

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Analyse des actions de réduction de la pollution liée au transport routier

Quelle efficacité ?

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR



Sommaire

Introduction et contexte	3
1. Diminution du trafic	4
a. Réduction du nombre de véhicule.....	4
b. Réduction du nombre de poids lourds.....	12
c. Remplacement des anciens véhicules (normes euro récentes).....	17
2. Gestion du trafic	21
a. Réduction de vitesse.....	21
b. Transport en commun.....	26
c. Doubles files.....	30
Conclusion	32
<i>Annexe 1 : Informations issues des mesures hors PACA</i>	34
<i>Annexe 2 : Production d’ozone dans un panache urbain</i>	35
<i>Liste des illustrations</i>	38
<i>Références</i>	41
<i>Glossaire</i>	42

Introduction, contexte et objectifs

Dans la région PACA, plus de 50 milliards de kilomètres (soit plus de 300 fois la distance Terre-Soleil) sont parcourus chaque année, plaçant le secteur routier comme émetteur principal d'oxydes d'azote et le 2^{ème} émetteur de particules en suspension.

Au travers de la contribution de ce secteur aux émissions d'oxydes d'azote (NOx) et de particules (PM), illustrée dans la figure 1, son impact sur la qualité de l'air est certain.

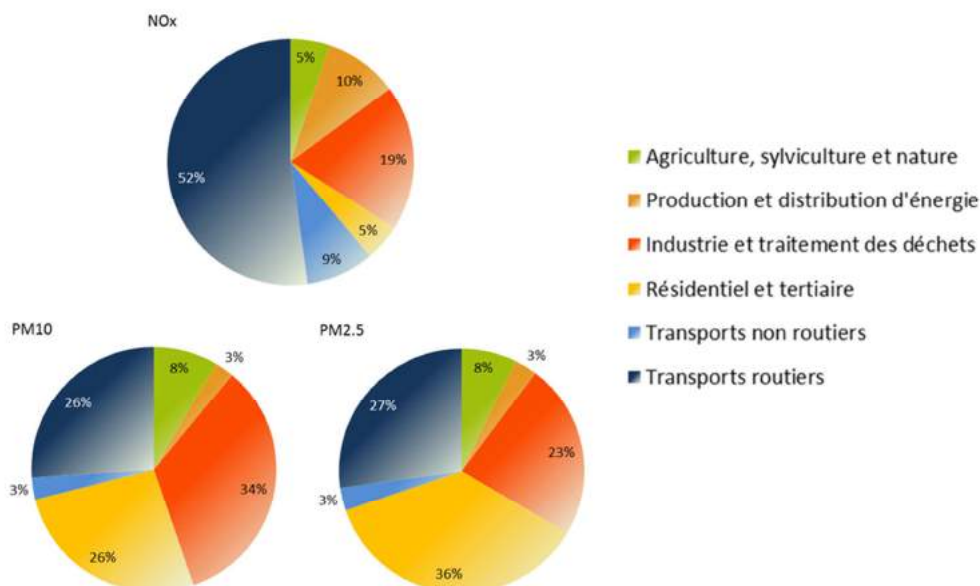


Figure 1 : Répartition sectorielle des émissions en 2013 dans la région PACA

Par ailleurs, cette contribution est restée importante les dernières années malgré une diminution globale des émissions de ces deux polluants dans l'atmosphère, comme le montre la figure 2.

En effet, si les distances parcourues sont stables, voire en légère augmentation, les émissions de polluants diminuent progressivement au fil des années. Pour les NOx et les particules, la part des transports routiers reste stable et représente la moitié des émissions d'oxydes d'azote et un quart des émissions de particules.

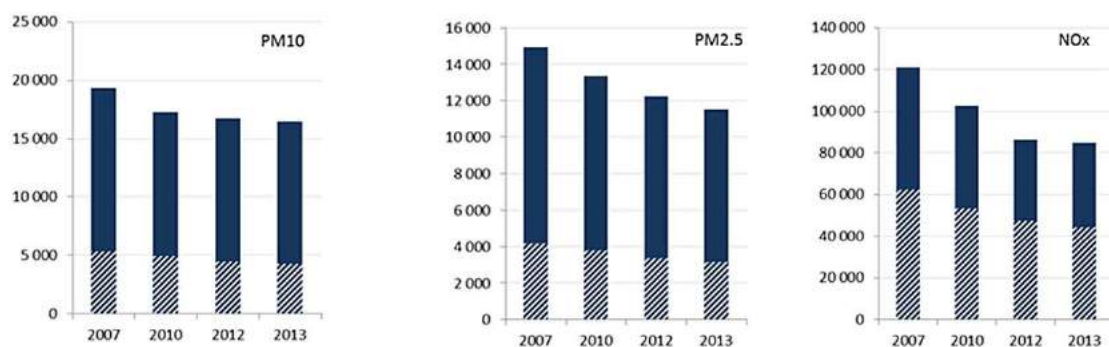


Figure 2 : Evolution annuelle des émissions (en t) de l'ensemble des secteurs (zone pleine) et de la contribution des transports routiers (zone hachurée)

L'objectif de la présente note est de sérier les leviers d'action, les plus importants, permettant la diminution des émissions de polluants issus du trafic routier et de discuter de leur efficacité relative.

Les leviers d'action peuvent être répartis entre deux typologies :

- Les actions portant sur la diminution du trafic,
- Les actions s'appuyant de la gestion de trafic.

Dans la présente note, les leviers d'action et leur efficacité sont présentés par le biais des données issues des études récentes, réalisées par Air PACA dans ce domaine. Les études d'autres AASQA sont également prises en compte.

Note :

Il est important de garder à l'esprit que les tests et scénarios présentés ci-après correspondent à des « situations virtuelles ». Il s'agit de simulations numériques, issues de combinaisons d'hypothèses, réalisées pour quantifier l'efficacité des actions de réduction des émissions de polluants émis par les sources du secteur routier. Ces calculs sont propres à chaque étude dont ils sont issus et dépendent donc des paramètres liés à ces différentes études (évolution du trafic, géographie, etc.). Les effets de report de trafic sur les autres axes ne sont pas considérés. Il semble toutefois possible de tirer une tendance générale de ces résultats permettant de mieux appréhender l'efficacité de différentes actions sur la pollution des transports routiers.

1. Diminution du trafic

a. Réduction du nombre de véhicule

En 2013, sur la région PACA, le trafic routier est à l'origine de 52 % des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), 26 % des émissions de particules fines PM10 et 27 % des émissions de particules fines PM2,5.

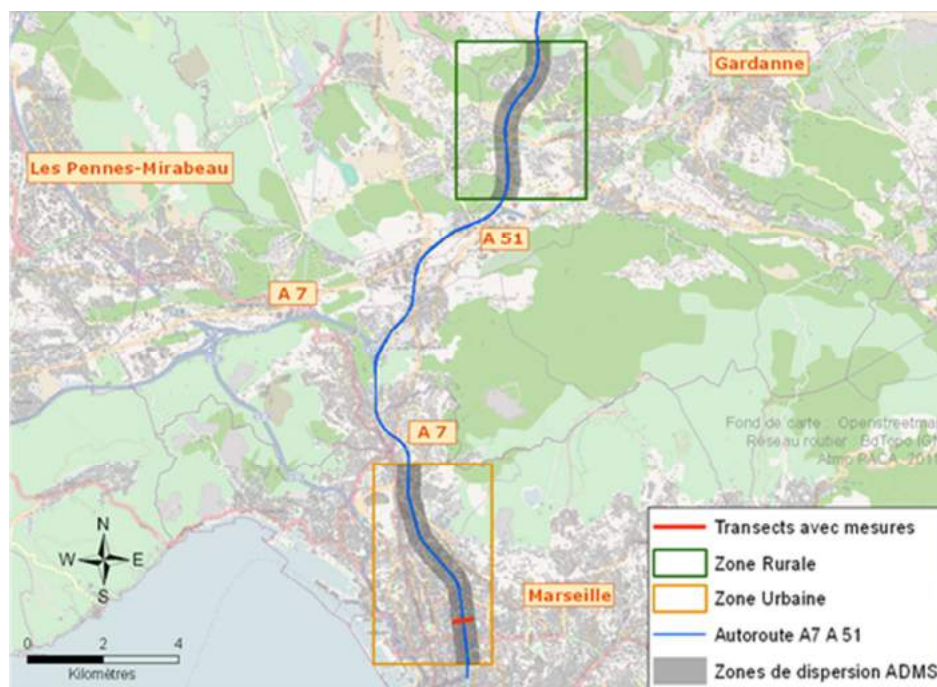
Une étude d'impact, de la modification du trafic routier, sur les émissions de plusieurs polluants atmosphériques a été réalisée en 2011 [1].

Elle s'inscrit dans le cadre de l'élaboration des Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) des Alpes-Maritimes et des Bouches-du-Rhône mais également du projet européen AERA (<http://www.aera-alcotra.eu/fr/>).

Quatre zones d'étude, deux urbaines (Marseille et Cagnes-sur-Mer) et deux périurbaines (Bouc-Bel-Air et Antibes/Biot), ont été définies, centrées sur des brins autoroutiers de l'A7, de l'A51 et de l'A8.

Les données, utilisées pour la réalisation de cette étude, sont représentatives du parc autoroutier 2007.

Sur les quatre zones d'étude, les poids-lourds (PL), les véhicules utilitaires légers (VUL) et les voitures particulières (VP) sont les principales sources de pollution. Bien qu'une part des émissions particulières (PM10, PM2,5) soit induite par les rejets au niveau des lignes d'échappement, la majeure partie d'entre elles provient de la non-combustion (usure de la chaussée, des freins, des pneus et remise en suspension par le passage de véhicules).



Carte 1 : Périmètre des zones d'étude de l'A7 (Marseille) et de l'A51 (Bouc-Bel-Air)

	Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)	Capacité moyenne (veh/h)	% Poids Lourds (PL)	Vitesse de circulation (km/h)
Zone A51 – Bouc-Bel-Air	66500	6600	3.8	130
Zone A7 – Marseille	118300	10800	4.8	110

Tableau 1 : Caractéristiques des zones d'étude de l'A7 (Marseille) et de l'A51 (Bouc-Bel-Air) en 2007

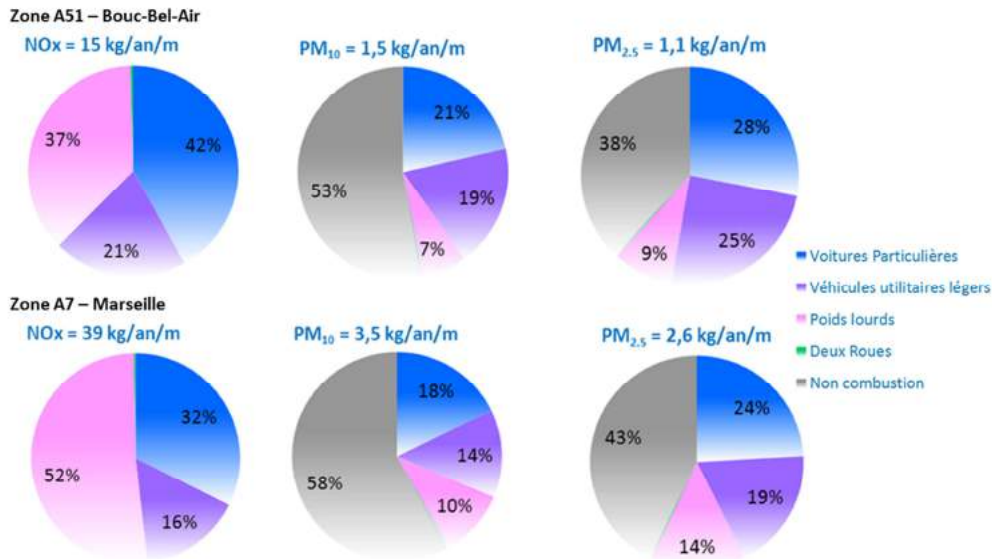


Figure 3 : Contributions des véhicules aux émissions routières sur les zones d'étude de l'A7 et de l'A51



Carte 2 : Périmètre des zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-Mer et Antibes/Biot)

	Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)	Capacité moyenne (veh/h)	% Poids Lourds (PL)	Vitesse de circulation (km/h)
Zone A8 – Cagnes-sur-Mer	131870	11850	9.2	130
Zone A8 – Antibes / Biot	101000	9900	8.8	130

Tableau 2 : Caractéristiques des zones d'étude de l'A8 en 2007

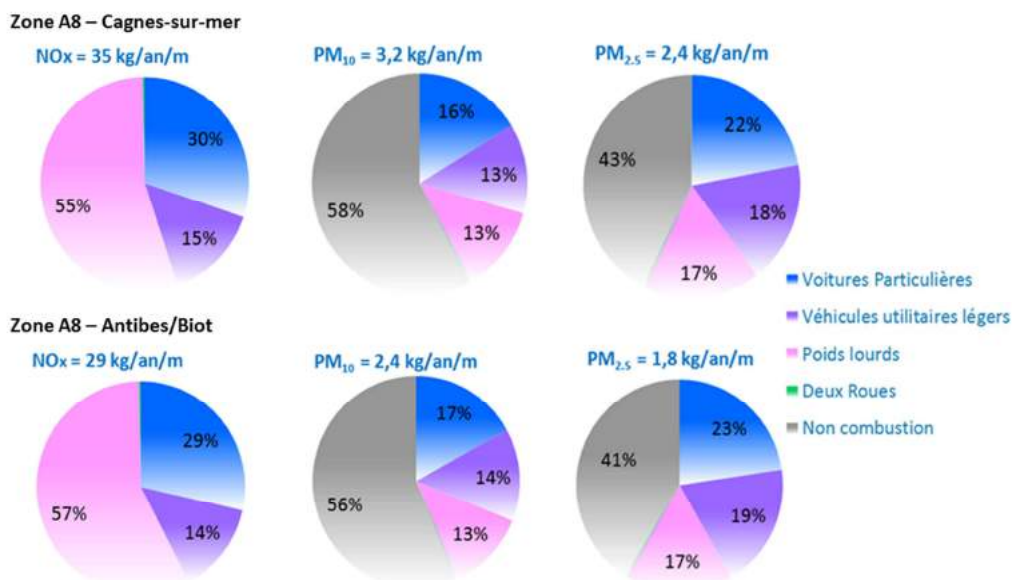


Figure 4 : Contributions des véhicules aux émissions routières sur les zones d'étude de l'A8

i. Impact sur les émissions

Les résultats de l'étude sont illustrés dans les graphes ci-dessous. Ces derniers montrent l'impact des évolutions (+5 %, -5 %, -10 %, -30 %, -50 %) du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) sur les émissions de polluants des axes routiers concernés par l'étude, par rapport à l'état de référence (2007).

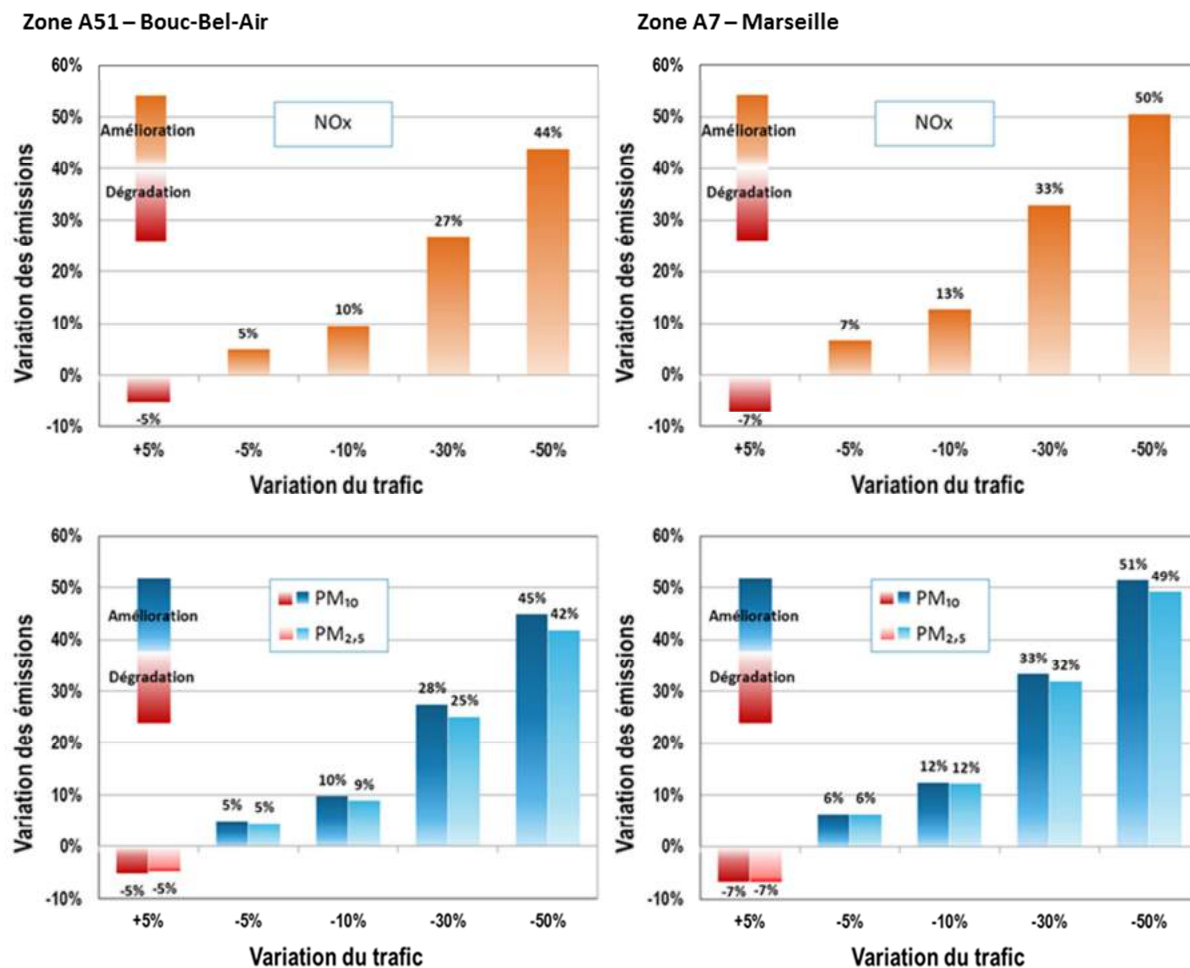
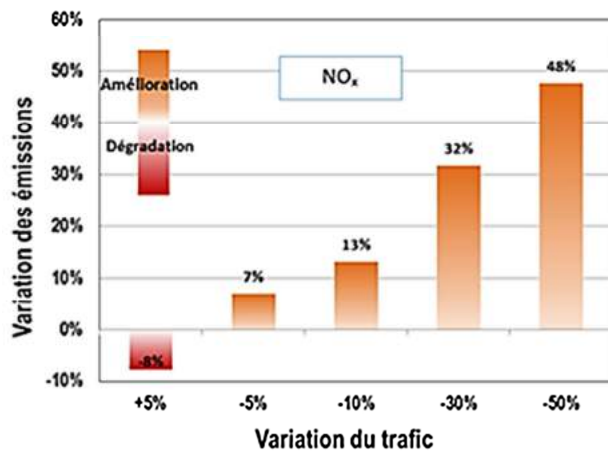


Figure 5 : Impact de la variation de trafic sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille)

Zone A8 – Cagnes-sur-mer



Zone A8 – Antibes/Biot

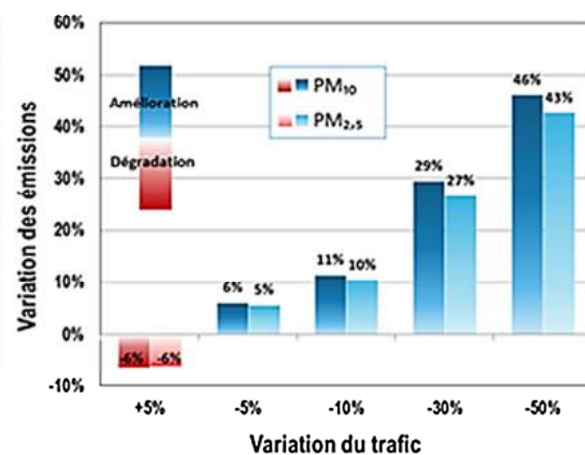
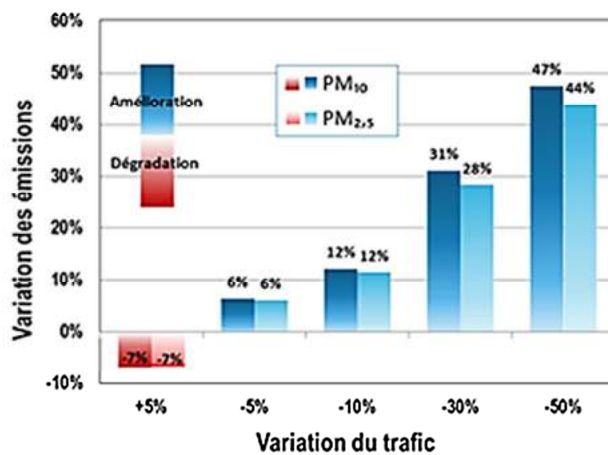
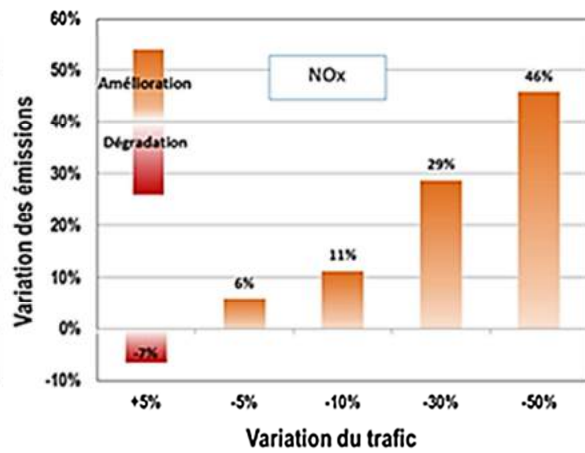


Figure 6 : Impact de la variation de trafic sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-Mer et Antibes/Biot)

Pour chaque polluant, l'évolution des émissions est directement corrélée avec la modification du trafic. Une diminution d'environ 50 % sur les émissions est observée avec une réduction de 50 % du TMJA. A noter que l'impact est un peu plus conséquent en zone urbaine. On remarque en effet des variations (amélioration ou dégradation) un peu plus importantes sur les zones urbaines de l'A7 (Marseille) et de l'A8 (Cagnes-sur-Mer) par rapport aux zones périurbaines suite à une modification du trafic.

Cette étude confirme que toute action visant à réduire le trafic contribue efficacement à la diminution des émissions de polluants liées au trafic routier.

ii. Impact sur les concentrations atmosphériques

La diminution des émissions, suite à la réduction du TMJA, se traduit par une baisse des concentrations des polluants dans l'atmosphère. Cette baisse est donnée, dans les tableaux ci-dessous, pour le dioxyde d'azote et les particules en suspension.

	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Zone A7 – Marseille			
Etat de référence 2007	70	48	36
Trafic réduit de 50%	55	37	28

	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Zone A51 – Bouc-Bel-Air			
Etat de référence 2007	43	36	24
Trafic réduit de 50%	36	31	20
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 3 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction de trafic de 50 %

	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Zone A8 – Cagnes-sur-mer			
Etat de référence 2007	82	57	44
Trafic réduit de 50%	62	43	34

	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Zone A8 – Antibes/Biot			
Etat de référence 2007	81	52	35
Trafic réduit de 50%	62	41	27
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 4 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction du trafic de 50 %

Avec des gains en concentration entre 4 µg/m³ et 20 µg/m³ (17 % à 25 % par rapport à la situation initiale) sur les différentes zones étudiées, la réduction du TMJA de 50 % a un impact important sur les concentrations des polluants étudiés.

iii. Impact sur l'exposition des populations

Contrairement aux résultats sur les émissions et les concentrations, les informations sur la population exposée dépendent très fortement de la situation locale et les résultats des actions sur ce point ne peuvent être comparés ni généralisés. Ils sont fournis à titre informatif mais ne portent que sur la situation considérée par le calcul.

Pour mémoire :

- NO_2 : Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : $40 \mu g/m^3$
- PM_{10} : Valeur limite annuelle : $40 \mu g/m^3$
Valeur limite journalière : $50 \mu g/m^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (percentile 90.4)
- $PM_{2,5}$: Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine : $25 \mu g/m^3$

Les tableaux qui suivent montrent le gain, en termes d'exposition des populations, que produit une réduction du TMJA.

Zone urbaine A7 - Marseille	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	1730	-	640	-	560	-
Trafic réduit de 50%	190	-89%	65	-90%	65	-88%

Tableau 5 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille)

Zone urbaine A8 – Cagnes-sur-Mer	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	6230	-	2690	-	5310	-
Trafic réduit de 50%	2800	-55%	70	-97%	2150	-60%

Tableau 6 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)

En termes de population exposée, la réduction de TMJA de 50 % est ici très efficace, notamment en zone urbaine.

iv. Autres études

Une étude réalisée en 2009 par l'Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace (ASPA), dont les principaux résultats sont présentés en annexe 1, tend aux mêmes conclusions.

Air PACA a réalisé une étude d'impact de la circulation alternée à Nice en vue de la définition des mesures d'urgences dans les Alpes-Maritimes¹. Dans le cadre de cette étude, le Centre d'Etudes et d'Expertises sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA) a défini une zone à enjeux à Nice. Il s'agit, en grande partie, du centre urbain de Nice et de la Promenade des Anglais.

Le scénario de la circulation alternée a donc été appliqué sur cette zone. A l'intérieur de ce périmètre, le trafic des axes routiers (hors A8) a été réduit :

- de 50 % afin de simuler une circulation alternée parfaite.
- de 20 % afin de simuler une circulation alternée plus réaliste : En Ile de France, l'expérience a montré que la modification du trafic sur Paris a été de -18 % lors de la mise en place de cette mesure [2].

L'année de référence choisie pour le calcul de ce scénario est l'année 2010.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	NO ₂	PM 10	PM 2,5
Evolution des émissions (Réduction du trafic de 50 %)	-59 %	-53 %	-54 %
Evolution des émissions (Réduction du trafic de 20 %)	-28 %	-23 %	-24 %

Tableau 7 : Impact de la circulation alternée sur les émissions dans la zone à enjeux de Nice

En zone urbaine, hors autoroutes, la réduction des émissions liée à la suppression d'une partie du trafic est plus importante que sur autoroute.

En effet, les contraintes de vitesse réglementaire en ville imposent des régimes moteurs plus émissifs que sur autoroute.

De plus, en zone urbaine sont présentes des zones de congestion, les feux de circulation, etc.

Il apparaît alors que cette action offre de très bons résultats. Cependant, le bénéfice de la circulation alternée est présent seulement les jours de sa mise en place. L'effet sur la pollution est donc ponctuel et non significatif pour une population exposée chroniquement à la pollution urbaine.

v. Efficacité de la réduction du nombre de véhicules

La réduction du nombre de véhicule s'avère être un levier efficace. Néanmoins, il demeure très contraignant à mettre en œuvre. De plus, il semble nécessaire de mettre en place des actions complémentaires (renouvellement du parc automobile, réduction du nombre de poids-lourds, réduction de la vitesse, etc.) afin de respecter les seuils réglementaires.

¹ Etude sur « l'évaluation de l'impact de la circulation alternée à Nice et de la suppression des poids-lourds sur l'A8 en vue de la définition des mesures d'urgences dans les Alpes-Maritimes » réalisé en novembre 2014 à la demande de la DREAL PACA

b. Réduction du nombre de poids lourds

Air PACA s'est intéressé à l'impact des évolutions (+5 %, -5 %, -10 %, -25 %, -50 %) du nombre de poids-lourds sur les émissions de polluants sur les axes routiers ciblés précédemment (A7, A51 et A8), également à partir de l'état de référence 2007.

i. Impact sur les émissions

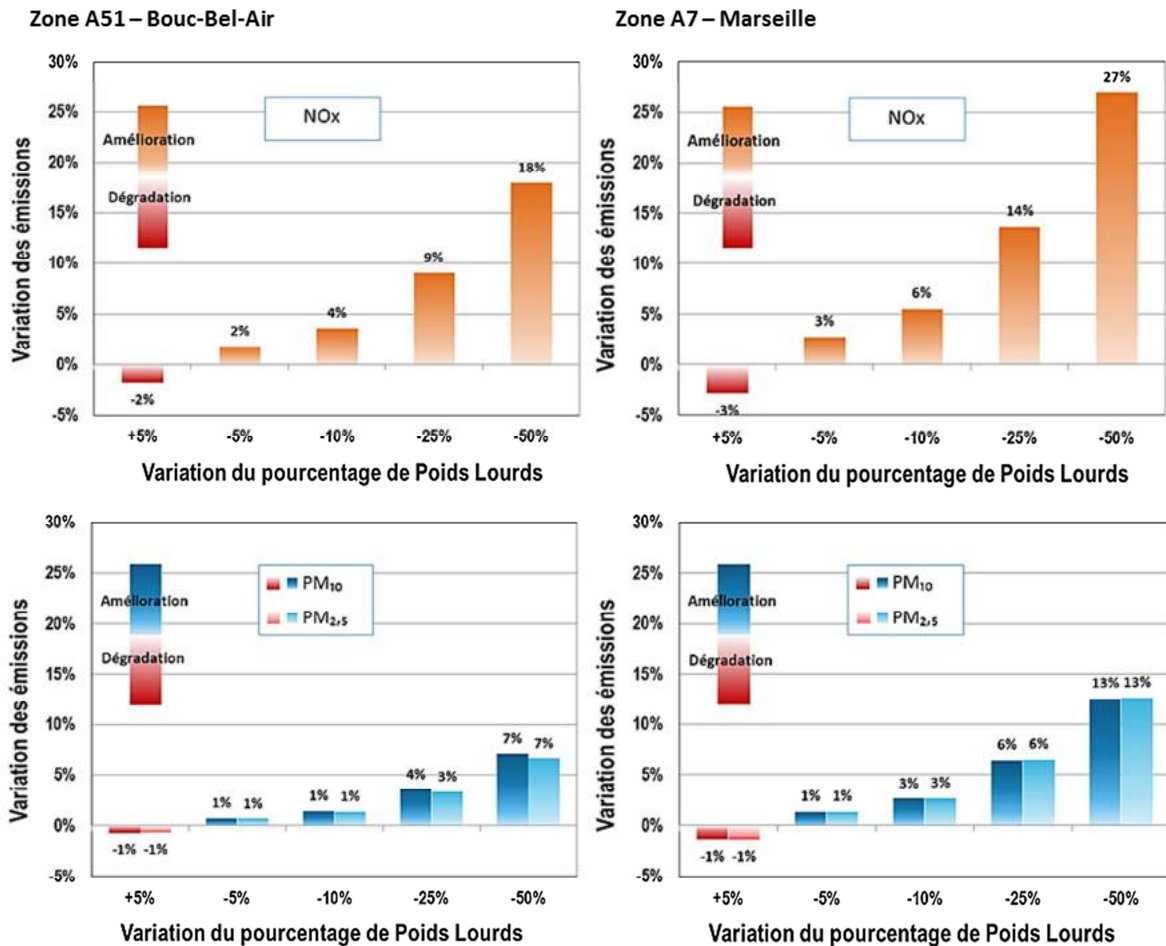


Figure 7 : Impact de la variation du nombre de poids lourds sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille)

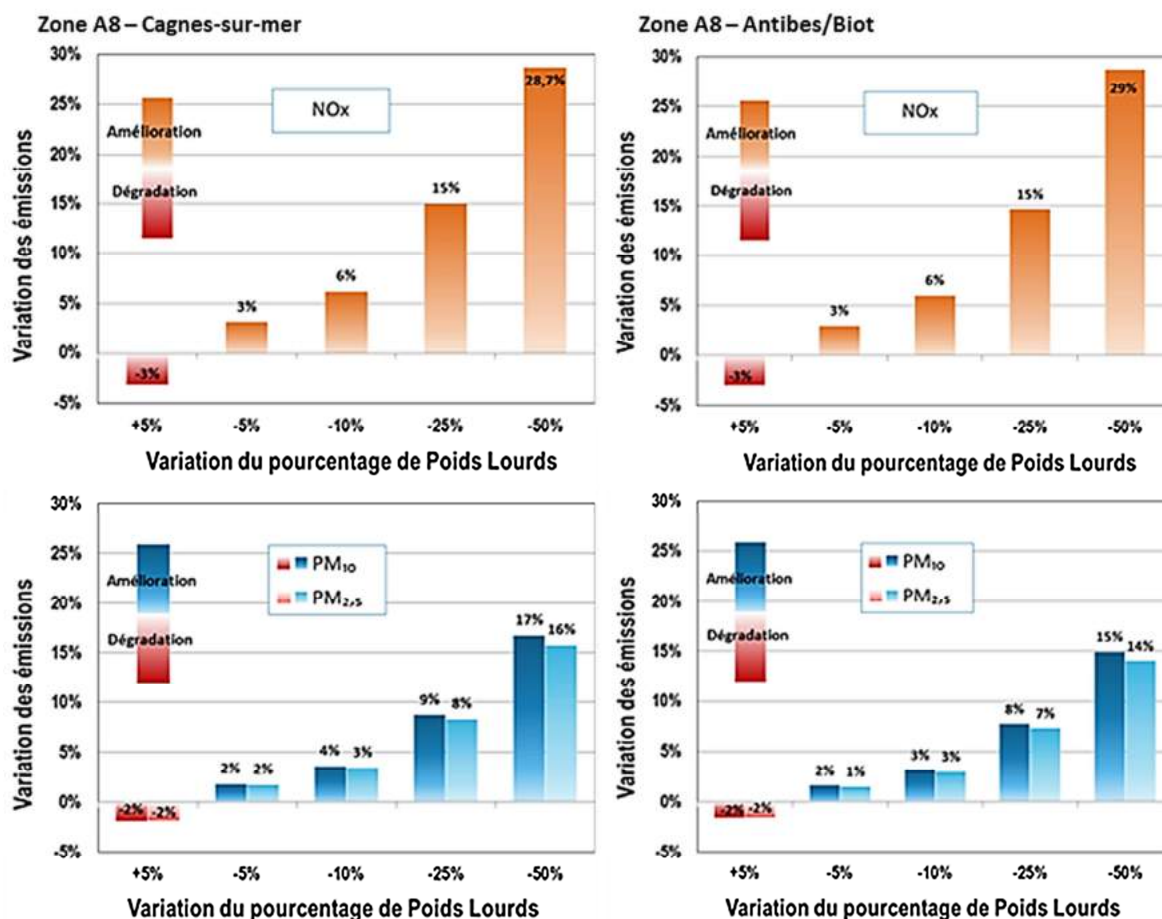


Figure 8 : Impact de la variation du nombre de poids lourds sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-Mer et Antibes/Biot)

Les résultats indiquent une diminution des émissions plus modérée sur l'A51 que sur les autres brins autoroutiers.

Cette action est plus efficace sur les zones d'études de l'A8 où la fréquentation des poids lourds (PL) est plus élevée (environ 9 % de PL sur l'A8 contre moins de 4 % de PL sur l'A51).

En effet, dans le cas de l'A8, les résultats sont similaires pour les deux zones étudiées. Pour les particules fines, des gains d'environ 15 % et 10 % sont obtenus avec des réductions respectives de 50 % et 25 % de poids lourds. Une amélioration d'environ 30 % est obtenue pour les NOx avec une réduction maximale de 50 % de PL. Par contre, une réduction de 10 % des PL n'engendre qu'une faible amélioration (autour de 5 %) quel que soit le polluant concerné et la zone étudiée.

Ces résultats sont cohérents aux regards des constatations présentées dans la *figure 4*. En effet, pour les NO_x, il semble logique qu'une action agissant sur les PL ait un effet positif étant donné qu'ils sont émetteurs très majoritaires de ce polluant. Pour les PM, l'effet est plus modéré du fait que les PL ne sont pas les émetteurs majoritaires pour ce polluant. Aussi, les PM sont émises pour moitié par des processus de non-combustion.

ii. Impact sur les concentrations atmosphériques

Zone A7 – Marseille	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	70	48	36
Nombre de PL réduit de 50%	60	45	34

Zone A51 – Bouc-Bel-Air			
Zone A51 – Bouc-Bel-Air	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	43	36	24
Nombre de PL réduit de 50%	42	35	23
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 8 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction du nombre de poids lourds de 50 %

Zone A8 – Cagnes-sur-mer	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	82	57	44
Nombre de PL réduit de 50%	69	53	41

Zone A8 – Antibes/Biot			
Zone A8 – Antibes/Biot	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	81	52	35
Nombre de PL réduit de 50%	68	49	32
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 9 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction du nombre de poids lourds de 50 %

Seule une forte réduction du pourcentage de poids lourds engendre une réduction significative des émissions, et donc des concentrations en polluants, sur une autoroute.

Pour le NO₂, sur les zones d'étude de l'A7 et de l'A8, cette action induit une réduction des concentrations de 14 % et 16 % respectivement par rapport à la situation initiale. Cette diminution des concentrations est peu significative sur la zone d'étude de l'A51 (2 %). Dans le cas des PM10 et PM2,5, la réduction des concentrations est en moyenne de 6 % sur les différentes zones d'étude.

Une réduction plus réaliste de 5 % voire 10 % des poids lourds n'engendrent qu'une diminution maximale de 5% des émissions et un gain de quelques pourcents sur les concentrations en polluants.

iii. Impact sur l'exposition des populations

Zone urbaine A7 - Marseille	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	1730	-	640	-	560	-
Nombre de PL réduit de 50%	610	-65%	360	-44%	270	-52%

Tableau 10 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille)

Zone urbaine A8 – Cagnes-sur-Mer	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	6230	-	2690	-	5310	-
Nombre de PL réduit de 50%	3750	-40%	1220	-55%	4060	-23%

Tableau 11 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)

En zone urbaine, la réduction de 50 % du nombre de poids lourds représente entre 40 % et 65 % de population exposée en moins par rapport à la situation initiale.

iv. Autres résultats

Afin de poursuivre la réflexion et distinguer la part des émissions des poids lourds de celles des autres véhicules dans les niveaux de pollution en proximité de l'autoroute A7, Air PACA, en collaboration avec Atmo Auvergne - Rhône-Alpes et ASF (Autoroutes du Sud de la France), a réalisé un scénario consistant à supprimer la totalité des émissions de poids-lourds sur cet axe [3].

A noter que, pour cette simulation, l'année de référence choisie est 2011 en raison des niveaux élevés de pollution mesurés.

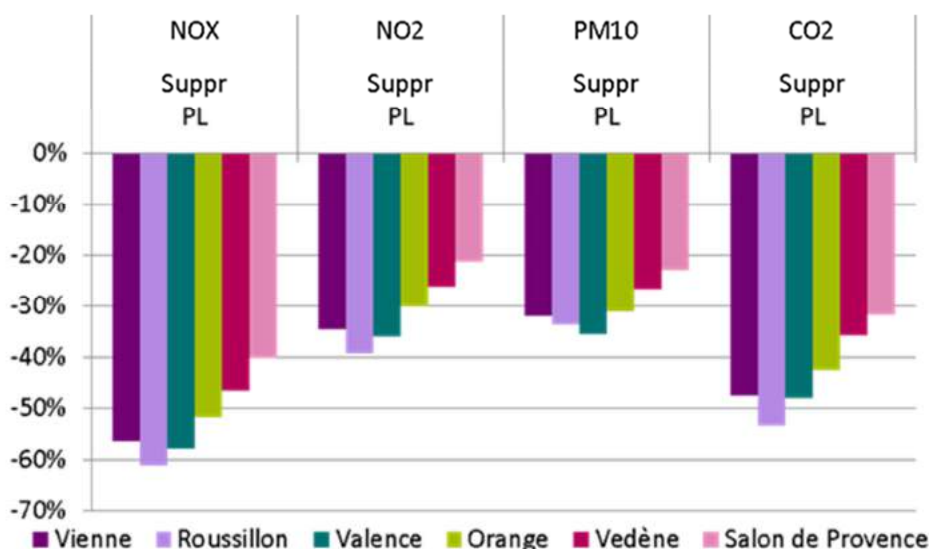


Figure 9 : Estimation de la réduction des émissions par polluant suite à la suppression des poids-lourds sur l'A7
© Atmo Auvergne - Rhône-Alpes, Air PACA (2012)

Comme attendu au regard des figures 3 et 4, la suppression totale des émissions des poids lourds permet les gains les plus importants en émissions, en particulier sur les NO_x (entre -40 % et -62 %). On observe une variabilité des gains entre territoires qui s'explique principalement par une part plus importante de poids lourds sur la partie nord de l'A7 (16 %) que sur la partie sud (≈ 5 %). Les écarts de vitesses réglementaires peuvent également influencer sur l'ampleur des gains. [3]

Enfin, dans le cadre de l'étude d'impact des mesures d'urgences sur les Alpes-Maritimes citée précédemment (cf. page 11), Air PACA s'est également intéressé au scénario de suppression des poids lourds sur l'A8. Ce scénario théorique consiste à supprimer les poids lourds circulant sur l'A8 dans le département des Alpes-Maritimes (l'état initial correspondant à la situation réelle actuelle compte une moyenne de 15 % de poids lourds sur cet axe). Le nombre de véhicules légers n'est pas modifié.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	NO ₂	PM 10	PM 2,5
Evolution des émissions	-38 %	-30 %	-28 %

Tableau 12 : Impact sur les émissions de la suppression des poids-lourds sur l'autoroute A8 dans les Alpes-Maritimes

Ces résultats sont très similaires à ceux issus du scénario de suppression des poids lourds sur l'A7 (zone nord), notamment pour le NO₂ et les PM10.

v. Efficacité de la réduction du parc de poids lourds

L'efficacité des actions de réduction du pourcentage de poids lourds est fortement liée à la typologie du parc initial : le pourcentage initial de poids lourd. Comme pour la réduction du nombre de véhicules, cette action semble compliquée à mettre en application et doit être combinée avec d'autres leviers afin de respecter la réglementation sur la qualité de l'air en vigueur.

c. Remplacement des anciens véhicules (normes euro récentes)

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

Les émissions de CO₂ (résultant naturellement de la combustion de matières carbonées) ne sont pas prises en compte dans ces normes car ce gaz n'est pas considéré par la législation automobile européenne comme un gaz polluant direct (respirer du CO₂ n'est pas toxique pour l'homme et les animaux sauf à des doses très élevées). [4]

Norme	Date	NOx (g/km)	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	PM ¹ (g/km)	PN ² (nb/km)
Euro 1	01/1993	-	2.72	0.97	0.14	-
Euro 2	07/1996	-	1	0.9	0.1	-
Euro 3	01/2001	0.5	0.64	0.56	0.05	-
Euro 4	01/2006	0.25	0.5	0.3	0.025	-
Euro 5	01/2011	0.18	0.5	0.23	0.005	6. 10 ¹¹
Euro 6b	09/2015	0.08	0.5	0.17	0.0045	6. 10 ¹¹
Euro 6c	09/2019					

Tableau 13 : Valeurs limite à l'émission des normes Euro des véhicules particuliers diesel

¹ PM : Particule Matter (Masse de particules) ² PN : Particule Number (Nombre de particules)

Norme	Date	NOx (g/km)	CO (g/km)	HC + NOx (g/km)	PM ¹ (g/km)	PN ² (nb/km)
Euro 1	01/1993	-	2.72	-	-	-
Euro 2	07/1996	-	2.2	-	-	-
Euro 3	01/2001	0.15	2.2	-	-	-
Euro 4	01/2006	0.08	1.0	-	-	-
Euro 5	01/2011	0.06	1.0	-	0.005	-
Euro 6b	09/2015	0.06	1.0	-	0.0045	6. 10 ¹²

Tableau 14 : Valeurs limite à l'émission des normes Euro des véhicules particuliers essence

La mise en place des normes EURO a permis de réduire significativement les émissions liées aux transports routiers. Cependant, les dernières actualités ont montré que les valeurs limites théoriques fixées pour ces normes ne sont que partiellement atteintes dans les conditions réelles de circulation (cf. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Segolene-Royal-rend-publics-comme.html>).

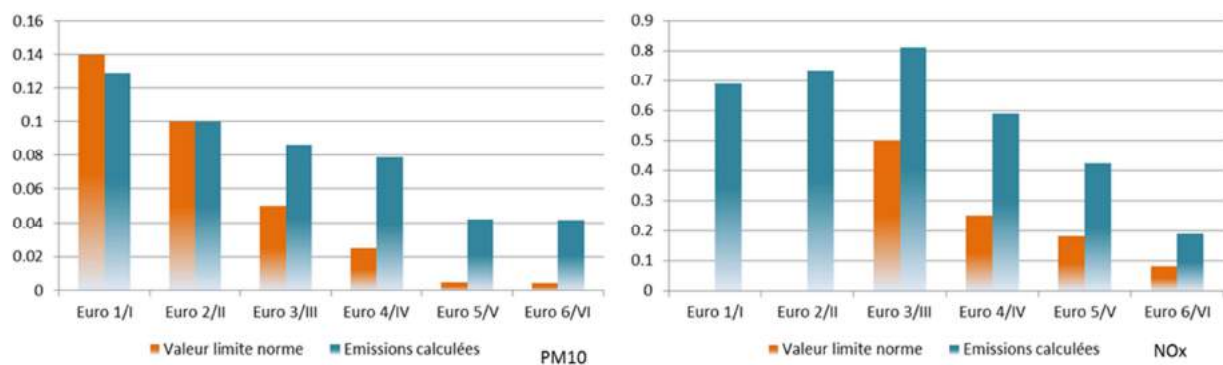


Figure 10 : Comparaison des émissions unitaires (g/km) des véhicules particuliers diesels définis par leur norme Euro et des émissions unitaires estimées dans l'inventaire des émissions PACA pour ces mêmes véhicules (calculs issus de COPERT IV)

Une particularité est à prendre en compte pour les émissions de particules. En effet, une part est issue de l'abrasion des freins et pneus, de l'usure de la route et de la remise en suspension. Ces émissions sont proportionnelles à la distance parcourue et ne dépendent ni des normes EURO, ni du carburant utilisé. Les émissions unitaires moyennes issues de l'inventaire des émissions d'Air PACA permettent d'en déduire cette part (cf. figure 11).

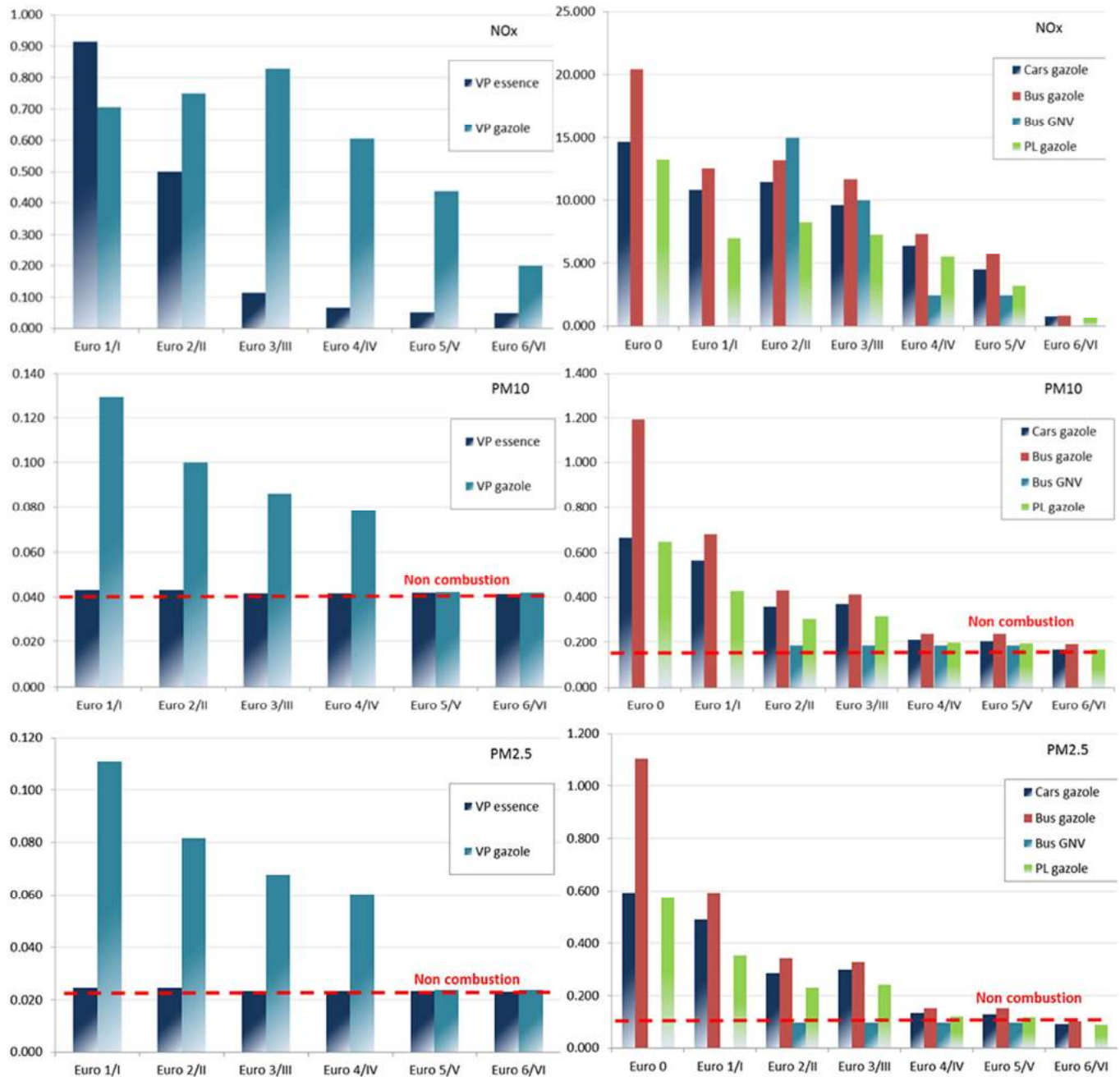


Figure 11 : Emissions unitaires (g/km) des véhicules selon leur norme EURO et leur carburant

Entre 2007 et 2014, pour les poids lourds comme pour les véhicules particuliers, les véhicules pré-EURO ont disparu et laissent la place aux véhicules post-EURO 4.

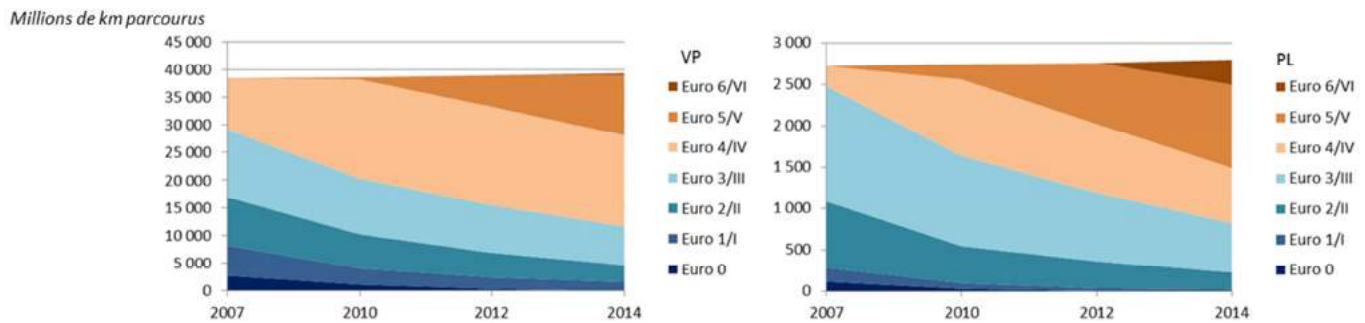


Figure 12 : Evolution du parc roulant par année en PACA (en millions de kms parcourus)

La combinaison du renouvellement progressif du parc roulant et de l'abaissement des valeurs limites à l'émission imposées par les normes EURO engendre une diminution constante des émissions de polluants dues au trafic routier, malgré une dynamique des déplacements en légère augmentation en PACA.

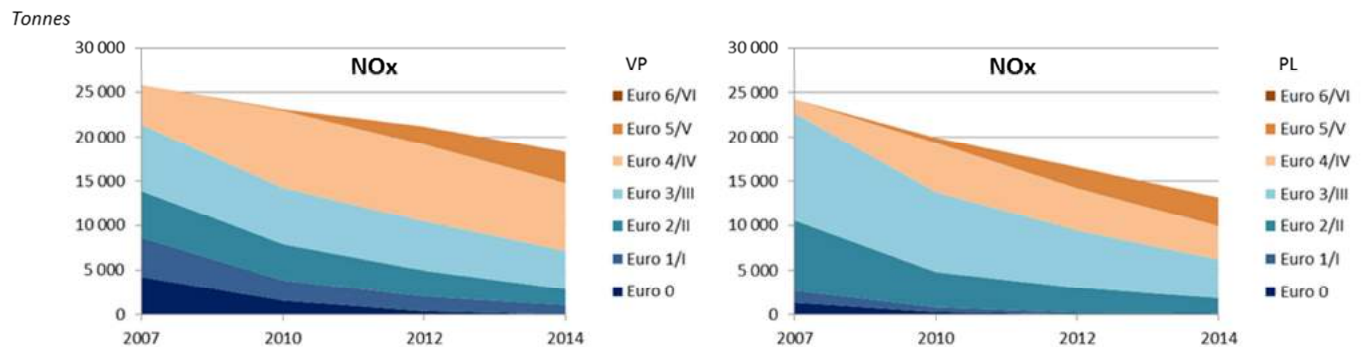


Figure 13 : Evolution des émissions annuelles de NOx (en t) pour les véhicules personnels (VP) et les poids-lourds (PL) en PACA

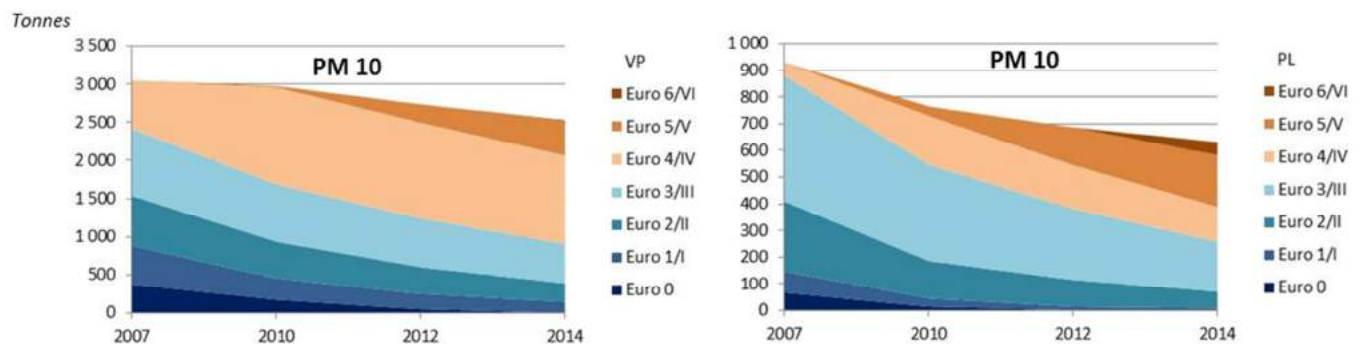


Figure 14 : Evolution des émissions annuelles de PM10 (en t) pour les VP et les PL en PACA

L'étude réalisée en 2012, en collaboration avec Atmo Auvergne - Rhône-Alpes et ASF sur différents segments de l'autoroute A7, permet également d'évaluer la contribution des véhicules pré-EURO 3 à la pollution atmosphérique.

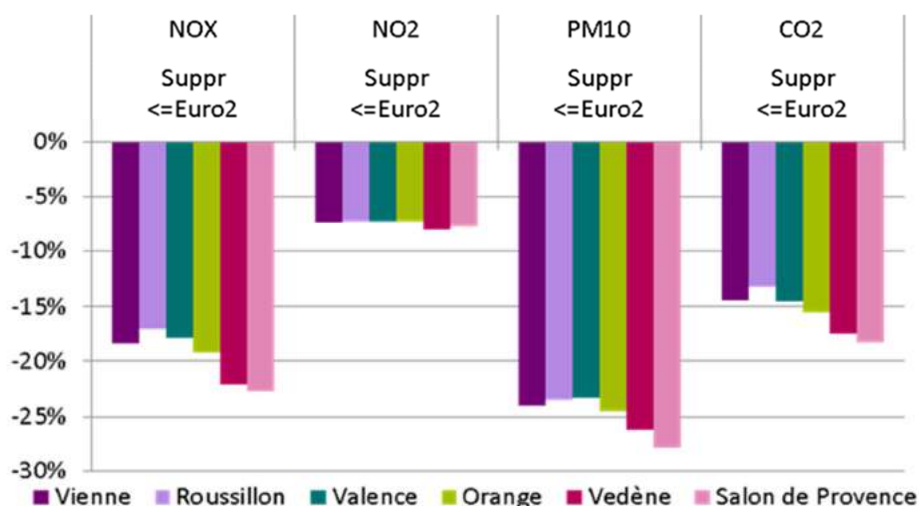


Figure 15 : Impact de la suppression des anciens poids-lourds et véhicules légers (\leq norme EURO 2), sur différents segments de l'autoroute A7 - © Atmo Auvergne - Rhône-Alpes, Air PACA (2012)

Les gains les plus importants induits par la suppression des véhicules pré-EURO 3 concernent les NOx (entre 17 % et 23 %) et les PM10 (entre 23 % et 28 %). Ce gain très significatif pour les PM10 s'explique par la contribution plus importante des vieux véhicules diesels dans ces émissions.

La suppression de ces vieux véhicules a un impact plus limité sur les émissions de NO₂, car les systèmes de dépollution qui équipent les nouveaux véhicules (catalyseurs de NOx et filtres à particules catalysés) augmentent le ratio NO₂/NOx à l'émission. [1]

Enfin, afin d'approfondir la réflexion sur ce sujet et d'après les facteurs unitaires moyens de l'inventaire des émissions d'Air PACA, le remplacement des véhicules de norme \leq EURO 4 par des véhicules récents, de norme EURO 6, permettrait :

- Pour les NOx, un gain en émissions de près de 70 % pour les poids lourds (PL), les véhicules légers (VL) et les transports collectifs (TC).
- Pour les PM10, un gain en émissions de près de 45 % pour les VL, 30 % pour les TC et de 25 % pour les PL.

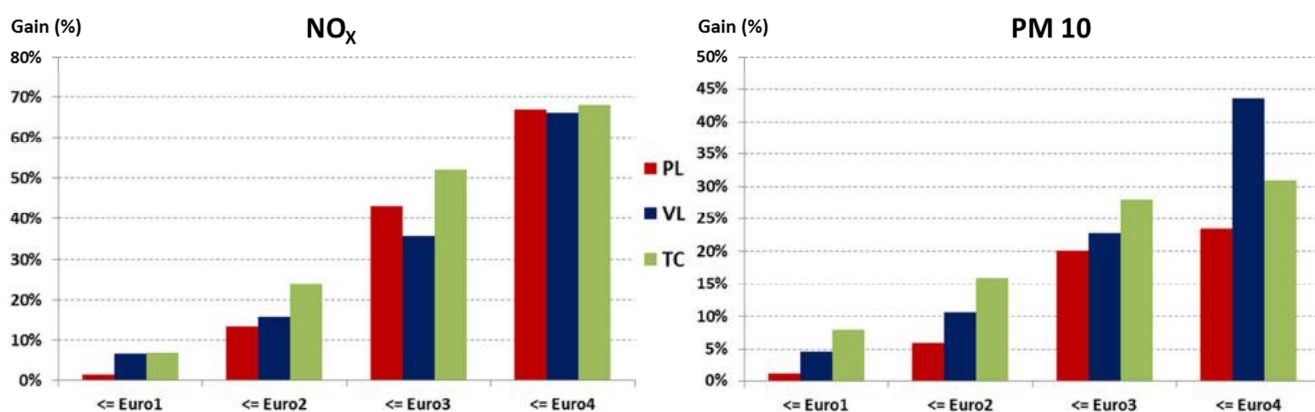


Figure 16 : Evolution du gain en émissions selon le remplacement de différents types de véhicules (poids-lourds, véhicules légers et transports en commun)

Bien que les véhicules de norme EURO 1 soient plus émetteurs que ceux de norme \geq EURO 2, ils ne sont pas les plus représentatifs du parc roulant, ce qui explique le faible gain en émissions du fait du leur remplacement.

Le renouvellement du parc automobile, conséquence de l'application des normes EURO, génère une réduction importante des émissions de NO_x, PM10 et PM2,5 quel que soit le type de zone étudiée.

2. Gestion du trafic

a. Réduction de vitesse

Air PACA s'est intéressé à l'impact des réductions (110 km/h, 90 km/h, 80 km/h, 70 km/h), également à partir de l'état de référence (130 km/h en 2007), de la vitesse limite sur les émissions de polluants sur les axes routiers ciblés précédemment (A7, A51 et A8).

i. Impact sur les émissions

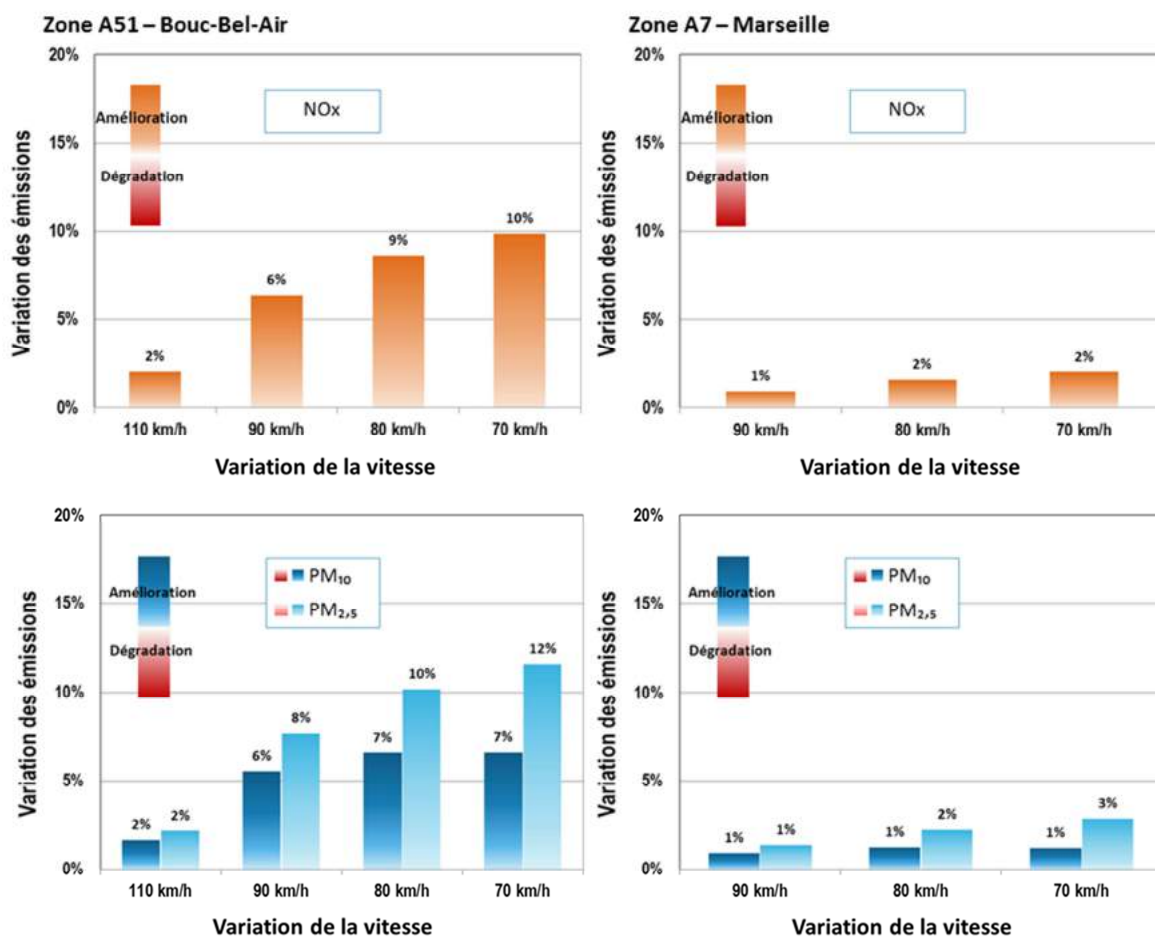


Figure 17 : Impact de la variation de la vitesse limite sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille)

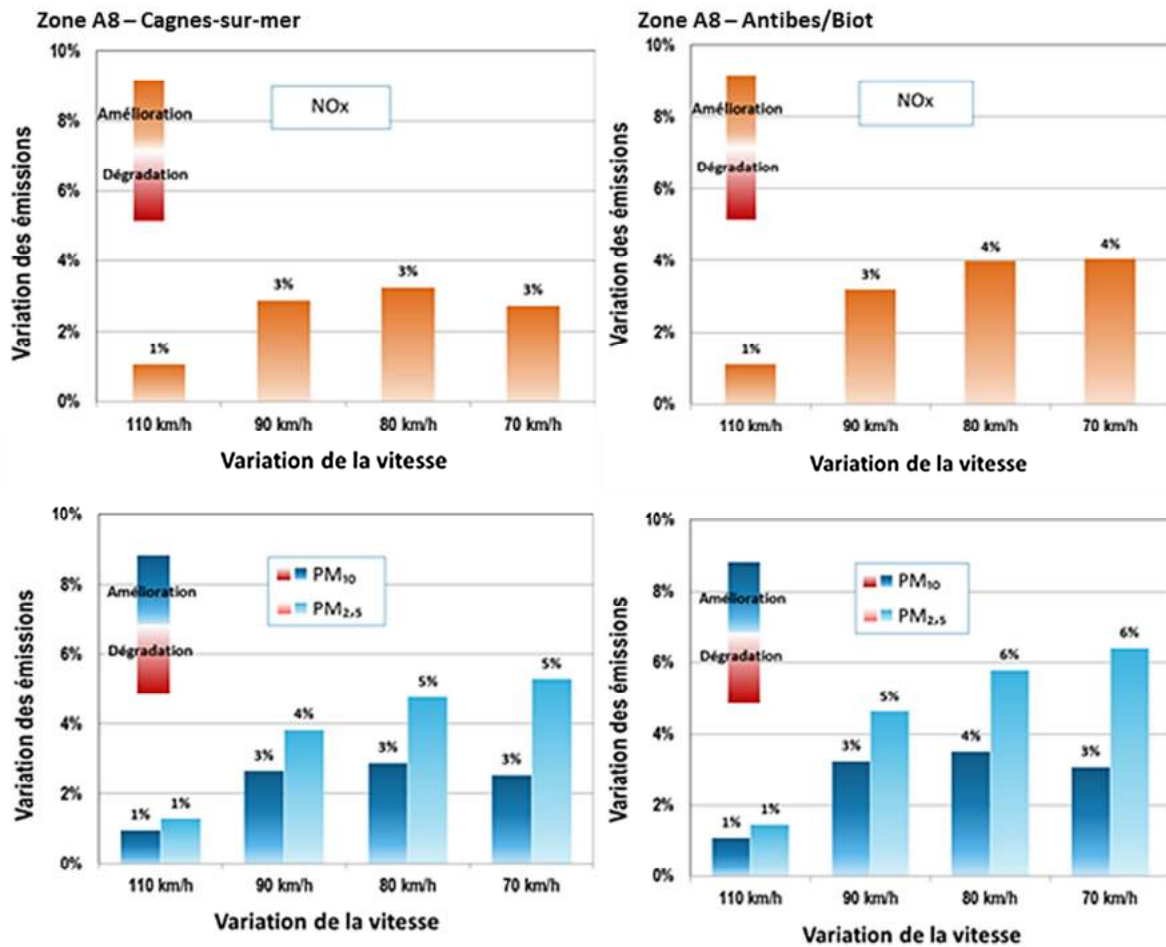


Figure 18 : Impact de la variation de la vitesse limite sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-Mer et Antibes/Biot)

En appliquant une réduction de la limitation de vitesse sur autoroute, la diminution des émissions est faible pour chaque polluant, surtout en zone urbaine où le gain maximal est de l'ordre de 5 %.

ii. Impact sur les concentrations

Zone A7 – Marseille	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	70	48	36
Vitesse limitée à 70km/h	69	47	35

Zone A51 – Bouc-Bel-Air			
Zone A51 – Bouc-Bel-Air	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	43	36	24
Vitesse limitée à 70km/h	42	35	23
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 15 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction de la vitesse limitée à 70 km/h

Zone A8 – Cagnes-sur-mer	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	82	57	44
Vitesse limitée à 70km/h	80	56	42

Zone A8 – Antibes/Biot			
Zone A8 – Antibes/Biot	NO ₂	PM10	PM2.5
	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)	Concentration annuelle (µg/m ³)
Etat de référence 2007	81	52	35
Vitesse limitée à 70km/h	79	51	33
Valeur Limite (VL) réglementaire	40	40	25

Tableau 16 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction de la vitesse limitée à 70 km/h

La limitation de vitesse n'engendre qu'une faible diminution des émissions (inférieure à 5 %) et donc des concentrations annuelles (inférieure à 3 %) en NO₂, PM10 et PM2,5 sur et à proximité des axes autoroutiers étudiés. La limitation de vitesse n'a pas d'impact sur la fluidité du trafic aux heures de pointes les plus émettrices, expliquant ainsi cette faible amélioration de la qualité de l'air.

iii. Impact sur l'exposition des populations

Zone urbaine A7 - Marseille	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	1730	-	640	-	560	-
Vitesse limitée à 70km/h	1620	-6%	620	-3%	530	-5%

Tableau 17 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille)

Zone urbaine A8 – Cagnes-sur-Mer	NO ₂		PM10		PM2.5	
	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction	Nb d'habitants exposés >VL	% réduction
Etat de référence 2007	6230	-	2690	-	5310	-
Vitesse limitée à 70km/h	5900	-5%	2310	-14%	5120	-4%

Tableau 18 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)

Les scénarios de réduction de vitesse ne génèrent qu'une faible réduction de la population exposée.

iv. Autres résultats

Pour aller plus loin, Air PACA a réalisé un calcul théorique permettant d'évaluer l'impact de la réduction de la vitesse limite de 130 km/h à 110 km/h sur autoroute selon le pourcentage de poids-lourds présents.

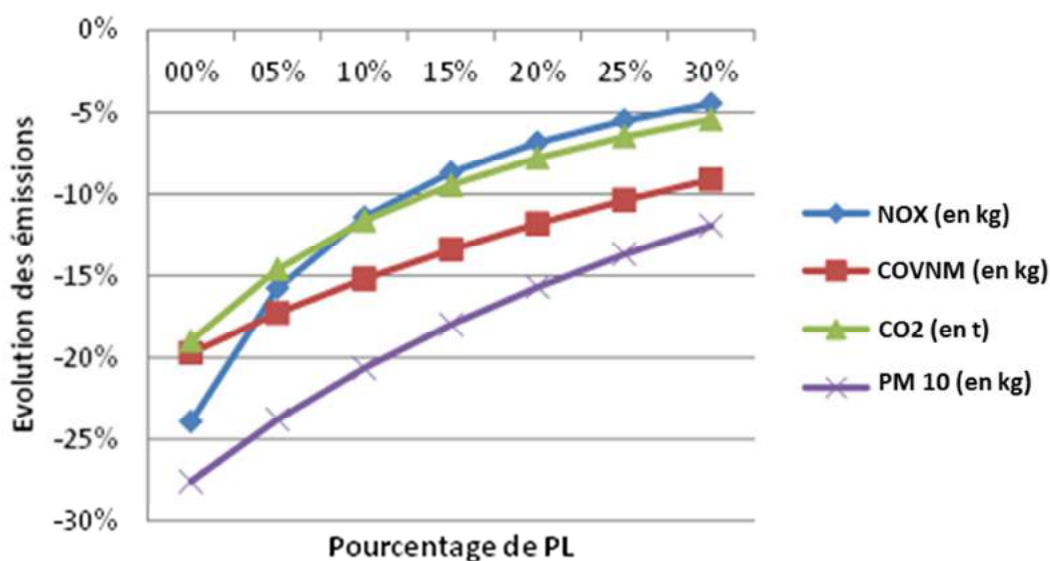


Figure 19 : Impact sur les émissions de la réduction de la vitesse limite de 130 km/h à 110 km/h sur autoroute en fonction du pourcentage de poids lourds sur l'axe

Il faut savoir que la réduction de vitesse de 130 km/h à 110 km/h n'a aucun impact sur les émissions des poids-lourds. En effet, étant déjà limité à 100 km/h au maximum sur autoroute, cette contrainte n'induit donc pas de changement de vitesse pour eux. Plus le pourcentage de poids lourds est important, moins la réduction de vitesse a un impact sur les émissions de l'axe.

Un scénario de réduction de vitesse sur l'A55 et la N572 vient appuyer ces résultats :

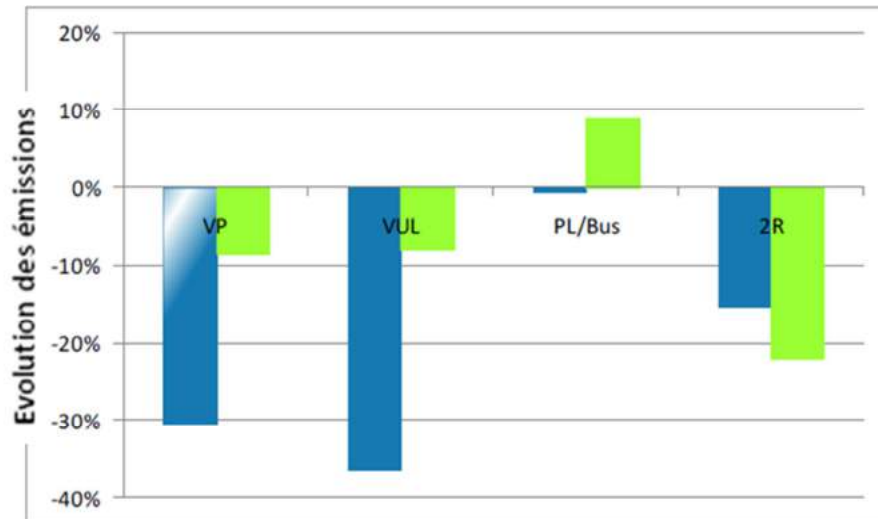


Figure 20 : Impact de la réduction de la vitesse limite de 30 km/h sur les émissions de NO_x (en %) par catégories de véhicules sur un axe (A55) limité initialement à 130 km/h avec 6 % de poids lourds (en bleu) et une route (N572) limitée initialement à 90 km/h avec 20 % de poids-lourds (en vert)

L'A55 atteint une diminution moyenne de -20 % de NO_x alors que sur la N572, fortement fréquentée par les poids lourds, les émissions augmentent de 6 % en moyenne.

L'impact d'une mesure de réduction de vitesse sur la variation des émissions est donc fortement influencé par la composition du trafic sur l'axe considéré.

Enfin, l'impact de la réduction de vitesse sur la pollution à l'ozone a également été étudié. La complexité des interactions entre les émissions de polluants issues du trafic routier et les concentrations d'ozone rend limité le champ d'action de ce type de mesure. Plus de détails sont donnés dans les *annexes 2 et 3*.

v. Efficacité de la réduction de vitesse

Cette mesure de réduction de vitesse, moins contraignant que celle de la suppression d'une partie du trafic, présente des résultats positifs mais peu importants en termes d'émissions, de concentrations et de populations exposées.

Il est alors nécessaire d'y adjoindre d'autres actions complémentaires (réduction du trafic, limitation du nombre de poids lourds, renouvellement du parc automobile, etc.) afin de respecter les seuils réglementaires.

A noter que l'hypothèse utilisée ici est pessimiste car une éventuelle modification de la fluidité du trafic liée à la limitation de vitesse n'est pas prise en compte.

b. Transport en commun

Dans le cadre du Plan d'Urgence de la Qualité de l'Air (PUQA) sur le territoire de Marseille Provence-Métropole (MPM), Air PACA a réalisé, en 2016, un calcul théorique afin d'évaluer les gains d'émissions liés à l'utilisation des bus urbains par rapport aux véhicules personnels.

Deux lignes de bus ont été considérées pour la réalisation des calculs :

- La ligne 21 : entre Castellane et Luminy
- La ligne 49 : entre Canebière Bourse et Canebière Réformés

Les émissions dépendent du trafic moyen journalier annuel, de la vitesse de circulation des véhicules, du parc roulant, de la pente de l'axe, de la charge des véhicules.... Les données utilisées pour la réalisation de ces calculs ont été transmises par la Régie des Transports de Marseille et sont représentatives de l'année 2013. A noter que les bus ont été considérés comme les autres véhicules, c'est-à-dire roulant sur les mêmes axes. Les émissions calculées dans le cadre de ce projet considèrent un bus EURO V « moyen » conformément au parc roulant de l'Institut Français des Sciences et Technologie des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) de 2011.

L'analyse des émissions rejetées par chaque type de véhicule (comparaison d'un véhicule à l'autre, sans notion de trafic routier) met en évidence les rejets moindres d'un véhicule de type VP/VUL comparativement à un poids lourd ou à un bus.

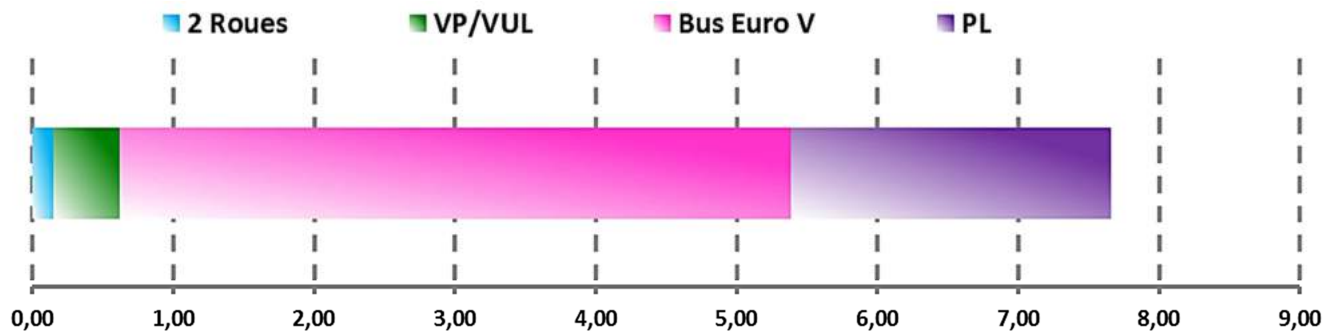


Figure 21 : Emissions unitaires de NO_x (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49

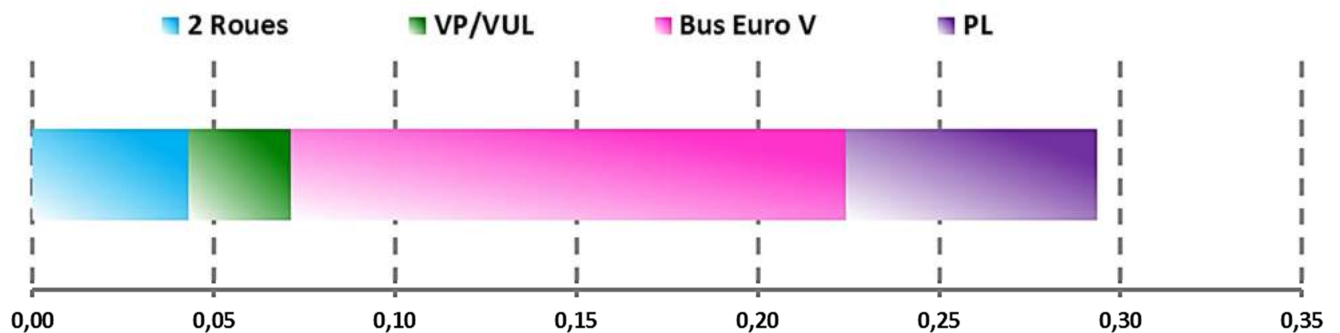


Figure 22 : Emissions unitaires de PM10 (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49

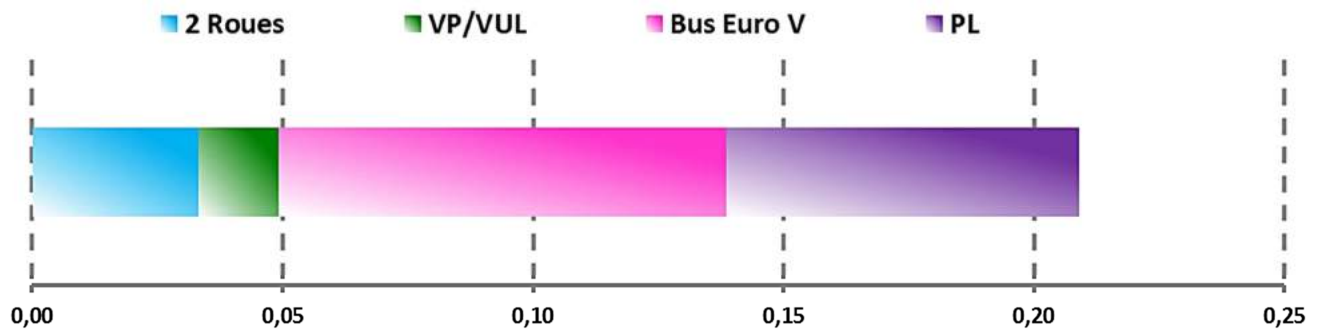


Figure 23 : Emissions unitaires de PM2,5 (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49

L'analyse du taux de remplissage d'un bus est donc importante pour vérifier l'effet positif de cette ligne de bus sur la pollution atmosphérique.

Pour que l'utilisation des transports en commun soit efficace sur le plan environnemental, il est nécessaire que le taux minimal de remplissage du bus soit suffisant pour que les émissions engendrées par le bus soient inférieures aux émissions totales des passagers si ceux-ci avaient pris leur VP pour effectuer le même trajet.

Ce taux de remplissage minimal est obtenu par le ratio entre les émissions unitaires des 2 types de véhicules considérés :

$$\text{Taux de remplissage minimal}_{\text{polluant } i} = \frac{\text{Emission unitaire Bus}_{\text{polluant } i}}{\text{Emission unitaire VP}_{\text{polluant } i}}$$

Le taux de remplissage minimal d'un bus Euro V est de 10 personnes (le ratio le plus défavorable étant utilisé pour le calcul ; il est déterminé ici par les émissions d'oxydes d'azote). Un bus émet 10 fois plus de NOx qu'un VP : pour que son impact sur la qualité de l'air soit positif, **il doit transporter à minima 10 personnes pour que ses émissions restent inférieures à celles qui auraient été émises si les passagers avaient pris leur VP.**²

Ce ratio a été calculé par comparaison avec un VP moyen (contenant 1 seul passager). Ce taux passe à 15 personnes par comparaison avec un VP récent (Euro V).

La ligne 21 transporte chaque jour 17 500 passagers pour un trafic moyen journalier annuel de 385 bus, qui correspond à un taux de remplissage moyen de 45 passagers par bus.

La ligne 49 transporte chaque jour, quant à elle, 6 000 passagers pour un trafic moyen journalier annuel de 115 bus, soit un taux de remplissage moyen de 52 passagers par bus.

Le taux minimal calculé précédemment (10 personnes) est donc largement atteint.

² A titre d'information, le taux de remplissage minimal est de 4 personnes en utilisant les particules en suspension pour le calcul du ratio.

Les graphes ci-après permettent de rendre compte des émissions, par passager, selon le mode de transport utilisé en moyenne sur les lignes 21 et 49 :

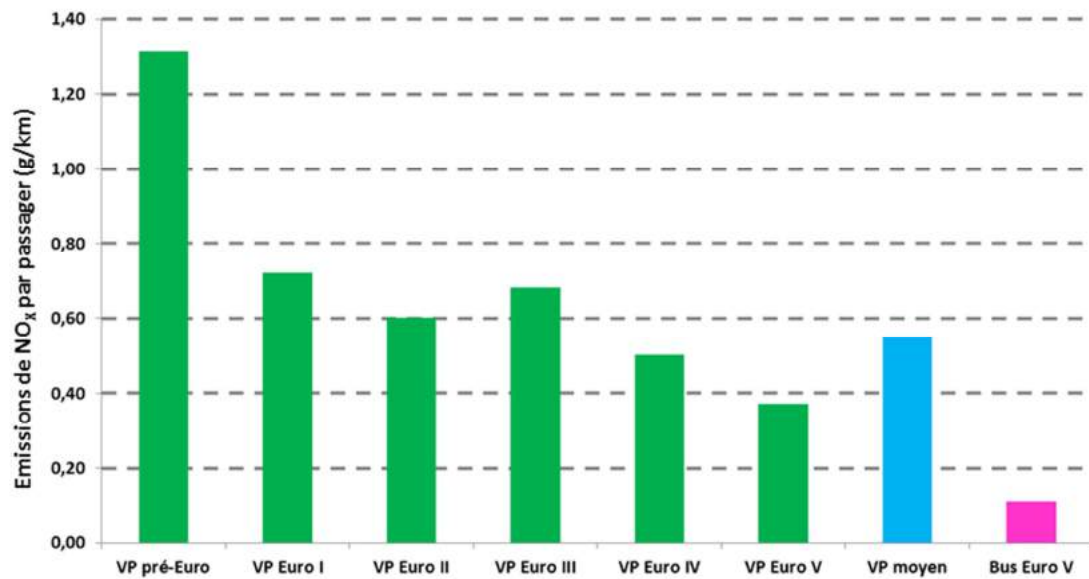


Figure 24 : Emissions de NO_x par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49

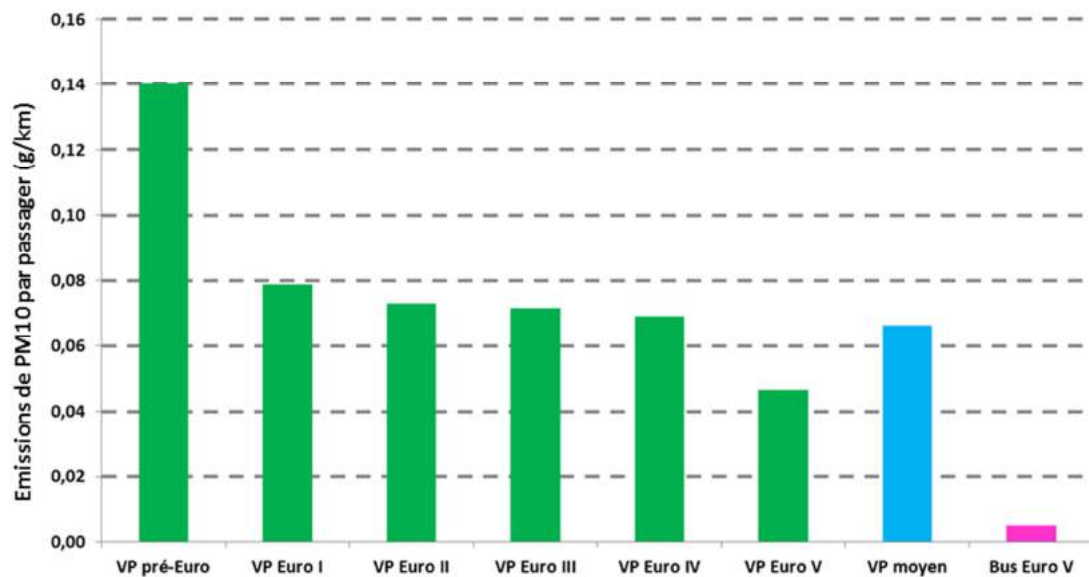


Figure 25 : Emissions de PM10 par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49

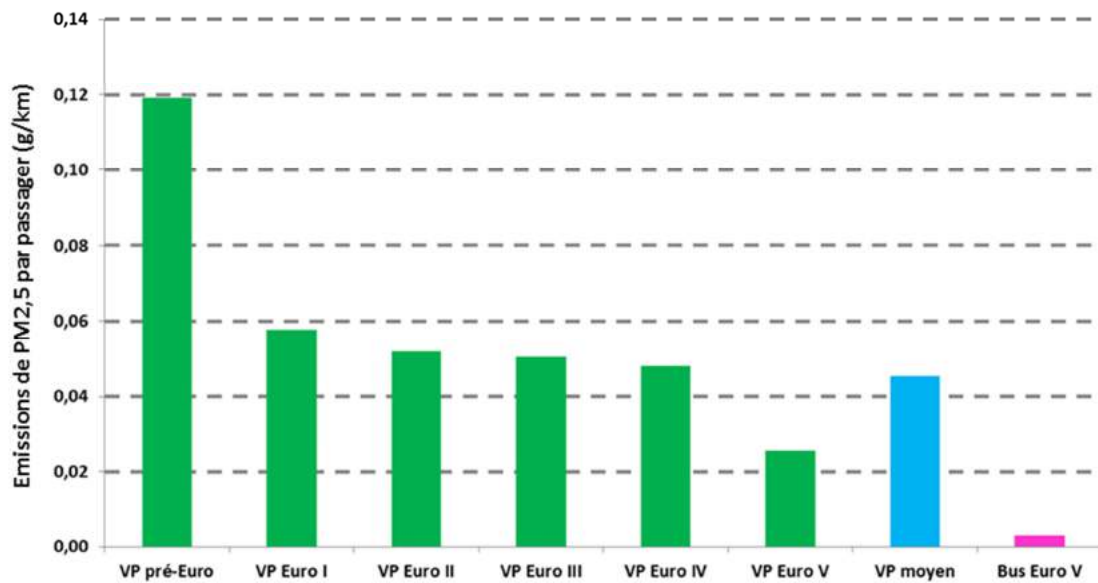


Figure 26 : Émissions de PM2,5 par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49

A noter : hypothèse → seulement 1 passager par véhicule personnel.

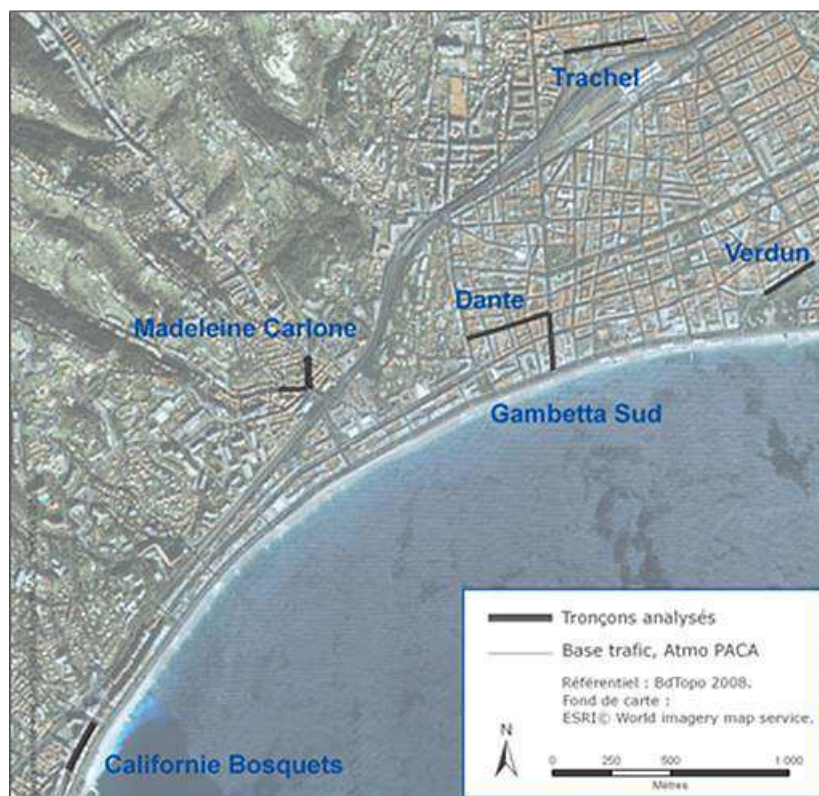
Les gains en émissions liés à l'utilisation des transports en commun des lignes 21 et 49 par rapport au véhicule personnel apparaissent importants en raison de la fréquentation de ces lignes, des caractéristiques des bus concernés, des hypothèses de calculs, etc.

Ces résultats ne peuvent alors être généralisés à l'ensemble des lignes routières de transport en commun.

c. Lutte contre le stationnement en doubles files

Dans le cadre de l'agrandissement de son réseau de caméras de vidéo verbalisation, la métropole Nice Côte d'Azur a souhaité connaître, en 2011, l'impact du stationnement en double file sur les émissions polluantes du trafic routier.

Un calcul des émissions sur l'année 2010 de NO_x, PM10, PM2,5, benzène et CO₂, pour six axes différents de la zone urbaine, est alors réalisé en situation trafic normale puis en simulant la gêne de trafic occasionnée par les doubles files. La Métropole NCA a fourni les données trafics nécessaires à ces calculs.



Carte 3 : Tronçons couverts par les caméras de vidéo-verbalisation analysés dans cette étude

Pour simuler l'impact des doubles files et en raison de leur ampleur sur les axes concernés, il a été décidé de les recréer en coupant une des voies sur chaque sens de circulation. Si, dans la réalité, les doubles files ne s'étendent que très rarement sur toute la longueur d'une rue, on constate néanmoins qu'un nombre important de véhicules en infraction oblige la circulation à éviter la voie concernée pour ne pas avoir à se rabattre de manière intempestive.

Ainsi, un même nombre de véhicules circule sur un nombre de voies plus réduit, ce qui entraîne une surémission due à l'engorgement de l'axe.

Il est important de signaler que pour certains axes en double sens, n'ayant que trois voies au total, la double file n'est recrée que dans un seul sens car supprimer la voie unique du second sens reviendrait à supprimer tout le trafic de l'axe.



Figure 27 : Augmentation moyenne des émissions engendrées par les doubles files

Cette étude met en évidence une forte hausse des émissions polluantes engendrée par les stationnements en double file. En effet, les surémissions totales engendrées par ce type de stationnement ne sont pas négligeables et représentent, sur l'ensemble des zones étudiées, une augmentation des émissions. L'augmentation des émissions concerne chacun des axes et tous les polluants étudiés. Cependant, des disparités peuvent apparaître entre les axes en raison des différences de trafic et du nombre de voies supprimées.

Le stationnement en double file a donc un impact fort sur les émissions d'un axe routier en milieu urbain. Cet impact est d'autant plus fort si les flux de trafic sont élevés.

Conclusion

Une part importante des polluants atmosphériques émis en région PACA provient du trafic routier. Toute action, comme le renouvellement du parc automobile, la réduction du nombre de poids-lourds ou du trafic dans son ensemble, la réduction de la vitesse limite de circulation, etc... contribuera à diminuer les concentrations en NO₂, PM10 et PM2,5.

L'impact sur les émissions, les concentrations et les populations exposées dépend des actions considérées. En règle générale, les actions les plus contraignantes (suppression des poids-lourds, circulation alternée, etc...) apportent les résultats les plus significatifs en termes d'amélioration de la qualité de l'air.

Il est toutefois important de noter que l'efficacité d'une action dépendra de plusieurs paramètres, en particulier de la zone géographique et de l'axe sur lequel elle est appliquée.

En faisant abstraction de ces divers paramètres pouvant influencer sur l'impact des mesures, une estimation de l'efficacité relative de chaque action peut-être calculée, les unes par rapport aux autres, en termes d'émission pour les différents polluants :

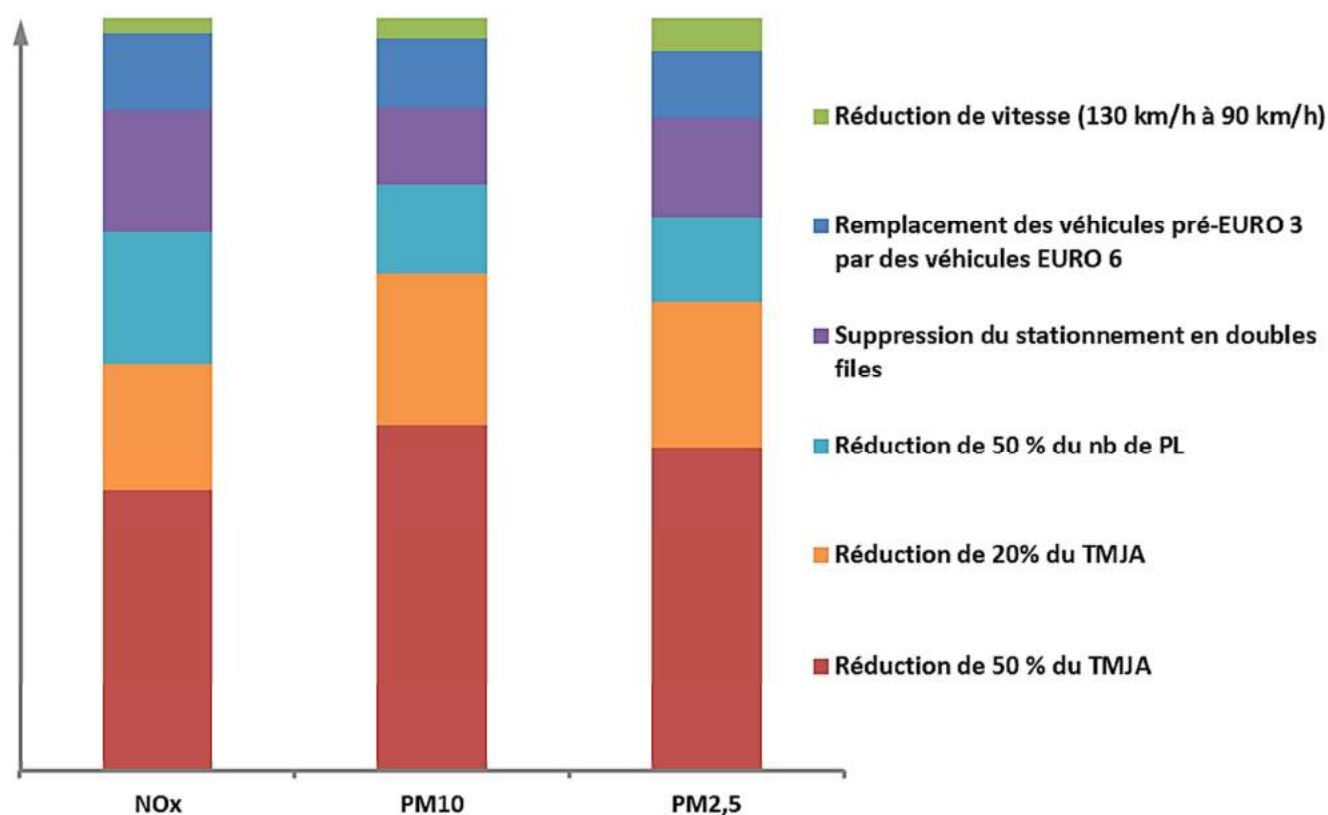


Figure 28 : Estimation relative de l'efficacité des différentes mesures de réduction des émissions liées au trafic routier pour les oxydes d'azotes (NO_x), les PM10 et les PM2,5

Ce graphe est construit à partir de la normalisation des résultats obtenus pour les différentes simulations présentées tout au long de ce rapport.

Le gain en émissions ne peut, ici, être exprimé en pourcentage. En effet, nous ne pourrions arriver à un gain de 100 % en émissions en appliquant l'ensemble des actions décrites. Le but étant de pouvoir estimer qualitativement l'impact plus ou moins important d'une action par rapport aux autres.

En règle générale, les actions les plus difficiles à mettre en place et les plus contraignantes pour les usagers sont celles qui apportent les meilleurs résultats. Aussi, la plupart de ces actions ne peuvent être mises en place de façon pérenne : leur impact est donc important lors de leur application, sur le court terme, mais il est moindre sur la pollution chronique, à long terme.

La réduction du TMJA de 50 % (tous types de véhicules concernés) est l'action qui montre les résultats les plus importants en termes de réduction des émissions. En effet, les émissions d'oxydes d'azotes (NO_x) et de particules fines PM10 et PM2,5 sont réduites de près de 50 % lorsque le TMJA est réduit de 50 %. Ainsi, sur certaines zones d'études ciblées, la population exposée à des concentrations en polluants supérieures aux valeurs limites pour la protection de la santé est fortement en baisse (≈ 80 % de réduction de la population exposée en moyenne sur les zones étudiées pour chacun des polluants). Toutefois, il est important de rappeler que les résultats sur la population exposée ne peuvent être généralisés car ils dépendent directement du nombre de personnes exposées, de leur proximité par rapport à l'axe, etc. Cette mesure s'avère toutefois être contraignante et dépend fortement de l'implication des usagers de la route.

La réduction du nombre de poids-lourds apporte un gain plus important pour les oxydes d'azote que pour les particules fines. Il faut cependant que la réduction du nombre de poids-lourds soit conséquente (≈ 50 %) pour observer une nette amélioration.

L'interdiction du stationnement en double file, quant à elle, est une pratique pouvant être appliquée et respectée de manière pérenne et peut entraîner une diminution des émissions, notamment d'oxydes d'azote, conséquente.

Le remplacement des véhicules les plus anciens par des véhicules récents, soit le renouvellement du parc automobile, par l'intermédiaire de différentes aides pouvant être proposées par l'Etat et les collectivités, est également un levier d'action permettant d'apporter des résultats significatifs.

Les résultats concernant l'utilisation des transports en communs n'ont pas été intégrés dans le graphe précédent en raison des hypothèses de calculs. En effet, les résultats varient sensiblement en fonction du taux de remplissage des véhicules, de leurs caractéristiques, du nombre de kilomètres parcourus ainsi que du nombre de véhicules particuliers non présents sur la route que cela induit. Pour ce dernier paramètre, l'hypothèse formulée est optimiste car elle suppose que pour chaque personne qui utilise les transports en commun, l'utilisation d'un véhicule personnel est évitée. La grande variabilité des résultats, occasionnée par ces paramètres et les hypothèses associées, ne permet donc pas de tirer une tendance générale pour l'ensemble du réseau de transports en commun.

Au final, c'est le cumul de plusieurs actions qui permettra une franche amélioration de la qualité de l'air aux abords des axes routiers.

Annexe 1 : Informations issues des études hors PACA

Baisse du trafic routier	Constat 2009	-20%	-50%	-80%	-100%
Diminution induite des émissions de NO _x		24%	53%	81%	100%
Diminution induite des concentrations de NO ₂	Moyenne annuelle 21 – 100 µg/m ³	0 à 20 µg/m ³ 2 µg/m ³ en moyenne	0 à 41 µg/m ³ 5 µg/m ³ en moyenne	0 à 59 µg/m ³ 8 µg/m ³ en moyenne	0 à 75 µg/m ³ 10 µg/m ³ en moyenne
Surface exposée à des dépassements de la valeur limite de qualité de l'air	27,9 km ²	20,5 km ² (-27%)	7,8 km ² (-72%)	0 km ² (-100%)	0 km ² (-100%)
Population potentiellement exposée à des dépassements de la valeur limite de qualité de l'air	116 800 hab	66 300 hab (-43%)	7 300 hab (-94%)	0 hab (-100%)	0 hab (-100%)

Tableau 19 : Impact de la baisse du trafic routier sur les émissions de NO_x - zone PPA de l'agglomération strasbourgeoise

Baisse du trafic routier	Constat 2009	-20%	-50%	-80%	-100%
Diminution induite des émissions de PM10		22%	51%	80%	100%
Diminution induite des concentrations de PM10 en moyenne annuelle	Moyenne annuelle 23 – 58 µg/m ³	0 à 9 µg/m ³ 0,7 µg/m ³ en moyenne	0 à 19 µg/m ³ 1,6 µg/m ³ en moyenne	0 à 28 µg/m ³ 2,5 µg/m ³ en moyenne	0 à 34 µg/m ³ 3 µg/m ³ en moyenne
Diminution induite des concentrations de PM10 en percentile 90,4	Percentile 90,4 journalier 40 – 89 µg/m ³	0 à 14 µg/m ³ 0,9 µg/m ³ en moyenne	0 à 29 µg/m ³ 2 µg/m ³ en moyenne	0 à 40 µg/m ³ 3 µg/m ³ en moyenne	0 à 47 µg/m ³ 3,7 µg/m ³ en moyenne
Surface et population exposées à des dépassements de la valeur limite de qualité de l'air en moyenne annuelle de 40 µg/m ³	4,08 km ² 3 400 hab	1,76 km ² (-57%) 1 000 hab (-71%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)
Surface et population exposées à des dépassements de la valeur limite journalière de qualité de l'air de 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (percentile 90,4)	21,1 km ² 63 200 hab	14 km ² (-32%) 35 100 hab (-44%)	6 km ² (-71%) 4 900 hab (-92%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)
Surface et population exposées à des dépassements de l'objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle de 30 µg/m ³	24,6 km ² 88 300 hab	19 km ² (-22%) 58 000 hab (-34%)	8 km ² (-68%) 7 300 hab (-92%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)	0 km ² (-100%) 0 hab (-100%)

Tableau 20 : Impact de la baisse du trafic routier sur les émissions de PM10 – zone PPA de l'agglomération strasbourgeoise

Etude complète : http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Plan_de_Protection_de_I1.pdf

Annexe 2 : Production d'ozone dans un panache urbain

Les zones urbaines se caractérisent par :

- Des niveaux de concentration élevés en NO_x , typiquement plusieurs dizaines de ppb (donc un régime saturé en NO_x)
- Un bas rapport de concentration COV/NO_x (typiquement inférieur à 4)

La vitesse de production d'ozone est donc généralement lente et les maxima n'excèdent que rarement la centaine de ppb (des valeurs supérieures sont exceptionnellement enregistrées, notamment lors de situations météorologiques conduisant à une re-circulation des masses d'air au-dessus de la zone urbaine considérée). Lorsque l'on s'éloigne du centre urbain, la parcelle d'air s'appauvrit rapidement en NO_x (cf. figure 25). Ceci résulte du faible temps de vie des NO_x , des effets de dilution des masses d'air et de l'absence de sources majeures de NO_x en zone rurale.

La parcelle d'air passe progressivement d'un régime saturé en NO_x vers un régime limité en NO_x .

A l'inverse des NO_x , la charge de COV reste souvent élevée dans le panache. Ceci résulte d'une part des émissions souvent très significatives de COV par les sources biogéniques et, d'autre part, du temps de vie des COV qui est en moyenne plus élevé que celui des NO_x . Le rapport COV/NO_x augmente donc rapidement dans le panache à mesure que l'on s'éloigne du centre urbain. Ces deux effets combinés (diminution de la charge en NO_x , augmentation du rapport COV/NO_x) induisent une rapide augmentation de la vitesse de production d'ozone. Les maxima de concentration d'ozone ne sont donc généralement pas enregistrés en zone urbaine (de façon générale, à proximité des sources d'émission intenses de précurseurs), mais plusieurs dizaines de kilomètres sous le vent des grandes agglomérations urbaines. [5]

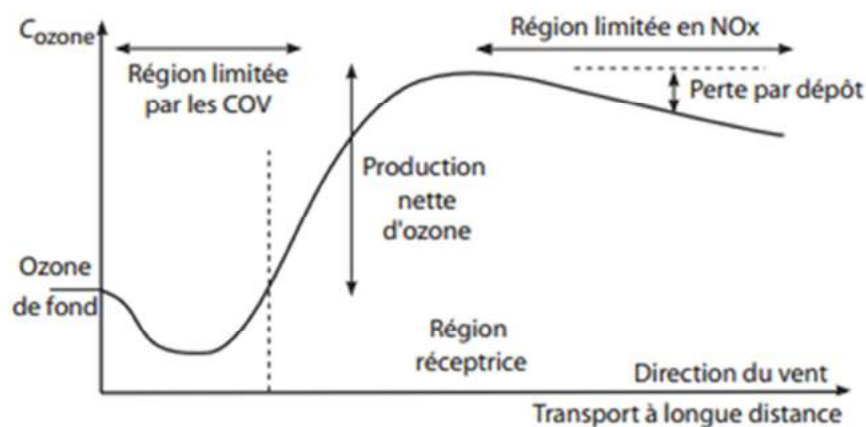


Figure 29 : Evolution schématique du profil de concentration d'ozone dans un panache urbain lors d'un épisode de pollution photooxydante (D'après Solberg et al, 2004).

Annexe 3 : Pollution par l'ozone

Quel(s) impact(s) de la réduction de vitesse sur les concentrations d'ozone ?

L'ozone n'est pas directement émis mais produit chimiquement dans l'atmosphère (espèce secondaire). C'est une espèce relativement stable, son temps de vie chimique étant typiquement de l'ordre de la semaine. L'oxydation photochimique des composés organiques volatils en présence d'oxydes d'azote (NO_x) est une source majeure d'ozone. Ces deux familles de composés constituent donc les précurseurs chimiques de l'ozone.

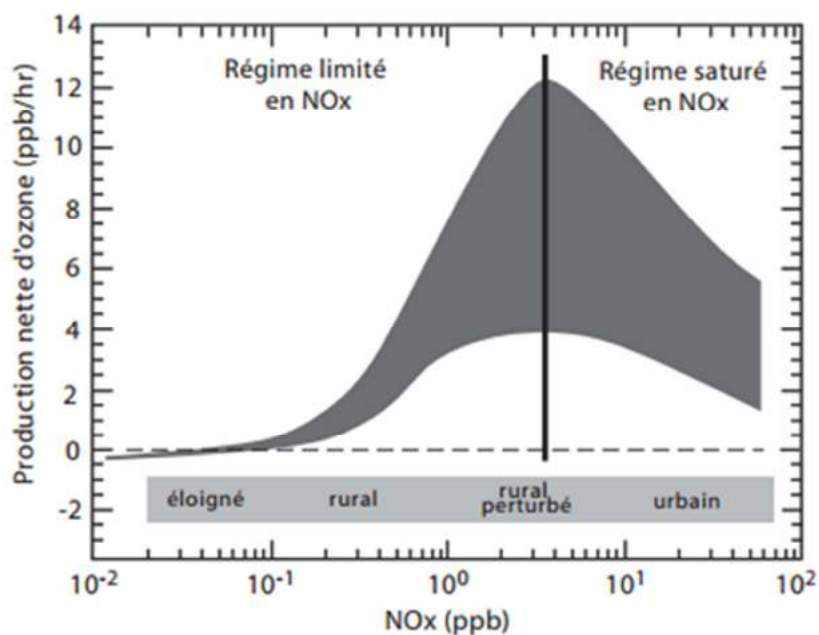


Figure 30 : Profil type de la vitesse de production d'ozone en fonction de la quantité de NO_x (D'après McKeen et al, 1991 et Liu et al, 1992)

Pour une concentration de NO_x donnée, les vitesses de production d'ozone varient significativement (dépendance aux concentrations de COV en particulier). Les vitesses de formation d'ozone reportées représentent des valeurs typiques et sont données à titre indicatif. [5]

Plus de détails sur la formation de l'ozone en zone urbaine sont donnés en *annexe 2*.

En 2011, Air PACA a réalisé une étude d'impact de la réduction de vitesse sur la qualité de l'air. Dans le cadre de cette étude, l'impact de la mesure de réduction de vitesse de 30 km/h sans descendre en-dessous de 70 km/h a été étudié en prenant l'année 2006 comme année de référence. La période estivale de l'année 2006 ayant montré des niveaux particulièrement élevés en ozone, avec le déclenchement de mesures d'urgences. [6]

Deux scénarios de réduction de vitesse ont été testés, sur la zone ouest de la région PACA (centrée sur Marseille et l'étang de Berre), afin d'évaluer leurs impacts sur les concentrations d'ozone :

- Le scénario RV1 correspond à l'application de la mesure de réduction de vitesse pendant les 153 jours de la période (du 2 mai au 30 septembre 2006).
- Le scénario RV2 correspond à l'application de la mesure de réduction de vitesse uniquement pendant les 20 jours où les mesures d'urgence ont été mises en place (le 2 et 3 juillet 2006, du 10 au 27 juillet 2006 inclus).

L'étude de l'impact de ces mesures sur la pollution à l'ozone n'indique, d'une manière générale, qu'une légère diminution de la pollution photochimique :

- La réduction de 30 km/h de la vitesse permet une légère diminution des concentrations maximales en ozone (de l'ordre de 1 à 2 microgrammes) dans l'arrière-pays avec une légère augmentation des concentrations à proximité des grands axes et zones urbaines, en lien avec la diminution de la dégradation de l'ozone par le dioxyde d'azote.
- L'impact sur le nombre de jours de dépassement de la valeur cible de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ozone (moyenne sur 8 heures) est de -2 à +3 jours sur la période étudiée (scénario RV1). Le scénario RV2 n'entraîne quant à lui aucune modification du nombre de jours dépassant 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- L'effet de la réduction de vitesse est faible sur le nombre d'occurrences du dépassement du seuil d'information de 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1 heure. La mise en place de la mesure sur les 5 mois simulés (scénario RV1) n'apporte pas de bénéfice significatif par rapport aux 20 jours où elle a été appliquée (scénario RV2).
- Dans les zones saturées en NO_x telles qu'à proximité des principaux axes routiers et des centres urbains denses, une réduction des émissions de NO_x aura tendance à induire une augmentation des concentrations en ozone. Cette observation est d'autant plus vraie lorsque ces axes routiers et centres urbains se trouvent exposés à des concentrations non négligeables en COV (sous les vents des complexes industriels notamment).

L'ozone n'est pas directement émis dans l'atmosphère mais résulte de réactions chimiques complexes entre des composés précurseurs (NO_x et COV notamment). De plus, les paramètres influençant les émissions de polluants sont très variables d'un axe à un autre (trafic, vitesse autorisée, pourcentage de poids lourds, pente, proximité industriel, etc.). La mesure de réduction de vitesse a donc un champ d'action très limité ne permettant pas de réduire significativement les concentrations d'ozone.

Liste des illustrations

Liste des graphes :

<i>Figure 1 : Répartition sectorielle des émissions en 2013 dans la région PACA</i>	<i>3</i>
<i>Figure 2 : Evolution annuelle des émissions (en t) de l'ensemble des secteurs (zone pleine) et de la contribution des transports routiers (zone hachurée)</i>	<i>3</i>
<i>Figure 3 : Contributions des véhicules aux émissions routières sur les zones d'étude de l'A7 et de l'A51</i>	<i>5</i>
<i>Figure 4 : Contributions des véhicules aux émissions routières sur les zones d'étude de l'A8</i>	<i>6</i>
<i>Figure 5 : Impact de la variation de trafic sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 6 : Impact de la variation de trafic sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-mer et Antibes/Biot).....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 7 : Impact de la variation du nombre de poids-lourds sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 8 : Impact de la variation du nombre de poids-lourds sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-mer et Antibes/Biot)</i>	<i>13</i>
<i>Figure 9 : Estimation de la réduction des émissions par polluant suite à la suppression des poids-lourds sur l'A7</i>	<i>16</i>
<i>Figure 10 : Comparaison des émissions unitaires (g/km) des véhicules particuliers diesels définis par leur norme Euro et des émissions unitaires estimées dans l'inventaire des émissions PACA pour ces mêmes véhicules (calculs issus de COPERT IV).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 11 : Emissions unitaires (g/km) des véhicules selon leur norme EURO et leur carburant</i>	<i>18</i>
<i>Figure 12 : Evolution du parc roulant par année en PACA (en millions de kms parcourus).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 13 : Evolution des émissions annuelles de NOx (en t) pour les véhicules personnels (VP) et les poids-lourds (PL) en PACA.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 14 : Evolution des émissions annuelles de PM10 (en t) pour les VP et les PL en PACA.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 15 : Impact de la suppression des anciens poids-lourds et véhicules légers (\leq norme EURO 2), sur différents segments de l'autoroute A7 - © Atmo Auvergne - Rhône-Alpes, Air PACA (2012).....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 16 : Evolution du gain en émissions selon le remplacement de différents types de véhicules (poids-lourds, véhicules légers et transports en commun).....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 17 : Impact de la variation de la vitesse limite sur les émissions de NOx et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A51 (Bouc-Bel-Air) et de l'A7 (Marseille)</i>	<i>21</i>

<i>Figure 18 : Impact de la variation de la vitesse limite sur les émissions de NO_x et de particules fines (PM10 et PM2,5) sur les zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-mer et Antibes/Biot).....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 19 : Impact sur les émissions de la réduction de la vitesse limite de 130 km/h à 110 km/h sur autoroute en fonction du pourcentage de poids-lourds sur l'axe</i>	<i>24</i>
<i>Figure 20 : Impact de la réduction de la vitesse limite de 30 km/h sur les émissions de NO_x (en %) par catégories de véhicules sur un axe (A55) limité initialement à 130 km/h avec 6 % de poids-lourds (en bleu) et une route (N572) limitée initialement à 90 km/h avec 20 % de poids-lourds (en vert)</i>	<i>25</i>
<i>Figure 21 : Emissions unitaires de NO_x (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49</i>	<i>26</i>
<i>Figure 22 : Emissions unitaires de PM10 (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49</i>	<i>26</i>
<i>Figure 23 : Emissions unitaires de PM2,5 (en g/km) en moyenne sur les tracés des lignes 21 et 49</i>	<i>27</i>
<i>Figure 24 : Emissions de NO_x par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49... ..</i>	<i>28</i>
<i>Figure 25 : Emissions de PM10 par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49</i>	<i>28</i>
<i>Figure 26 : Emissions de PM2,5 par passager (g/km) selon le mode de transport utilisé le long des lignes 21 et 49</i>	<i>29</i>
<i>Figure 27 : Augmentation moyenne des émissions engendrées par les doubles files</i>	<i>31</i>
<i>Figure 28 : Estimation relative de l'efficacité des différentes mesures de réduction des émissions liées au trafic routier pour les oxydes d'azotes (NO_x), les PM10 et les PM2,5</i>	<i>32</i>
<i>Figure 29 : Evolution schématique du profil de concentration d'ozone dans un panache urbain lors d'un épisode de pollution photooxydante (D'après Solberg et al, 2004).....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 30 : Profil type de la vitesse de production d'ozone en fonction de la quantité de NO_x (D'après McKeen et al, 1991 et Liu et al, 1992).....</i>	<i>36</i>

Liste des tableaux :

<i>Tableau 1 : Caractéristiques des zones d'étude de l'A7 (Marseille) et de l'A51 (Bouc-Bel-Air) en 2007</i>	<i>5</i>
<i>Tableau 2 : Caractéristiques des zones d'étude de l'A8 en 2007.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 3 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction de trafic de 50%.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 4 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction du trafic de 50%</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 5 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille)</i>	<i>10</i>

<i>Tableau 6 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 7 : Impact de la circulation alternée sur les émissions dans la zone à enjeux de Nice</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 8 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction du nombre de poids-lourds de 50 %.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 9 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction du nombre de poids-lourds de 50 %.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 10 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille).....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 11 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 12 : Impact sur les émissions de la suppression des poids-lourds sur l'autoroute A8 dans les Alpes-Maritimes.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 13 : Valeurs limite à l'émission des normes Euro des véhicules particuliers diesel.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 14 : Valeurs limite à l'émission des normes Euro des véhicules particuliers essence</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 15 : Valeurs modélisées aux bords des axes autoroutiers de l'A7 et de l'A51 pour une réduction de la vitesse limite à 70 km/h</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 16 : Valeurs modélisées aux bords de l'axe autoroutier A8 pour une réduction de la vitesse limite à 70 km/h.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 17 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A7 (Marseille).....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 18 : Nombre de résidents exposés à des valeurs supérieures aux valeurs limites sur la zone d'étude urbaine de l'A8 (Cagnes-sur-Mer)</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 19 : Impact de la baisse du trafic routier sur les émissions de NOx - zone PPA de l'agglomération strasbourgeoise.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 20 : Impact de la baisse du trafic routier sur les émissions de PM10 – zone PPA de l'agglomération strasbourgeoise.....</i>	<i>34</i>

Liste des cartes :

<i>Carte 1 : Périmètre des zones d'étude de l'A7 (Marseille) et de l'A51 (Bouc-Bel-Air)</i>	<i>4</i>
<i>Carte 2 : Périmètre des zones d'étude de l'A8 (Cagnes-sur-mer et Antibes/Biot).....</i>	<i>5</i>
<i>Carte 3 : Tronçons couverts par les caméras de vidéo-verbalisation analysés dans cette étude.....</i>	<i>30</i>

Références

- [1] **Plateformes de modélisation dans les Alpes-Maritimes – Projet Stratégique AERA – Air PACA, décembre 2012**
http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/121200_AirPACA_AERA_modelisation_Alpes_Maritimes_net.pdf
- [2] **Bilan de l'épisode de pollution du 5 au 17 mars 2014 et de la circulation alternée – Dossier de Presse – AIR PARIF, 14 mai 2014**
<http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/bilan-episodemars14-circulation-alternee-2014-140514.pdf>
- [3] **A7 : Observatoire de l'air autour de l'autoroute de la Vallée du Rhône – Phase 2 – Air PACA, 2012**
http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/121100_AirPACA_rapport_obsA7_phase2_net.pdf
- [4] **Norme européenne d'émission – Wikipédia**
https://fr.wikipedia.org/wiki/Norme_europ%C3%A9enne_d%27%C3%A9mission
- [5] **Production d'ozone troposphérique et régimes chimiques, Bernard Aumont – Septembre 2005**
Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques
UMR CNRS 7583, Universités Paris 7 et Paris 12, 94010 Créteil
http://www.lisa.u-pec.fr/~aumont/contenu/enseignement/M2_SGE/cours_O3prod.pdf
- [6] **Impact de la réduction de vitesse sur la pollution à l'ozone – Air PACA, 2010**
http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/100900_AirPACA_Impact_reduction_vitesse_ozone_net.pdf

Glossaire

Définitions

Percentile 90.4 : Valeur respectée par 90.4 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 9.6 % des données). Sur une année, le percentile 90.4 représente 35 jours.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé 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 la mesure du possible sur une période donnée.

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.

Polluants

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

NO : Monoxyde d'azote

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote - Regroupe le Monoxyde d'azote (NO) et le Dioxyde d'azote (NO₂)

O₃ : Ozone

PM : Particules en suspension (Particulate Matter)

PM₁₀ : Particules de diamètre inférieur à 10 microns

PM_{2,5} : Particules de diamètre inférieur à 2,5 microns

Abréviations

ASF : Autoroutes du Sud de la France

CEREMA : Centre d'Etudes et d'Expertises sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologie des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

MPM : Marseille Provence Métropole

Nb : Nombre

PL : Poids-lourds

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PUQA : Plan d'Urgence de la Qualité de l'Air

TC : Transports collectifs

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

VL : Valeur limite / Véhicules légers (selon le contexte)

VP : Véhicules personnels

VUL : Véhicules utilitaires légers

Unités de mesure

Ppb : Nombre de molécules du gaz à effet de serre considéré par milliard de molécules d'air.

µg/m³ : microgramme (1 µg = 10⁻⁶ g = 0.000001 g) par mètre-cube. Unité de concentration la plus couramment utilisée pour quantifier la masse d'un polluant par mètre-cube d'air.

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Analyse des actions de réduction de la pollution liée au transport routier – Quelle efficacité ?

En région PACA, le transport routier est une source de pollution conséquente. En effet, ce secteur représente la moitié des émissions d'oxydes d'azote et un quart des émissions de particules fines.

Afin de lutter contre cette pollution, diverses mesures telles que la réduction de vitesse, la circulation alternée, etc. peuvent être mises en application.

L'objectif de l'étude est d'identifier, au travers de différentes simulations, les leviers d'action majeurs conduisant à la diminution des émissions de polluants issues du trafic routier et ainsi évaluer l'efficacité des différentes actions.

En effet, bien que ces simulations soient propres à chaque étude dont elles sont issues et dépendent directement de la zone d'étude concernée (caractéristique du trafic, géographie, etc.), il semble possible de tirer une tendance générale des résultats pour permettre de mieux appréhender l'impact de ces leviers d'action.

En règle générale, les actions les plus difficiles à mettre en place et les plus contraignantes pour les usagers sont celles qui apportent les meilleurs résultats. Aussi, la plupart de ces actions ne peuvent être mises en place de façon pérenne : leur impact est donc important lors de leur application, sur le court terme, mais il est moindre sur la pollution chronique, à long terme.

Ainsi, pour ne citer que quelques exemples, la réduction de moitié du trafic induit, eu égard aux hypothèses considérées, la plus forte baisse des émissions et ce quel que soit le polluant considéré.

La diminution du nombre de poids lourds apporte généralement un gain plus important pour les oxydes d'azote que pour les particules fines.

L'interdiction du stationnement en double file, pratique pouvant être appliquée et respectée de façon pérenne, entraînerait une diminution des émissions d'oxydes d'azote conséquente.

Enfin, le cumul de plusieurs actions permettra une réelle amélioration de la qualité de l'air aux abords des axes routiers.

*Responsables de publication : Thomas ALEIXO
Gaëlle LUNEAU*

Date : Janvier 2017

Photos : Archives Air PACA



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
www.airpaca.org

Siège social

146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues

Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29



Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR