

Evaluation de la qualité de l'air sur le territoire SCoT Nord Toulousain – cartographies de la pollution en 2019

ETU-2023-185 Edition Mars 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

RESUME	3
1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	4
1.1. CONTEXTE ET HISTORIQUE	4
1.2. OBJECTIFS	5
2. LE DIOXYDE D'AZOTE (NO₂)	6
2.1. CAMPAGNE MULTI-SITES REALISEE EN 2019	6
2.2. CARTOGRAPHIE DE REPARTITION DU DIOXYDE D'AZOTE	8
3. LES PARTICULES EN SUSPENSION (PM₁₀)	10
3.1. ÉVALUATION DU RESPECT DES VALEURS REGLEMENTAIRES	10
3.2. CARTOGRAPHIE DE REPARTITION DES PARTICULES EN SUSPENSION (PM10)	11
3.3. CARTOGRAPHIE DE REPARTITION DES PARTICULES FINES (PM2.5)	12
TABLE DES ANNEXES	13

RESUME

Atmo Occitanie et le SCOT Nord Toulousain sont partenaires depuis 2018 et ce jusqu'en juillet 2024. La convention de partenariat établie encadre l'accompagnement du territoire dans la connaissance et le suivi de la qualité de l'air. Dans ce cadre, les actions rappelées ci-dessous ont été réalisées :

- une campagne de mesures du dioxyde d'azote (NO₂) par échantillonneurs passifs en 2019,
- un travail de diagnostic des émissions de polluants atmosphériques et de GES afin d'alimenter les PCAET engagés sur le territoire en 2019
- La présentation annuelle d'indicateurs relatifs aux émissions polluantes du territoire, avec suivi sur le long terme et évolution des émissions de polluants atmosphériques et de GES pour les principaux secteurs à enjeu
- la réalisation de cartographies de la pollution haute résolution à l'échelle de la rue, pour les principaux polluants réglementés : NO₂, PM10 et PM2.5.

Ce rapport présente ces cartographies de la pollution de l'air établies à l'échelle du territoire et les résultats associés. **Ainsi, aucun habitant du territoire du Scot Nord Toulousain n'est exposé à des dépassements des seuils réglementaires définis en moyenne annuelle**, pour le dioxyde d'azote comme pour les particules en suspension inférieures à 10 microns (PM10), et les particules fines inférieures à 2.5 microns (PM2.5). En revanche, comme cela est observé sur d'autres environnements en Occitanie, l'objectif de qualité pour les particules fines PM2.5 n'est pas atteint sur l'ensemble du territoire. Ainsi 10 750 habitants sont exposés à une concentration moyenne sur l'année 2019 supérieure à l'objectif de qualité de 10 µg/m³.

Les cartographies de la qualité de l'air sur le territoire du Scot Nord Toulousain ont permis d'observer des niveaux de concentrations en particules homogènes sur le territoire, proche de ce qui est observé sur la métropole toulousaine. Cela s'explique en partie par les multiples sources émettrices recensées sur le territoire pour ce polluant.

Les concentrations en dioxyde d'azote cartographiées et mesurées sur le territoire sont moins élevées que sur la métropole toulousaine, à la fois en environnement de fond éloigné des principales sources d'émissions, comme à proximité des grands axes de circulation trafic. Cependant, les concentrations les plus élevées restent observées dans des environnements à proximité des grands axes de circulation routière, principal source d'oxyde d'azote du territoire.

Dioxyde d'azote (NO₂)

- Respect de la valeur limite.
- Concentrations légèrement inférieures à celles relevées dans des agglomérations de taille moyenne en Occitanie et nettement inférieures à celles mesurées dans Toulouse Métropole.

Particules en suspension (PM₁₀)

- Respect de l'objectif de qualité et des valeurs limites.
- Concentrations sensiblement moins élevées que celles observées en fond urbain toulousain.
- Aucun épisode de pollution aux particules en suspension n'a touché le territoire du Scot Nord Toulousain en 2019

Particules fines (PM_{2.5})

- Respect de la valeur limite.
- Objectif de qualité non atteint sur une partie du territoire.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Contexte et historique

Atmo Occitanie, l'observatoire régional de la qualité de l'air en Occitanie, est agréé par le ministère de la Transition écologique pour assurer la surveillance de la pollution atmosphérique en tout point du territoire régional. Cette mission d'intérêt général qui lui est confiée nécessite de faire évoluer le parc de dispositifs de mesures et ses outils numériques d'évaluation.

Dans le cadre d'un partenariat pour l'amélioration des connaissances sur les niveaux de pollution et les sources de polluants liés aux activités de son territoire, Atmo Occitanie et le Scot Nord Toulousain ont mis en place depuis 2018 un programme d'évaluation de la qualité de l'air sur le territoire.

L'une des actions prévisionnelles relative à cette évaluation a été la réalisation d'une campagne de mesures du dioxyde d'azote (NO₂) par échantillonneurs passifs. Ce polluant fait toujours aujourd'hui l'objet d'un contentieux engagé par la Commission européenne, visant la France, pour le non-respect de la directive 2008/50/CE, qui fixe des valeurs limites horaires et annuelles de dioxyde d'azote. Les résultats de cette campagne de mesures ont permis d'identifier des zones du territoire à enjeux vis-à-vis des normes sanitaires et environnementales de la qualité de l'air. Le rapport dédié est disponible sur le site internet d'Atmo Occitanie :

<https://atmo-occitanie.org/scot-nord-toulousain-evaluation-de-la-qualite-de-lair-2019>

En plus de cette campagne de mesures, Atmo Occitanie a mis à disposition en 2019 du territoire un diagnostic des émissions de polluants atmosphériques et de GES afin d'alimenter les PCAET engagés sur le territoire par les différentes Communautés de Communes qui composent le Scot Nord Toulousain. Le diagnostic est également disponible en ligne :

<https://atmo-occitanie.org/scot-nord-toulousain-evaluation-du-pcaet-2019>

Atmo Occitanie met également à disposition du territoire une synthèse annuelle compilant les différentes données de qualité de l'air disponibles à l'échelle du territoire : mesures, inventaire des émissions polluantes et modélisation de la qualité de l'air, afin de comparer la situation du territoire avec la réglementation en vigueur, avec les niveaux régionaux et pour observer l'évolution des polluants par rapport aux années précédentes. Le dernier document disponible concerne la synthèse des résultats de la surveillance pour l'année 2021 :

<https://atmo-occitanie.org/scot-nord-toulousain-evaluation-de-la-qualite-de-lair-2021-synthese>

Enfin, le partenariat intègre également la réalisation de cartographies haute résolution de la pollution à l'échelle urbaine, pour les principaux polluants réglementés : NO₂, PM10 et PM2.5. Ces cartographies font l'objet de ce rapport d'évaluation de la qualité de l'air. Elles complètent les autres éléments issus du dispositif d'évaluation mis à disposition du territoire par Atmo Occitanie.

1.2. Objectifs

Une cartographie annuelle de la pollution de l'air a été réalisée sur le SCOT Nord Toulousain à partir des données d'émissions de polluants et des conditions météorologiques locales. Cette cartographie permet de disposer annuellement d'une représentation de la répartition de la pollution de l'air sur l'ensemble du territoire. Elle permet également une évaluation complète, en tout point du territoire, de la situation au regard des valeurs réglementaires et d'estimer l'exposition de la population et des établissements à caractère sanitaire et sociale présents sur le domaine d'étude. Les polluants cartographiés sont les particules en suspension PM10, les particules fines PM2.5, et le dioxyde d'azote NO₂.

Les mesures réalisées au cours de la campagne multi-sites par échantillonneurs passifs en 2019 ont servi pour l'amélioration statistique des outils de modélisation afin de proposer des cartes précises de la dispersion de la pollution sur l'agglomération. Les concentrations annuelles ainsi modélisées en 2019 ont pu ainsi être validées par comparaison aux concentrations mesurées.

Le déploiement d'un tel outil cartographique sur l'ensemble du territoire répond à plusieurs objectifs :

- évaluer l'exposition des populations aux principaux polluants réglementés sur une année complète ;
- comparer la situation du territoire avec celle observée sur d'autres environnements dans la région Occitanie et sur la métropole toulousaine pour mettre en évidence d'éventuelles particularités locales ;
- identifier des secteurs à enjeux d'un point de vue sanitaire, en dépassement de valeurs réglementaires en vigueur.

2. Le dioxyde d'azote (NO₂)

- Respect des valeurs limites en situation de fond en 2019
- Respect des valeurs limites en situation de proximité trafic en 2019
- Concentrations légèrement inférieures aux environnements de fond urbains régionaux



2.1. Campagne multi-sites réalisée en 2019

En 2019, une campagne de mesures du dioxyde d'azote a été réalisée sur l'ensemble du territoire du Scot Nord Toulousain. Les principaux résultats de cette campagne sont détaillés ci-dessous.

Les 47 sites retenus pour l'évaluation de 2019 peuvent être séparés en deux catégories aux environnements différents. La première est composée d'échantillonneurs placés à proximité directe de grands axes routiers du territoire afin d'évaluer l'influence du trafic sur les concentrations de ce polluant. Le second groupe est constitué de points de mesures placés à l'écart du trafic dans des zones dites de « fond » afin d'évaluer les concentrations moyennes auxquelles est exposée la grande majorité de la population. La campagne s'est déroulée en deux phases, l'une hivernale et l'autre estivale, afin de s'assurer que les mesures soient représentatives de la situation annuelle.

Les résultats obtenus sont présentés sous la forme de deux cartographies donnant les concentrations moyennes en 2019 des échantillonneurs disposés sur le territoire.

Faits marquants de la campagne 2019

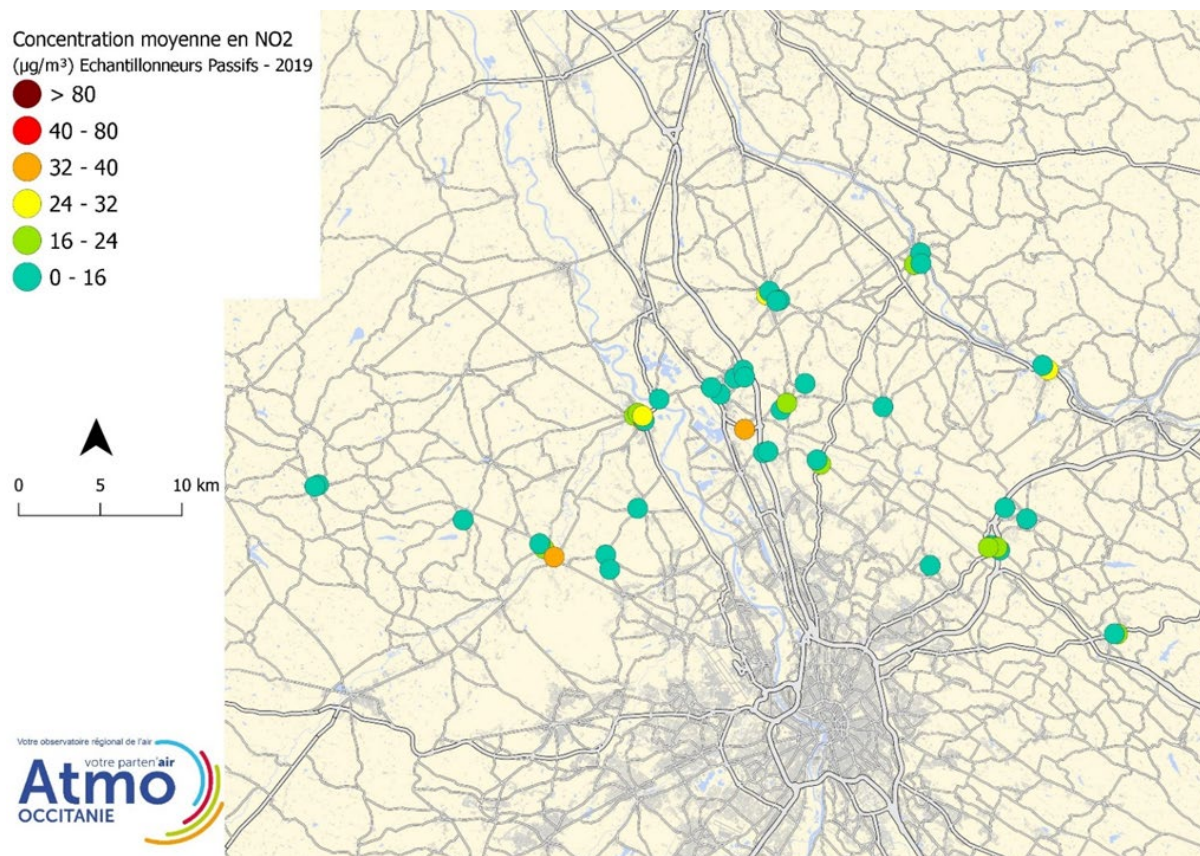
L'ensemble des sites situés en « fond urbain » respecte la valeur limite (40 µg/m³ à ne pas dépasser en moyenne annuelle) fixée pour les concentrations de dioxyde d'azote afin de garantir la protection de la santé.

En 2019, les niveaux moyens de fond urbain sont inférieurs aux concentrations évaluées sur l'agglomération toulousaine ou dans d'autres agglomérations d'importance comme Tarbes ou Albi. En situation de fond urbain, représentatif de l'air respiré par la majorité des habitants de l'aire urbaine du territoire, la valeur limite est largement respectée en 2019 puisque les concentrations s'échelonnent de 4 µg/m³ à 13 µg/m³. Le niveau de fond est similaire à celui mesuré sur l'agglomération de Muret, territoire au sud de la métropole pouvant s'apparenter sur bien des égards à celui du Scot Nord Toulousain.

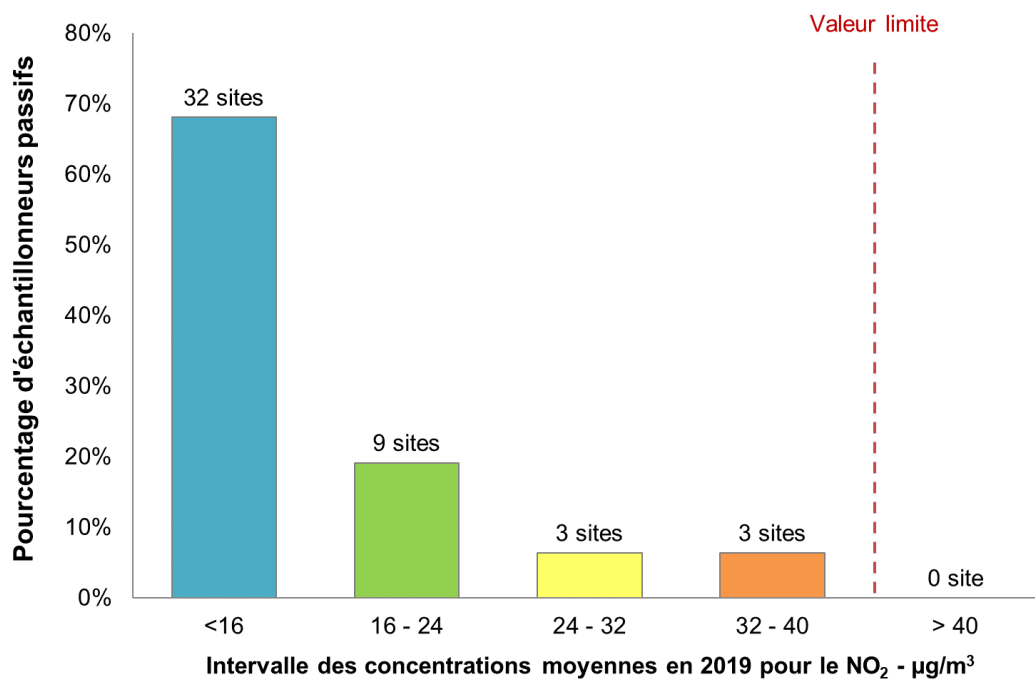
Globalement, les concentrations les plus importantes sont mesurées le long des axes de circulation structurant le territoire, pour les mobilités du quotidien (déplacement domicile-travail), mais également pour les activités économiques implantées sur le territoire. Ainsi, à proximité de certains axes de circulation les niveaux mesurés sont plus importants, parfois proches de la valeur limite, et largement supérieurs au niveau de fond mesuré sur le territoire. Ainsi, 3 sites de mesures possèdent une concentration moyenne en 2019 supérieure à 32 µg/m³.

2 points de mesures, localisés à Grenade/Garonne et Montaigut/Save à proximité directe d'habitations, mettent en évidence des concentrations en NO₂ proches de la valeur limite réglementaire, sans pour autant la dépasser en moyenne annuelle. Un autre point de mesure présente une concentration élevée au regard de la réglementation fixée en moyenne annuelle, éloigné de toutes habitations (au niveau de la D945 dans la zone d'activité d'Eurocentre).

Concentrations moyennes en 2019 sur le Scot Nord Toulousain

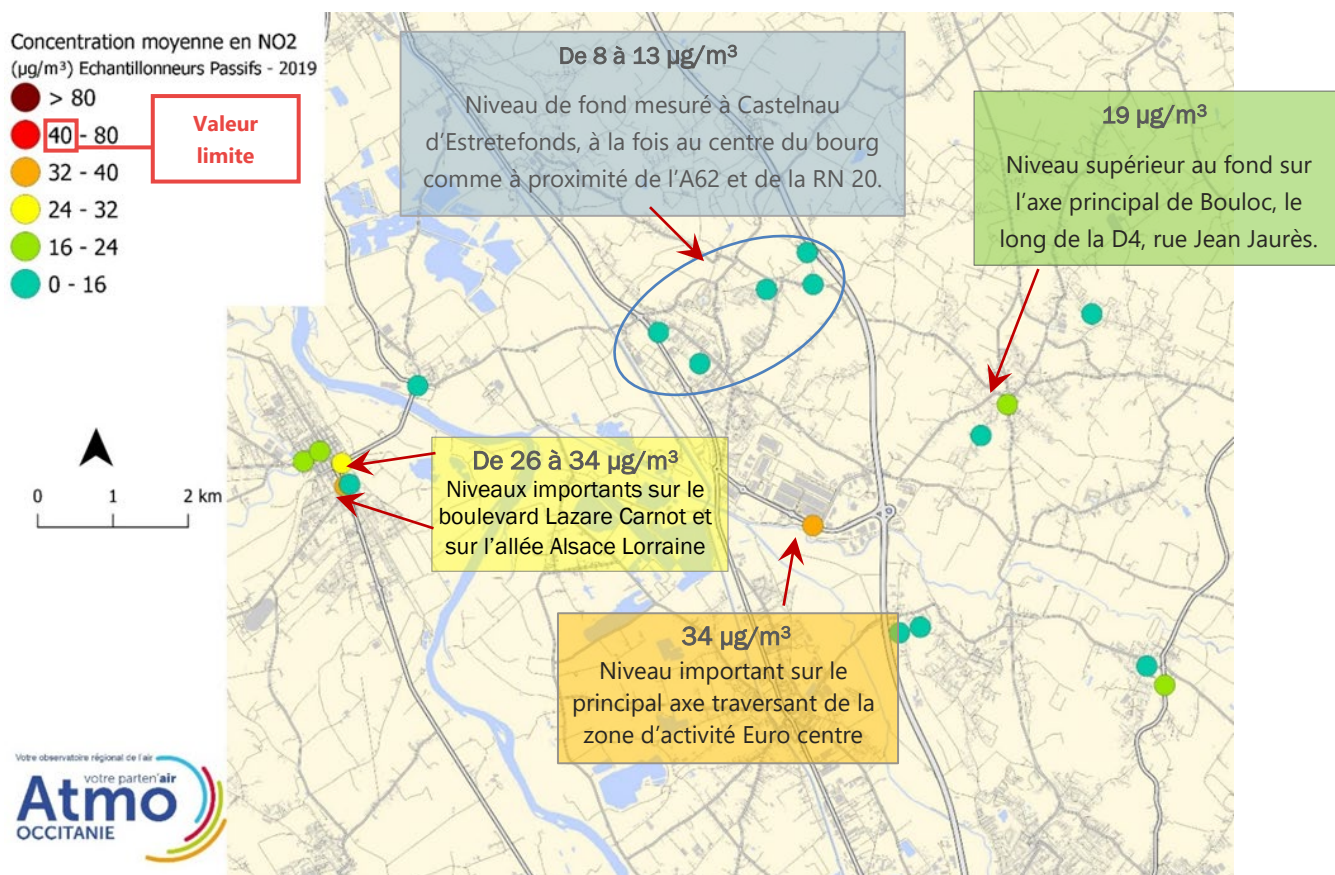


Cartographie des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote, Scot Nord Toulousain - 2019



Répartition des échantillonneurs passifs en fonction des intervalles de concentration en NO₂, sur 2019

Secteur Grenade-sur-Garonne/Castelnau d'Estretfonds



Cartographie des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote, secteur « Grenade/Castelnau » - 2019

2.2. Cartographie de répartition du dioxyde d'azote

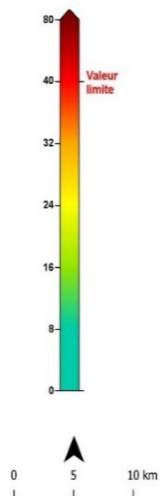
En s'appuyant sur des modèles qui prennent en compte les données météorologiques, les mesures réalisées par les stations ou encore la topographie urbaine, il est possible d'évaluer les concentrations des principaux polluants atmosphériques en tout point du territoire. La modélisation permet ensuite de générer des cartographies de dispersion des polluants et d'estimer la part de la population exposée à des dépassements de seuils réglementaires.

La cartographie ci-dessous permet de visualiser la concentration de dioxyde d'azote (NO_2) sur l'ensemble du Scot Nord Toulousain. 62% des oxydes d'azote émis sur le territoire sont issus des transports, expliquant ainsi que les concentrations les plus élevées s'observent aux abords immédiats des grands axes de circulation : les autoroutes A62 et A68. De manière moins importante, les axes départementaux route de Paris et D2 et la nationale N224 avant Montaigut/Save présentent également des niveaux de concentrations en dioxyde d'azote plus marqués que les niveaux de fond du territoire. La cartographie de la pollution montre une variation spatiale importante des grands axes de trafic aux secteurs plus éloignés de ces axes, conformément aux observations faites lors de la campagne de mesures réalisée en 2019, en plusieurs points du territoire.

La valeur limite définie pour le dioxyde d'azote est respectée sur l'ensemble des secteurs habités du territoire. Ainsi, aucune population n'est exposée à un dépassement de ce seuil réglementaire en 2019.

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

2019



NO ₂ - Exposition de la population par classe de concentration			Année 2019
Moy > 10 µg/m ³	OMS 2021	Population	5850
		Surface (km ²)	22
Moy >40 µg/m ³	Valeur Limite	Population	0
		Surface (km ²)	<1

3. Les particules en suspension (PM₁₀)

- Respect de l'objectif de qualité et des valeurs limites pour les particules en suspension PM₁₀
- Concentrations moins élevées que celles observées en fond urbain toulousain
- Aucun épisode de pollution aux particules en suspension n'a touché le territoire du Scot Nord Toulousain en 2019



3.1. Évaluation du respect des valeurs réglementaires

Les particules en suspension sont un ensemble hétéroclite d'éléments d'origines anthropique (combustion, exploitation de carrières...) ou naturelle (érosion du sol, feu de forêt, embruns marins...). La concentration en air ambiant des particules est fortement tributaire des conditions météorologiques. En 2019 sur l'agglomération du Scot Nord Toulousain, 35% des émissions de particules en suspension provenaient du secteur résidentiel et notamment des équipements de chauffage (voir Annexe 5).

Le dispositif de mesures des particules en suspension PM₁₀ est localisé à Bessières dans le cadre du partenariat avec le centre de traitement et de valorisation de déchets (site Econotre). Ce dispositif permet d'évaluer l'impact potentiel des activités de l'incinérateur sur la qualité de l'air du territoire. Les polluants surveillés sont ceux susceptibles d'être émis par un incinérateur de déchets, en conformité avec l'arrêté préfectoral du 18 janvier 1998, dont font partie les particules en suspension inférieures à 10 microns.

PARTICULES EN SUSPENSION (PM ₁₀)					
PM ₁₀		Valeurs réglementaires	Station de Bessières	Respect de la réglementation	Comparaison avec fond urbain
Exposition de longue durée	Objectif de qualité	30 µg/m ³ en moyenne annuelle	14 µg/m³	Oui	Égal
	Valeurs limite	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	14 µg/m³	Oui	Égal
		50 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	0 jour en dépassement	Oui	Inférieur

La station a mesuré une concentration moyenne annuelle de 14 µg/m³ tandis que la moyenne sur 24 heures a atteint une valeur maximale de 45 µg/m³. Aucun dépassement du seuil journalier réglementaire (50 µg/m³) n'a été observé sur la station de Bessières en 2019. Les concentrations journalières les plus élevées sont mesurées durant des épisodes de pollution généralisées sur l'ensemble du département, voire sur une grande partie de la région, en lien avec des conditions météorologiques anticycloniques, froides, favorisant l'accumulation des polluants atmosphériques. Les sources principales d'émission de particules durant ces épisodes hivernaux sont les dispositifs de combustion de biomasse dont les chauffages au bois des particuliers.

Au regard de cette situation, **l'ensemble des valeurs réglementaires est respecté.**

3.2. Cartographie de répartition des particules en suspension (PM₁₀)

La cartographie ci-dessous permet de visualiser la concentration de particules en suspension (PM₁₀) sur l'ensemble du Scot Nord Toulousain. Nous pouvons remarquer que les concentrations sont bien plus diffuses que celles de dioxyde d'azote.

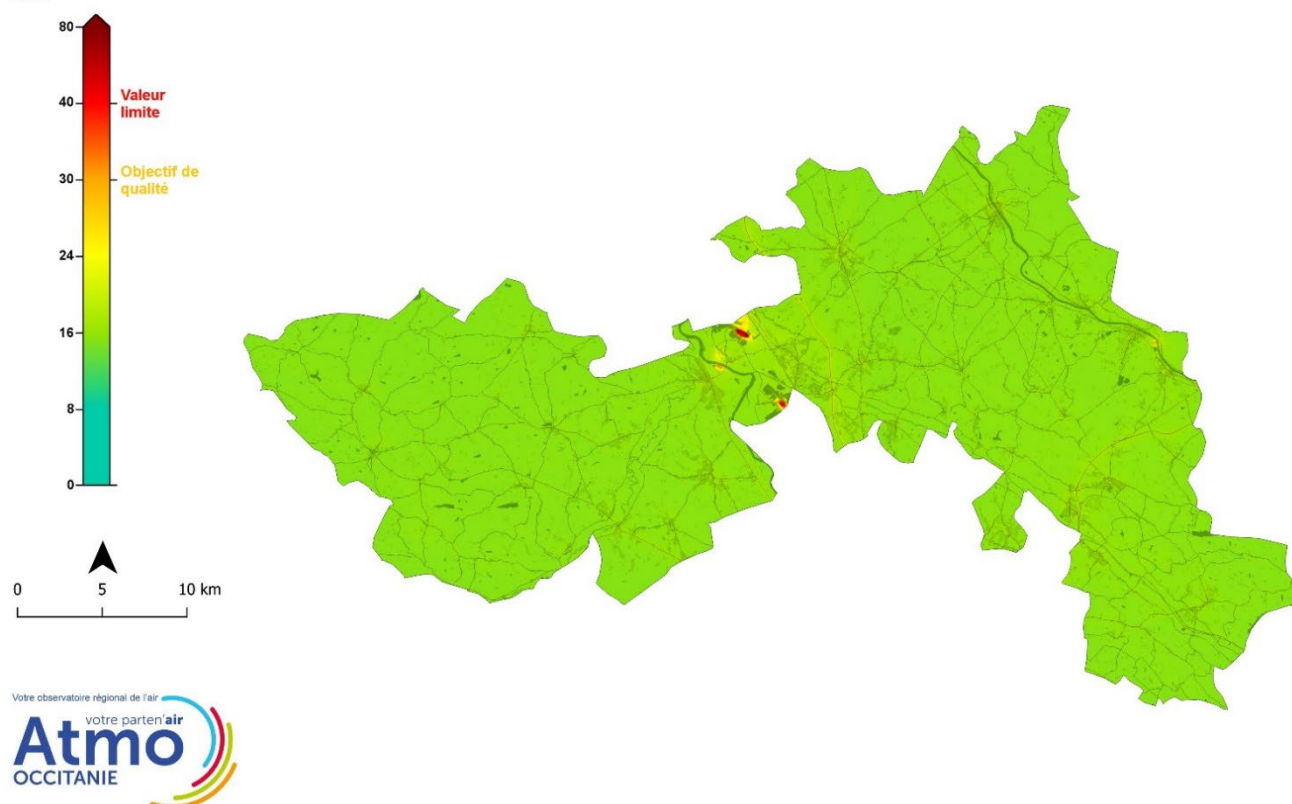
Trois secteurs ressortent par rapport aux concentrations de fond modélisées sur le territoire, il s'agit des emprises des activités de carrières/gravières ayant été intégrées aux calculs de dispersion de polluants. Les sources d'émissions ont été définies sur l'ensemble de la surface de ces exploitations recensées au travers notre inventaire des émissions, expliquant la forme visuelle cartographiée.

Environ 10% des particules en suspension émises sur le territoire proviennent des transports ; les niveaux de particules sont sensiblement plus élevés aux abords immédiats des grands axes de circulation.

L'ensemble des seuils réglementaires (objectif de qualité et valeur limite) définis pour les particules en suspension (PM₁₀) sont respectés sur le territoire de l'agglomération. Ainsi, aucune population n'est exposée à un dépassement de ce seuil réglementaire en 2019.

En revanche, **le seuil sanitaire formulé par les recommandations de l'OMS en 2021, de 15 µg/m³, ne serait pas atteint sur l'ensemble du territoire s'il était traduit tel quel dans la réglementation française.** La réglementation européenne, qui sera déclinée tout ou partie dans le droit français, sera révisée dans les années à venir, en se basant très probablement sur ces dernières recommandations de l'OMS.

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

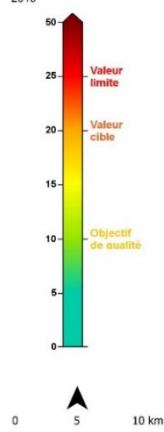


PM10 - Exposition de la population par classe de concentration			2019
Moy > 15 µg/m ³	OMS 2021	Population	99800
		Surface (km ²)	897
Moy > 30 µg/m ³	Objectif de qualité	Population	0
		Surface (km ²)	<1
Moy > 40 µg/m ³	Valeur Limite	Population	0
		Surface (km ²)	<1

3.3. Cartographie de répartition des particules fines (PM_{2.5})

La carte ci-dessous représente la concentration de particules fines (PM_{2.5}) sur l'ensemble du Scot Nord Toulousain. Nous pouvons remarquer que les concentrations les plus élevées, pour lesquels l'objectif de qualité n'est pas respecté, sont mises en évidence aux abords immédiats des grands axes de circulation du territoire, mais également au niveau de l'emprise surfacique des principales carrières/gravières. Ces dépassements de l'objectif de qualité fixé pour les particules fines touchent un peu moins de 11% de la population de l'agglo, soit environ 10 750 habitants. La valeur cible et la valeur limite sont respectées sur tout le territoire.

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



PM2.5 - Exposition de la population par classe de concentration			2019
Moy > 5 µg/m ³	OMS 2021	Population	99800
		Surface (km ²)	898
Moy > 10 µg/m ³	Objectif de Qualité	Population	10750
		Surface (km ²)	12
Moy > 20 µg/m ³	Valeur Cible	Population	0
		Surface (km ²)	<1
Moy > 25 µg/m ³	Valeur Limite	Population	0
		Surface (km ²)	<1

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Définition des valeurs réglementaires

ANNEXE 2 : Dispositif de mesures

ANNEXE 3 : Éléments sur les différents polluants étudiés

ANNEXE 4 : Sources de pollution dans l'agglomération

ANNEXE 5 : Conditions météorologiques de l'étude

ANNEXE 6 : Méthodologie de l'inventaire, de la modélisation et de la cartographie

ANNEXE 7 : Validation du modèle fine échelle

ANNEXE 1 : Définition des 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

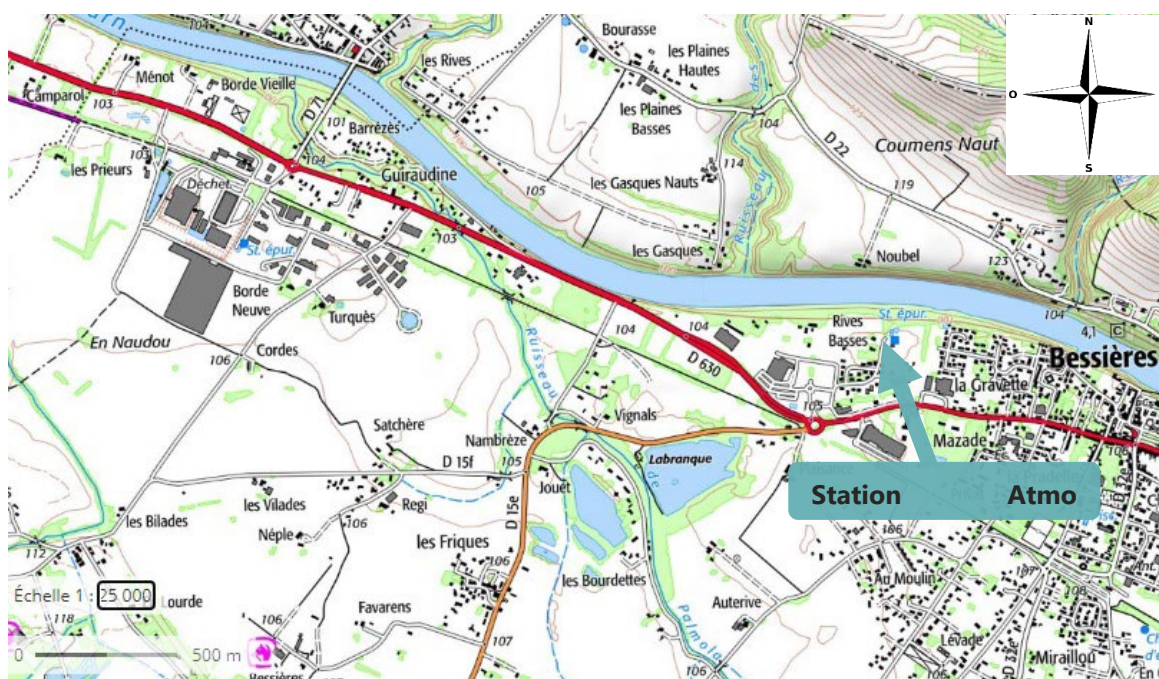
ANNEXE 2 : Dispositifs de mesures sur le territoire

Localisation de la station permanente

Le dispositif déployé sur la zone d'étude permet d'évaluer l'impact potentiel des activités de l'écopôle sur la qualité de l'air du territoire où il est implanté conformément à l'arrêté préfectoral du 18 janvier 1998. Les polluants surveillés sont ceux susceptibles d'être rejetés par un incinérateur de déchets.

Les mesures réalisées par nos équipements sont ensuite comparées avec les réglementations françaises ou européennes en vigueur dans l'air ambiant. Les niveaux de concentrations sont représentatifs des niveaux de fond ambiant, et ne sont pas influencés par les activités du centre de traitement et de valorisation. L'ensemble fait l'objet d'un rapport annuel publié et librement accessible sur notre site internet : atmo-occitanie.org

La carte suivante permet de visualiser la situation de la station fixe à Bessières :



Situation de l'Écopôle Econotre et de la station de mesures installée par Atmo Occitanie à Bessières.
Carte de l'Institut Géographique National. Échelle 1 : 25 000. Orientation figurée sur la carte.

Une station de mesures est installée à l'est du centre de traitement et de valorisation de déchets, sur la commune de Bessières. La station de mesures de Bessières est dite « sous les vents d'Econotre » lorsque le vent provient du secteur O.N.O. (ouest/nord-ouest). Les niveaux de concentrations mis en évidence sur la station sont représentatifs des niveaux de fond du territoire pour les polluants mesurés, en suivant :

- **Particules en suspension de diamètre inférieur à 10 micromètres (PM₁₀)** : Une mesure tous les quarts d'heure tout au long de l'année.
- **Métaux** (12 au total dont 5 réglementés en air ambiant) : Analyse mensuelle.
- **Retombées totales de poussières** : Analyse bimestrielle.
- **Chlorures et fluorures** : Analyse hebdomadaire répétée 4 fois consécutivement pour couvrir un mois de prélèvement.

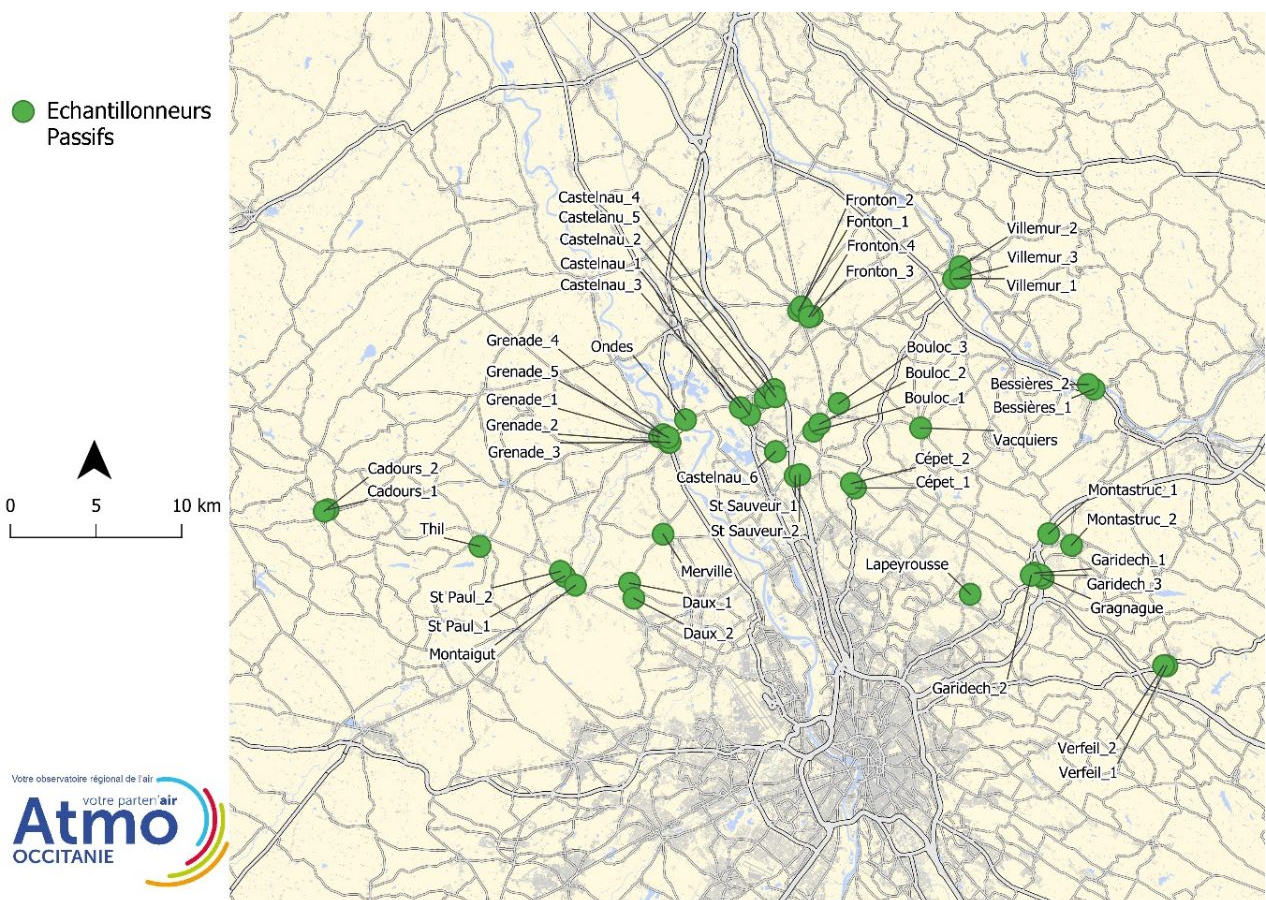
Localisation des échantillonneurs passifs temporaires

Les échantillonneurs passifs ont été installés du 12 juin au 10 juillet 2019 lors de la phase estivale et du 30 octobre au 28 novembre 2019 pour la phase hivernale.

Des échantillonneurs passifs ont été temporairement disposés sur le territoire, pour évaluer la répartition spatiale des concentrations de NO₂. A la suite du prélèvement, les échantillonneurs passifs font l'objet d'une analyse en laboratoire. Cette analyse donne une concentration moyenne sur l'ensemble du temps d'exposition. Les concentrations sont extrapolées à l'ensemble de l'année 2019, selon une méthode d'adaptation statistique de mesures.

Au total, la période couverte par ces campagnes de mesures est de 16% d'une année civile. Dans le cadre de mesures indicatives, les Directives Européennes demandent une couverture minimale de 14% du temps. Ainsi, dans le cas de cette étude par échantillonneurs passifs, et compte tenu des capteurs utilisés, Atmo Occitanie est conforme aux impératifs réglementaires pour que la mesure soit représentative d'une année complète.

Les échantillonneurs passifs permettent d'évaluer la dispersion du dioxyde d'azote NO₂, sur des sites de configurations différentes, en situation de fond comme en proximité de sources polluantes. Pour cette étude multi-sites, le niveau de pollution en NO₂ est évalué sur 47 sites (24 en proximité trafic et 23 en fond urbain).



Position des échantillonneurs passifs sur le territoire du Scot Nord Toulousain

ANNEXE 3 : Éléments sur les 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

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.

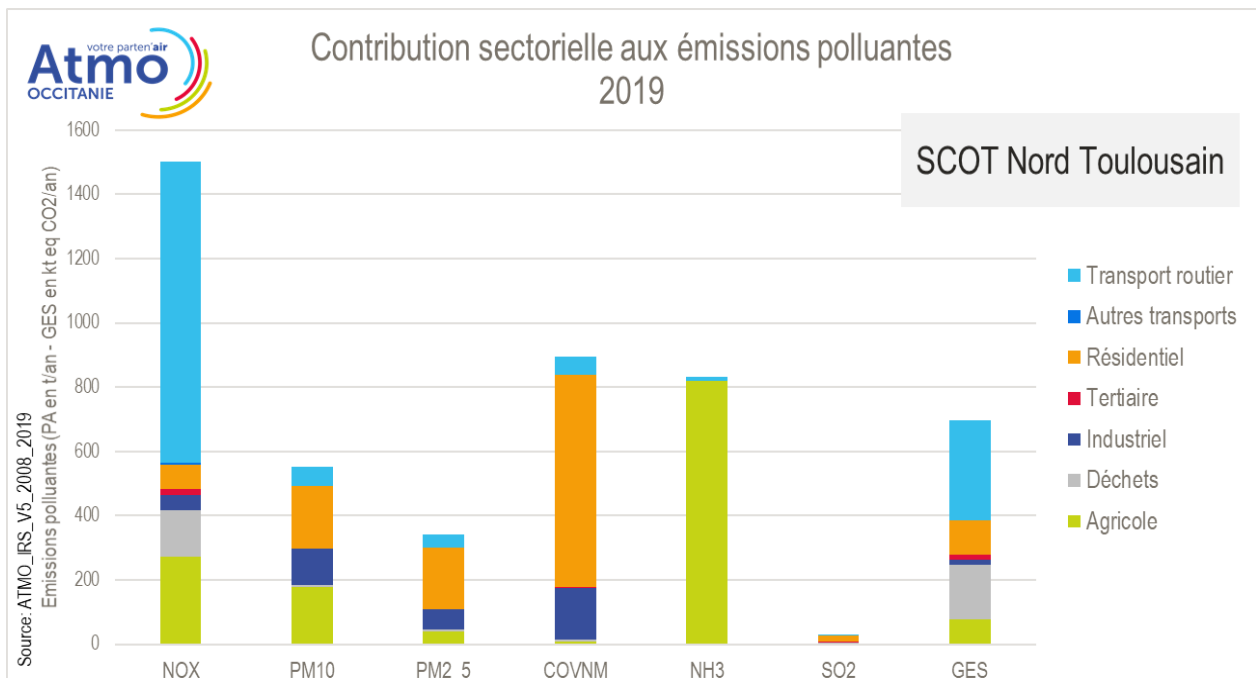
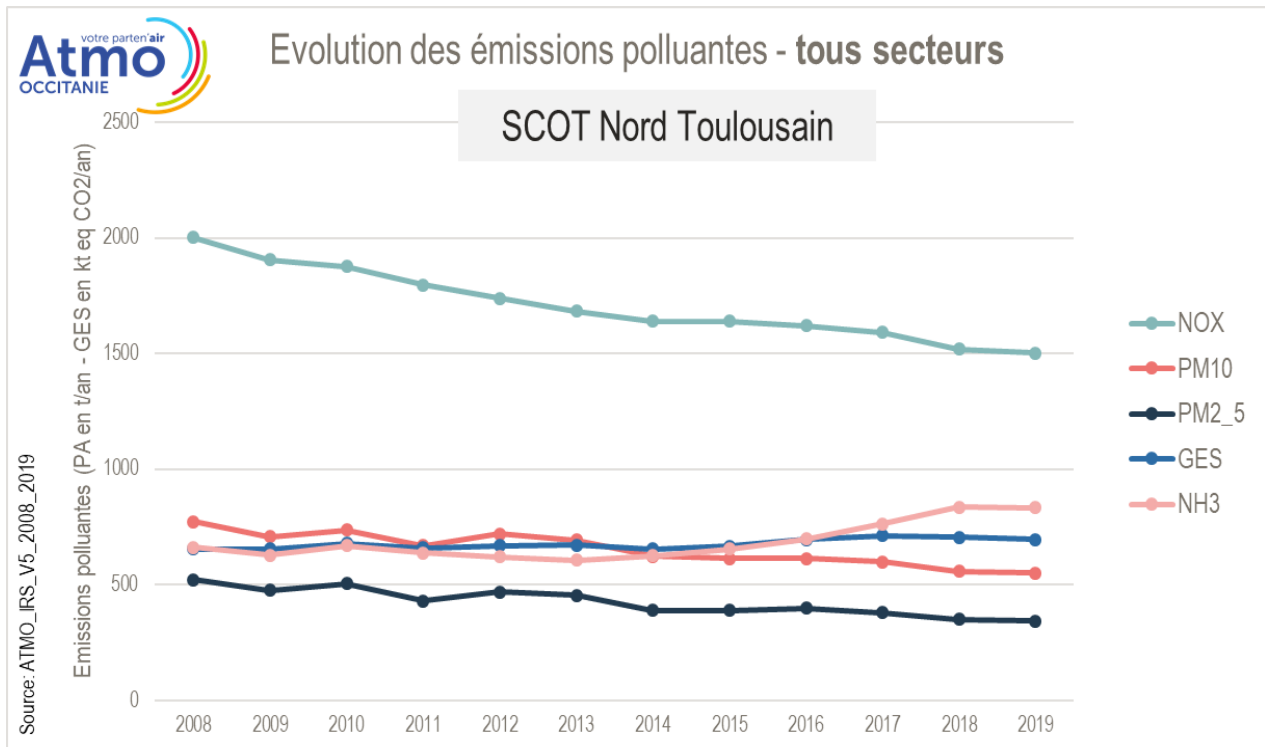
Les plus grosses particules sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus fines pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules ultra fines sont suspectées de provoquer 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.

ANNEXE 4 : Sources de pollution dans l'agglomération¹



¹ Source : Atmo Occitanie/ ATMO_IRS_V5_2008_2019

*Les émissions issues de la biomasse correspondent à la combustion de matières comme le bois, les déchets organiques et les résidus agricoles.

Les oxydes d'azote (NO_x)

Sur le territoire du Scot Nord Toulousain en 2019, les émissions d'oxydes d'azote ont reculé de 6% par rapport à la moyenne des quatre années précédentes.

Avec 62% des émissions, le secteur du transport est le principal contributeur devant l'agriculture dont la part s'élève à 18%. Les émissions d'oxydes d'azote dans le Scot Nord Toulousain s'établissaient en 2019 à 15 kg par habitant.

Les particules en suspension PM₁₀

Sur le territoire du Scot Nord Toulousain en 2019, les émissions de particules en suspension ont reculé de 8% par rapport à la moyenne des quatre années précédentes.

Avec 35% des émissions, le secteur résidentiel est le principal contributeur (dispositifs de chauffage) devant le secteur agricole dont la part s'élève à 32% et l'industrie avec 20%. Les émissions de particules en suspension dans le Scot Nord Toulousain s'établissaient en 2019 à 6 kg par habitant.

Les particules fines PM_{2,5}

Sur le territoire du Scot Nord Toulousain en 2019, les émissions de particules fines ont reculé de 10% par rapport à la moyenne des quatre années précédentes.

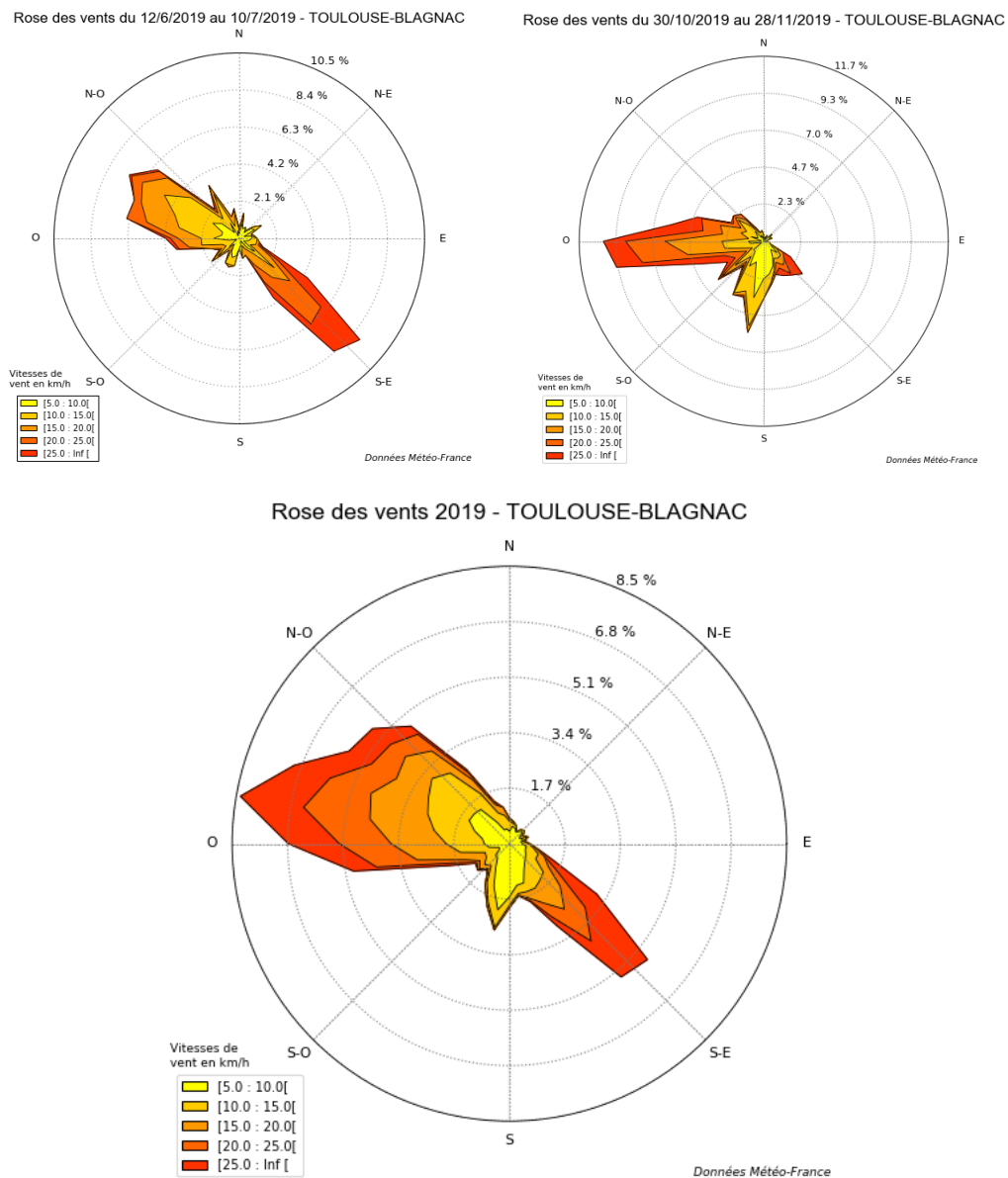
Avec 55% des émissions, le secteur résidentiel est le principal contributeur (dispositifs de chauffage) devant le secteur industriel dont la part s'élève à 19% et le transport routier avec 12%. Les émissions de particules fines sur le territoire s'établissaient en 2019 à 4 kg par habitant.

ANNEXE 5 : Conditions météorologiques de l'étude

Dans cette annexe, l'évolution de la température moyenne et de la pluviométrie est présentée et comparée avec les normales de saison telles que fournies par Météo-France pour la période 1991-2020. Une rose des vents est également construite pour la période considérée.

Une période de mesures représentative des conditions de vent sur l'année 2019

Les roses des vents en suivant sont établies à partir de données quart-horaires issues de la **station Météo France de Toulouse-Blagnac**. Les vitesses de vents sont exprimées en km/h, et sont lues selon l'échelle de couleur suivante : jaune (vent faible <5 km/h) à rouge (vent fort >25 km/h).



Rose des vents sur la période de mesures estivale (à gauche), hivernale (à droite) et sur l'année 2019 (en dessous).

Période	Occurrence (%) des vents de secteur Sud-Est	Occurrence (%) des vents de secteur Ouest/Nord-Ouest	Occurrence (%) des vents de secteur Sud
Période estivale – du 12/06/19 au 10/07/19	43	47	11
Phase hivernale – du 30/10/19 au 28/11/19	19	53	28
Année 2019	33	56	11

Tableau récapitulatif des principaux secteurs de vent sur la station Météo France Toulouse-Blagnac

Sur la station météorologique de Toulouse-Blagnac, trois régimes de vents principaux sont identifiés : un vent de **secteur Ouest/Nord-Ouest (ONO) de faibles à forts prédominant sur l'année 2019**, et largement présent sur les 2 période de mesures ; **un vent d'autan de secteur sud-est (SE)** soufflant en rafales avec des vitesses relativement importantes (de modérées à fortes) ; un vent de **secteur sud** d'intensité faible.

Le vent d'autan (SE) est sous-représenté lors de la phase hivernale alors qu'il est surreprésenté pendant la phase estivale. Le vent ONO a soufflé moins fortement au cours de la phase estivale mais tout aussi fréquemment que sur la phase hivernale. Globalement, en prenant les conditions moyennes en place durant les deux campagnes de mesures, **les conditions météorologiques sont bien représentatives de la situation annuelle en 2019.**

Des cumuls pluviométriques extrêmes et des températures moyennes conformes

Le cumul de pluie enregistré au cours de la phase des phases de prélèvement est comparé au cumul historiquement mesuré (normales de saison) sur ces périodes à partir des **données de la station Météo France de Toulouse-Blagnac entre 1981 et 2018**. Il en est de même pour la température moyenne mesurée.

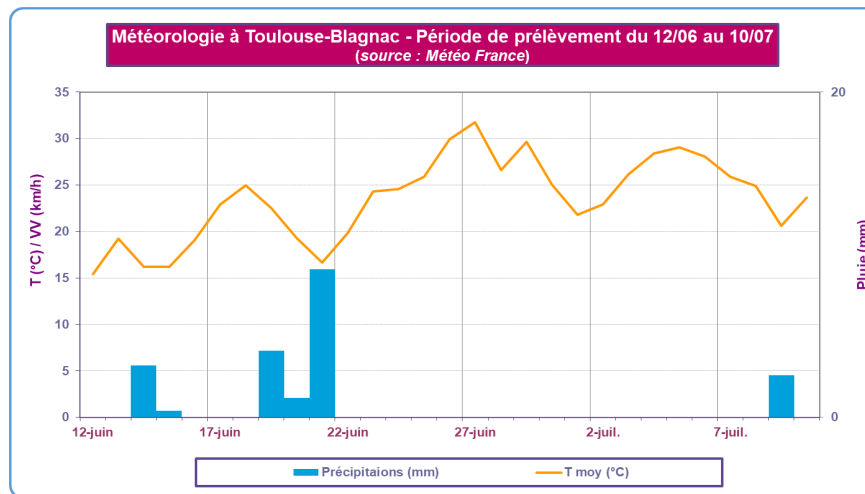
Chaque période de mesures a connu un bilan pluviométrique atypique : pluviométrie déficitaire sur la phase estivale puis largement excédentaire sur la phase hivernale. **Ces deux situations climatiques « extrêmes » au niveau de la pluviométrie sont représentatifs d'une situation moyenne pour l'année 2019.**

En ce qui concerne les températures moyennes au cours des périodes de prélèvement, la période estivale a été plus douce que la normale de saison, tandis que la température moyenne enregistrée sur la phase hivernale est conforme à la normale.

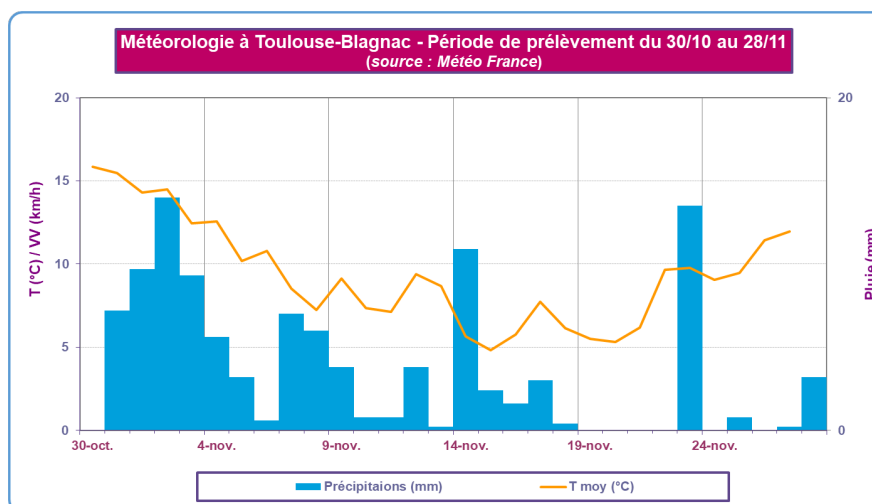
Période	Cumul des précipitations (mm) (normale de saison)	Nombre de jours de pluie (normale de saison)	Température moyenne (°C) (normale de saison)
Période estivale – du 12/06/19 au 10/07/19	20.6 (49.2)	5 (3)	23.5 (21.1)
Phase hivernale – du 30/10/19 au 28/11/19	108 (51)	19 (4)	9.4 (9.6)

Tableau récapitulatif des principaux paramètres climatiques mesurés sur la station Météo France Toulouse-Blagnac

Le graphique ci-dessous présente les variations des paramètres météorologiques température et précipitation journalière sur les 2 périodes de prélèvement (données issues de la station Météo France de Toulouse-Blagnac).



Graphique représentant l'évolution journalière du cumul pluviométrique et de la température moyenne – Phase estivale



Graphique représentant l'évolution journalière du cumul pluviométrique et de la température moyenne – Phase hivernale

ANNEXE 6 : Méthodologie de l'inventaire, de la modélisation et de la cartographie

L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de GES

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 (version de 06/2018) constitue la référence nationale à laquelle chaque acteur local doit pouvoir se rapporter pour l'élaboration des inventaires territoriaux d'émission directe de polluants dans l'air.

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 directes 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'expertise pour identifier la contribution des différents secteurs d'activité à la pollution de l'air, suivre l'évolution pluriannuelle des quantités émises, évaluer la situation de leur territoire au regard des objectifs locaux et nationaux et enfin évaluer l'impact sur les émissions polluantes de scénarios d'évolution des activités locales à plus ou moins long terme.

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...) issues d'acteurs locaux ou nationaux 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 »

Les données primaires, les modalités de leur prise en compte ainsi que l'origine des facteurs d'émissions utilisés sont décrits en partie 2.

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

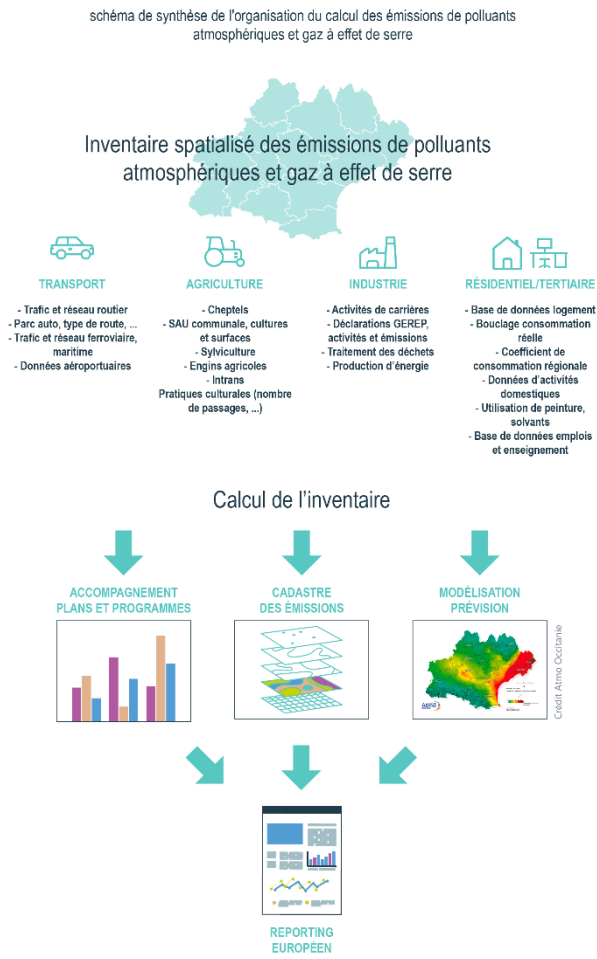


Figure 1 : L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et GES - Atmo-Occitanie

Éléments méthodologiques

Secteur résidentiel

Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
Agence ORE (Opérateurs de Réseaux d'Énergie), SDES, CEREN	Consommation d'énergie communale (gaz électricité), ou régionale	-	Estimation d'un mix énergétique territorial + Emissions polluantes détaillées par type de logement selon ses caractéristiques	CITEPA
INSEE (Détail Logement), SITADEL	Types de logement, de chauffage, énergie utilisée, par commune			
ADEME	Parc national d'équipement de chauffage au bois 2012, 2017	Étude sur le chauffage domestique au bois : Marchés et approvisionnement de l'ADEME, Solagro, Biomasse Normandie, BVA, 2018	Emissions polluantes associées à l'usage du bois énergie chez les particuliers	
Union Régionale des collectivités forestières Occitanie	Nombre et caractéristiques des chaufferies collectives biomasses alimentant des bâtiments résidentiels	-	Estimation des émissions polluantes associées aux chaufferies biomasse alimentant des logements	ADEME
Divers fournisseurs pour: population, taux d'équipements des ménages en petits outillages, vente de peintures, ...	Données d'activité hors combustion	Données nationales désagrégées	Emissions polluantes des autres postes du secteur résidentiel	CITEPA

Secteur tertiaire

Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
Agence ORE (Opérateurs de Réseaux d'Énergie), SDES	Consommation d'énergie communale (gaz électricité), ou régionale	-	Estimation d'un mix énergétique territorial +	CITEPA
INSEE, Rectorats	Effectifs tertiaires		Emissions polluantes par branche tertiaire	
Union Régionale des collectivités forestières Occitanie	Nombre et caractéristiques des chaufferies collectives biomasses alimentant des bâtiments tertiaires	-	Estimation des émissions polluantes associées aux chaufferies biomasse alimentant des bâtiments tertiaires	ADEME

Secteur agricole

Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
AGRESTE, RGA, SAA, Enquêtes RICA, Enquêtes régionales (DRAAF)	Consommation énergétique des bâtiments, répartition des cultures et des cheptels par commune	RGA 2000 et 2010	Emissions polluantes associées aux cultures, à l'élevage, aux bâtiments, aux engins	CITEPA / EMEP Guidebook
UNIFA	Ventes régionales d'engrais	-	Emissions polluantes associées à l'apport d'engrais	

Secteur industries et traitement des déchets

Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
DREAL Occitanie	Exploitation des carrières	-	Emissions polluantes dues à l'extraction	CITEPA
BDREP	Emissions déclarées des industriels	-	Emissions déclarées des industriels, corrections, complétion	
ORDECO, EACEI, partenaires d'Atmo Occitanie	Données d'activité industrielles / traitement des déchets par type	-	Emissions industrielles complémentaires, émissions dues aux traitements de déchets, par type	
Viaseva, SDES	Annuaire des réseaux de chaleurs	-	Emissions associées à la production de chaleur urbaine	

Secteur des transports

Transport routier

Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
CITEPA	Parc roulant	Données annuelles	Calcul de facteurs d'émissions unitaires par type de véhicules	Méthodologie européenne COPERT (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport)
Gestionnaires routiers, partenaires d'Atmo Occitanie	Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)	Données réelles de comptage	Validation, affectation et historisation des données par tronçon de route, par type de route	
Autorités Organisatrices des Transports	Utilisation des transports en commun, données associées		Emissions polluantes dues au transport en commun (bus, car)	

Transports autres que routier

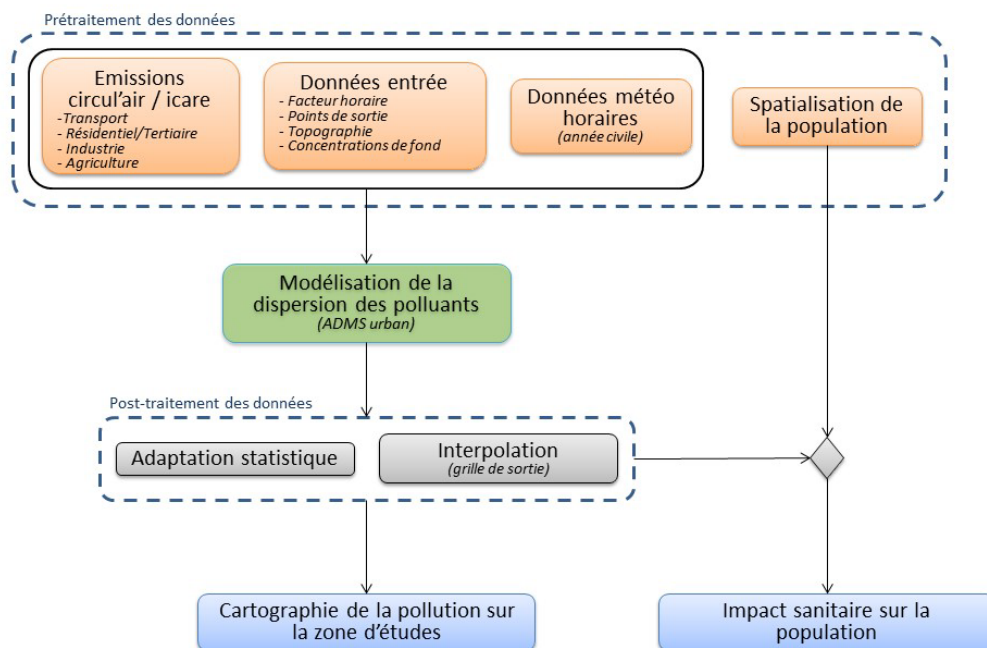
Producteur(s) données d'entrée	Type de données d'entrée, échelle géographique	Compléments données d'entrée	Traitement et/ou données en sortie	Facteurs émissions
Partenaires d'Atmo Occitanie secteur aérien (ATB, AMM)	Données détaillées d'activité des plateformes aéroportuaires : trafic aérien et sources au sol	-	Emissions polluantes dues au trafic aérien et aux sources au sol (consommation des bâtiments, engins de pistes, ...)	EMEP Guidebook, OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale)
Union des Aéroports Français (UAF)	Données de trafic sur les autres aéroports en Occitanie	-	Emissions polluantes associées au trafic aérien des autres aéroports	
Partenaire d'Atmo Occitanie – infrastructures portuaires	Données détaillées d'activité sur la plateforme portuaire de Sète Frontignan	-	Emissions polluantes associées au trafic maritime sur la zone de Sète Frontignan	EMEP Guidebook / CITEPA

Eurostat, Ifremer	Données de trafic maritime autres ports de commerce + ports de pêche	-	Emissions polluantes associées au trafic maritime sur les autres ports d'Occitanie
SNCF	Trafic ferroviaire, caractéristiques des trains et du réseau ferré	-	Emissions dues au trafic ferroviaire

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 NO_x . Or seule une partie de NO_x est oxydée en NO_2 en sortie des pots d'échappement. L'estimation des concentrations en dioxyde d'azote (NO_2) à partir de celles d'oxydes d'azote (NO_x) 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.

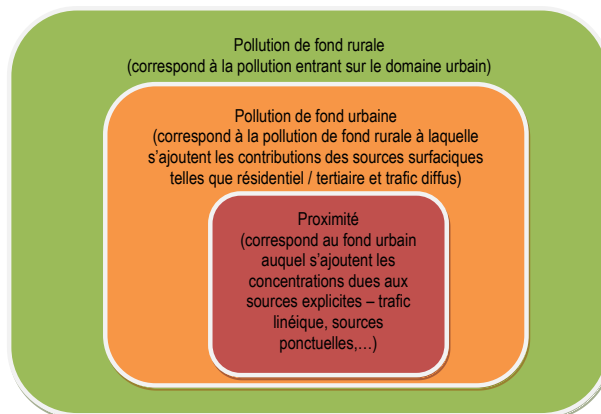
Topographie

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 2019.

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 2017. 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).

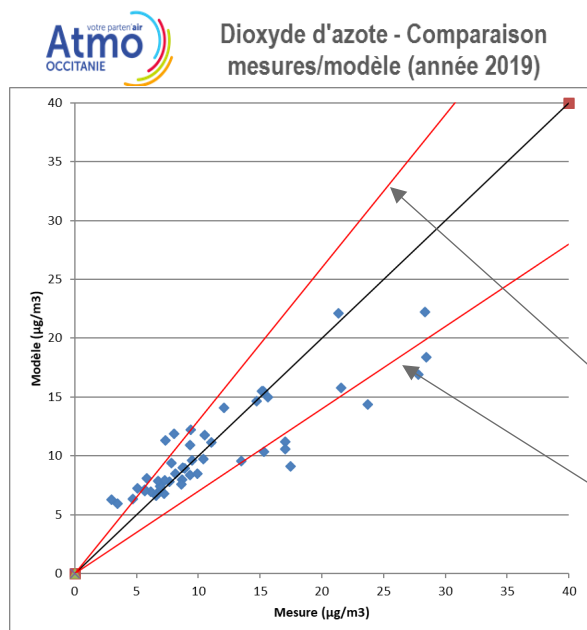
Les cartes issues du SIG permettent de suivre l'évolution de la pollution sur une zone donnée en comparant les cartes sur plusieurs années.

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 7 : Validation du modèle fine échelle

Un modèle performant



±30% d'incertitude fixée par la directive européenne

Les critères statistiques utilisés pour valider le modèle ont été choisis en tenant compte des recommandations 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 en comparant les concentrations moyennes annuelles en NO₂ modélisées et observées sur le domaine d'étude.

Indicateurs statistiques

	Modèle 2019	Caractéristiques d'un modèle performant
FB	0,08	-0.3 < FB < 0.3
MG	1,00	-0.7 < MG < 1.3
NMSE	0,31	NMSE <=2
VG	1,08	VG < 1.6
FAC2	0,98	FAC2 > 0.5
r	0,83	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.

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 :

- Co: observation au temps i
- Cp: 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



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