

Evaluation de la qualité de l'air sur le territoire du Grand Narbonne

ETU-2023-100

Edition Juillet 2023

www.atmo-occitanie.org

contact@atmo-occitanie.org

09 69 36 89 53 (Numéro CRISTAL – Appel non surtaxé)



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. À 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

EN UN COUP D'OEIL	1
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	2
1.1. CONTEXTE	2
1.2. OBJECTIFS.....	2
2. DISPOSITIF D'ÉVALUATION	2
2.1. PRINCIPAUX POLLUANTS ATMOSPHERIQUES REGLEMENTES.....	2
2.2. CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS.....	3
2.3. DISPOSITIFS DE MESURE.....	3
3. RÉSULTATS	5
3.1. LE DIOXYDE D'AZOTE.....	5
3.1.1. Concentrations les plus élevées aux abords des axes routiers	5
3.1.2. Réglementation non respectée le long de quelques axes routiers	6
3.1.3. Zone à enjeux : le centre-ville de Narbonne.....	7
3.1.4. Zone à enjeux : Port-la-Nouvelle	9
3.1.5. Tendance à la baisse des concentrations.....	10
3.1.6. Influence saisonnière peu marquée du tourisme sur les niveaux de NO ₂	11
3.2. PARTICULES PM ₁₀ ET PM _{2.5}	12
3.2.1. Bilan de la QA sur le grand Narbonne	12
3.2.2. Comparaison aux normes réglementaires.....	13
3.2.3. Concentrations de fond de particules à Narbonne parmi les plus faibles de la région.....	14
3.3. L'OZONE.....	15
3.3.1. Niveaux d'ozone homogènes sur le Grand Narbonne.....	15
3.3.2. Comparaison aux normes réglementaires.....	16
3.3.3. Un polluant périphérique.....	17
4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	18
TABLE DES ANNEXES	19

EN UN COUP D'OEIL

Dans le cadre du partenariat pluriannuel entre la Communauté d'agglomération du Grand Narbonne et Atmo Occitanie, le dispositif d'évaluation de la qualité de l'air a été étoffé en 2021 et 2022 avec des moyens de mesure et de cartographie des concentrations de polluants atmosphériques.

Centre-ville de Narbonne plus exposé à la pollution de l'air que les alentours

En raison de la densité des activités humaines et de la proximité des habitants aux sources de pollution, le centre-ville de Narbonne est plus impacté par la pollution de l'air que le reste de l'agglomération.

Pour le dioxyde d'azote (NO₂), les **concentrations les plus élevées sont retrouvées le long des grands axes routiers** et on estime ainsi qu'un peu moins de 100 personnes, résidant le long de grands axes urbains, sont exposés à un dépassement de la valeur limite pour la protection de la santé. Les concentrations diminuent cependant très rapidement avec la distance aux voies de circulation, et, en dehors de ces grands axes, la réglementation est respectée. Une diminution globale de 30% est observée depuis la dernière campagne de mesure d'envergure, il y a 10 ans.

Pour les particules, les variations sont moins marquées, avec des **concentrations légèrement plus élevées au niveau des centres urbains**. La réglementation concernant les particules est respectée sur l'ensemble du territoire à l'exception du centre-ville de Narbonne, dont les concentrations de particules fines sont proches de l'objectif de qualité pour les PM_{2.5} (env. 1 900 personnes exposées).

Pour l'ozone, les **concentrations sont relativement homogènes** à l'échelle de l'agglomération.

Niveaux en milieu urbain parmi les plus faibles de la région

Comparativement aux autres grandes villes de la région, **le milieu urbain narbonnais présente des niveaux moyens de dioxyde d'azote et particules parmi les plus faibles.**

Les concentrations en ozone, polluant à grande échelle, sont plus faibles qu'à l'Est de la région. L'ensemble de l'agglomération reste cependant, comme la majorité de la région, exposé à des concentrations ne respectant pas les objectifs de qualité pour la protection de la santé humaine et de la végétation.

Sur les autres communes de l'agglomération, Port-la-Nouvelle présente des concentrations légèrement plus élevées en raison des activités industrielles et maritimes. Au vu de la proximité de certaines habitations, Atmo Occitanie cherche à améliorer la prise en compte de ces activités, pour affiner l'évaluation de la qualité de l'air sur cette zone à enjeux.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Contexte

Dans le cadre du partenariat pluriannuel entre la Communauté d'agglomération du Grand Narbonne et Atmo Occitanie, une campagne de mesure a été mise en œuvre en 2021 et 2022 afin d'améliorer les connaissances sur la qualité de l'air en de nombreux sites du territoire de l'agglomération. Une attention particulière a été portée sur les abords des principaux axes routiers du littoral, généralement plus impactés par le trafic estival, ainsi que dans les zones d'habitations traversées par des départementales fréquentées. Ces données ont permis de valider des cartographies haute résolution des concentrations des principaux polluants, à l'aide d'outils de modélisation.

En complément, Atmo Occitanie a mis en place entre 2021 et 2022 une station pour la mesure en temps réel des polluants atmosphériques dans le fond urbain de Narbonne.

Ces actions s'inscrivent dans le PSQA¹ et le projet associatif d'Atmo Occitanie, en répondant plus particulièrement aux objectifs suivants :

- **Axe 1-2** : "Assurer une couverture optimale du territoire régional"
- **Axe 3-3** : "Accompagner les partenaires pour l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air des aménagements urbains et des infrastructures de transport"

1.2. Objectifs

Les objectifs du présent rapport sont de :

- Faire un bilan des connaissances sur la répartition spatiale des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂), d'ozone (O₃) et particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) et estimer l'exposition de la population ;
- Comparer les concentrations obtenues aux seuils réglementaires ;
- Identifier les zones à enjeux et analyser les niveaux de polluants dans ces environnements.

2. Dispositif d'évaluation

2.1. Principaux polluants atmosphériques réglementés

Cette évaluation concerne 4 polluants atmosphériques réglementés en air ambiant, qui concentrent la majorité des enjeux en terme de qualité de l'air à l'échelle de l'Occitanie : **le dioxyde d'azote (NO₂)**, les **particules en suspension PM₁₀** et les **particules fines PM_{2,5}**, de tailles respectives inférieures à 10 µm et 2,5 µm ainsi que **l'ozone (O₃)**. Ce sont ainsi ces polluants qui sont utilisées pour établir l'indice quotidien de la qualité de l'air, et qui sont visés par les principaux plans de réduction des émissions de polluants atmosphériques.

L'annexe 1 présente plus en détails les origines et effets de ces différents polluants sur la santé et l'environnement.

¹ Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air

2.2. Cartographie des concentrations

La cartographie des concentrations se base sur les quantités d'émissions de polluants dans l'air ambiant estimées au travers de l'inventaire des émissions régionales d'Atmo Occitanie. Ces informations, couplées aux données météorologiques permettent d'obtenir une cartographie de la dispersion des principaux polluants atmosphériques sur le Grand Narbonne.

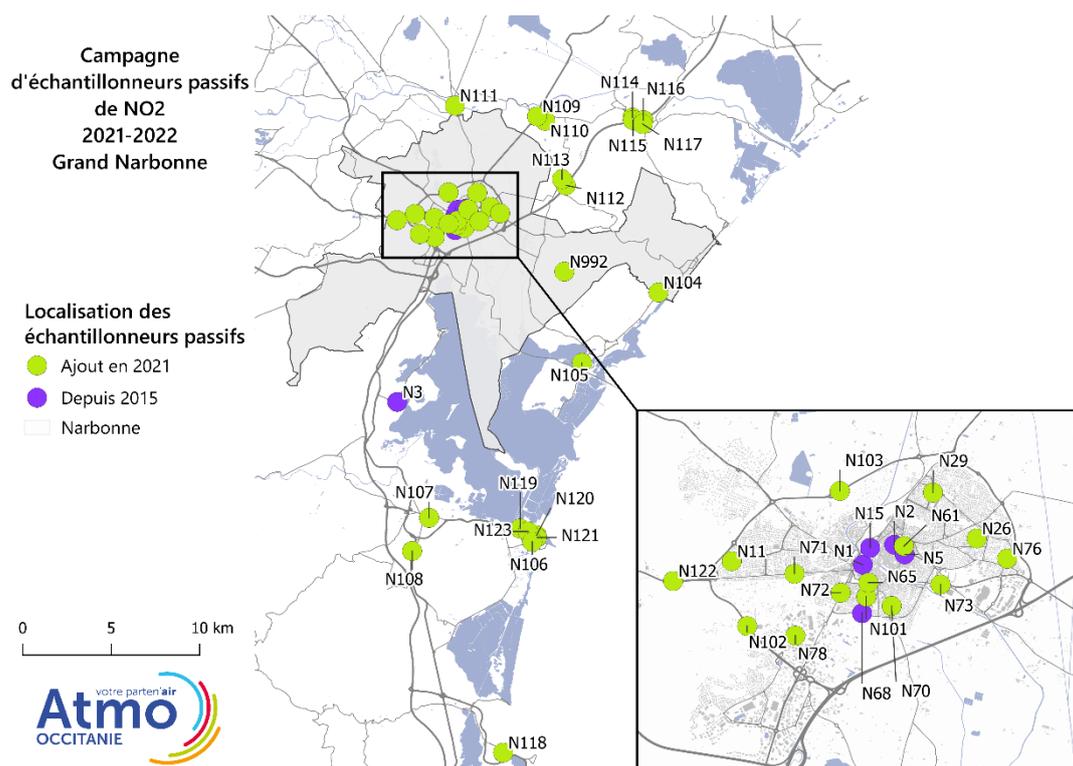
Les modélisations du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules en suspension (PM₁₀) et particules fines (PM_{2,5}) sont réalisées spécifiquement sur le territoire de l'agglomération, pour l'année de référence 2019.

Pour l'ozone, polluant dont les variations s'observent à plus grande échelle, les cartographies sont extraites du modèle régional. La méthodologie et la validation des modèles sont détaillées en *annexes 2 et 3*.

2.3. Dispositifs de mesure

En 2021 et 2022, 43 échantillonneurs passifs ont été installés sur 13 communes du Grand Narbonne, dont 21 sur la commune de Narbonne et 5 à Port-la-Nouvelle. Le détail de la localisation des échantillonneurs est disponible en *annexe 4*.

Sur les 43 capteurs installés, six font partis du dispositif pérenne de mesure du NO₂ sur le Grand Narbonne mis en place depuis 2015 (en violet sur la carte ci-dessous).



Les campagnes de mesures ont été réalisées au cours de deux périodes de 2 mois aux conditions météorologiques contrastées, afin d'obtenir une estimation suffisamment représentative des niveaux moyens sur une année. Ces différentes campagnes de mesures ont permis de valider les résultats de la cartographie des concentrations.

Période hivernale :

Du 09/11 au 07/12/2021 puis du 07/12/2021 au 04/01/2022

Période estivale :

Du 08/06 au 07/07/2022 puis du 07/07 au 04/08/2022

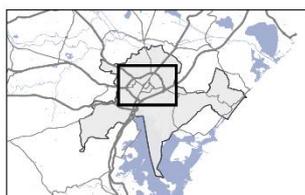
La station fixe urbaine est implantée dans le centre-ville de Narbonne, sur le terrain de la Halle des sports Francis Vals, afin d'être représentative de l'exposition moyenne à la pollution de l'air sur le territoire du grand Narbonne.

Les mesures se sont déroulées en continu du 11 mars 2021 au 31 janvier 2023 au moyen d'analyseurs automatiques qui enregistrent en temps réel les concentrations de différents polluants atmosphériques.

Trois familles de polluants ont été investigués :

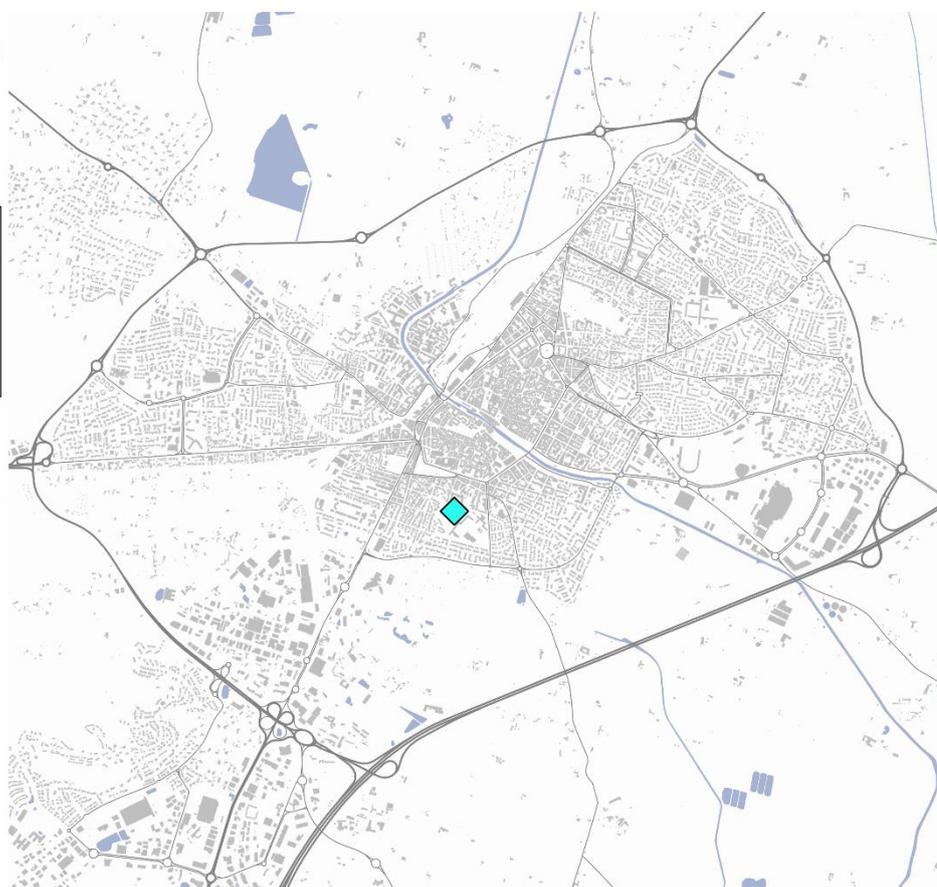
- Dioxyde d'azote (NO₂)
- Les particules
 - En suspension PM₁₀
 - Fines PM_{2,5}
 - Ultrafines PM₁
- L'ozone (O₃)

Localisation de la station de
mesure de Narbonne
2021-2022
Narbonne



◆ Station de mesure en
temps réel de Narbonne

0 500 1 000 m



3. RÉSULTATS

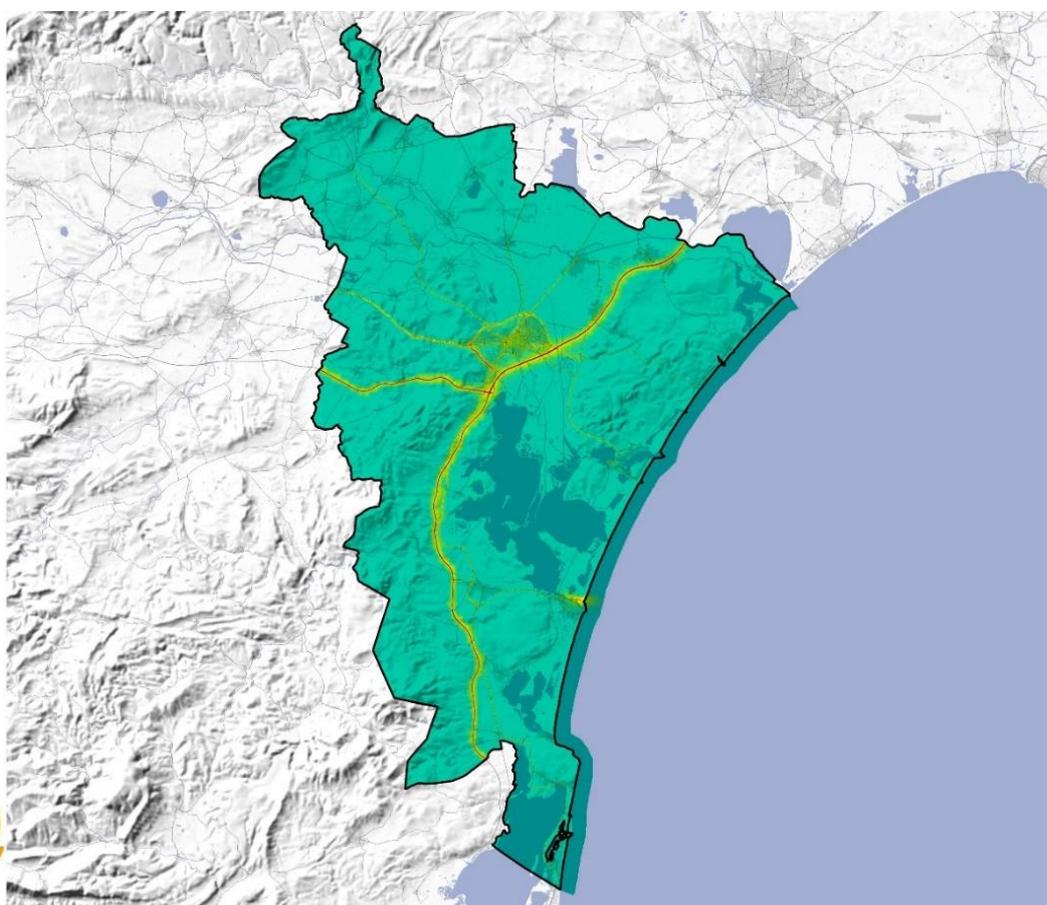
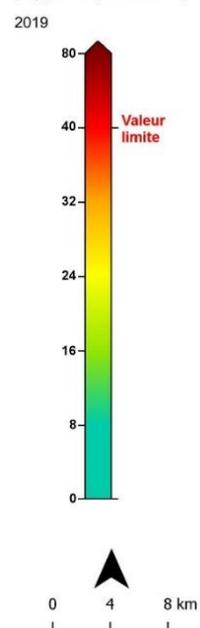
3.1. Le dioxyde d'azote

3.1.1. Concentrations les plus élevées aux abords des axes routiers

Les concentrations les plus élevées de dioxyde d'azote sont retrouvées aux abords des axes routiers importants, comme l'illustre la cartographie ci-dessous, sur l'année de référence 2019. Les deux autoroutes qui traversent le territoire, l'A9 et l'A61, sont ainsi particulièrement visibles. Deux autres zones se distinguent :

- Le centre-ville de Narbonne, avec la plus forte densité de population et d'activité du territoire ;
- La commune de Port-la-Nouvelle, avec des activités portuaire et industrielles.

Situation du NO₂ pour la protection de la santé
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2019



Votre observatoire régional de l'air
votre parten'air
Atmo
OCCITANIE
v20221206

Les concentrations diminuent rapidement avec la distance aux principales sources d'émissions.

A l'échelle du Grand Narbonne, l'inventaire des émissions² réalisé par Atmo Occitanie permet d'estimer que 59% des émissions d'oxydes d'azote proviennent du transport routier et 24% du secteur industriel. A l'inverse, les secteurs résidentiel / tertiaire ou agricole représentent moins de 6% cumulé.

² Selon l'inventaire des émissions produit par Atmo Occitanie. ATMO_IRSV6_Occ_2008_2020 pour l'année 2019.

3.1.2. Réglementation non respectée le long de quelques axes routiers

Le code de l'environnement français intègre deux niveaux d'exposition de la population aux concentrations :

- L'exposition chronique : qui correspond à une exposition sur le long terme aux concentrations (annuelle)
- L'exposition aigüe : qui correspond à une exposition durant un laps de temps court (horaire ou journalier)

Des valeurs limites sont mises en place au-delà desquelles une exposition à ces niveaux de NO₂ peut entraîner des effets néfastes sur la santé et l'environnement.

3.1.2.1. Exposition chronique

Pour le NO₂, la valeur limite annuelle à ne pas dépasser afin de réduire les effets nocifs sur la santé et l'environnement est de 40 µg/m³. Des concentrations supérieures à cette valeur sont constatées au plus près de certains axes routiers.

On estime qu'en 2019, un peu moins de 100 personnes sont soumises à de tels niveaux soit environ 0,05% de la population totale du Grand Narbonne. Les axes à enjeu sont principalement situés à Narbonne, où des habitations peuvent border des axes structurant fortement empruntés (cf. 3.1.1).

A l'exception de ces quelques axes, les concentrations sont inférieures aux différents seuils réglementaires. La moyenne enregistrée à la station de mesure en fond urbain à Narbonne est par exemple plus de 4 fois inférieure à la valeur limite.

3.1.2.2. Exposition aigüe

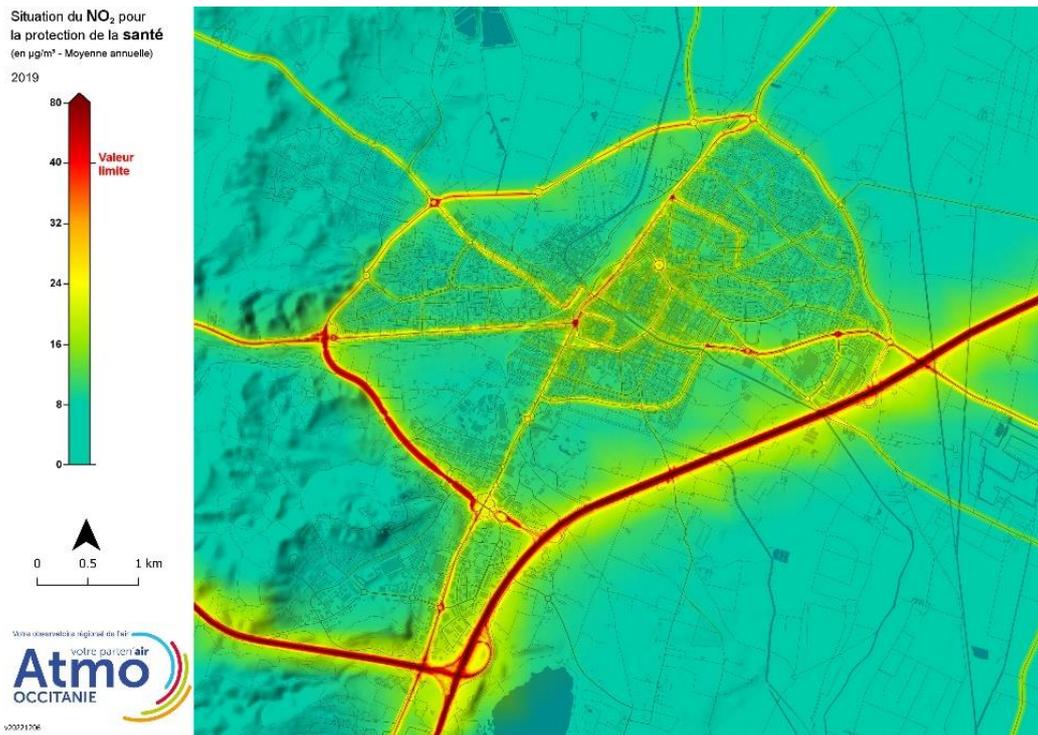
Pour le NO₂, la valeur limite est de 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18h dans l'année. **Aucun dépassement de cette valeur n'est estimé par modélisation.** La station fixe en fond urbain située dans le centre-ville de Narbonne, le maximum horaire mesuré au cours des deux ans de mesures est de 75 µg/m³.

Dioxyde d'azote en fond urbain – Centre-ville de Narbonne					
		Valeurs réglementaires	Concentration annuelle mesurée (moyenne 2021 et 2022)	Respect de la réglementation	Comparaison avec le fond urbain régional (hors grandes agglomérations)
Exposition longue durée	Valeurs limite	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	9,3 µg/m ³	Oui	Inférieure (8,3 µg/m ³)
Exposition de courte durée	Valeur limite	200 µg/m ³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18h/an	Aucun dépassement sur les périodes de mesure	Oui	Égal

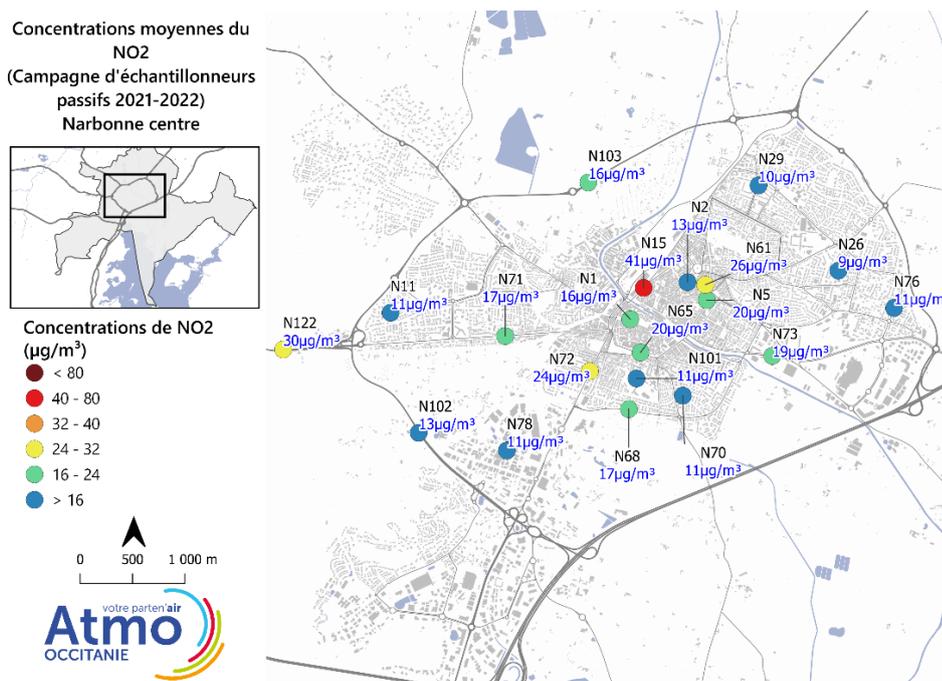
3.1.3. Zone à enjeux : le centre-ville de Narbonne

A l'échelle de l'agglomération, les niveaux de NO₂ les plus élevés se situent le long de l'autoroute (A9 et A61). Néanmoins, plusieurs axes traversant le centre-ville sont aussi touchés par des concentrations supérieures à la valeur limite pour la protection de la santé : rocade Sud (D6609), avenue Carnot ou encore le boulevard Frédéric Mistral. Certains ronds-points tels que celui des Pyrénées présentent aussi des niveaux élevés.

Du fait de la proximité des habitations le long de ces axes, la quasi-totalité des personnes exposées à un dépassement de la valeur limite sur l'agglomération sont situées au centre-ville de Narbonne.

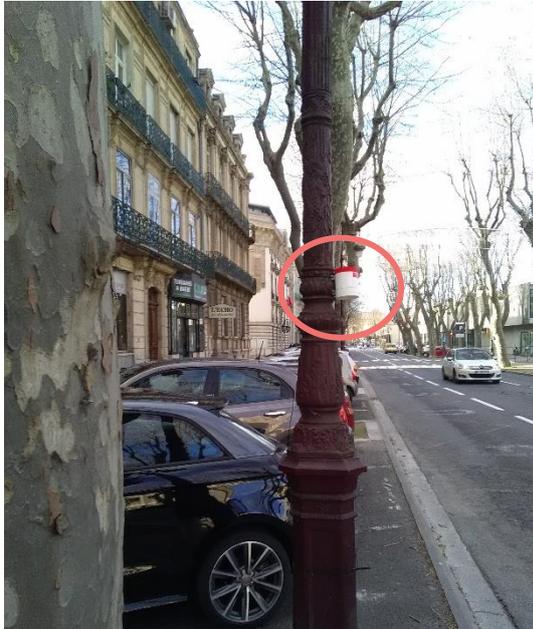


Concentrations moyennes du NO₂ (Campagne d'échantillonneurs passifs 2021-2022) Narbonne centre



Ce constat est visible sur les cartographies ci-dessus, aussi bien via les concentrations modélisées en 2019 que les mesures réalisées en 2021/2022.

Ces cartographies mettent également en évidence le rôle important de la topographie sur les concentrations mesurées. En effet, un **environnement encaissé limite la dispersion des polluants** ce qui provoque une stagnation des polluants atmosphériques émis. Cela est bien visible sur les sites N15 et N73 qui sont tous deux positionnés sur des axes routiers importants avec des concentrations de NO₂ plus élevées sur le site N15 (boulevard Frédéric Mistral) présentant un environnement étroit, proche d'un haut bâtiment. Le site N73, avenue Maître Hubert Mouly, est en revanche sur une section aérée de l'axe, éloigné des constructions.



Site N15 : Boulevard Frédéric Mistral



site N73 : avenue Maître Hubert Mouly

La densité du bâti explique en partie cette différence entre l'hyper-centre dont la pollution de fond est aux alentours de 20 µg/m³, et la pollution de fond des quartiers environnants, plus proche de 10 µg/m³.

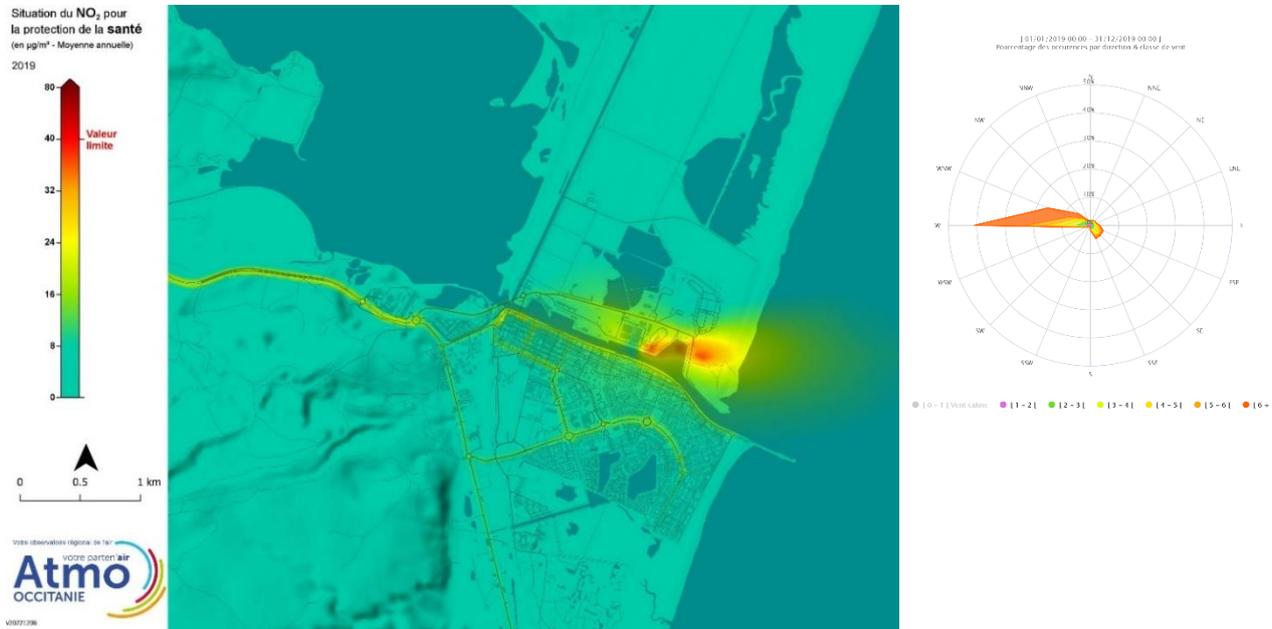
Cette variation spatiale des concentrations observée à Narbonne est la même que sur d'autres agglomérations de la région, avec des niveaux les plus élevées en centre urbain et le long des grands axes, qui diminuent rapidement avec la distance. La pollution de fond dépend globalement de la densité de population. Elle est ainsi plus faible à Narbonne que dans les quelques villes d'Occitanie plus importantes, comme Montpellier ou Perpignan. De la même manière, ce niveau de fond est plus élevé qu'à Castres, de population moindre. En fond rural (Peyrusse), à distance de toute source anthropique, les concentrations sont de l'ordre de 1 µg/m³.

Atmo Occitanie votre partenaire air
Comparaison des concentrations mensuelles du NO₂ de Narbonne avec trois autres stations urbaines de fond
 (Du 01/01 au 31/12/2022)



3.1.4. Zone à enjeux : Port-la-Nouvelle

La carte de modélisation localisée sur port-la-Nouvelle présente un panache de NO₂ émis par les activités maritime, poussée par les vents dominants vers la méditerranée. De l'autre côté du canal, au Sud de Port, les premières habitations semblent pouvoir être exposées à des concentrations de NO₂ légèrement plus élevées que sur le reste de la ville.



Afin de compléter cette cartographie, cinq sites de mesures ont été installés dans ce secteur au niveau des zones d'habitations. Les concentrations de NO₂ mesurées en 2021/2022 sont de l'ordre de 12 µg/m³. Elles ne présentent pas de grande différence avec les niveaux de fond d'autres villes de l'agglomération



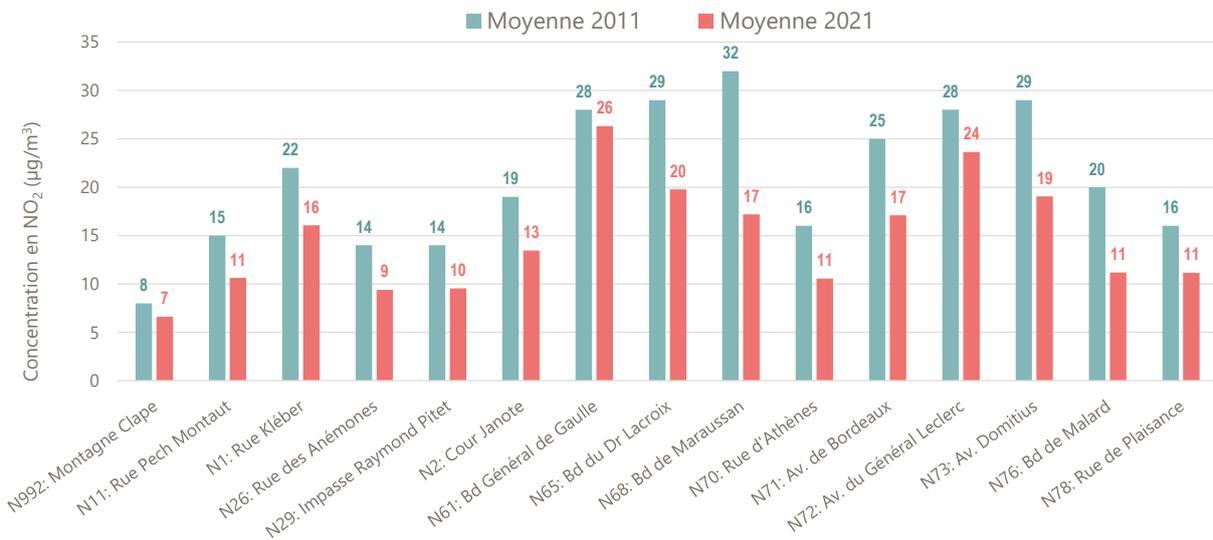
Cette cartographie se base sur un trafic maritime annuel; et à ce niveau de zoom, cette précision ne permet pas de rendre compte précisément des concentrations aux alentours. Au vu des émissions estimées de dioxyde d'azote, un travail d'approfondissement des émissions issues des navires, comme cela a été fait sur le port de Sète-Frontignan permettrait d'améliorer les connaissances sur l'exposition des populations sur ce territoire.

3.1.5. Tendence à la baisse des concentrations

La tendance est globalement en amélioration, aussi bien à proximité des axes de circulation qu'en fond urbain. Ainsi, **depuis la dernière campagne de mesure d'envergure 10 ans auparavant, les concentrations ont diminué sur tous les sites en commun aux deux études. Cette baisse est en moyenne de -30%.**



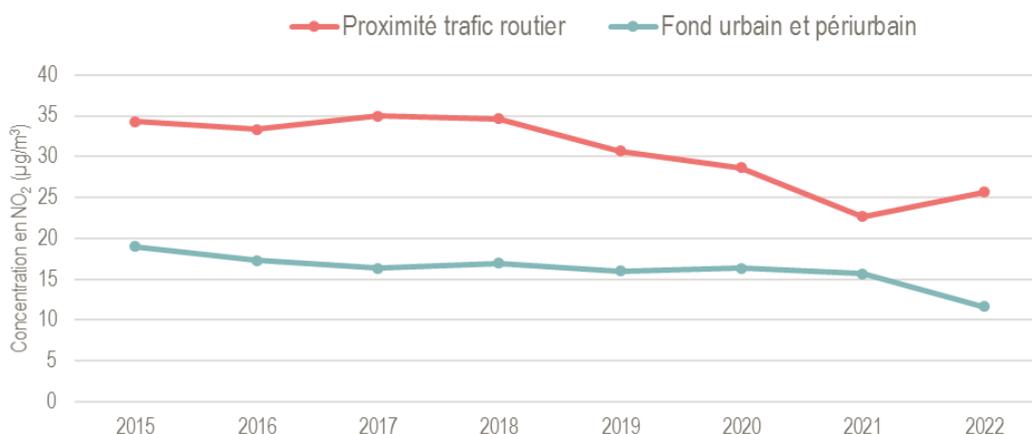
Evolution des concentrations de NO₂ entre les campagnes de mesures du dioxyde d'azote en 2011 et en 2021



Six sites sont également suivis chaque année depuis 2015 : 3 à proximité du trafic routier dans le centre-ville de Narbonne et 3 en fond urbain ou périurbain. L'évolution annuelle en moyenne selon ces deux typologies de site montre que cette diminution est relativement régulière. Elle s'explique en grande partie par une diminution des émissions, notamment dans le secteur du transport routier avec un remplacement des anciens véhicules par des modèles neufs moins polluants.



Evolution des concentrations moyennes de NO₂ entre 2015 et 2022 Grand Narbonne



3.1.6. Influence saisonnière peu marquée du tourisme sur les niveaux de NO₂

Les concentrations de NO₂ augmentent généralement sur la période hivernale, en raison des conditions climatiques peu propices à la dispersion des masses d'air. Cependant, dans les villes balnéaires, l'augmentation significative de la fréquentation en été peut entraîner, notamment le long des axes routier, une hausse des concentrations en NO₂.

Après analyse des concentrations moyennes estivales (juin et juillet 2022) et hivernales (novembre et décembre 2021) sur les 24 sites en proximité trafic, seuls deux points de mesure mettent en évidence des concentrations estivales significativement supérieures aux concentrations hivernales. Il s'agit des sites situés sur le boulevard Frédéric Mistral, dans le centre-ville de Narbonne (N15) et rue de la Grande Chaussée à Narbonne Plage (N104), sur le littoral.

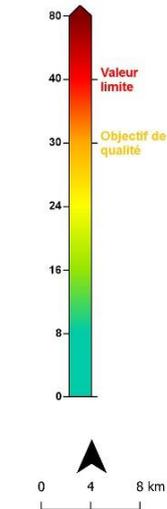
Les capteurs passifs ne montrent pas de profil saisonnier différent entre la zone littorale et le reste du territoire.

3.2. Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

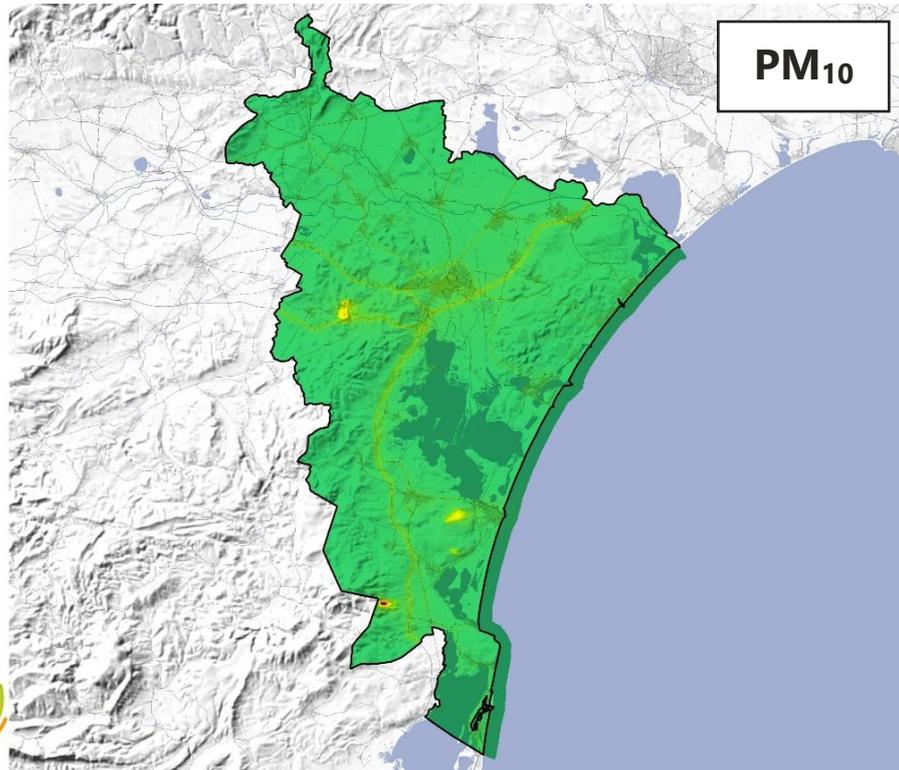
3.2.1. Bilan de la QA sur le grand Narbonne

Globalement, les niveaux de particules sont nettement plus homogènes sur le Grand Narbonne que le NO₂. Les niveaux sont légèrement plus élevées le long des principaux axes (autoroutes), à proximité des carrières, ainsi qu'au niveau des centres urbains.

Situation des PM₁₀ pour la protection de la **santé**
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2019



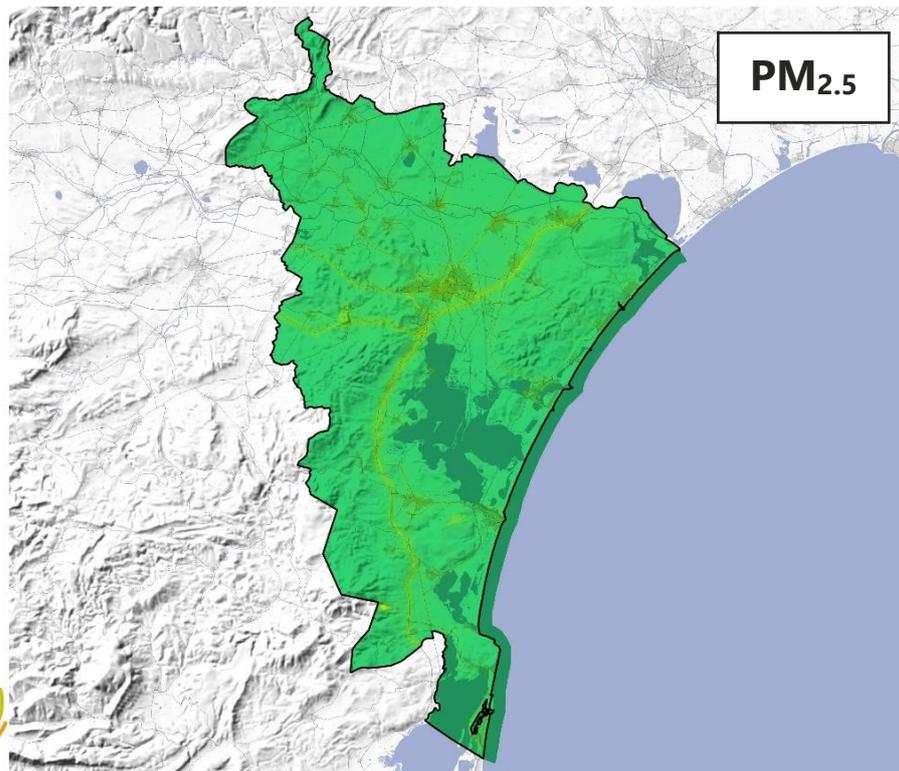
v20221206



Situation des PM_{2.5} pour la protection de la **santé**
(en µg/m³ - Moyenne annuelle)
2019



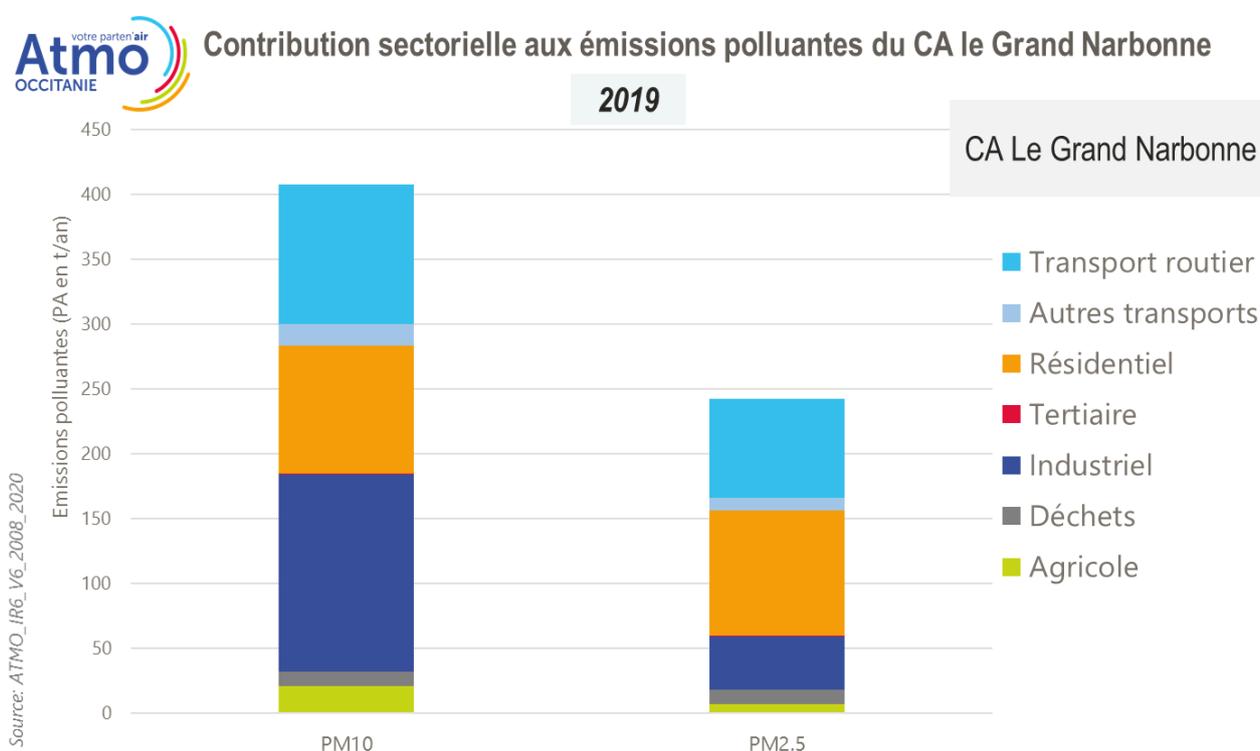
v20221206



Cette faible variation spatiale s'explique en raison de plusieurs éléments :

- Les particules sont constituées d'un ensemble hétéroclite d'éléments, avec des origines multiples. Elles peuvent être directement émises par les activités humaines (combustion, exploitation de carrières...) ou naturelles (érosion du sol, feu de forêt, embruns marins...), ainsi que provenir de la réaction dans l'atmosphère de composés gazeux.
- Elles peuvent également être transportées par le vent sur de grandes distances.

Les concentrations sur le territoire du Grand Narbonne résultent ainsi de la superposition d'un fond régional de particules et des particules émises localement. En 2019, à l'échelle du Grand Narbonne, les 3 secteurs majoritaires sont le secteur industriel (notamment l'exploitation de carrière) ainsi que le secteur résidentiel (notamment pour le chauffage des logements) et le transport routier.



Une présentation plus détaillée de ces polluants est disponible en *annexe 1*.

3.2.2. Comparaison aux normes réglementaires

3.2.2.1. Exposition chronique

Le code de l'environnement fournit les valeurs moyennes annuelles suivantes à respecter afin de limiter l'impact de la pollution aux particules sur la santé et l'environnement (plus de détails en annexe 5):

PM₁₀

- Valeur limite : 40 µg/m³
- Objectif de qualité : 30 µg/m³

PM_{2.5} :

- Valeur limite : 25 µg/m³
- Valeur cible : 20 µg/m³
- Objectif de qualité : 10 µg/m³

La modélisation sur l'année 2019 indique que les normes réglementaires sont respectées sur le territoire du Grand Narbonne pour les PM₁₀. **Aucun habitant n'est exposé à des valeurs supérieures à la réglementation pour les PM₁₀.**

En revanche, les concentrations dans le centre-ville de Narbonne sont du même ordre de grandeur que l'objectif de qualité. **En 2019, environ 1 900 personnes, soit environ 1,5% de la population totale du Grand Narbonne sont exposés à des valeurs très légèrement supérieures à l'objectif de qualité des PM_{2.5}.**

La moyenne de fond urbain mesurée en 2021 et 2022 est cependant plus faibles (7 µg/m³) que ce seuil réglementaire. L'actualisation des cartographies pour l'année 2022, pourra permettre de contrôler cette situation sur l'ensemble du territoire du Grand Narbonne.

3.2.2. Exposition aigüe

Dans le code de l'environnement, seuls les PM₁₀ sont encadrés pour une exposition journalière, avec une valeur limite de 50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours dans l'année. **Cette valeur est respectée sur l'ensemble du territoire du Grand Narbonne.** Aucune moyenne journalière supérieure à 50 µg/m³ n'a été enregistrée à la station de mesure en fond urbain en 2021 et 2022 (maximum de 34 µg/m³).

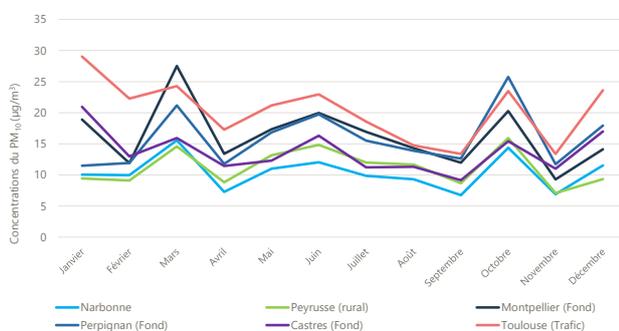
3.2.3. Concentrations de fond de particules à Narbonne parmi les plus faibles de la région

Les concentrations de particules à l'échelle de la région sont bien plus homogènes que pour le NO₂. Il y a, à titre d'illustration, un facteur deux entre les concentrations les plus élevées (proximité d'un axe routier majeure) et les plus faibles (fond rural) pour les particules, contre un facteur 50 pour le dioxyde d'azote.

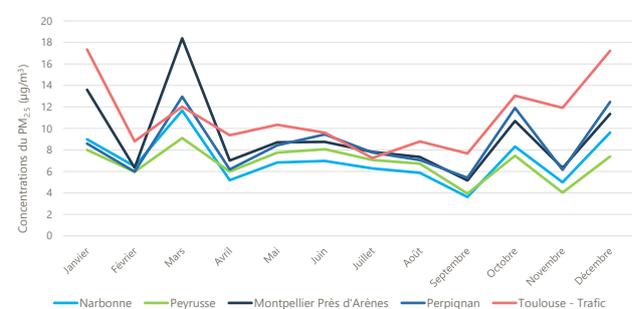
Les graphiques ci-dessous comparent les concentrations mensuelles des particules PM₁₀ et PM_{2.5} de la station Narbonne avec trois autres stations urbaine de fond (Montpellier, Perpignan et Castres), une station à proximité du trafic routier ainsi qu'une station rurale de fond.

Les concentrations mesurées en fond urbain à Narbonne (en bleu clair) en 2022, sont parmi les plus faibles de la région, similaires à la mesure de fond rural dans le Gers, à Peyrusse-Vieille. La station de Toulouse, de type trafic, enregistre des niveaux constamment supérieurs aux autres stations de fond.

Atmo Occitanie Comparaison des concentrations mensuelles 2022 de PM₁₀ entre Narbonne et d'autres stations d'Occitanie



Atmo Occitanie Comparaison des concentrations mensuelles 2022 de PM_{2.5} entre Narbonne et d'autres stations d'Occitanie



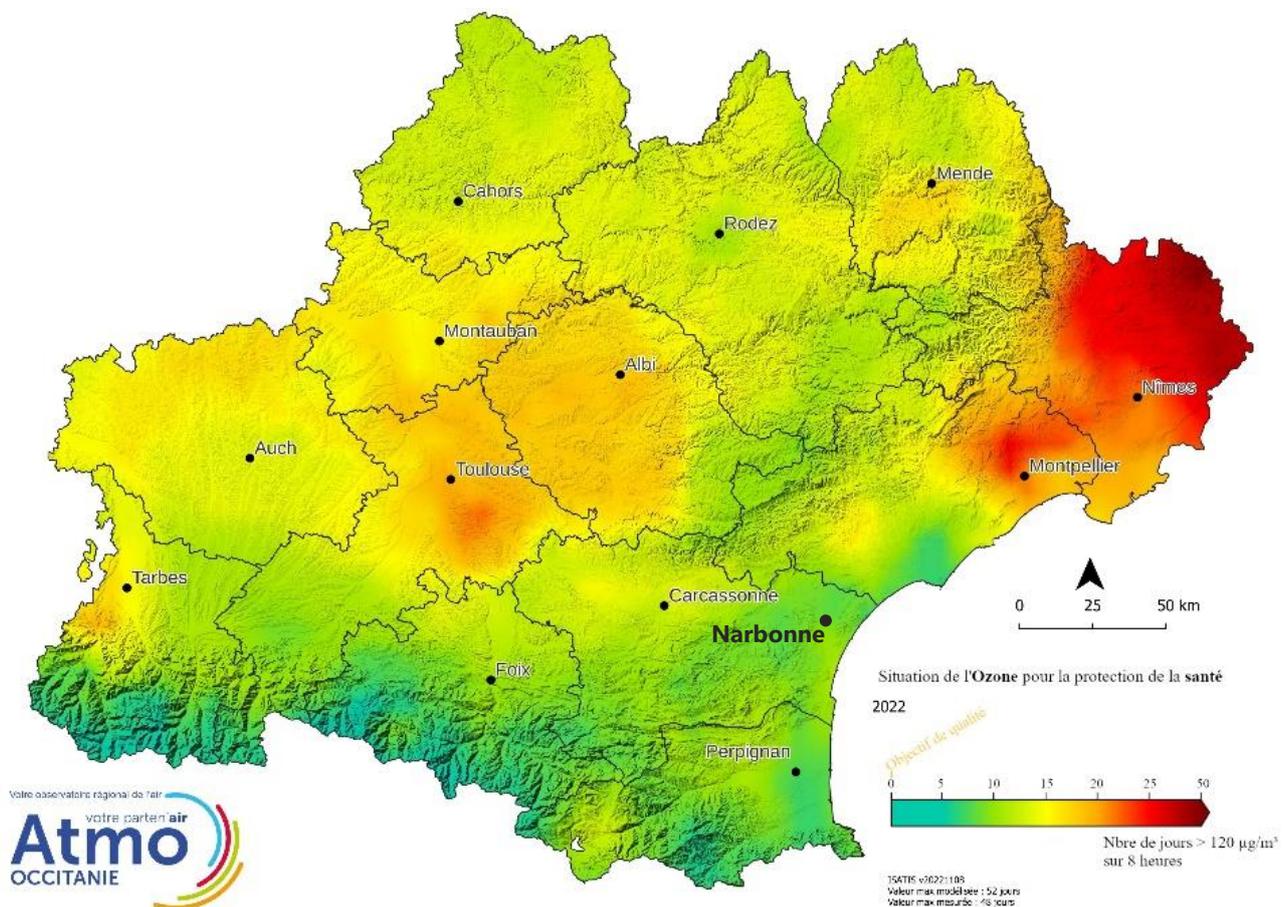
Il est intéressant de noter que les variations des concentrations sont globalement bien corrélées entre les différentes stations. Les hausses de particules PM₁₀ en mars et octobre sont ainsi visibles sur toutes les stations quel que soit son environnement (rural, urbaine de fond ou trafic). Les concentrations de particules à l'échelle régionale varient ainsi en fonction de facteurs agissant à grande échelle (conditions météorologiques, apport de particules désertiques, fonctionnement des dispositifs de chauffage, apport de particules désertiques...).

3.3. L'ozone

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 de l'atmosphère peuvent être élevés à certaines périodes de l'année. L'ozone est créé lors d'interactions entre les rayonnements ultraviolets solaires et des polluants primaires précurseurs émis par les activités humaines. Les plus fortes concentrations sont mesurées en période estivale lors de conditions de fort ensoleillement et d'absence de vent.

3.3.1. Niveaux d'ozone homogènes sur le Grand Narbonne

La cartographie suivante représente, pour l'année 2022, le nombre de jour en dépassement du seuil réglementaire sur 8 heures glissantes. Cette modélisation régionale est issue du modèle CHIMERE/Atmo Occitanie.



Les niveaux d'ozone sont relativement homogènes sur le territoire du Grand Narbonne. Un gradient est en revanche visible à l'échelle de la région avec des niveaux plus élevés à l'Est, sur les départements du Gard et de l'Hérault.

3.3.2. Comparaison aux normes réglementaires

3.3.2.1. Exposition chronique

L'ozone est réglementé en air ambiant pour la protection de la santé humaine et la protection de la végétation, avec pour chaque cas un objectif de qualité annuel et une valeur cible en moyenne sur quelques années. Les valeurs sont détaillées en annexe 5.

Sur le département de l'Aude, **les valeurs cibles sont respectées depuis 2021**, aussi bien pour la protection de la végétation que pour la santé humaine.

En revanche, les **objectifs de qualité ne sont pas respectés**, comme c'est le cas sur la quasi-totalité du territoire occitan. On estime ainsi qu'en 2022, la totalité des habitants du Grand Narbonne est exposée à des niveaux supérieurs à l'objectif de qualité pour la protection de la santé humaine.

Les tableaux ci-dessous présente les concentrations mesurées sur le Grand Narbonne et aux alentours en 2021 et 2022 à titre d'illustration.

Situation des niveaux d'ozone 2021-2022 – Protection de la santé humaine								Seuils réglementaire pour la protection de la santé humaine
Nombre de jours dépassant 120 µg/m ³ en moyenne glissante sur 8 heures								
Milieu urbain			Milieu périurbain			Milieu rural		
	Narbonne	Montpellier	Perpignan	Agde	Béziers	Montpellier	Montségret	
2021	6	3	4	10	9	18 à 22	-	Obj. de qualité : 0 jour
2022	11	6	9	12	24	27 à 29	10	Valeur cible : <25 jours par an en moyenne sur 3 ans

Situation des niveaux d'ozone 2021-2022 – Protection de la végétation								Seuils réglementaire pour la protection de la végétation
Valeurs de l'AOT40 ³								
Milieu urbain			Milieu périurbain			Milieu rural		
	Narbonne	Montpellier	Perpignan	Agde	Béziers	Montpellier	Montségret	
2021	9 907	6 483	9 386	10 154	11 315	17 525	-	Obj. de qualité : 6 000 µg/m ³ .h
2022	12 351	8 796	11 331	11 759	18 033	23 340	14 058	Valeur cible : 18 000 µg/m ³ .h en moyenne sur 5 ans

3.3.2.2. Exposition aiguë

Le premier seuil de déclenchement d'un épisode de pollution à l'ozone est défini dans le code de l'environnement, et décliné dans différents arrêtés préfectoraux, à 180 µg/m³ en moyenne horaire.

Or, entre 2021 et 2022, les concentrations horaires sont restées inférieures à ce seuil, sur le Grand Narbonne et sur les environs. **Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation (180 µg/m³) ou d'alerte (240 µg/m³) n'a été observé.**

³ AOT40 : Somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³ en utilisant uniquement les valeurs sur une heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures, de mai à juillet.

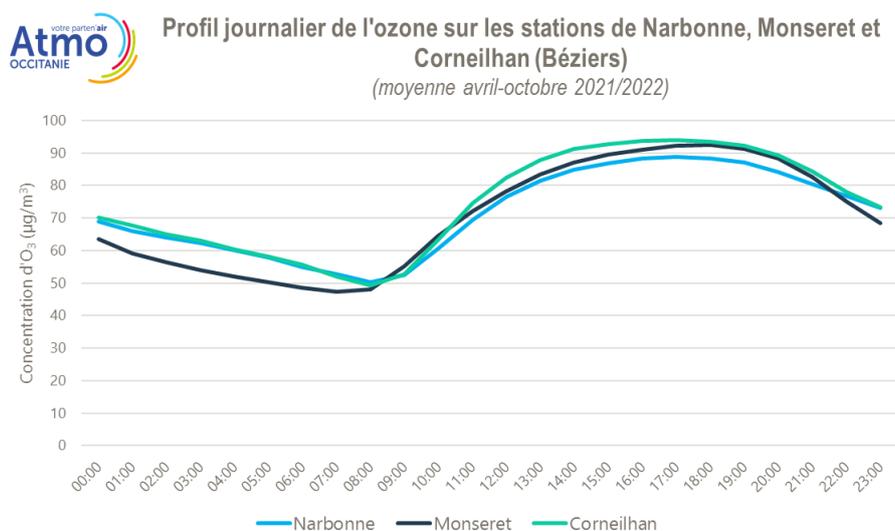
Concentration maximale horaire d'ozone 2021-2022							Seuils réglementaire pour la protection de la santé humaine
Milieu urbain		Milieu périurbain			Milieu rural		
Narbonne	Montpellier	Perpignan	Agde	Béziers	Montpellier	Montsérét	
153	147	148	149	154	170	158	Seuil d'information et de recommandation : 180 µg/m ³ Seuil d'alerte : 240 µg/m ³

3.3.3. Un polluant périphérique

En 2021 et 2022, Atmo Occitanie dispose également de deux stations mesurant l'ozone à proximité du Grand Narbonne :

- À Corneilhan, sur l'agglomération de Béziers, en milieu périurbain ;
- À Monsérét, sur le territoire du parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée, en zone rurale, pendant la période estivale (avril à septembre).

Le profil journalier caractéristique de l'ozone est bien observé sur les trois stations fixes opérées par Atmo Occitanie, avec des **concentrations relativement proches**. Aux heures propices à l'augmentation de l'ozone, les niveaux enregistrés dans l'agglomération de Narbonne sont légèrement plus faibles qu'en milieu périurbain ou rural aux alentours.



Cette situation est généralement observée aux alentours des grandes villes. Il s'explique par le transport de l'ozone sur de grandes distances, n'épargnant pas les territoires périphériques des agglomérations, ainsi que par la destruction de l'ozone en zone urbaine, du fait de la présence d'oxyde d'azote en plus grande quantité notamment.

4. Conclusion et perspectives

En 2019, des cartes de modélisations des niveaux de NO₂ et particules (PM₁₀ et PM_{2.5}) ont permis de mettre en lumière les zones d'intérêt en terme de pollution sur le Grand Narbonne. En 2021 et 2022, des mesures passives (NO₂) et en temps réel du NO₂, des particules et de l'ozone ont permis de valider les niveaux modélisés et positionner les concentrations actuelles sur le territoire.

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations de NO₂ sont plus élevées à proximité des axes de circulation. **Tous les seuils réglementaires sont respectés en zone urbaine, à distance des principaux axes routiers.** Cependant, à proximité des axes de circulation, on estime qu'en 2019, **un peu moins de 100 personnes étaient soumises à des niveaux supérieurs à la valeur limite** réglementaire, soit 0,05% de la population totale du Grand Narbonne.

Les niveaux enregistrés en fond urbain à Narbonne sont globalement inférieurs à ceux mesurés dans le fond urbain régional (hors grande métropole). **Sur les dix dernières années, les concentrations ont diminué globalement de 30%.**

L'impact des émissions de NO₂ dues aux activités industrielles et maritime sur Port-la-Nouvelle apparaît limité sur les premières habitations, avec un polluant dispersé par le vent dominant vers la Méditerranée. L'utilisation de données maritimes plus précises permettrait d'affiner cette évaluation.

Particules en suspension (PM₁₀) et particules fines (PM_{2.5})

A l'exception de l'objectif de qualité des PM_{2.5}, l'ensemble des valeurs réglementaires concernant les particules PM₁₀ et PM_{2.5} sont respectées.

Les concentrations sont relativement homogènes sur le territoire et résulte d'un fond régional auxquelles s'additionne les émissions locales. Les concentrations en fond urbain de l'agglomération narbonnaise sont parmi les plus faibles de la région.

Ozone (O₃)

Les **objectifs de qualité concernant les niveaux d'ozone ne sont pas respectés sur le Grand Narbonne**, comme sur une grande partie de l'Occitanie. En revanche, **les valeurs cibles sont depuis 2021 respectées.**

Les concentrations sont proches de celles mesurées dans les environs, et plus faibles que sur le Gard et l'Hérault. Une légère différence s'observe également selon l'environnement avec des concentrations légèrement plus faibles dans les centres urbains qu'en périphérie.

Perspectives

La surveillance de la qualité de l'air sur le Grand Narbonne se poursuit grâce au réseau pérenne de mesure du NO₂ sur 6 sites ainsi qu'aux nouvelles cartographies des niveaux de polluants atmosphériques sur l'année de référence 2022. Ces dispositifs sont complétés par une actualisation annuelle de l'inventaire des émissions de polluants, récemment enrichi de nouvelles données de trafic routier, via des comptages réalisés par le Grand Narbonne. Ces éléments permettent également d'accompagner le Grand Narbonne dans la mise en œuvre et l'évaluation d'actions en faveur de la qualité de l'air, notamment via son PCAET.

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS POLLUANTS ÉTUDIÉS

ANNEXE 2 : MÉTHODOLOGIE DE LA MODÉLISATION ET DE LA CARTOGRAPHIE

ANNEXE 3 : MÉTHODOLOGIE DE VALIDATION DU MODÈLE

ANNEXE 4 : DISPOSITIFS DE MESURES ET BILAN DE LA CAMPAGNE A PROXIMITÉ DU TRAFIC ROUTIER

ANNEXE 5 : DÉFINITIONS ET VALEURS RÉGLEMENTAIRES

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS POLLUANTS ÉTUDIÉS

Le dioxyde d'azote - NO₂

Sources

Le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) sont émis lors de la combustion incomplète des combustibles fossiles. Au contact des oxydants présents dans l'air, comme l'oxygène et l'ozone, le NO se transforme rapidement en NO₂.

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Il participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Les principales sources sont les véhicules et les installations de combustion (centrales thermiques, chauffage...). Le NO₂ est également présent à l'intérieur des locaux où fonctionnent des appareils au gaz tels que gazinières, chauffe-eau au gaz.

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'accroissement du trafic automobile.

Des études montrent qu'une fois sur deux les européens prennent leur voiture pour faire moins de trois kilomètres, une fois sur quatre pour faire moins d'un kilomètre et une fois sur huit pour faire moins de cinq-cents mètres ; or le pot catalytique n'a une action sur les émissions qu'à partir de dix kilomètres.

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 en suspension PM₁₀ et les particules fines PM_{2.5}

Sources

Les particules, notées PM pour « particulate matter » soit « matière particulaire » en français, 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 Composés Organiques Volatils (COV). On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM₁₀), à 2,5 micromètres (PM_{2.5}) et à 1 micromètre (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 cardio-vasculaires.

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 est un polluant dit « secondaire », c'est-à-dire qu'il n'est pas rejeté directement dans l'atmosphère mais provient de la transformation chimique d'autres polluants : les oxydes d'azote (NO_x), issus principalement du trafic routier, et les Composés Organiques Volatils (COV) émis par de multiples sources (solvants et peintures, industries, trafic routier – principalement les deux roues – et les végétaux).

Les températures élevées et le fort rayonnement lumineux vont favoriser les réactions chimiques produisant de l'ozone à partir des polluants précurseurs (NO_x et COV) dans les parties basses de l'atmosphère.

Effets sur la santé

À des concentrations élevées, l'ozone provoque des problèmes respiratoires, déclenchement de crises d'asthme, diminution de la fonction pulmonaire et apparition de maladies respiratoires.

Les derniers travaux montrent qu'à long terme, des liens sont observés avec la mortalité respiratoire et cardio-respiratoire, notamment pour des sujets prédisposés par des maladies chroniques (pulmonaires, cardiaques, diabète), avec l'asthme (incidence ou sévérité) et la croissance de la fonction pulmonaire chez les jeunes. Il agresse le système respiratoire des animaux. Cet oxydant énergique agresse les cellules vivantes.

Effets sur l'environnement

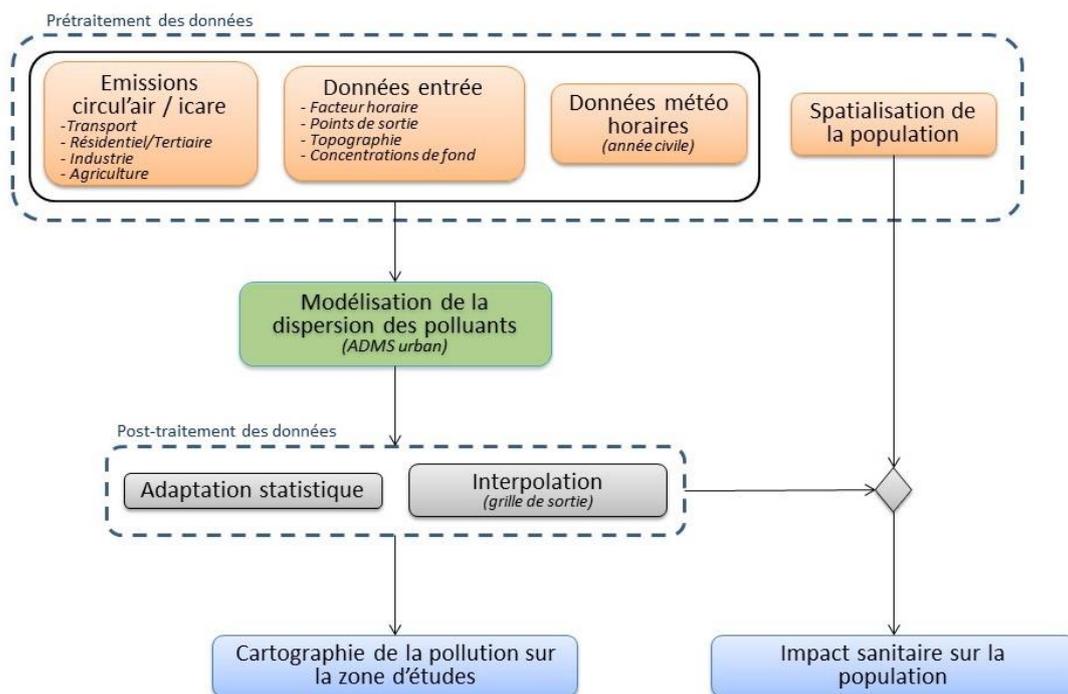
L'ozone a un effet néfaste sur la végétation, notamment sur le processus de photosynthèse, qui conduit à une baisse du rendement des cultures. Il a une action nécrosante sur les feuilles. Sur les bâtiments, il dégrade les matériaux de construction. Enfin, l'ozone est aussi un gaz à effet de serre qui contribue au changement climatique.

ANNEXE 2 : MÉTHODOLOGIE DE LA MODÉLISATION ET DE LA CARTOGRAPHIE

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. À 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.

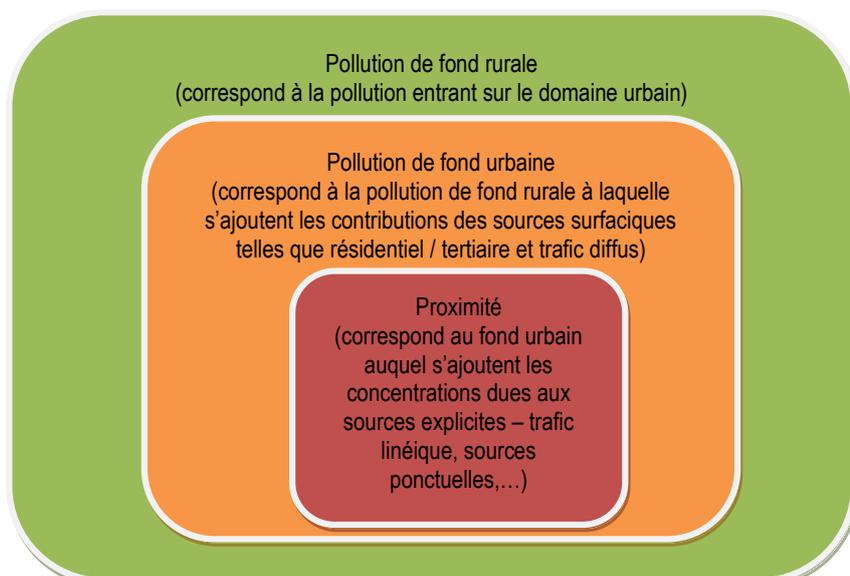
Un facteur horaire constant est utilisé pour le secteur industriel.

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.

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 la plus proche de la zone d'études.

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.

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.

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

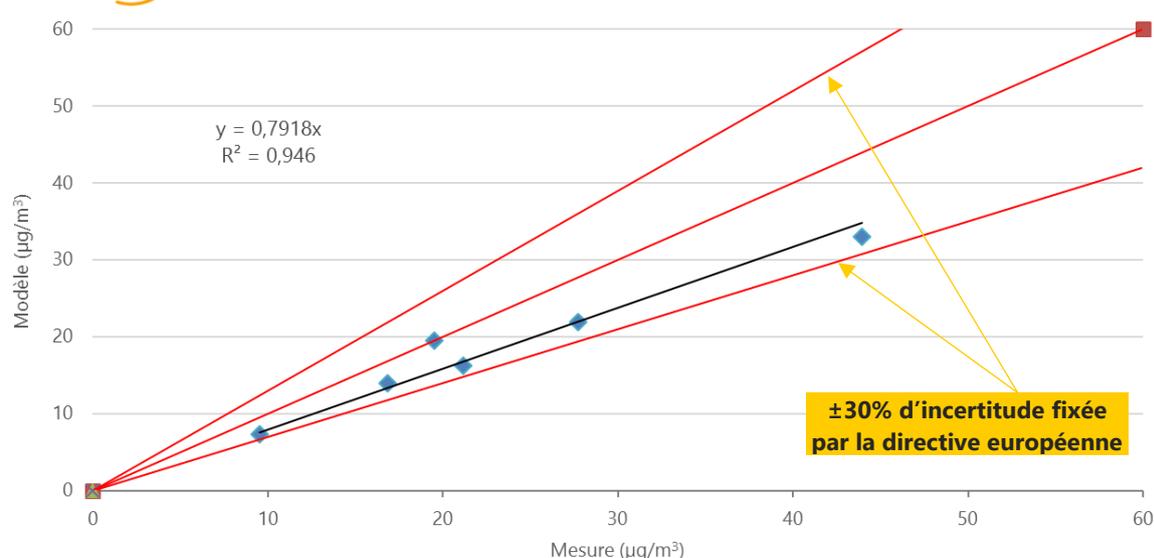
Les concentrations interpolées de polluants dépassant les valeurs réglementaires sont croisées avec la base « MAJIC » qui fournit les données de population spatialisée.

ANNEXE 3 : MÉTHODOLOGIE DE VALIDATION DU MODÈLE

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'air⁴.



Dioxyde d'azote, comparaison mesures/modèle - 2019



Dans le tableau ci-après, nous indiquons les performances statistiques du modèle relativement aux concentrations moyennes annuelles en NO_2 modélisées et observées sur le domaine d'études.

Indicateurs statistiques	Modèle 2019	Caractéristiques d'un modèle performant
FB	0,21	$-0,3 < \text{FB} < 0,3$
MG	1,23	$-0,7 < \text{MG} < 1,3$
NMSE	0,25	$\text{NMSE} \leq 2$
VG	1,05	$\text{VG} < 1,6$
FAC2	1,00	$\text{FAC2} > 0,5$
r	0,95	$R = 1$

Les valeurs proches de 0 du biais fractionnel (FB) indiquent qu'en moyenne, le modèle tend à bien estimer les valeurs observées. Le tracé mesure-modèle indique une légère surestimation des concentrations modélisées dans les concentrations modérées.

⁴ J.C Chang and S. R Hanna : Air quality model performance evaluation, Meteorology and Atmospheric Physics 87, 167–196 (2004)

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. Le NMSE obtenu pour le modèle est correct.

- 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 ADMS, **82%** 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 (sites en bleu sur le graphe). Cette incertitude est représentée par les lignes dorées sur le graphe.

L'erreur sur la moyenne annuelle est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Erreur} = \frac{(\text{modèle} - \text{mesure})}{\text{mesure}}$$

Les critères de performance trouvés dans la littérature sont atteints ou suffisamment approchés 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 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 surestimation, 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 couples 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.

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

FB : BIAIS FRACTIONNEL

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 négative 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 positive 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

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

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

$$R = \frac{\overline{(C_o - \bar{C}_o)(C_p - \bar{C}_p)}}{\sigma_{C_p} \sigma_{C_o}}$$

R : Coefficient de corrélation linéaire

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 corrigible 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 4 : DISPOSITIFS DE MESURES ET BILAN DE LA CAMPAGNE À PROXIMITÉ DU TRAFIC ROUTIER

Présentation du dispositif mis en place

Plusieurs dispositifs de mesures ont été installés dans l'agglomération ruthénoise :

- **Une station semi-fixe installée à Narbonne** dans un environnement représentatif de la situation de fond de l'agglomération narbonnaise. Ce dispositif mesure le dioxyde d'azote, les particules en suspension (PM₁₀), les particules fines (PM_{2,5}) et l'ozone.
- **Des échantillonneurs passifs** évaluant la concentration du dioxyde d'azote sur des sites représentatifs de zones impactées par le trafic routier.

À partir des mesures effectuées sur le temps de la campagne, les concentrations annuelles sont estimées à l'aide d'une adaptation statistique. Les méthodologies d'exploitation des mesures pour la modélisation des émissions et la cartographie des niveaux de pollution, sont décrites en *annexes 2 et 3*.

4.1.1. La station semi-fixe de Narbonne

La station a été installée dans l'enceinte du lycée Docteur Lacroix, rue Gay Lussac. Le retrait de cette station par rapport à un axe routier important la place dans la catégorie urbaine de fond. C'est à dire qu'elle est représentative des niveaux de fond de la commune de Narbonne.

Les mesures se sont déroulées du 11 mars 2021 au 31 janvier 2023.

La station mobile a été équipée d'analyseurs permettant la mesure des deux principaux polluants émis par le trafic routier, soit :

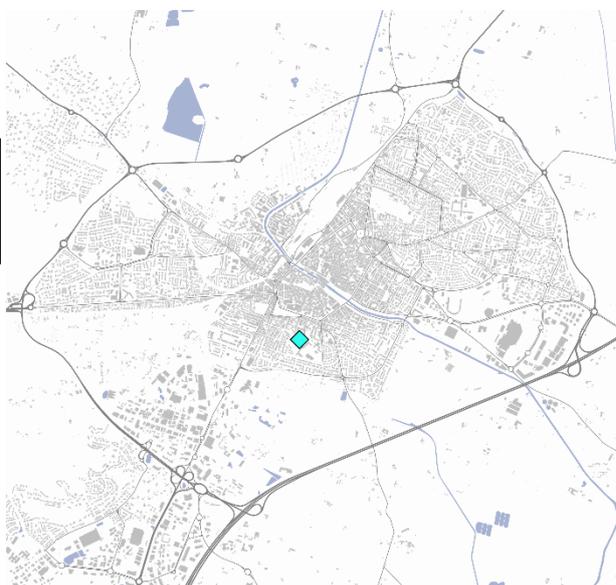
- Particules
 - En suspension – de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM₁₀) ;
 - Fines - de diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2,5})
- Dioxyde d'azote (NO₂) ;
- L'ozone

Localisation de la station de mesure de Narbonne 2021-2022
Narbonne



◆ Station de mesure en temps réel de Narbonne

0 500 1 000 m



4.1.2. Les échantillonneurs passifs

Entre 2021 et 2022, 43 échantillonneurs passifs ont été disséminés sur 13 communes du Grand Narbonne, dont 21 sur la commune de Narbonne et 5 à Port-la-Nouvelle. Les campagnes de mesures ont duré un mois quatre fois dans l'année.

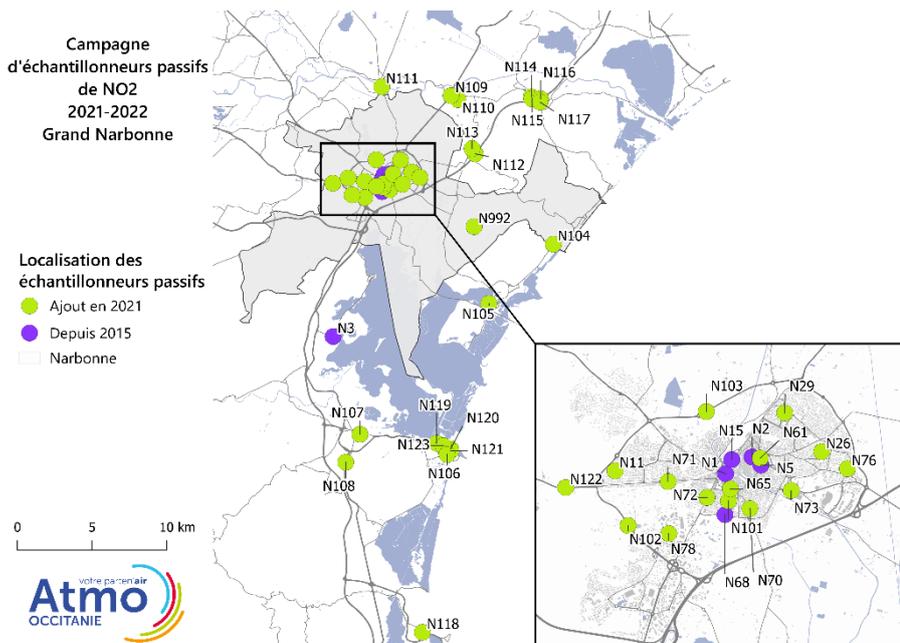
● **Période hivernale** : du 09/11 au 07/12/2021 puis du 07/12/2021 au 04/01/2022

● **Période estivale** : du 08/06 au 07/07/2022 puis du 07/07 au 04/08/2022

N° site	Commune	Emplacement	Typologie
N992	Référence	Montagne Clape	Rural
N104	Narbonne	Narbonne Plage	Trafic
N3	Peyriac-de-Mer	Peyriac-de-Mer	Périurbain
N124	Névian	D1118	Trafic
N105	Gruissan	Av. de Narbonne	Trafic
N26	Narbonne	Rue des Anémones	Urbain
N29	Narbonne	Impasse Raymond Pitet	Urbain
N110	Coursan	Rue des Mailheuls	Urbain
N121	Port-la-Nouvelle	Rue de l'Estagnol	Urbain
N70	Narbonne	Rue d'Athènes	Urbain
N11	Narbonne	Rue Pech Montaut	Urbain
N119	Port-la-Nouvelle	Av. de la mer	Urbain
N111	Cuxac d'Aude	D13	Trafic
N78	Narbonne	Rue de Plaisance	Urbain
N76	Narbonne	Bd de Malard	Trafic
N101	Narbonne	Halle de sport Francis Valls	Périurbain
N118	Leucate	Av. Jean Jaurès	Trafic
N123	Port-la-Nouvelle	Av. de la mer	Urbain
N106	Port-la-Nouvelle	Av. du Général de Gaulle	Trafic
N120	Port-la-Nouvelle	Av. de la mer	Urbain
N102	Narbonne	D6009 - Rocade Sud	Trafic
N114	Salles d'Aude	Av. de Fleury - Nord A9	Transect A9
N2	Narbonne	Cour Janote	Urbain
N117	Fleury	Av. François Mitterand	Transect A9
N116	Fleury	Rue du Lavoir - Sud A9	Transect A9
N115	Salles d'Aude	Rue Jean Jaurès - Nord A9	Transect A9
N103	Narbonne	D6009 - Rocade Nord	Trafic
N1	Narbonne	Rue Kléber	Urbain
N113	Vinassan	D31 Rue Jean Jaures	Trafic
N107	Sigean	Av. de Port la Nouvelle	Trafic
N71	Narbonne	Av. de Bordeaux	Trafic
N68	Narbonne	Bd de Maraussan	Trafic
N73	Narbonne	Av. Domitius	Trafic
N108	Sigean	D6009	Trafic
N112	Vinassan	Rue de Marou	Trafic
N65	Narbonne	Bd du Dr Lacroix	Trafic
N5	Narbonne	Bd Général de Gaulle	Trafic
N125	St Marcel sur Aude	D607	Trafic
N72	Narbonne	Av. du Général Leclerc	Trafic
N109	Coursan	Av. Frédéric Mistral	Trafic
N61	Narbonne	Bd Général de Gaulle	Trafic
N122	Narbonne	D6113	Trafic
N15	Narbonne	Bd Frédéric Mistral	Trafic

Sur les 43 capteurs installés, six font partie du dispositif pérenne de mesure du NO₂ sur le Grand Narbonne mis en place depuis 2015 (en violet sur la carte).

Ces différentes campagnes de mesures ont permis de valider les résultats de la modélisation.



Détails des concentrations par polluants et par échantillonneurs passifs :

Le tableau suivant présente les résultats des mesures de concentration en dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs mesurés lors des deux campagnes de mesures (été et hiver) ainsi que la moyenne annuelle estimée.

Le type d'environnement est décrit comme suit

- En rouge des capteurs sous influence du trafic
- En bleu des capteurs représentatif du fond urbain
- En vert, le site de référence positionné en zone urbaine

N° site	Emplacement	Moyenne hiver 21/22	Moyenne été 2022	Moyenne estimée 2021 (en µg/m ³)
N992	Montagne Clape	6,4	6,9	6,6
N104	Narbonne Plage	6,9	8,2	7,6
N3	Peyriac-de-Mer	11,1	5,4	8,3
N124	D1118	9,6	7,0	8,3
N105	Av. de Narbonne	11,9	6,3	9,1
N26	Rue des Anémones	12,4	6,5	9,4
N29	Impasse Raymond Pitet	12,1	7,0	9,6
N110	Rue des Mailheuls	11,1	8,5	9,8
N121	Rue de l'Estagnol	12,3	8,2	10,3
N70	Rue d'Athènes	13,2	8,0	10,6
N11	Rue Pech Montaut	13,3	8,0	10,6
N119	Av. de la mer	12,5	9,0	10,7
N111	D13	13,0	9,0	11,0
N78	Rue de Plaisance	13,5	8,8	11,2
N76	Bd de Malard	14,3	8,1	11,2
N101	Halle de sport Francis Valls	15,0	8,0	11,5
N118	Av. Jean Jaurès	13,3	9,8	11,5
N123	Av. de la mer	14,0	9,4	11,7
N106	Av. du Général de Gaulle	14,2	10,5	12,3

N120	Av. de la mer	14,8	9,9	12,4
N102	D6009 - Rocade Sud	14,3	10,9	12,6
N114	Av. de Fleury - Nord A9	14,4	11,1	12,7
N2	Cour Janote	17,3	9,6	13,4
N117	Av. François mitterand	16,3	10,8	13,6
N116	Rue du Lavoir - Sud A9	17,3	11,5	14,4
N115	Rue Jean Jaurès - Nord A9	17,4	14,1	15,7
N103	D6009 - Rocade Nord	15,6	16,4	16,0
N1	Rue Kléber	21,4	10,8	16,1
N113	D31 Rue Jean Jaures	19,4	13,8	16,6
N107	Av. de Port la Nouvelle	20,4	13,4	16,9
N71	Av. de Bordeaux	20,2	14,1	17,1
N68	Bd de Maraussan	18,4	16,1	17,2
N73	Av. Domitius	24,5	13,6	19,0
N108	D6009	26,6	12,6	19,6
N112	Rue de Marou	21,3	17,9	19,6
N65	Bd du Dr Lacroix	19,6	20,0	19,8
N5	Bd Général de Gaulle	24,4	16,5	20,4
N125	D607	27,8	17,9	22,8
N72	Av. du Général Leclerc	27,4	20,0	23,7
N109	Av. Frédéric Mistral	32,1	19,9	26,0
N61	Bd Général de Gaulle	31,3	21,4	26,3
N122	D6113	32,8	27,9	30,3
N15	Bd Frédéric Mistral	34,9	47,9	41,4

ANNEXE 5 : DÉFINITIONS ET VALEURS RÉGLEMENTAIRES

Seuil d'alerte

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l'ensemble de la population et à partir duquel des mesures doivent immédiatement être prises.

Seuil de recommandation et d'information

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes de personnes particulièrement sensibles et pour lequel des informations immédiates et adéquates sont nécessaires.

Valeur limite

Niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement. À atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Valeur cible

Niveau fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement. À atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Objectif de qualité

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

L'unité principalement employée pour la concentration des polluants est le microgramme par mètre-cube notée $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations des métaux sont données en nanogramme par mètre-cube et la notation utilisée est ng/m^3 .

1 μg = un millionième de gramme

1 ng = un milliardième de gramme

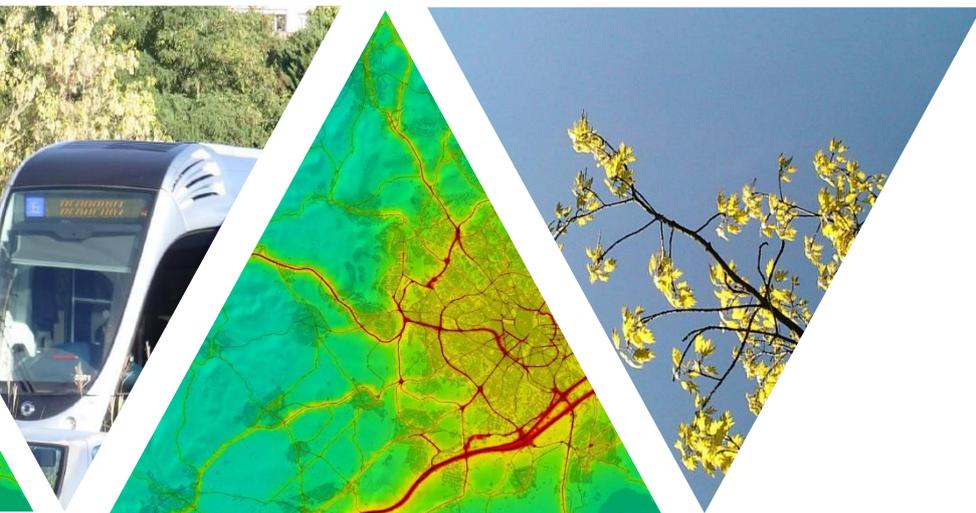
Code de l'environnement :

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⁾

(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.



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