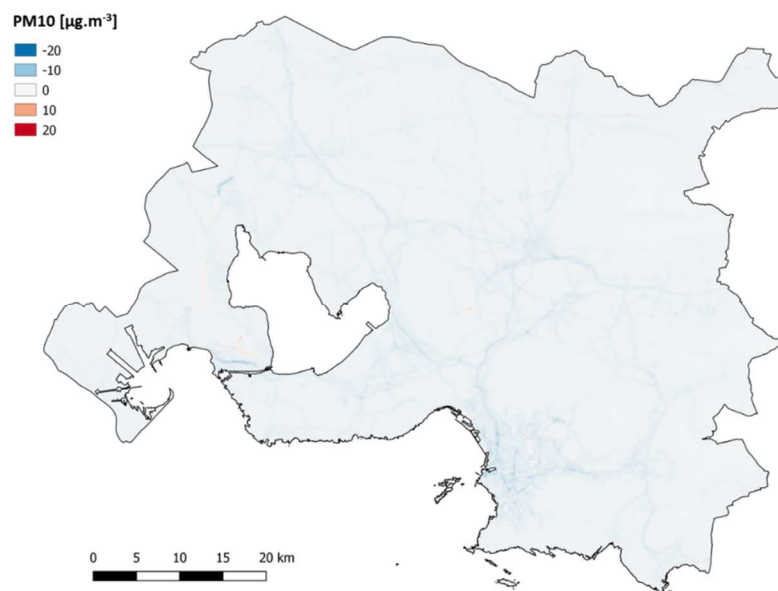


Figure 25 : Cartographie des différences entre les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 et les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

A l'horizon 2030, les concentrations en PM10 ne devraient évoluer que faiblement sur l'ensemble de la métropole. Cette faible diminution est directement liée à la tendance présentée pour les émissions de particules ainsi qu'à la contribution de ce secteur sur les concentrations. Les principales diminutions sont attendues sur le centre-ville de Marseille et le réseau structurant interurbain.

► **Scénario 2030 avec les actions du PDU**

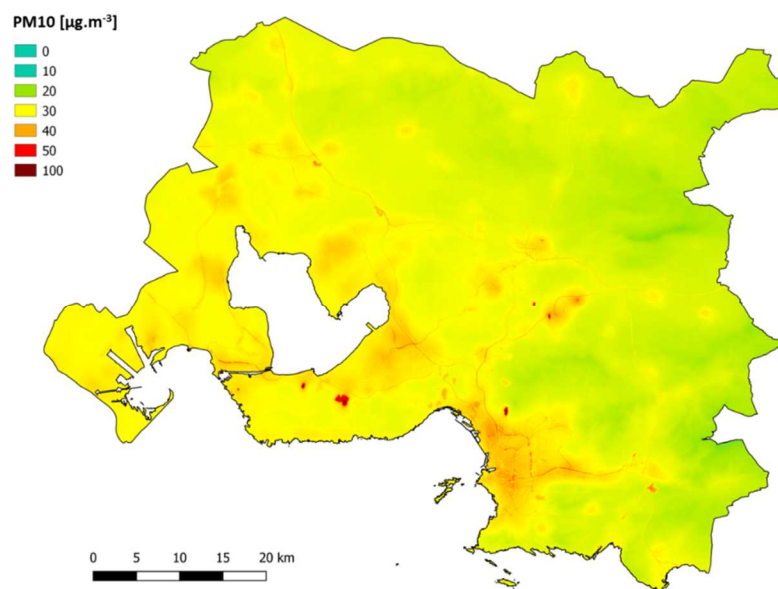


Figure 26 : Cartographie des niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

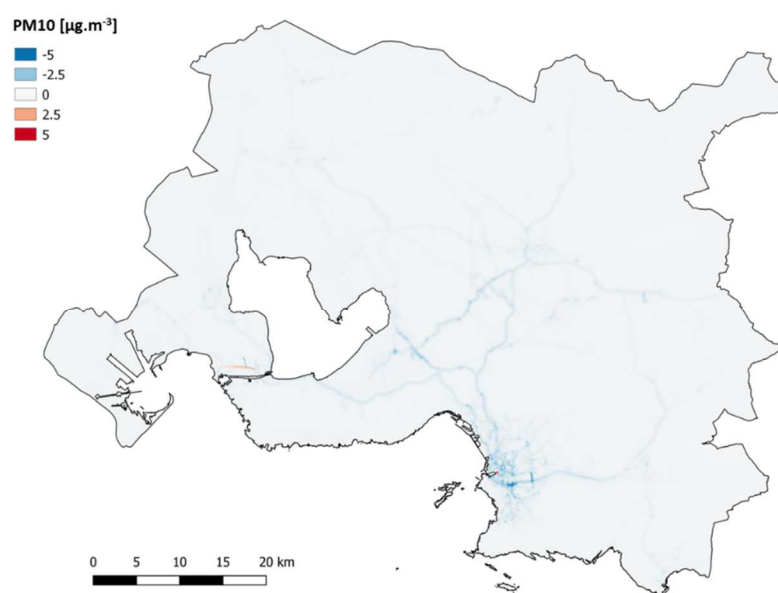


Figure 27 : Cartographie des différences entre les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et les niveaux annuels en PM10 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

La mise en œuvre des actions du PDU devrait permettre une diminution supplémentaire par rapport au tendanciel 2030. Les actions de ce plan devraient principalement impacter les concentrations au niveau de la ville de Marseille, notamment dans l'hyper-centre, ainsi qu'en proximité des grands axes interurbains.

5.5 Cartographies des concentrations en dioxyde d'azote

La mise en œuvre des méthodologies de calculs décrites dans les sections précédentes permet d'estimer l'évolution des champs de concentration en NO_2 . Cette section présente les moyennes annuelles pour les différents scénarios et les différentes hypothèses expliquées dans la section précédente. Pour chacun des scénarios, une cartographie des différences est également présentée afin d'évaluer dans un premier temps l'impact des évolutions du tendanciel et dans un second temps, l'impact sur les concentrations uniquement associé à la mise en place des actions du PDU.

► Scénario tendanciel 2030 – Hypothèse haute

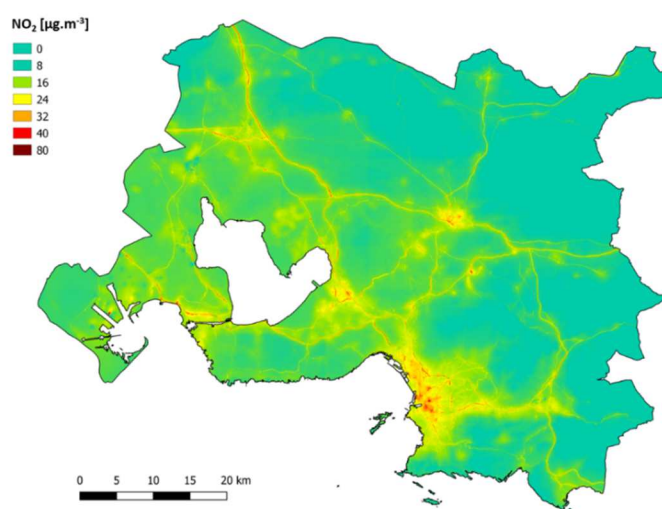


Figure 28 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO_2 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »

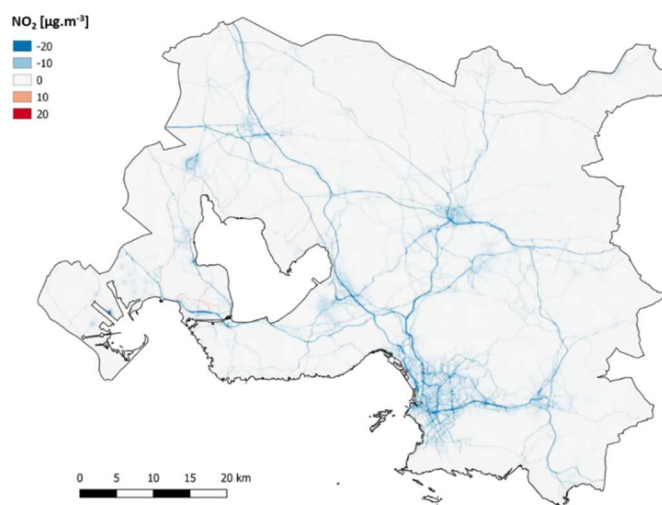


Figure 29 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO_2 pour l'année 2030 « hypothèse haute » et la moyenne annuelle pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

► Scénario tendanciel 2030 – Hypothèse basse

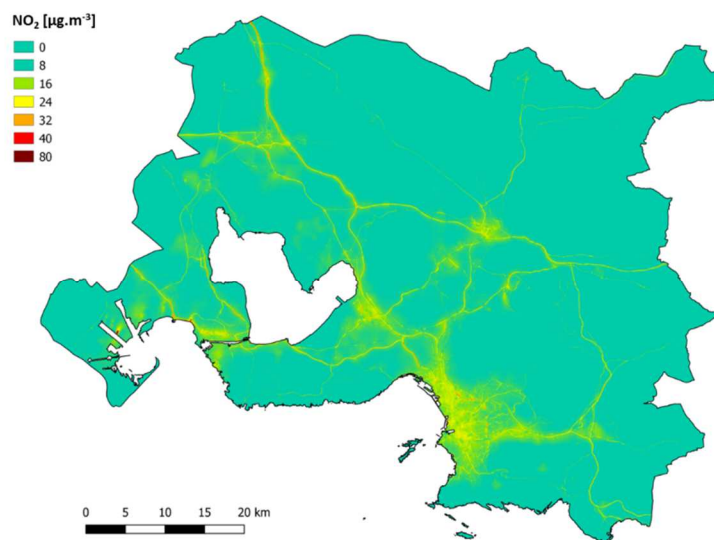


Figure 30 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse »

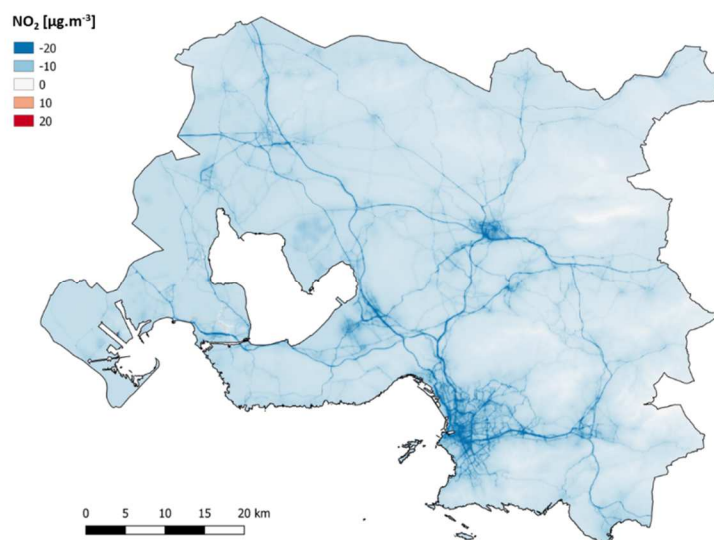


Figure 31 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2030 « hypothèse basse » et la moyenne annuelle pour l'année 2017 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille

Quelle que soit l'hypothèse retenue, une diminution significative des concentrations annuelles en NO₂ est attendue à l'horizon 2030. Ces diminutions sont marquées au niveau des grandes agglomérations ainsi que sur les axes majeurs interurbains et dans leur proximité. L'application de l'hypothèse basse, considérant que l'intégralité de la part non estimée des concentrations en NO₂ est associée au trafic routier présente une diminution marquée dans les zones urbaines denses, notamment au niveau des centres villes de Marseille, d'Aix-en-Provence et de Marignane.

► Scénario 2030 avec les actions du PDU – Hypothèse haute

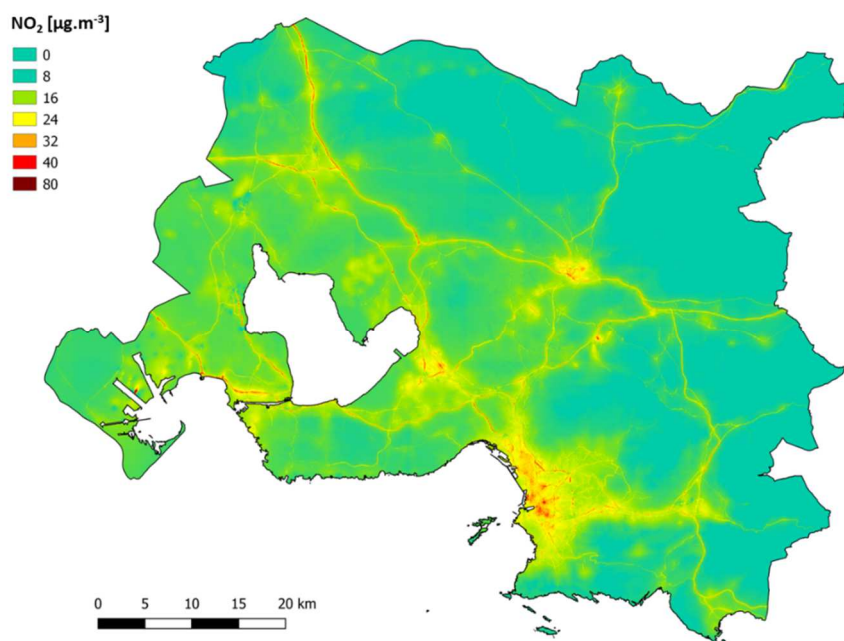


Figure 32 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO2 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »

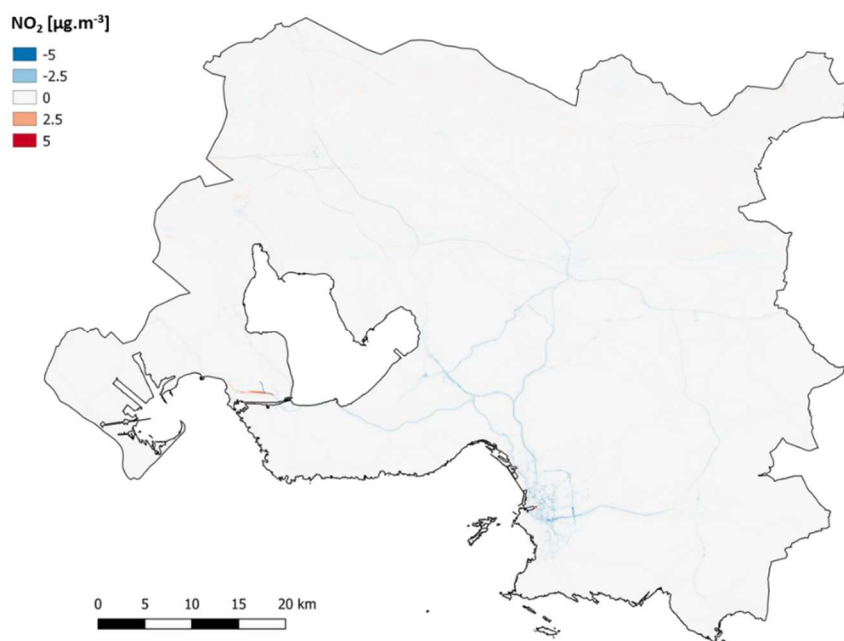


Figure 33 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO2 pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et la moyenne annuelle en NO2 pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse haute »

► Scénario 2030 avec les actions du PDU – Hypothèse basse

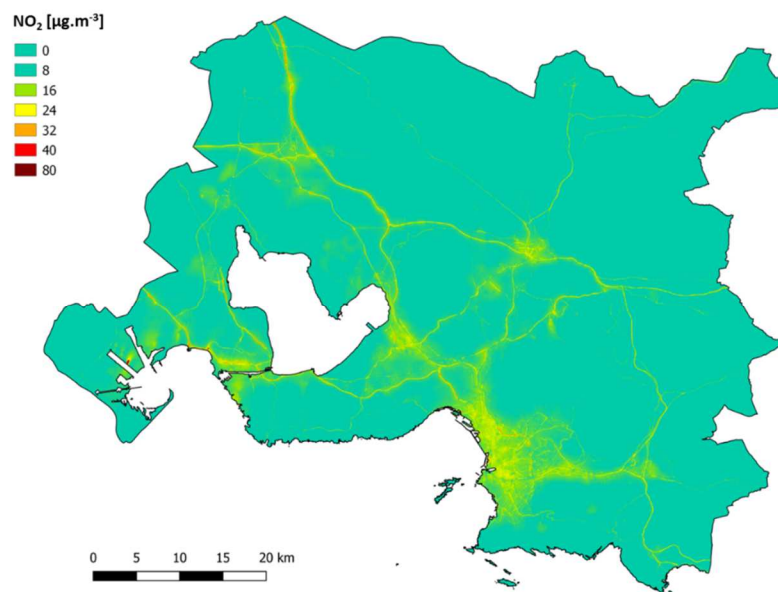


Figure 34 : Cartographie de la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse »

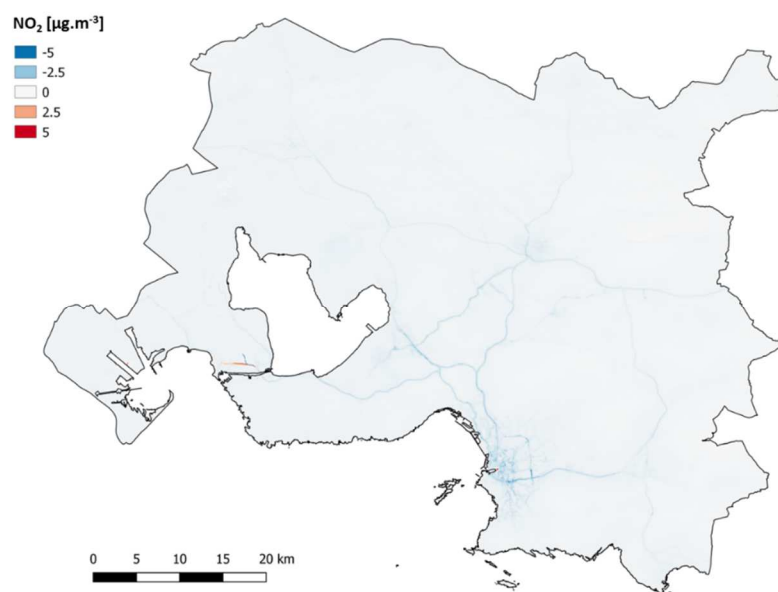


Figure 35 : Cartographie des différences entre la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2030 avec la mise en œuvre du PDU et la moyenne annuelle en NO₂ pour l'année 2030 à l'échelle de la métropole d'Aix-Marseille - « hypothèse basse »

Les cartographies de différences entre le scénario tendanciel 2030 et le scénario 2030 avec la mise en œuvre des actions PDU présentent les mêmes résultats pour les deux hypothèses. Ainsi, les actions du PDU devraient permettre une réduction des concentrations sur le réseau interurbain de la métropole ainsi que dans l'hyper-centre de la ville de Marseille.

5.6 Exposition des populations

Le calcul des champs de concentrations permet d'estimer les territoires de la métropole soumis à un dépassement de normes réglementaires pour les deux polluants étudiés. Un croisement spatial est ensuite réalisé entre ces zones en dépassement et la couche de bâtiments sur l'ensemble du territoire.

Les fichiers MAJIC (fournis à l'INERIS par Direction Générale des Finances Publiques) référencent toutes les parcelles cadastrales et les locaux associés. Ils contiennent de nombreuses informations sur le bâti (usage des locaux, surfaces, type d'habitat...). La méthodologie MAJIC consiste à spatialiser la population INSEE sur les bâtiments de la BD Topo à partir d'informations des fichiers MAJIC. L'INERIS livre aux AASQA les fichiers géo-référencés donnant une estimation du nombre d'habitants par bâtiment sur la totalité du territoire. Il faut préciser qu'il s'agit d'une redistribution mathématique de la population. Des erreurs ou imprécisions peuvent être présentes ponctuellement. La population INSEE prise en compte dans ce calcul fait référence à l'année 2015, année la plus récente disponible pour cette information.

Cette couche de bâtiments contenant la population résidente est croisée spatialement avec les zones en dépassement. Ce croisement permet alors de calculer le nombre de personnes résidentes exposées à un dépassement de seuils réglementaires.

Le Tableau 4 indique le nombre de personnes ainsi que le pourcentage de la population exposée suivant les différents scénarios et pour les différentes hypothèses de calculs.

Tableau 4 : population exposée à un dépassement de seuil réglementaire pour les différents scénarios

	PM10		NO ₂ hyp. basse		NO ₂ hyp. haute	
Année de référence 2017	860 hab.	0.05%	55 365 hab.	2.98%	55 365 hab.	2.98%
2030 – référence	536 hab.	0.03%	102 hab.	0.01%	6 613 hab.	0.36%
2030 - pdu	224 hab.	0.01%	103 hab.	0.01%	4 213 hab.	0.23%

Entre le scénario de référence 2017 et le scénario tendanciel, une diminution significative du nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur réglementaire en NO₂ est attendue.

En prenant l'« hypothèse basse » d'application des corrections, le nombre de personnes exposées serait quasi nul à partir du scénario tendanciel 2030. Les actions du PDU n'auraient alors aucun impact supplémentaire bien qu'une baisse globale des concentrations soit attendue. Suivant l'« hypothèse haute », le nombre de personnes exposées à dépassement de la valeur réglementaire en NO₂ en 2030 reste significatif. La mise en place des actions du PDU permettrait de diminuer de près de 1/3 le nombre de personnes restant exposées.

Suivant les différentes hypothèses de correction des cartographies, l'estimation réalisée permet de conclure que le nombre de personnes exposées à un dépassement en NO₂ en 2030 devrait être inférieur à 6000 personnes. La mise en place des actions du PDU devrait permettre de porter ce chiffre à moins de 4000 personnes en 2030.

Pour les PM₁₀, le nombre de personnes exposées pour l'année de référence 2017 est déjà faible puisque inférieur à 0.1% de la population résidente. L'évolution tendancielle des émissions associées à la mise en place des actions du PDU devraient permettre une réduction supplémentaire du nombre de personnes exposées.

6. Synthèse

L'évaluation du PDU de la Métropole AMP menée par AtmoSud et en partenariat avec l'agAM a permis d'évaluer les gains d'émission attendus à l'horizon 2030 et de cartographier l'impact sur la qualité de l'air du territoire pour le dioxyde d'azote et les particules fines PM10.

Concernant les émissions de polluants, les objectifs de réduction du PDU entre l'état des lieux 2012 et le scénario 2030 avec actions PDU ne sont que partiellement atteints :

- La réduction de -65% des émissions d'oxydes d'azote est légèrement inférieure à l'objectif de -75% recherché.
- La réduction de particules fines PM10 n'atteint que -35%, pour un objectif de -37%. La part d'émission liée à la resuspension et aux phénomènes d'usure (pneu, frein, route) constitue la majorité des émissions en 2030 avec 90%. Pour permettre une réduction supplémentaire, cela passe soit par une réduction conséquente du trafic, soit par la mise en place de système de filtration et de collecte des particules issues des différentes phases d'usures et de resuspension. De tel système sont à l'étude auprès des constructeurs automobiles mais nous ne disposons d'aucune visibilité sur leur potentiel de réduction ou sur un éventuel déploiement.
- La réduction d'émission de GES -26.4% atteint l'objectif de -26%. Un des facteurs d'ajustement pour améliorer encore ce chiffre pourrait porter sur la part de biocarburant à l'horizon 2030 dans les carburants, l'hypothèse retenu dans le calcul de 14%, provenant de la directive européenne, constitue un minimum. Dans le scénario PDU 2030 testé, une part de biocarburant à 15% permet d'atteindre une réduction de -27% des émissions de GES en 2030 sur la Métropole AMP.

Les objectifs de réduction des émissions fixés par le PPA des Bouches-du-Rhône de -10% pour les NOx, PM10 et PM2.5 au-delà du tendanciel sont eux atteints. Les gains entre 2030 fil de l'eau et 2030 avec les actions du PDU sont compris entre -12 et -14% pour ces 3 polluants.

Les concentrations de NO₂ devraient diminuer significativement à l'horizon 2030, notamment dans les centres villes des agglomérations ainsi qu'en proximité des grands axes interurbains de la métropole. L'estimation du nombre de personnes résidentes restant exposées à cette échéance est inférieure à 6000 personnes. La mise en œuvre des actions du PDU devrait conduire à une réduction supplémentaire et permettre de porter ce chiffre à moins de 4000 personnes en 2030.

Pour les concentrations en PM10, les variations de concentrations sont moins significatives. Le nombre de personnes exposées pour l'année de référence 2017 est déjà faible. L'évolution tendancielle des émissions associées à la mise en place des actions du PDU devraient permettre une réduction supplémentaire du nombre de personnes exposées.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Normes EURO : Les **normes européennes d'émission**, dites **normes Euro** sont des règlements de l'Union européenne qui fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants. Il s'agit d'un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules neufs. Leur objectif est de réduire la pollution atmosphérique due au transport routier.

Objectif de qualité : n niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Sigles

AASQA : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l’Air

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

agAM : Agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise

AMP : Aix Marseille Provence

COPERT - COmputer Program to calculate Emissions from Road Transports

<https://www.emisia.com/utilities/copert/>

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

GNV : Gaz Naturel pour Véhicules

GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air

Métropole AMP – Métropole Aix-Marseille-Provence

MOCAT : MOdèle de CAIcul des émissions du Transport, développé par Atmo Auvergne Rhône-Alpes.

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D’AZUR : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D’AZUR

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PCIT - Pôle National de Coordination des Inventaires Territoriaux, dont le dernier guide est paru en juin 2018

https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/MTES-Guide_methodo_Elaboration_inventaires_PCIT_juin2018.pdf

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PL : Poids lourds

PPA des Bouches-du-Rhône - Plan de Protection de l’Atmosphère des Bouches-du-Rhône

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l’Air

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

VL : Véhicules légers (VP + VUL)

VP : Véhicules particulier

VUL : Véhicules utilitaires légers

2R : 2 roues motorisés

Unité de mesures

tep : tonnes d'équivalent pétrole est une unité de mesure de l'énergie. Elle vaut 1 tep = 41,868 GJ, ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole moyenne.

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air (1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

Polluants

CO₂ : Dioxyde de carbone

CH₄ : Méthane

N₂O : Protoxyde d'azote

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

GES : Gaz à effet de Serre

PRG 100 : Potentiel de réchauffement global à 100 ans

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

NO / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

ANNEXES

ANNEXE 1 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O ₃ Ozone	- irritation des yeux - diminution de la fonction respiratoire	- agression des végétaux - dégradation de certains matériaux - altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension	- irritation des voies respiratoires - dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires	- effets de salissures sur les bâtiments - altération de la photosynthèse
NO _x Oxydes d'azote		- pluies acides - précurseur de la formation d'ozone - effet de serre - déséquilibre les sols sur le plan nutritif

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition
PM10 Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
		30	Année
PM2.5 Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur (µg/m³) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
PM 10 Particules	- affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
		20	1 an
PM 2.5 Particules		25	24 heures
		10	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	- faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an

ANNEXE 2 Compléments sur les données de parc roulant utilisées dans le cadre de l'étude.

Les parcs roulants utilisés sont les parcs nationaux, construit par le CITEPA et détaillés en fonction du type d'axe. Le parc roulant 2017 est issu entre autre des données d'immatriculation. Le parc roulant 2030 est un parc prospectif (MEEM-DGEC/CITEPA version Mai 2018) construit par le CITEPA basé sur les projections des inventaires d'émissions du scénario "Avec Mesure Existante". Ce scénario inclue toutes les mesures visant la réalisation des objectifs énergétiques français, et la réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques, effectivement adoptées ou exécutées avant le 1er juillet 2017.

Parcs roulants urbain des Véhicules Particuliers classés par vignette Crit'Air :

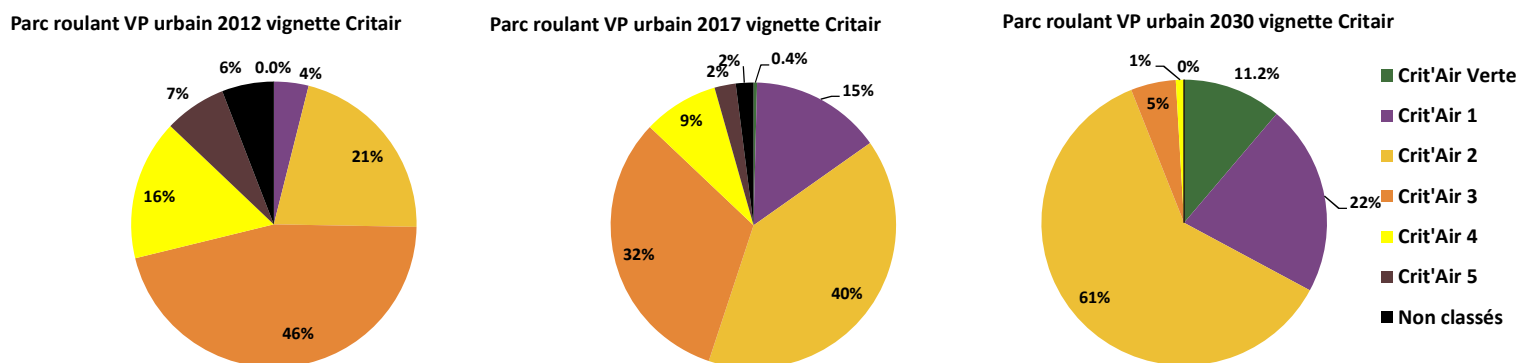
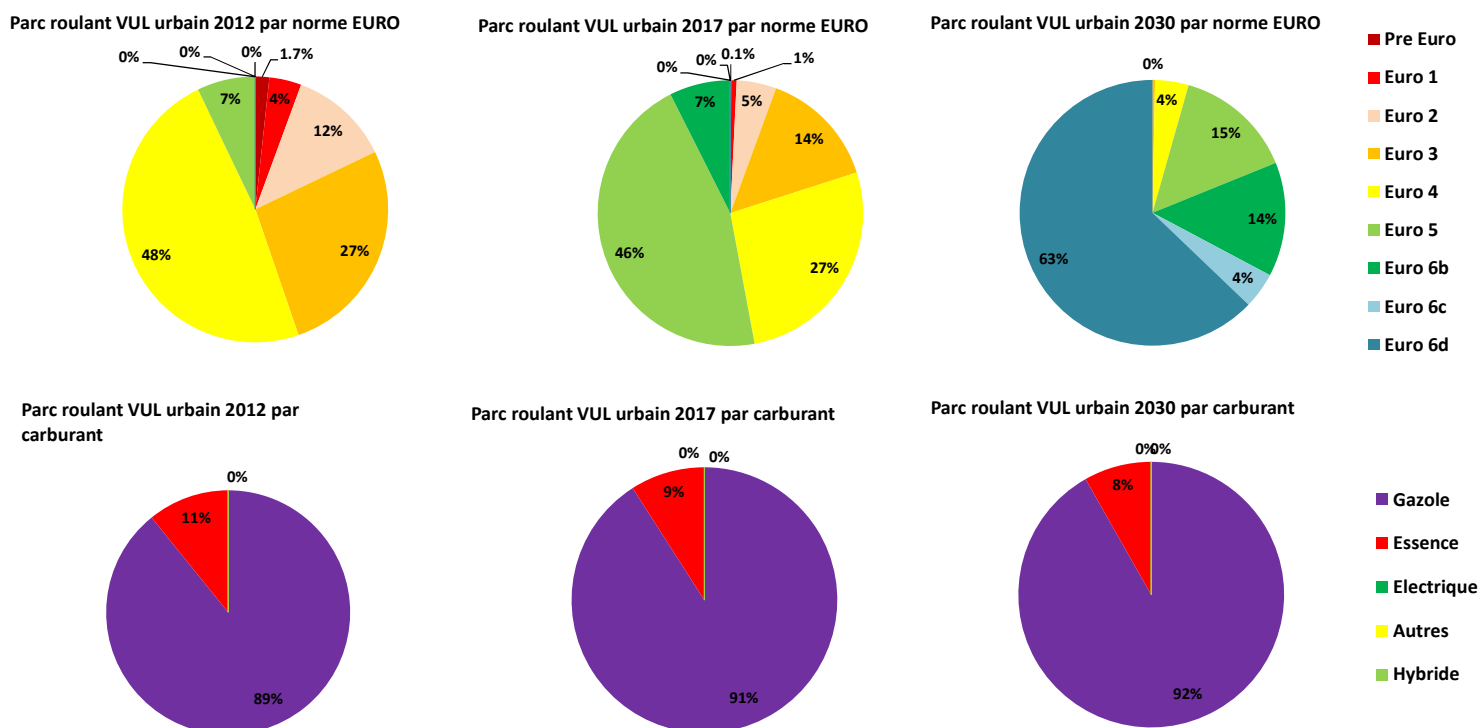


Figure 36 : Parcs roulants urbain VP par vignette Crit'Air, construit à partir des données du CITEPA

Parcs roulants urbain des Véhicules Utilitaires Légers :



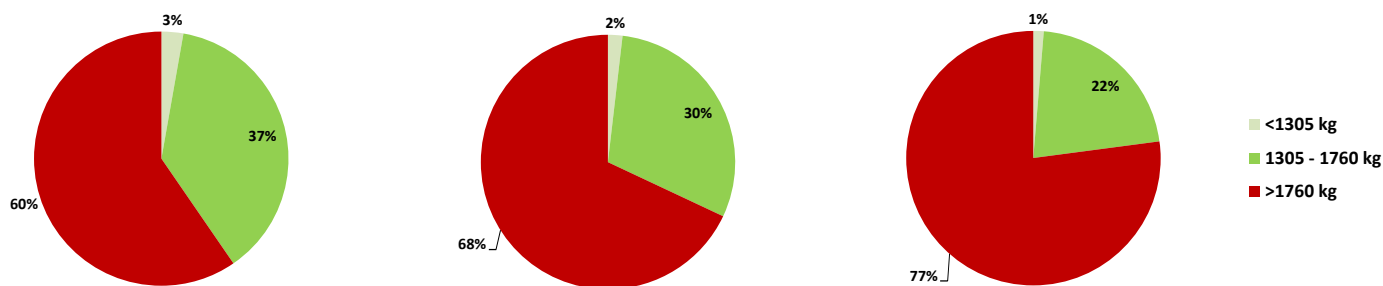
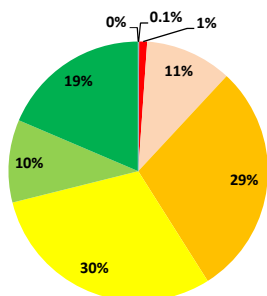


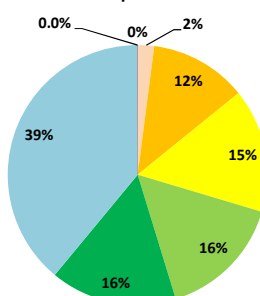
Figure 37 : Parcs roulants urbain VUL 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018

Parcs roulants urbain des Poids lourds :

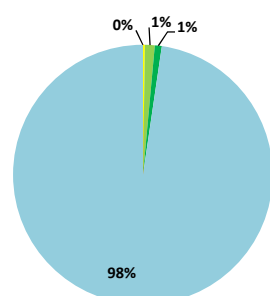
Parc roulant PL urbain 2012 par norme EURO



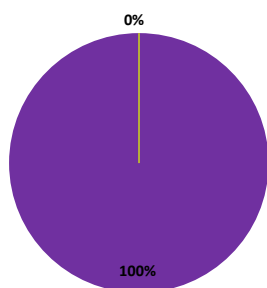
Parc roulant PL urbain 2017 par norme EURO



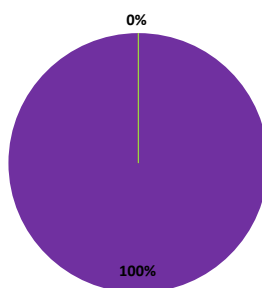
Parc roulant PL urbain 2030 par norme EURO



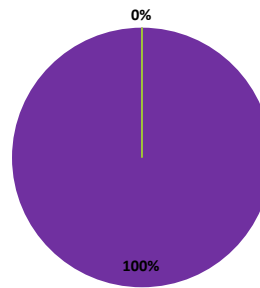
Parc roulant PL urbain 2012 par carburant



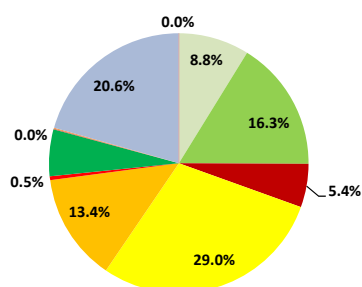
Parc roulant PL urbain 2017 par carburant



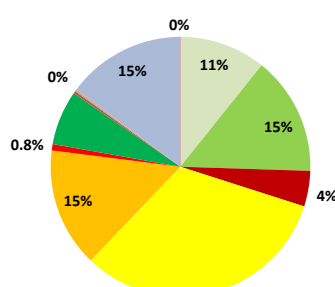
Parc roulant PL urbain 2030 par carburant



Parc roulant PL urbain 2012 par cylindrée



Parc roulant PL urbain 2017 par cylindrée



Parc roulant PL urbain 2030 par cylindrée

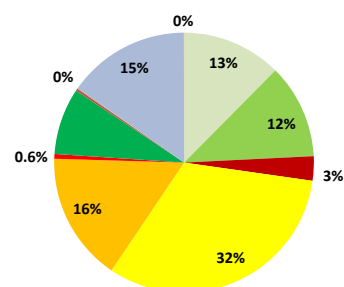


Figure 38 : Parcs roulants urbain PL 2012, 2017 et 2030 – source CITEPA v2018

RESUME :

EVALUATION DU PDU DE LA METROPOLE AIX MARSEILLE PROVENCE

Décembre 2019

- Pour les oxydes d'azote, l'objectif (-75 %) n'est pas atteint avec -67 % d'émission à l'horizon 2030.
- Pour les Gaz à Effet de Serre, la réduction d'émission est -26.4 % à l'horizon 2030. L'objectif de -26 % est atteint.
- Pour les particules fines PM10, la réduction d'émission est -35 % à l'horizon 2030. L'objectif de -37% est quasiment atteint et est limité par le type d'émission présent en 2030. Si la part des émissions liées à l'échappement, à la surémission à froid et aux phénomènes d'usure (pneu, frein, route) diminue de -55%, la contribution liée à la resuspension diminue uniquement de -4%. Ce phénomène limite la réduction possible d'émission pour ce polluant.
- Pour les particules fines PM2.5, la réduction d'émission est -48% à l'horizon 2030. L'objectif de -50% est quasiment atteint.
- Les objectifs de réduction des émissions fixés par le PPA des Bouches-du-Rhône de -10% pour les NOx, PM10 et PM2.5 au-delà du tendanciel sont atteints.

Les gains entre 2030 fil de l'eau et 2030 avec les actions du PDU sont compris entre -13 et -18% pour ces 3 polluants.

- Une réduction des concentrations dans les centres villes et le long des axes interurbains

La mise en place des actions du PDU devrait permettre une réduction des concentrations supplémentaires par rapport aux concentrations du scénario tendanciel 2030. Les principales améliorations sont attendues au niveau du centre-ville de Marseille ainsi qu'en proximité des grands axes interurbains de la métropole.

En partenariat avec :

