



Evaluation de la qualité de l'air sur Rodez Agglomération



Rapport annuel 2019

ETU-2021-130 - Edition Juillet 2021



CONDITIONS DE DIFFUSION

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

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

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

www.atmo-occitanie.org

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

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

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

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

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

contact@atmo-occitanie.org

SOMMAIRE

SYNTHÈSE.....	3
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....	5
2. ÉVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR SUR RODEZ AGGLOMERATION	6
1.1. QUELS SONT LES PRINCIPAUX EMETTEURS DE POLLUANTS ?.....	6
1.2. DIMINUTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES ENTRE 2008 ET 2018...7	7
1.3. ÉTAT DE LA QUALITE DE L'AIR DE RODEZ AGGLOMERATION EN 2019.....9	9
1.4. ÉVOLUTION DE LA QUALITE DE L'AIR ENTRE 2015 ET 2017.....9	9
TABLE DES ANNEXES.....	15

SYNTHÈSE

Comment est évaluée la qualité de l'air sur Rodez Agglomération ?

Cette étude présente l'évaluation de la qualité de l'air sur Rodez agglomération. Elle s'appuie sur différents dispositifs déployés par Atmo Occitanie sur ce territoire :

- L'inventaire des émissions de polluants et GES sur le territoire de Rodez Agglomération le plus récent¹ couvrant les années 2008 à 2018.,
- Les mesures de la station urbaine de fond implantée au Clos Camonil sur la commune de Rodez pour l'année 2019,
- Les mesures de la station provisoire implantée en proximité trafic sur la commune d'Onet le Chateau, pour le dernier trimestre de l'année 2019,
- Les quatre campagnes de mesures du dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs réalisées entre 2017 et 2018,
- Les cartographies de la pollution à l'échelle urbaine pour les années 2015, 2016 et 2017.

Les faits marquants

Les mesures faites en fond urbain depuis 2016 ont mis en évidence des niveaux moyens en dioxyde d'azote et de particules PM10, parmi les plus faibles observés en environnement urbain sur l'ensemble de la région Occitanie. Les cartes de concentrations annuelles en NO₂, PM10 et PM2,5 confirment que les niveaux de ces polluants au niveau du bâti sont faibles sur Rodez Agglomération. Des niveaux plus élevés de polluants sont mis en évidence aux niveau des axes routiers structurants. Entre 2015 et 2017, Les concentrations annuelles tendent à diminuer pour le dioxyde d'azote tandis qu'elles fluctuent sans que ne se dégage de tendance pour les PM10 et les PM2.5.

Malgré les niveaux faibles observés sur une grande partie du territoire de Rodez Agglomération, des dépassements de la valeur limite réglementaire du NO₂ sont mis en évidence. Ils sont limités aux principaux axes de trafic routier et les populations impactées par ces dépassements tendent à diminuer. Ainsi, alors que moins de 100 personnes seraient exposées à des concentrations en NO₂ supérieures à la valeur limite pour la santé en 2015, plus aucune personne ne serait impactée en 2017.

De même, des dépassements de l'objectif de qualité fixé pour les particules PM2,5 en proximité trafic et en fond urbain sont mis en évidence. En revanche, on ne note pas de dépassement de la valeur cible et la valeur limite. Le nombre de personnes exposées à des niveaux de PM2,5 supérieurs à l'objectif de qualité varie d'une année sur l'autre. Il est au maximum de 6 250 personnes en 2015 et au minimum de 1 300 personnes en 2016.

En revanche, l'évaluation des concentrations annuelles en PM10 ne met pas en évidence de personnes exposées à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité et à la valeur limite pour la santé. Cependant, le département aveyronnais peut ponctuellement être impacté par des épisodes de pollution aux particules

¹ Inventaire ATMO_IRSV4.2_Occ_2008_2018.

pendant l'hiver. En 2019, trois procédures d'information et de recommandation ont ainsi été déclenchées sur l'Aveyron.

Enfin, en 2019, les niveaux d'ozone mesurés par la station urbaine de fond respectent les valeurs cibles mais dépassent les objectifs de qualité à long terme pour la protection de la santé. Aucune procédure d'information et de recommandation n'a été déclenchée pour ce polluant.

PRÉCISIONS METHODOLOGIQUES

L'ensemble des mesures conduisant à cette évaluation sont consultables en annexe. Afin de situer les mesures de cette campagne, les concentrations mesurées sur Rodez sont comparées aux différents sites de mesures urbains de la région Occitanie.

Chaque période de mesures ayant ses spécificités, les concentrations moyennes relevées sur le dernier trimestre 2019 sur le site d'Onet le Château ont fait l'objet d'une adaptation statistique afin d'estimer les concentrations annuelles 2019. Cette adaptation a été calculée en recherchant la meilleure corrélation entre les concentrations mesurées sur le site étudié et des variables explicatives telles que les concentrations mesurées par les stations fixes de l'ensemble de l'Occitanie ou des paramètres météorologiques.



1. Contexte et objectifs

Afin d'évaluer la qualité de l'air sur le territoire de Rodez agglomération, Atmo Occitanie a établi un programme d'études pluriannuel s'appuyant sur différents dispositifs :

- Un inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de Gaz à Effet de Serre,
- Des campagnes de mesures,
- Une cartographie de la pollution à l'échelle urbaine.

L'année 2019 a été marquée par :

- l'actualisation des quantifications d'émissions polluantes sur le territoire,
- le maintien de la station de mesure temporaire en milieu urbain de fond implantée depuis mai 2016 mesurant les particules de diamètre inférieur PM10 et l'ozone ,
- la réalisation d'une campagne de mesures à proximité d'un axe de circulation identifié comme prioritaire à l'aide d'une station mobile,
- le déploiement de la plateforme de modélisation urbaine sur le territoire de Rodez Agglomération. Cette plateforme permet la réalisation de cartographies de distribution de la pollution sur la zone.

En 2017 et 2018, Atmo Occitanie a réalisé quatre campagnes de 15 jours de mesures du dioxyde d'azote (NO₂) par échantillonneurs passifs réparties sur les quatre saisons. Les résultats de ces campagnes de mesures sont présentés dans ce rapport.

Une station de mesure, effectuant le suivi de deux polluants réglementés représentatifs de l'exposition maximale de la population en proximité du trafic routier a ainsi été installée début octobre 2019 le long de la route d'Espalion sur la commune d'Onet le Château, pour une durée de 6 mois. Cette station a permis d'évaluer l'exposition maximale de la population de Rodez Agglomération aux polluants atmosphériques à enjeux.

Les appareils de mesures ont réalisé le suivi continu des polluants suivants :

- les particules en suspension inférieures à 10 microns (PM10)
- les oxydes d'azote (NO₂).

En 2020, Atmo Occitanie :

- A installé dans la station Camonil un appareil de mesures permettant la surveillance de plusieurs fractions particulaires : les particules PM10, PM2,5 et PM1 ainsi qu'un appareil de mesures du dioxyde d'azote,
- A évalué, à partir des mesures faites en 2020 par la station urbaine Camonil et la station trafic d'Onet le Château, l'impact du confinement en lien avec la crise sanitaire sur la qualité de l'air du territoire
- A poursuivi la réalisation des cartographies annuelles de distribution de la pollution sur Rodez Agglomération (années 2018 et 2019),
- A réalisé une campagne de mesures par échantillonneurs passifs afin d'évaluer l'exposition maximale de la population en proximité des principaux axes routiers du territoire.

Cette étude est réalisée en partenariat avec Rodez Agglomération.

2. Évaluation de la qualité de l'air sur Rodez agglomération

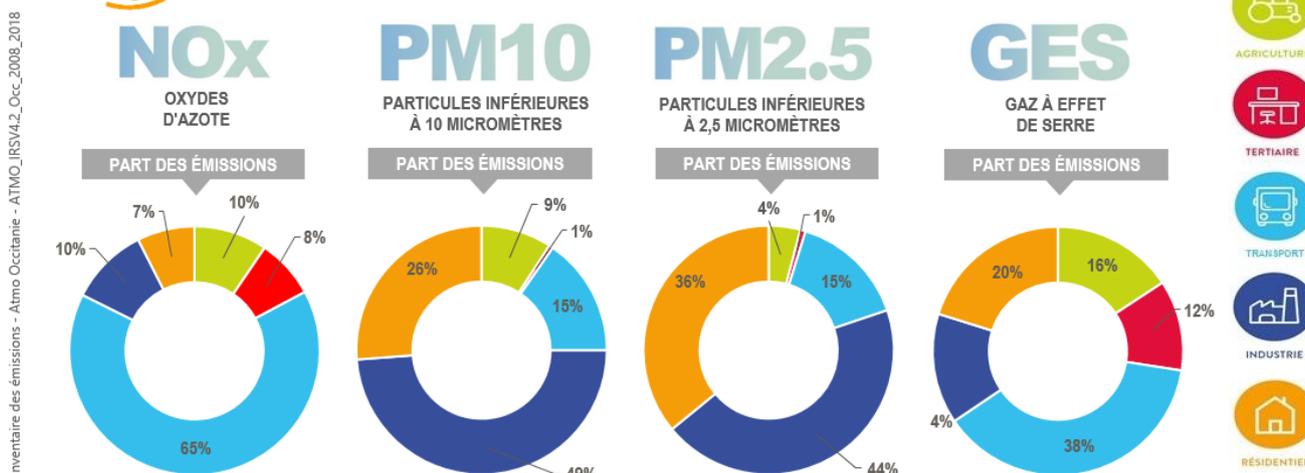
1.1. Quels sont les principaux émetteurs de polluants ?

Les graphes suivants présentent la contribution des différents secteurs d'activité aux émissions des polluants sur le territoire de Rodez Agglomération pour l'année 2018. Tous les polluants visés par un plan national de réduction (Stratégie Nationale Bas-Carbone - SNBC) et Plan de Réduction des Polluants Atmosphériques – PREPA) sont présentés ci-dessous.

De nombreuses évolutions ont été apportées aux calculs des émissions du secteur industriel (industriels soumis à déclaration, carrières, BTP, ...), dont la méthodologie a été revue dans sa globalité, permettant une exploitation optimisée des données fournies par les industriels concernant leurs émissions, mais aussi une plus grande exhaustivité dans les sous-secteurs désormais pris en compte. Cela induit des variations dans les résultats présentés ci-dessous et ceux présentés dans les rapports annuels précédents.



Contribution sectorielle aux émissions polluantes sur Rodez Agglomération en 2018



Le trafic routier est le premier contributeur aux émissions d'oxydes d'azote (NOx) sur le domaine d'étude, à hauteur de 65%. C'est aussi le premier secteur émetteur de GES sur le territoire, pour 38% des émissions totales, les secteurs résidentiel-tertiaire étant le second contributeur pour ce polluant.

Le transport routier est le troisième émetteur de particules PM10 et PM2,5. Pour ces polluants, le secteur industriel est le plus fort contributeur pour 49% des émissions totales pour les PM10 et 44% pour les PM2,5. Les industries émettant des particules sur le territoire sont les carrières et les scieries (travail du bois) référencées sur le territoire. Le second émetteur de particules est le secteur résidentiel-tertiaire, émetteur d'un peu plus d'1/4 des particules PM10 et d'un peu plus d'1/3 des particules PM2,5 totales principalement en raison de l'usage du chauffage au bois chez les particuliers.

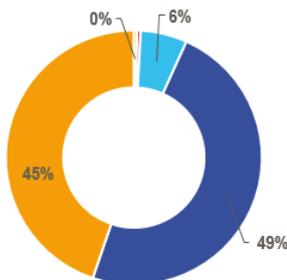
Contribution sectorielle aux émissions polluantes sur Rodez Agglomération en 2018

Inventaire des émissions - Atmo Occitanie - ATMO_IRSV4.2_Occ_2008_2018

COVNM

COMPOSÉS ORGANIQUES
VOLATILS NON MÉTHANIQUE

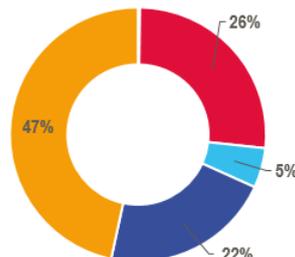
PART DES ÉMISSIONS



SO₂

DIOXYDE
DE SOUFRE

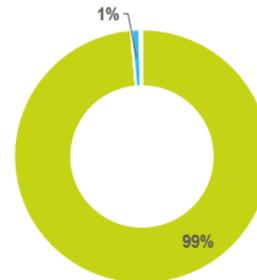
PART DES ÉMISSIONS



NH₃

AMMONIAC

PART DES ÉMISSIONS



AGRICULTURE



TERTIAIRE



TRANSPORT



INDUSTRIE



RÉSIDENTIEL

Les émissions de COVNM sont dues quasiment à parts égales à deux secteurs d'activité: l'industrie pour 49% et le résidentiel pour 45%. En contribuant à 47% des émissions totales, le secteur résidentiel est le principal émetteur de dioxyde de soufre (SO₂). Quant à l'ammoniac (NH₃), il est quasiment intégralement émis par le secteur agricole. Le secteur du transport contribue peu aux émissions de ces différents polluants sur le territoire.

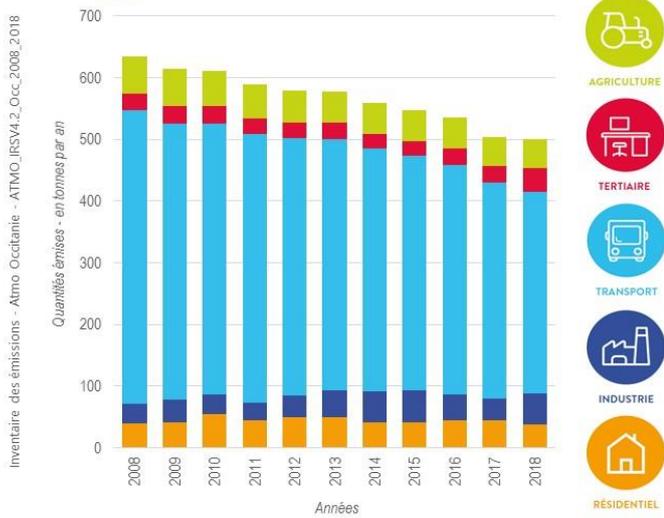
1.2. Diminution des émissions de polluants atmosphériques entre 2008 et 2018

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des émissions des principaux polluants à enjeux sur le territoire de Rodez agglomération entre 2008 et 2018.

Les quantités de polluants atmosphériques émis sur ce territoire sont en baisse de façon générale entre 2008 et 2018. Cependant, on note de grandes disparités selon les polluants, leurs émissions pouvant être associées à une activité prédominante ou au contraire au résultat de multiples activités émettrices.



Évolution des émissions d'OXYDES D'AZOTE par secteur sur Rodez Agglomération entre 2008 et 2018

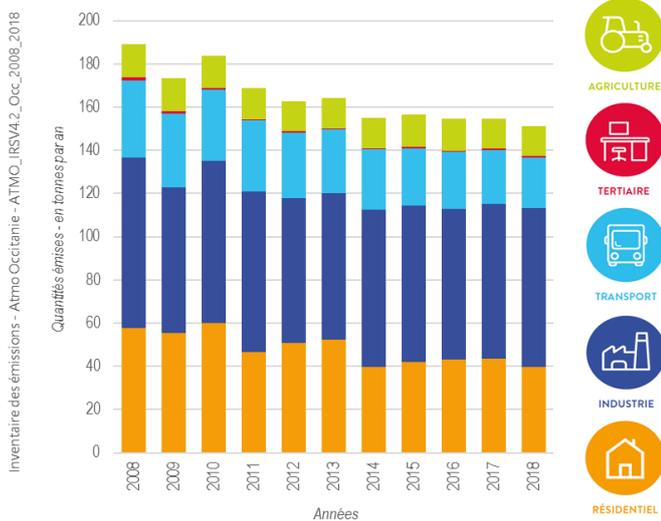


Entre 2008 et 2018, les émissions globales des principaux polluants atmosphériques ont diminué respectivement de 21% pour les oxydes d'azote, 20% pour les particules PM10 et 25% pour les particules PM2,5.

Ces baisses sont essentiellement dues à la diminution des émissions du secteur des transports. En effet, malgré l'augmentation régulière du trafic routier sur le domaine d'étude, de l'ordre de 6% entre 2008 et 2018, les émissions du secteur routier ont diminué, sur cette même période, de 31% pour les NOx, de 34% pour les PM10 et de 44% pour les PM2,5, grâce au renouvellement progressif des véhicules dans le parc roulant et de l'application de valeurs limites d'émission de plus en plus contraignantes. Les émissions des autres transports et de l'agriculture ont également diminué pour ces trois polluants.



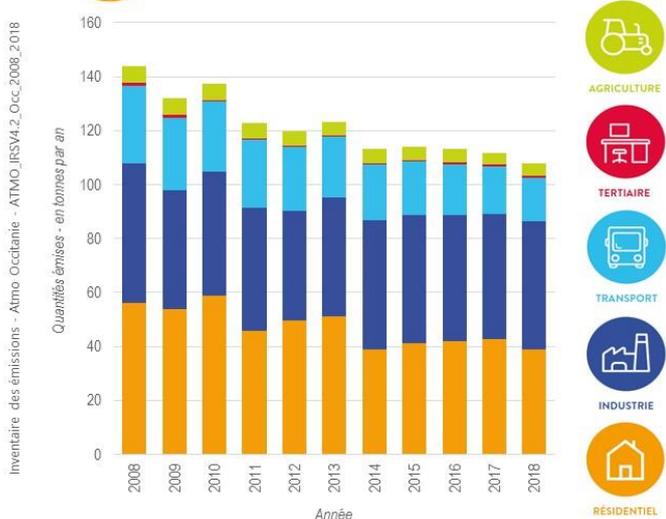
Évolution des émissions de PARTICULES PM10 par secteur sur Rodez Agglomération entre 2008 et 2018



Les secteurs résidentiel et tertiaire voient également leurs émissions de particules PM10 et PM2,5 baisser entre 2008 et 2018 grâce à l'amélioration de la performance des dispositifs de chauffage, notamment au bois et à la mise en œuvre de pratiques visant à limiter la consommation énergétique. Ces secteurs émettent ainsi respectivement 32% et 31% de particules PM10 et PM2,5 de moins en 2018 en comparaison de 2008. En revanche, les émissions de NOx augmentent de 13% sur cette même période en raison d'une hausse de la consommation de gaz naturel. Cette consommation est, entre autres, influencée par les conditions météorologiques hivernales. Ainsi, les hivers rigoureux peuvent induire des émissions plus fortes, lesquelles engendrent des fluctuations annuelles des émissions de ces secteurs.

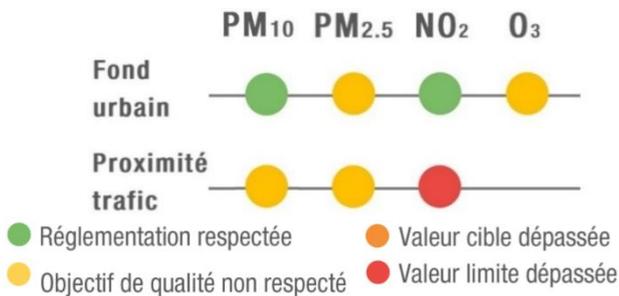


Évolution des émissions de PARTICULES PM2,5 par secteur sur Rodez Agglomération entre 2008 et 2018



1.3. État de la qualité de l'air de Rodez Agglomération en 2019

Réglementation : situation du territoire de Rodez Agglomération



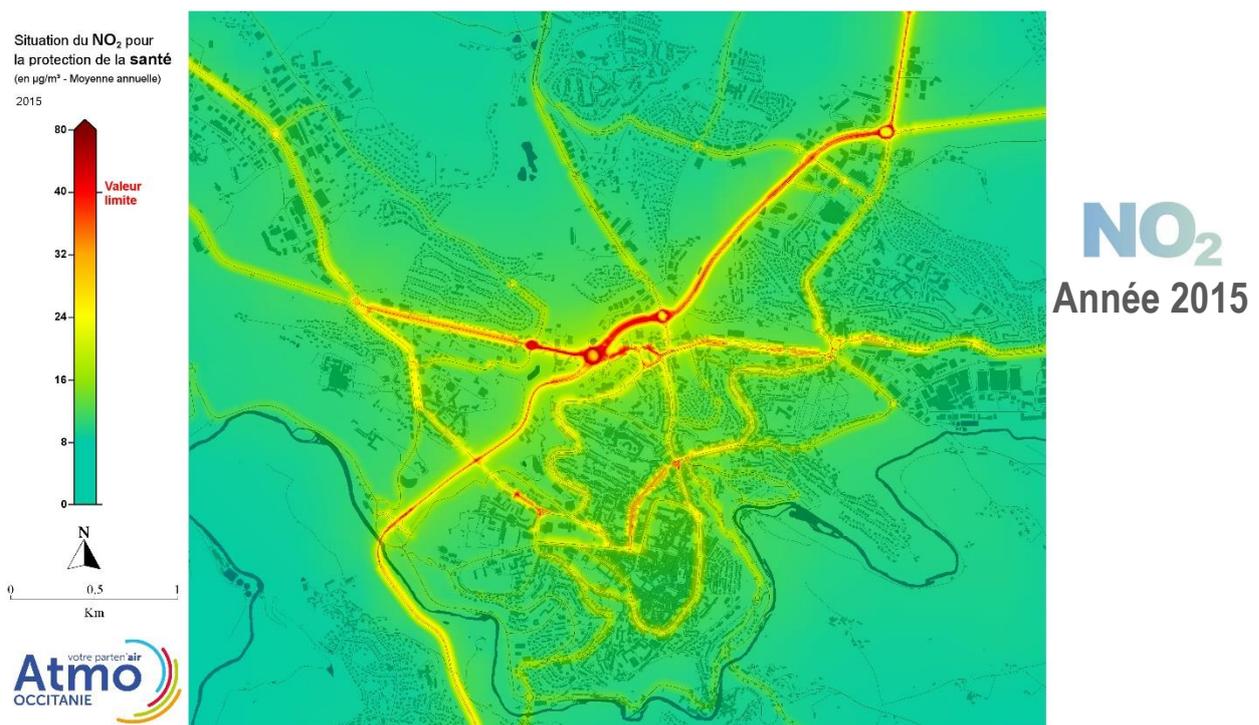
Les seuils réglementaires des polluants atmosphériques ne sont pas tous respectés sur le territoire de Rodez Agglomération en 2019.

1.4. Évolution de la qualité de l'air entre 2015 et 2017

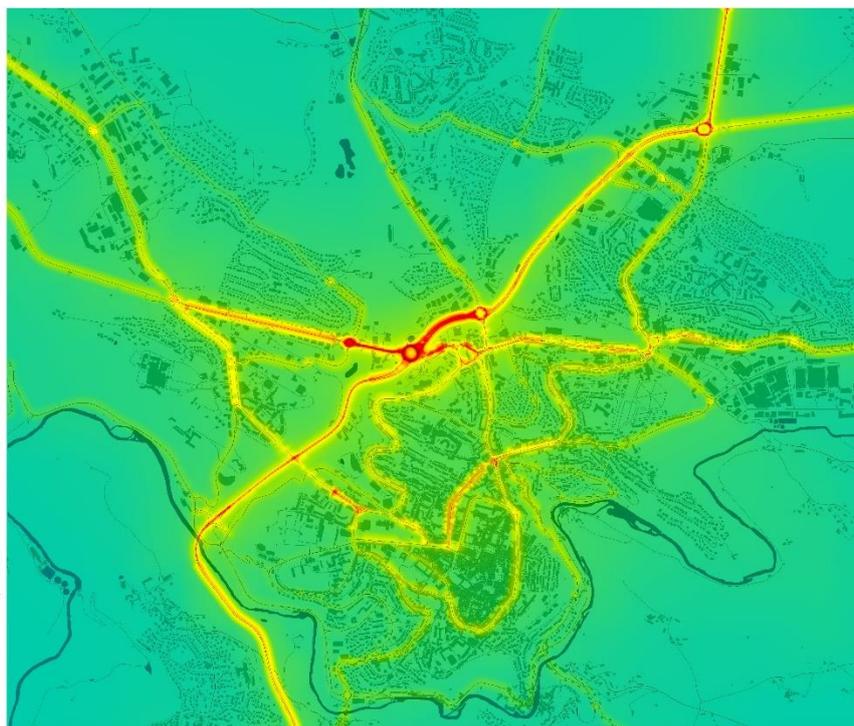
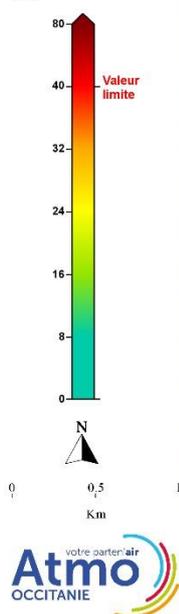
Les cartes de dispersion sur l'ensemble du territoire de Rodez Agglomération sont présentées en annexe. Nous indiquons ci-dessous les cartes de dispersion centrées sur la commune de Rodez.

Les cartes de dispersion du dioxyde d'azote mettent en évidence des concentrations moyennes annuelles faibles au niveau des zones d'habitation de l'ordre de 10 µg/m³ sur le territoire de Rodez Agglomération en 2015. Entre 2015 et 2017, ces concentrations tendent à légèrement diminuer, surtout sur la commune de Rodez où elles passent de 13 µg/m³ en 2015 à 11 µg/m³ en 2017. Malgré ces niveaux faibles, les cartes de dispersion mettent également en évidence des dépassements de la valeur limite réglementaire. Ces dépassements, moins de 0,1 km² pour les 3 années étudiées, sont limités aux principaux axes de trafic routier et les populations impactées par ces dépassements tendent à diminuer. Ainsi, alors que moins de 100 personnes seraient exposées à des concentrations en NO₂ supérieures à la valeur limite pour la santé en 2015, il n'y aurait plus de personne impactée en 2017.

Concentrations moyennes annuelles en DIOXYDE D'AZOTE – zoom sur Rodez

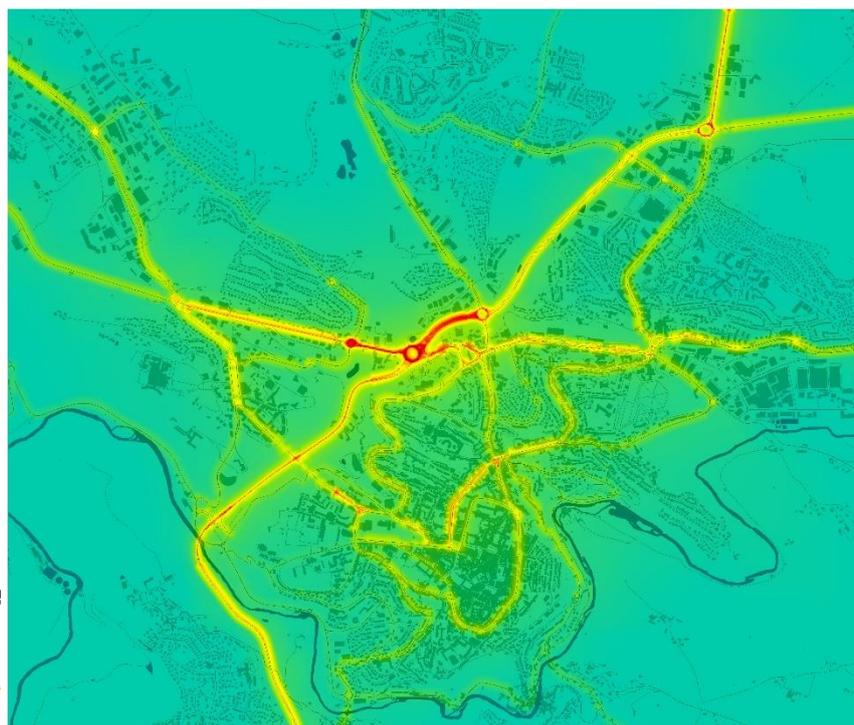
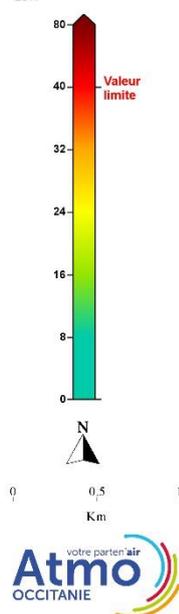


Situation du NO_2 pour
la protection de la santé
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2016



NO₂
Année 2016

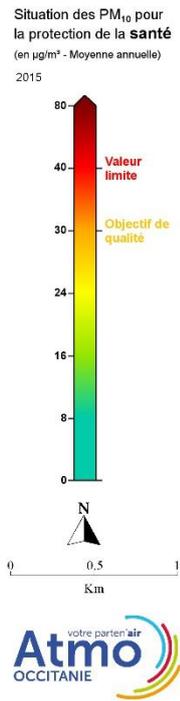
Situation du NO_2 pour
la protection de la santé
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2017



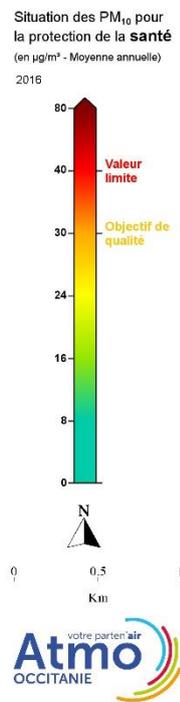
NO₂
Année 2017

Les cartes de dispersion des particules PM10 mettent en évidence des concentrations moyennes annuelles faibles au niveau des zones d'habitation de l'ordre de $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le territoire de Rodez Agglomération en 2015. Elles fluctuent légèrement entre 2015 et 2017 sans mettre en évidence de tendance à la hausse ou à la baisse. Les niveaux de PM10 les plus élevés sont localisés sur des axes routiers structurants. L'évaluation des concentrations annuelles en PM10 ne met pas en évidence de personnes exposées à des concentrations supérieures à l'objectif de qualité et à la valeur limite pour la santé.

Concentrations moyennes annuelles en PARTICULES PM10 - zoom sur Rodez

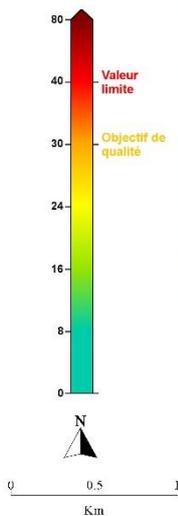


PM10
Année 2015



PM10
Année 2016

Situation des PM_{10} pour
la protection de la **santé**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2017



Atmo
OCCITANIE
votre partenaire air

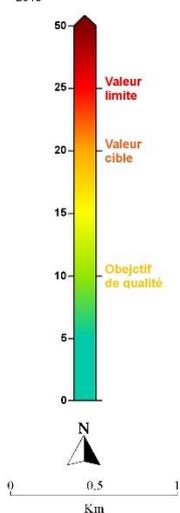


PM10
Année 2017

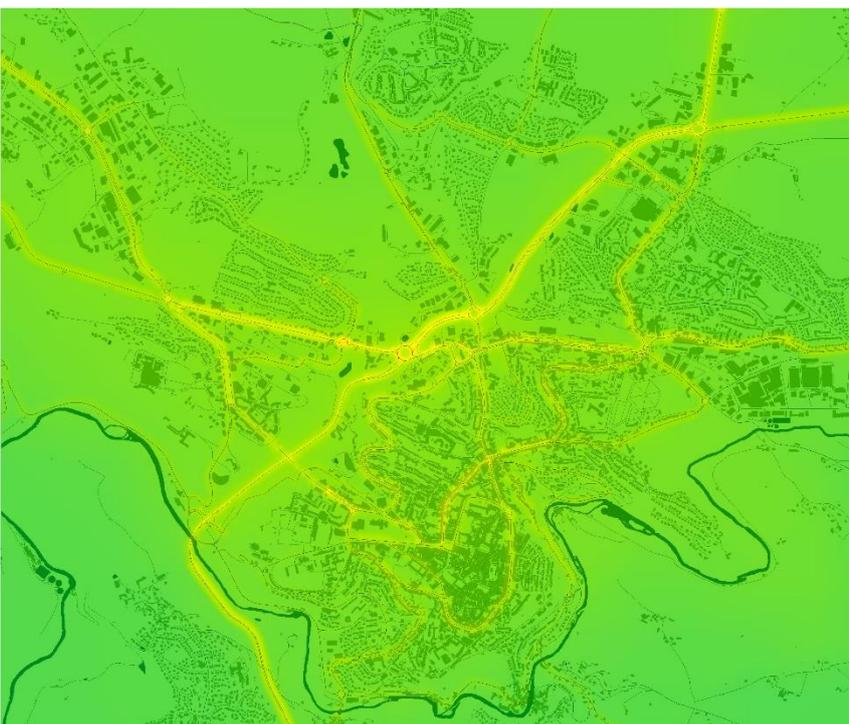
Concernant les particules inférieures à 2.5 microns, les cartes de dispersion mettent également en évidence des concentrations moyennes annuelles faibles au niveau du bâti de l'ordre de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le territoire de Rodez Agglomération en 2015. Elles fluctuent légèrement entre 2015 et 2017 sans mettre en évidence de tendance à la hausse ou à la baisse. Malgré ces niveaux faibles, les cartes de dispersion montrent des dépassements de l'objectif de qualité en proximité trafic où les niveaux de $PM_{2,5}$ les plus élevés sont localisés, mais également en fond urbain. En revanche, elles ne mettent pas en évidence de dépassement de la valeur cible et la valeur limite. Le nombre de personnes exposées à des niveaux de $PM_{2,5}$ supérieurs à l'objectif de qualité varie d'une année sur l'autre. Sur les trois années étudiées, il varie entre 6 250 personnes en 2015 et de 1 300 personnes en 2016.

Concentrations moyennes annuelles en PARTICULES $PM_{2,5}$ - zoom sur Rodez

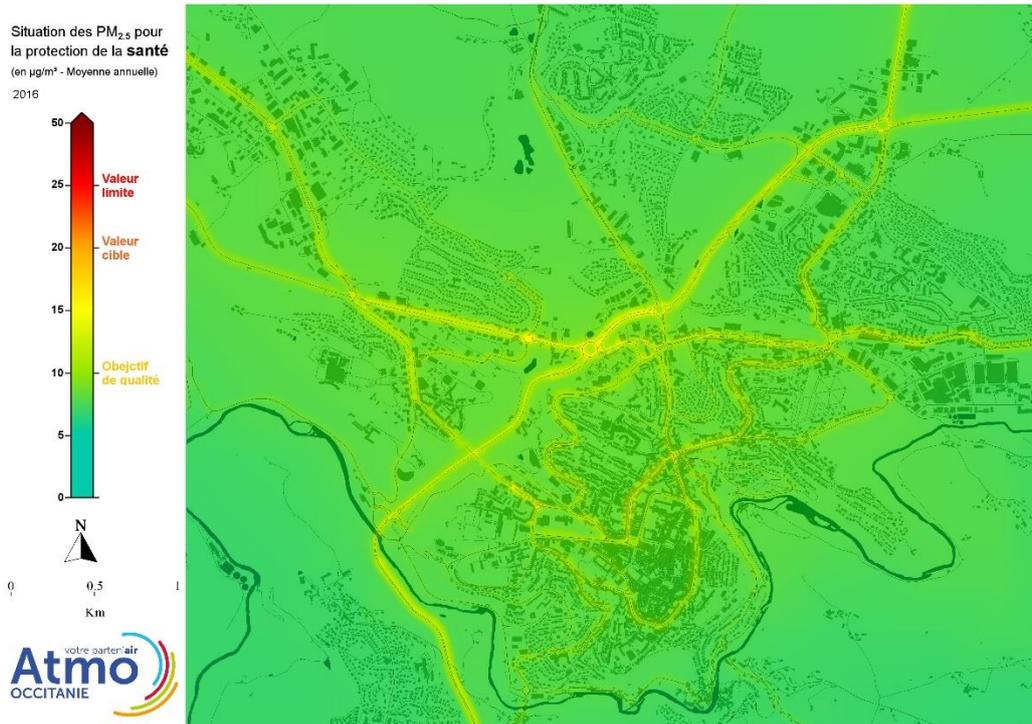
Situation des $PM_{2,5}$ pour
la protection de la **santé**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2015



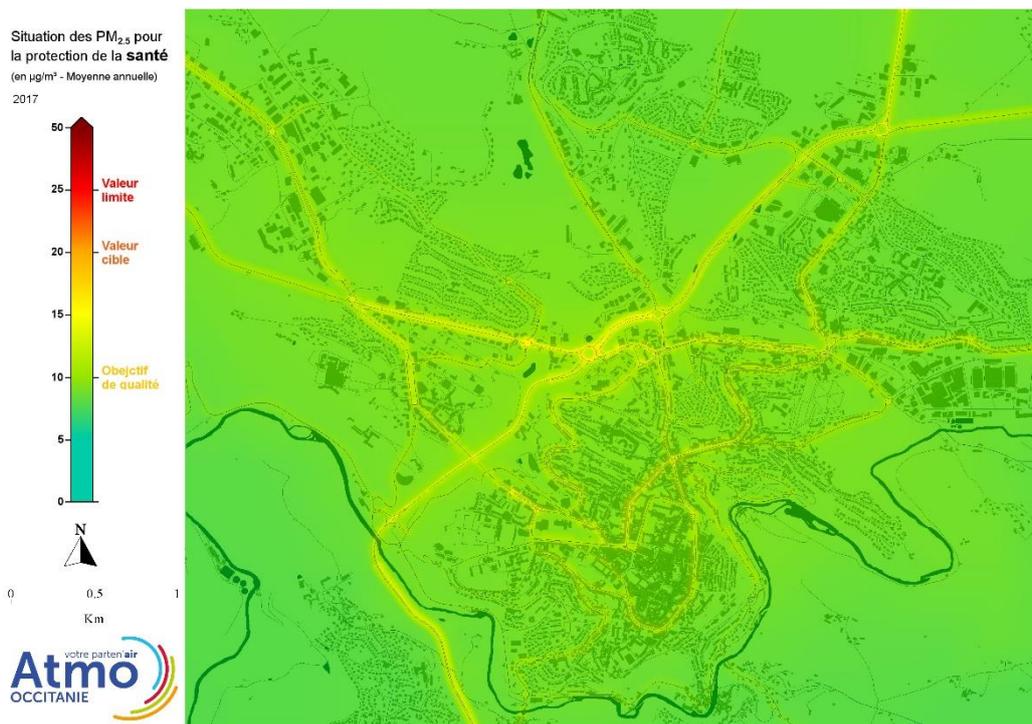
Atmo
OCCITANIE
votre partenaire air



PM2.5
Année 2015



PM_{2.5}
Année 2016



PM_{2.5}
Année 2017

Enfin, l'objectif de qualité pour l'ozone n'est pas respecté, comme sur l'ensemble de la région Occitanie en raison des conditions météorologiques, fort ensoleillement durant la période estivale, propices à sa formation.

Le tableau ci-dessous récapitule le nombre de personnes susceptibles d'être exposées à des niveaux de polluants atmosphériques supérieurs aux seuils règlementaires sur le territoire de Rodez Agglomération en 2015, 2016 et 2017.

Exposition chronique de la population

	2015	2016	2017
NO₂ 	Moins de 100 personnes	Entre 0 et moins de 100 personnes	0 personnes
PM10 	0 personnes	0 personnes	0 personnes
	0 personnes	0 personnes	0 personnes
PM2.5 	6 250 personnes	1 300 personnes	5 450 personnes
	0 personnes	0 personnes	0 personnes
O₃ 	279 050 personnes	279 050 personnes	279 050 personnes
	0 personnes	0 personnes	<0 personnes

 Nombre de personnes exposées à un dépassement de l'objectif de qualité
 Nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur cible
 Nombre de personnes exposées à un dépassement de la valeur limite

*Données qui intègrent les incertitudes du modèle

***Données calculées à l'échelle du département

Moins de 100 personnes étaient susceptibles d'être exposées à des concentrations en NO₂ supérieures à la valeur limite pour la protection de la santé sur le territoire de Rodez Agglomération en 2015 et 2016. L'ensemble de ces personnes est domicilié sur la commune de Rodez.

Entre 1300 et 6 250 personnes étaient susceptibles d'être exposées à des concentrations en PM_{2,5} supérieures à l'objectif de qualité. La grande majorité des personnes exposées habitent sur la commune de Rodez. Les autres communes impactées par des niveaux de PM_{2,5} supérieurs à l'objectif de qualité sont Onet le Château et Luc La Primaube. Enfin, l'ensemble de la population du département de l'Aveyron est susceptible d'être exposée au dépassement de l'objectif de qualité pour l'ozone.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Concentrations mesurées par les stations implantées sur le territoire de Rodez Agglomération en 2019

ANNEXE 2 : Concentrations moyennes annuelles sur Rodez Agglomération, années 2015 à 2017

ANNEXE 3 : Résultats de la campagne de mesures par échantillonneurs passifs

ANNEXE 4 : Méthodologie de l'inventaire, de la modélisation et de la cartographie

ANNEXE 5 : Validation du modèle fine échelle

ANNEXE 6 : Généralités sur les principaux polluants étudiés

ANNEXE 6 : Valeurs réglementaires 2019

ANNEXE 1 : Concentrations mesurées par les stations implantées sur le territoire de Rodez Agglomération en 2019

En 2019, la station Rodez Camonil est équipée d'un analyseur de particules PM10 et d'un analyseur d'ozone.

En outre, une station de mesure, effectuant le suivi de deux polluants réglementés représentatifs l'exposition maximale de la population en proximité du trafic routier a été installée fin mai 2019 le long de la route d'Espalion sur la commune d'Onet le Château, pour une durée de 6 mois. Les appareils de mesures ont réalisé le suivi continu des polluants suivants :

- les particules en suspension inférieures à 10 microns (PM10),
- les oxydes d'azote (NO₂).

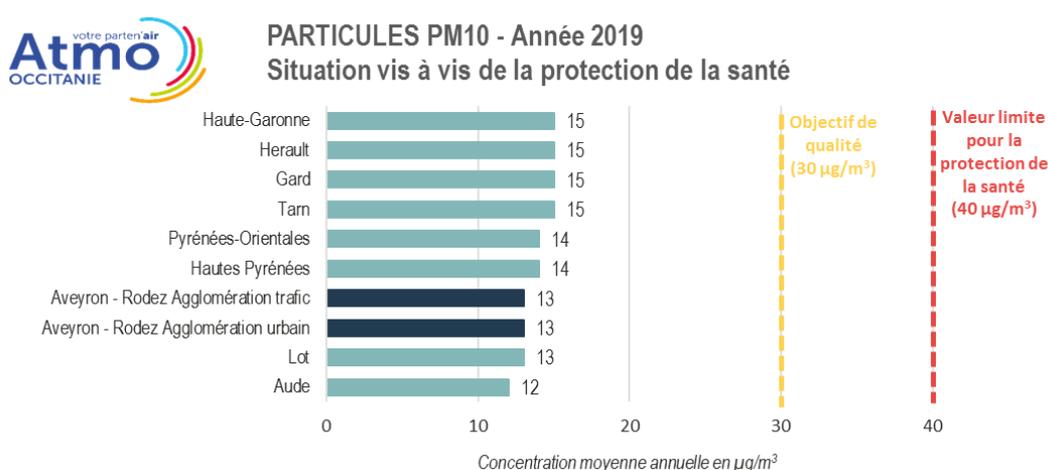
Chaque période de mesures ayant ses spécificités, les concentrations moyennes relevées pendant 6 mois sur le site d'Onet le Château ont fait l'objet d'une adaptation statistique afin d'estimer les concentrations annuelles 2019. Cette adaptation a été calculée en recherchant la meilleure corrélation entre les concentrations mesurées sur le site étudié et des variables explicatives telles que les concentrations mesurées par les stations fixes de l'ensemble de l'Occitanie ou des paramètres météorologiques.

Les mesures faites par ces différentes stations sont présentées ci-dessous.

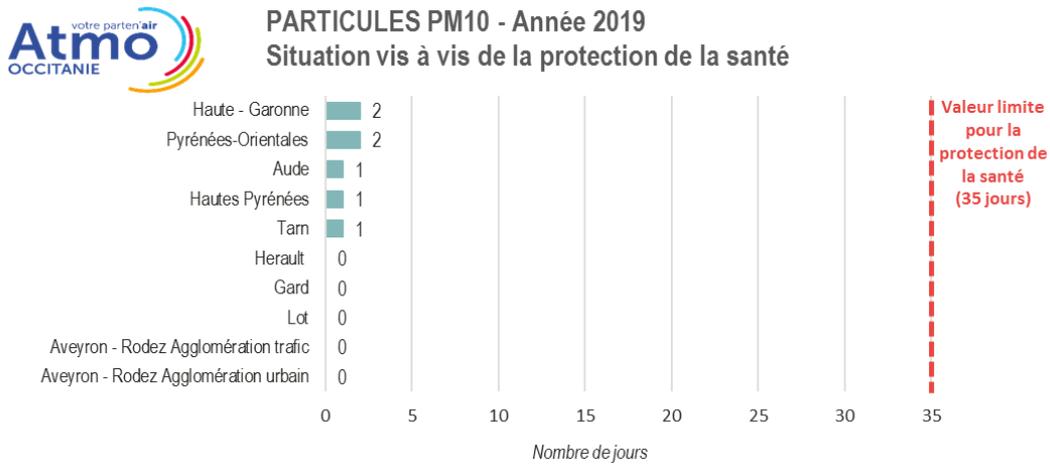
Les particules PM10

Respect des valeurs règlementaires

Avec 13 µg/m³ en moyenne annuelle en fond urbain et en proximité trafic, les valeurs règlementaires fixées sur la moyenne annuelle pour les particules de diamètre inférieur à 10 µm sont respectées pour les deux stations de Rodez agglomération. Ces concentrations annuelles sont parmi les plus faibles mesurées sur l'ensemble de la région Occitanie.



En outre, la réglementation autorise 35 jours de dépassement de la valeur limite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière par année civile. Sur l'année 2019, ce seuil journalier a été respecté pour les deux sites de Rodez agglomération.



Trois épisodes de pollution aux particules PM10 sur Rodez Agglomération en 2019

Le seuil réglementaire d'information et de recommandation, fixé à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière caractérise une exposition de courte durée à des niveaux de particules importants. En 2019, 51 procédures départementales d'information liés aux particules PM10 ont été observées sur la région Occitanie. Trois procédures ont ainsi été déclenchées sur l'Aveyron. Deux déclenchements ont concerné 2 journées consécutives les 22 et 23 février 2019. Le 3^{ème} épisode a eu lieu le 27 juin 2019.

Le dioxyde d'azote NO₂

La valeur limite de protection de la santé fixée en moyenne annuelle pour le dioxyde d'azote est respectée pour la station trafic de Rodez agglomération. La concentration annuelle de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée en proximité trafic sur le territoire de Rodez Agglomération est faible et du même ordre de grandeur que des concentrations annuelles de fond urbain mesurées sur d'autres sites de la région Occitanie.



En outre, aucune concentration moyenne horaire supérieure à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été mesurée sur la station trafic de Rodez agglomération. La valeur limite autorisant 18 heures de dépassements du seuil de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par année civile est donc respecté pour le site de proximité trafic de Rodez Agglomération comme pour l'ensemble des stations urbaines de fond de la région Occitanie.

L'ozone O_3

L'Occitanie est particulièrement exposée, pour des raisons météorologiques à des concentrations d'ozone élevées. Ainsi, les concentrations d'ozone ne respectent pas l'objectif de qualité pour la protection de la santé sur l'ensemble du territoire régional et donc sur Rodez Agglomération.



En 2019, il n'y a pas eu d'épisodes de pollution à l'ozone sur le territoire de Rodez Agglomération.

Statistiques par polluant – année 2019

Effets chroniques

Particules de diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$

	Respect réglementation	Valeurs réglementaires	Statistiques 2019	Comparaison avec le fond urbain du Tarn
Objectif de qualité		$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle	Moyenne annuelle Proximité trafic* : $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Fond urbain : $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<
Valeurs limites		$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle	Moyenne annuelle Proximité trafic* : $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Fond urbain : $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<
		$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	Maximum journalier : Proximité trafic* : $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Fond urbain : $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$	=

* Adaptation statistique sur l'année 2019 - $\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube

Dioxyde d'azote

	Respect réglementation	Valeurs réglementaires	Statistiques 2019	Comparaison avec le fond urbain du Tarn
Valeurs limites		40 µg/m ³ en moyenne annuelle	Moyenne annuelle Proximité trafic* : 15 µg/m ³	>
		200 µg/m ³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par année civile	Maximum horaire Proximité trafic * : 76 µg/m ³	>

Ozone

	Respect réglementation	Valeurs réglementaires	Statistiques 2019	Comparaison avec le fond urbain du Tarn
Objectif de qualité		120 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures	Maximum sur 8 heures : 144 µg/m ³	=
Valeur cible		120 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile	17 jours	>

Effets aigus

Particules de diamètre inférieur à 10 µm
Nombre d'épisodes de pollution : 3

Type de dépassement	Nombre	Dates
Seuil d'information et de recommandation	3	22 février / 23 février / 27 juin
Seuil d'alerte	0	-

Dioxyde d'azote**Nombre d'épisodes de pollution : 0**

Type de dépassement	Nombre	Dates
Seuil d'information et de recommandation	0	-
Seuil d'alerte	0	-

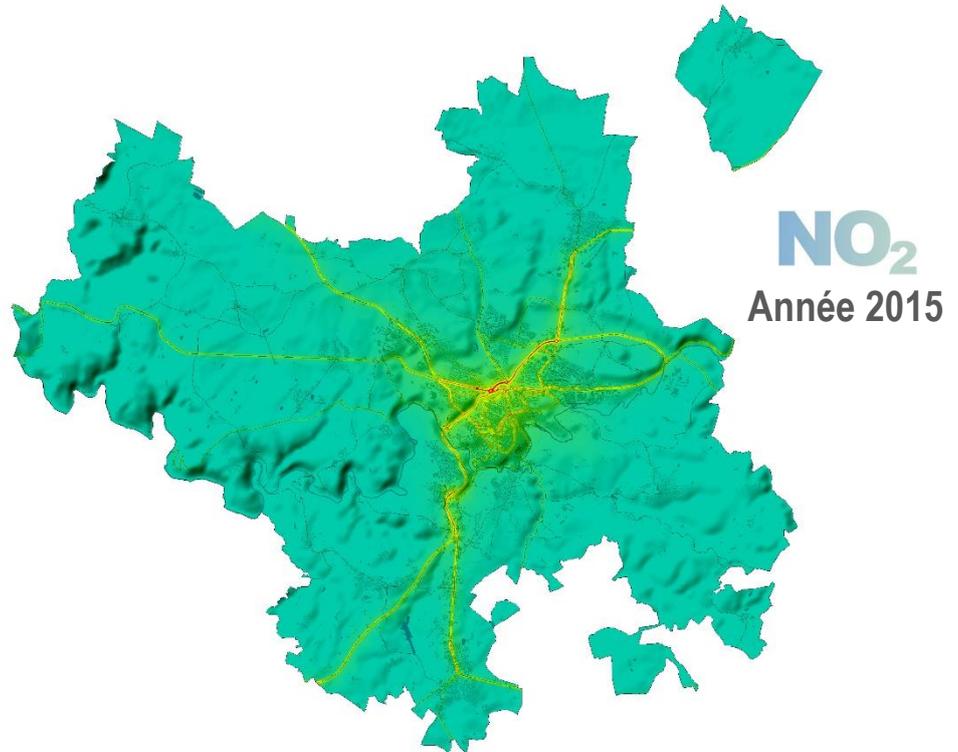
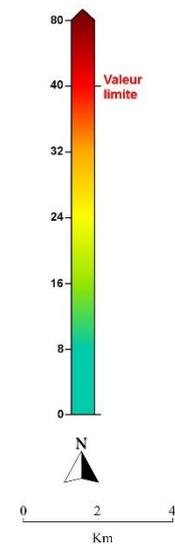
Ozone**Nombre d'épisodes de pollution : 0**

Type de dépassement	Nombre	Dates
Seuil d'information et de recommandation	0	-
Seuil d'alerte	0	-

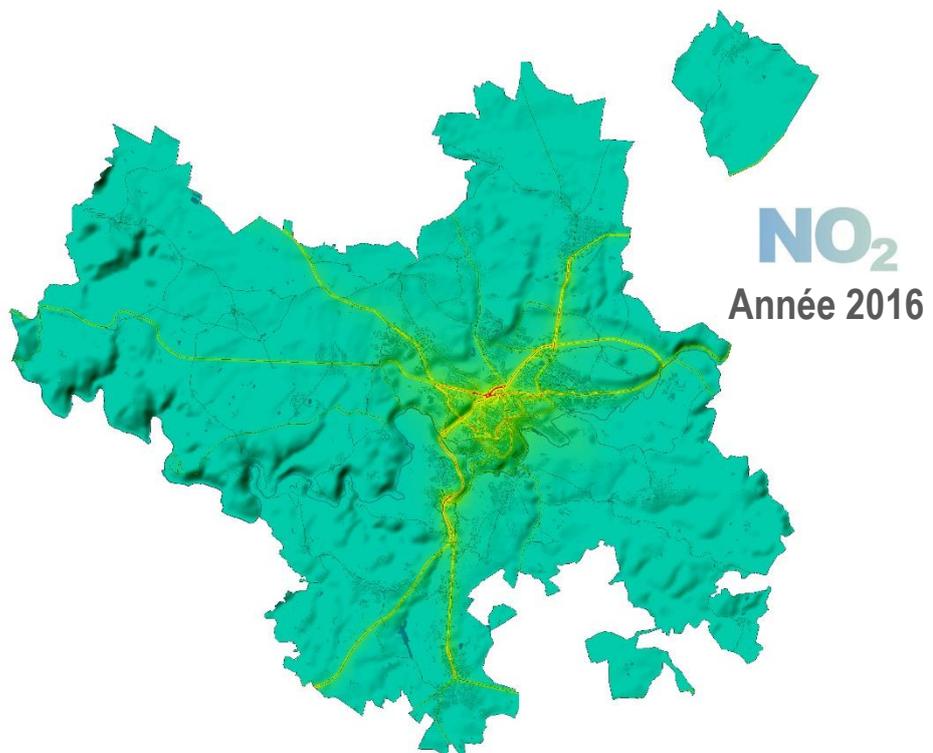
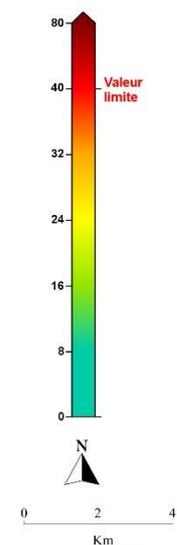
ANNEXE 2 : Concentrations moyennes annuelles sur Rodez Agglomération, années 2015 à 2017

DIOXYDE D'AZOTE

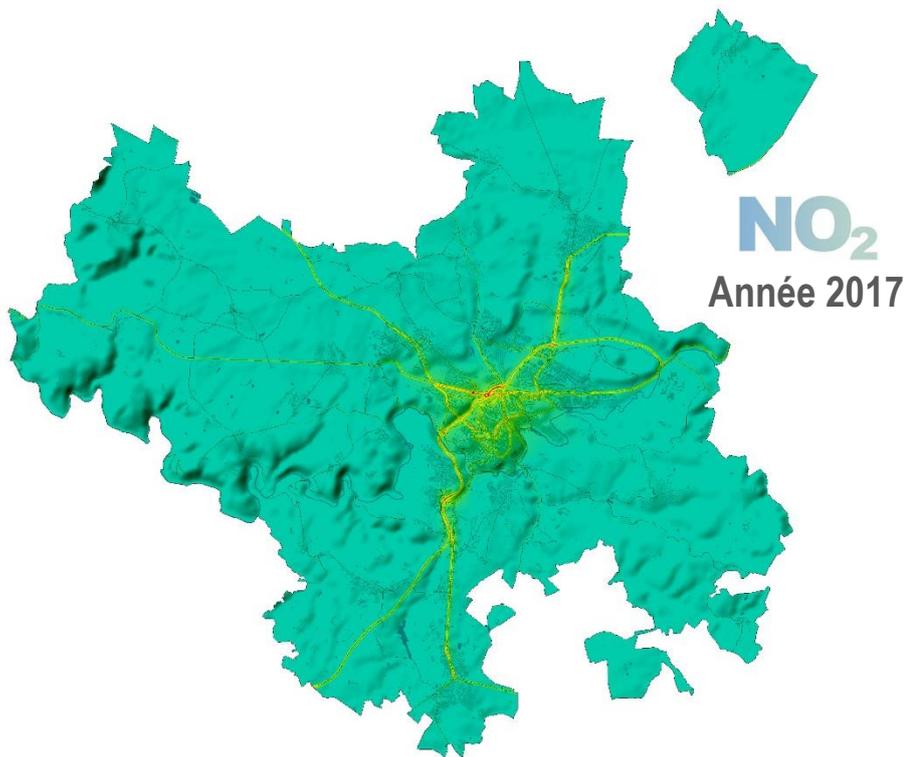
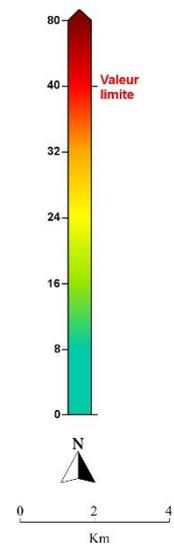
Situation du NO₂ pour la protection de la santé
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2015



Situation du NO₂ pour la protection de la santé
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2016

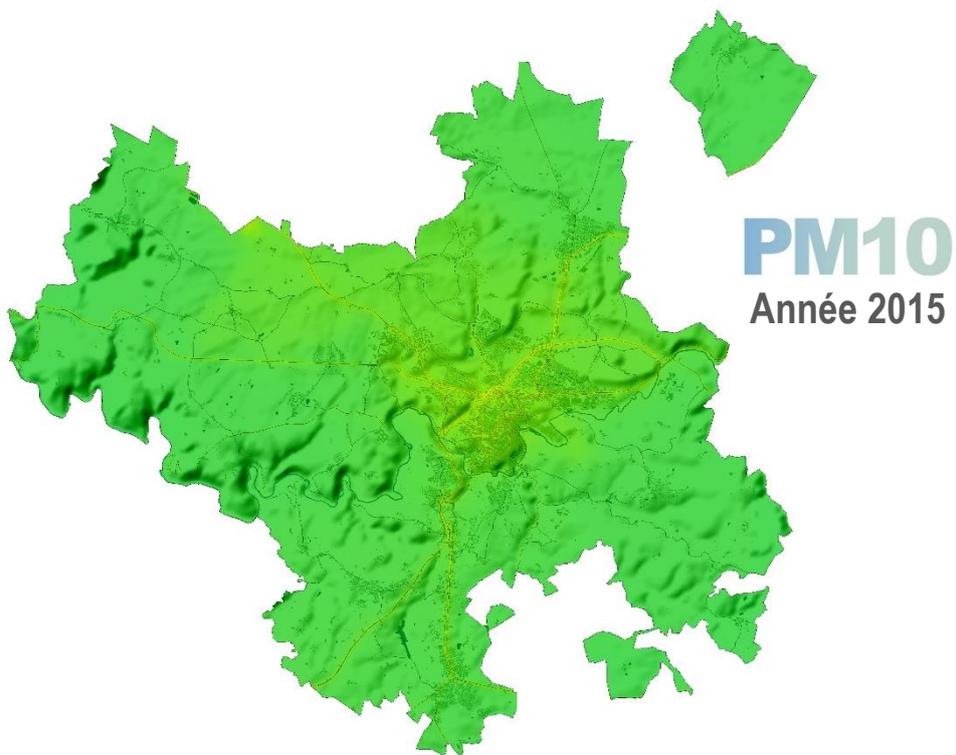
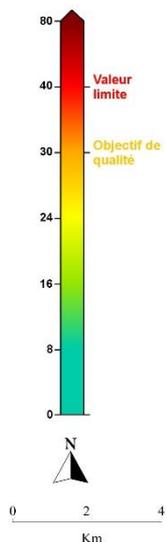


Situation du NO_2 pour la protection de la **santé**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2017

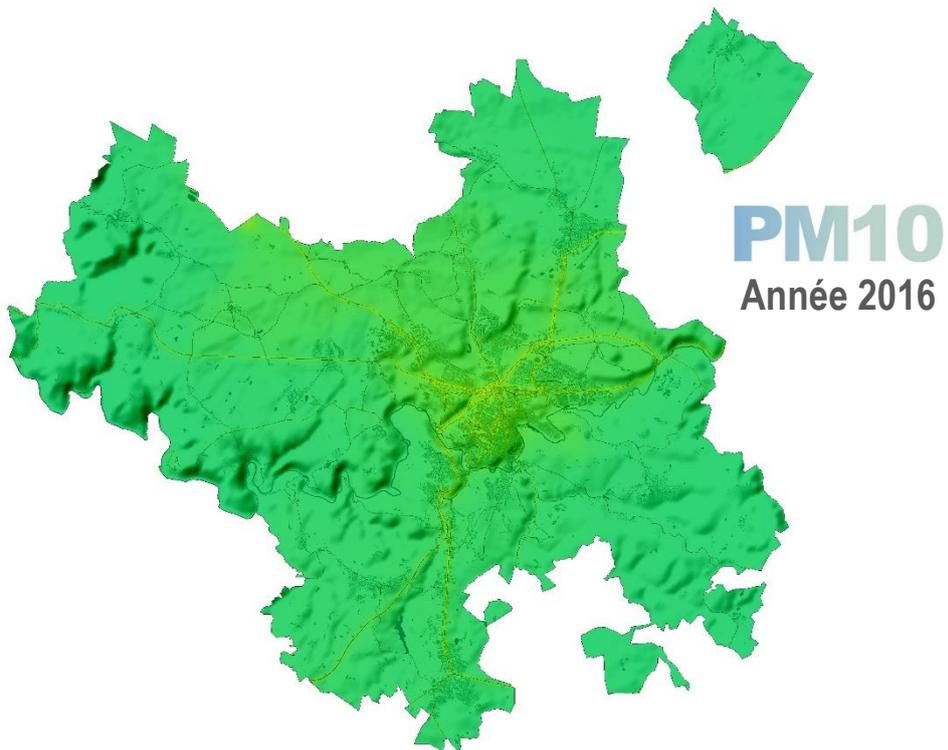
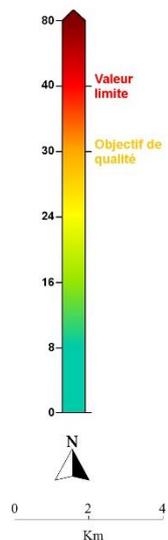


PARTICULES PM10

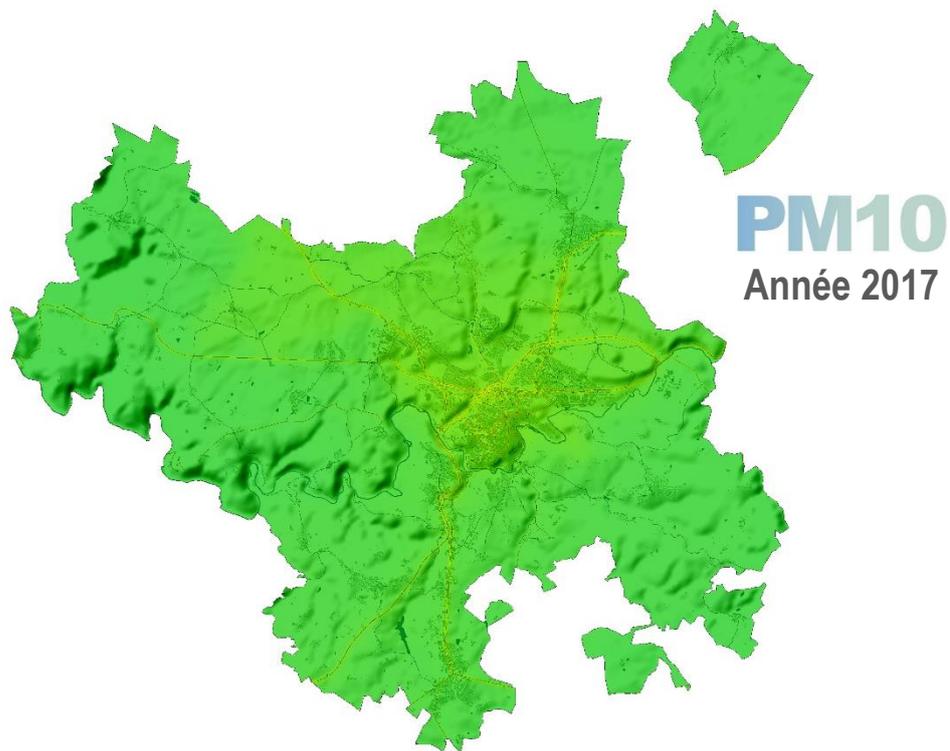
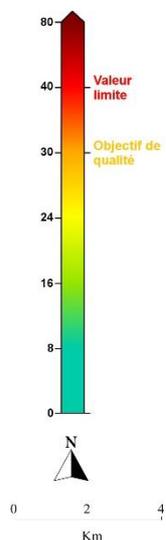
Situation des PM_{10} pour la protection de la **santé**
(en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Moyenne annuelle)
2015



Situation des PM₁₀ pour la protection de la **santé**
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2016



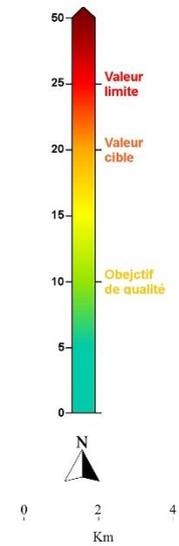
Situation des PM₁₀ pour la protection de la **santé**
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2017



PARTICULES PM_{2,5}

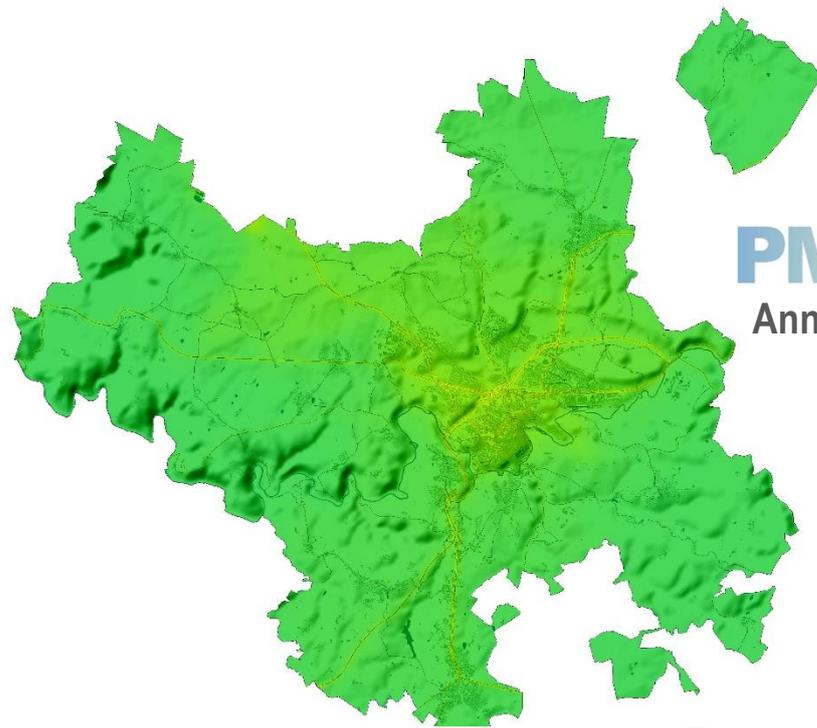
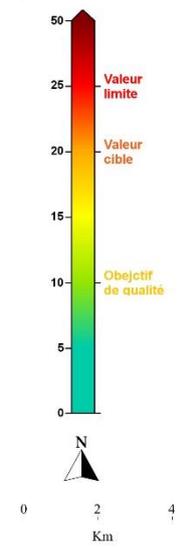
Situation des PM_{2,5} pour la protection de la santé (en µg/m³ - Moyenne annuelle)

2015

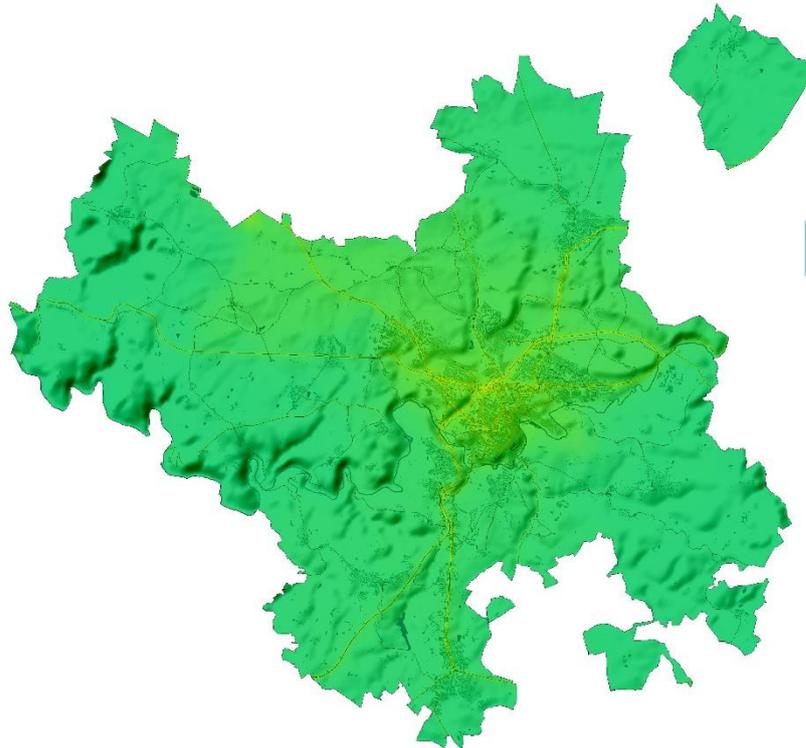


Situation des PM_{2,5} pour la protection de la santé (en µg/m³ - Moyenne annuelle)

2016

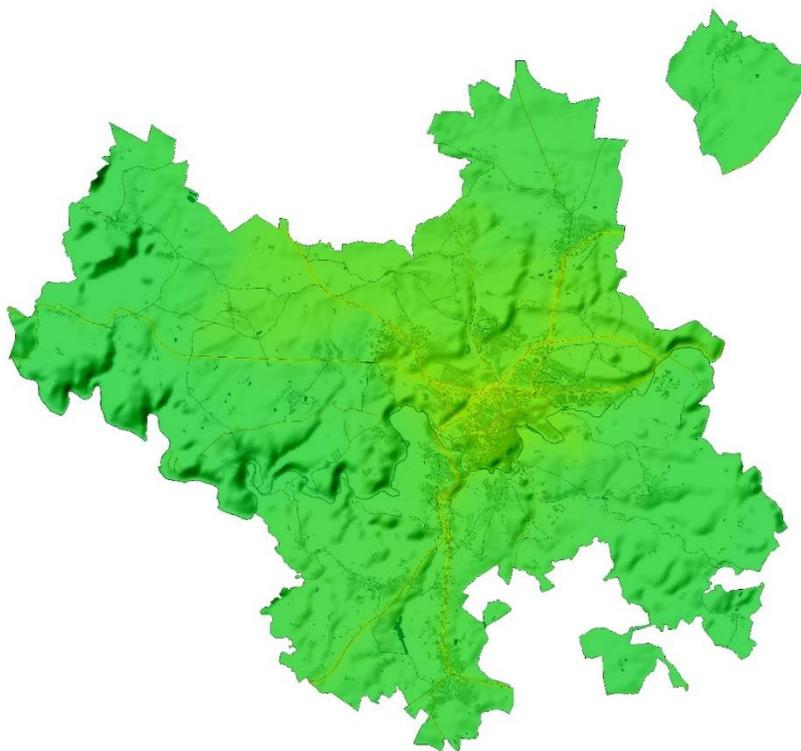
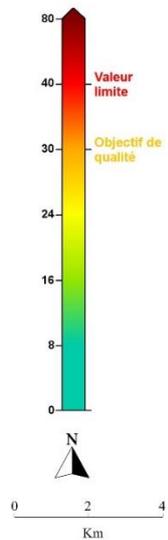


PM_{2.5}
Année 2015



PM_{2.5}
Année 2016

Situation des PM₁₀ pour
la protection de la **santé**
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2017



PM2.5
Année 2017

ANNEXE 3 : Résultats de la campagne de mesures par échantillonneurs passifs

Contexte

En complément de la station urbaine Camonil implantée sur la commune de Rodez depuis 2016 et afin de caractériser plus précisément la qualité de l'air sur l'ensemble de Rodez agglomération, des campagnes de mesures ont été menées par échantillonneurs passifs. Ainsi, en 2017 et 2018, Atmo Occitanie a réalisé quatre campagnes de 15 jours de mesures du dioxyde d'azote (NO₂) réparties sur les quatre saisons sur 40 sites par échantillonneurs passifs. Ces échantillonneurs passifs, après analyse en laboratoire, fournissent une concentration moyenne sur l'ensemble du temps d'exposition.

Dioxyde d'azote – Périodes des campagnes de mesures

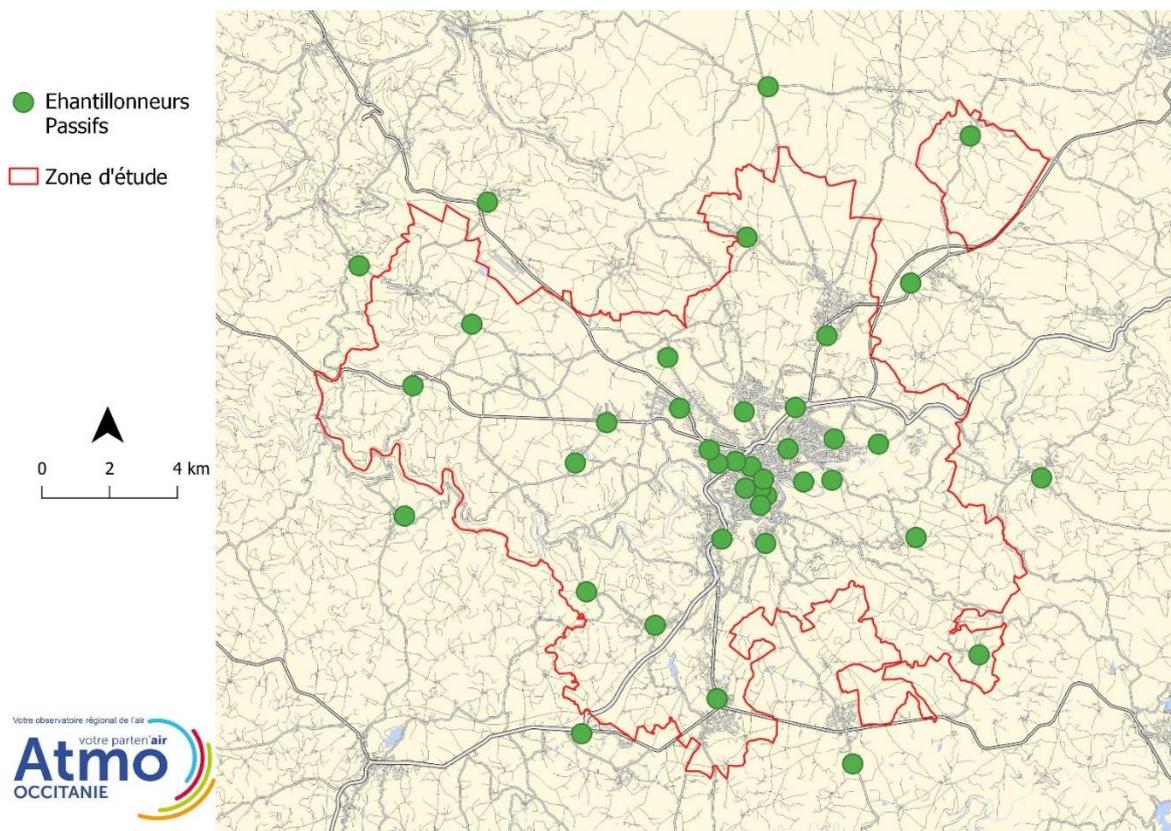
Mesures par échantillonneurs passifs
Du 07/12/2017 au 21/12/2017
Du 16/05/2018 au 30/05/2018
Du 26/07/2018 au 10/08/2018
Du 11/10/2018 au 25/10/2018

Ces campagnes de mesures ont permis d'évaluer les concentrations en NO₂ sur une période de mesures. Les **concentrations annuelles ont ensuite été estimées** selon la méthode d'adaptation statistique des mesures. Les méthodologies d'exploitation des mesures pour la modélisation des émissions et la cartographie des niveaux de pollution, sont décrites en **annexe 3**.

Les concentrations annuelles estimées de l'année 2019 sont indiquées ci-dessous. Elles sont comparées à celle obtenue par la **station mobile** de mesures automatiques multi-polluants qui a été implantée temporairement, en proximité du trafic le long de la route d'Espalion sur la commune d'Onet le Chateau, pour une durée de 6 mois.

La carte suivante illustre la localisation des échantillonneurs passifs.

Position des échantillonneurs passifs sur le domaine d'étude, campagne de mesures



Concentrations évaluées en NO₂ en 2019

Les niveaux annuels en NO₂ ont été évalués à l'aide de la station mobile implantée à Onet le Château et des échantillonneurs passifs positionnés sur 25 sites de fond urbain et 15 sites trafic.

Dioxyde d'azote – valeurs annuelles estimées

	Onet le Château	Échantillonneurs passifs	
Concentration moyenne annuelle 2019	15 µg/m ³	Moyenne des 40 sites	13 µg/m ³
		25 fond urbain	8 µg/m ³
		15 proximité trafic	22 µg/m ³

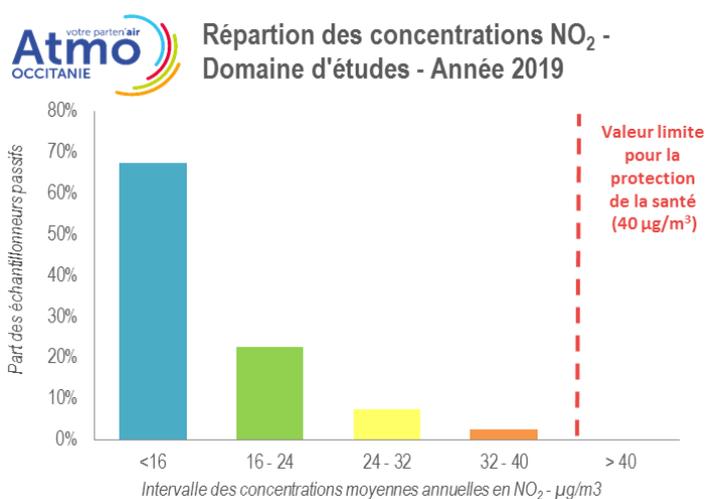
Le tableau ci-dessous décrit les statistiques issues des concentrations moyennes en NO₂ estimées sur l'année 2019. Il met en évidence des variations de concentrations importantes entre les sites de fond et les sites de proximité trafic.

En proximité trafic, la turbulence atmosphérique est importante, donc les concentrations sont plus hétérogènes qu'en situation de fond urbain ; d'où l'écart-type plus élevé.

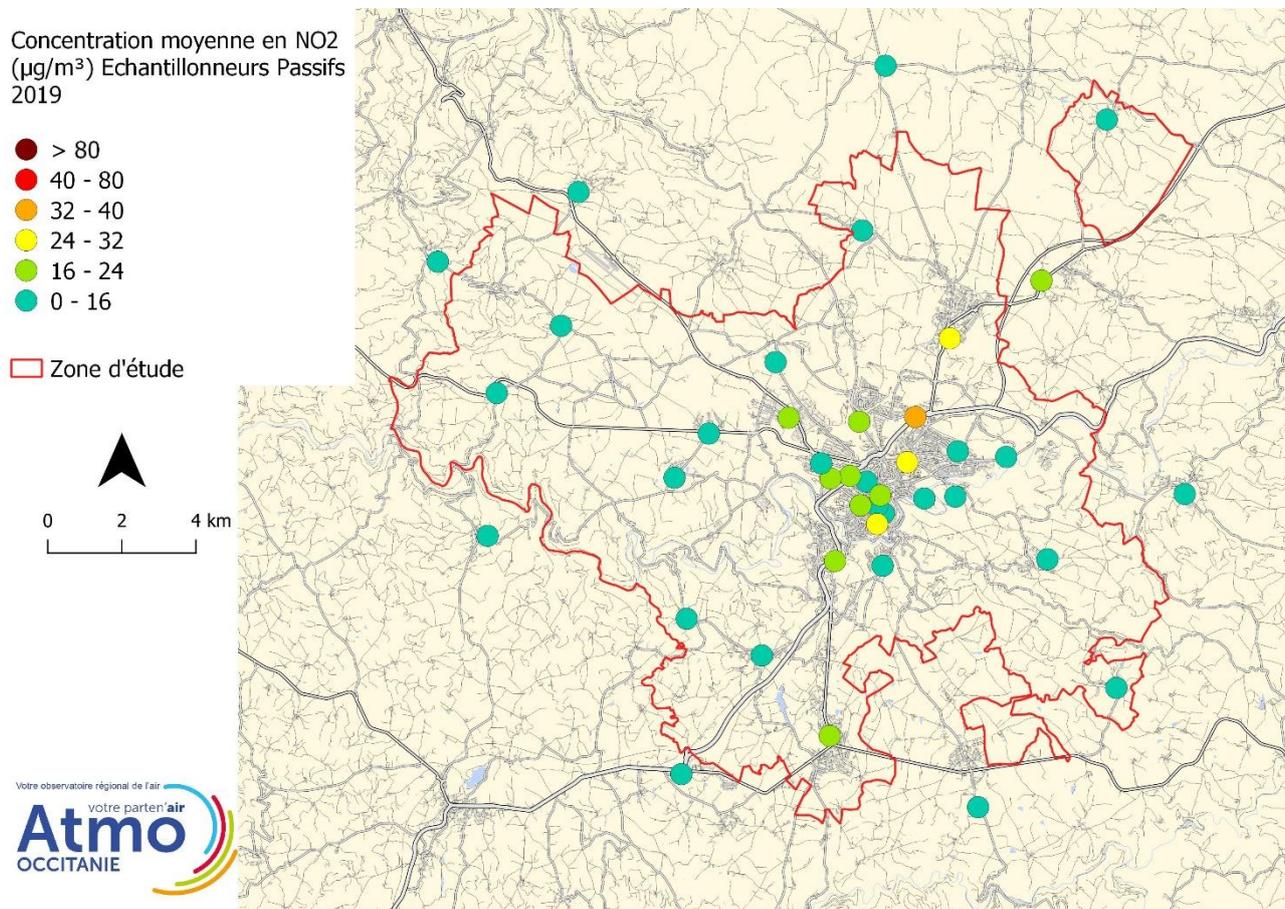
Dioxyde d'azote – Statistiques sur les concentrations par échantillonneur passif

	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Écart-type
Sites de fond	4 µg/m ³	14 µg/m ³	8 µg/m ³	7 µg/m ³	± 3 µg/m ³
Sites de proximité trafic	15 µg/m ³	38 µg/m ³	22 µg/m ³	20 µg/m ³	± 6 µg/m ³

Le graphe ci-contre met en évidence la dispersion des concentrations des échantillonneurs passifs sur les sites de mesures choisis. De répartition hétérogène sur l'ensemble du territoire de Rodez Agglomération, les concentrations sont toutes inférieures à la valeur limite de protection de la santé fixée à 40 µg/m³.



La carte ci-dessous présente les concentrations annuelles. La concentration annuelle en NO₂ la plus élevée est mesurée à Onet le Château au niveau du rond point de Saint-Marc. Avec 38 µg/m³, elle est proche de la valeur limite pour la protection de la santé.



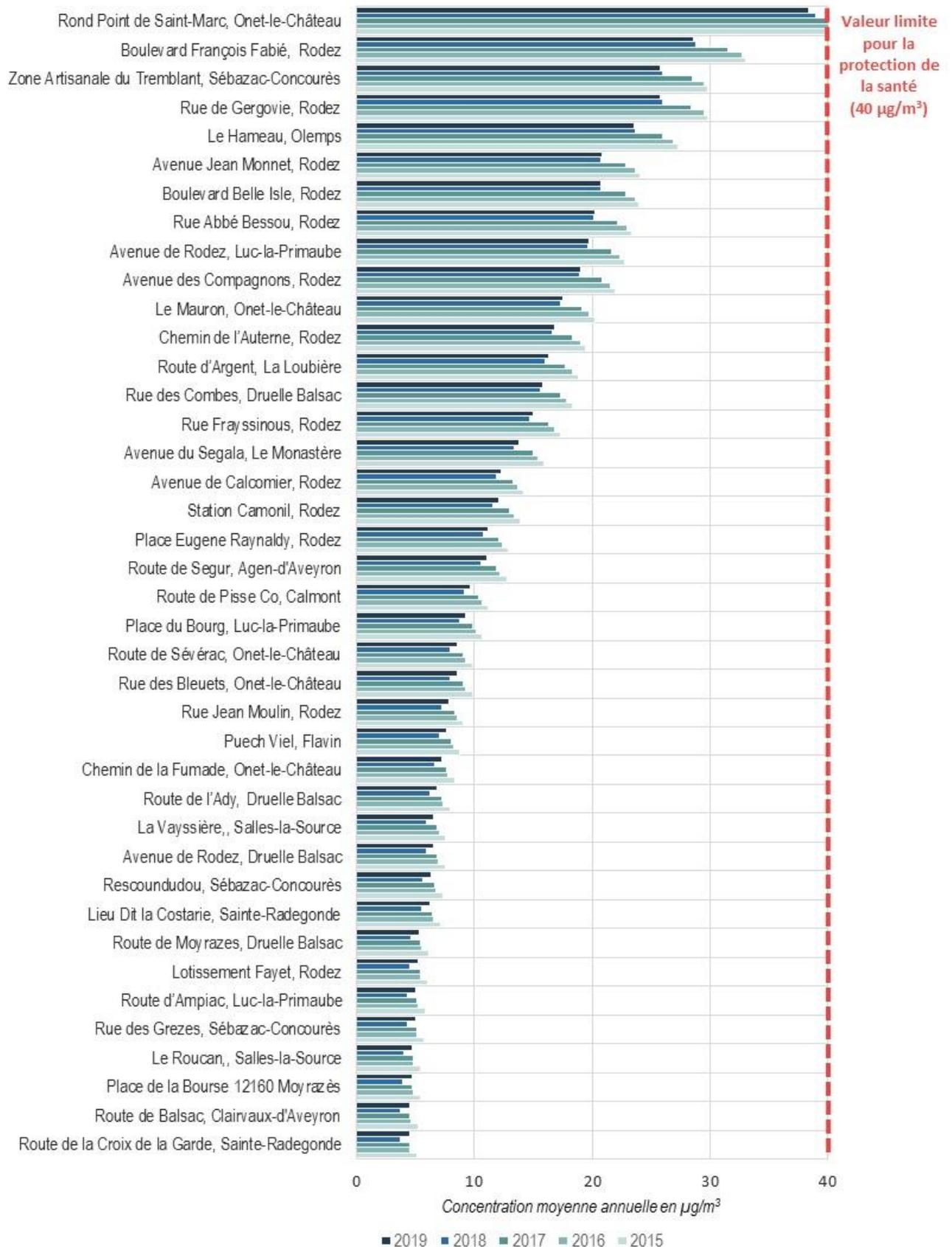
Évolution des concentrations évaluées en NO₂ entre 2015 et 2019

Les campagnes par échantillonneurs passifs positionnés sur 25 sites de fond urbain et 15 sites trafic ont permis d'évaluer les niveaux annuels de NO₂ de 2015 à 2019. Pour chaque site de mesures, les concentrations annuelles évaluées sont présentées ci-dessous. Entre 2015 et 2019, les concentrations tendent à diminuer sur l'ensemble des sites de mesure.

Entre 2015 et 2017, la concentration annuelle évaluée à Onet le Château au niveau du rond point de Saint-Marc est supérieure à la valeur limite pour la protection de la santé humaine.



DIOXYDE D'AZOTE - Évolution des concentrations et situation vis à vis de la protection de la santé



ANNEXE 4 : Méthodologie de l'inventaire, de la modélisation et de la cartographie

L'inventaire des émissions

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Avec :

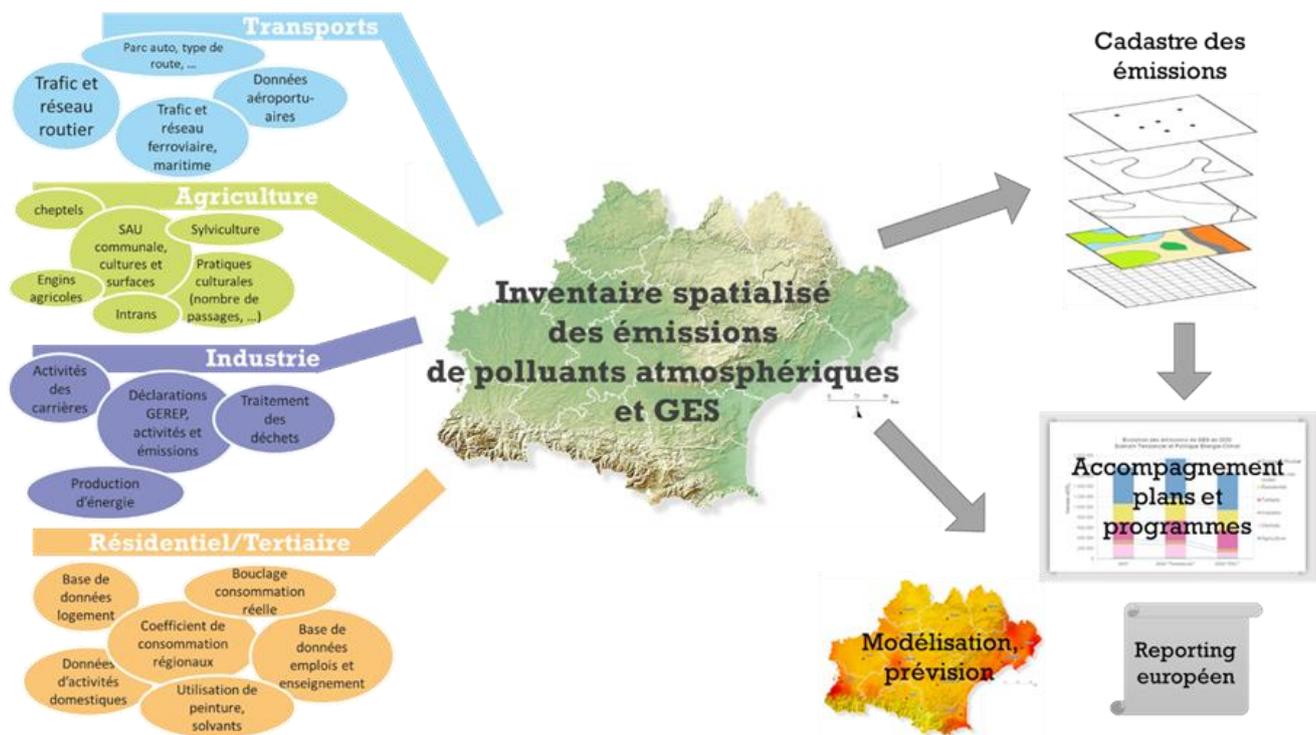
E : émission relative à la substance « s » et à l'activité « a » pendant le temps « t »

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

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

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

Organigramme de la méthodologie de l'inventaire des émissions



Chaque source d'émissions est géo-localisée soit comme une :

- Source ponctuelle,
- Source surfacique,
- Source linéique,

dépendant du type de données disponibles en fonction de la source d'émissions considérée.

Ainsi, le secteur du transport routier est défini comme une source linéique, le secteur industriel comme une source ponctuelle et les secteurs résidentiel/tertiaire ainsi que l'agriculture sont représentés comme des sources surfaciques.

Hypothèses de calcul des émissions

L'ensemble des éléments utilisés pour la modélisation de la dispersion du dioxyde d'azote et des particules PM10 et PM2,5 sont produits à l'aide de l'Inventaire des émissions - Atmo Occitanie - ATMO_IRSV4_Occ_2008_2018.

Cette version prend en compte de nombreuses évolutions méthodologiques et une actualisation des données d'entrée nécessaires aux calculs, secteur par secteur. Elle intègre ainsi la dernière version des facteurs d'émissions nationaux donnés par le CITEPA (Réf. : CITEPA, 2020. Rapport OMINEA –17ème édition). Cette évolution permet de prendre en compte les facteurs d'émissions les plus récents et les plus à jour possible pour l'ensemble des activités émettrices sur la région Occitanie.

Secteur du transport routier

Le trafic routier est aujourd'hui l'une des principales sources de pollution atmosphérique. Il est présent sur l'ensemble du territoire et présente une forte variation horaire, journalière et mensuelle. Le calcul des émissions liées au trafic demande de prendre en compte un grand nombre de paramètres et de recueillir des informations et des données venant de sources différentes.

Les émissions associées aux transports routiers sont liées à plusieurs types de phénomènes qui peuvent être classés dans trois catégories :

- Les émissions liées à la combustion du carburant dans les moteurs,
- Les émissions liées à l'usure de la route et de divers organes des véhicules (embrayage, freins, pneumatique),
- Les émissions liées aux ré-envol des particules, déposées sur la voie, au passage d'un autre véhicule.

Plusieurs types de paramètres sont indispensables pour calculer les émissions du transport routier :

Les paramètres de voiries :

- Type de voies (autoroute, nationale, départementale, ...),
- Vitesse maximale autorisée de la voie,
- Saturation de la voie (permet la prise en compte des embouteillages),
- Nombre de véhicules jour,
- Pourcentage de poids lourds.

Les facteurs d'émissions, calculés en fonction du parc roulant (données CITEPA), des vitesses de circulation, et du type de véhicules suivant la méthodologie COPERT V,

Les profils temporels, permettant de prendre en compte les variations horaires, journalières et mensuelles du trafic.

Le calcul des émissions pour le trafic routier se fait en deux temps : la majeure partie du réseau routier est traité linéairement en tenant compte de la configuration de la route, du type de route et du trafic réel parcourant ce réseau. Le trafic secondaire est quant à lui estimé grâce à la prise en compte de la typologie des communes (population, bassins d'emplois, ...) et des trajets effectués à l'intérieur des celles-ci.

Le réseau structurant représente les grands axes de circulation pour lesquels il existe des données de comptage fournies par les partenaires d'Atmo Occitanie (Conseils départementaux ASF, DIRSO, DIRMC, Collectivités, modèles trafic (CAMINO-T), etc.). Sur ces axes les émissions sont calculées en fonction du trafic moyen journalier annuel (TMJA), de la vitesse autorisée et de la composition des véhicules pour chaque heure de la semaine en prenant en compte les surémissions liées aux ralentissements aux heures de pointe.

Les émissions liées à la circulation sur le reste du réseau routier (réseau secondaire) sont calculées en prenant en compte les caractéristiques communales (commune rurale, en périphérie, ...), la population, le nombre d'actifs et les données des enquêtes déplacements.

L'ensemble du réseau structurant est réparti en tronçons (portions de routes homogènes en terme de trafic et de vitesses). Les tronçons sont considérés comme sources de polluants de type linéaires. Les émissions du réseau secondaire sont surfaciques.

Les derniers facteurs d'émissions de COPERT ainsi que la dernière version du parc roulant CITEPA (version janv. 2020) ont été utilisés pour le calcul des émissions.

Autres secteurs d'activité

L'industrie

Les émissions issues du secteur industriel sont déterminées d'une part à partir des déclarations annuelles d'émissions faites auprès de la DREAL (base Installations Classées Pour l'Environnement) et d'autre part à partir des données relatives aux emplois par secteurs d'activité (INSEE). Pour les polluants pour lesquels les informations ne sont pas disponibles, Atmo Occitanie calcule une estimation de ces émissions à partir de caractéristiques de l'activité (consommation énergétique, production, etc.) du site, et de facteurs d'émissions provenant du guide OMINEA du CITEPA.

Les activités des carrières, des chantiers et travaux de BTP sont prise en compte grâce aux quantités d'extraction et surface permettant de calculer les émissions de particules fines.

Le résidentiel / tertiaire

Les émissions sont essentiellement dues aux dispositifs de chauffage et ont été déterminées à partir des données INSEE concernant les logements et les ménages ; la consommation des ménages est alors estimée par type de logement, par combustible, et un bouclage énergétique est réalisé grâce aux données locales de l'énergie, disponibles au niveau communal.

Les données relatives aux chaufferies biomasse alimentant des bâtiments résidentiels et tertiaires sont aussi prises en compte comme données réelles. Elles permettent d'affiner pour les communes concernées la connaissance de la consommation locale de bois-énergie.

L'agriculture

Atmo Occitanie utilise les données issues du recensement agricole réalisé par l'AGRESTE et les données issues des Statistiques Agricoles Annuelles, permettant d'accéder à une donnée communale précise des répartitions de cheptels et de cultures sur un territoire. Elles permettent ainsi de disperser des données d'activités agricoles à l'échelle communale sur l'ensemble de la région. La culture des sols engendre, au-delà des émissions liées à l'utilisation de machines munies de moteurs thermiques, des émissions dues aux labours des sols et aux réactions consécutives à l'utilisation de fertilisants. L'élevage se traduit par des émissions liées, d'une part, à la fermentation entérique et, d'autre part, aux réactions chimiques engendrées par les déjections animales.

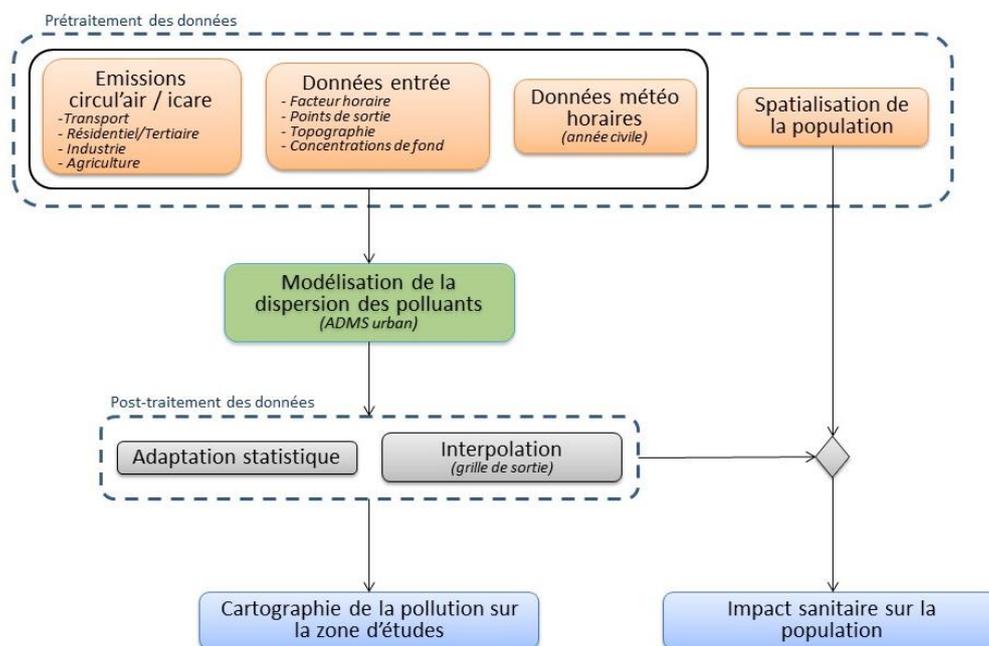
Le transport hors trafic routier

Les émissions dues au trafic ferroviaire sont estimées pour les communes traversées par les lignes de chemin de fer et selon les données disponibles (SNCF Réseau, ...).

Modélisation de la dispersion des polluants

Principe de la méthode

Méthodologie utilisée pour la modélisation de la dispersion à fine échelle sur la zone d'études



Le modèle ADMS-Urban permet de simuler la dispersion des polluants atmosphériques issus d'une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques, surfaciques ou volumiques selon des formulations gaussiennes.

Ce logiciel permet de décrire de façon simplifiée les phénomènes complexes de dispersion des polluants atmosphériques. Il est basé sur l'utilisation d'un modèle Gaussien et prend en compte la topographie du terrain de manière assez simplifiée, ainsi que la spécificité des mesures météorologiques (notamment pour décrire l'évolution de la couche limite).

Le principe du logiciel est de simuler heure par heure la dispersion des polluants dans un domaine d'étude sur une année entière, en utilisant des chroniques météorologiques réelles représentatives du site. A partir de cette simulation, les concentrations des polluants au sol sont calculées et des statistiques conformes aux réglementations en vigueur (notamment annuelles) sont élaborées. L'utilisation de données météorologiques horaires sur une année permet en outre au modèle de pouvoir calculer les percentiles relatifs à la réglementation.

Le logiciel ADMS-Urban est un modèle gaussien statistique cartésien. Le programme effectue les calculs de dispersion individuellement pour chacune des sources (ponctuelles, linéiques et surfaciques) et somme pour chaque espèce les contributions de toutes les sources de même type.

Pour le dioxyde d'azote, les émissions introduites dans ADMS-Urban concernent les NOx. Or seule une partie de NOx est oxydée en NO₂ en sortie des pots d'échappement. L'estimation des concentrations en dioxyde d'azote (NO₂) à partir de celles d'oxydes d'azote (NOx) est réalisée par le biais de 2 types de module intégrés dans le logiciel ADMS-Urban.

Les données d'entrée du modèle hors déplacements routiers

L'objet de cette section est de présenter la méthodologie utilisée pour agréger les données nécessaires à la modélisation fine échelle sur la zone d'études.

Les données intégrées

Facteurs horaires

Les données de sortie d'émissions sont des données annuelles et/ou horaires sur une année civile complète.

Un facteur horaire moyen par type de voiries et par jour de la semaine est attribué à chaque axe routier pris en compte dans la modélisation. Ce facteur horaire est calculé avec les émissions horaires du trafic linéique.

Un facteur horaire constant est utilisé pour le secteur industriel.

Un facteur horaire moyen sur la zone pour l'ensemble des émissions surfaciques (trafic surfacique, résidentiel/tertiaire, agriculture) est calculé. Ce calcul provient d'une moyenne pondérée entre les émissions horaires du trafic routier et celles du secteur résidentiel tertiaire sur l'ensemble du domaine d'études.

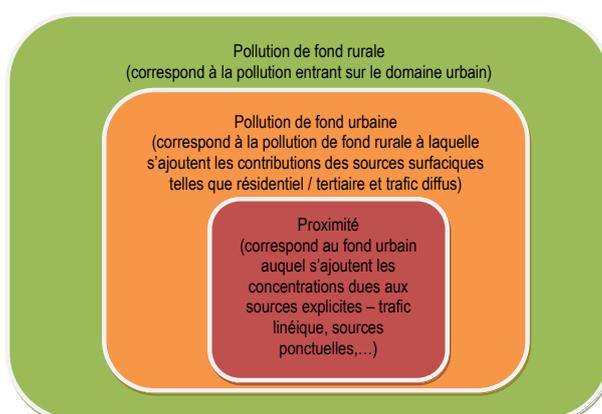
Topographie

La topographie n'a pas été intégrée dans cette modélisation.

Pollution de fond

Les choix de caractérisation de la pollution de fond et des sources d'émissions complémentaires au trafic routier à intégrer au modèle sont des étapes déterminantes dans une étude de modélisation en milieu urbain. Pour réaliser ces choix, il est tout d'abord essentiel de comprendre les différentes contributions régionales et locales dans la structure de la pollution urbaine. Celles-ci peuvent ainsi être décrites par le schéma suivant.

Principales échelles de pollution en milieu urbain



Lorsque l'on s'intéresse à la pollution de fond urbaine au sens d'un modèle, celle-ci diffère sensiblement du fond urbain mesuré par les capteurs. En effet, au sens du modèle, la pollution de fond correspond à la pollution entrant sur le domaine modélisé. Les capteurs pour leur part, lorsqu'ils sont installés sur ce domaine, ne permettent pas de soustraire l'ensemble des sources locales. Ainsi la pollution de fond issue de la station rurale

Peyrusse-Vieille dans le Gers est utilisée. Les biais potentiels quant à cette pollution de fond sont ensuite corrigés grâce à l'adaptation statistique.

Données météorologiques

La modélisation est réalisée pour obtenir des concentrations horaires. Les calculs de dispersion ont donc été menés à partir des mesures horaires de plusieurs paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, couverture nuageuse, température, etc.) fournies par la station météorologique de Toulouse-Blagnac, station la plus proche de la zone d'études et pour l'année 2017.

Spatialisation de la population

La législation européenne sur la surveillance de la qualité de l'air requiert la cartographie des zones géographiques de dépassement d'une valeur limite et l'estimation du nombre d'habitants exposés au dépassement. Les cartographies des populations exposées à la pollution de l'air ambiant nécessitent deux variables : les concentrations de polluant d'une part et la population d'autre part, ainsi qu'une méthodologie permettant de croiser ces deux informations. Le LCSQA a été chargé de travailler sur cette problématique afin d'harmoniser les méthodes employées en France dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'air. Il a ainsi développé une approche adaptée à toutes les résolutions spatiales rencontrées pour une étude de la qualité de l'air. La méthode de spatialisation nommée « MAJIC » permet une description très fine de la population à une échelle locale.

Les données des locaux d'habitation de la base MAJIC foncière délivrée par la DGFIP sont croisées avec des bases de données spatiales de l'IGN et les statistiques de population de l'INSEE pour estimer un nombre d'habitants dans chaque bâtiment d'un département. Cette méthodologie garantit ainsi une homogénéité des données de population spatialisées utilisées dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air, que ce soit au niveau local ou au niveau national. Le LCSQA assure la mise en œuvre de cette approche et met à disposition des AASQA les données spatiales de la population qui en sont issues.

La version utilisée dans ce rapport est la version disponible pour l'année 2015. Les données de population sont considérées constantes pour toutes les situations présentées.

Post traitement de la modélisation

Adaptation statistique de données

Les sorties brutes de modèles de dispersion tels qu'ADMS correspondent rarement à la réalité des concentrations mesurées. En effet, différents effets sont difficilement pris en compte par la modélisation :

Les surémissions de certains polluants dues à des bouchons suite à un accident

La pollution de fond sur laquelle vient s'ajouter la dispersion des sources prises en compte (trafic routier, industrie, chauffage, etc.). En effet l'évolution de la pollution de fond entre deux heures consécutives est difficilement prise en compte par les modèles de dispersion. L'apport de pollution provenant de l'extérieur de la zone de modélisation.

Ces différents points sont les sources principales de différence entre les sorties brutes de la modélisation et les mesures. L'hypothèse retenue dans cette méthodologie est que cette différence est homogène sur la zone

d'étude et peut être représentée par un biais moyen horaire. Le but de l'adaptation statistique est donc d'estimer ce biais moyen sur la zone pour chaque heure de l'année et pour chaque polluant.

Sur l'agglomération toulousaine, les stations de fond d'Atmo Occitanie sont utilisées pour estimer ce biais horaire.

Interpolation des données

Les données de sortie de modélisation ne sont pas spatialement homogènes dans le domaine d'études. Aussi avant de créer une cartographie des concentrations, une interpolation par pondération inverse à la distance est effectuée sur une grille régulière.

Cartographie et Impact sur les populations

Cartographie

Les cartes de dispersion de la pollution sont obtenues en géo référençant l'interpolation des données décrites précédemment avec un Système d'Information Géographique (SIG).

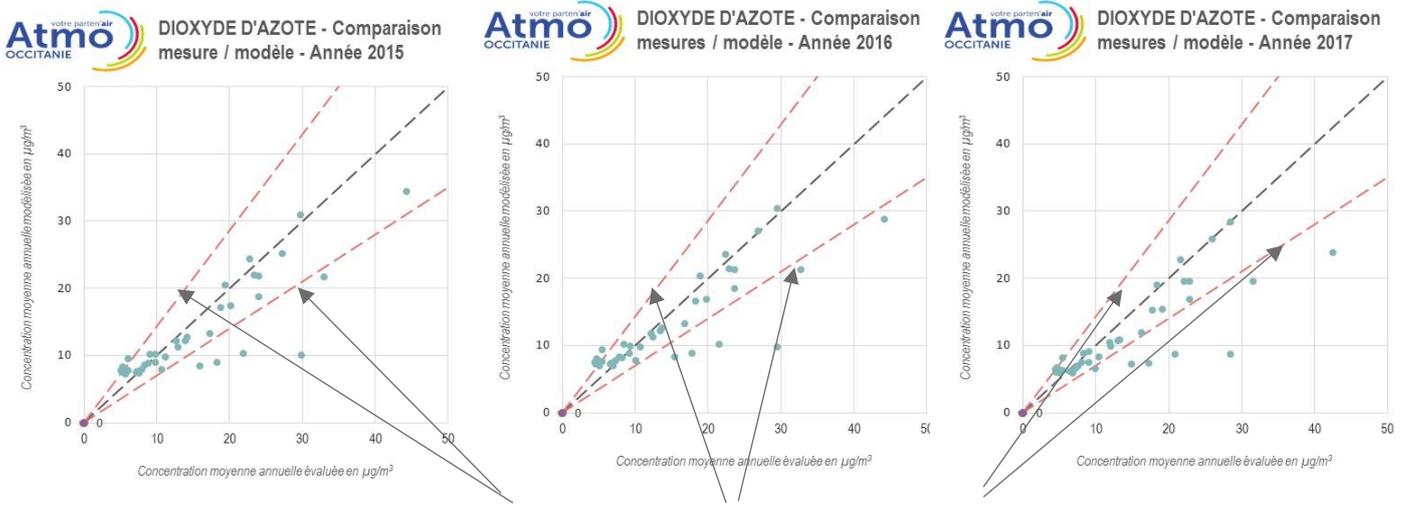
Les cartes issues du SIG permettent de suivre l'évolution de la pollution sur une zone donnée en comparant les cartes sur plusieurs années.

Impact sur les populations

Les concentrations interpolées de polluants dépassant les valeurs réglementaires sont croisées avec la base « MAJIC » qui fournit les données de population spatialisée.

ANNEXE 5 : Validation du modèle fine échelle

Un modèle performant



±30% d'incertitude fixée par la directive européenne

4

Indicateurs statistiques

Les critères statistiques utilisés pour valider le modèle ont été choisis en tenant compte des recommandations du faites par J.C. Chang et S. R. Hanna dans leurs mesures de la performance de modèles de qualité de l'air².

Dans le tableau ci-après, nous indiquons les performances statistiques du modèle relativement aux concentrations moyennes annuelles en NO₂ modélisées et observées sur le domaine d'études.

	Modèle - Année			Caractéristiques d'un modèle performant
	2015	2016	2017	
FB	0,13	0,13	0,21	-0.3 < FB < 0.3
MG	1,07	1,04	1,15	-0.7 < MG < 1.3
NMSE	0,32	0,35	0,41	NMSE <=2
VG	1,11	1,13	1,14	VG<1.6
FAC2	0,93	0,93	0,90	FAC2>0.5
r	09	0,8	0,8	R=1

² J.C Chang and S. R Hanna : Air quality model performance evaluation, Meteorology and Atmospheric Physics 87, 167-196 (2004)

Les valeurs proches de 0 du biais fractionnel (FB) indiquent qu'en moyenne, le modèle tend à bien estimer les valeurs observées.

NMSE permet de juger de l'erreur relative commise par le modèle. Plus NMSE est faible, plus les concentrations simulées par le modèle sont proches des observations. Les NMSE obtenus pour les modèles sont corrects.

L'indicateur logarithmique VG est autant sensible aux valeurs fortes qu'aux valeurs faibles. Proche de 1, l'écart entre mesure et observation est assez faible.

FAC2 renseigne sur la proportion des valeurs simulées à moins d'un facteur 2 des observations. 100% des valeurs simulées sont ainsi à moins d'un facteur 2 des observations.

La corrélation mesure la capacité du modèle à reproduire les variations temporelles des observations. Dans le cas du modèle MISKAM, **entre 80 et 90%** des concentrations modélisées sont corrélées avec les mesures.

La directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe fixe des objectifs de qualité pour les concentrations modélisées.

Pour le NO₂, l'erreur sur la moyenne annuelle doit être inférieure à ±30% sur les sites de fond. Cette incertitude est représentée par les lignes oranges sur le graphe. L'erreur sur la moyenne annuelle est calculée selon la formule suivante : $\text{Erreur} = \frac{-(\text{modèle} - \text{mesure})}{\text{mesure}}$. Pour les sites de fond, les erreurs sur la moyenne annuelle obtenues en NO₂ sont globalement inférieures à 30%.

Les critères de performance trouvés dans la littérature sont atteints pour le modèle utilisé lequel peut être considéré comme relativement performant. Les concentrations sont donc correctement modélisées

Principe de la méthode

Afin de vérifier la validité des résultats obtenus par la modélisation, nous avons utilisé des paramètres statistiques permettant de comparer les résultats de la modélisation aux résultats fournis par les échantillonneurs passifs.

Il existe dans la littérature de nombreux indicateurs ou outils de performance statistiques afin d'évaluer quantitativement la qualité d'un modèle de dispersion atmosphérique.

Le guide "evaluating the performance of Air Quality Models -3 juin 2010" du department for environment, food & Rural Affairs of United Kingdom recommande une certaine simplification et rationalisation en adoptant un nombre limité d'indicateurs statistiques.

Les indicateurs statistiques ont été choisis en suivant les recommandations faites par Chang et Hanna dans leurs mesures de la performance de modèles de qualité de l'air.

Les équations suivantes incluant le biais fractionnaire (FB), l'erreur quadratique moyenne normalisée (NMSE), la variance géométrique (VG), le coefficient de corrélation et la fraction de prédiction comprise dans un facteur 2 (FAC2) ont ainsi été utilisées :

Les performances des deux modèles sont évalués par les indicateurs statistiques suivants (formule indiquée ci-après) :

- le biais fractionnel (fractional bias) FB
- le biais moyen géométrique (MG),

- L'erreur quadratique normalisée ("normalized mean square error") NMSE,
- la variance géométrique (VG),
- Le coefficient de corrélation Corr,
- la fraction de prédiction comprise dans un facteur 2 FAC2.

Un modèle parfait aurait MG, VG, R et FAC2 = 1; et FB et NMSE = 0.

Notons que, d'après les conventions utilisées, les valeurs de FB sont négatives en cas de sur-estimation, et positives en cas de sous-estimation des valeurs.

Des critères de performances acceptables ont été développés dans Chang et Hanna [2004] et Hanna et al [2004] à partir de l'évaluation de nombreux modèles sur un grand nombre d'expériences.

Présentation des indicateurs statistiques utilisés

On utilise les notations suivantes :

- C_o : observation au temps i
- C_p : valeur modélisée au temps i
- N : nombre de couple de valeurs
- Les termes surmontés d'un trait désignent la moyenne temporelle de la grandeur indiquée.

Les différents paramètres présentés ici permettent de quantifier trois types d'erreur :

- l'erreur systématique, qui détermine si le modèle a tendance à sous-estimer ou surestimer globalement la réalité
- l'erreur locale, qui caractérise la "précision" des données du modèle (c'est à dire leur étalement autour de leur moyenne),
- l'erreur totale, qui caractérise la "justesse" globale des données du modèle par rapport à la réalité.

Il est intéressant lorsque l'on compare deux jeux de données de pouvoir estimer ces différents types d'erreur. Dans la suite, le type d'erreur que permet de quantifier chaque paramètre est indiqué.

FB : Biais fractionnel

$$FB = \frac{(\overline{C_o} - \overline{C_p})}{0.5 (\overline{C_o} + \overline{C_p})}$$

Signification : Le biais fractionnel est une normalisation de la valeur du biais. Ceci présente l'avantage de permettre la comparaison des valeurs de ce paramètre obtenues sur des échantillons différents. Ceci permet aussi de pouvoir interpréter la valeur du biais sans avoir à se référer aux données considérées : une même valeur de FB correspond à peu près au même type d'erreur quel que soit le cas étudié ou l'unité utilisée pour exprimer les grandeurs considérées.

Valeur recherchée : 0

Interprétation des valeurs : FB peut être positif ou négatif. Il est sans dimension. Si les valeurs observées et mesurées sont positives ou nulles (comme dans le cas de concentrations), FB est compris entre -2 et 2. Une valeur nulle indique que les données d'observations et les données modélisées ont la même moyenne. Le modèle est donc en mesure de bien restituer la valeur moyenne du paramètre considéré. Toutefois les écarts

peuvent être ponctuellement ou systématiquement très importants : il suffit que les écarts positifs compensent les écarts négatifs.

Une valeur positive implique, qu'en moyenne, le modèle sous estime la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus faible que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur supérieure à la mesure.

Une valeur négative implique qu'en moyenne, le modèle surestime globalement la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus forte que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur inférieure à la mesure.

Type d'erreur : systématique

NMSE : Normalised mean square error

$$\text{NMSE} = \frac{\overline{(C_o - C_p)^2}}{\overline{C_o} \cdot \overline{C_p}}$$

Signification : ce terme qualifie l'erreur totale existant entre observation et mesure. Il est normalisé ce qui présente l'avantage de permettre la comparaison des valeurs de ce paramètre obtenu sur des échantillons différents. Ceci permet aussi de pouvoir interpréter la valeur du NMSE sans avoir à se référer aux données considérées : une même valeur de NMSE correspond à peu près au même type d'erreur quel que soit le cas étudié ou l'unité utilisée pour exprimer les grandeurs considérées.

Valeur recherchée : 0

Interprétation des valeurs : La NMSE est une grandeur positive ou nulle. Elle est sans dimension. Si elle est nulle, les valeurs du modèle sont toutes égales aux valeurs observées. Plus la NMSE est grande, plus l'écart entre mesure et observation est grand. La NMSE ne donne toutefois pas d'indication sur la distribution de cette erreur. Une grande valeur de NMSE peut correspondre soit à un biais fort, soit à un écart type des erreurs fort, soit aux deux à la fois.

Type d'erreur : totale

MG : Geometric Mean Bias

$$\text{MG} = \exp \left(\overline{\ln C_o} - \overline{\ln C_p} \right)$$

Signification : MG est l'exponentielle du biais calculé à partir des logarithmes népériens des valeurs d'observations et des valeurs modélisées. Il donne le même type d'information que la valeur du biais. Toutefois les propriétés du logarithme font que ce paramètre est influencé par l'écart relatif entre les valeurs et non pas par l'écart brut.

Concrètement, pour une même erreur relative, le biais est plus sensible à un écart sur des valeurs fortes que sur des valeurs faibles car la même erreur relative conduira alors à un écart plus grand. MG sera aussi sensible à l'un qu'à l'autre.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : MG est une grandeur strictement positive. C'est un nombre sans dimension. Une valeur égale à 1 indique que les données d'observations et les données modélisées ont la même moyenne. Le modèle est donc en mesure de bien restituer la valeur moyenne du paramètre considéré. Toutefois les écarts peuvent être ponctuellement ou systématiquement très importants : il suffit que les écarts positifs compensent les écarts négatifs.

Une valeur supérieure 1 implique qu'en moyenne, le modèle sous estime la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus faible que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur supérieure à la mesure.

Une valeur inférieure à 1 implique, qu'en moyenne, le modèle surestime globalement la mesure : la moyenne des données issues du modèle est plus forte que celle des données mesurées. Toutefois ponctuellement, le modèle peut donner une valeur inférieure à la mesure.

Type d'erreur : systématique

VG : Geometric Mean Variance

$$VG = \exp \left[\overline{(\ln C_o - \ln C_p)^2} \right]$$

Signification : VG est l'exponentielle du carré du RMSE calculé à partir des logarithmes népériens des valeurs d'observations et des valeurs modélisées. Il donne le même type d'information que la valeur du RMSE.

Toutefois les propriétés du logarithme font que ce paramètre est influencé par l'écart relatif entre les valeurs et non pas par l'écart brut. Concrètement, pour une même erreur relative, le RMSE est beaucoup plus sensible à un écart sur des valeurs fortes que sur des valeurs faibles car la même erreur relative conduira alors à un écart plus grand. VG sera aussi sensible à l'un qu'à l'autre.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : VG est une grandeur supérieure ou égale à 1. C'est un nombre sans dimension. Si elle est égale à 1, les valeurs du modèle sont toutes égales aux valeurs observées. Plus VG est grand, plus l'écart entre mesure et observation est grand. La VG ne donne toutefois pas d'indication sur la distribution de cette erreur. Une grande valeur de VG peut correspondre soit à un biais fort, soit à un écart type des erreurs fort, soit aux deux à la fois.

Type d'erreur : locale

FAC2 :Factor of Two

$$FAC2 = \text{fraction of data that satisfy } 0.5 \leq \frac{C_p}{C_o} \leq 2.0$$

Signification : Le FAC2 représente la fraction des données simulées qui sont en accord avec les données mesurées à un facteur 2 près.

Valeur recherchée : 1

Interprétation des valeurs : FAC2 est une grandeur comprise entre 0 et 1. Il est sans dimension. Une valeur nulle indique qu'aucune des données modélisées ne se trouve dans l'intervalle cité plus haut. Une valeur égale à 1 implique que les inégalités citées plus haut sont vérifiées pour chacune des valeurs simulées. Elle ne garantit pas une adéquation parfaite entre mesure et observation.

Type d'erreur : totale

R : Coefficient de corrélation linéaire

$$R = \frac{\overline{(C_o - \overline{C_o})(C_p - \overline{C_p})}}{\sigma_{C_p} \sigma_{C_o}}$$

Signification : Ce paramètre permet de qualifier l'intensité de la liaison linéaire existante entre observation et valeur modélisée. Autrement dit, il évalue s'il existe une fonction affine du type $x_i = a \cdot x_i + b$ (avec a et b , 2 constantes) permettant une bonne restitution des valeurs des observations. D'un point de vue graphique, il permet de savoir s'il est possible de tracer une droite constituant une bonne approximation du nuage de points représentant les couples "observations/valeurs modélisées".

Valeur recherchée : 1 ou -1 (une valeur proche de -1 dénote toutefois un comportement étrange du modèle mais démontre sa bonne capacité de prévision moyennant une correction simple. Ce genre de cas met souvent en évidence une erreur grossière et facilement corrigable au sein du modèle, ou dans le traitement des données).

Interprétation des valeurs : R est toujours compris entre -1 et 1. Si la valeur absolue de R est égale à 1, l'ensemble des valeurs observées peut être calculé à partir des valeurs modélisées par l'application d'une fonction affine (facilement calculable). Autrement dit, il est possible de construire une droite passant exactement par l'ensemble des points correspondant aux couples "observations/valeurs modélisée". Le signe de R donne alors le signe de la pente de cette droite ou encore le sens de variation de la fonction linéaire reliant observation et modèle : croissante si R est positif, décroissante si R est négatif.

Une valeur égale à 0, implique une absence de liaison linéaire entre les deux séries de données (modélisées et mesurées) c'est à dire qu'il n'existe pas de fonction affine qui, appliquée aux données modélisées, permette une amélioration de l'estimation des valeurs observées.

Les valeurs intermédiaires traduisent une plus ou moins grande importance de la liaison linéaire existante entre les valeurs observées et les valeurs modélisées. Le signe de R donne alors le comportement relatif global des données modélisées et observées : si R est positif, les valeurs modélisées tendent à croître lorsque les valeurs observées croissent. L'inverse se produit lorsque R est négatif.

Type d'erreur : locale

ANNEXE 6 : Généralités sur les principaux polluants étudiés

Le dioxyde d'azote NO₂

Sources

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors des phénomènes de combustion. Le dioxyde d'azote est un polluant secondaire issu de l'oxydation du NO. Les sources principales sont les véhicules (près de 60%) et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffages...).

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

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Les particules PM₁₀, PM_{2,5}

PM = Particulate Matter (matière particulaire)

Sources

Les particules peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruption volcaniques, feux de forêt, érosion éolienne des sols, pollens ...) ou anthropique (liées à l'activité humaine). Dans ce cas, elles sont issues majoritairement de la combustion incomplète des combustibles fossiles (circulation automobile, centrale thermique, sidérurgie, cimenteries, incinération de déchets, manutention de produits pondéraux, minerais et matériaux).

Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les COV. On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM₁₀), à 2,5 microns (PM_{2.5}) et à 1 micron (PM₁).

Effets sur la santé

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

Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer également des effets cardio-vasculaires. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est notamment le cas de certaines particules émises par les moteurs diesel qui véhiculent certains hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM10 et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardiovasculaires.

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

Effets sur l'environnement

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

L'ozone O₃

Sources

L'ozone provient de la réaction des polluants primaires (issus de l'automobile ou des industries) en présence de rayonnement solaire et d'une température élevée. Il provoque toux, altérations pulmonaires, irritations oculaires.

Dans la troposphère (couche atmosphérique du sol à 10 km d'altitude en moyenne), l'ozone est un constituant naturel de l'atmosphère. Il devrait normalement être présent à des teneurs faibles, mais du fait des activités humaines, les niveaux d'ozone dans les basses couches peuvent être élevés à certaines périodes de l'année.

En milieu urbain, l'ozone n'est pas directement émis par les véhicules automobiles. Il est créé par réaction photochimique, lors d'interactions entre les rayonnements ultraviolets solaires et des polluants primaires précurseurs tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures et la famille des Composés Organiques Volatils (COV) présents dans les gaz d'échappement. Cet ozone s'ajoute à l'ozone naturel. Les concentrations en ozone dans l'atmosphère augmentent ainsi de 2% par an, il est maintenant considéré comme un polluant.

Les plus fortes concentrations se rencontrent lors de conditions de fort ensoleillement et de stagnation de l'air. Il se forme dans les zones polluées, puis est transporté. Dans les villes, à proximité des foyers de pollution, il est immédiatement détruit par interaction avec le monoxyde d'azote. Les pointes de pollution sont donc plus fréquentes en dehors des villes.

Les autres sources sont les photocopieuses, les lignes à haute tension ... Il est également utilisé dans l'industrie pour la désinfection des eaux potable et de piscines, la désodorisation de locaux industriels, la stérilisation du matériel chirurgical.

Effets sur la santé

Le seuil de perception olfactive est de $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'ozone est un gaz oxydant extrêmement réactif. Il exerce une action irritante locale sur les muqueuses oculaires et respiratoires, des bronches jusqu'aux alvéoles pulmonaires.

On observe une inflammation et une altération des fonctions pulmonaires dès $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant quelques heures. Les effets sont amplifiés par l'exercice physique.

Les atteintes oculaires apparaissent rapidement, pour des expositions de 400 à $1\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Effets sur l'environnement

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (le tabac et blé y sont particulièrement sensibles par exemple) et sur certains matériaux (caoutchouc). Il contribue à l'effet de serre et aux pluies acides.

ANNEXE 6 : Valeurs réglementaires 2019

Code de l'environnement

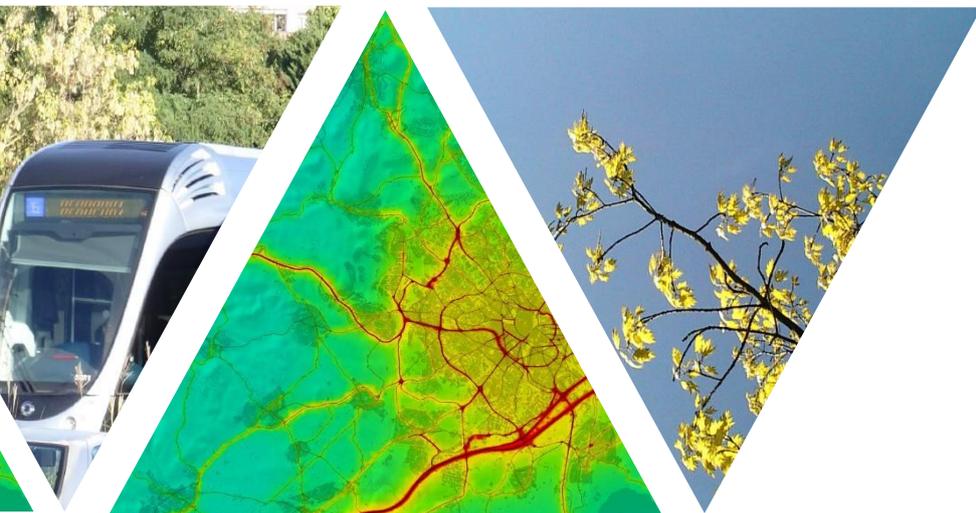
POLLUANT	TYPE	PÉRIODE	VALEUR	MODE DE CALCUL
Particules en suspension de diamètre < 10 Microns	●	Année civile	50 µg/m ³	35 jours de dépassement autorisés par année civile
		Année civile	40 µg/m ³	Moyenne
	●	Année civile	30 µg/m ³	Moyenne
Particules en suspension de diamètre < 2.5 Microns	●	Année civile	25 µg/m ³	Moyenne
	●	Année civile	20 µg/m ³	Moyenne
	●	Année civile	10 µg/m ³	Moyenne
Dioxyde d'azote	●	Année civile	200 µg/m ³	18 heures de dépassements autorisés par année civile
		Année civile	40 µg/m ³	Moyenne
	●	Année civile	30 µg/m ³ (Nox)	Moyenne
Ozone	●	8h	120 µg/m ³	Moyenne glissante ⁽²⁾ à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans
	●	8h	120 µg/m ³	Moyenne glissante ⁽¹⁾
	●	Du 01/05 au 31/07	18 000 µg/m ³ /h	Valeur par heure en AO40 ⁽³⁾ en moyenne calculée sur 5 ans
	●	Du 01/05 au 31/07	6 000 µg/m ³ /h	Valeur par heure en AO40 ⁽³⁾

µg/m³ = microgramme par mètre cube,

(1) La moyenne glissante est calculée toutes les heures.

(2) Le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur 8 heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur 8 heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève : la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 heures la veille et 1 heure le jour même et la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 heures et minuit le même jour. (3) L'AOT40, exprimé en µg/m³ par heure, est égal à la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ (soit 40 ppb) et 80 µg/m³ en utilisant uniquement les valeurs sur une heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures, durant une période donnée.

- **VALEUR LIMITE** : La valeur limite est un niveau à ne pas dépasser afin de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement
- **VALEUR CIBLE** : La valeur cible correspond au niveau à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée pour réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement
- **OBJECTIF DE QUALITÉ** : L'objectif de qualité est un niveau de concentration à atteindre à long terme afin d'assurer une protection efficace de la santé et de l'environnement dans son ensemble.



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

www.atmo-occitanie.org



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

Agence de Toulouse
10bis chemin des Capelles
31300 TOULOUSE

Tel : 09.69.36.89.53
(Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)

Crédit photo : Atmo Occitanie