

Evaluation des effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié au projet « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole » sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise

Etude conduite par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes de 2016 à 2018

Evaluation des effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié au projet « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole » sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise

Synthèse des résultats de l'étude conduite par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes de 2016 à 2018

Contexte de la qualité de l'air dans l'agglomération grenobloise

Sans être exceptionnelle pour une agglomération de cette dimension, la situation du territoire métropolitain concernant la pollution atmosphérique est sensible. Les seuils de référence sanitaires pour les particules en suspension (PM10 et PM2,5) et réglementaires pour le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃) sont dépassés de manière récurrente sur le territoire.

Les dépassements actuels des valeurs réglementaires concernant le NO₂ et passés concernant les PM10, sont à l'origine de procédures pré-contentieuses entre la France et la Commission Européenne. De plus, il est estimé qu'environ 145 décès sont attribuables chaque année à l'exposition aux particules fines¹. Plus que les « pics de pollution », c'est l'exposition chronique qui est principalement responsable des impacts de santé.

Contexte, objectif et méthodologie de l'étude

La Métropole de Grenoble porte un projet d'aménagement du centre-ville de Grenoble, « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole » (CVCM), qui se traduit notamment par la création d'une zone à trafic limité (ZTL) sur le boulevard Agutte-Sembar et les rues adjacentes, le développement d'un axe « Chronovélo » et l'extension du plateau piéton. La mise en place de CVCM a conduit à un nouveau plan de circulation à partir d'avril 2017. La réorganisation du trafic routier induite peut potentiellement avoir des effets sur la qualité de l'air. Ces effets peuvent être complexes et demandent à être évalués de manière détaillée.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a conduit une étude de grande envergure visant à évaluer les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à « CVCM » sur la qualité de l'air.

Cette étude repose essentiellement sur la comparaison de la qualité de l'air dans deux conditions : « Sans CVCM » et « Avec CVCM ». Chacune de ces conditions a été évaluée à l'aide de deux approches complémentaires :

- Des campagnes de mesures, réalisées « avant CVCM » (2016) et « après CVCM » (2018) dans le centre-ville de Grenoble²
- Des modélisations numériques de la qualité de l'air dans les conditions « Sans CVCM » et « avec CVCM »³

Cette étude cible essentiellement le dioxyde d'azote (NO₂) car ce polluant gazeux, outre les enjeux sanitaires et réglementaires qu'il représente, est essentiellement lié au trafic routier et constitue donc un « traceur » pertinent des impacts de la pollution dont il est à l'origine.

¹ Morelli, X., Gabet, S., Rieux, C., Bouscasse, H., Mathy, S., Slama, R., 2019. Which decreases in air pollution should be targeted to bring health and economic benefits and improve environmental justice ? *Env. Int.* 129, 538–550

² L'influence des paramètres extérieurs, tels que la variabilité des conditions météorologiques, a été prise en compte pour « redresser » à posteriori les données mesurées en 2018 afin que les résultats de la comparaison avec les données collectées en 2016 ne reflètent que les effets de la réorganisation du trafic sur cette période.

³ Les simulations du trafic routier servant de données d'entrée aux modélisations de la qualité de l'air réalisées par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes ont été élaborées par le bureau d'étude CITEC pour le compte de Grenoble-Alpes Métropole.

Principaux résultats

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant à enjeu dans l'agglomération grenobloise et notamment dans le cœur de l'agglomération. Les zones les plus exposées sont la proximité immédiate des grandes voiries routières et le cœur de l'agglomération en raison de l'intensité du trafic routier et de la densité du bâti qui favorise l'accumulation de ce polluant dans les rues. La modélisation de la condition « Sans CVCM » indique qu'environ 3000 habitants de la Métropole sont exposés à un dépassement du seuil réglementaire pour le NO₂ (valeur limite 40 µg/m³ ; DE 2008/50/CE) et que la majorité d'entre eux (2000) résident dans la « commune centre » de Grenoble. L'exposition moyenne de la population au NO₂ à l'échelle de la Métropole est de 25 µg/m³ et cette valeur est de 29 µg/m³ pour les habitants de la commune de Grenoble, ce qui indique qu'ils sont globalement plus soumis à la pollution au NO₂.

Les résultats basés sur l'approche par modélisation et ceux issus des campagnes de mesures « Avant/Après » conduites en 2016 puis 2018 sont cohérents. Les analyses réalisées permettent d'aboutir à une conclusion en 2 points (cf. figures page suivante) :

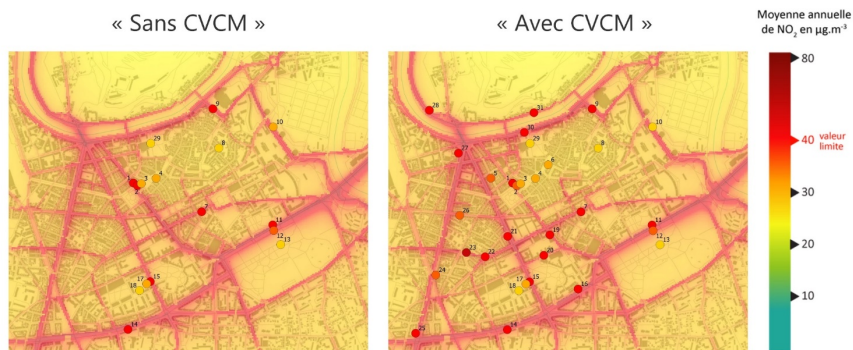
- i) **La mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM n'aurait pas d'effet global sur l'exposition au NO₂ des habitants de l'agglomération grenobloise.** En effet, en condition « Avec CVCM », la distribution globale de l'exposition des habitants de la Métropole ou de la commune de Grenoble serait pratiquement identique à celle de la condition « Sans CVCM » conduisant à des valeurs d'indicateurs globaux d'exposition identiques eux aussi (valeur d'exposition moyenne et de nombre d'habitants exposés à un dépassement du seuil réglementaire ; voir paragraphe précédent).
- ii) **En revanche, la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM entrainerait des effets locaux, positifs et négatifs, sur l'exposition au NO₂ à proximité de certains axes du centre-ville.** Ces effets locaux concerneraient environ 11 700 habitants, comptant parmi les habitants les plus

exposés au NO₂ de la Métropole (exposition moyenne en situation « Sans CVCM » : 34,4 µg/m³). Parmi ces habitants dont l'exposition est affectée par la mise en place du nouveau plan de circulation, 6 400 habitants bénéficieraient d'une réduction de leur exposition (notamment en bordure de l'axe Rey-Sambat-Lyautey), alors que 5 300 habitants subiraient une augmentation de leur exposition (notamment en bordure du cours Gambetta ou de la rue Lesdiguières). Pour chacun de ces deux groupes, les variations d'exposition des habitants seraient d'amplitude modérée (l'exposition moyenne de ces deux groupes variant de -4% et +4% respectivement).

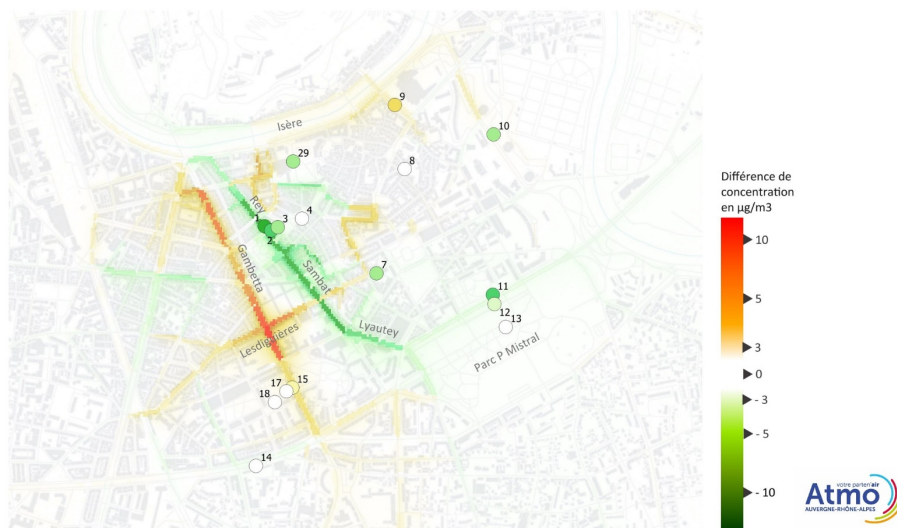
Remarque 1 : cette étude cible essentiellement le dioxyde d'azote (NO₂) car ce polluant est un « traceur » des transports routiers. Toutefois, des analyses ont également été réalisées sur les particules en suspension et montrent des effets analogues mais de moindre amplitude.

Remarque 2 : le plan d'échantillonnage de 2016 n'a pas été spécifiquement conçu pour évaluer les effets de CVCM, car au moment de son élaboration, le projet CVCM n'était pas connu. Ainsi, rétrospectivement, il est possible de regretter que certaines zones d'intérêt n'aient pas été investiguées par la mesure afin de compléter les informations issues de la modélisation. Toutefois, il convient de souligner que la cohérence globale constatée entre les résultats modélisés et ceux basés sur la mesure confirme que les conclusions basées sur la modélisation sont représentatives de la réalité.

Modélisation et mesures de l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) dans les conditions « Sans » et « Avec » CVCM dans le centre-ville de Grenoble

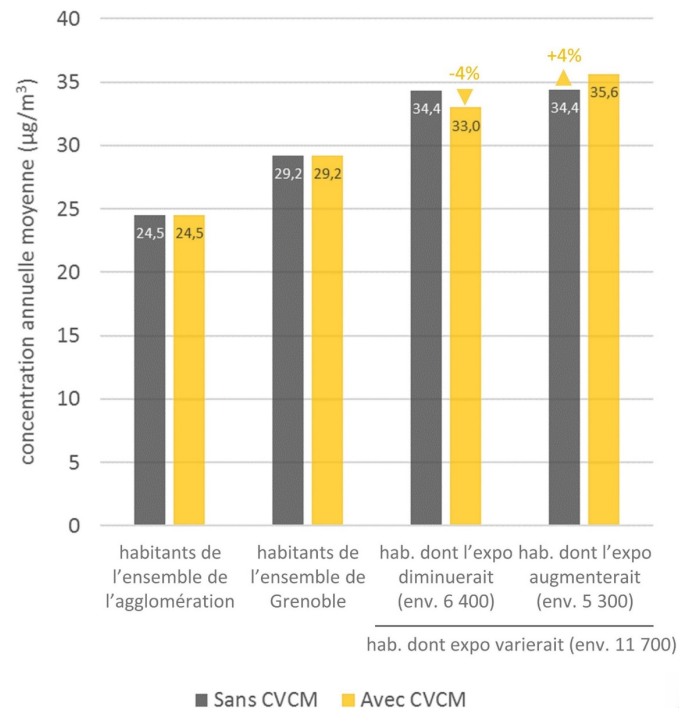


Variation entre « Sans » et « Avec » CVCM



Evaluation de la concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote (NO₂) dans la situation « Sans CVCM » et « Avec CVCM » basée sur les approches combinées de la modélisation et de la mesure. En haut : cartes de la concentration modélisée et des valeurs enregistrées au niveau des sites de mesure pour les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » ; en bas : écart de concentrations entre les conditions « Avec CVCM » et « Sans CVCM » (la couleur verte indique une diminution de la concentration entre « Sans CVCM » et « Avec CVCM », la couleur rouge indique une augmentation).

Synthèse des valeurs d'exposition moyenne de la population au NO₂ dans les conditions « Sans » et « Avec » CVCM pour différents groupes de population



Synthèse récapitulative des valeurs d'exposition moyenne de quatre groupes d'habitants de la Métropole dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM ».



Éléments de discussion et perspectives

- L'évaluation des effets du nouveau plan de circulation lié à « Cœurs de ville, cœur de Métropole » repose sur une analyse de la situation en 2018, soit l'année suivant sa mise en place. Elle met donc en évidence les conséquences « à court terme » et ne considère pas les possibles adaptations des pratiques de mobilité sur le long terme.
- Pour réduire l'exposition des habitants de la Métropole, notamment dans son cœur qui tend à être plus exposé à la pollution de l'air, les aménagements urbains devront contribuer à une réduction globale des volumes de trafic tout en maîtrisant les effets locaux de report de nuisances sur des axes déjà soumis à une forte exposition.
- La réduction des volumes de trafic peut être complétée par des actions visant à assurer la transition énergétique du parc de véhicules vers des motorisations moins émettrices de polluants. A cet égard, la mise en place en mai 2019 d'une « Zone à Faibles Emissions » ciblant les véhicules utilitaires et les poids lourds est une action dont les effets attendus sur l'exposition au NO₂ sont nettement positifs.
- L'évaluation réalisée porte spécifiquement sur les effets du nouveau plan de circulation lié à CVCM, mais il convient de souligner que plus généralement, des zones de l'agglomération, peu ou pas concernées par ces effets, sont soumises à de forts niveaux d'exposition et demandent également une attention (par exemple : les zones de proximité de l'A480 et de la rocade sud, ainsi que la plupart des grands axes structurants de l'agglomération).
- Dans un contexte de possibles reconfigurations des trafics dans l'agglomération (en lien direct avec CVCM, mais également avec d'autres aménagements tels que celui de l'A480), il y a un enjeu à assurer un suivi des nuisances associées au trafic et notamment de la pollution de l'air, en complément de la surveillance permanente. Il est en premier lieu essentiel de réaliser un suivi du trafic lui-même. Un suivi complémentaire de la qualité de l'air peut également être envisagé notamment en bordure des axes où i) l'augmentation modélisée des concentrations est la plus forte et/ou ii) les niveaux mesurés ou modélisés en situation 2018 sont les plus élevés. Ainsi, suivant les résultats issus du suivi du trafic routier, les zones situées le long du cours Gambetta ou de la rue Lesdiguières/Condorcet pourraient faire l'objet d'un suivi en terme de qualité de l'air.

Evaluation des effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié au projet « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole » sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise

Etude conduite par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes de 2016 à 2018



Sommaire

- I. Contexte et objectif de l'étude
- II. Méthodologie : une évaluation basée sur deux approches complémentaires
- III. Résultats
 1. La situation « Sans CVCM »
 2. Evaluation « en première approche » des effets globaux attendus de l'aménagement sur la base de l'analyse des émissions de polluants
 3. La situation « Avec CVCM »
 4. Les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à « CVCM »
- IV. Synthèse des résultats et perspectives

I. Contexte et objectif de l'étude



Contexte et objectif de l'étude

Contexte

Le projet d'aménagement du centre-ville de Grenoble « CVCM¹ » porté par la Métropole de Grenoble se traduit notamment par :

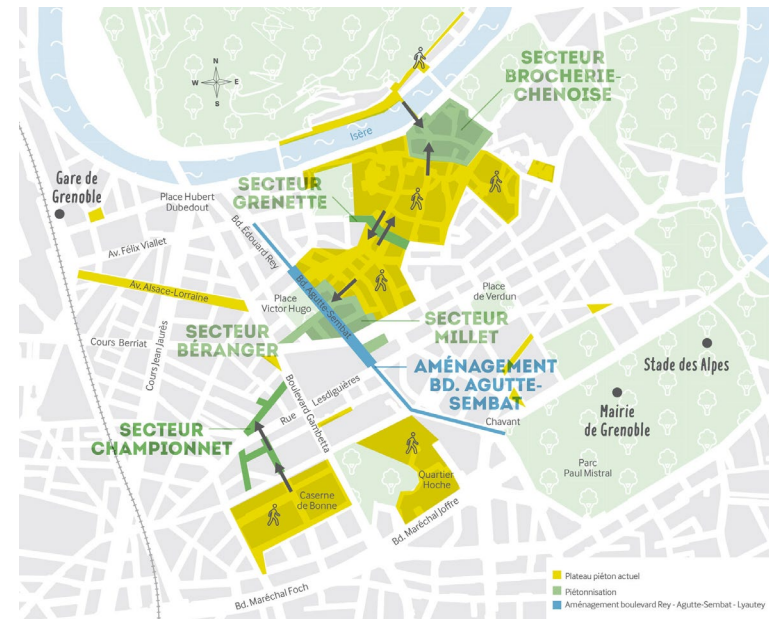
- La création d'une zone à trafic limité (ZTL) sur le boulevard Agutte-Sembat et les rues adjacentes,
- Le développement d'un axe « Chronovélo »,
- L'extension du plateau piéton.

Le projet d'aménagement CVCM a conduit à un nouveau plan de circulation à partir d'avril 2017. La réorganisation du trafic routier induite peut potentiellement avoir des effets sur la qualité de l'air. Ces effets peuvent être complexes et demandent à être évalués de manière détaillée.

Objectif de l'étude

Evaluer les effets du nouveau plan de circulation lié au projet CVCM sur la qualité de l'air à l'aide de deux approches complémentaires :

- Des campagnes de mesures, réalisées « avant CVCM » (2016) et « après CVCM » (2018) dans le centre-ville de Grenoble
- Des modélisations numériques de la qualité de l'air dans les conditions « Sans CVCM » et « avec CVCM ».



Le projet d'aménagement Cœurs de ville cœurs de Métropole (visuel Grenoble-Alpes Métropole)

¹ L'abréviation « CVCM » désigne le projet d'aménagement « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole »

Lien vers le site de Grenoble-Alpes Métropole : <https://www.lametro.fr/83-coeurs-de-ville-coeurs-de-metropole.htm>

Les éléments clés de compréhension « a priori »

Les aménagements urbains impliquant des modifications du plan de circulation ont des effets sur la qualité de l'air qui peuvent être complexes.

En effet, ces effets peuvent être :

- variables selon les secteurs,
- variables dans le temps en lien avec des adaptations à court terme (modification d'itinéraires notamment) et des changements progressifs des pratiques de mobilité à long terme.

Afin de réduire l'exposition de la population à la pollution, la modification d'un plan de circulation doit :

- permettre une réduction des niveaux de trafic globaux afin de réduire le niveau de pollution de fond,
- maîtriser d'éventuels effets locaux liés aux reports de trafic qui peuvent conduire à une dégradation locale de la qualité de l'air.

The screenshot shows the Atmo Auvergne-Rhône-Alpes website. The main navigation bar includes: LAIR DE MA RÉGION, TOUT COMPRENDRE SUR L'AIR, AGIR ENSEMBLE, DONNÉES & PUBLICATIONS, and QUI SOMMES-NOUS ? Below the navigation, there is a breadcrumb trail: Accueil > Actualités > Projet d'aménagement urbain grenoblois, quels impacts sur la qualité de l'air ? The main content area features a large image of Grenoble with a green overlay and the text 'Actualité' and 'Projet d'aménagement urbain grenoblois, quels impacts sur la qualité de l'air ?'. To the right, there is a 'LIENS UTILES' section with links to download data, open data, and other related projects. Below the main text, there is a 'Partager' section with social media icons and a 'RESSOURCES ASSOCIÉES' section with an 'Événement' link.

Actualité d'Atmo AuRA de 2017 synthétisant les éléments clés de compréhension

<http://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/actualite/projet-damenagement-urbain-grenoblois-quels-impacts-sur-la-qualite-de-lair>

II. Méthodologie

Une évaluation basée sur deux approches complémentaires : la mesure et la modélisation numérique



Une évaluation détaillée basée sur deux approches complémentaires

1. Dispositif de mesure déployé « Avant » et « Après » la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM dans le centre-ville de Grenoble

« Avant » (2016) : en anticipation des projets envisagés dans le centre-ville de Grenoble, un dispositif de mesure a été mis en place pendant l'année 2016

✓ *Ce dispositif n'a pas été spécifiquement défini pour analyser les effets de CVCM puisque le projet était alors inconnu.*

« Après » (2018) : le dispositif mis en place en 2016 a été reconduit et complété pour décrire au mieux les effets du nouveau plan de circulation lié à CVCM

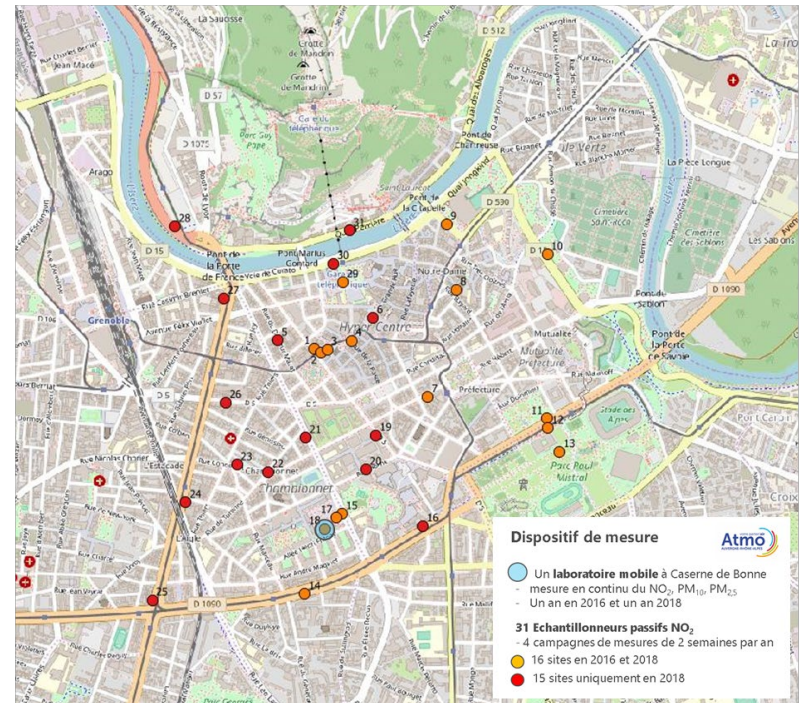
Le dispositif de mesure :

- 1 laboratoire mobile à la Caserne de Bonne (en situation de fond urbain) : mesures en continu des particules PM₁₀, PM_{2,5} et dioxyde d'azote NO₂ (pendant un an en 2016 et en 2018)
- Mesures « légères » indicatives (échantillonneurs passifs) du dioxyde d'azote NO₂ (4 campagnes de 2 semaines) : 16 sites en 2016 ; 31 sites 2018 (Cf. Annexes 1 et 2)

Avantages/limites de l'approche

- « + » : permet une évaluation « directe » des niveaux de polluants
- « - » : fournit une information « ponctuelle », limitée à la localisation des points de mesure
- « - » : la variation des niveaux de polluants entre 2016 et 2018 est influencée par de nombreux paramètres et ne peut donc pas être attribuée exclusivement à CVCM

Dispositif de mesure de la pollution de l'air dans le centre-ville de Grenoble - CVCM



Le dispositif de mesure de la pollution de l'air « avant / après » dans le centre-ville de Grenoble (Cf. Annexes 1 et 2 pour détail)

Une évaluation détaillée basée sur deux approches complémentaires

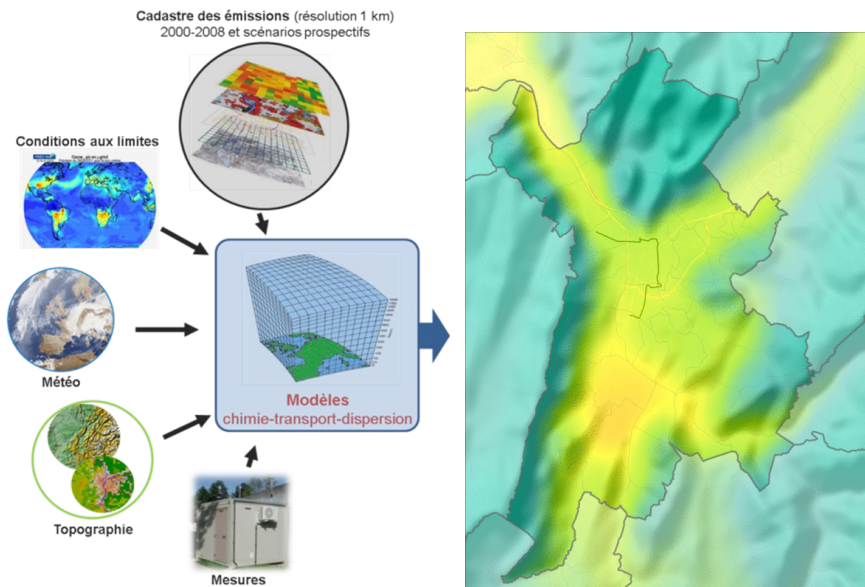
2. Approche par modélisation numérique de la qualité de l'air déterministe permettant de cartographier les niveaux de polluants pour deux scénarios de trafic « Sans CVCM » et « Avec CVCM »

Avantages/limites de l'approche

« + » : permet d'évaluer l'exposition en tout point du territoire (cartographie)

« + » : seuls les effets de la variation du trafic routier est évaluée (toutes choses égales par ailleurs : météorologie, émissions des autres secteurs d'activité, évolution du parc de véhicules)

« - » : les résultats sont directement dépendants de la « fiabilité » des simulations trafics utilisées en entrée



Calcul des émissions de polluants

Référentiel PCIT/OMINEA (CITEPA)

Calcul des émissions de polluants par le trafic routier

- Simulations du trafic : « Sans CVCM » et « Avec CVCM »
- Méthode de calcul : COPERT5
- Parc de véhicules : CITEPA (AME 2018)

Calcul des émissions de polluants « hors trafic routier »

- Inventaire correspondant à l'année 2015 (2015 Version 2018)

Modélisation chimie/transport/dispersion

- Imbrication du modèles méso-échelle Chimère et du modèle urbain SIRANE (gaussien avec prise en compte du bâti)
- Résolution spatiale : 10 m
- Météorologie : année 2015

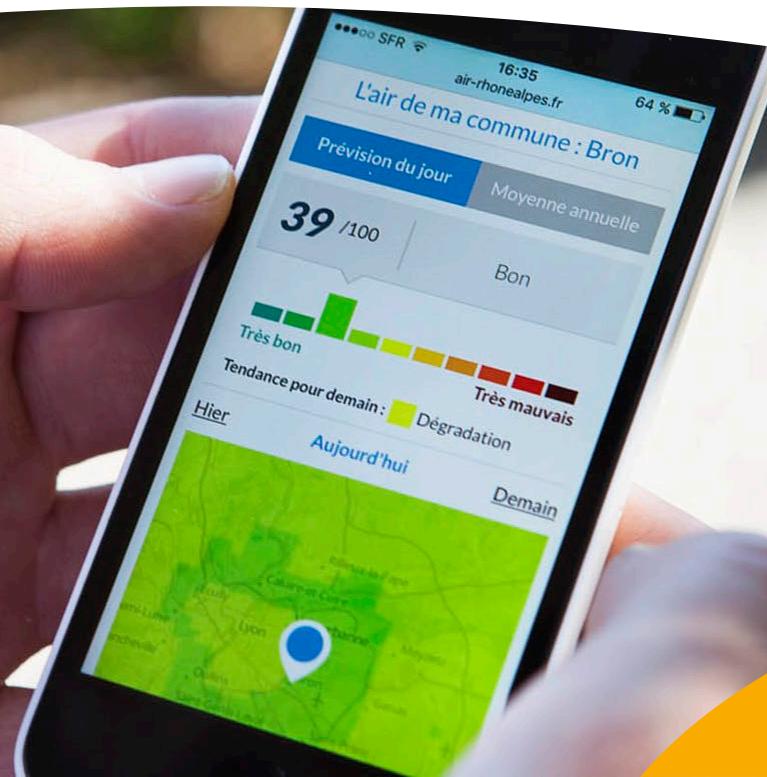
Polluants cartographiés par modélisation

- Particules PM_{10} et $PM_{2,5}$
- Dioxyde d'azote NO_2

La chaîne de modélisation numérique d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes et les principaux paramètres du calcul

Remarque : les simulations du trafic routier servant de données d'entrée aux modélisations de la qualité de l'air réalisées par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes ont été élaborées par le bureau d'étude CITEC pour le compte de Grenoble-Alpes Métropole. Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'a pas d'expertise dans le domaine du trafic et ne peut pas juger de la pertinence de ces simulations.

III. Résultats



III. Résultats

L'évaluation des effets du nouveau plan de circulation lié à « Cœurs de ville, cœurs de Métropole » (CVCM) sur la qualité de l'air repose essentiellement sur la comparaison de deux conditions : « Sans CVCM » et « Avec CVCM ». Chacune de ces conditions est évaluée grâce à deux approches complémentaires : la modélisation et la mesure.

Les résultats de cette vaste étude sont rapportés « pas à pas » selon le plan présenté ci-dessous (la partie 4 reprenant l'ensemble des résultats exposés dans les parties 1 à 3) :

1. Evaluation de la situation « Sans CVCM »
2. Evaluation « en première approche » des effets globaux attendus sur la base de l'analyse des émissions de polluants à l'échelle de l'agglomération et de la commune de Grenoble
3. Evaluation de la situation « Avec CVCM »
4. Les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM

Chaque section est composée d'une ou plusieurs pages présentant les figures associées à un commentaire succinct, précédée par une page de commentaires détaillés.

Les résultats exposés concernent essentiellement le dioxyde d'azote (NO₂) car ce polluant, outre les enjeux sanitaires et réglementaires qu'il représente, est essentiellement lié au trafic routier et constitue donc un « traceur » pertinent des impacts potentiels associés à des modifications d'un plan de

circulation. Cependant, les particules en suspension ont également fait l'objet d'une analyse détaillée dont les résultats sont présentés en annexe (Cf. Annexe 6).

1. Evaluation de la situation « Sans CVCM »

La situation « Sans CVCM » a été évaluée à la fois par la modélisation et par la mesure.

1.1. La situation « Sans CVCM » évaluée par modélisation

La page suivante (intitulée 1.1) présente la carte de la concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote (NO₂) établie par modélisation (à gauche). Les zones les plus exposées sont la proximité immédiate des grandes voiries routières et le cœur de l'agglomération en raison de l'intensité du trafic routier et de la densité du bâti qui favorise l'accumulation de ce polluant dans les rues.

Le croisement de la carte de concentration avec celle de la répartition détaillée de la population permet d'évaluer le niveau d'exposition des habitants de la Métropole. L'analyse de la distribution de l'exposition de la population (page intitulée 1.1 ; à droite) est différenciée pour la population totale de l'agglomération (en gris) et pour la population de la commune de Grenoble (en bleu). L'exposition moyenne de la population au NO₂ à l'échelle de la Métropole est de 25 µg/m³. Les habitants de la « commune centre » de Grenoble sont globalement plus soumis à la pollution au NO₂ comme l'indique la valeur de leur exposition moyenne sensiblement plus élevée (29 µg/m³). Environ 3000 habitants de la Métropole sont exposés à un dépassement du seuil réglementaire pour le NO₂ (valeur limite 40 µg/m³ ; DE 2008/50/CE) et la majorité d'entre eux (2000) résident dans la commune de Grenoble.

1.2 La situation « Sans CVCM » évaluée par la mesure en 2016

La page intitulée 1.2 présente les résultats des campagnes de mesures du NO₂ réalisées en 2016 dans le centre-ville de Grenoble. Le dispositif de mesure repose sur 16 sites équipés avec des échantillonneurs passifs pour le NO₂ investigués au cours de 4 campagnes de 2 semaines (méthode « légère » et indicative ; cf. Annexes 1 et 2).

Les 16 valeurs de concentrations annuelles moyennes sont représentées de manière cartographique (à gauche ; les valeurs sont traduites par la couleur des points ; le fond de carte correspond à la modélisation présentée page 1.1). Cette figure montre que les résultats de mesures sont globalement cohérents avec ceux issus de la modélisation avec notamment une « surexposition » des sites de proximité routière. Les niveaux mesurés sont compris entre 28 et 57 µg/m³ (à droite). Les valeurs maximum sont mesurées à proximité immédiate des axes routiers à fort trafic (Rey - 1, Foch - 14, place de Lavalette - 9, Lesdiguières - 7, Jean Pain - 11).

Une analyse complémentaire de la variation temporelle fine des niveaux de NO₂ basée sur les données collectées « en continu » au niveau des stations de mesure du réseau d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a été réalisée (Cf. Annexe 3). Elle montre notamment que les profils temporels quotidiens présentent deux pics (matin et soir), traduisant l'influence directe des niveaux de trafic sur la concentration de NO₂. Le niveau global de NO₂ et l'amplitude des « deux pics » dépendent fortement de la typologie d'implantation (proximité trafic > fond urbain > fond périurbain). La station temporaire implantée dans le quartier de Caserne de Bonne présente un profil assez typique du « fond urbain » (analogue à celui de la station implantée dans le parc de Villeneuve) mais avec une influence du trafic un peu plus marquée.

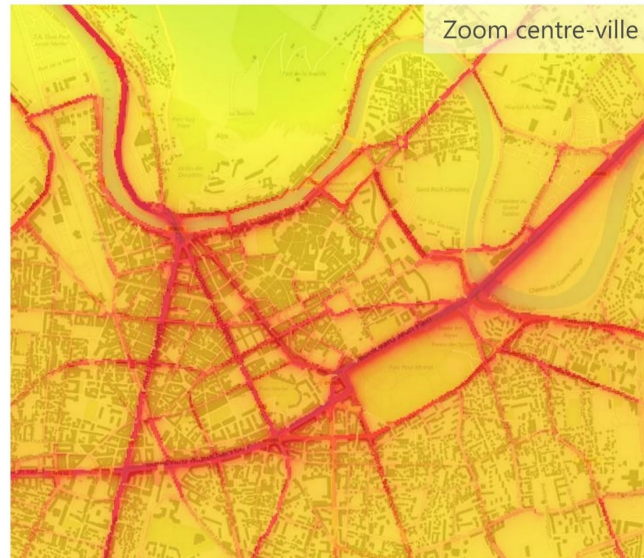
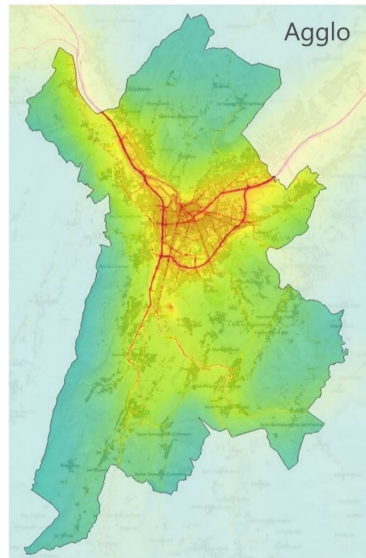
Remarque : en 2016, le projet CVCM n'était pas encore connu, le plan d'échantillonnage n'est donc pas « optimisé » pour établir un diagnostic « Avant CVCM » (rétrospectivement il est possible de regretter qu'il soit notamment « trop peu » étendu vers l'ouest et qu'il néglige le nord du cours Gambetta).

1.1. Situation « Sans CVCM » évaluée par modélisation

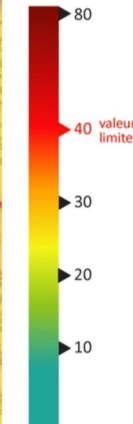
« Sans CVCM » - Modélisation - Dioxyde d'azote (NO₂) – Conc. annuelle moyenne



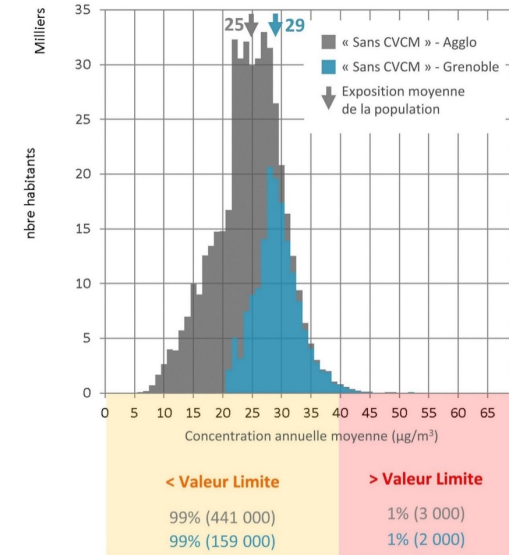
Cartographie



Moyenne annuelle de NO₂ en µg.m⁻³



Exposition de la population



Exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) dans la situation « Sans CVCM ». A gauche : carte de la concentration annuelle moyenne de NO₂ dans la situation « Sans CVCM » établie par modélisation numérique à l'échelle de l'agglomération et du centre-ville de Grenoble ; à droite : histogramme de distribution de l'exposition de la population à l'échelle de l'agglomération (en gris) et de la commune de Grenoble (en bleu). Les valeurs indiquées sous le graphique correspondent à la part de la population en pourcent (et au nombre d'habitants) exposés à des concentrations de NO₂ supérieures (à droite) et inférieures (à gauche) à la valeur limite.

Commentaire succinct

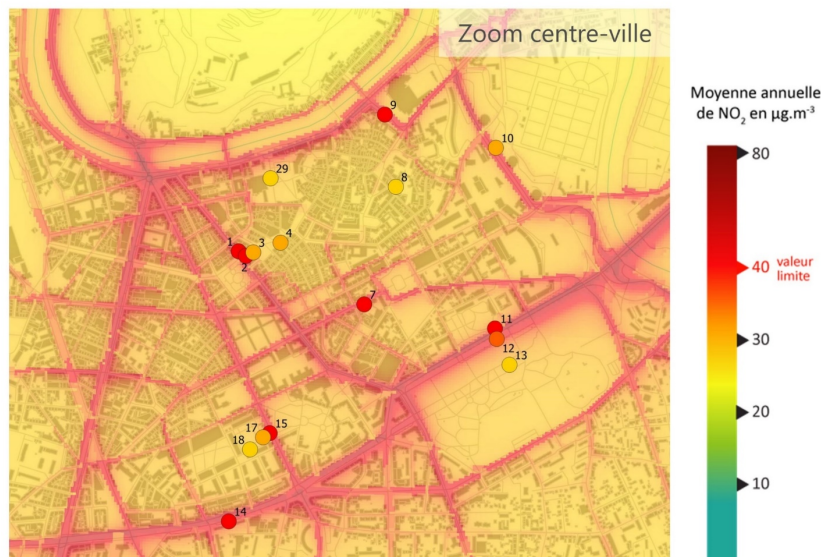
- Les zones de proximité routière sont fortement exposées au dioxyde d'azote
- Le cœur de l'agglomération de Grenoble est une zone à enjeu en matière d'exposition au NO₂
- L'exposition moyenne de la population à l'échelle de la Métropole est de 25 µg/m³ (29 µg/m³ dans commune de Grenoble)
- Environ 3000 habitants de la Métropole sont exposés à un dépassement de la valeur réglementaire pour le NO₂ (dont 2000 à Grenoble)

1.2. Situation « Sans CVCM » évaluée par la mesure en 2016

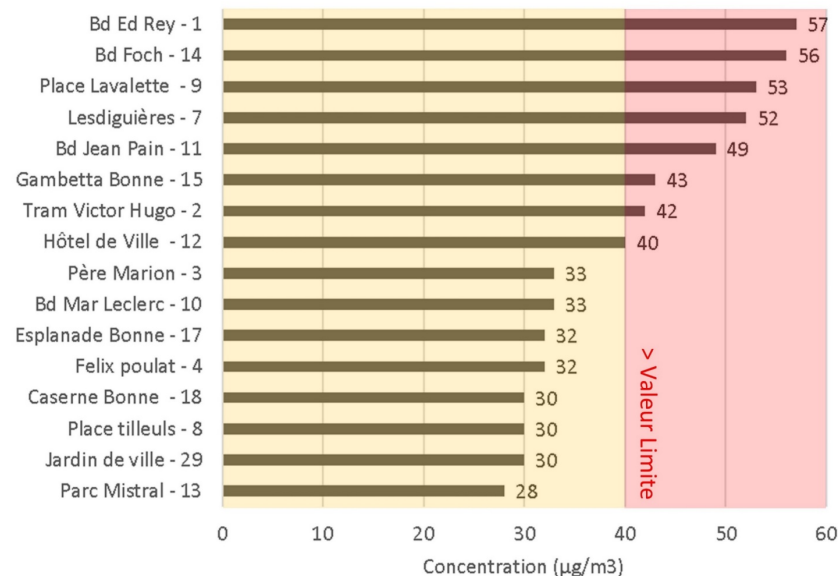
« Sans CVCM » - Mesures 2016 - Dioxyde d'azote (NO₂) – Conc. annuelle moyenne



Cartographie



Détail des valeurs individuelles



Evaluation de la concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote (NO₂) dans la situation « Sans CVCM » basée sur la mesure par échantillonneurs passifs en 16 sites du centre-ville en 2016. A gauche : carte des points de mesure (la couleur du point traduit la concentration ; le fond de carte correspond à la modélisation présentée précédemment et permet « d'habiller » la représentation ; le chiffre indiqué sur la carte correspond à l'identifiant du site) ; à droite : la concentration annuelle moyenne enregistrée au niveaux des 16 sites de mesure.

Commentaire succinct

- Les résultats de mesures sont cohérents avec la modélisation
- Les niveaux mesurés sont compris entre 28 et 57 µg/m³
- Les valeurs maximum sont mesurées à proximité immédiate des axes routiers à fort trafic (Rey - 1, Foch - 14, place de Lavalette - 9, Lesdiguières - 7, Jean Pain - 11)
- En 2016, le projet CVCM n'était pas encore connu : le plan d'échantillonnage n'est donc pas « optimisé » pour établir un diagnostic « Avant CVCM »

2. Evaluation « en première approche » des effets globaux attendus sur la base de l'analyse des émissions de polluants

La première étape de la modélisation détaillée des concentrations de polluants dans l'air consiste à calculer les émissions des différents polluants atmosphériques (en tonnes/an). Une analyse sommaire des résultats du calcul des émissions des transports routiers pour les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » permet d'aborder « en première approche » les effets attendus du nouveau plan de circulation lié à CVCM.

Le calcul des émissions des transports routiers repose sur la méthode standardisée COPERT5 et utilise comme données d'entrée une simulation du trafic (décrivant les niveaux de trafic sur les différents « brins » routiers) ainsi qu'un ensemble de paramètres tels que la composition du parc roulant (types de véhicules, carburant, norme EURO...), la vitesse de circulation, la pente de la voirie ou la température. Les modélisations du trafic utilisées dans cette analyse sont issues de modélisations réalisées par le bureau d'étude CITEC (voir partie II. Méthodologie).

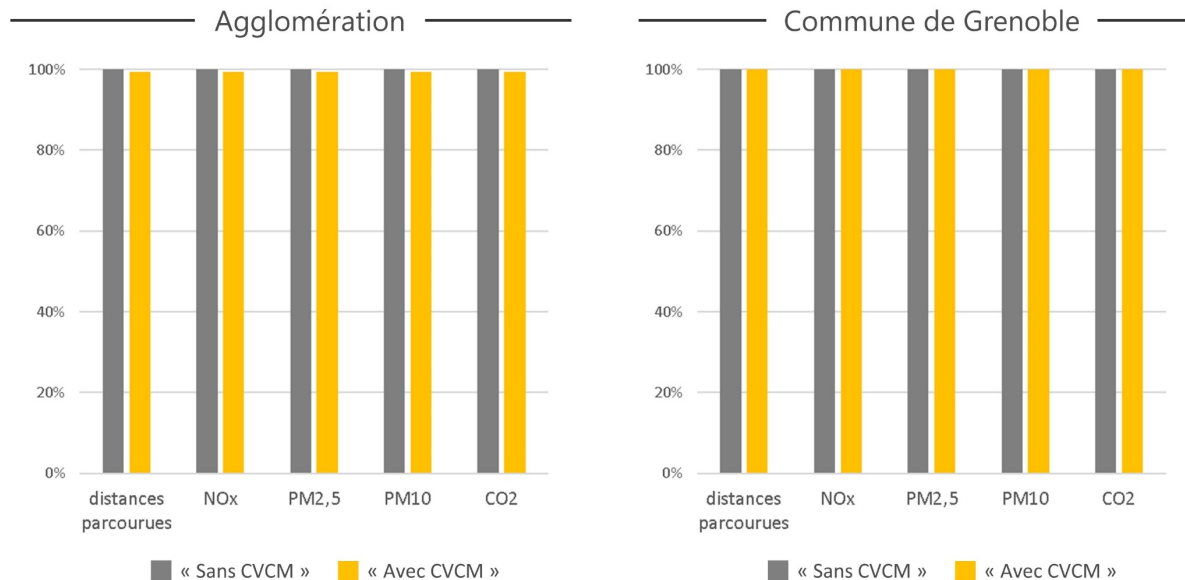
La page suivante (intitulée 2.) présente les résultats globaux concernant les distances parcourues et les émissions des principaux polluants de l'air (oxydes d'azote NO_x, particules PM_{2,5} et PM₁₀) et de dioxyde de carbone (principal gaz à effet de serre émis par les transports routiers). A l'échelle de l'agglomération (à gauche), les

distances parcourues globales et les émissions de polluants par le trafic routier seraient pratiquement identiques dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM ». Les résultats sont les mêmes à l'échelle de la commune de Grenoble où se concentre l'essentiel des modifications attendues du trafic (à droite).

Ainsi, compte tenu des simulations du trafic utilisées en entrée du calcul, l'analyse simple des émissions de polluants de l'air permet d'anticiper que le scénario « Avec CVCM » ne devrait pas avoir un effet global marqué sur l'exposition des populations, que ce soit à l'échelle de l'agglomération ou même de la commune de Grenoble. En revanche, il est nécessaire de modéliser finement l'exposition de la population afin d'évaluer les possibles effets locaux.

2. Evaluation « en première approche » des effets globaux attendus sur la base de l'analyse des émissions de polluants

Emissions de polluants par le trafic routier dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM »



Distances parcourues et émissions de polluants par les transports routiers dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » réalisées sur le territoire de l'agglomération (à gauche) et sur celui de la commune de Grenoble (à droite). Les distances parcourues sont issues des simulations de trafic réalisées par le bureau d'étude CITEC. Les émissions de polluants atmosphériques sont calculées sur la base de la méthode de calcul des émissions routières standardisée COPERT5. NO_x : oxydes d'azote ; PM_{2,5} : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm, PM₁₀ : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm, CO₂ : dioxyde de carbone (gaz à effet de serre).

Commentaire succinct

- A l'échelle de l'agglomération ou de la commune de Grenoble, les distances parcourues globales et les émissions de polluants du trafic routier seraient pratiquement identiques
- Ainsi, compte tenu des simulations de trafic utilisées en entrée de l'analyse, il est possible d'anticiper que le scénario « Avec CVCM » ne devrait pas avoir un effet global marqué sur l'exposition des populations
- En revanche, il est nécessaire de modéliser finement l'exposition de la population afin d'évaluer les possibles effets locaux

3. Evaluation de la situation « Avec CVCM »

La situation « Avec CVCM » a été évaluée à la fois par modélisation et par la mesure. Les résultats de l'évaluation de l'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) dans la condition « Avec CVCM » sont exposés dans les deux pages suivantes selon la même présentation que ceux de la condition « Sans CVCM » (partie 1).

3.1. La situation « Avec CVCM » évaluée par modélisation

Les résultats de l'évaluation de la condition « Avec CVCM » établie par modélisation sont présentés à la page suivante (intitulée 3.1). La carte de la concentration annuelle moyenne de NO₂ établie par modélisation est présentée à gauche et l'histogramme de distribution de l'exposition de la population à droite.

L'évaluation des effets détaillés a fait l'objet d'une analyse comparée fine des deux scénarios présentée dans la section 4 de ce rapport. Toutefois, en première approche, il est possible de constater que la répartition du NO₂ paraît globalement « proche » de celle décrite dans la condition « Sans CVCM ». En outre, les valeurs des indicateurs globaux d'exposition à l'échelle de la Métropole ou de la commune de Grenoble sont identiques à celles du scénario « sans CVCM » (exposition moyenne : 25 µg/m³ à l'échelle de l'agglomération ; 29 µg/m³ à l'échelle de la commune de Grenoble ; nombre d'habitants exposés à un dépassement du seuil réglementaire : 3000 à l'échelle de l'agglomération ; 2000 à l'échelle de la commune de Grenoble).

3.2 La situation « Sans CVCM » évaluée par la mesure en 2018

La page intitulée 3.2 présente les résultats des campagnes de mesures du NO₂ réalisées en 2018 dans le centre-ville de Grenoble. Le dispositif de mesure repose sur 31 sites équipés avec des échantillonneurs passifs pour le NO₂ (Cf. Annexe 2). Le plan d'échantillonnage reprend les 16 sites investigués en 2016 et est complété par 15 autres sites positionnés en fonction des effets attendus du projet « CVCM » qui était connu au moment des campagnes de mesures (Cf. Annexe 1).

Les données collectées en 2018 ont été « redressées » afin que les résultats de la comparaison avec les données collectées en 2016 ne reflètent que les effets de la réorganisation du trafic sur cette période. En effet, l'évolution des concentrations est soumise à un ensemble de paramètres, dont certains sont indépendants de la réorganisation du trafic, susceptibles d'interférer avec l'analyse (les conditions météorologiques, les émissions des autres secteurs d'activité, l'évolution technologique du parc roulant etc. ; cf. Annexe 4)

Les 31 valeurs de concentrations annuelles moyennes sont représentées de manière cartographique (à gauche ; les valeurs sont traduites par la couleur des points). Les concentrations sont comprises entre 23 et 57 µg/m³ (avant redressement ; entre 28 et 62 µg/m³ après redressement), soit globalement la même plage de concentration que dans la condition « Sans CVCM ». Les résultats de mesures confirment ceux de la modélisation, notamment la forte exposition des zones de proximité immédiate d'axes routiers à fort trafic du centre-ville (par ex. sur les points Condorcet – 23 et Gambetta-Champollion – 21). Les valeurs relevées, et notamment les niveaux maximum proches de 60 µg/m³, ne sont pas « inattendus » puisque de tels niveaux (voire des niveaux plus élevés) ont déjà été enregistrés dans l'agglomération en situation de proximité trafic marquée¹.

Remarque : cette étude vise à évaluer les effets des modifications du trafic sur la qualité de l'air. Ainsi certains sites de mesure ont été choisis en situation d'influence « maximale » du trafic (en proximité immédiate des axes routiers). Les niveaux maximum enregistrés ne reflètent donc pas nécessairement un niveau d'exposition existant au niveau d'habitations mais plutôt une situation « au pire » (à laquelle toutefois, les usagers de la voirie ou de certains trottoirs peuvent être exposés). La localisation de ces points de mesure explique en outre que certaines valeurs enregistrées puissent être supérieures à celles qui sont mesurées au niveau des stations fixes de mesure de proximité trafic, généralement implantées à plus grande distance de la voirie.

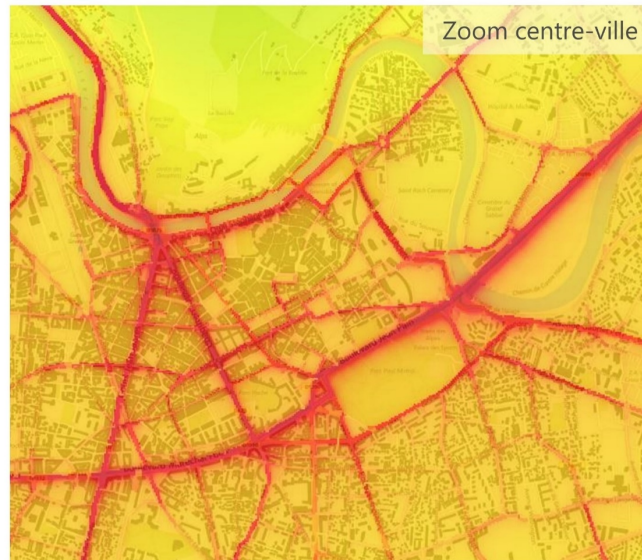
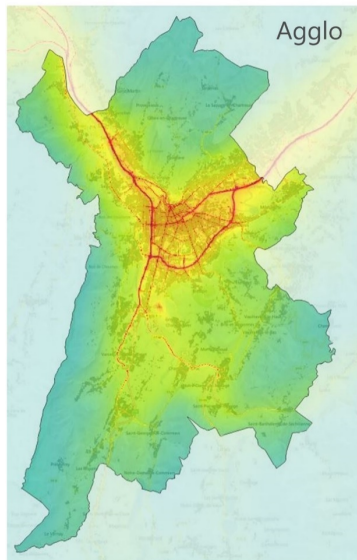
¹ par ex : Etat initial de la qualité de l'air en 2011 sur le tracé de la future ligne de tram E (Air Rhône-Alpes, 2013) ; Etude d'impact de l'aménagement de A480 et du Rondeau (oct 2017).

3.1. La situation « Avec CVCM » évaluée par modélisation

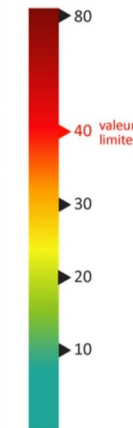
« Avec CVCM » - Modélisation - Dioxyde d'azote (NO₂) - Conc. annuelle moyenne



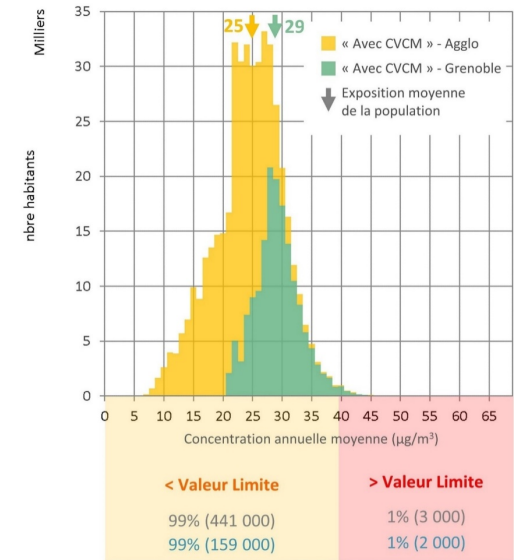
Cartographie



Moyenne annuelle de NO₂ en µg.m⁻³



Exposition de la population



Exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) dans la situation « Avec CVCM ». A gauche : carte de la concentration annuelle moyenne de NO₂ dans la situation « Avec CVCM » établie par modélisation numérique à l'échelle de l'agglomération et du centre-ville de Grenoble ; à droite : histogramme de distribution de l'exposition de la population à l'échelle de l'agglomération (en jaune) et de la commune de Grenoble (en bleu). Les valeurs indiquées sous le graphique correspondent à la part de la population en pourcent (et au nombre d'habitants) exposés à des concentrations de NO₂ supérieures (à droite) et inférieures (à gauche) à la valeur limite.

Commentaire succinct

- En première approche, la répartition du NO₂ paraît globalement « proche » de celle décrite pour la condition « Sans CVCM »
- Les valeurs des indicateurs globaux d'exposition à l'échelle de la Métropole ou de la commune de Grenoble sont identiques à celles du scénario « sans CVCM »
- L'évaluation de possibles effets locaux demande une analyse comparée fine des deux scénarios

3.2. La situation « Avec CVCM » évaluée par la mesure en 2018

« Avec CVCM » - Mesures 2018 redressées* - NO₂ - Conc. annuelle moyenne



Cartographie

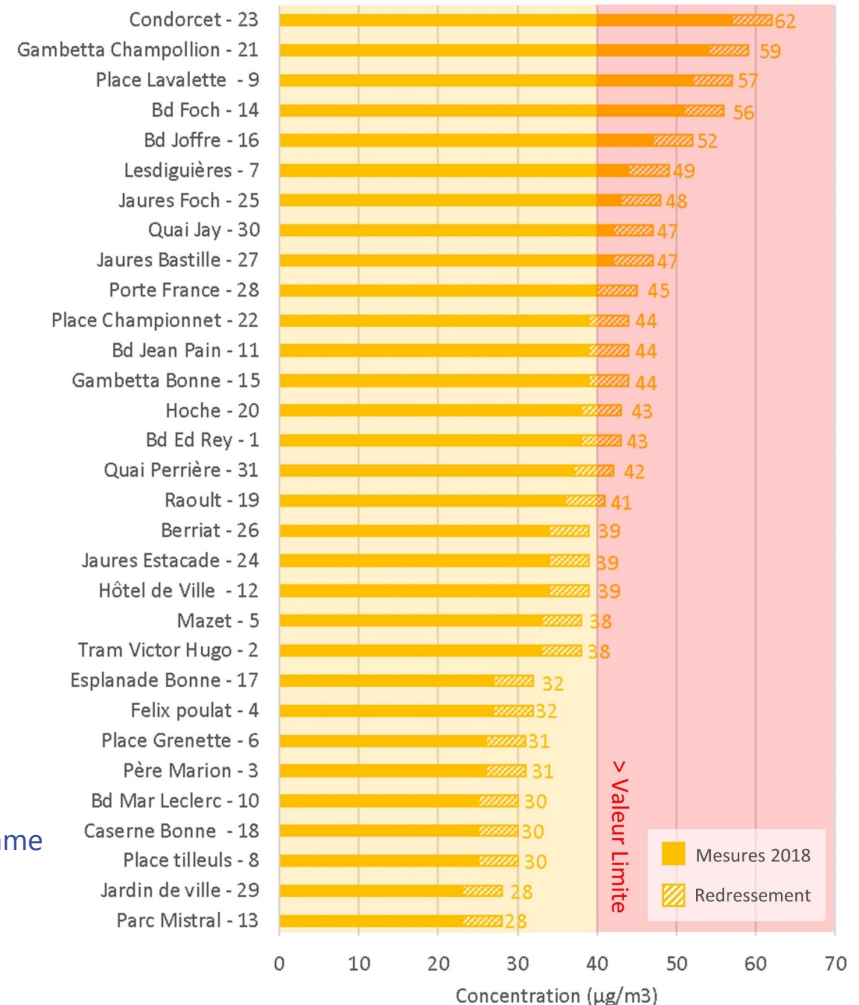


Evaluation de la concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote (NO₂) dans la condition « Avec CVCM » basée sur la mesure par échantillonneurs passifs en 31 sites du centre-ville en 2018*. A gauche : carte des points de mesure (la couleur du point traduit la concentration ; le fond de carte correspond à la modélisation présentée précédemment) ; à droite : la concentration annuelle moyenne enregistrée au niveau des 31 sites de mesure (* les valeurs ont été « redressées » ; cf. Annexe 4).

Commentaire succinct

- Les concentrations de NO₂ sont globalement dans la même gamme que celles mesurées en 2016 (57 - 28 µg/m³)
- Les mesures confirment les résultats de la modélisation et les résultats d'études précédentes dans le centre-ville de Grenoble
- Certains sites de mesures sont implantés en situation « d'hyper-proximité routière » et ne reflètent pas l'exposition des logements

Détail des valeurs individuelles



4. Les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à « CVCM »

La section suivante présente les résultats de la comparaison des évaluations des conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » visant à dériver les effets spécifiques du nouveau plan de circulation sur la qualité de l'air. Ces analyses sont basées sur deux approches complémentaires : la modélisation et la mesure.

4.1 Les effets de la mise en place de « CVCM » évalués par modélisation

4.1.1 Analyse des cartes

Les deux pages intitulée 4.1.1 présentent les cartes de la concentration annuelle moyenne de dioxyde d'azote (NO₂) établies par modélisation numériques pour les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » (déjà présentées séparément aux sections 1.1 et 3.1), ainsi que la carte montrant la différence des concentrations entre ces deux conditions (à l'échelle de l'agglomération et du centre-ville de Grenoble). Ces cartes indiquent que la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM n'aurait pas d'effet marqué global sur la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération. En revanche, localement la proximité de certains axes du centre-ville de Grenoble montrerait une variation du niveau de NO₂ modélisé qui pourrait être sensible. Selon les axes, la concentration augmenterait (en rouge sur la carte ; notamment en bordure du cours Gambetta et de la rue Lesdiguières) ou diminuerait (en vert sur la carte ; notamment en bordure de l'axe Rey-Sambat-Lyautey) en lien avec la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM.

Ces premiers éléments de conclusion sont confortés par l'analyse de l'exposition de la population présentée aux pages 4.1.2 à 4.1.4.

4.1.2 Analyse globale de l'exposition de la population au NO₂

La page intitulée 4.1.2 présente les histogrammes de distribution de l'exposition de la population pour les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM » (déjà présentés séparément aux sections 1.1 et 3.1). Il apparaît que la distribution globale de l'exposition des habitants de la Métropole ou de la commune de Grenoble serait pratiquement identique dans les deux conditions conduisant à des valeurs d'indicateurs globaux d'exposition identiques eux aussi (exposition moyenne : 25 µg/m³ à l'échelle de l'agglomération ; 29 µg/m³ à l'échelle de la commune de Grenoble ; nombre d'habitants exposés à un dépassement du seuil réglementaire : 3000 à l'échelle de l'agglomération ; 2000 à l'échelle de la commune de Grenoble). Ainsi, cette analyse confirme que la mise en place de CVCM n'aurait pas d'effet global marqué sur l'exposition de la population.

Toutefois, cela ne signifie pas que la mise en place du nouveau plan de circulation n'aurait aucun effet sur l'exposition de la population puisque, des effets localement positifs pourraient être masqués par des effets localement négatifs de même amplitude, indétectables par l'approche analytique globale présentée page 4.1.2. Ainsi, la page 4.1.3 propose deux analyses détaillées de l'exposition de la population visant à caractériser les effets locaux de la mise en place de CVCM.

4. Les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à « CVCM »

4.1.3 Analyse détaillée de l'exposition de la population au NO₂

La page intitulée 4.1.3 présente une analyse détaillée des effets de la mise en place de CVCM sur l'exposition de la population au NO₂. L'histogramme de distribution de la variation d'exposition des habitants de la Métropole en lien avec la mise en place du nouveau plan de circulation de CVCM (à gauche) indique que l'exposition de la très grande majorité des habitants de la Métropole ne varierait pas (ou en tout cas varierait de moins de 0,5 µg/m³) en lien avec CVCM (partie centrale du graphique). En revanche, 11 700 habitants auraient un niveau d'exposition modifié par la mise en place du nouveau plan de circulation. Parmi eux, 6 400 habitants bénéficieraient d'une réduction de leur exposition supérieure à 0,5 µg/m³ (partie gauche du graphique – en vert), alors que 5 300 habitants subiraient une augmentation de leur exposition supérieure à 0,5 µg/m³ (partie droite du graphique – en rouge). Ces variations d'exposition des habitants auraient des amplitudes très majoritairement modérées comprises entre 0,5 et 3 µg/m³ (97% des habitants subissant une augmentation présenteraient une augmentation dans cette gamme d'amplitude ; cette valeur s'élève à 93% dans le cas des habitants bénéficiant d'une réduction d'exposition).

Afin d'affiner l'analyse des variations d'exposition en lien avec la mise en place de CVCM, le groupe des 6 400 habitants dont l'exposition diminuerait en lien avec CVCM et celui des 5 300 habitants dont l'exposition augmenterait ont fait l'objet d'une analyse spécifique (page 4.1.3, les deux histogrammes de droite).

En condition « Sans CVCM », ces deux groupes d'habitants ont des profils d'exposition très proches et présentent notamment le même niveau d'exposition moyenne de 34,4 µg/m³. Il convient de noter que ce niveau d'exposition les place parmi les plus exposés au NO₂ de la Métropole (pour comparaison, dans la même condition, l'exposition

moyenne des habitants de la Métropole est de 25 µg/m³ et celle des habitants de la commune de Grenoble est de 29 µg/m³ ; voir 4.1.2).

En lien avec la mise en place du nouveau plan de circulation de CVCM, l'exposition moyenne des 6 400 habitants dont l'exposition diminuerait serait réduite de 34,4 à 33,0 µg/m³, alors que celle des 5 300 habitants dont l'exposition augmenterait passerait de 34,4 à 35,6 µg/m³. L'amplitude en valeur absolue de ces variations (environ 4%) est modérée et de valeur pratiquement identique pour les deux populations.

4.1.4 Analyse de l'exposition de la population au NO₂ – Synthèse

La page intitulée 4.1.4 propose une synthèse récapitulative des valeurs d'exposition moyenne pour les différents groupes de population étudiés dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM ».

Remarque : les résultats présentés dans la section 4.1 sont basés sur une approche par modélisation dont la capacité de décrire finement les effets dépend fortement des simulations trafic utilisées « en entrée ».

4. Les effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié à « CVCM »

4.2 Les effets de la mise en place de « CVCM » évalués par la mesure

La page intitulée 4.2 présente la comparaison des résultats des campagnes de mesures du NO₂ réalisées en 2016 et 2018 dans le centre-ville de Grenoble (déjà présentés individuellement dans les parties 1.2 et 3.2). Pour rappel, le dispositif de mesure repose sur des échantillonneurs passifs pour le NO₂ (méthode « légère » et indicative ; cf. Annexe 2). Le plan d'échantillonnage comprend 16 sites investigués en 2016 et en 2018 pour lequel une comparaison « avant »/« après » est possible et 15 sites étudiés uniquement en 2018 et positionnés en fonction des effets attendus du projet « CVCM » qui était connu à ce moment de l'étude.

Les données mesurées en 2018 ont été « redressées » afin que les résultats de la comparaison avec les données collectées en 2016 ne reflètent que les effets de la réorganisation du trafic sur cette période (Cf. Section 3.2 et Annexe 4 pour détail).

La figure de gauche de la page 4.2 présente les résultats sous forme cartographique. Les deux cartes du haut illustrent les concentrations annuelles moyennes de NO₂ au niveau des différents sites de mesures pour les conditions « Sans CVCM » (campagne de mesures de 2016) et « Avec CVCM » (campagne de mesure de 2018). Les valeurs de concentrations annuelles moyennes sont traduites par la couleur des points ; en complément les modélisations sont également affichées en fond de carte. La carte du bas présente la variation des concentrations mesurées entre 2016 et 2018 au niveau des 16 sites investigués (la couleur des points traduit l'amplitude de la variation : la couleur verte signifie que la concentration diminue entre 2016 et 2018 ; la couleur rouge signifie que la concentration augmente ; le résultat modélisé est également affichées en fond de carte).

Globalement, l'analyse de la variation des concentrations mesurées est cohérente avec les résultats issus de l'approche par modélisation, et confirme l'amplitude ainsi que le sens des effets locaux liés à la mise en place du nouveau plan de circulation. En effet, elle indique

notamment que la concentration de NO₂ diminue sensiblement le long de l'axe Rey-Sambat-Lyautey ou du Boulevard Jean Pain (par ex. la concentration passe de 57 à 43 µg/m³ sur le site « Bd Rey – 1 » et de 49 à 44 µg/m³ sur le site « Bd Jean Pain - 11 » ; figure page 4.2 à droite). Les mesures confirment également que la concentration de NO₂ augmente au sud du cours Gambetta ou Place Lavalette (par ex. la concentration passe de 53 à 57 µg/m³ sur le site « Place Lavalette - 9 » ; figure page 4.2 à droite).

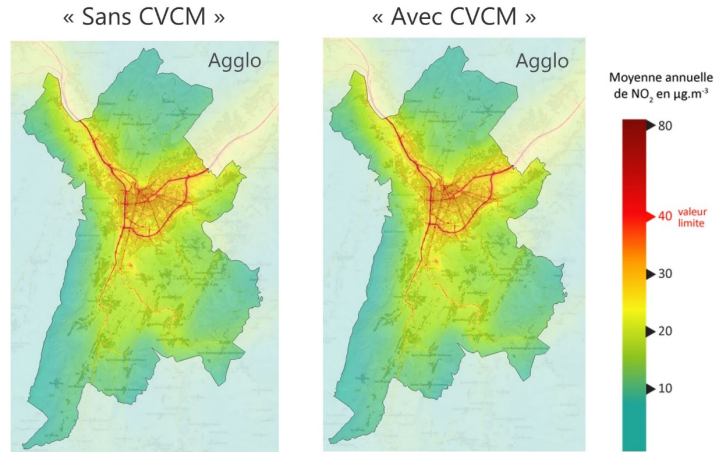
Remarque 1 : Les campagnes de mesure réalisées en 2016 et 2018 sont de grande envergure (16 et 31 sites respectivement). Cependant il convient de rappeler que le plan d'échantillonnage de 2016 n'a pas été spécifiquement conçu pour évaluer les effets de CVCM, car au moment de son élaboration le projet CVCM n'était pas connu. Ainsi, rétrospectivement, il est possible de regretter que certaines zones d'intérêt n'aient pas été investiguées par la mesure afin de compléter les informations fournies par la modélisation (en particulier, la campagne de mesures 2016 ne cible pas les zones où les augmentations modélisées de la concentration seraient les plus fortes : Boulevard Gambetta au nord de Caserne de Bonne et la rue Lesdiguières notamment). Toutefois, il convient de souligner que la cohérence globale constatée entre les résultats modélisés et ceux basés sur la mesure confirme que les conclusions basées sur la modélisation sont représentatives de la réalité.

Remarque 2 : une analyse complémentaire de la variation temporelle fine des niveaux de NO₂ basée sur les mesures automatiques « en continu » des stations du réseau d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a été réalisée. Les résultats, présentés à l'Annexe 3, montrent notamment qu'au niveau des sites étudiés (Bd Foch et Caserne de Bonne), les dynamiques temporelles mesurées en 2016 et en 2018 sont très proches suggérant qu'il n'y aurait pas, pour ces sites, d'effets marqués de réorganisation temporelle du trafic en lien avec le nouveau plan de circulation (Cf. Annexe 3 pour discussion).

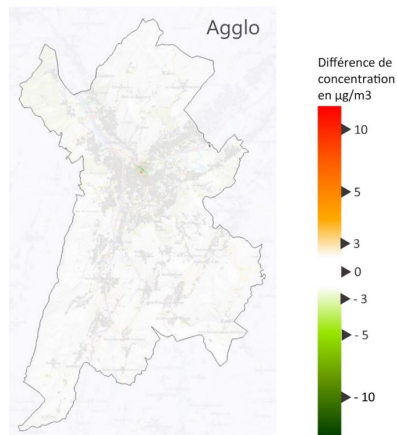
4.1. Effets de la mise en place de « CVCM » évalués par modélisation

4.1.1 Cartes de concentration de NO₂

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Modélisation – Cartes de la conc. an. moy. de NO₂



Variation entre « Sans » et « Avec » CVCM



Commentaire succinct

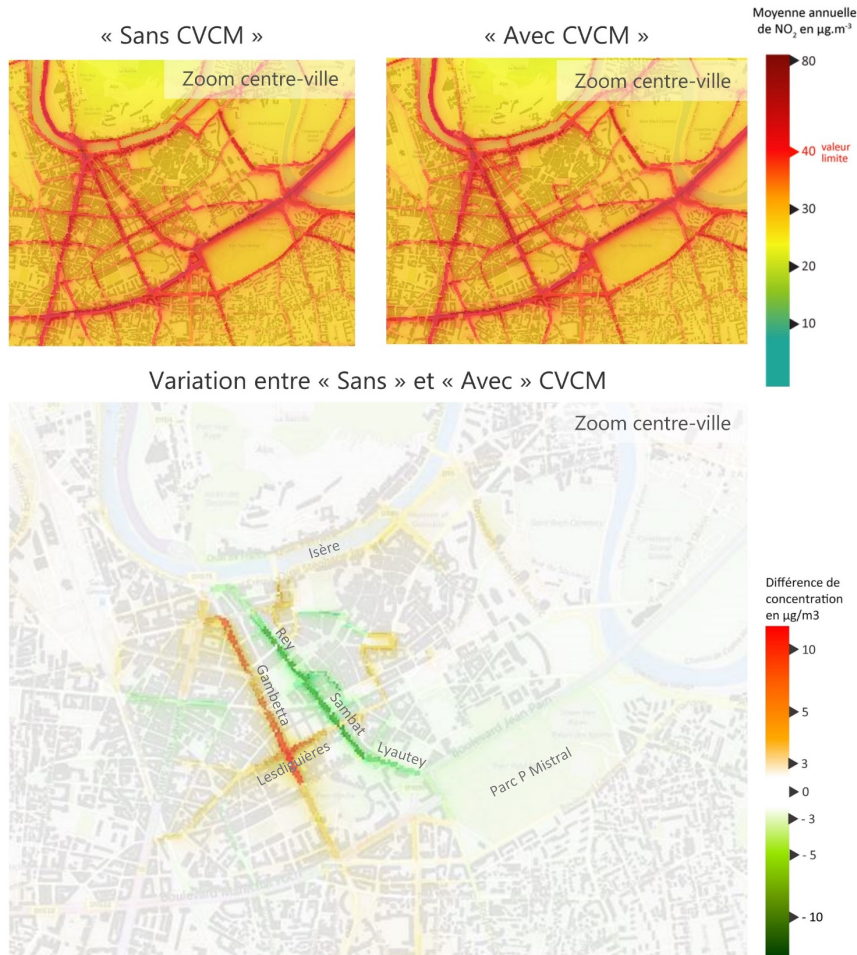
- La mise en place de nouveau plan de circulation lié à CVCM n'aurait pas d'effet global marqué sur la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération.
- En revanche, localement la proximité de certains axes du centre-ville de Grenoble montrerait une variation du niveau de NO₂ modélisé qui pourrait être sensible (notamment : augmentation en bordure du cours Gambetta et de la rue Lesdiguières ; diminution en bordure de l'axe Rey-Sambat-Lyautey).

Cartes de la concentration annuelle moyenne de NO₂ établies par modélisation numérique à l'échelle de l'agglomération. En haut à gauche : concentration dans la condition « Sans CVCM » ; en haut à droite concentration dans la condition « Avec CVCM » ; en bas : différence des concentrations entre la situation « Avec CVCM » et la situation « Sans CVCM » (la couleur verte indique une diminution de la concentration entre « Sans CVCM » et « Avec CVCM » et la couleur rouge indique une augmentation).

4.1. Effets de la mise en place de « CVCM » évalués par modélisation

4.1.1 Cartes de concentration de NO₂

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Modélisation – Cartes de la conc. an. moy. de NO₂



Commentaire succinct

- La mise en place de nouveau plan de circulation lié à CVCM n'aurait pas d'effet global marqué sur la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération.
- En revanche, localement la proximité de certains axes du centre-ville de Grenoble montrerait une variation du niveau de NO₂ modélisé qui pourrait être sensible (notamment : augmentation en bordure du cours Gambetta et de la rue Lesdiguières ; diminution en bordure de l'axe Rey-Sambat-Lyautey).

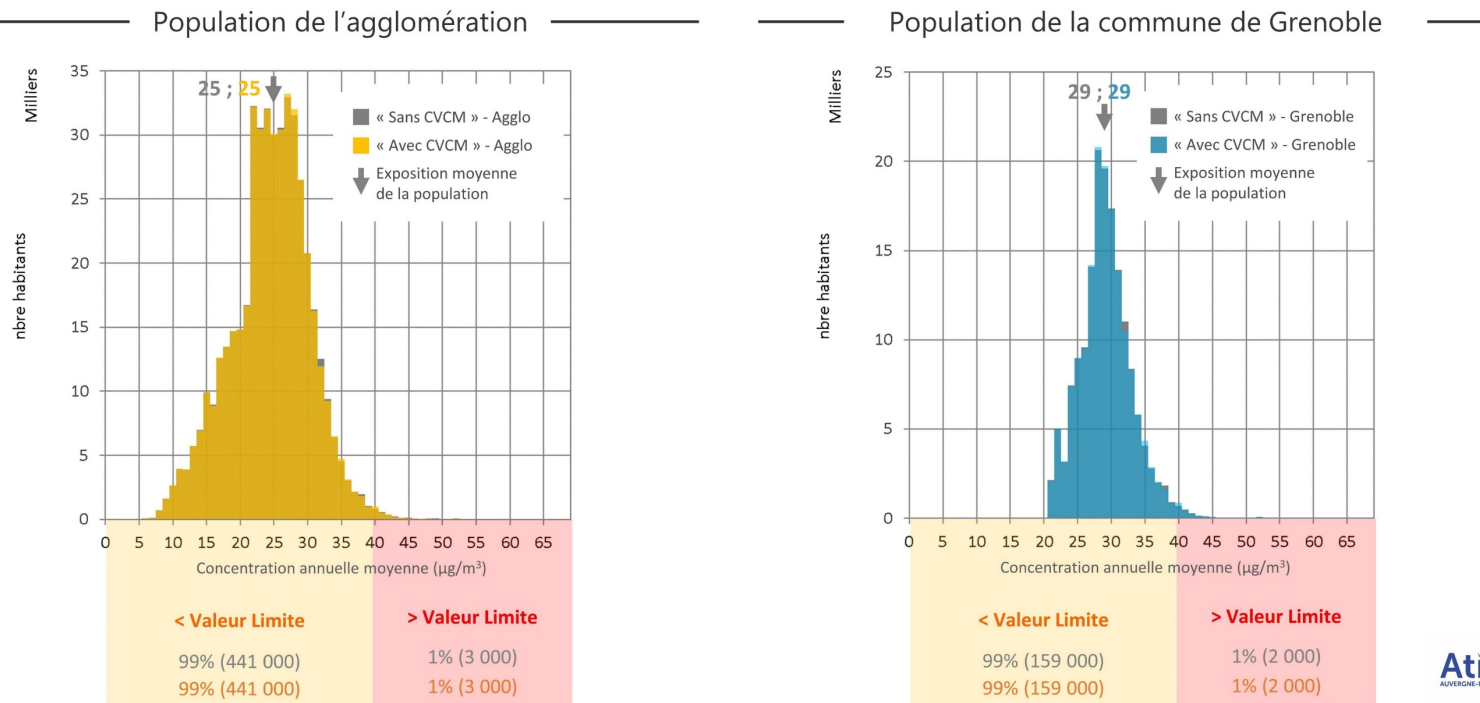
Cartes de la concentration annuelle moyenne de NO₂ établies par modélisation numérique à l'échelle du centre-ville de Grenoble. En haut à gauche : concentration dans la condition « Sans CVCM » ; en haut à droite concentration dans la condition « Avec CVCM » ; en bas : différence des concentrations entre la situation « Avec CVCM » et la situation « Sans CVCM » (la couleur verte indique une diminution de la concentration entre « Sans CVCM » et « Avec CVCM » et la couleur rouge indique une augmentation).

4.1. Effets de la mise en place de « CVCM » évalués par modélisation

4.1.2 Analyse globale de l'exposition de la population au NO₂

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Modélisation – Exposition de la population au NO₂

Distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) dans les conditions « Sans » et « Avec » CVCM



Histogrammes de distribution de l'exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM ». A gauche : analyse pour la population de l'agglomération grenobloise ; à droite analyse pour la population de la commune de Grenoble. Les valeurs indiquées sous le graphique correspondent à la part de la population (et au nombre d'habitants) exposés à des concentrations supérieures/inférieure à la valeur limite.

Commentaire succinct

- L'analyse de la distribution de l'exposition des habitants de la Métropole au NO₂ confirme que la mise en place de CVCM n'aurait pas d'effet global marqué sur l'exposition de la population
- Les indicateurs globaux d'exposition auraient les mêmes valeurs dans les conditions « Sans CVCM » et avec « CVCM » (exposition moyenne et nombre d'habitants exposés à un dépassement du seuil réglementaire).

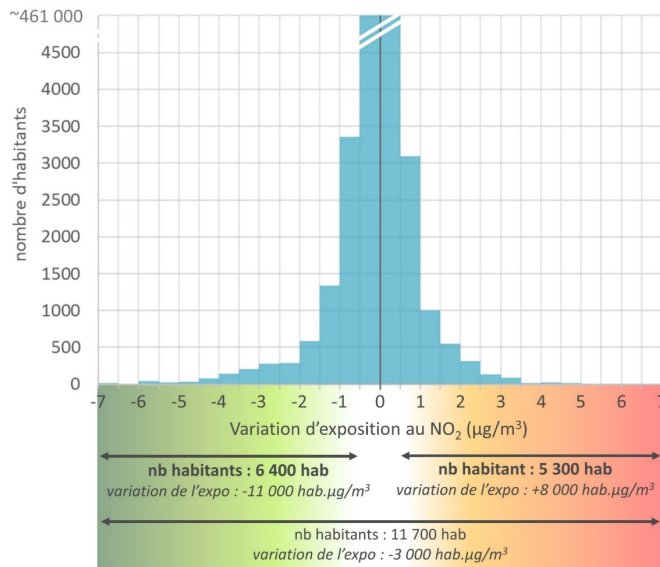
4.1. Effets de la mise en place de « CVCM » évalués par modélisation

4.1.3 Analyse détaillée de l'exposition de la population au NO₂

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Modélisation – Exposition de la population au NO₂

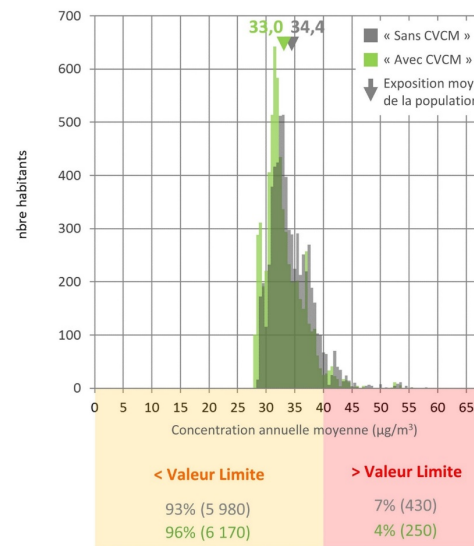


Variation de l'exposition entre la situation « Sans » et « Avec » CVCM

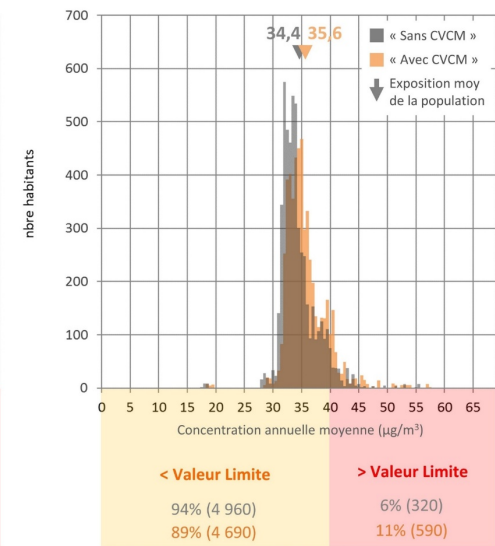


Exposition « Sans » et « Avec » pour deux groupes de population distincts

Population dont l'exposition diminuerait en lien avec CVCM (6 400 hab)



Population dont l'exposition augmenterait en lien avec CVCM (5 300 hab)



Analyse détaillée des effets de la mise en place de CVCM sur l'exposition de la population au NO₂. A gauche : histogramme de distribution de la variation d'exposition des habitants de la Métropole en lien avec la mise en place de CVCM ; à droite : histogramme de distribution de l'exposition de la population pour les conditions « Sans CVCM » (en gris) et « Avec CVCM » (en vert ou orange) pour deux groupes de population distincts (à gauche les habitants dont l'exposition diminue de plus de 0,5 µg/m³ en lien avec CVCM ; à droite les habitants dont l'exposition augmente de plus 0,5 µg/m³ en lien avec CVCM).

Commentaire succinct

- 11 700 habitants auraient un niveau d'exposition modifié par la mise en place de CVCM : 6 400 habitants bénéficieraient d'une réduction de leur exposition supérieure à 0,5 µg/m³, alors que 5 300 habitants subiraient une augmentation de leur exposition supérieure à 0,5 µg/m³
- Ces 11 700 habitants comptent parmi les plus exposés de l'agglomération (expo moyenne 34,4 µg/m³ vs 25 µg/m³ à l'échelle de l'agglomération)
- L'exposition moyenne des 6 400 habitants dont l'exposition diminue en lien avec CVCM est réduite de 34,4 à 33,0 µg/m³ (-4%), alors que celle des 5 300 habitants dont l'exposition augmente passe de 34,4 à 35,6 µg/m³ (+4%).

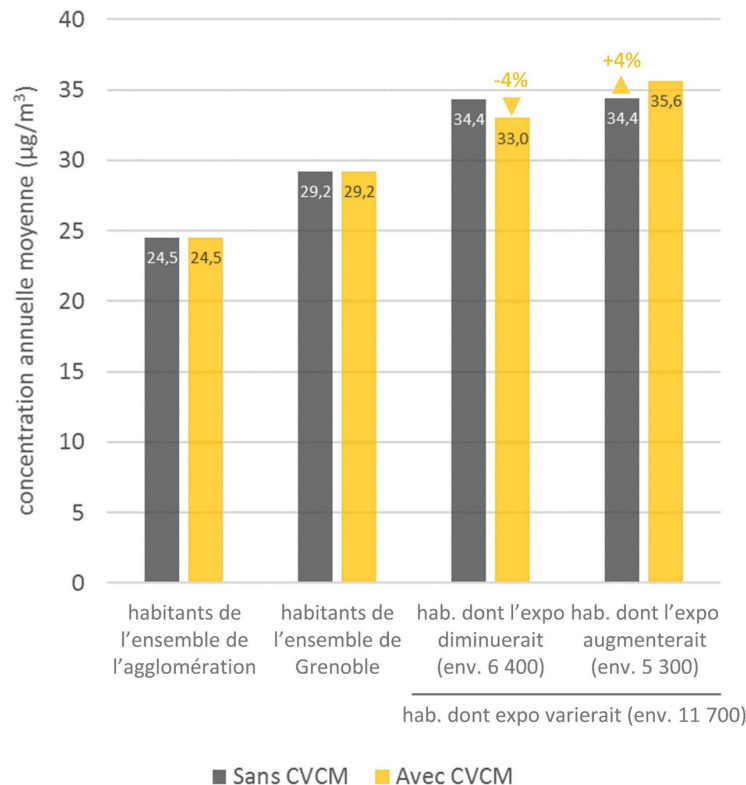
4.1. Les effets de la mise en place « CVCM » évalués par modélisation

4.1.4 Analyse de l'exposition de la population au NO₂ - Synthèse

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Modélisation – Exposition de la population au NO₂



Synthèse des valeurs d'exposition moyenne de la population au NO₂ dans les conditions « Sans » et « Avec » CVCM pour différents groupes de population



Synthèse récapitulative des valeurs d'exposition moyenne de quatre groupes d'habitants de la Métropole dans les conditions « Sans CVCM » et « Avec CVCM ».

Commentaire succinct

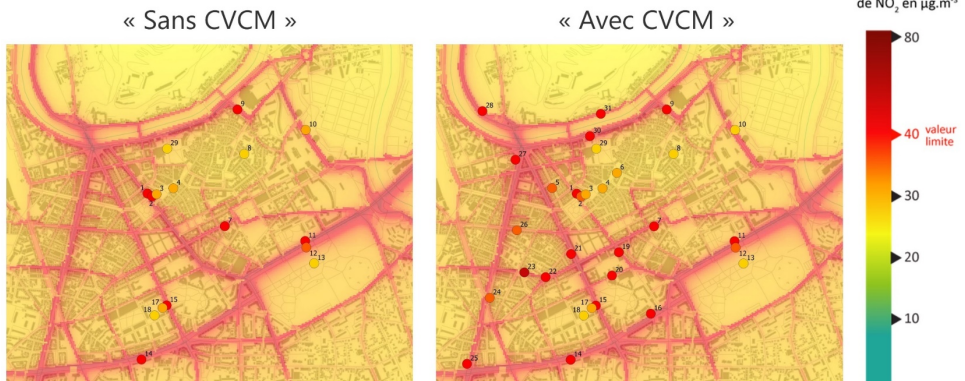
- La figure ci-contre synthétise des résultats présentés précédemment
- En condition « Sans CVCM » l'exposition moyenne de la population au NO₂ à l'échelle de la commune de Grenoble est sensiblement plus élevée que l'exposition à l'échelle de l'ensemble de la Métropole en raison de l'intensité du trafic routier et de la densité du bâti qui favorise l'accumulation de ce polluant dans les rues du cœur de l'agglomération.
- La mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM n'entraînerait pas de modification de l'exposition moyenne de la population (indicateur global) à l'échelle de la Métropole ou de la commune de Grenoble.
- En revanche, la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM entraînerait des effets locaux causant la variation du niveau d'exposition d'environ 11 700 habitants
 - En condition « Sans CVCM », ils comptent parmi les plus exposés de la Métropole (exposition moyenne 34,4 µg/m³)
 - 6 400 d'entre eux présenteraient une exposition moyenne qui diminuerait d'environ 4% en lien avec CVCM
 - 5 300 d'entre eux présenteraient une exposition qui augmenterait d'environ 4% en lien avec CVCM
- Ces résultats sont basés sur une approche par modélisation dont la capacité de décrire finement les effets dépend fortement des simulations trafic utilisées « en entrée ».

4.2 Les effets de la mise en place de « CVCM » évalués par la mesures

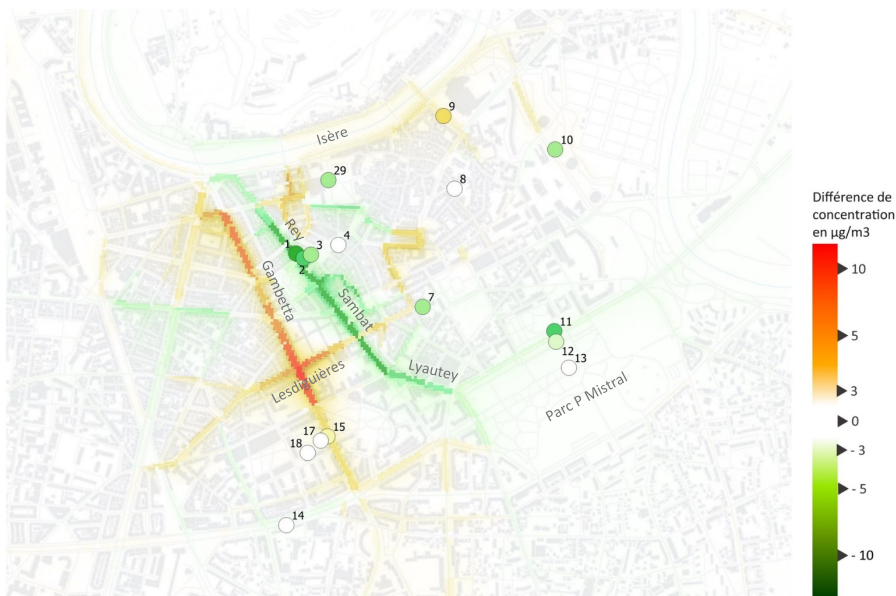
« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Mesures - NO₂ – Concentration annuelle moyenne



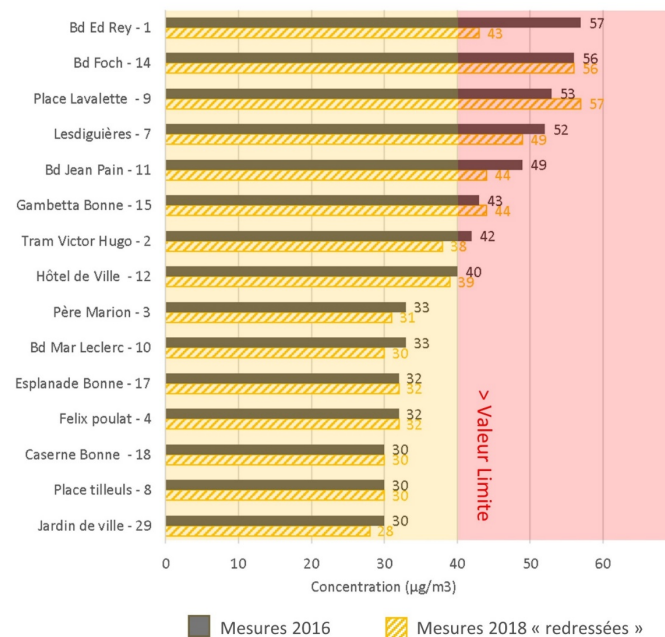
Cartographie



Variation entre « Sans » et « Avec » CVCM



Détail des valeurs individuelles



Evaluation par la mesure de la concentration annuelle moyenne de NO₂ dans les conditions « Sans CVCM » (2016) et « Avec CVCM » (2018*). A gauche en haut : carte des concentration mesurées au niveau des 16 sites pour les deux conditions ; à gauche en bas : écart des concentrations mesurées dans les deux conditions (vert : diminution en lien avec CVCM ; rouge augmentation) ; à droite : les valeurs numériques de concentration. *les valeurs de mesures 2018 ont été « redressées » cf. section 3.2 et Annexe 4)

Commentaire succinct

Les effets évalués par la mesure sont globalement cohérents avec l'évaluation basée sur la modélisation. Ils confirment notamment que la concentration de NO₂ diminuerait sensiblement le long de l'axe Rey-Sambat-Lyautey ou du Boulevard Jean Pain, alors qu'elle augmenterait le long du cours Gambetta ou Place Lavalette.

IV. Synthèse des résultats et perspectives



Synthèse des résultats

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant à enjeu dans l'agglomération grenobloise et notamment dans le cœur de l'agglomération. Les zones les plus exposées sont la proximité immédiate des grandes voiries routières et le cœur de l'agglomération en raison de l'intensité du trafic routier et de la densité du bâti qui favorise l'accumulation de ce polluant dans les rues. La modélisation de la condition « Sans CVCM » indique qu'environ 3000 habitants de la Métropole sont exposés à un dépassement du seuil réglementaire pour le NO₂ (valeur limite 40 µg/m³ ; DE 2008/50/CE) et que la majorité d'entre eux (2000) résident dans la « commune centre » de Grenoble. L'exposition moyenne de la population au NO₂ à l'échelle de la Métropole est de 25 µg/m³ et cette valeur est de 29 µg/m³ pour les habitants de la commune de Grenoble, ce qui indique qu'ils sont globalement plus soumis à la pollution au NO₂.

Les résultats basés sur l'approche par modélisation et ceux issus des campagnes de mesures « Avant/Après » conduites en 2016 puis 2018 sont cohérents. Les analyses réalisées permettent d'aboutir à une conclusion en deux points :

- i) **La mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM n'aurait pas d'effet global sur l'exposition au NO₂ des habitants de l'agglomération grenobloise.** En effet, en condition « Avec CVCM », la distribution globale de l'exposition des habitants de la Métropole ou de la commune de Grenoble serait pratiquement identique à celle de la condition « Sans CVCM » conduisant à des valeurs d'indicateurs globaux d'exposition identiques eux aussi (valeur d'exposition moyenne et de nombre d'habitants exposés à un dépassement du seuil réglementaire).
- ii) **En revanche, la mise en place du nouveau plan de circulation lié à CVCM entrainerait des effets locaux, positifs et négatifs, sur l'exposition au NO₂ à proximité de certains axes du centre-ville.** Ces effets locaux concerneraient environ 11 700 habitants du centre-ville. Parmi eux, 6 400

habitants bénéficieraient d'une réduction de leur exposition¹ (notamment en bordure de l'axe Rey-Sambat-Lyautey), alors que 5 300 habitants subiraient une augmentation de leur exposition¹ (notamment en bordure du cours Gambetta ou de la rue Lesdiguières). Il convient de souligner qu'en condition « Sans CVCM » ces deux groupes d'habitants ont des profils d'exposition très proches et présentent notamment le même niveau d'exposition moyenne de 34,4 µg/m³ ce qui les place parmi les habitants les plus exposés au NO₂ de la Métropole. La mise en place du nouveau plan de circulation serait à l'origine, pour chacun de ces deux groupes, de variations d'exposition d'amplitude modérée et de valeurs absolues pratiquement identiques (la variation de l'exposition de chaque habitant présente des amplitudes majoritairement modérée comprise entre 0,5 et 3 µg/m³, conduisant à une variation d'exposition moyenne d'environ 4%).

Remarque 1 : cette étude cible essentiellement le dioxyde d'azote (NO₂) car ce polluant est un « traceur » des transports routiers. Toutefois, des analyses ont également été réalisées sur les particules en suspension et montrent des effets analogues mais de moindre amplitude (Cf. Annexe 6).

Remarque 2 : le plan d'échantillonnage de 2016 n'a pas été spécifiquement conçu pour évaluer les effets de CVCM, car au moment de son élaboration le projet CVCM n'était pas connu. Ainsi, rétrospectivement, il est possible de regretter que certaines zones d'intérêt n'aient pas été investiguées par la mesure afin de compléter les informations issues de la modélisation. Toutefois, il convient de souligner que la cohérence globale constatée entre les résultats modélisés et ceux basés sur la mesure confirme que les conclusions basées sur la modélisation sont représentatives de la réalité.

¹ d'amplitude en valeur absolue supérieure à 0,5 µg/m³

Éléments de discussion et perspectives

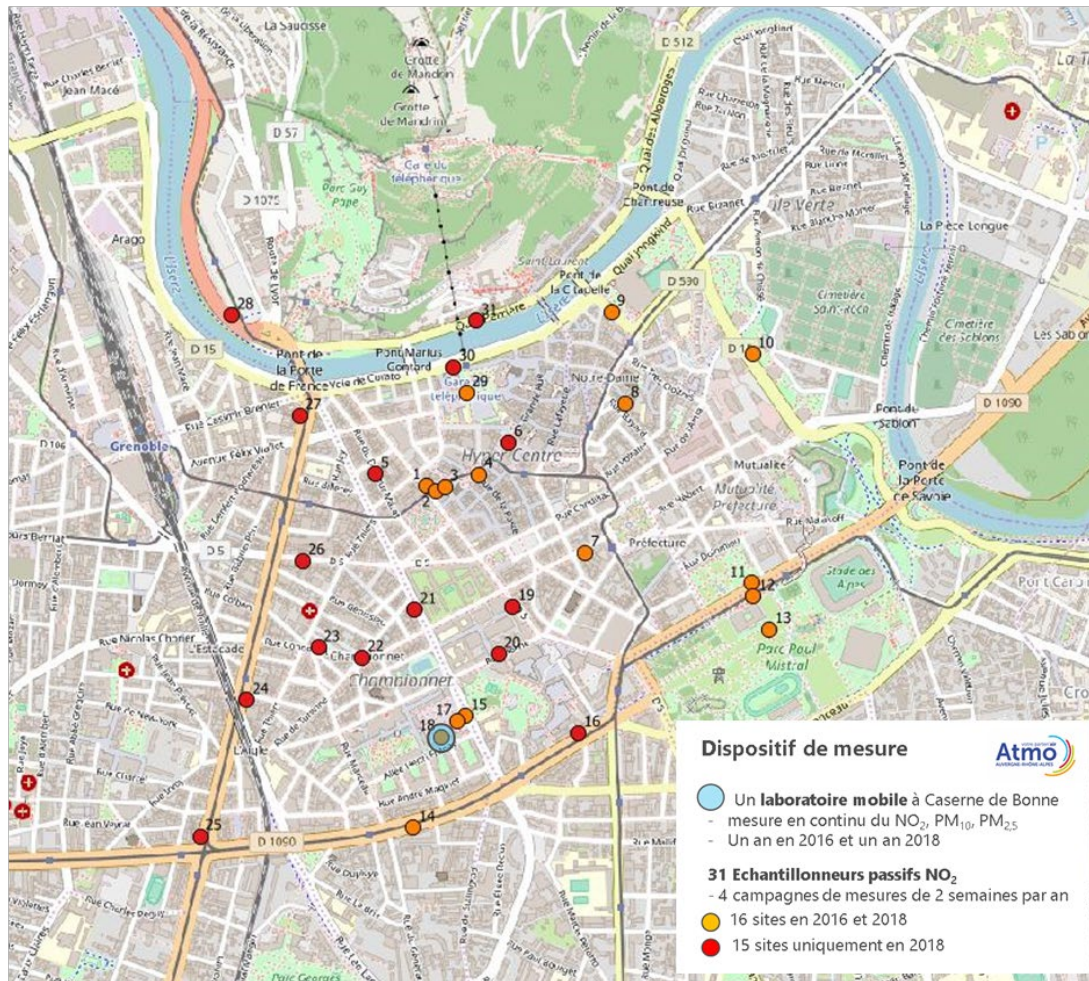
- L'évaluation des effets du nouveau plan de circulation lié à « Cœurs de ville, cœur de Métropole » repose sur une analyse de la situation en 2018, soit l'année suivant sa mise en place. Elle met donc en évidence les conséquences « à court terme » et ne considère pas les possibles adaptations des pratiques de mobilité sur le long terme.
- Pour réduire l'exposition des habitants de la Métropole, notamment dans son cœur qui tend à être plus exposé à la pollution de l'air, les aménagements urbains devront contribuer à une réduction globale des volumes de trafic tout en maîtrisant les effets locaux de report de nuisances sur des axes déjà soumis à une forte exposition.
- La réduction des volumes de trafic peut être complétée par des actions visant à assurer la transition énergétique du parc de véhicules vers des motorisations moins émettrices de polluants. A cet égard, la mise en place en mai 2019 d'une « Zone à Faibles Emissions » ciblant les véhicules utilitaires et les poids lourds est une action dont les effets attendus sur l'exposition au NO₂ sont nettement positifs.
- L'évaluation réalisée porte spécifiquement sur les effets du nouveau plan de circulation lié à CVCM, mais il convient de souligner que plus généralement, des zones de l'agglomération, peu ou pas concernées par ces effets, sont soumises à de forts niveaux d'exposition et demandent également une attention (par exemple : les zones de proximité de l'A480 et de la rocade sud, ainsi que la plupart des grands axes structurants de l'agglomération).
- Dans un contexte de possibles reconfigurations des trafics dans l'agglomération (en lien direct avec CVCM, mais également avec d'autres aménagements tels que celui de l'A480), il y a un enjeu à assurer un suivi des nuisances associées au trafic et notamment de la pollution de l'air, en complément de la surveillance permanente. Il est en premier lieu essentiel de réaliser un suivi du trafic lui-même. Un suivi complémentaire de la qualité de l'air peut également être envisagé notamment en bordure des axes où i) l'augmentation modélisée des concentrations est la plus forte et/ou ii) les niveaux mesurés ou modélisés en situation 2018 sont les plus élevés. Ainsi, suivant les résultats issus du suivi du trafic routier, les zones situées le long du cours Gambetta ou de la rue Lesdiguières/Condorcet pourraient faire l'objet d'un suivi en terme de qualité de l'air.



ANNEXES

ANNEXE 1. Localisation des sites de mesure

Dispositif de mesure de la pollution de l'air dans le centre-ville de Grenoble - CVCM



N° de site	Nom du site
1	Bd Ed Rey
2	Tram Victor Hugo
3	Père Marion
4	Felix poulat
5	Mazet
6	Place Grenette
7	Lesdiguières
8	Place tilleuls
9	Place Lavalette
10	Bd Mar Leclerc
11	Bd Jean Pain
12	Hôtel de Ville
13	Parc Mistral
14	Bd Foch
15	Gambetta Bonne
16	Bd Joffre
17	Esplanade Bonne
18	Caserne Bonne
19	Raoult
20	Hoche
21	Gambetta Champollion
22	Place Championnet
23	Condorcet
24	Jaures Estacade
25	Jaures Foch
26	Berriat
27	Jaures Bastille
28	Porte France
29	Jardin de ville
30	Quai Jay
31	Quai Perrière

Remarque : cette étude vise à évaluer les effets des modifications du trafic sur la qualité de l'air. Certains sites de mesure ont donc été choisis en situation d'influence « maximale » du trafic (en proximité immédiate des axes routiers). Ainsi, les niveaux maximum enregistrés ne reflètent pas nécessairement un niveau d'exposition existant au niveau d'habitations mais plutôt une situation « au pire » (à laquelle les usagers de la voirie ou de certains trottoirs peuvent toutefois être exposés). De la même manière, ces niveaux peuvent être supérieurs à ceux qui sont mesurés au niveau des stations fixes de mesure de proximité trafic car elles sont généralement implantées à plus grande distance de la voirie.

ANNEXE 2.

La mesure du dioxyde d'azote (NO₂) par échantillonneurs passifs

Le dispositif de mesure mis en œuvre repose sur un laboratoire mobile équipé avec des analyseurs homologués et sur des sites de mesure répartis dans le centre-ville de Grenoble (16 en 2016 et 31 en 2016 ; Cf. Annexe 1). Compte tenu du nombre important de sites, la mesure a été réalisée grâce à des échantillonneurs passifs.

- Cette approche métrologique indicative est généralement mobilisée pour réaliser des campagnes de mesure nécessitant d'instrumenter de nombreux sites car elle est facile à déployer à grande échelle et son coût est modéré.
- Les échantillonneurs passifs sont composés de cartouches adsorbantes (triéthanolamine) qui vont piéger le polluant (la quantité de polluant adsorbé est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant).
- Les échantillonneurs passifs sont implantés « à hauteur d'homme » dans un support qui les abrite des intempéries.
- Les échantillonneurs passifs sont exposés une semaine sur site puis une analyse est réalisée en laboratoire.
- Pour chaque année évaluée, une campagne de mesure de 2 semaines a été réalisée à chacune des 4 saisons. Cet

échantillonnage temporel (couvrant plus de 14% de la durée de l'année dans des conditions météorologiques variées) permet d'évaluer la concentration annuelle moyenne¹ (Cf. *Guide Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote*, Ademe Editions, Paris ; ADEME, LCSQA, ATMO). En outre, la bonne représentativité temporelle des périodes de mesures a été vérifiée (cf. ci-dessous à droite).

- D'une manière générale, les recommandations du *Guide Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote*, Ademe Editions, Paris ; ADEME, LCSQA, ATMO ont été respectées.
- Les échantillonneurs passifs ont été fournis et analysés par la société PASSAM AG, laboratoire de mesure accrédité EN 45000.

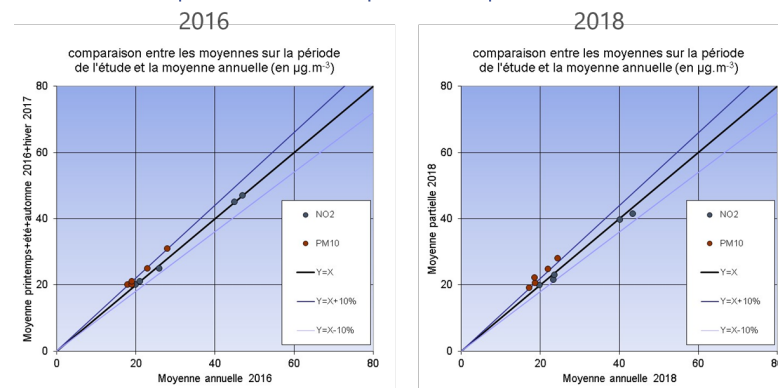
¹ la 1^{ère} campagne de mesure de la condition « 2016 » s'est déroulée en mars 2016 et la 4^{ème} campagne s'est déroulée en janvier 2017. Ainsi, si ces mesures décrivent bien la situation « avant CVCM », les valeurs ne peuvent pas être directement confrontées aux statistiques annuelles réglementaires calculées pour les stations de mesures fixes (qui sont basées sur des années civiles).

Echantillonneurs passifs pour le NO₂



Echantillonneurs passifs pour le NO₂. A gauche, un échantillonneur passif de marque PASSAM ; au milieu, des échantillonneurs passifs dans leur « boîtier » au cours d'une campagne de mesure ; à droite, un site de mesure équipé

Vérification représentativité temporelle des périodes de mesures



Pour le dioxyde d'azote, les écarts entre la moyenne calculée sur la période de mesures de l'étude et la moyenne calculée sur l'année civile sont faibles en 2016 et 2018.

Analyse visant à vérifier la représentativité temporelle des périodes de mesure

ANNEXE 3. Analyse des profils temporels quotidiens

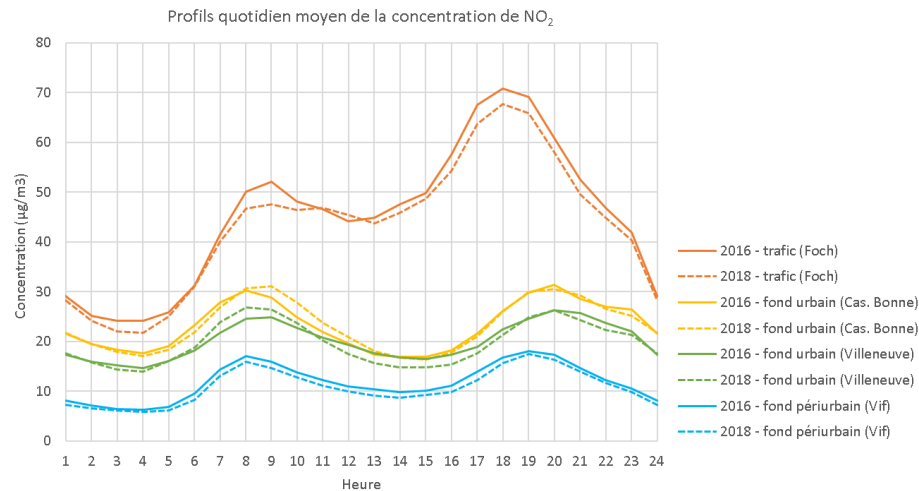
La mesure du dioxyde d'azote (NO_2) par analyseurs automatiques homologués permet de collecter des données « en continu » et donc d'analyser les variations temporelles fines (contrairement à la mesure par échantillonneurs passifs qui ne permet d'évaluer que des concentrations moyennes sur la durée de la campagne de mesure). En revanche, cette approche métrologique est plus « lourde » à mettre en œuvre (demande notamment de déployer un laboratoire mobile) et ne peut donc être mobilisée que sur un nombre très limité de points.

La figure ci-dessous, présente les profils quotidiens moyens de la concentration de NO_2 mesurée au niveau de quatre stations de mesure de l'agglomération grenobloise en 2016 (« Avant CVCM ») et en 2018 (« Après CVCM »).

Il apparaît que :

- Les profils temporels quotidiens présentent deux pics (matin et soir), traduisant l'influence directe des niveaux de trafic sur la concentration de NO_2 .

- Le niveau global de NO_2 et l'amplitude des « deux pics » dépendent très fortement de la typologie d'implantation (proximité trafic > fond urbain > fond périurbain). La station temporaire de Caserne de Bonne (en jaune) présente un profil assez typique du « fond urbain » (analogue à celui de la station implantée dans le parc de Villeneuve – en vert) mais avec une influence du trafic un peu plus marquée.
- Au niveau des sites étudiés, les dynamiques temporelles mesurées en 2016 et en 2018 sont très proches, ne suggérant pas d'effets marqué de réorganisation temporelle du trafic au niveau de ces sites. Ce résultat est cohérent avec les résultats rapportés à la section 4 de ce rapport (mesures par échantillonneurs passifs et modélisation) qui indiquaient que les concentrations annuelles moyennes de NO_2 étaient peu/pas influencées par le nouveau plan de circulation au niveau de ces sites. Il est impossible d'exclure que d'autres sites montrent une influence du nouveau plan de circulation sur la dynamique temporelle des niveaux de NO_2 .



Profils quotidiens moyens de la concentration de dioxyde d'azote (NO_2) mesurée au niveau de quatre stations de mesure de l'agglomération grenobloise en 2016 et en 2018. La station « fond urbain (Cas. Bonne) » correspond au laboratoire mobile temporairement implanté dans le quartier caserne de Bonne (Cf. Annexe 1), les trois autres stations appartiennent au [réseau permanent](#) d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. En 2016, la mesure a débuté en mars sur le site de Caserne de Bonne.



Laboratoire mobile implanté temporairement dans le quartier de Caserne de Bonne, en situation de fond urbain.

ANNEXE 4. Le « redressement » des concentrations mesurées en 2018

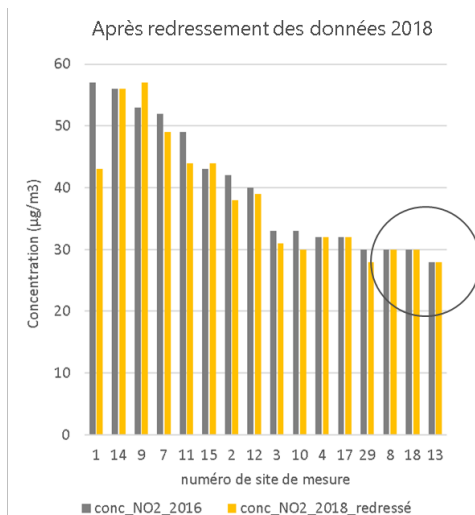
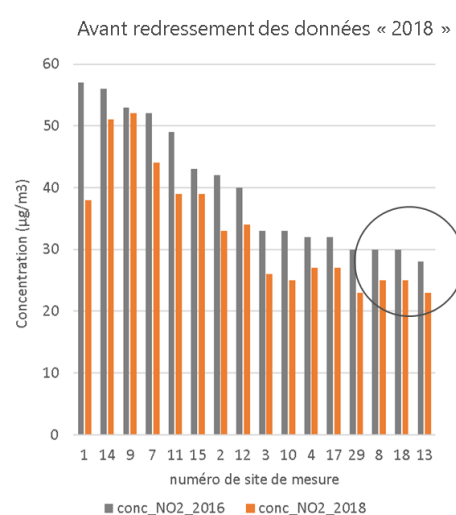
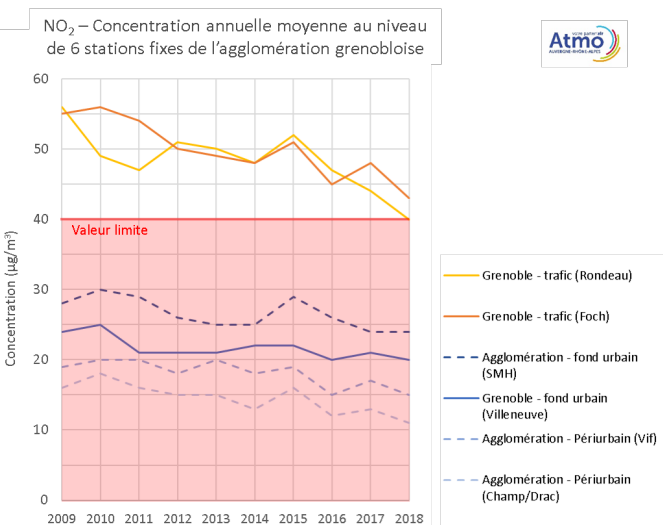
L'évolution des concentrations en dioxyde d'azote d'une année à l'autre dépend évidemment de la variation du trafic routier, mais également d'un ensemble de paramètres qui en sont indépendants (les conditions météorologiques, les émissions des autres secteurs d'activité, l'évolution technologique du parc roulant...). A titre d'illustration, la figure ci-dessous (à gauche) montre l'évolution des niveaux de NO₂ enregistrés au niveau de six stations fixes de mesure de la région grenobloise. Outre, une tendance générale à la diminution, la concentration est sujette à une variabilité interannuelle assez forte, notamment attribuable à la variabilité des conditions météorologiques qui peuvent être plus ou moins favorables à la dispersion des polluants selon les années. Notamment, les niveaux mesurés en 2018 sont systématiquement les plus bas de la série temporelle.

La comparaison des niveaux enregistrés dans le cadre de l'étude des effets de « CVCM » en 2016 et en 2018 indique qu'en 2018, les niveaux mesurés sont systématiquement inférieurs à ceux de 2016 sur tous les points de mesure (ci-dessous au milieu). Cet écart n'est pas exclusivement attribuable à la mise en place de CVCM,

notamment parce que les points de fond urbain faiblement influencés par la proximité au trafic montrent eux aussi cette tendance (points 8, 13 et 18).

Afin de permettre d'isoler « l'effet spécifique de CVCM » grâce à la comparaison des mesures réalisées en 2016 et celles réalisées en 2018, un redressement des données 2018 est opéré en prenant les points de fond urbain comme référence (points 8, 18, 13 ; ci-dessous à droite). Ce redressement conduit à « artificiellement » augmenter les concentrations enregistrées en 2018 de 5,0 µg/m³ (un choix méthodologique alternatif aurait été de diminuer les niveaux enregistrés en 2016).

Remarque : si ce redressement permet de « corriger » les concentrations mesurées pour les paramètres non liés à la « réorganisation du trafic », il est en pratique impossible d'affirmer que « toute » la réorganisation du trafic entre 2016 et 2018 est exclusivement attribuable aux aménagements de CVCM.

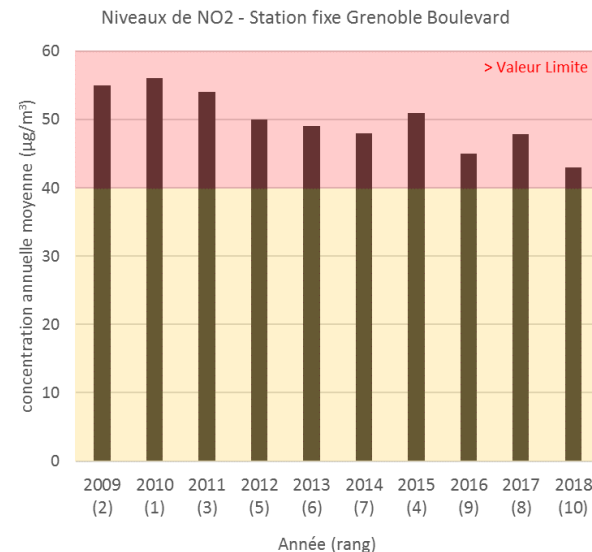
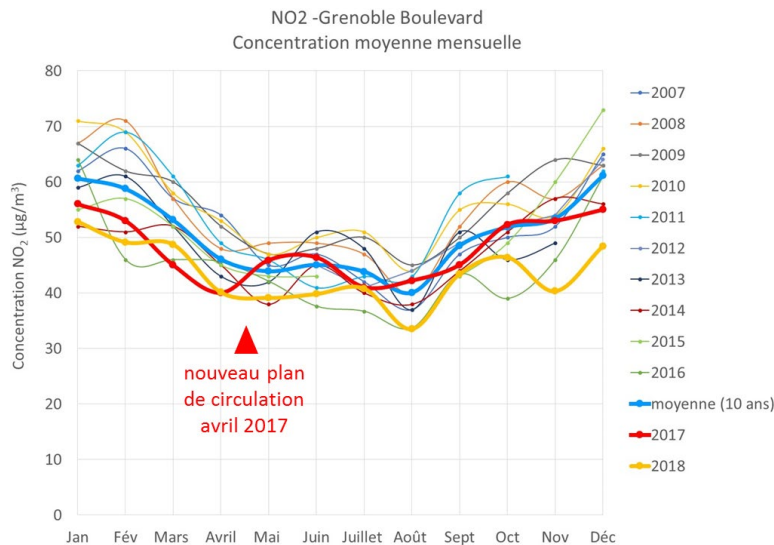


ANNEXE 5. Analyse des données de la station de mesure Grenoble Blvd

Différentes analyses ont été réalisées par des métropolitains depuis mai 2017 sur la base des données de mesure disponibles en « open data » sur le site d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Ces analyses étaient fondées sur les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) collectées au niveau de la station de mesure « Grenoble Boulevard » située dans le centre-ville de Grenoble en situation de proximité trafic (Boulevard Maréchal Foch). Les figures ci-dessous proposent une illustration de l'historique des données collectées au niveau de cette station de mesure jusqu'à fin 2018, soit 1,5 an après la mise en service du nouveau plan de circulation lié à CVCM.

Principaux points d'analyse :

- Comme sur la plupart des stations de mesure : variation saisonnière et tendance progressive et lente à la diminution des concentrations.
- Une augmentation transitoire relative et modérée qui coïncide avec la mise en place du nouveau plan de circulation : il est impossible d'exclure un lien de causalité.
- Les niveaux mesurés au 2^{ème} semestre 2017 sont inclus à l'intérieur du « fuseau » des 10 années précédentes.
- Les niveaux mesurés en 2018 sont « dans le bas du fuseau » ; la moyenne annuelle 2018 est la plus basse mesurée depuis 2009.



Evolution des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) au niveau de la station fixe de mesure de la qualité de l'air de Grenoble Boulevard (boulevard Foch). A gauche : évolution de la concentration mensuelle de NO₂ au cours des 12 dernières années ; à droite évolution de la concentration annuelle de NO₂ au cours des 10 dernières années (en savoir plus : <https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/actualite/projet-damenagement-urbain-grenoblois-quels-impacts-sur-la-qualite-de-lair>)

ANNEXE 6 (1/3)

Les effets de la mise en place « CVCM » sur les particules fines PM_{2,5}

L'étude des effets de la mise en place du nouveau plan de circulation cible essentiellement le dioxyde d'azote (NO₂) car ce polluant est un « traceur » des transports routiers. Toutefois, des analyses ont également été réalisées sur les particules en suspension. Elles sont présentées dans les deux pages suivantes.

Elles montrent des effets analogues à ceux décrits dans le cas du NO₂ mais de moindre amplitude. Cela s'explique par le fait que, contrairement à l'exposition au NO₂ qui est essentiellement liée aux émissions des transports routiers, l'exposition aux particules fines

dans l'agglomération grenobloise n'est pas majoritairement causée par ce secteur (qui ne représente « que » 17% des émissions de PM_{2,5} sur le territoire métropolitain ; le chauffage au bois individuel non performant est le principal secteur émetteur de particules fines). Ainsi, des variations du trafic routier vont généralement avoir des effets plus marqués sur l'exposition au NO₂ que sur l'exposition aux particules fines.

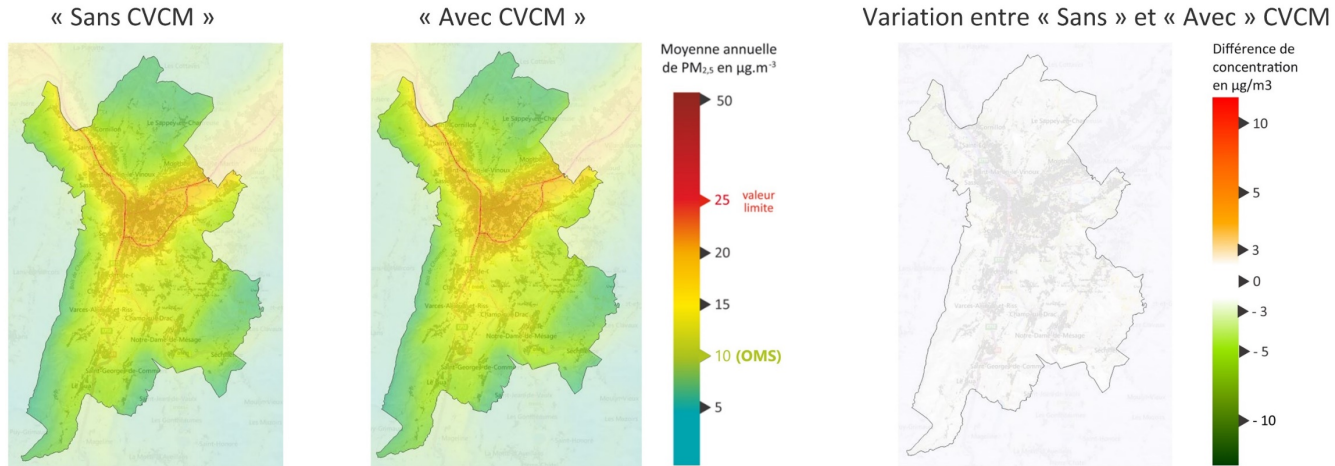
ANNEXE 6 (2/3)

Les effets de la mise en place « CVCM » sur les particules fines PM_{2,5}

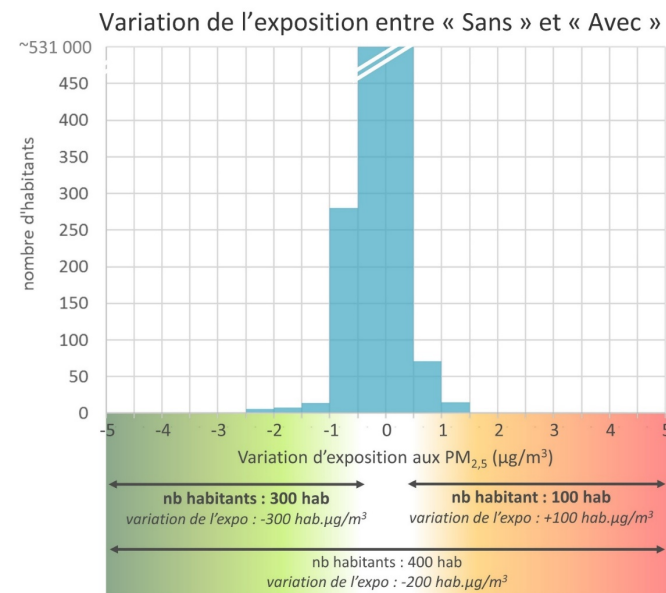
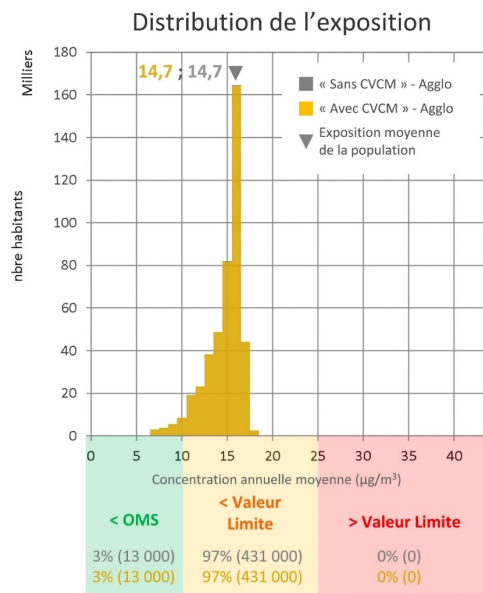
« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Particules fines (PM_{2,5}) – Conc. annuelle moyenne



Cartographie



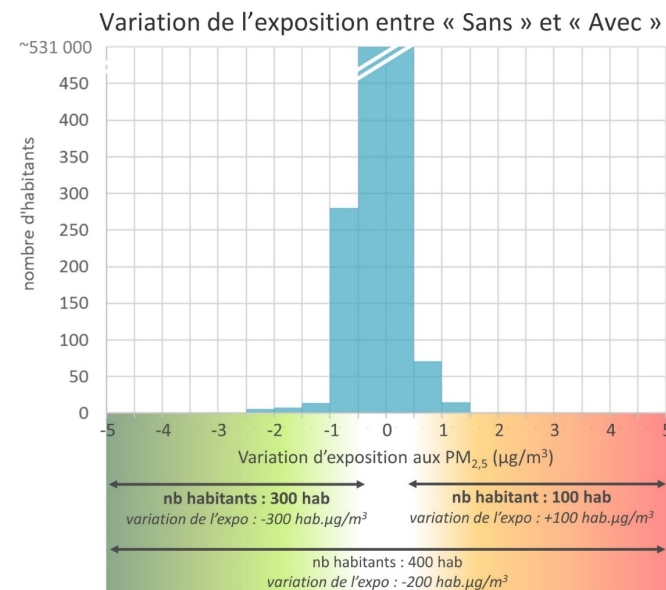
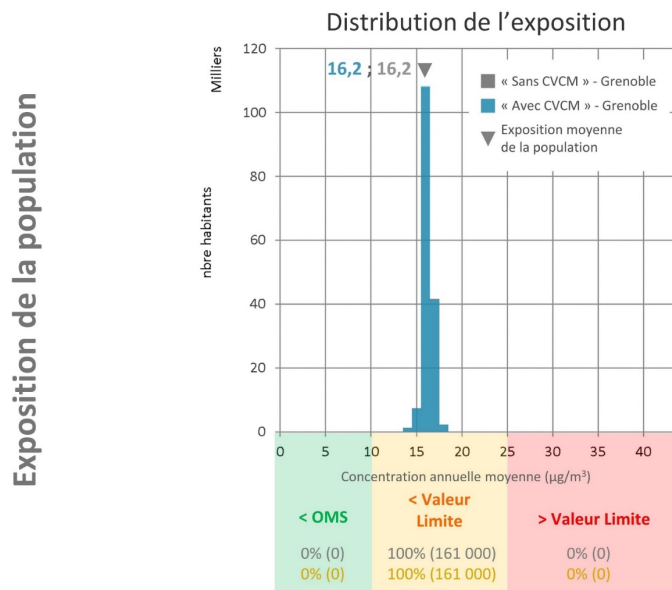
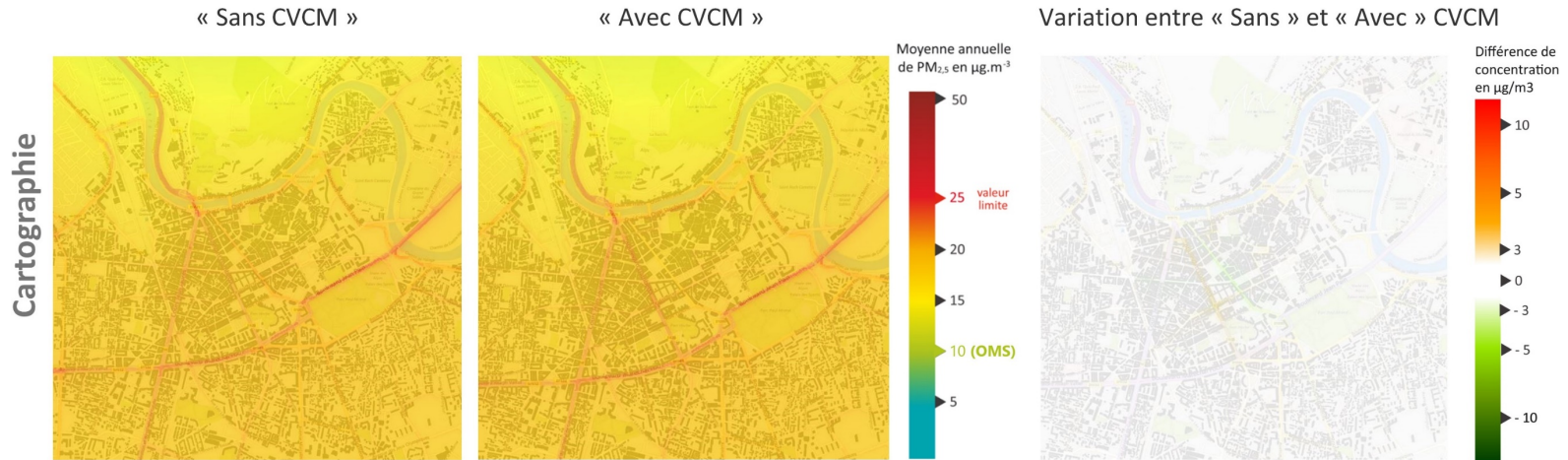
Exposition de la population



ANNEXE 6 (3/3)

Les effets de la mise en place « CVCM » sur les particules fines PM_{2,5}

« Sans CVCM » VS « Avec CVCM » - Particules fines (PM_{2,5}) – Conc. annuelle moyenne





Evaluation des effets de la mise en place du nouveau plan de circulation lié au projet « Cœurs de ville, Cœurs de Métropole » sur la qualité de l'air de l'agglomération grenobloise

Etude conduite par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes de 2016 à 2018