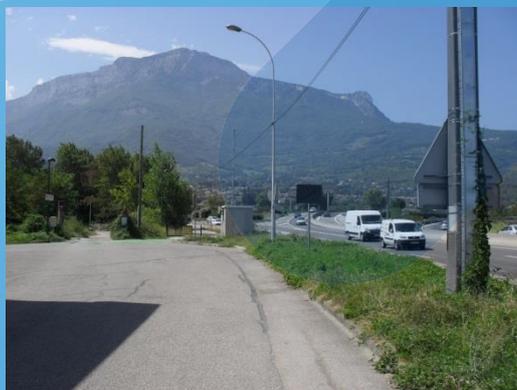




Amélioration du modèle de la région urbaine de Grenoble



www.air-rhonealpes.fr



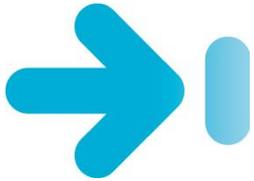
Diffusion : octobre 2014

Siège social : 3 allée des Sorbiers – 69500 BRON

Tel : 09 72 26 48 90 - Fax : 09 72 15 65 64

contact@air-rhonealpes.fr





CONDITIONS DE DIFFUSION

Air Rhône-Alpes est une association de type « *loi 1901* » agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (*décret 98-361 du 6 mai 1998*) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

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

Air Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.air-rhonealpes.fr

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Air Rhône-Alpes.

Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Air Rhône-Alpes (2014) « Amélioration modèle région urbaine de Grenoble »**.

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

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

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Air-Rhône-Alpes :

- depuis le formulaire de contact sur le site www.air-rhonealpes.fr
- par mail : contact@air-rhonealpes.fr
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Un questionnaire de satisfaction est également disponible en ligne à l'adresse suivante <http://www.surveymonkey.com/s/ecrits> pour vous permettre de donner votre avis sur l'ensemble des informations mis à votre disposition par l'observatoire Air Rhône-Alpes.

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière de la DREAL Rhône-Alpes.

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Air Rhône-Alpes.

Sommaire



1. Contexte et objectifs de l'étude	6
1.1. Le Plan de Protection de l'Atmosphère de la région grenobloise	6
1.2. 1.2 Répartition des émissions de NOx et des PM10	6
1.3. Une étude basée sur la modélisation.	7
2. Méthodologie d'élaboration des cartes de qualité de l'air	8
2.1. Chaîne de modélisation par étapes	8
2.1.1. Chimère, le modèle régional	8
2.1.2. Sirane, le modèle fine échelle	8
2.2. Nouveautés techniques	9
2.3. Les conditions de simulation	9
2.3.1. Les données géographiques	10
2.3.2. Les périodes simulées	10
2.3.3. La pollution de fond	11
2.3.4. Les émissions routières	11
2.3.5. Les caractéristiques météorologiques.....	11
3. Les résultats	12
3.1. Validation du modèle	12
3.2. Cartographies NO₂ : moyennes annuelles	14
3.3. Cartographies PM10 : moyennes annuelles et nombre de jours de dépassement	18
3.4. Cartographies d'écart entre l'état de référence et les différents scenarii	25
3.5. Exposition de la population	30
3.5.1. Données d'exposition	30
3.5.2. Impact des Voies rapides Urbaines	32
4. Conclusion	35

Résumé



L'amélioration de la qualité de l'air est un enjeu sanitaire majeur sur la région grenobloise soumise à la pollution atmosphérique par le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines (PM10).

Face à ces enjeux, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) a été révisé et étendu sur une zone plus grande, qui épouse le domaine du Schéma de Cohérence Territoriale de la Région Urbaine de Grenoble. Ce territoire élargi permet un impact renforcé et diversifié des leviers d'actions proposés dans le PPA.

Dans le cadre de cette étude, AIR Rhône-Alpes a mis en œuvre un outil de modélisation plus fin, amélioré techniquement, sur un territoire plus large : celui du PPA révisé.

Cette étude a permis de disposer d'un outil de modélisation perfectionné :

- territoire 7 fois plus grand (modèle développé sur un territoire de 3720 km² au lieu de 541 km² initialement),
- précision à 10 mètres,
- temps de calcul optimisé.

Un état de base a été calculé sur l'année 2010 puis sur deux scénarii (situation tendancielle 2015 et scénario 2015 avec mise en place des actions transport du PPA).

Les résultats issus de la modélisation confirment la baisse observée, année après année, des concentrations de dioxyde d'azote et de particules sur le territoire, baisse plus marquée sur les axes routiers et à leur proximité qu'en situation de fond urbain et péri-urbain où la réduction est plus faible, voire nulle.

Pour le dioxyde d'azote, les cartes montrent des niveaux élevés à proximités des axes routiers majeurs avec des dépassements de la valeur limite en moyenne annuelle, notamment au niveau du centre de l'agglomération grenobloise.

Par rapport à 2010, la diminution tendancielle des émissions permet une amélioration sensible de la qualité de l'air en 2015 : réduction des concentrations jusqu'à 6 % en proximité de trafic routier et 4 % en situation de fond urbain.

La mise en œuvre des actions transport du PPA accentue cette amélioration : réduction complémentaire de 10 % en proximité de trafic routier et de 2 % en situation de fond urbain.

En 2015, 40 % des zones soumises à des dépassements réglementaires pour le NO₂ aurait pour origine le trafic sur les Voies Rapides Urbaines. Celui-ci ne serait plus qu'à l'origine de 23 % des zones soumises en dépassement grâce à la mise en œuvre d'actions PPA dans le secteur des transports.

De ce fait, le nombre de personnes soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite réglementaire devrait significativement diminuer sur le territoire du PPA (- 36 % en 2015 scénario tendanciel et - 66 % en 2015 scénario actions transport du PPA). En 2015, avec la mise en œuvre d'actions PPA dans le secteur des transports, il ne devrait y avoir plus que 2 000 personnes impactées par un dépassement de la valeur réglementaire.

En comparaison des cartographies relatives au NO₂, les cartographies de la moyenne annuelle en PM10 montrent des niveaux de concentrations plus homogènes sur le domaine, et une variabilité spatiale plus limitée. Les niveaux les plus élevés sont tout de même localisés sur les axes routiers majeurs. La valeur limite en moyenne annuelle est respectée sur l'ensemble du territoire.

Par rapport à 2010, l'évolution tendancielle des émissions de PM10 entraîne une amélioration sensible de la qualité de l'air en 2015 en proximité de trafic routier avec une

réduction des concentrations jusqu'à 6 %, mais il n'y a pas d'amélioration en situation de fond urbain.

La mise en œuvre des actions transports du PPA apportent une réduction complémentaire, moins marquée que dans le cas du NO₂, de 3 % en proximité de trafic routier et en situation de fond urbain.

Toujours pour les PM10, les cartes montrent des zones de l'agglomération grenobloise où les niveaux dépassent la valeur limite réglementaire fixée à 35 jours pollués maximum par an.

Par rapport à 2010, les évolutions tendancielle et PPA entraînent une amélioration sensible de la qualité de l'air en 2015.

Le nombre de personnes soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite réglementaire diminuerait également mais dans une moindre mesure que pour le dioxyde d'azote (- 52 % en 2015 scénario tendanciel et - 54 % en 2015 scénarios actions transport du PPA). Il serait d'un peu plus de 9000 personnes en 2015 avec la mise en œuvre d'actions PPA dans le secteur des transports.

Toutefois, ces diminutions des concentrations et du nombre de personnes exposées ne doivent pas occulter le fait que des dépassements devraient encore être constatés à l'échéance 2015 sur certaines stations de mesure de la qualité de l'air en proximité de trafic routier. Il est intéressant également de préciser, qu'en fonction des conditions météorologiques, des épisodes de pollutions peuvent dégrader sensiblement la qualité de l'air. Sur la base de cette étude (voir partie 3.5), plus de 40 000 personnes sont soumises à plus de 30 jours de dépassement du seuil de PM10. Pour une année avec des conditions météorologiques très défavorables, le nombre de personnes soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite réglementaire pourrait ainsi passer de 9 000 à plus de 50 000.

En plus des actions dans le secteur des transports qui ont été prises en compte dans cette étude, le PPA prévoit aussi des actions dans les secteurs résidentiel (notamment chauffage individuel au bois) et industriel, indispensables pour résorber les problèmes de qualité de l'air.

Pour les zones habitées qui resteraient à des niveaux trop élevés, le PPA propose, en complément, des actions visant à maîtriser le développement de l'urbanisme et à traiter les points noirs de qualité de l'air.

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Le Plan de Protection de l'Atmosphère de la région grenobloise

L'amélioration de la qualité de l'air est un enjeu sanitaire majeur sur la région grenobloise soumise à la pollution atmosphérique par le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules fines (PM10).

Face à ces enjeux et pour répondre à des objectifs importants en termes de concentrations et d'émissions en polluants, ainsi que d'exposition de la population, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) a été révisé et approuvé en février 2014 par le Préfet de l'Isère.

Le périmètre du PPA a été étendu à une zone plus grande, en meilleure cohérence avec les actions à déployer. Ciblé sur l'agglomération grenobloise dans le premier PPA, le périmètre du second PPA a épousé celui du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de la Région Urbaine de Grenoble. En effet, plus le territoire est étendu, plus les leviers d'actions sont renforcés et plus ils sont diversifiés.

Le PPA propose 22 actions qui visent les trois grands secteurs émetteurs (les transports, le résidentiel et l'industrie) et également l'urbanisme.

En fonction des polluants visés, les leviers d'actions sont différents.

1.2. 1.2 Répartition des émissions de NOx et des PM10

Les émissions des oxydes d'azote sont très majoritairement issues du secteur des transports (65 %), puis dans une moindre mesure de l'industrie (19 %) et de façon plus marginale du résidentiel (7 %).

A noter que le transport routier représente plus de 99 % des émissions du transport. Des actions fortes sur les transports routiers sont prises dans le PPA et devraient permettre une réduction de 98 % des émissions de dioxyde d'azote.

Emissions NOx - SCoT RUGrenoble

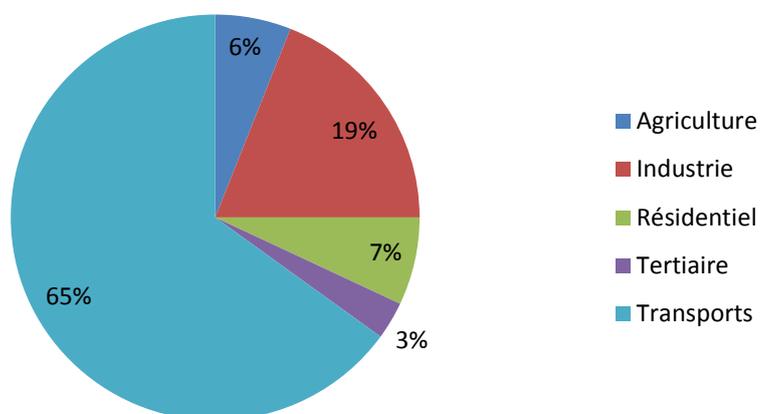


FIGURE 1 : REPARTITION SECTORIELLE DES EMISSIONS EN NOx SUR LE SCOT GRENOBLOIS EN 2010

Le territoire du PPA grenoblois étant suffisamment étendu et diversifié, les émissions de particules proviennent des 3 principaux secteurs d'activité : le résidentiel (le chauffage au bois étant responsable de 97 % des émissions de ce secteur), les transports et l'industrie.

Les mesures proposées dans le PPA portent sur les secteurs du résidentiel (en particulier le chauffage au bois individuel), des transports et de l'industrie.

Emissions PM10 - SCoT RUGrenoble

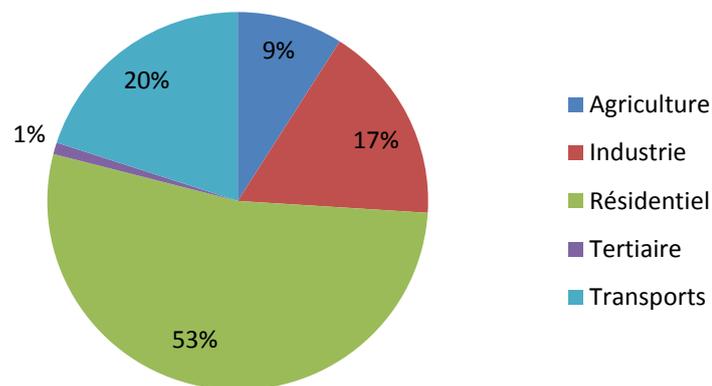


FIGURE 2 : REPARTITION SECTORIELLE DES EMISSIONS EN PM10 SUR LE SCoT GRENOBLOIS EN 2010

1.3. Une étude basée sur la modélisation.

Dans le cadre du PPA de Grenoble, les outils prospectifs mis en place par Air Rhône-Alpes permettent une évaluation de l'exposition de la population à l'aide d'un modèle fine échelle appelée SIRANE.

Le périmètre de ce modèle est limité à l'agglomération grenobloise, alors que le territoire du PPA s'étend actuellement sur la région urbaine de Grenoble (SCoT).

L'objectif de cette étude est :

- d'étendre le modèle fin à la zone couverte par le PPA de la région grenobloise, puis de l'utiliser pour calculer un état de base de la pollution pour une année de validation (2010) et pour 2 scénarii : situation tendancielle 2015 et scénario 2015 avec mise en place des actions transport du PPA,
- et finalement d'évaluer l'exposition de la population aux dépassements des valeurs limites.

Cette étude profite d'améliorations techniques apportées aux modèles qui permettent de faire ces extensions géographiques en ayant un niveau identique de résultats sur des zones plus grandes.

2. Méthodologie d'élaboration des cartes de qualité de l'air

2.1. Chaîne de modélisation par étapes

2.1.1. Chimère, le modèle régional

Les cartographies des polluants atmosphériques produites par Air Rhône-Alpes sont issues d'une chaîne de modélisation combinant les résultats de modèles à l'échelle de la région et ceux à l'échelle de la rue (anciennement appelé CARTOPROX).

La plateforme à l'échelle régionale intègre le modèle météorologique WRF (National Center for Atmospheric Research) et le modèle de transport et de chimie CHIMERE développé par l'IPSL (Institut Pierre-Simon Laplace), en collaboration avec l'INERIS. L'évolution des polluants atmosphériques dans la masse d'air est calculée à partir d'équations décrivant les processus physiques et réactions chimiques en jeu¹. Un traitement statistique se basant sur les mesures des sites fixes du réseau Air Rhône-Alpes est alors appliqué en fin de calcul pour créer la carte régionale (Figure 3).

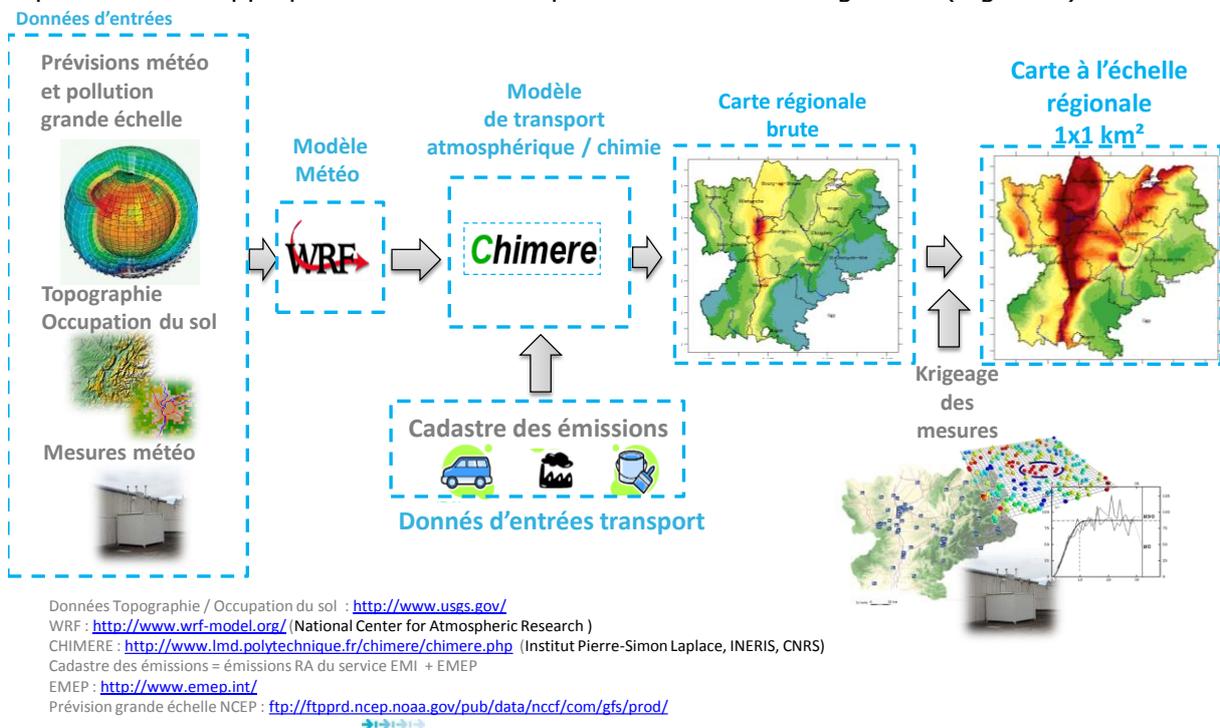


FIGURE 3 : CHAÎNE DE MODELISATION REGIONALE

2.1.2. Sirane, le modèle fine échelle

Dans un second temps, le modèle de dispersion à fine échelle SIRANE est mis en œuvre pour les principales agglomérations et à proximité des routes importantes de la région. La cartographie des polluants à fine échelle est alors calculée en combinant ces résultats avec la carte à l'échelle régionale (Figure 4).

¹ décrits dans plusieurs publications, listées à cette adresse : <http://www.lmd.polytechnique.fr/chimere>.

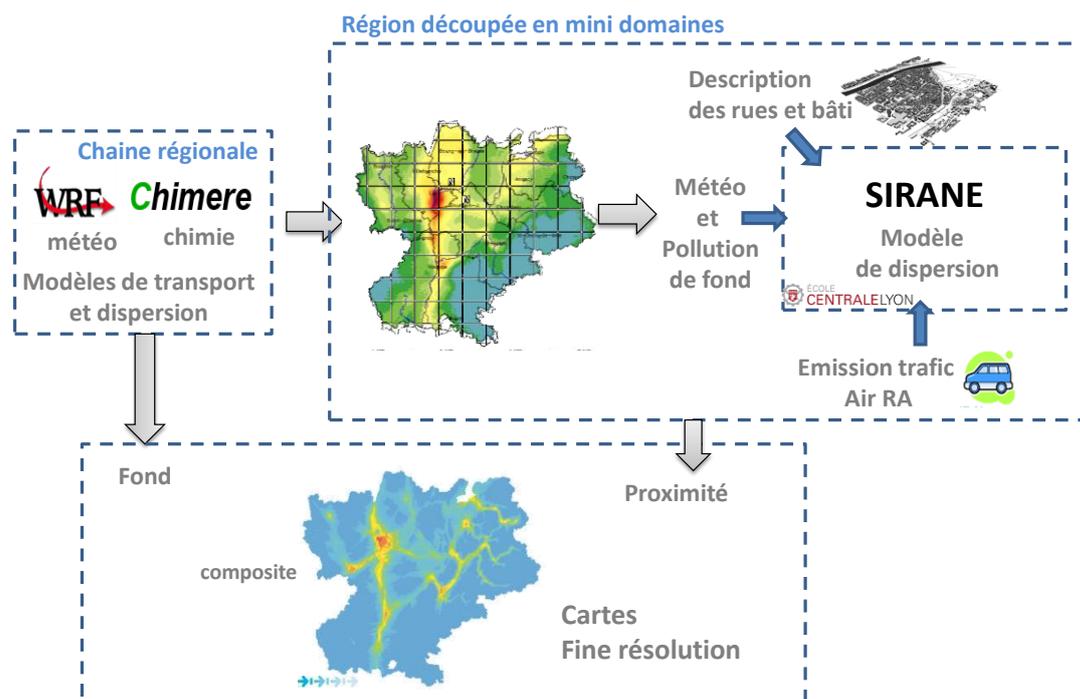


FIGURE 4 : CHAINE DE MODELISATION FINE ECHELLE

2.2. Nouveautés techniques

Cette étude a été l'occasion d'externaliser la partie de calcul à fine échelle sur les serveurs de calcul de haute performance du CRIHAN (www.crihan.fr). Ce portage a permis de réaliser des simulations pour des domaines plus étendus dans des temps et des coûts raisonnables.

Ainsi, comme cela sera décrit dans les paragraphes suivants, les domaines de la Région Urbaine de Grenoble (RUGrenoble) ont été modélisés à fine échelle avec des temps de calculs des outils informatiques qui sont passés de 3 semaines à 4/5 jours.

2.3. Les conditions de simulation

Pour fonctionner, les données d'entrée du modèle varient selon l'échelle de simulation. Elles peuvent être regroupées selon les types suivants :

- géographiques pour décrire le domaine modélisé :
 - à l'échelle régionale, il s'agit de la topographie et du relief ;
 - pour la fine échelle il s'agit de la description du réseau de rues, des intersections, des bâtiments ;
- météorologique (vent, température, humidité, nébulosité, pression) de la période étudiée ;
- émissions :
 - à l'échelle régionale : description des émissions liées au chauffage, aux industries, à l'agriculture, ...
 - pour la fine échelle : émissions liées au trafic routier (dans la zone étudiée) issues du cadastre des émissions et variables suivant les scénarii ;
- pollution de fond (uniquement pour la fine échelle) représentant les émissions provenant du trafic à l'extérieur de la zone étudiée et les autres sources de pollution complémentaires au trafic routier.

2.3.1. Les données géographiques

Le domaine étudié est celui du SCoT de la région urbaine grenobloise qui couvre 273 communes pour plus de 700 000 habitants. Ce territoire regroupe 7 secteurs que sont l'agglomération grenobloise, le Voironnais, la Bièvre Valloire, le Grésivaudan, le Sud Grenoblois, le Trièves et le Sud Grésivaudan. Les résultats de la partie 3 du rapport seront présentés au niveau du SCoT et aussi pour l'agglomération de Grenoble (agglomération au sens INSEE qui compte 49 communes pour 440 000 habitants).

Ce territoire dispose d'axes routiers importants qui suivent les vallées pour rejoindre le centre de Grenoble : A48 en direction de Lyon, A41 en direction de Chambéry et A51 en direction du Sud. Les routes départementales suivent également ces mêmes axes avec respectivement la D1085, D1090 et la D1075.

L'agglomération grenobloise possède également une rocade sur les axes A480 et N87.

Le réseau de rues actuel utilisé (présenté Figure 5) comporte 21 382 brins². Les stations du réseau fixe de mesures d'Air Rhône-Alpes utilisés pour la validation du modèle sont représentés par une étoile rouge.

Les entrées/sorties des parties souterraines des infrastructures ont été traitées comme des sources ponctuelles d'émission.

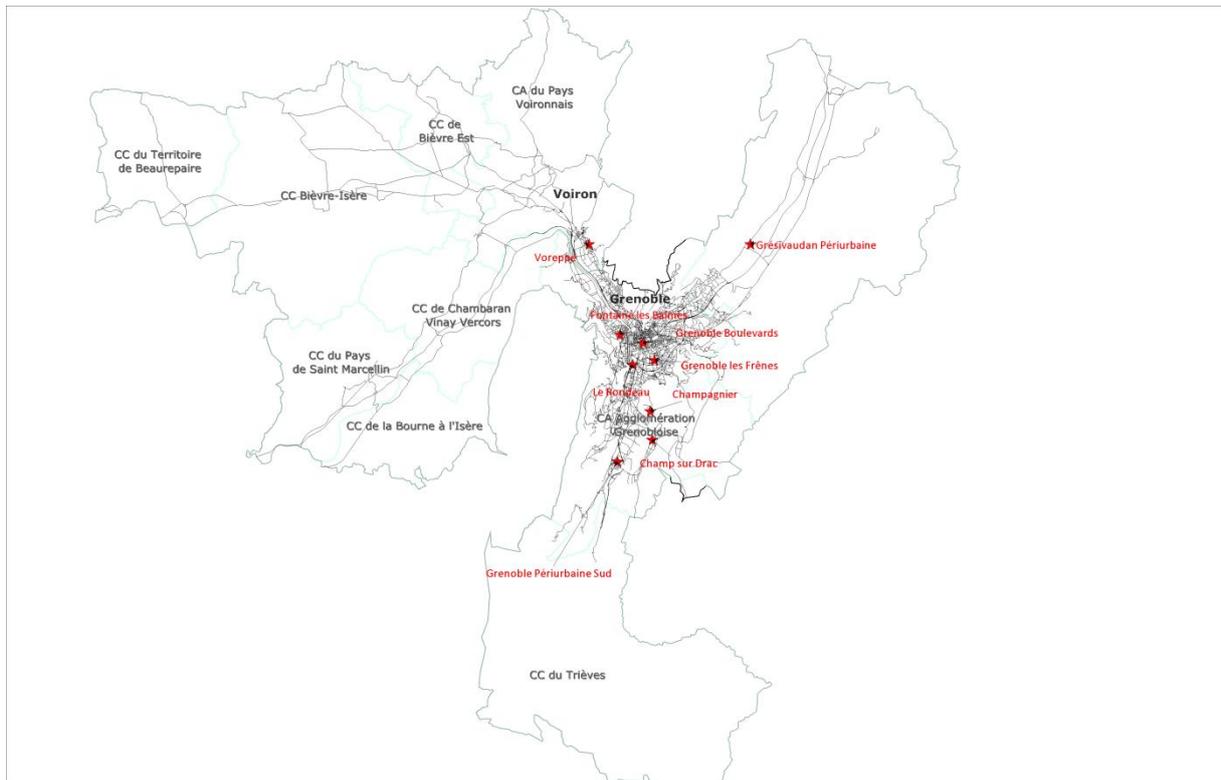


FIGURE 5 : RESEAUX DE RUES UTILISES

2.3.2. Les périodes simulées

Les simulations ont été faites sur les années 2010 (état de référence), 2015 scénario tendanciel et 2015 scénario actions PPA.

² Un brin est la plus petite section de route homogène en terme de conditions de trafic.

L'année de référence choisie est 2010, car elle permet de caractériser un état plus récent de qualité de l'air, que celui du PPA réalisé sur l'année 2007, année qui a d'ailleurs fait l'objet d'une météorologie particulièrement défavorable, notamment au niveau des conditions de dispersion.

Le choix a été fait ici de se placer dans des conditions moyennes de météorologie.

Le scénario tendanciel est un scénario « au fil de l'eau » qui prend notamment en compte les évolutions du parc automobile à l'horizon 2015.

Les performances du parc de véhicules s'améliorent progressivement grâce à l'application de la norme Euro portant sur les émissions des véhicules neufs. Le PPA indique qu'à trafic constant, le renouvellement tendanciel du parc roulant conduirait entre 2007 et 2015 à une diminution des émissions des transports de 34% des PM10 et 37 % des NOx.

Le scénario actions PPA correspond à une situation future résultant de la mise en œuvre des actions du secteur transport prévues dans le cadre du PPA révisé de la région grenobloise.

En effet, sur 22 actions développées dans le PPA, 5 concernent directement les transports :

- diminuer les émissions polluantes induites par le trafic routier sur le périmètre du PPA par la mise en œuvre de politiques de transport de personnes et de marchandises cohérentes et intégrées à l'échelle du SCoT (action 14),
- réguler le flux de véhicules dans les zones particulièrement affectées par la pollution atmosphérique, notamment à l'intérieur du « centre étendu » et sur les « VRU » (voies rapides urbaines) de l'agglomération grenobloise, afin de réduire les émissions polluantes dues à la circulation automobile (action 15),
- exploiter et aménager les VRU et autoroutes de l'agglomération grenobloise afin de fluidifier le trafic routier (action 16),
- encourager l'adhésion à la charte CO₂ et l'étendre aux polluants atmosphériques PM10 et NOx (action 17),
- inciter fortement la mise en place des plans de déplacement d'Entreprises, inter-entreprises ou d'Administration (action 18).

2.3.3. La pollution de fond

La pollution de fond est représentative des émissions provenant du trafic à l'extérieur de la zone et d'autres sources de pollution complémentaires au trafic routier (chauffage, industrie, agriculture, ...). Les résultats de mesures de la station du réseau fixe d'Air Rhône-Alpes des Frênes (moins influencée par le trafic automobile) ont été utilisés.

2.3.4. Les émissions routières

Les émissions issues du trafic routier ont été projetées sur chaque brin de rue. Elles décrivent les situations en 2010 et 2015 selon les différents scénarii.

Les émissions des tunnels ont été représentées sous la forme de sources ponctuelles d'émission placées géographiquement aux entrées/sorties de ces tunnels.

Les simulations à l'horizon 2015 ont été réalisées à météorologie et pollution de fond identiques entre les scénarii (correspondant aux mesures de l'année 2010), seules les émissions de polluants dues au trafic routier varient entre l'état de référence et les autres scénarii.

2.3.5. Les caractéristiques météorologiques

L'année 2010 a été choisie pour cette étude. Les données de température, humidité, nébulosité, et vent ont alimenté les simulations.

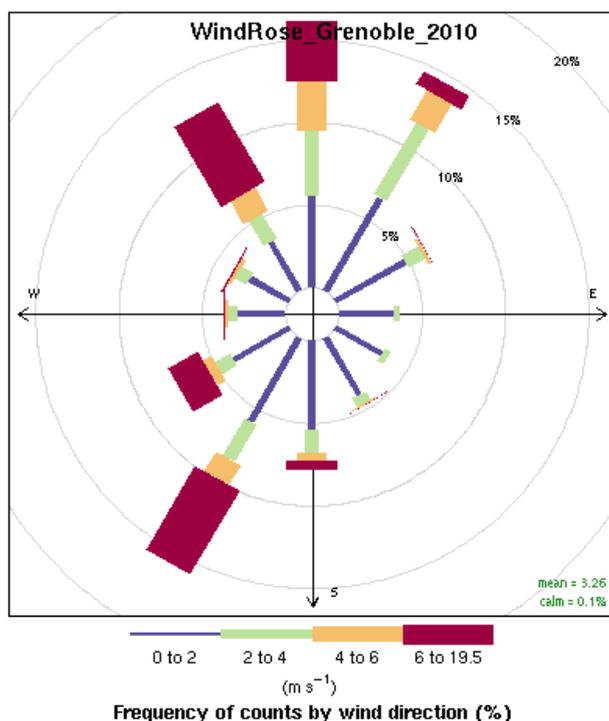


FIGURE 6 : ROSE DES VENTS DE LA ZONE ETUDIEE

Les vents dominants sur la zone d'étude proviennent du sud-ouest, du nord-ouest et du nord et sont majoritairement assez soutenus (plus de 4 m/s).

A noter que pour comparer les scénarii entre eux, l'ensemble des données d'entrée du modèle météorologiques et de pollution de fond sont fixes.

3. Les résultats

Des cartographies ont été créées pour caractériser les résultats des différents scénarii (2010, 2015 tendanciel et 2015 actions PPA). Il s'agit de cartes :

- de concentrations moyennes annuelles (NO₂ et PM10) ;
- du nombre de jours au cours desquels la moyenne journalière de PM10 est supérieure à 50 µg/m³ (valeur limite réglementaire à ne pas dépasser plus de 35 fois par an) ;
- des écarts de moyennes annuelles entre le scénario tendanciel et l'état de référence ;
- des écarts de moyennes annuelles entre le scénario actions PPA et l'état de référence ;
- des écarts de moyennes annuelles entre le scénario tendanciel et le scénario actions PPA.

Les analyses des écarts entre les scénarii sont présentées dans le paragraphe 3.4.

3.1. Validation du modèle

La législation européenne impose des objectifs de qualité des données modélisées en termes d'incertitudes (directive 2008/50/CE). L'incertitude maximale tolérée est de 30 % sur la moyenne annuelle en NO₂ et de 50 % sur la moyenne annuelle en PM10.

Une comparaison a donc été faite entre la valeur mesurée en 2010 et la valeur modélisée pour 2010.

Les typologies des stations ont été précisées : proximité industrielle (I), proximité trafic (T), périurbaine (PU), urbaine (U).

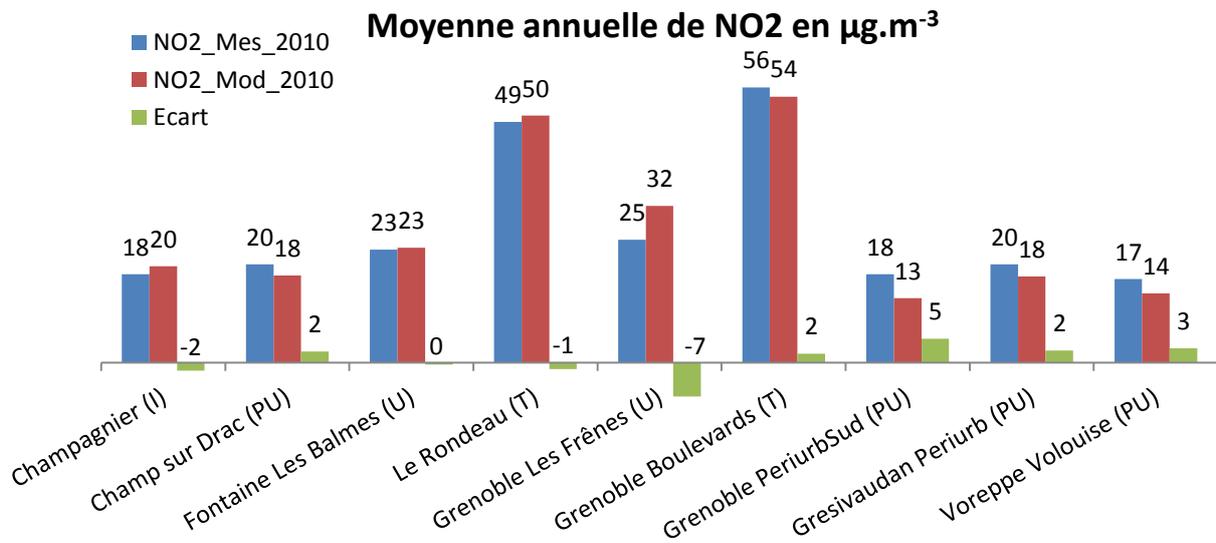


FIGURE 7 : COMPARAISON VALEUR MESUREE / MODELISEE AUX STATIONS POUR LE NO₂ EN 2010

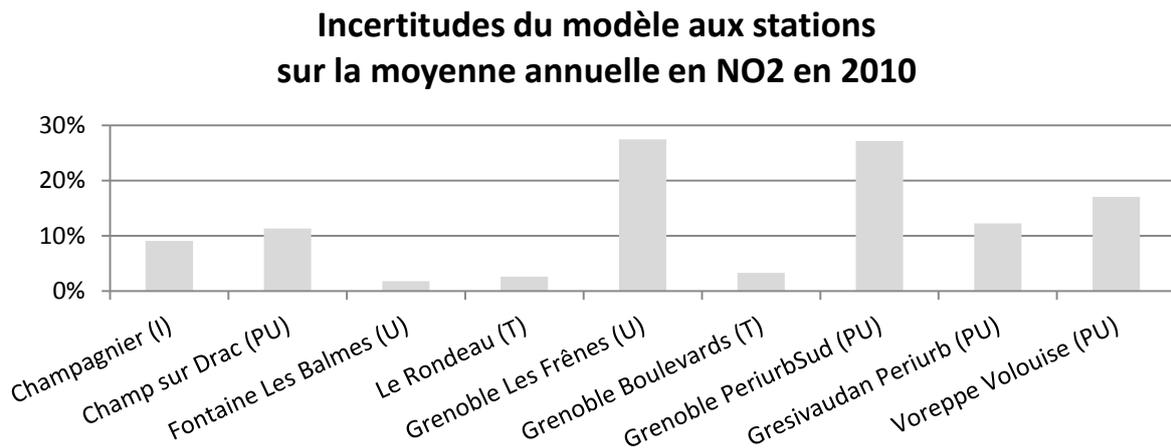


FIGURE 8 : INCERTITUDES DU MODELE AUX STATIONS POUR LE NO₂ EN 2010

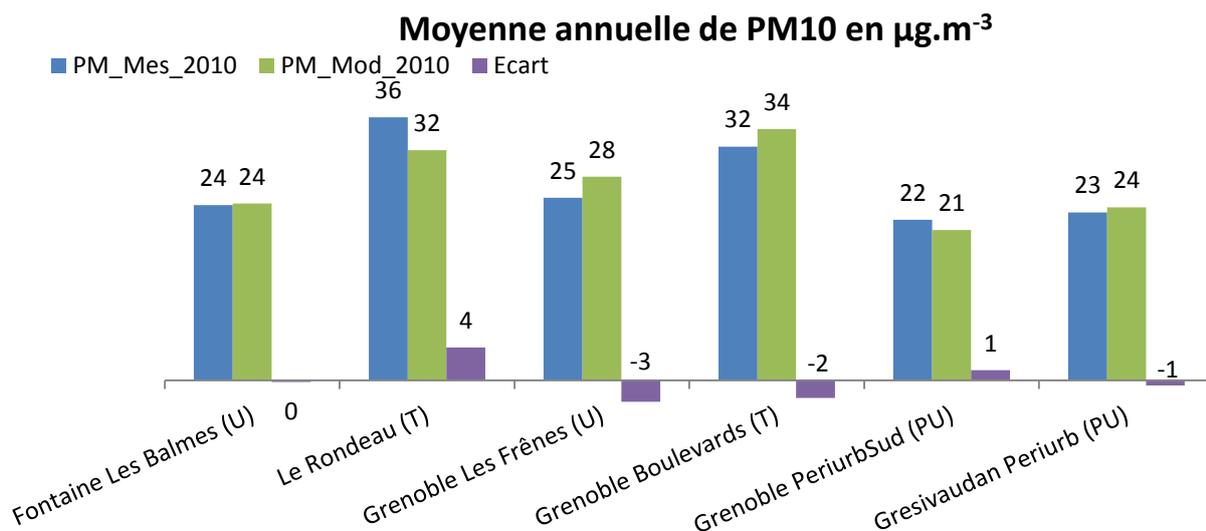


FIGURE 9 : COMPARAISON VALEUR MESUREE / MODELISEE AUX STATIONS POUR LES PM10 EN 2010

Incertitudes du modèle aux stations sur la moyenne annuelle en PM10 en 2010

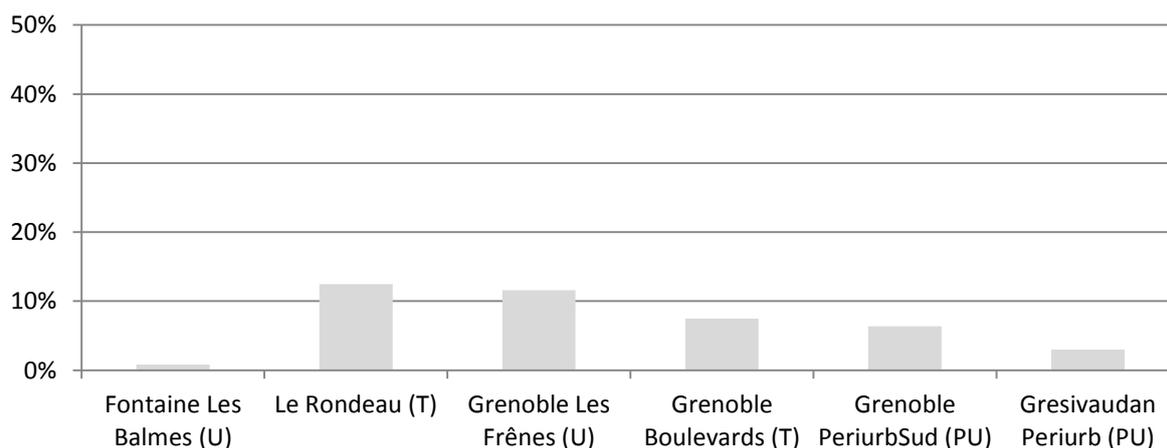


FIGURE 10 : INCERTITUDES DU MODELE AUX STATIONS POUR LES PM10 EN 2010

Le modèle respecte la directive européenne sur toutes les stations présentes sur le domaine étudié, puisque l'incertitude n'excède pas 30 % pour la moyenne annuelle en NO_2 et 50 % pour la moyenne annuelle en PM10.

3.2. Cartographies NO_2 : moyennes annuelles

Les cartes ci-dessous représentent les moyennes annuelles en NO_2 de l'état de référence 2010, du scénario tendanciel 2015 et du scénario actions PPA 2015.

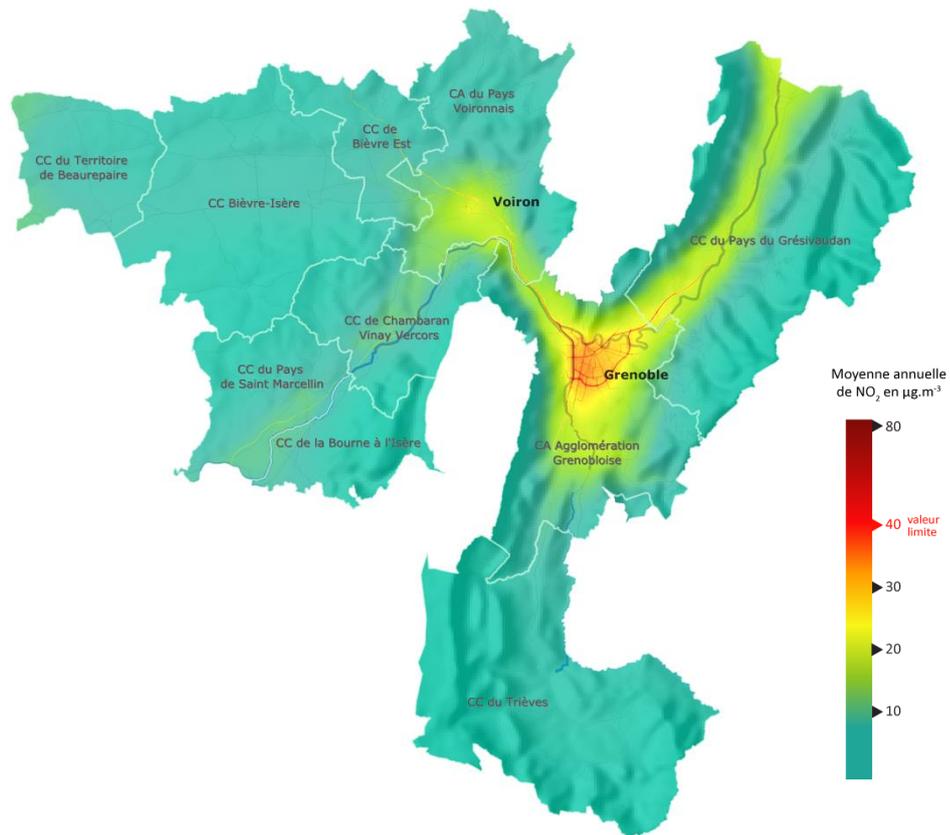


FIGURE 15 : MOYENNE ANNUELLE EN NO₂ EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA

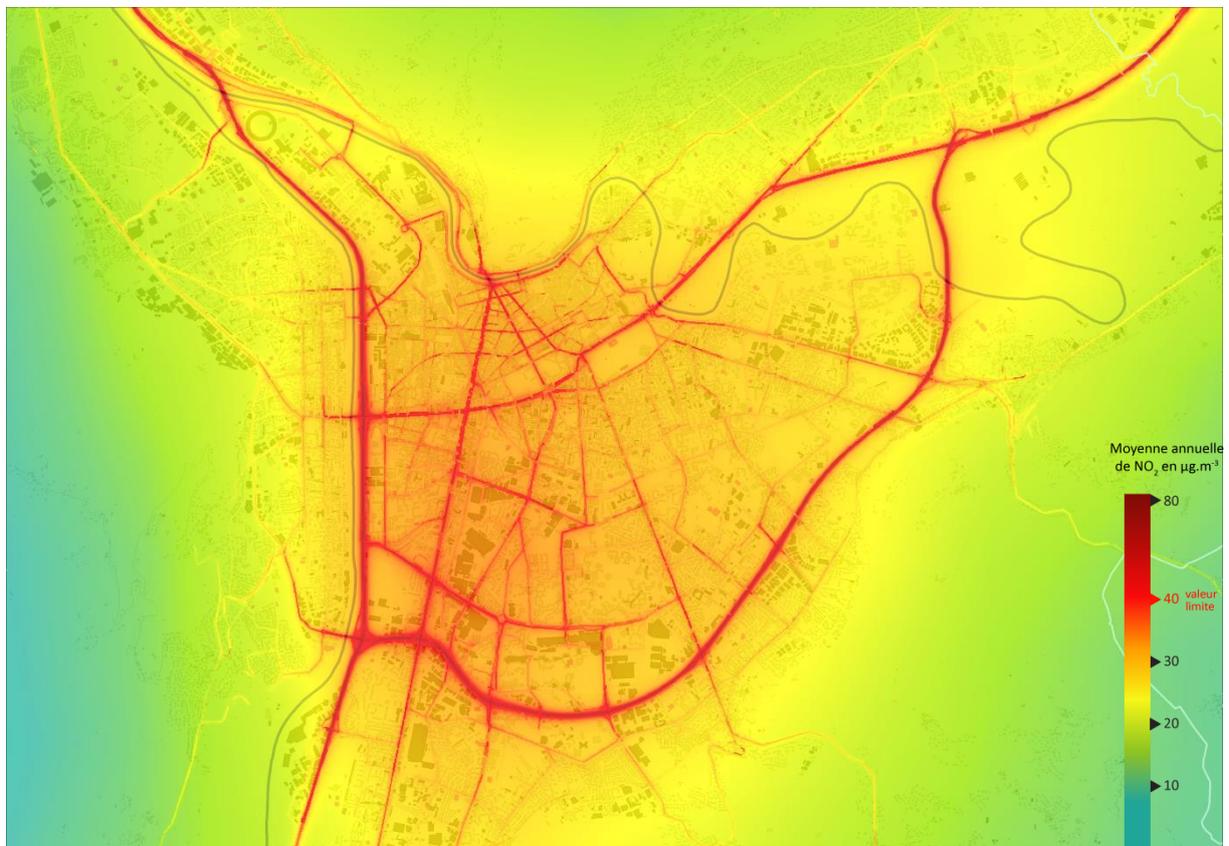


FIGURE 16 : MOYENNE ANNUELLE EN NO₂ EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE

Les niveaux les plus élevés en NO₂ sont localisés au niveau des axes routiers majeurs tels que les autoroutes ou encore la rocade sud de Grenoble. Cela s'explique par le fait que les émissions de NO₂ sont majoritairement réalisées par le secteur des transports.

Pour l'agglomération de Grenoble, la cartographie montre que les dépassements de la valeur limite sont essentiellement le long des principaux axes routiers et dans le centre ville.

A l'inverse les concentrations annuelles les plus faibles s'observent dans des zones moins urbanisées et qui ne sont pas traversées par des routes avec un trafic important.

Par rapport à 2010, la diminution tendancielle des émissions de NO_x permet une amélioration sensible de la qualité de l'air en 2015. La mise en œuvre des actions transport du PPA accentue cette amélioration.

3.3. Cartographies PM₁₀ : moyennes annuelles et nombre de jours de dépassement

Les cartes ci-dessous représentent les moyennes annuelles en PM₁₀ de l'état de référence 2010, du scénario tendanciel 2015 et du scénario actions PPA 2015, ainsi que le nombre de jours de dépassement.

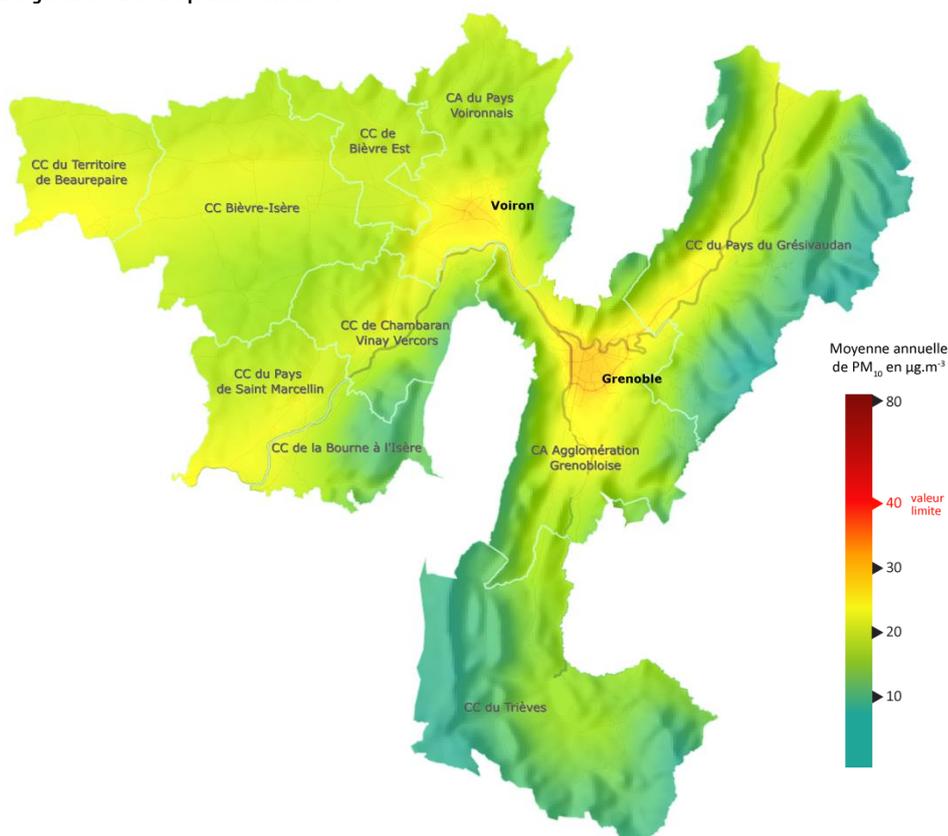


FIGURE 17 : MOYENNE ANNUELLE EN PM₁₀ EN 2010

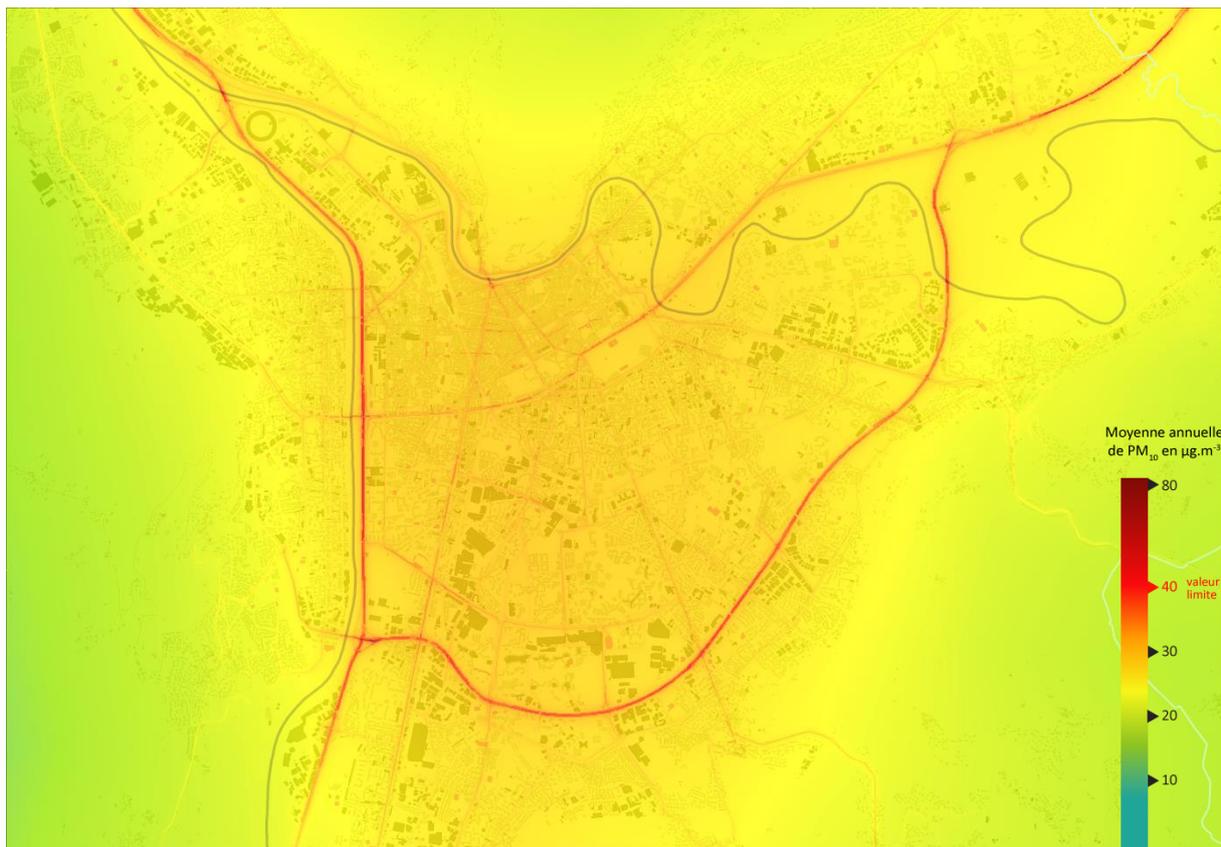


FIGURE 18 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2010 - ZOOM GRENOBLE

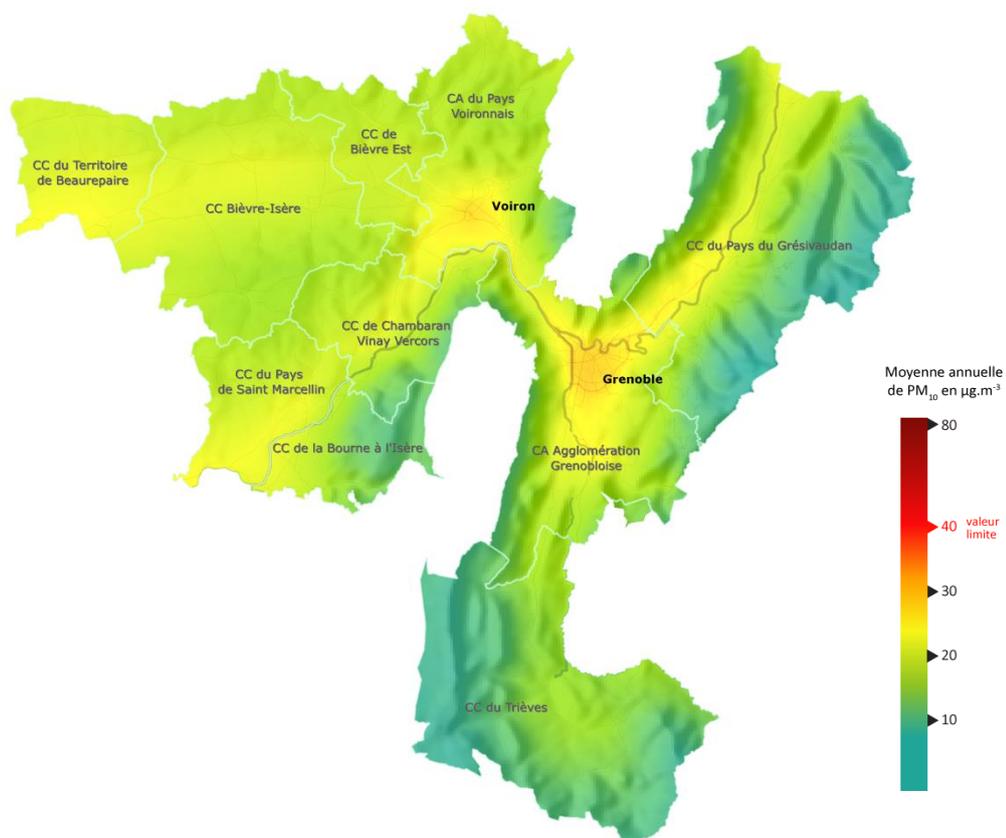


FIGURE 19 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL

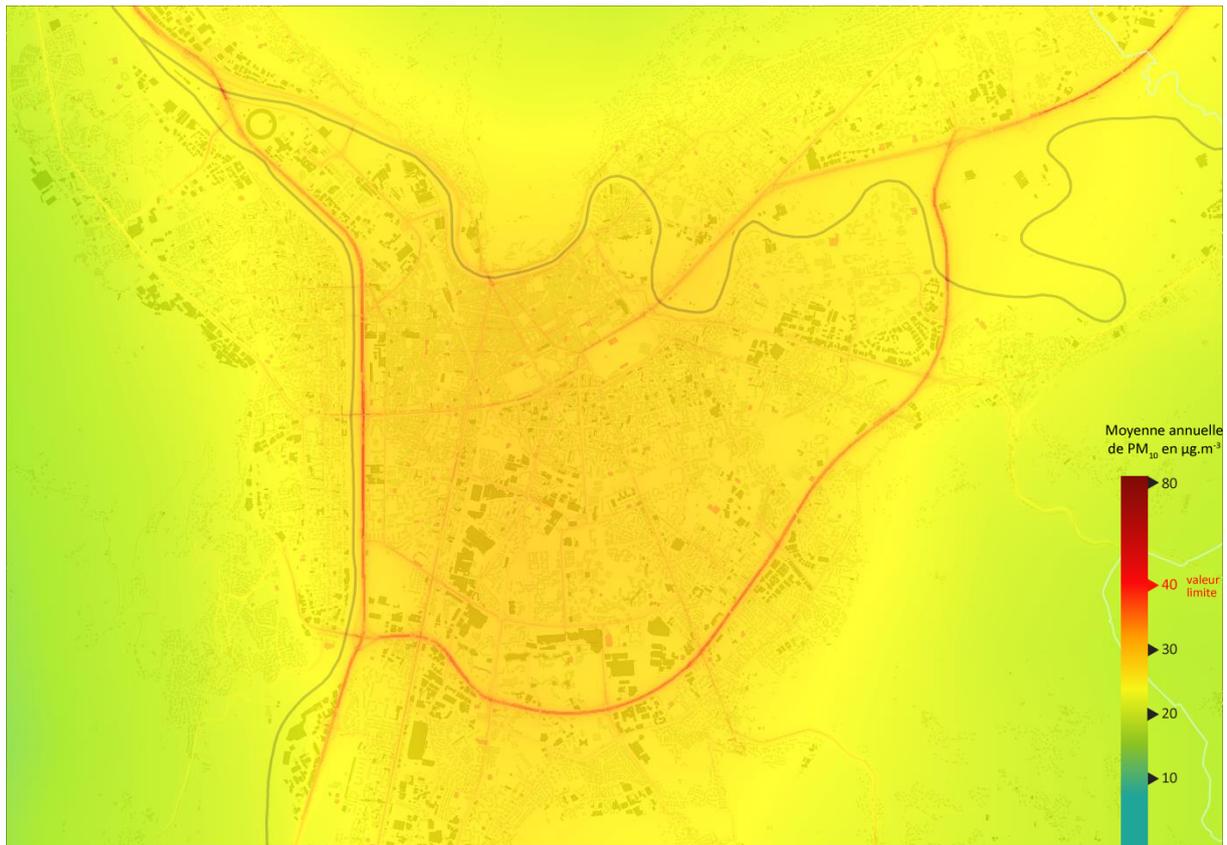


FIGURE 20 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE

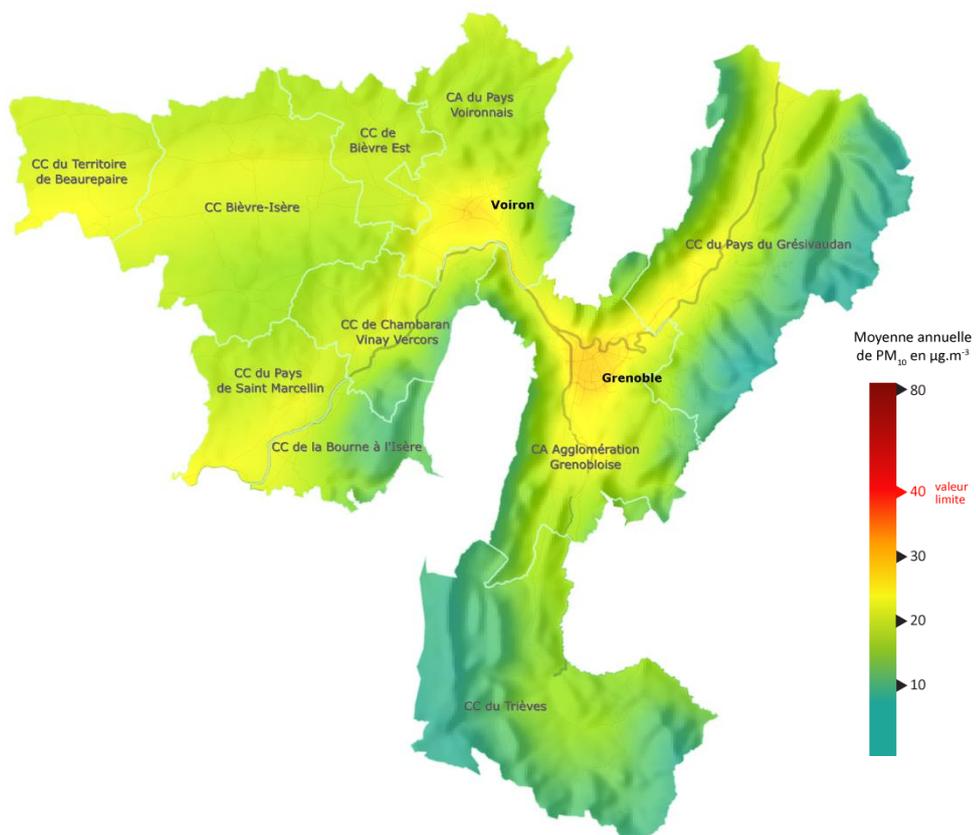


FIGURE 21 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA

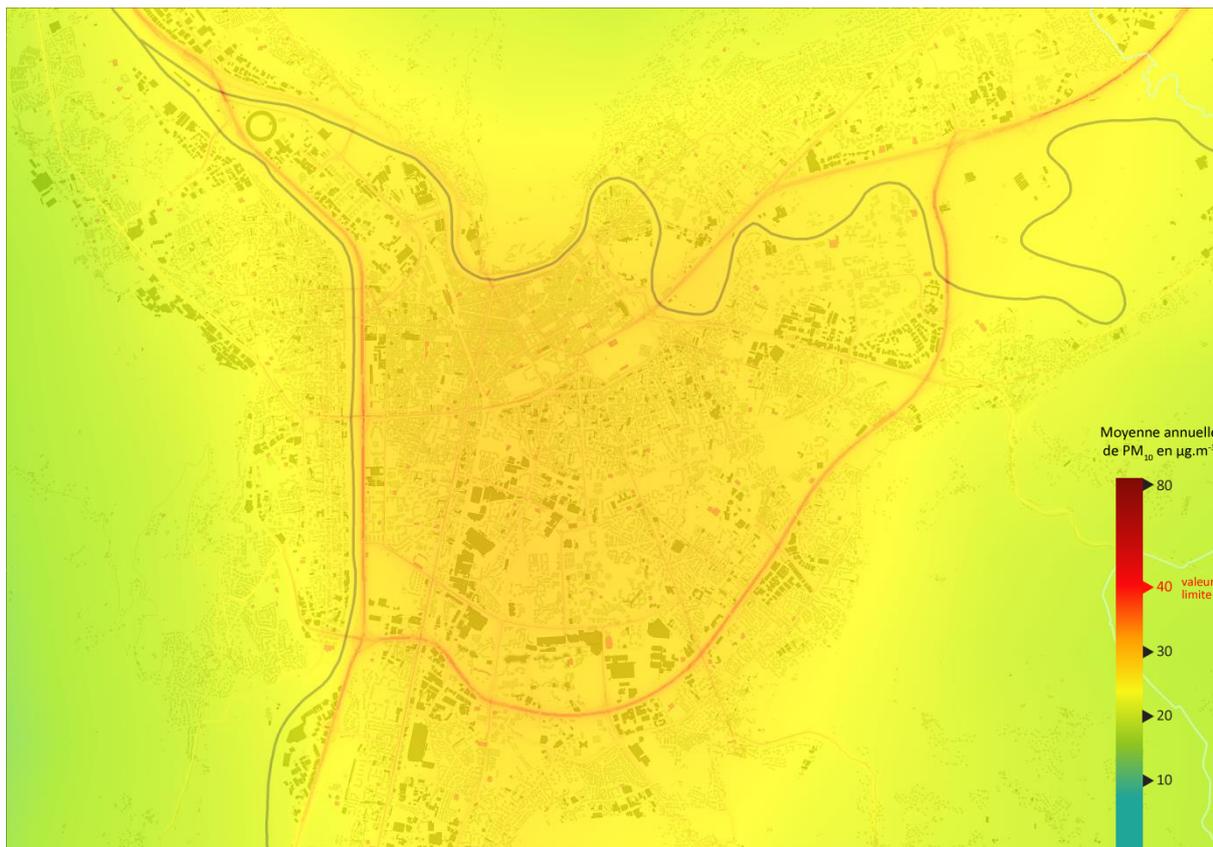


FIGURE 22 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE

En comparaison des cartographies relatives au NO₂, les cartographies de la moyenne annuelle en PM10 montrent des niveaux de concentrations plus homogènes sur le domaine, et une variabilité spatiale plus limitée. Les niveaux les plus élevés sont localisés également sur les axes routiers majeurs.

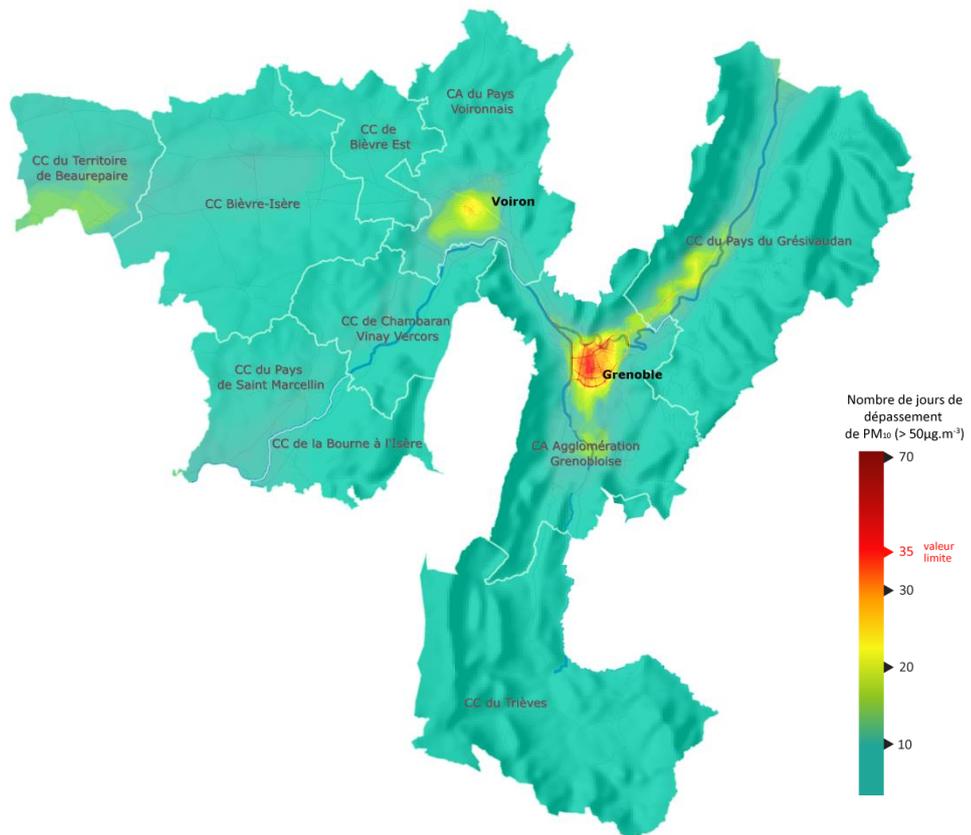


FIGURE 27 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA

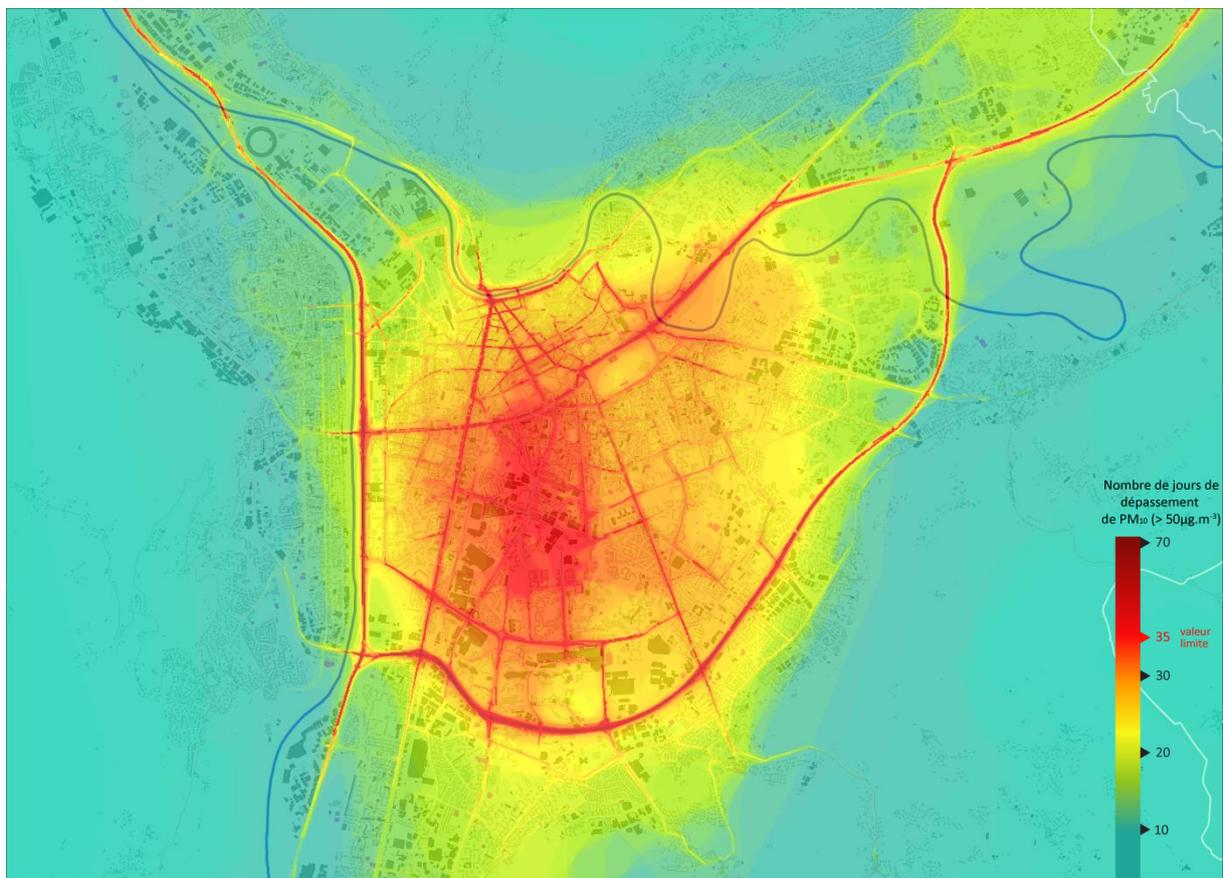


FIGURE 28 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE

Concernant le nombre de jours de dépassement, les zones les plus impactées sont ciblées sur les communautés d'agglomération de Grenoble et de Voiron.

Le zoom sur l'agglomération grenobloise montre des niveaux plus élevés à proximité des principaux axes routiers et dans le centre-ville. Cependant, les territoires périurbains présentent des émissions notables en raison de l'utilisation du chauffage au bois.

Des dépassements de la valeur limite (qui est de 35 jours par an) sont observés sur le territoire grenoblois.

Par rapport à 2010, l'évolution tendancielle des émissions de PM₁₀ entraîne une amélioration sensible de la qualité de l'air en 2015. La mise en œuvre des actions transports du PPA accentue cette amélioration qui est moins marquée que dans le cas du NO₂.

3.4. Cartographies d'écart entre l'état de référence et les différents scenarii

Les cartes d'écart des moyennes annuelles en NO₂ et en PM₁₀ entre les scenarii et l'état de référence ont été élaborées et sont présentées ci-après. Elles permettent une visualisation plus aisée des différences entre les cartes.

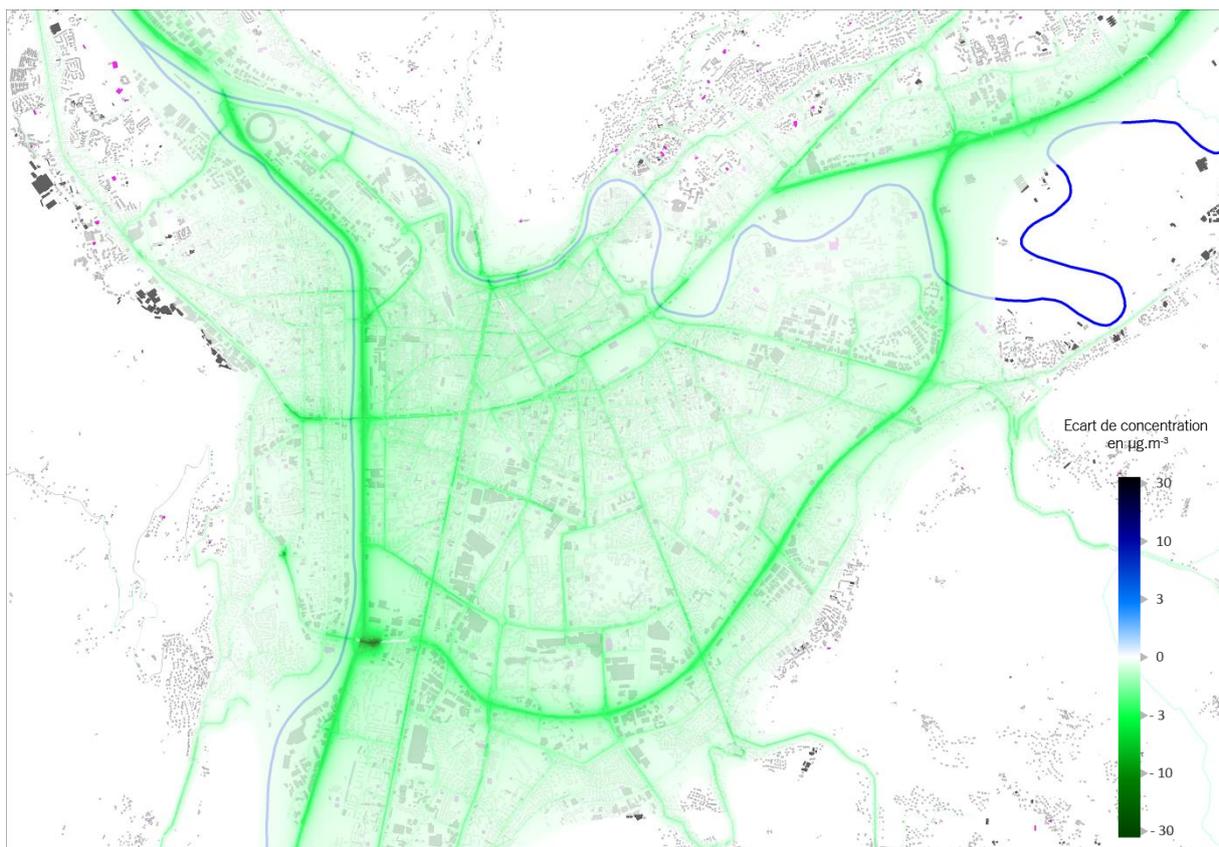


FIGURE 29 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN NO₂ ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE



FIGURE 32 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN PM10 ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE

D'un point de vue général, les concentrations diminuent en 2015 que ce soit sur le scénario tendanciel ou sur le scénario actions PPA. Ces diminutions sont principalement localisées sur les axes routiers et à proximité, les plus fortes étant observées sur les autoroutes et la rocade sud de Grenoble.

Ces diminutions sont nettement plus marquées pour le dioxyde d'azote que pour les particules fines. Ces observations sont corrélées aux sources d'émissions de ces polluants. En effet le NO₂ est principalement émis par le trafic routier, alors que les sources d'émissions sont plus diverses pour les PM10.

Les diminutions des concentrations sont également plus importantes pour le scénario actions PPA que pour le scénario tendanciel.

Les figures suivantes montrent les résultats modélisés en 2010 et 2015 (scénario tendanciel et scénario actions PPA) aux stations présentes sur le domaine étudié.

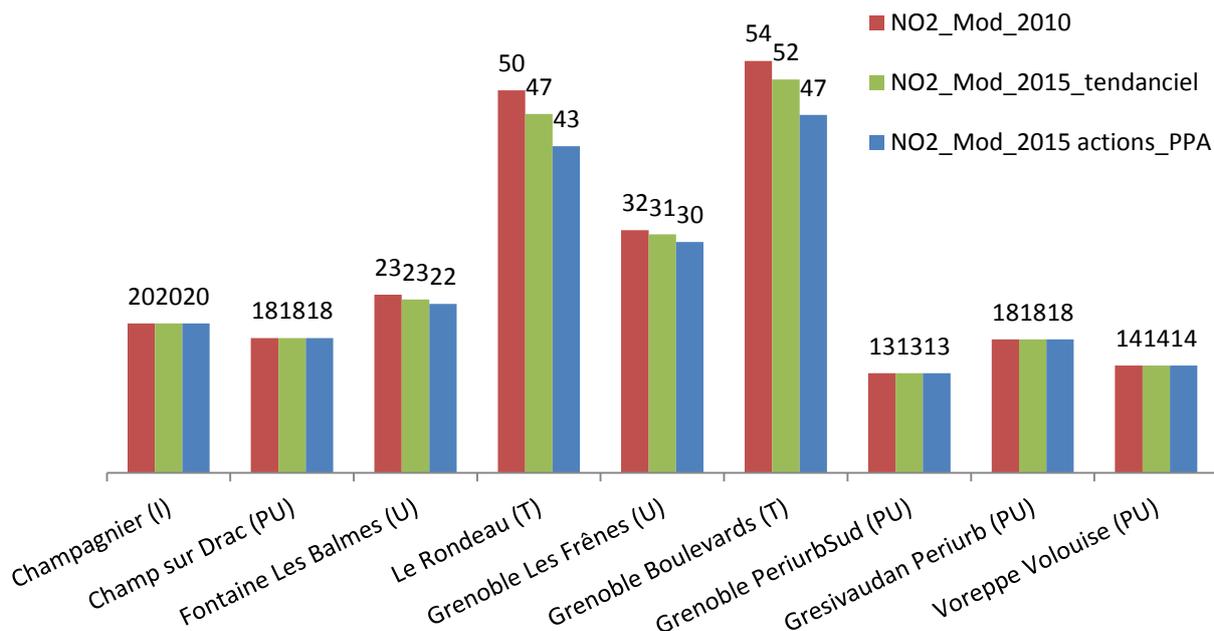


FIGURE 33 : MOYENNE ANNUELLE EN NO₂ MODELISEE AUX STATIONS EN 2010 ET EN 2015

Pour le NO₂ en moyenne annuelle, les niveaux rencontrés en situation de proximité trafic sont bien plus élevés que ceux mesurés en situation de fond urbain (c'est-à-dire à distance des axes routiers) ou, à plus forte raison, en situation de fond péri-urbain.

Les deux stations de mesure soumises à l'influence de proximité du trafic routier (typologie « trafic ») présentent des dépassements de la valeur limite en 2010 et en 2015.

Les stations de mesure d'autres typologies respectent la valeur limite pour le NO₂.

Les diminutions sont faibles, voire nulles sur les stations urbaines, péri-urbaines et industrielles.

Les baisses les plus importantes sont observées sur les stations trafic de « Grenoble Boulevards » et « Le Rondeau » avec une diminution de 5 et 6 % en 2015 scénario tendanciel et de 13 et 16 % en 2015 scénario actions PPA.

Ainsi, pour le NO₂ en moyenne annuelle, en 2015, l'évolution tendancielle permet de réduire les concentrations jusqu'à 6 % en proximité de trafic routier et 4 % en situation de fond urbain. Les actions transport du PPA apportent une réduction complémentaire de 10 % en proximité de trafic routier et de 2 % en situation de fond urbain.

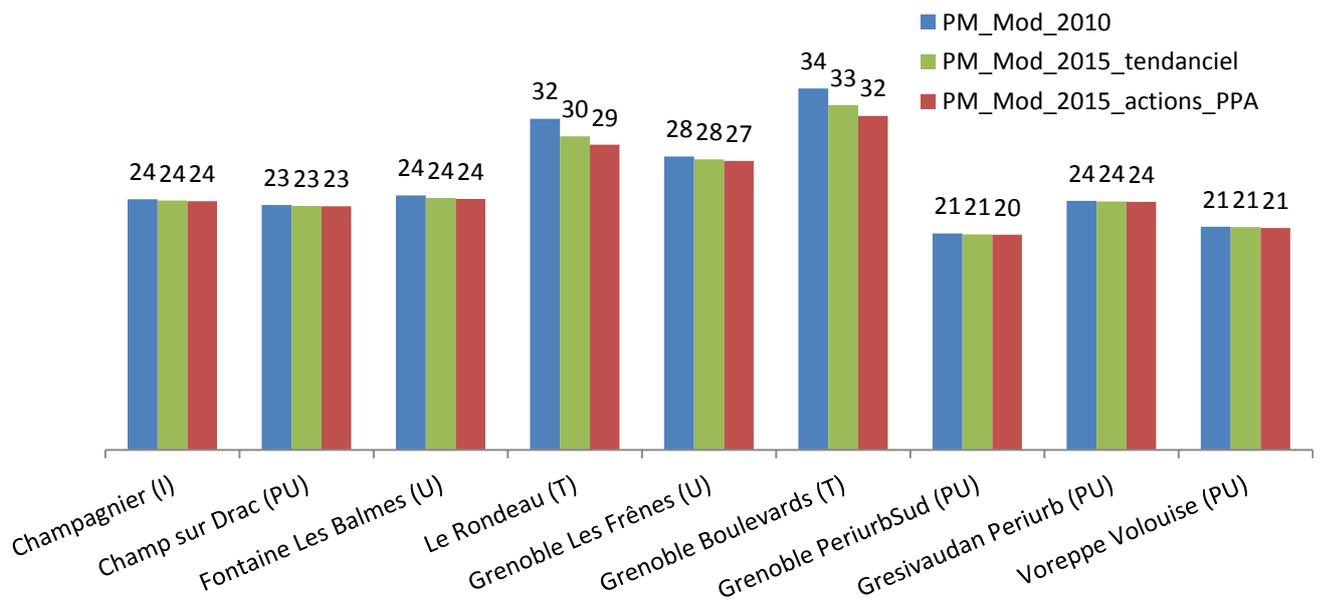


FIGURE 34 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 MODELISEE AUX STATIONS EN 2010 ET EN 2015

Pour les PM10, la valeur limite en moyenne annuelle n'est dépassée sur aucune station. Les différences de concentrations sur la moyenne annuelle sont très faibles, voire nulles. Les plus fortes diminutions sont observées sur les stations trafic « Le Rondeau » et « Grenoble Boulevards » avec respectivement 6 et 3 % de diminution en 2015 scénario tendanciel, et 9 et 6 % en 2015 scénario actions PPA.

Ainsi, pour les particules en moyenne annuelle, en 2015, l'évolution tendancielle permet de réduire les concentrations jusqu'à 6 % en proximité de trafic routier et 0 % en situation de fond urbain. Les actions transport du PPA apportent une réduction complémentaire de 3 % en proximité de trafic routier et en situation de fond urbain.

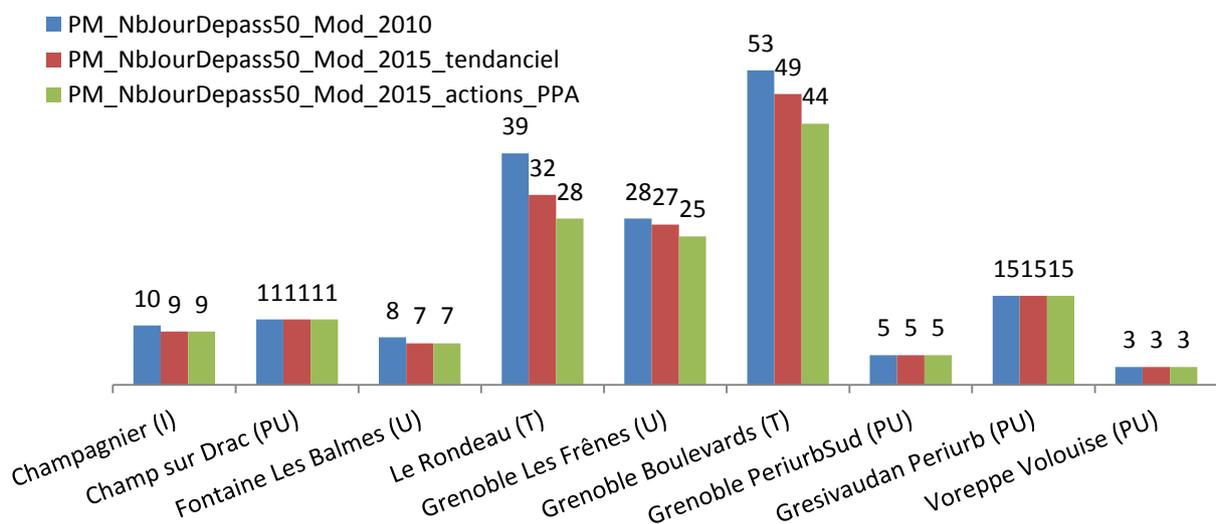


FIGURE 35 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 MODELISE AUX STATIONS EN 2010 ET 2015

Les niveaux rencontrés en situation de proximité trafic sont bien plus élevés que ceux mesurés en situation de fond urbain ou péri-urbain.

Les deux stations de mesure soumises à l'influence de proximité du trafic routier (typologie « trafic ») présentent des dépassements de la valeur limite en 2010, voire en

2015 scénario tendanciel et scénario actions PPA pour la station « Grenoble Boulevards ».

Les stations de mesure d'autres typologies respectent la valeur limite.

Les différences sur le nombre de dépassements journaliers du $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ entre 2010 et 2015 sont faibles sur les stations urbaines, voire nulles sur les stations péri-urbaines.

Les plus fortes diminutions sont aussi observées sur les stations trafic « Le Rondeau » et « Grenoble Boulevards » avec respectivement 18 et 8 % de baisse en 2015 scénario tendanciel, et 28 et 17 % en 2015 scénario actions PPA.

3.5. Exposition de la population

3.5.1. Données d'exposition

En 2010, on estime à :

- 6 400 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour le dioxyde d'azote fixée à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle (soit 0.9 % de la population du SCoT). Il est à noter que 8 % de la population est exposée à des niveaux proches de la valeur limite (entre 35 et $40 \mu\text{g.m}^{-3}$).
- 20 400 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour les particules PM10 fixée à 35 jours pollués maximum par an (soit 2.7 % de la population du SCoT). Il est à noter que 11 % de la population est exposée à des niveaux proches de la valeur limite (entre 30 et 35 jours).

En 2015 scénario tendanciel, on estime à :

- 4 100 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour le dioxyde d'azote fixée à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle (soit 0.6 % de la population du SCoT). Ceci équivaut à une baisse, par rapport à 2010, de 36 % sur le territoire du SCoT.
- 9 700 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour les particules PM10 fixée à 35 jours pollués maximum par an (soit 1.3 % de la population du SCoT). Une baisse de 52 % par rapport à 2010 est observée sur le territoire du SCoT.

En 2015 scénario actions PPA, on estime à :

- 2 200 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour le dioxyde d'azote fixée à $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle (soit 0.3 % de la population du SCoT). Ceci équivaut à une baisse, par rapport à 2010, de 66 % sur le territoire du SCoT.
- 9 300 habitants soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour les particules PM10 fixée à 35 jours pollués maximum par an (soit 1.3 % de la population du SCoT). Une baisse de 54 % par rapport à 2010 est observée sur le territoire du SCoT.

		Région urbaine de Grenoble	Agglomération de Grenoble
Nombre de communes		273	49
Surface (km²)		3 720	541
Nombre d'habitants		740 000	440 000
Nombre d'habitants exposés à des niveaux supérieurs à la valeur limite en NO₂ (40 µg.m-3)	<i>2010</i>	6 400	6 200
	<i>2015 tendanciel</i>	4 100	4 000
	<i>2015 actions PPA</i>	2 200	2 100
% de la population exposée à des niveaux supérieurs valeur limite en NO₂ (40 µg.m-3)	<i>2010</i>	0.9 %	1.4 %
	<i>2015 tendanciel</i>	0.6 %	0.9 %
	<i>2015 actions PPA</i>	0.3 %	0.5 %
Nombre d'habitants exposés à des niveaux supérieurs supérieur à la valeur limite en PM10 (35 j/an)	<i>2010</i>	20 400	20 300
	<i>2015 tendanciel</i>	9 700	9 600
	<i>2015 actions PPA</i>	9 300	9 200
% de la population exposée à des niveaux supérieurs supérieur à la valeur limite en PM10 (35 j/an)	<i>2010</i>	2.7 %	4.6 %
	<i>2015 tendanciel</i>	1.3 %	2.1 %
	<i>2015 actions PPA</i>	1.3 %	2.1 %

FIGURE 36 : TABLEAU RECAPITULATIF - POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DES VALEURS LIMITES ANNUELLES
EN NO₂ ET PM10

La diminution tendancielle des émissions en 2015 permet une amélioration sensible de la qualité de l'air par rapport à 2010, avec une réduction de :

- 36 % de la population impactée par des dépassements de la valeur limite en NO₂,
- 52 % de la population impactée par des dépassements de la valeur limite en PM10.

La mise en œuvre des actions PPA dans le secteur des transports permet, en 2015, de diminuer très notablement les niveaux en NO₂ en proximité routière, où se trouve la majorité des populations exposés aux dépassements de la valeur réglementaire.

En effet, le dioxyde d'azote étant émis de manière majoritaire par le secteur des transports, c'est sur ce secteur que porte la quasi-totalité des gains d'émissions en NO₂ du PPA (98 % des gains attendus proviennent des actions du secteur des transports).

Ces actions sont ainsi à l'origine d'un bénéfice important en termes d'exposition de la population au dioxyde d'azote (réduction de 66 % de la population impactée par rapport à 2010).

La situation est très différente pour les particules. La mise en œuvre des actions PPA du secteur des transports va permettre de gagner 10 % en émissions, ce qui conduit à une amélioration très limitée de la qualité de l'air par rapport à la situation tendancielle.

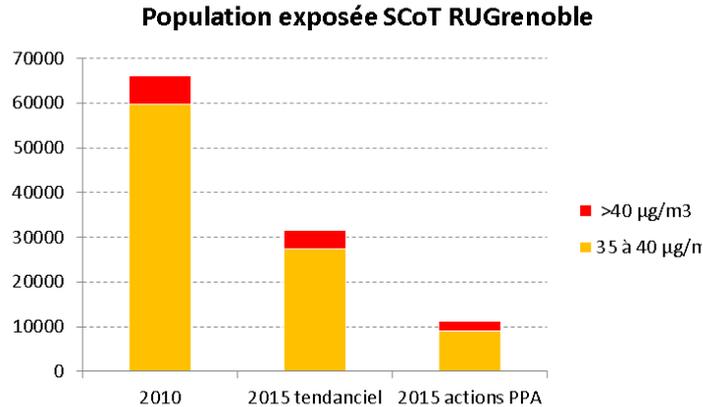


FIGURE 37 : POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DE LA VALEUR LIMITE ANNUELLE EN NO₂

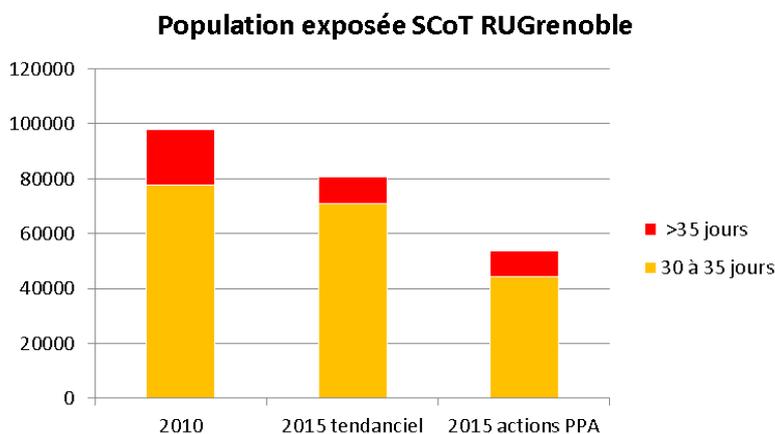


FIGURE 38 : POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DU NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA MOYENNE JOURNALIERE EN PM₁₀

Les Figure 37 et Figure 38 montrent qu'en 2010, une part importante de la population est exposée à des concentrations proches de la valeur limite annuelle en NO₂ et à des niveaux proches de la valeur limite pour les particules PM₁₀ fixée à 35 jours pollués maximum par an.

Cette population exposée diminue de plus de la moitié en 2015 scénario tendanciel et plus fortement en 2015 scénario actions PPA pour le NO₂ (division par 6 environ). Pour les PM₁₀, cette baisse est moins importante. Elle est plus marquée sur le scénario actions PPA que sur le scénario tendanciel.

Il est intéressant de préciser, qu'en fonction des conditions météorologiques, des épisodes de pollutions peuvent dégrader sensiblement la qualité de l'air.

Plus de 40 000 personnes sont soumises à plus de 30 jours de dépassement du seuil de PM₁₀. Pour une année avec des conditions météorologiques très défavorables, le nombre de personnes soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite réglementaire pourrait ainsi passer de 9 000 à plus de 50 000.

3.5.2. Impact des Voies rapides Urbaines

Les Voies Rapides Urbaines (VRU) correspondent aux axes : N481, A480 (de la jonction avec l'A48 jusqu'au rondou), N87 et A41 (entre la jonction avec la N87 et le carrefour de la Caronnerie).

Des bandes de proximité de largeur 100/200/300m ont été créées autour des Voies Rapides Urbaines de Grenoble (VRU), afin de déterminer la part de la population exposée aux dépassements de la valeur limite en NO₂ autour de cet axe.

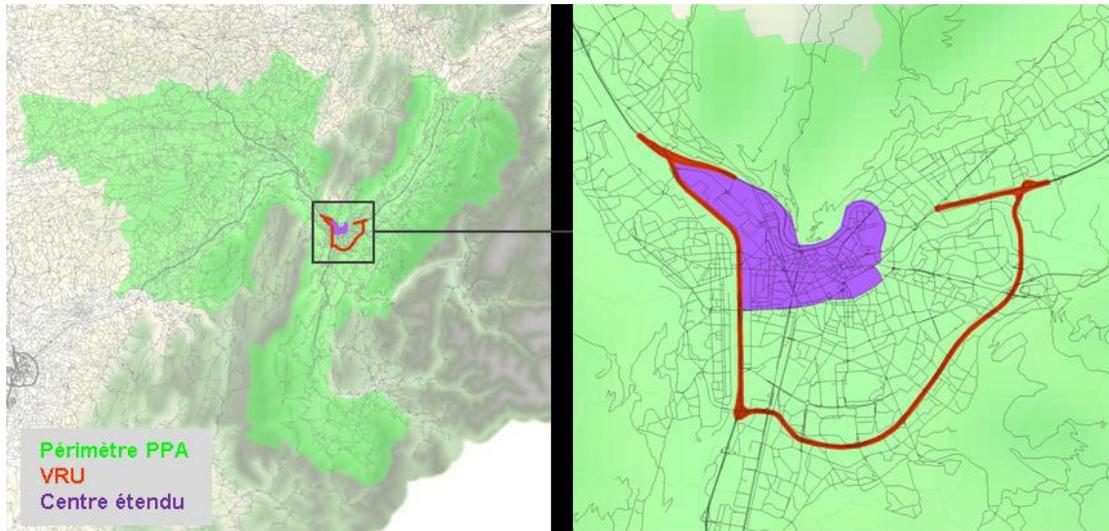
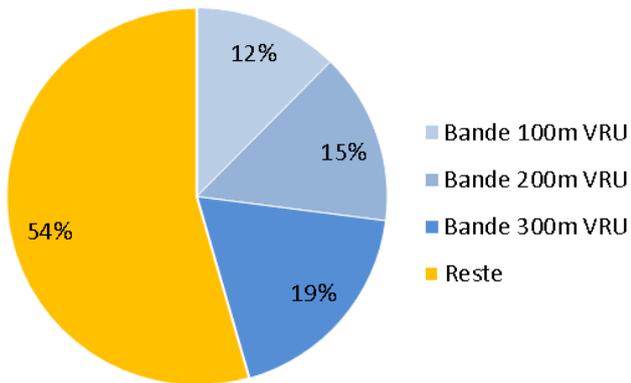
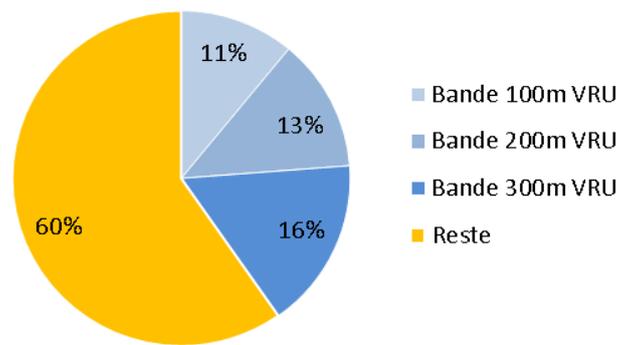


FIGURE 39 : LOCALISATION DES VOIES RAPIDES URBAINES DE GRENOBLE

2010 - Moyenne annuelle en NO₂>40 µg/m³



2015 tendanciel - Moyenne annuelle en NO₂>40 µg/m³



2015 actions PPA - Moyenne annuelle en NO₂>40 µg/m³

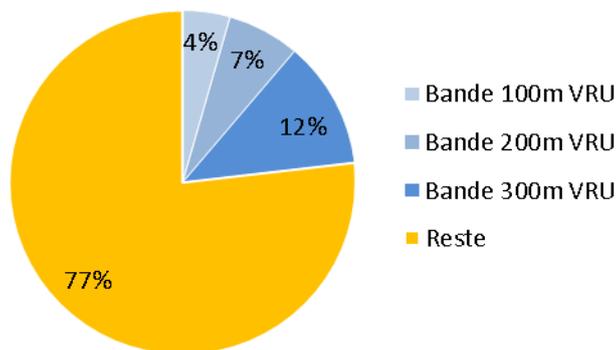


FIGURE 40 : LOCALISATION DE LA POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DE LA MOYENNE ANNUELLE EN NO₂

En ce qui concerne les habitants exposés à des dépassements de la valeur limite en NO₂, l'origine proviendrait du trafic sur les VRU pour :

- 46 % en 2010,
- 40 % en 2015 scénario tendanciel,
- 23 % en 2015 scénario actions PPA.

La mise en place d'actions fortes sur les transports dans le cadre du PPA permet de réduire cette part très significativement en 2015.

4. Conclusion

L'amélioration de la qualité de l'air est un enjeu majeur de santé publique sur la région grenobloise soumise à la pollution atmosphérique par les particules fines (PM10) et le dioxyde d'azote (NO₂). Pour faire face à cette situation, le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) a été révisé. Dans ce cadre, les outils prospectifs mis en place par Air Rhône-Alpes ont évolué.

Dans cette étude, le périmètre de modélisation anciennement limité à l'agglomération grenobloise a été étendu au territoire du PPA qui couvre toute la région urbaine de Grenoble (SCoT). Le modèle, en lui-même, a également été amélioré, en combinant l'outil de modélisation fine échelle avec le modèle régional.

Les résultats issus de la modélisation montrent une diminution des concentrations en dioxyde d'azote et particules sur le territoire du PPA, que ce soit sur le scénario tendanciel 2015 ou le scénario actions transport du PPA pour 2015 par rapport à 2010. Cette diminution n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire, elle est plus importante sur les axes routiers et à leur proximité.

Les diminutions sont nettement plus marquées pour le dioxyde d'azote que pour les particules fines. Ces observations sont corrélées aux sources d'émissions de ces polluants. En effet le NO₂ est principalement émis par le trafic routier, alors que les sources d'émissions sont plus diverses pour les PM10.

De ce fait, le nombre de personnes soumis à des niveaux supérieurs à la valeur limite réglementaire concernant le dioxyde d'azote devrait significativement diminuer sur le territoire du PPA, et plus particulièrement dans l'agglomération de Grenoble (- 36 % en 2015 scénario tendanciel et - 66 % en 2015 scénario actions transport du PPA). En 2015, avec la mise en œuvre d'actions PPA dans le secteur des transports, il ne devrait y avoir plus que 2000 personnes impactées par un dépassement de la valeur réglementaire.

Pour les PM10, le nombre de personnes soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite pour les particules PM10 fixée à 35 jours pollués maximum par an diminuerait également mais dans une moindre mesure que pour le dioxyde d'azote (- 52 % en 2015 scénario tendanciel et - 54 % en 2015 scénarios actions transport du PPA). Il serait d'un peu plus de 9000 personnes en 2015 avec la mise en œuvre d'actions PPA dans le secteur des transports.

Toutefois, ces diminutions de concentrations et du nombre de personnes exposées ne doivent pas occulter le fait que des dépassements devraient encore être constatés à l'échéance 2015 sur certaines stations de mesure de la qualité de l'air en proximité de trafic routier.

En plus des actions dans le secteur des transports qui ont été prises en compte dans cette étude, le PPA prévoit aussi des actions dans les secteurs résidentiel (notamment chauffage individuel au bois) et industriel, indispensables pour résorber les problèmes de qualité de l'air.

Pour les zones habitées qui resteraient à des niveaux trop élevés, le PPA propose, en complément, des actions visant à maîtriser le développement de l'urbanisme et à traiter les points noirs de qualité de l'air.

Table des illustrations

FIGURE 1 : REPARTITION SECTORIELLE DES EMISSIONS EN NOX SUR LE SCOT GRENOBLOIS EN 2010.....	6
FIGURE 2 : REPARTITION SECTORIELLE DES EMISSIONS EN PM10 SUR LE SCOT GRENOBLOIS EN 2010	7
FIGURE 3 : CHAINE DE MODELISATION REGIONALE.....	8
FIGURE 4 : CHAINE DE MODELISATION FINE ECHELLE	9
FIGURE 5 : RESEAUX DE RUES UTILISES	10
FIGURE 6 : ROSE DES VENTS DE LA ZONE ETUDIEE	12
FIGURE 7 : COMPARAISON VALEUR MESUREE / MODELISEE AUX STATIONS POUR LE NO ₂ EN 2010.....	13
FIGURE 8 : INCERTITUDES DU MODELE AUX STATIONS POUR LE NO ₂ EN 2010.....	13
FIGURE 9 : COMPARAISON VALEUR MESUREE / MODELISEE AUX STATIONS POUR LES PM10 EN 2010	14
FIGURE 10 : INCERTITUDES DU MODELE AUX STATIONS POUR LES PM10 EN 2010	14
FIGURE 11 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ EN 2010	15
FIGURE 12 : MOYENNE ANNUEL EN NO ₂ EN 2010 - ZOOM GRENOBLE.....	15
FIGURE 13 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL	16
FIGURE 14 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE	16
FIGURE 15 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA	17
FIGURE 16 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE	17
FIGURE 17 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2010	18
FIGURE 18 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2010 - ZOOM GRENOBLE	19
FIGURE 19 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL	19
FIGURE 20 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE	20
FIGURE 21 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA	20
FIGURE 22 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE	21
FIGURE 23 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2010	22
FIGURE 24 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2010 - ZOOM GRENOBLE.....	22
FIGURE 25 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL.....	23
FIGURE 26 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2015 SCENARIO TENDANCIEL- ZOOM GRENOBLE	23
FIGURE 27 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA	24
FIGURE 28 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS EN PM10 EN 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE.....	24
FIGURE 29 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE.....	25
FIGURE 30 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE.....	26
FIGURE 31 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN PM10 ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO TENDANCIEL - ZOOM GRENOBLE.....	26
FIGURE 32 : ECART DE MOYENNE ANNUELLE EN PM10 ENTRE 2010 ET 2015 SCENARIO ACTIONS PPA - ZOOM GRENOBLE.....	27
FIGURE 33 : MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂ MODELISEE AUX STATIONS EN 2010 ET EN 2015.....	28
FIGURE 34 : MOYENNE ANNUELLE EN PM10 MODELISEE AUX STATIONS EN 2010 ET EN 2015.....	29
FIGURE 35 : NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENT EN PM10 MODELISE AUX STATIONS EN 2010 ET 2015	29
FIGURE 36 : TABLEAU RECAPITULATIF - POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DES VALEURS LIMITE ANNUELLES	31
FIGURE 37 : POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DE LA VALEUR LIMITE ANNUELLE EN NO ₂	32

FIGURE 38 : POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DU NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS DE LA MOYENNE JOURNALIERE EN PM10	32
FIGURE 39 : LOCALISATION DES VOIES RAPIDES URBAINES DE GRENOBLE	33
FIGURE 40 : LOCALISATION DE LA POPULATION EXPOSEE A DES DEPASSEMENTS DE LA MOYENNE ANNUELLE EN NO ₂	33