



Evolution des concentrations en dioxyde d'azote et en particules en suspension entre 2023 et 2030

Evaluation réalisée par modélisation haute résolution

Septembre 2024

Lig'Air

Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

AVERTISSEMENT

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments en un instant caractérisé par des conditions climatiques propres.

Ce rapport d'études est la propriété de Lig'Air. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
TABLE DES MATIÈRES.....	3
TABLE DES FIGURES	4
TABLE DES TABLEAUX	5
GLOSSAIRE.....	6
I. Introduction	7
II. Etat de la qualité de l'air sur la région Centre-Val de Loire.....	8
Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air	8
1) Le réseau métrologique de Lig'Air : stations de mesures fixes	8
2) Outils numériques : cadastre des émissions et plates-formes de modélisation	8
Etat des lieux de la qualité de l'air, responsabilité et leviers d'actions	9
1) Dioxyde d'azote : valeur limite (en moyenne annuelle) dépassée en site de proximité trafic	10
2) Les particules en suspension (PM ₁₀ et PM _{2,5}) : valeurs limites annuelles respectées	13
III. Scénarisation de la qualité de l'air sur le territoire de la région Centre-Val de Loire en 2030.....	17
1) Données d'entrée et limites de l'étude	17
2) Dioxyde d'azote	18
3) Les particules en suspension (PM ₁₀ et PM _{2,5}) : valeurs limites annuelles respectées	20
IV. Synthèse.....	25
V. Conclusion générale.....	26
ANNEXES	27
A. Annexe 1 : Tableau des normes pour la qualité de l'air	27
1) Les seuils réglementaires actuellement en vigueur de la qualité de l'air	27
2) Techniques utilisées pour l'évaluation des polluants	29
B. Annexe 2 : Méthodologie de l'inventaire des émissions	29
C. Annexe 3 : Méthodologie pour le calcul d'exposition de la population	30
D. Annexe 4 : Validation de la plate-forme PREVISIONAIR	31

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Cartographie du réseau de mesure de Lig'Air en 2023 – Source : Lig'Air	8
Figure 2 : Prévision'Air – outil de modélisation à haute résolution et interactions cadastre des émissions et modélisations des concentrations.....	9
Figure 3 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 40 µg/m ³).....	10
Figure 4 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : 20 µg/m ³)	11
Figure 5 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur préconisée par l'OMS : 10 µg/m ³).....	12
Figure 6 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 40 µg/m ³).....	13
Figure 7 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 25 µg/m ³).....	13
Figure 8 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : 20 µg/m ³)	14
Figure 9 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : 10 µg/m ³)	14
Figure 10 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur préconisée par l'OMS : 15 µg/m ³).....	15
Figure 11 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur préconisée par l'OMS : 5 µg/m ³)	16
Figure 12 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 40 µg/m ³).....	18
Figure 13 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 20 µg/m ³)	19
Figure 14 : Cartographie des concentrations annuelles en NO ₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 10 µg/m ³).....	20
Figure 15 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 40 µg/m ³).....	21
Figure 16 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 25 µg/m ³).....	21
Figure 17 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 20 µg/m ³)	22
Figure 18 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 10 µg/m ³)	22
Figure 19 : Cartographie des concentrations annuelles en PM ₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 15 µg/m ³).....	23
Figure 20 : Cartographie des concentrations annuelles en PM _{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 5 µg/m ³)	24

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Bilan global de la qualité de l'air sur la région Centre-Val de Loire en 2023	9
Tableau 2 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil réglementaire à venir en NO ₂ (> 20 µg/m ³)	11
Tableau 3 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil préconisé par l'OMS en NO ₂ (> 10 µg/m ³)	12
Tableau 4 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil réglementaire à venir en PM ₁₀ (> 20 µg/m ³) et en PM _{2,5} (> 10 µg/m ³)	15
Tableau 5 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil préconisé par l'OMS en PM ₁₀ (> 15 µg/m ³) et en PM _{2,5} (> 5 µg/m ³)	16
Tableau 6 : Données d'entrée pour la réalisation de la scénarisation de la qualité de l'air à l'horizon 2030	17
Tableau 7 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil réglementaire à venir en NO ₂ (> 20 µg/m ³)	19
Tableau 8 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil préconisé par l'OMS en NO ₂ (> 10 µg/m ³)	20
Tableau 9 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil réglementaire à venir en PM ₁₀ (> 20 µg/m ³) et en PM _{2,5} (> 10 µg/m ³)	23
Tableau 10 : Données d'exposition en 2030 avec les seuils préconisés par l'OMS en PM ₁₀ (> 15 µg/m ³) et en PM _{2,5} (> 5 µg/m ³)	24
Tableau 11 : Evolution de la population exposée (en nombre) entre 2023 et 2030 en fonction des seuils réglementaires en vigueur et préconisés.....	25

GLOSSAIRE

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

LCR : Loi Climat Résilience

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

GES : Gaz à Effet de Serre

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

PM_{2,5}/PM₁₀ : « Particulate Matter », particules en suspension, avec un diamètre aérodynamique inférieur à, respectivement, 2,5 et 10 µm

AME : Avec Mesures Existantes

ZFE : Zone à Faibles Emissions

ZAG : Zone d'Agglomération

ZAR : Zone A Risque

ZR : Zone Régionale

I. Introduction

La qualité de l'air extérieur constitue un enjeu de santé publique majeur. Chaque année, les experts estiment à plus de 40 000, le nombre de personnes qui décèdent prématurément en France en raison d'une exposition chronique à une qualité de l'air dégradée. Les inquiétudes face à cet enjeu sont nombreuses et donnent lieu à diverses actions qui traduisent une volonté d'agir à tous les niveaux tels que la révision des niveaux d'exposition recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le déploiement d'un plan national bois, ou encore le volet qualité de l'air de la Loi Climat et Résilience (LCR) avec notamment la mise en place de Zones à Faibles Emissions (ZFE).

Cette problématique concerne particulièrement plusieurs zones françaises, dont la région Centre-Val de Loire. En dépit d'une amélioration continue observée depuis une dizaine d'années, la qualité de l'air n'est pas encore satisfaisante sur certaines zones de la région. Les normes réglementaires (valeur limite en moyenne annuelle) sont encore dépassées sur quelques zones spécifiques, essentiellement en zone de proximité automobile. Ainsi, l'exposition moyenne des citoyens aux oxydes d'azote (NOx) doit encore être réduite, dans le but de préserver la santé de tous et en particulier des personnes les plus vulnérables (enfants, personnes âgées, personnes souffrant de pathologies chroniques, etc.).

Cette présente évaluation met en relief à la fois l'évaluation de la qualité de l'air en 2023 sur la région Centre-Val de Loire mais également la qualité de l'air que la région pourrait connaître en 2030. Ce travail réalisé par modélisation haute résolution s'appuiera principalement sur le calcul des indicateurs de dépassement (population et superficie exposées) à partir des seuils réglementaires actuellement en vigueur, des nouveaux seuils réglementaires effectifs à partir de 2030 ainsi qu'à partir des seuils préconisés par l'OMS (valeurs guides publiées en 2021).

II. Etat de la qualité de l'air sur la région Centre-Val de Loire

Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air en région Centre-Val de Loire, est basée sur un réseau métrologique composé de stations de mesures ainsi que sur des outils numériques constitués de plates-formes de modélisations et de cadastre des émissions. L'ensemble de ces outils complémentaires permet le suivi des différents polluants ainsi que l'évaluation de l'exposition des territoires et des populations à la pollution atmosphérique dans le cadre de la directive européenne 2008/50/CE (**annexe 1**).

1) Le réseau métrologique de Lig'Air : stations de mesures fixes

En région Centre-Val de Loire, le réseau de mesure est constitué de 24 stations permanentes représentatives des différents types d'exposition (rurale, urbaine, périurbaine et proximité trafic). La **figure 1** donne la localisation des différents sites de mesures selon les Zones Administratives de Surveillance (ZAS).

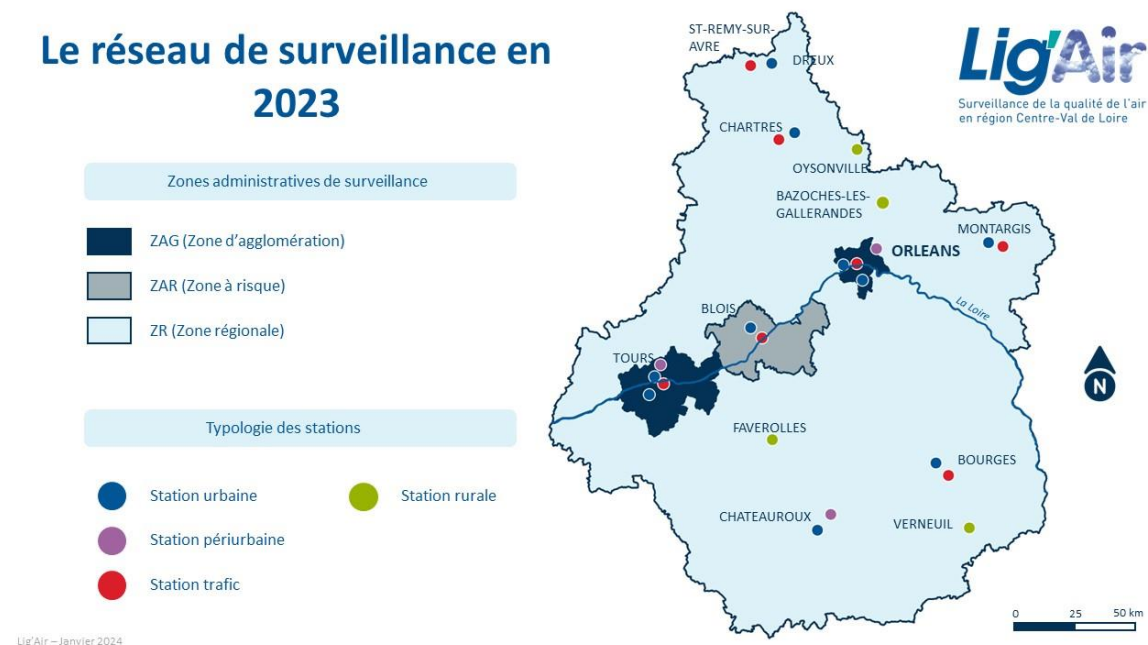


Figure 1 : Cartographie du réseau de mesure de Lig'Air en 2023 – Source : Lig'Air

Les résultats issus du réseau de mesures sont disponibles et consultables sur <https://www.ligair.fr> ainsi que sur la plate-forme Interqual'Air à l'adresse <https://interqualair.ligair.fr/>.

2) Outils numériques : cadastre des émissions et plates-formes de modélisation

En plus du réseau de mesures, pour sa mission de surveillance, Lig'Air dispose d'un inventaire des émissions atmosphériques spatialisé à une échelle de 500 m. L'ensemble des émetteurs de polluants (naturels ou anthropiques) localisés dans la région est répertorié et les émissions d'une quarantaine de polluants et de GES (Gaz à Effet de Serre) sont estimées. Le cadastre des émissions permet de déterminer les responsabilités des secteurs pollueurs sur chaque maille de 500 m de la zone d'étude et approcher ainsi les leviers d'actions pour améliorer la qualité de l'air et réduire l'exposition des territoires et des populations. L'**annexe 2** donne le principe méthodologique de réalisation d'un inventaire des émissions ainsi que les quantités émises des polluants étudiés.

Le dispositif de surveillance s'appuie aussi sur l'exploitation des sorties des modèles issues des plates-formes nationale « PREV'AIR » (<http://www.prevoir.org/>) et interrégionale « ESMEALDA » (<http://www.esmeralda-web.fr/>) couvrant l'ensemble de la région Centre-Val de Loire et

destinées à la prévision des épisodes de pollution, en particulier, à l’ozone et aux particules en suspension PM₁₀. Lig’Air dispose d’une plate-forme « Prévision’Air » à haute résolution spatiale (20 m) permettant de décrire la qualité de l’air à l’échelle de la rue (figure 2) à l’aide du module SIRANE rev128 (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d’Acoustiques/Ecole Centrale de Lyon).

En l’absence de disponibilité des données de Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) en 2023 au moment de la réalisation de la présente évaluation, les données de trafic de l’année 2022 ont été utilisées avec une augmentation annuelle de 0,5% entre 2022 et l’année 2023. Le parc automobile qui a été appliqué correspond à celui du CITEPA de l’année 2023 (prospectif). Le cadastre des émissions le plus récent mis à disposition et pris en compte dans l’étude correspond à celui de l’année 2018.

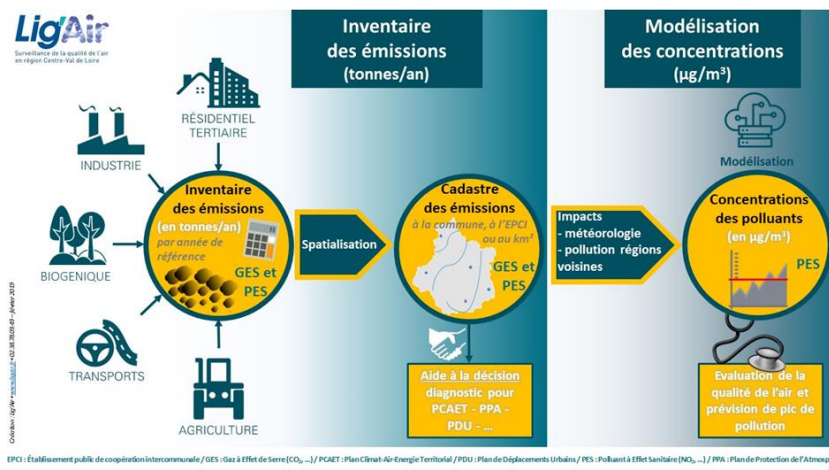


Figure 2 : Prévision’Air – outil de modélisation à haute résolution et interactions cadastre des émissions et modélisations des concentrations

L’outil Prévision’Air fournit des cartographies quotidiennes de prévision de la qualité de l’air sur l’ensemble du territoire régional. Ces cartes sont mises à disposition du public quotidiennement (<https://www.ligair.fr/>) afin d’informer la population en cas d’épisodes de pollution et limiter ainsi l’exposition des personnes sensibles. Prévision’Air est aussi utilisé comme outil d’aide à la décision dans le choix et l’évaluation des actions à mettre en œuvre pour la réduction de la pollution et l’exposition de la population et des territoires.

Etat des lieux de la qualité de l’air, responsabilité et leviers d’actions

Le tableau 1 présente l’état de la qualité de l’air sur la région Centre-Val de Loire en 2023 au regard des valeurs réglementaires. Un rappel de cette réglementation est disponible en annexe 1.

	Pollution chronique			Pollution aigue
	Valeur limite	Objectif de qualité	Valeur cible	Seuils d’information et d’alerte
Ozone O ₃		☹️	☹️	☹️
Dioxyde d’azote NO ₂	☹️	☹️		☹️
Particules en suspension PM ₁₀	😊	😊		☹️
Particules en suspension PM _{2,5}	😊	☹️	😊	
Dioxyde de soufre SO ₂	😊	😊		😊
Monoxyde de carbone CO	😊			
Benzène	😊	😊		
Benzo(a)pyrène			😊	
Plomb	😊	😊		
Arsenic			😊	
Nickel			😊	
Cadmium			😊	

Tableau 1 : Bilan global de la qualité de l’air sur la région Centre-Val de Loire en 2023

Les valeurs limites correspondent aux valeurs réglementaires les plus contraignantes relatives à l'exposition chronique. Tout dépassement de ces valeurs déclenche la mise en place ou le renforcement d'un Plan de Protection de l'Atmosphère déjà existant afin d'améliorer la qualité de l'air et réduire ainsi l'exposition de la population. Le dioxyde d'azote est le seul polluant réglementé qui présente un dépassement de sa valeur limite en moyenne annuelle (Plans de Protection de l'Atmosphère d'Orléans et de Tours). La seconde valeur limite, concernant le seuil de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures par an, a toujours été respectée sur l'ensemble des sites de mesure.

L'ozone, le dioxyde d'azote et les particules $\text{PM}_{2,5}$ présentent des dépassements de leurs objectifs de qualité. Ces dépassements sont moins contraignants et n'engendrent aucune action réglementaire. Enfin le seuil d'information et de recommandation a été dépassé en 2023, par les particules en suspension PM_{10} sur l'ensemble des départements de la région engendrant ainsi le déclenchement de la procédure d'information et de recommandation auprès des Préfectures afin d'informer la population de la présence d'un épisode de pollution et limiter ainsi l'exposition des populations sensibles.

1) Dioxyde d'azote : valeur limite (en moyenne annuelle) dépassée en site de proximité trafic

Valeur réglementaire actuelle :

La cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (**figure 3**), obtenue par modélisation de la qualité de l'air pour l'année 2023 montre que les plus fortes concentrations sont localisées au niveau des principales agglomérations les plus densément peuplées de la région ainsi qu'au niveau des axes routiers présentant un trafic moyen journalier annuel (TMJA) les plus élevés (A10, A71, A11, ...).

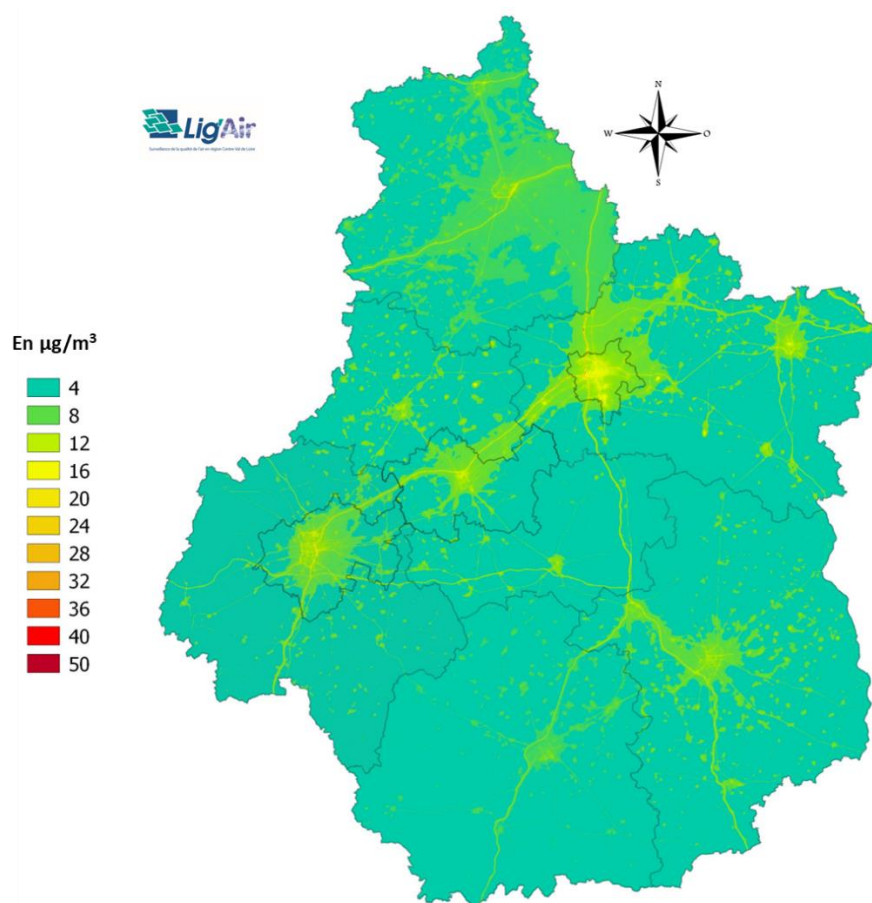


Figure 3 : Cartographie des concentrations annuelles en NO_2 sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

En 2023, un faible nombre d'habitants était exposé à un dépassement de la valeur limite pour le dioxyde d'azote (estimé à environ 40 habitants) et essentiellement localisé sur l'agglomération orléanaise. La surface exposée était à l'échelle régionale de 0,36 km². La méthodologie pour le calcul d'exposition de la population est décrite en **annexe 3**.

Rappelons ici que la base de population MAJIC prend en compte uniquement les habitations de type maison et appartement. Les bâtiments sensibles (crèches, écoles, hôpitaux, ...) ne sont pas considérés.

Valeur réglementaire à venir :

En application de la future réglementation (valeur limite de 20 µg/m³), la cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (**figure 4**) montre que celles-ci s'étendent sur des zones plus importantes et concernent, en plus des agglomérations les plus denses, des zones urbaines de tailles moyennes telles que Romorantin-Lanthenay, Vendôme, Gien ou encore Issoudun.

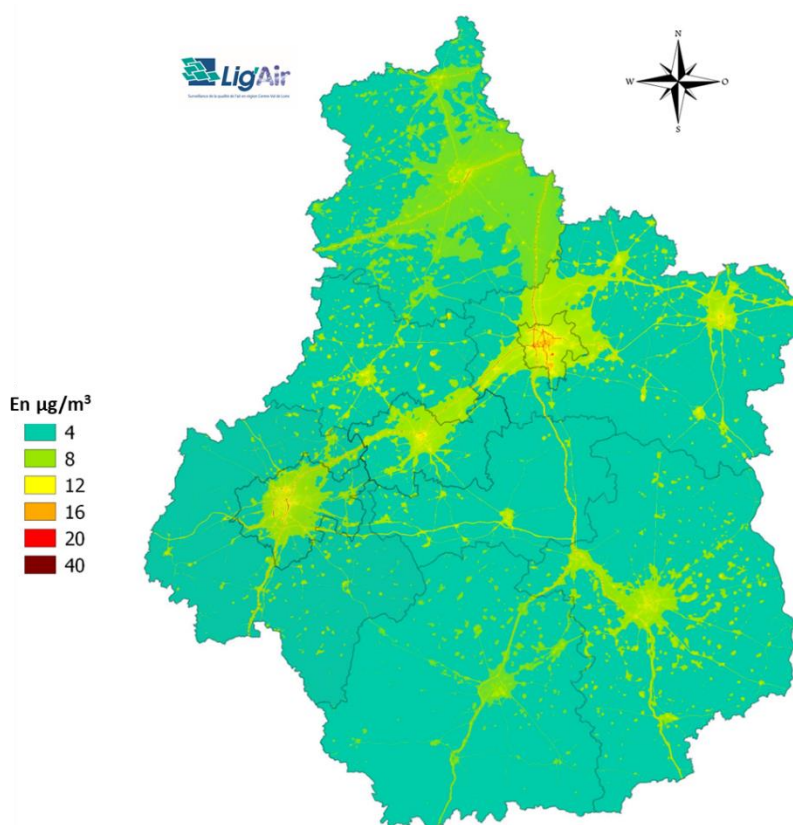


Figure 4 : Cartographie des concentrations annuelles en NO₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : 20 µg/m³)

En se basant sur la définition de ces nouveaux seuils réglementaires à venir, le nombre d'habitants exposés atteindrait près de 12 350 habitants pour une surface exposée totale de 25 km² répartis comme suit :

Départements	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	141	2,1
Eure-et-Loir (28)	109	6,3
Indre (36)	0	0,4
Indre-et-Loire (37)	2 626	4,5
Loir-et-Cher (41)	585	2,9
Loiret (45)	8 897	8,5
TOTAL	12 358	24,7

Tableau 2 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil réglementaire à venir en NO₂ (> 20 µg/m³)

Valeur seuil préconisée par l'OMS (valeurs guides 2021) :

En suivant cette fois-ci les valeurs des seuils préconisés par l'OMS (valeur préconisée de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (**figure 5**) montre que celles-ci se dégradent très fortement avec des dépassements de la valeur préconisée sur d'importantes zones de la région à l'exception du département de l'Indre.

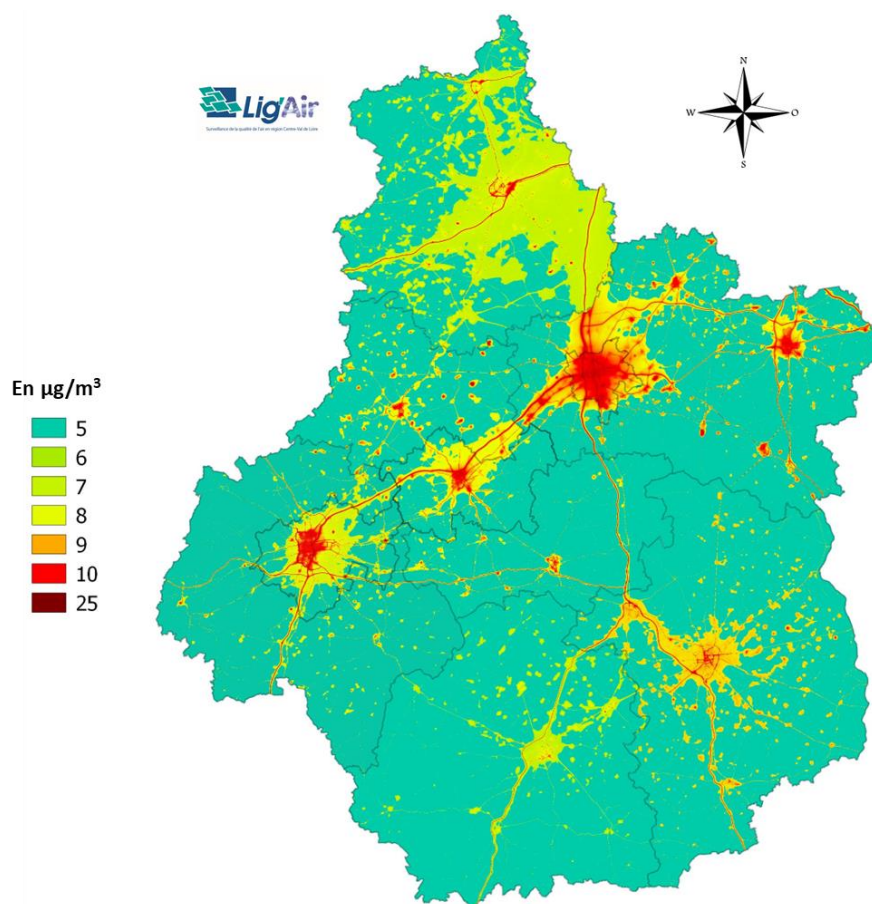


Figure 5 : Cartographie des concentrations annuelles en NO_2 sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur préconisée par l'OMS : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ainsi, le nombre d'habitants exposés pourrait atteindre près de 608 000 habitants pour une surface exposée totale d'environ 529 km^2 répartis comme suit :

Départements	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km^2)
Cher (18)	30 496	38,4
Eure-et-Loir (28)	16 651	46
Indre (36)	881	9,3
Indre-et-Loire (37)	166 524	89
Loir-et-Cher (41)	49 209	68,5
Loiret (45)	344 285	278
TOTAL	608 046	529,2

Tableau 3 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil préconisé par l'OMS en NO_2 ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

2) Les particules en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5}) : valeurs limites annuelles respectées

Valeur réglementaire actuelle :

Les cartographies des concentrations en PM₁₀ et en PM_{2,5} pour l'année 2023 (figures 6 et 7), confirment l'absence de dépassement des valeurs limites sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire. Elles montrent en outre que les niveaux les plus élevés, tout en restant bien inférieurs à la valeur limite, sont localisés principalement au niveau des centres urbains et des principaux axes routiers (figures 6 et 7).

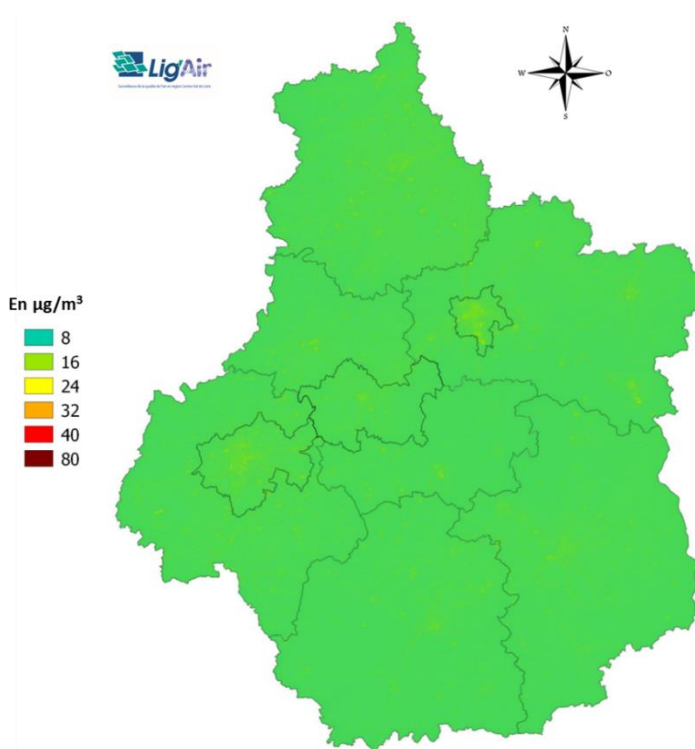


Figure 6 : Cartographie des concentrations annuelles en PM₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

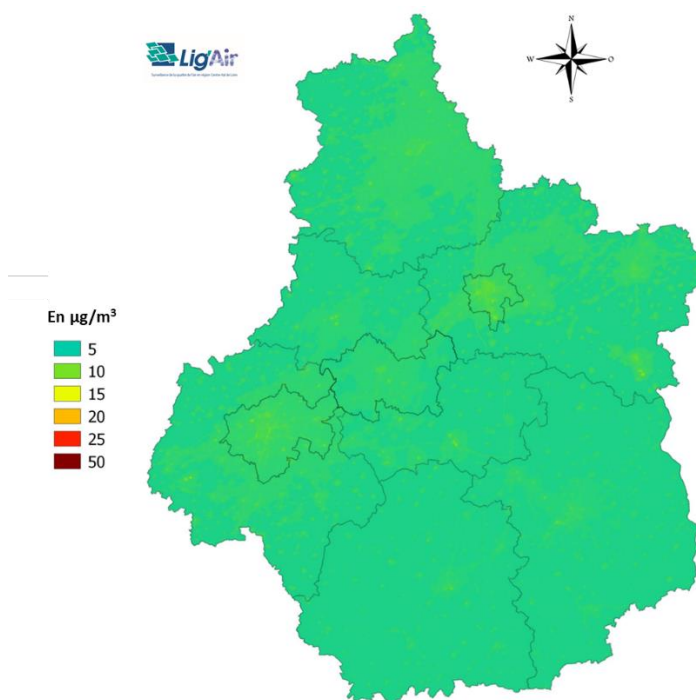


Figure 7 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite actuelle : 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Valeur réglementaire à venir :

En application de la future réglementation (valeur limite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $\text{PM}_{2,5}$), les résultats confirment que les concentrations les plus importantes se concentrent principalement au niveau des agglomérations (en particulier pour les $\text{PM}_{2,5}$) les plus densément peuplées ainsi qu'au niveau des axes routiers présentant un trafic automobile important (autoroutes, roclades, axes urbains) (figures 8 et 9).

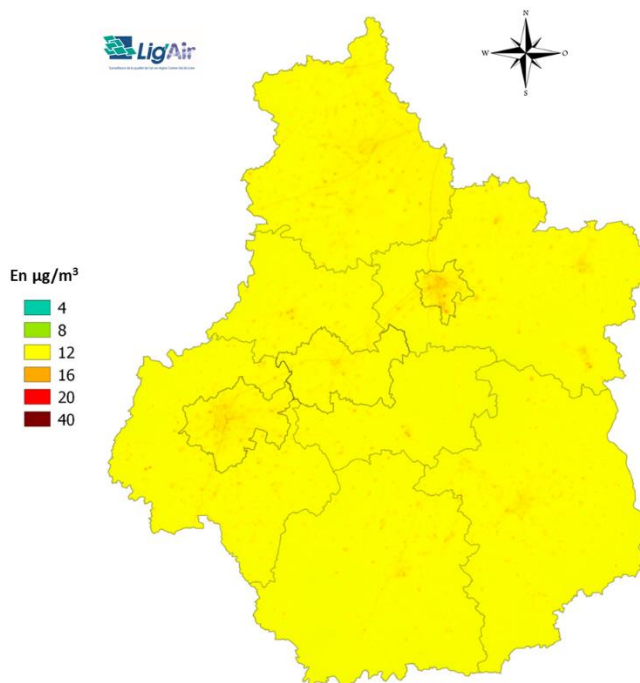


Figure 8 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{10} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

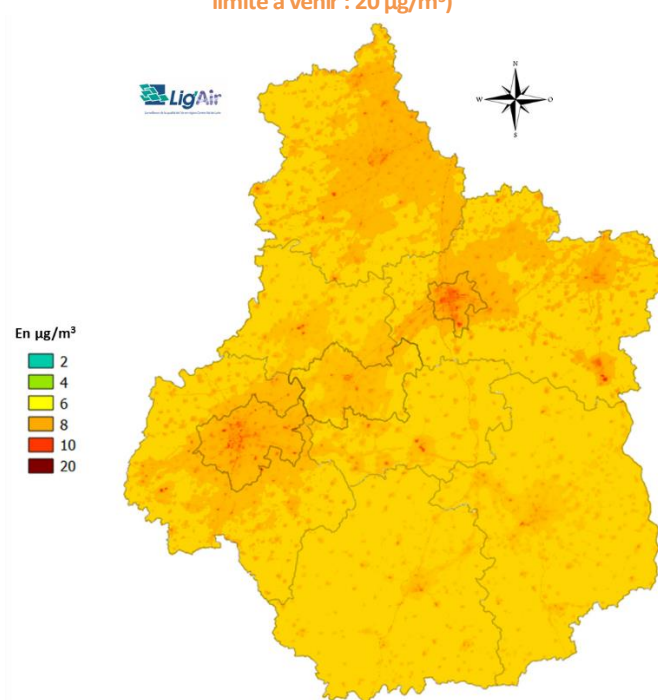


Figure 9 : Cartographie des concentrations annuelles en $\text{PM}_{2,5}$ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur limite à venir : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

En se basant sur la définition de ces nouveaux seuils réglementaires à venir, le nombre d'habitants exposés à un dépassement de la future valeur limite réglementaire en PM_{10} ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) serait très

faible avec seulement une dizaine d’habitants pour une surface exposée totale de 0,12 km². De la même manière, le nombre d’habitants exposés à un dépassement de la future valeur limite réglementaire en PM_{2,5} (10 µg/m³) serait plus important que celui obtenu pour les PM₁₀ avec près de 5760 habitants pour une surface exposée totale de 10 km². Comme précédemment, le **tableau 4** présente la répartition des indicateurs de dépassement par département.

Départements	Particules en suspension PM ₁₀		Particules en suspension PM _{2,5}	
	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	0	0	0	0
Eure-et-Loir (28)	0	0	158	0,7
Indre (36)	0	0	0	0
Indre-et-Loire (37)	10	0,07	1 133	3,5
Loir-et-Cher (41)	0	0	160	0,8
Loiret (45)	0	0,05	4 307	5
TOTAL	10	0,12	5 758	10

Tableau 4 : Données d’exposition en 2023 avec le seuil réglementaire à venir en PM₁₀ (> 20 µg/m³) et en PM_{2,5} (> 10 µg/m³)

Valeurs seuils préconisées par l’OMS :

En suivant cette fois-ci les valeurs des seuils préconisés par l’OMS (valeur préconisée de 15 µg/m³ pour les PM₁₀ et 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}), les résultats se dégradent fortement avec des dépassements au niveau des grandes agglomérations mais également sur de nombreux centres-bourgs (**figure 10**).

Concernant les PM_{2,5}, toute la région Centre-Val de Loire serait soumise à un dépassement de la valeur préconisée par l’OMS (5 µg/m³) (**figure 11**).

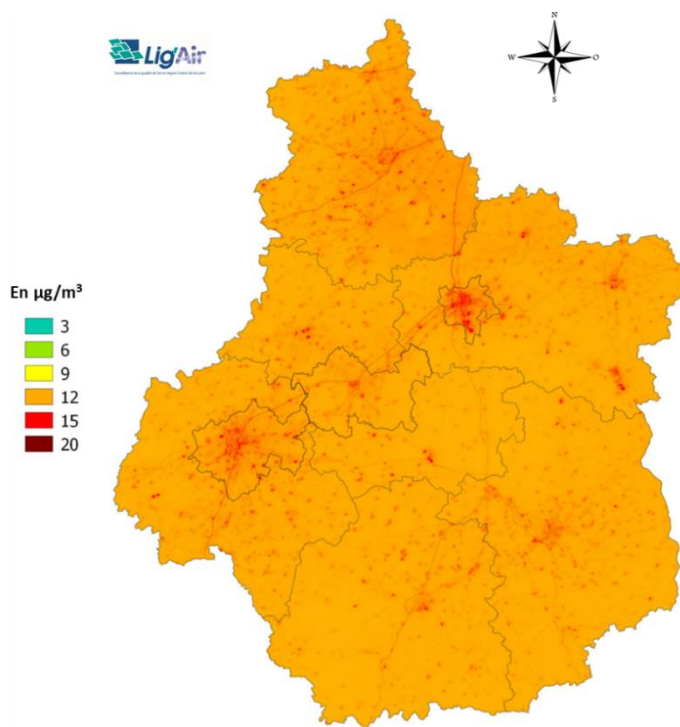


Figure 10 : Cartographie des concentrations annuelles en PM₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l’année 2023 (valeur préconisée par l’OMS : 15 µg/m³)

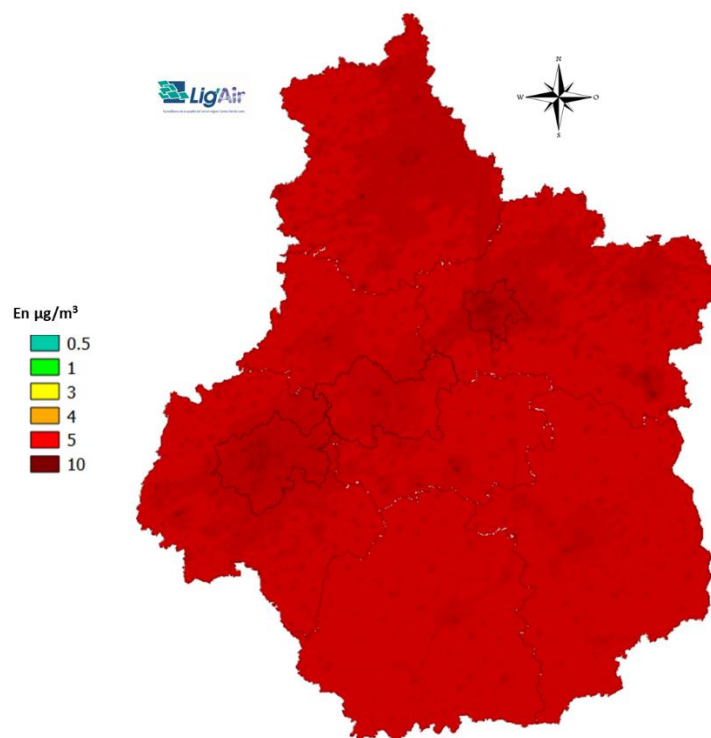


Figure 11 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2023 (valeur préconisée par l'OMS : 5 µg/m³)

Ainsi, le nombre d'habitants exposés pour les PM₁₀ pourrait atteindre près de 37 000 habitants pour une surface exposée totale d'environ 34,4 km². Concernant les PM_{2,5}, la totalité des habitants de la région Centre-Val de Loire serait soumise à un dépassement de la valeur préconisée par l'OMS (5 µg/m³). Le **tableau 5** présente la répartition des indicateurs de dépassement par département.

Départements	Particules en suspension PM ₁₀		Particules en suspension PM _{2,5}	
	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	0	0	300 933	7 235
Eure-et-Loir (28)	603	4,8	431 443	5 880
Indre (36)	10	0,1	218 707	6 791
Indre-et-Loire (37)	24 547	20,2	612 119	6 127
Loir-et-Cher (41)	206	0,7	331 915	7 235
Loiret (45)	11 788	8,6	682 304	6 775
TOTAL	37 154	34,4	2 577 421	40 043

Tableau 5 : Données d'exposition en 2023 avec le seuil préconisé par l'OMS en PM₁₀ (> 15 µg/m³) et en PM_{2,5} (> 5 µg/m³)

III. Scénarisation de la qualité de l'air sur le territoire de la région Centre-Val de Loire en 2030

1) Données d'entrée et limites de l'étude

L'évaluation de la qualité de l'air en 2030 a été scénarisée par modélisation haute résolution. Un certain nombre d'hypothèses a dû être posé notamment sur les données d'entrées telles que les données concernant les émissions routières, les émissions cadastrales, les conditions météorologiques et la pollution de fond.

L'évolution des émissions est basée sur le dernier exercice de scénarios prospectifs AME « Avec Mesures Existantes »¹ d'émissions de polluants atmosphériques pour la France réalisé par le CITEPA pour le compte du Bureau de la Qualité de l'Air au Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.

Pour le calcul des indicateurs de dépassement (population et superficie exposées), la population utilisée correspond aux dernières données de population MAJIC sur l'année 2020 mises à disposition par le LCSQA en février 2024.

Le **tableau 6** synthétise l'ensemble des données utilisées dans la réalisation de la scénarisation.

Paramètres d'entrées	Projection 2030
Emissions routières	Application des coefficients de projection AME 2023 par rapport à 2018 : NO _x : -66,8% PM : -54%
Emissions cadastrales	Application des coefficients de projection AME 2023 par rapport à 2018 : NO _x : -66,8% PM : -54%
Météorologie	Météo 2018 IFS-ERA5 (COPERNICUS)
Pollution de fond	Utilisation des sorties PREPA AME 2023 fournies par le LCSQA/INERIS (fournies en juin 2024)
Population MAJIC	2020 (v2024) (fournie en février 2024)

Tableau 6 : Données d'entrée pour la réalisation de la scénarisation de la qualité de l'air à l'horizon 2030

L'ensemble du processus d'évaluation étant réalisé à l'horizon 2030, l'approche est qualifiée de « prospective » ; et de fait, elle ne peut pas s'appuyer directement sur des données météorologiques et doit reposer sur des outils de modélisation. Ces outils permettent d'analyser des phénomènes réels et d'estimer ou de prévoir des résultats à partir de l'application d'une ou plusieurs théories à un niveau d'approximation maîtrisé. Cette technique est par conséquent dépendante de la qualité des données d'entrée disponibles.

Outre les incertitudes inhérentes aux outils de modélisation et aux données d'alimentation, les résultats obtenus sont également dépendants des hypothèses utilisées dans le cadre du mode prospectif.

Parmi les hypothèses influentes sur les résultats :

- Le parc roulant automobile national à l'horizon 2030 qui intervient dans le calcul des émissions du transport routier et développé par le CITEPA (MEEM-DGEC/CITEPA - scénario AME) dépendant du taux de renouvellement des véhicules évalué au niveau national pour 2030 ;

¹ Scénarios prospectifs d'émissions de polluants atmosphériques pour la France de 2020 à 2050 par intervalle de 5 ans selon un scénario AME et un scénario AMS, sur la base du scénario énergie climat AME 2023, Rapport hypothèses et résultats des scénarios AME et AMS, Avril 2023, CITEPA,

- L'année météorologique, plus ou moins favorable aux émissions, à la dispersion ou à la formation des polluants.
- L'évolution de la population exposée à l'horizon 2030 est gardée constante entre 2023 et 2030.
- L'étalement urbain et le changement éventuel des infrastructures urbaines (modification du réseau routier, création de nouvelles zones résidentielles, nouvelles zones d'activités, ...) à l'horizon 2030 ne sont pas considérés.

2) Dioxyde d'azote

Valeur réglementaire actuelle :

La cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (**figure 12**), scénarisée par modélisation de la qualité de l'air à l'horizon 2030 montre que les concentrations diminueraient fortement sur l'ensemble de la région. Les plus fortes concentrations seraient localisées au niveau des principales agglomérations les plus densément peuplées de la région : Tours et Orléans.

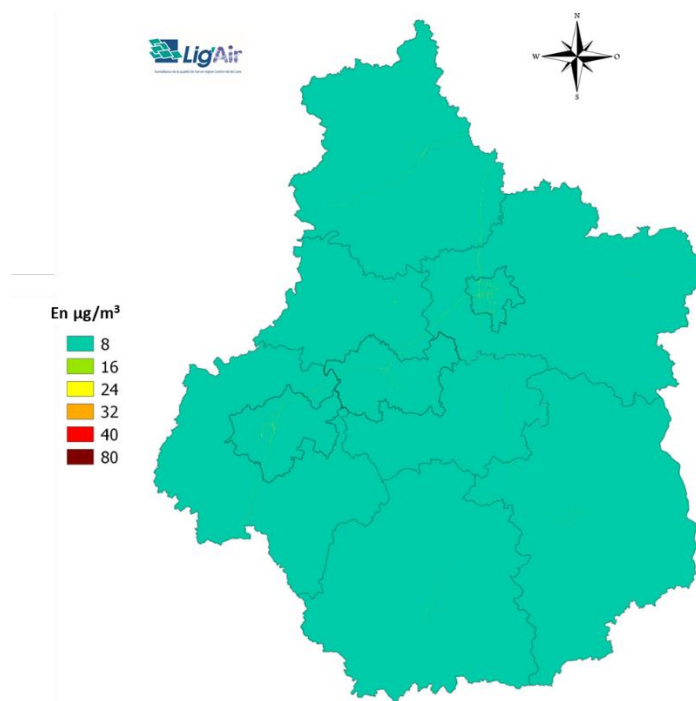


Figure 12 : Cartographie des concentrations annuelles en NO₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 40 µg/m³)

En 2030, en se basant sur les seuils réglementaires actuellement en vigueur (valeur limite de 40 µg/m³), aucune zone de dépassement n'est identifiée ce qui entraîne aucune population exposée.

Valeur réglementaire à venir :

En application de la future réglementation (valeur limite de 20 µg/m³), la cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (**figure 13**) montre que celles-ci s'étendent sur des zones plus importantes que précédemment et concernent, en plus des agglomérations les plus denses, des zones urbaines de tailles moyennes telles que Romorantin-Lanthenay, Vendôme, Gien ou encore Issoudun.

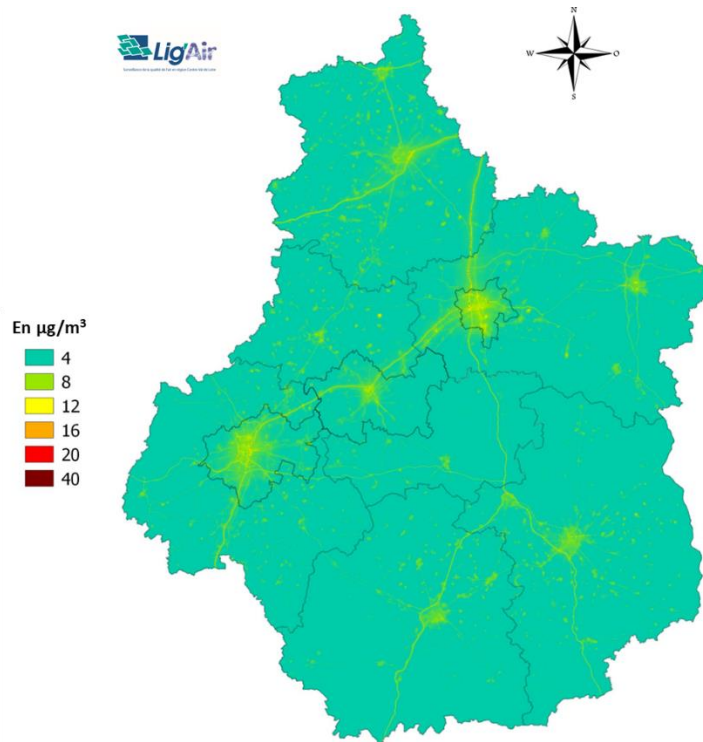


Figure 13 : Cartographie des concentrations annuelles en NO₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 20 µg/m³)

En se basant sur la définition de ces nouveaux seuils réglementaires à venir, le nombre d'habitants exposés, principalement localisé sur l'agglomération orléanaise, atteindrait près de 700 habitants pour une surface exposée totale de 0,9 km² répartis comme suit (tableau 7) :

Départements	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	0	0
Eure-et-Loir (28)	0	0
Indre (36)	0	0
Indre-et-Loire (37)	10	0,3
Loir-et-Cher (41)	0	0
Loiret (45)	679	0,6
TOTAL	689	0,9

Tableau 7 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil réglementaire à venir en NO₂ (> 20 µg/m³)

Valeur seuil préconisée par l'OMS :

En suivant cette fois-ci la valeur de seuil préconisée par l'OMS (valeur préconisée de 10 µg/m³), la cartographie des concentrations en dioxyde d'azote (figure 14) montre que les zones de dépassements et le nombre d'habitants exposés se dégradent très fortement, principalement sur les agglomérations présentant un trafic routier important avec des dépassements de la valeur préconisée.

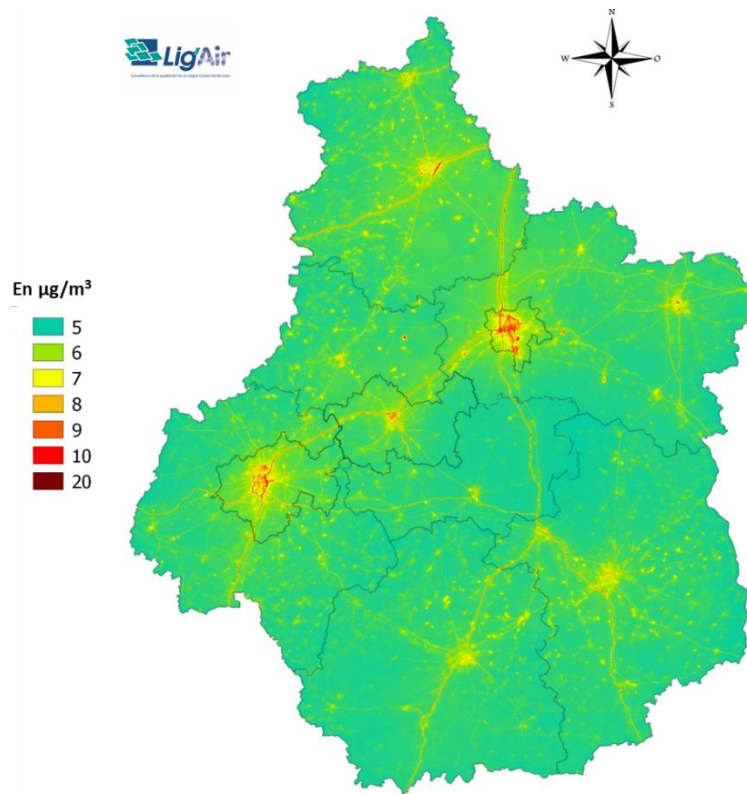


Figure 14 : Cartographie des concentrations annuelles en NO₂ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 10 µg/m³)

Ainsi, le nombre d'habitants exposés pourrait atteindre près de 54 000 habitants pour une surface exposée totale d'environ 55 km² répartis comme suit (tableau 8) :

Départements	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	2 037	5,3
Eure-et-Loir (28)	1 428	11,7
Indre (36)	92	3,9
Indre-et-Loire (37)	22 136	12,5
Loir-et-Cher (41)	3 345	6,5
Loiret (45)	24 618	15,1
TOTAL	53 656	55

Tableau 8 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil préconisé par l'OMS en NO₂ (> 10 µg/m³)

3) Les particules en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5}) : valeurs limites annuelles respectées

Valeur réglementaire actuelle :

Les cartographies des concentrations en PM₁₀ et en PM_{2,5} obtenues à l'horizon 2030 (figures 15 et 16) montrent l'absence de dépassement des valeurs limites sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire. Elles montrent en outre que les niveaux les plus élevés, tout en restant bien inférieurs à la valeur limite, se cantonnent principalement au niveau des centres urbains.

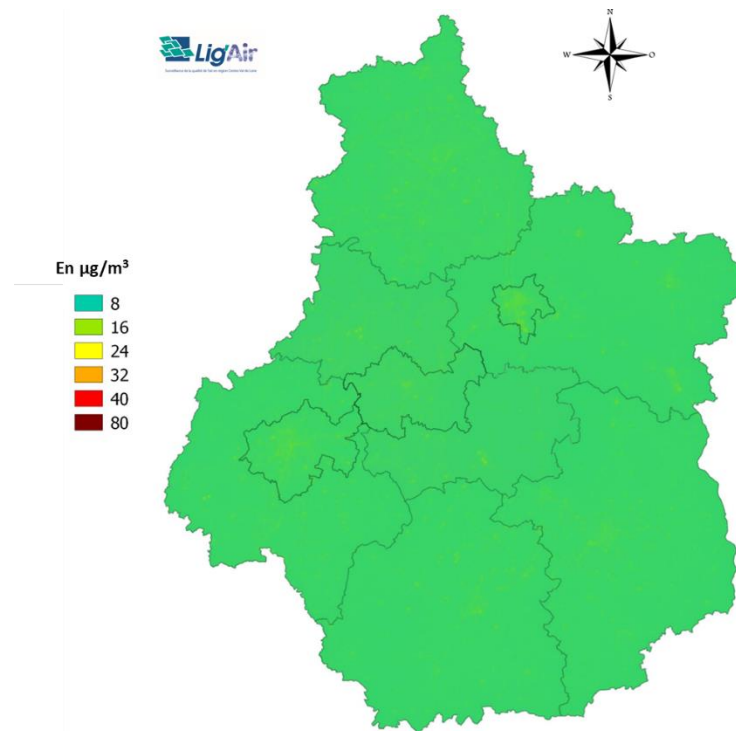


Figure 15 : Cartographie des concentrations annuelles en PM₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 40 µg/m³)

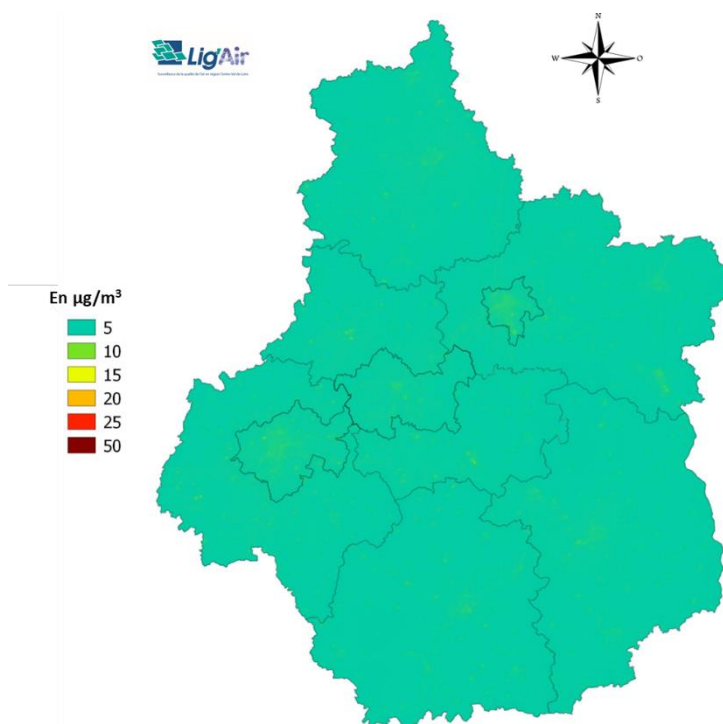


Figure 16 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite actuelle : 25 µg/m³)

Valeur réglementaire à venir :

En application de la future réglementation (valeur limite de 20 µg/m³ pour les PM₁₀ et 10 µg/m³ pour les PM_{2,5}), les résultats confirment que les concentrations les plus importantes se concentrent principalement au niveau des agglomérations (en particulier pour les PM_{2,5}) les plus densément peuplées (figures 17 et 18).

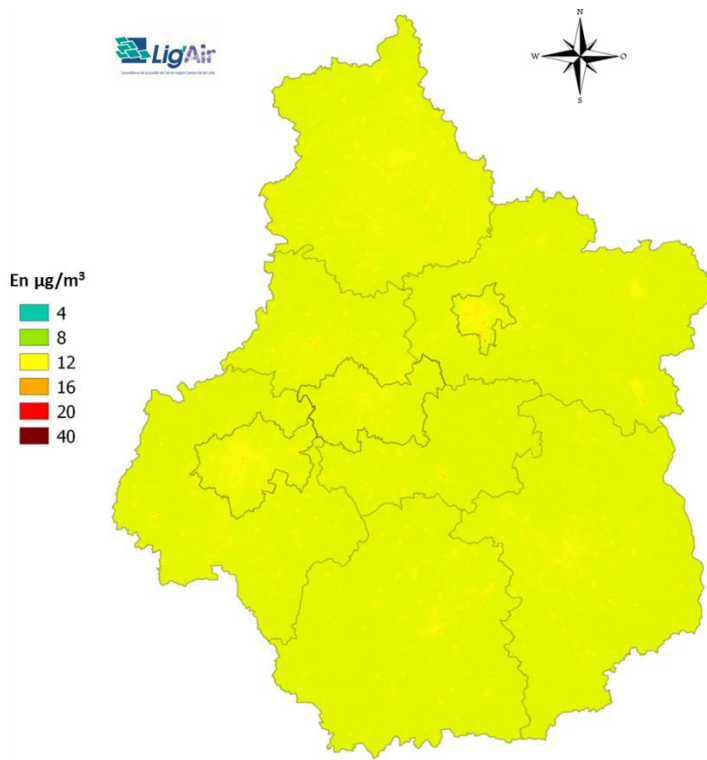


Figure 17 : Cartographie des concentrations annuelles en PM₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 20 µg/m³)

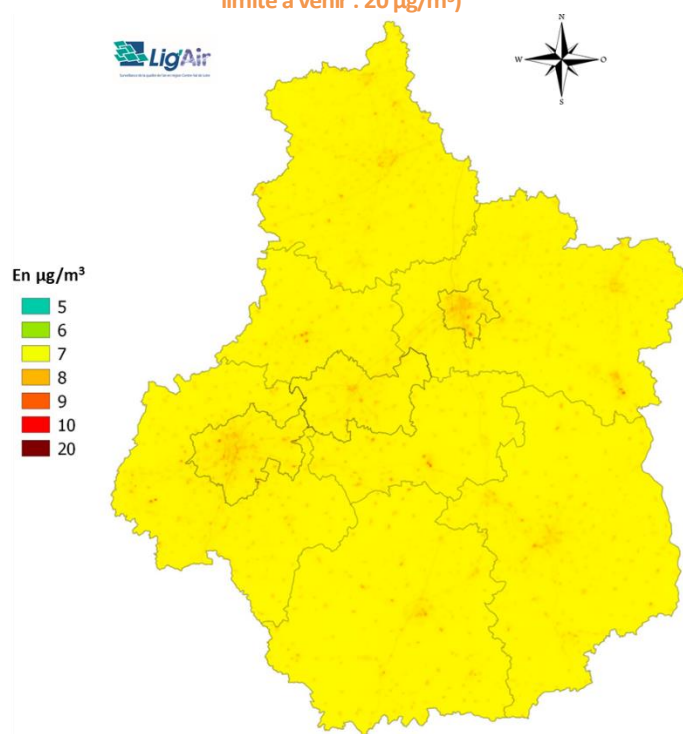


Figure 18 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur limite à venir : 10 µg/m³)

En se basant sur la définition de ces nouveaux seuils réglementaires à venir, aucun habitant de la région Centre-Val de Loire ne serait exposé à un dépassement de la future valeur limite réglementaire en PM₁₀ (20 µg/m³).

Pour les PM_{2,5}, le nombre d'habitants exposés à un dépassement de la future valeur limite réglementaire (10 µg/m³) serait très faible avec 5 habitants pour une surface exposée totale de 0,3 km². Le **tableau 9** présente la répartition des indicateurs de dépassement par département :

Départements	Particules en suspension PM ₁₀		Particules en suspension PM _{2,5}	
	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	0	0	0	0
Eure-et-Loir (28)	0	0	0	0
Indre (36)	0	0	0	0
Indre-et-Loire (37)	0	0	5	0,3
Loir-et-Cher (41)	0	0	0	0
Loiret (45)	0	0	0	0
TOTAL	0	0	5	0,3

Tableau 9 : Données d'exposition en 2030 avec le seuil réglementaire à venir en PM₁₀ (> 20 µg/m³) et en PM_{2,5} (> 10 µg/m³)

Valeurs seuils préconisées par l'OMS :

En suivant cette fois-ci les valeurs des seuils préconisés par l'OMS (valeur préconisée de 15 µg/m³ pour les PM₁₀ et 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}), les résultats se dégradent fortement avec des dépassements au niveau des grandes agglomérations mais également sur de nombreux centres-bourgs (figure 19).

Concernant les PM_{2,5} (figure 20), toute la région Centre-Val de Loire est soumise à un dépassement de la valeur préconisée par l'OMS (5 µg/m³).

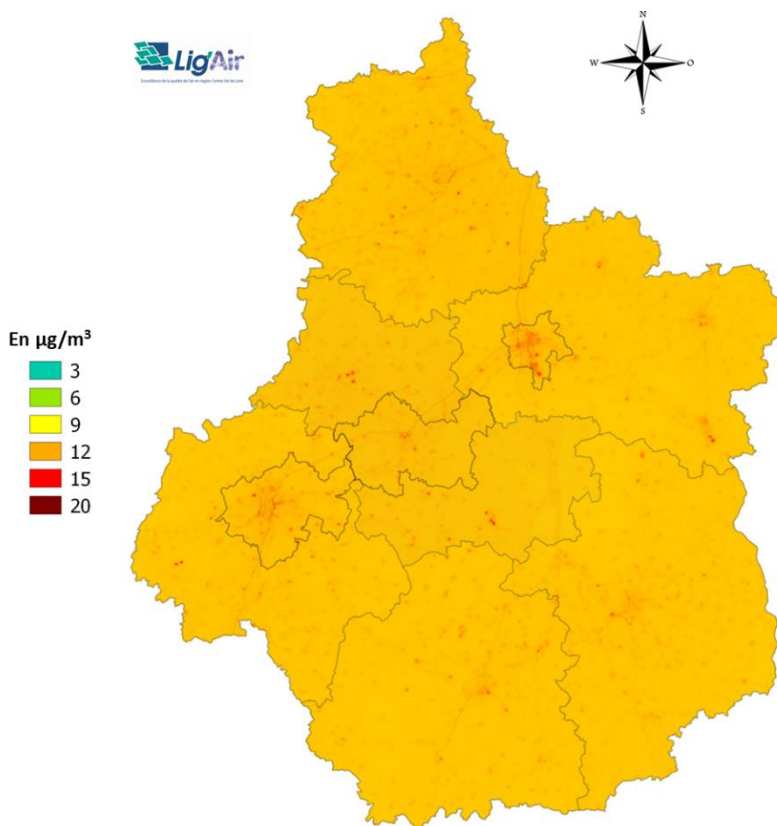


Figure 19 : Cartographie des concentrations annuelles en PM₁₀ sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 15 µg/m³)

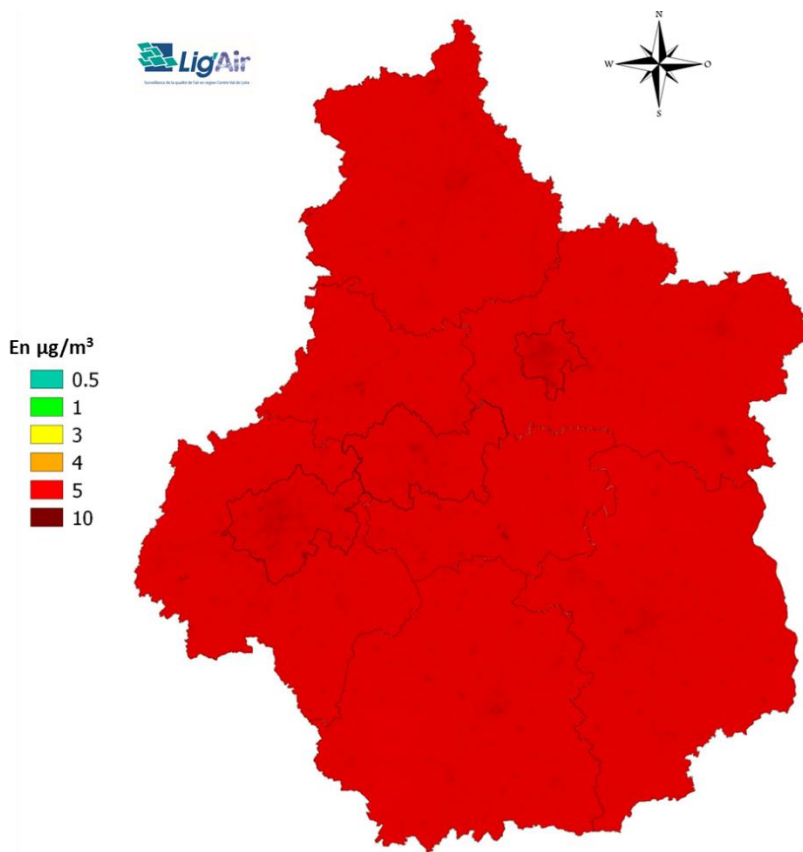


Figure 20 : Cartographie des concentrations annuelles en PM_{2,5} sur la région Centre-Val de Loire pour l'année 2030 (valeur préconisée par l'OMS : 5 µg/m³)

Ainsi, le nombre d'habitants exposés pour les PM₁₀ pourrait atteindre près de 700 habitants pour une surface exposée totale d'environ 0,72 km². Concernant les PM_{2,5}, la totalité des habitants de la région Centre-Val de Loire serait soumise à un dépassement de la valeur préconisée par l'OMS (5 µg/m³). Le **tableau 10** présente la répartition des indicateurs de dépassement par département :

Départements	Particules en suspension PM ₁₀		Particules en suspension PM _{2,5}	
	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)	Population exposée (en nombre)	Surface exposée (en km ²)
Cher (18)	0	0	300 933	7 235
Eure-et-Loir (28)	0	0	431 443	5 880
Indre (36)	0	0	218 707	6 791
Indre-et-Loire (37)	10	0,3	612 119	6 127
Loir-et-Cher (41)	30	0,02	331 915	7 235
Loiret (45)	655	0,4	682 304	6 775
TOTAL	695	0,72	2 577 421	40 043

Tableau 10 : Données d'exposition en 2030 avec les seuils préconisés par l'OMS en PM₁₀ (> 15 µg/m³) et en PM_{2,5} (> 5 µg/m³)

IV. Synthèse

Le **tableau 11** synthétise l'évolution de la population exposée vis-à-vis des seuils réglementaires actuellement en vigueur, les seuils réglementaires à venir et les valeurs guides de l'OMS pour l'année de référence 2023 et à l'horizon 2030.

Avec la mise en application des nouveaux seuils réglementaires à l'horizon 2030, la présence de zones de dépassement à l'échelle du territoire régional engendrerait 689 personnes exposées à un dépassement de la valeur limite en NO₂ (supérieure à 20 µg/m³) et près de 54 000 avec le seuil préconisé par l'OMS (10 µg/m³).

Concernant les particules en suspension PM₁₀, près de 700 personnes seraient soumises en 2030 à un dépassement de la valeur OMS de 15 µg/m³.

Quant aux particules en suspension PM_{2,5}, à l'horizon 2030, la totalité du territoire serait soumise à un dépassement de la valeur préconisée par l'OMS de 5 µg/m³ ce qui entraîne toute la population exposée.

Evolution de la population exposée à l'échelle régionale		En 2023	A l'horizon 2030	Evolution 2023 - 2030
NO ₂	Valeurs réglementaires actuelles (> 40 µg/m ³)	40	0	-100%
	Valeurs réglementaires à venir (> 20 µg/m ³)	12 358	689	-94%
	Valeurs OMS 2021 (> 10 µg/m ³)	608 046	53 656	-91%
PM ₁₀	Valeurs réglementaires actuelles (> 40 µg/m ³)	0	0	-
	Valeurs réglementaires à venir (> 20 µg/m ³)	10	0	-100%
	Valeurs OMS 2021 (> 15 µg/m ³)	37 754	695	-98%
PM _{2,5}	Valeurs réglementaires actuelles (> 25 µg/m ³)	0	0	-
	Valeurs réglementaires à venir (> 10 µg/m ³)	5 758	5	-99,9%
	Valeurs OMS 2021 (> 5 µg/m ³)	2 577 421	2 577 421	-

Tableau 11 : Evolution de la population exposée (en nombre) entre 2023 et 2030 en fonction des seuils réglementaires en vigueur et préconisés

V. Conclusion générale

La directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe vise la protection de la santé des populations avec deux types de stratégies :

- l'une visant la réduction des émissions de polluants (et dans le cas de l'ozone la réduction de ses précurseurs),
- l'autre consistant à mesurer en continu en des endroits fixes les concentrations dans l'air des polluants réglementés pour informer et alerter la population en cas de dépassement des seuils (valeur limite, valeur cible, information, alerte) et mettre en place les actions adéquates pour éliminer les causes des dépassements et réduire ainsi l'exposition de la population et des territoires.

Malgré une amélioration continue observée depuis une dizaine d'années, la qualité de l'air dans certaines zones de la région n'est pas encore satisfaisante.

L'évaluation de la qualité de l'air sur la région Centre-Val de Loire en 2023 montre que le **dioxyde d'azote** est le seul polluant dont les concentrations dépassent la valeur limite annuelle essentiellement sur l'agglomération orléanaise. Une quarantaine d'habitants sont exposés aux dépassements de la valeur limite en NO₂. La circulation automobile est de loin la source principale de ce polluant.

En 2023, en appliquant les seuils réglementaires à venir (valeur limite de 20 µg/m³ et valeur préconisée par l'OMS de 10 µg/m³), le nombre d'habitants exposés augmenterait fortement pour atteindre respectivement 12 358 et 608 046 à l'échelle régionale.

A l'horizon 2030, les projections montrent que l'exposition des habitants à ces seuils réglementaires et préconisés par l'OMS persisterait avec 689 habitants (> 20 µg/m³) et 53 656 habitants (> 10 µg/m³).

Concernant les **particules en suspension** PM₁₀, au regard des seuils préconisés par l'OMS en 2021, la présence de zones de dépassement engendrerait, à l'horizon 2030, 695 personnes exposées (15 µg/m³). Concernant le seuil préconisé pour les PM_{2,5} (5 µg/m³), l'évaluation montre que la totalité du territoire de la région Centre-Val de Loire et par conséquent toute la population seraient soumis à un dépassement.

Enfin, il est à rappeler que les simulations réalisées dans le cadre de cet exercice sont basées à partir de certaines informations non disponibles à ce jour qui ont été introduites dans l'évaluation sous formes d'hypothèses :

- ***le TMJA 2023 n'étant pas disponible au moment de l'étude, les données de trafic de l'année 2022 ont été utilisées avec une augmentation annuelle de 0,5% entre 2022 et l'année 2023,***
- ***le réseau routier a été gardé constant entre 2023 et 2030,***
- ***l'utilisation du parc roulant CITEPA prospectif de 2030 a été appliqué,***
- ***l'utilisation du cadastre des émissions correspond à l'année 2018, année la plus récente disponible à ce jour).***

Autrement dit, l'utilisation de données actualisées qui pourraient être mises à disposition ultérieurement, pourrait conduire à des résultats différents de ceux obtenus dans le cadre de cette étude.

ANNEXES

A. Annexe 1 : Tableau des normes pour la qualité de l'air

1) Les seuils réglementaires actuellement en vigueur de la qualité de l'air

Polluants	Type de norme	Type de moyenne	Valeur à ne pas dépasser	Date d'application
NO ₂	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
		Horaires	200 µg/m ³ avec 18 h/an de dépassement autorisé	
	Seuil d'information	Horaires	200 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaires	400 µg/m ³ sur 3 h	
PM ₁₀	Valeur limite	Annuelle	40 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2005
		Journalière P _{90,4}	50 µg/m ³ avec 35 j/an de dépassement autorisé	
	Objectif de qualité	Annuel	30 µg/m ³	
	Seuil d'information	Journalière	50 µg/m ³	
Seuil d'alerte	Journalière	80 µg/m ³		
O ₃	Valeur cible	Sur 8 heures	120 µg/m ³ avec 25 j/an de dépassement autorisé en moyenne sur 3 ans	1 ^{er} janvier 2010
	Seuil d'information	Horaires	180 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaires	240 µg/m ³ sur 3 h	
PM _{2,5}	Obligation concentration relative à l'exposition (IEM)	Annuelle	14,7 µg/m ³	2020
	Valeur cible		20 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
	Valeur limite		25 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2015
SO ₂	Valeur limite	Horaires	350 µg/m ³ avec 24 h/an de dépassement autorisé	1 ^{er} janvier 2005
		Journalière	125 µg/m ³ avec 3 j/an de dépassement autorisé	
	Objectif de qualité	Annuel	50 µg/m ³	
	Seuil d'information	Horaires	300 µg/m ³	
	Seuil d'alerte	Horaires	500 µg/m ³ sur 3 h	
CO	Valeur limite	Sur 8 heures	10 000 µg/m ³	15 février 2002
Pb	Valeur limite	Annuelle	0,5 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2002
	Objectif de qualité	Annuel	0,25 µg/m ³	
COV (benzène)	Valeur limite	Annuelle	5 µg/m ³	1 ^{er} janvier 2010
	Objectif de qualité	Annuel	2 µg/m ³	
HAP (B(a)P)	Valeur cible	Annuelle	1 ng/m ³	
			6 ng/m ³	

Arsenic			5 ng/m ³	31 décembre 2012
Cadmium			20 ng/m ³	
Nickel				

Objectif de qualité

Niveau à atteindre à long terme et à maintenir, 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.

Valeur cible

Niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite

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

Seuil d'information et de recommandation

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte

Niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Obligation en matière de concentration relative à l'exposition

Niveau fixé sur la base de l'indicateur d'exposition moyenne et devant être atteint dans un délai donné, afin de réduire les effets nocifs sur la santé humaine.

Indicateur d'exposition moyenne (IEM)

Concentration moyenne à laquelle est exposée la population et qui est calculée pour une année donnée à partir des mesures effectuées sur trois années civiles consécutives dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine répartis sur l'ensemble du territoire.

2) Techniques utilisées pour l'évaluation des polluants

Les méthodes et techniques utilisées pour l'échantillonnage et la mesure des polluants réglementés sont présentées ci-après.

Polluants	Méthode normalisée
Oxydes d'azote - NOx	Détermination de la concentration en masse des oxydes d'azote par chimiluminescence selon la norme EN 14211
Dioxyde de soufre - SO ₂	Dosage par fluorescence dans l'ultraviolet UV selon la norme EN 14212
Monoxyde de carbone - CO	Mesure par rayonnement infrarouge non dispersif selon la norme EN 14 626
Hydrocarbures aromatiques monocycliques - HAM dont benzène	Prélèvement en continu et analyse en chromatographie en phase gazeuse, selon la norme EN 14 662
Ozone	Photométrie dans l'ultraviolet UV, selon la norme EN 14 625
Particules en suspension PM ₁₀	Principe de la collecte de la fraction PM ₁₀ des particules ambiantes sur un filtre et détermination de la masse gravimétrique, selon la norme EN12341
Hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP dont le benzo(a)pyrène	Principe de la collecte de la fraction PM ₁₀ des particules ambiantes sur un filtre, dosage par chromatographie liquide haute performance avec détection par fluorescence selon la norme EN 15549
Métaux lourds	Principe de la collecte de la fraction PM ₁₀ des particules ambiantes sur un filtre et analyse par spectrométrie d'absorption atomique, selon la norme EN 14902

B. Annexe 2 : Méthodologie de l'inventaire des émissions

Qu'est-ce qu'un inventaire des émissions ?

La pollution atmosphérique est une résultante de l'ensemble des sources émettrices qu'elles soient naturelles ou anthropiques.

L'inventaire des émissions consiste à quantifier les rejets de chaque source ou secteur d'activité. Tous les secteurs n'émettent pas les mêmes polluants ni les mêmes quantités. L'inventaire des émissions implique donc un découpage en secteurs des activités humaines et naturelles.

Des méthodologies sont développées en fonction du secteur émetteur et de la nature des données primaires pour mieux approcher les émissions de chaque secteur. D'une façon générale et quelle que soit la source émettrice étudiée, le calcul d'émissions consiste à croiser une information de base détaillée (information statistique permettant d'évaluer l'activité de la source étudiée) avec des facteurs d'émission unitaire qui dépendent de l'activité émettrice et du polluant considéré.

L'information statistique de base peut désigner par exemple la consommation énergétique par type de combustible, le nombre de salariés dans une industrie, le nombre de lits par établissement sanitaire, la surface et l'activité agricole de la zone étudiée...

$$E_{p,a,t} = Q_{a,t} \times F_{p,a}$$

E : émission relative du polluant "**p**" et à l'activité "**a**" pendant le temps "**t**" (généralement une année)

Q : quantité d'activité (information statistique) relative à l'activité "**a**" pendant le temps "**t**"

F : facteur d'émission relatif au polluant "**p**" et à l'activité "**a**"

La quantité émise d'un polluant sur un territoire donné, est la somme des émissions relatives à ce polluant, engendré par toutes les sources présentes dans la zone d'étude.

E_{p,t} : émission totale du polluant "**p**" pendant le temps "**t**"

n : nombre d'activités émettrices prises en compte.

Les résultats qui en découlent sont des évaluations statistiques et non des valeurs absolues. Ils peuvent varier d'une année à l'autre en fonction des facteurs climatiques et sociaux économiques.

Les inventaires des émissions peuvent être utilisés comme une donnée d'entrée pour la modélisation et prévision de la qualité de l'air (voir l'indice de la qualité de l'air relatif à l'ozone par commune ou les cartographies régionales de l'ozone et du dioxyde d'azote).

C. Annexe 3 : Méthodologie pour le calcul d'exposition de la population

La méthodologie est basée sur un couplage de la modélisation urbaine à haute résolution et de la base de population MAJIC.

Pour le calcul des personnes exposées au dépassement de la valeur limite, nous utilisons une grille dont les mailles font 20 m de côté. Les valeurs associées à chaque maille de cette grille sont issues des données de modélisation urbaine PREVISION'AIR pour les deux années 2023 et 2030.

En utilisant la base de données de population MAJIC, une estimation de la population exposée est calculée sur chaque bâtiment inclus dans les mailles de 20 m dont la concentration moyenne annuelle dépasse strictement la valeur limite (concentration des mailles > 40 µg/m³).

D. Annexe 4 : Validation de la plate-forme PREVISIONAIR

Pour la réalisation de la validation mesure/modèle et du calage, les conditions météorologiques utilisées sont celles de l'année 2023.

La validation des résultats a été effectuée à l'aide de l'outil Perform'Air développé par Lig'Air et utilisant le module Evaltools, module développé par Météo-France permettant de réaliser les comparaisons mesure/modèle selon les critères FAIRMODE (Forum for AIR quality MODelling in Europe). Cet outil est mis à disposition par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Les résultats de validation des concentrations à l'aide de l'outil Perform'Air sont présentés ci-dessous pour le dioxyde d'azote et les particules en suspension PM₁₀ pour l'année 2022.

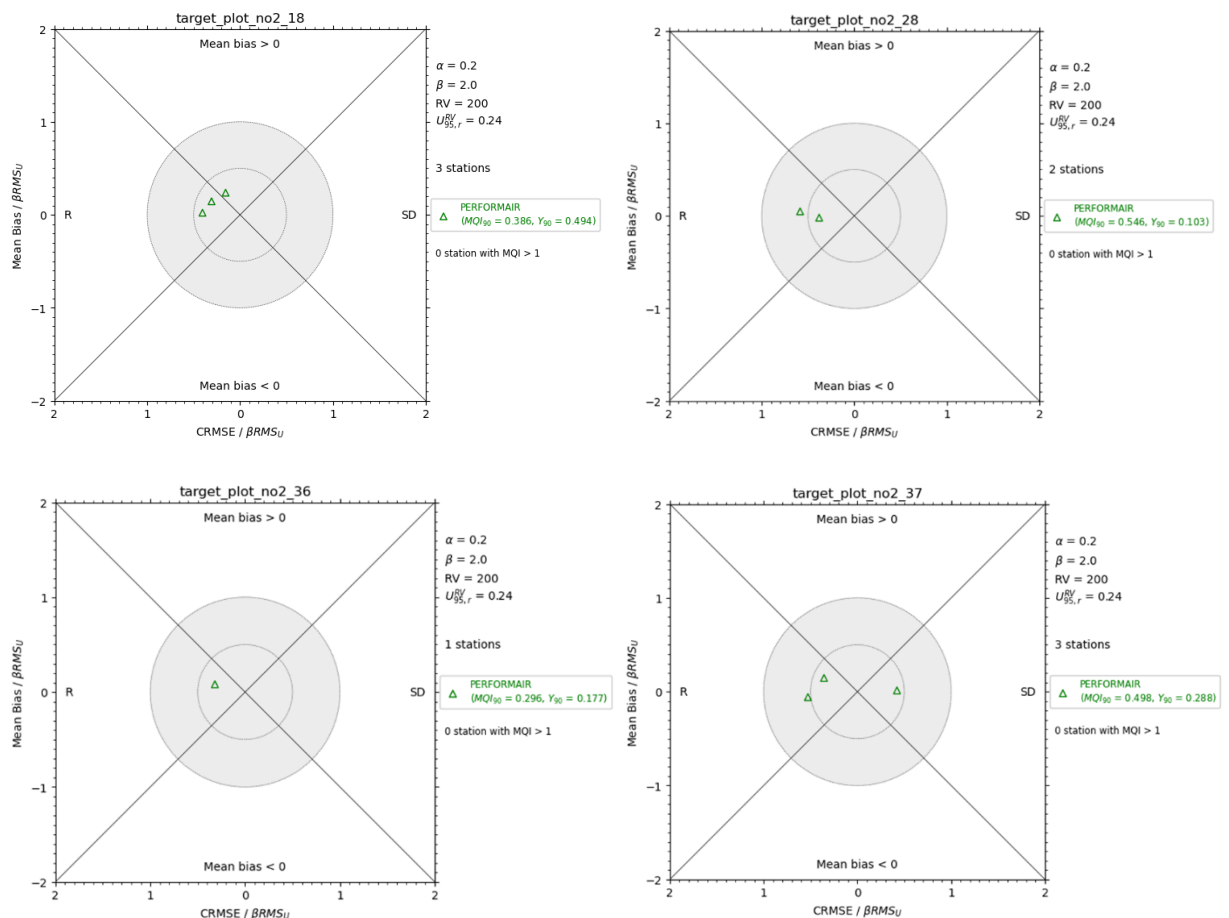
Le calcul de l'indicateur MQI² (Modelling Quality Indicator) est un indicateur statistique calculé à partir de mesures et de résultats de modélisation à chaque point station défini comme :

$$MQI = \frac{RMSE}{\beta RMS_u}$$

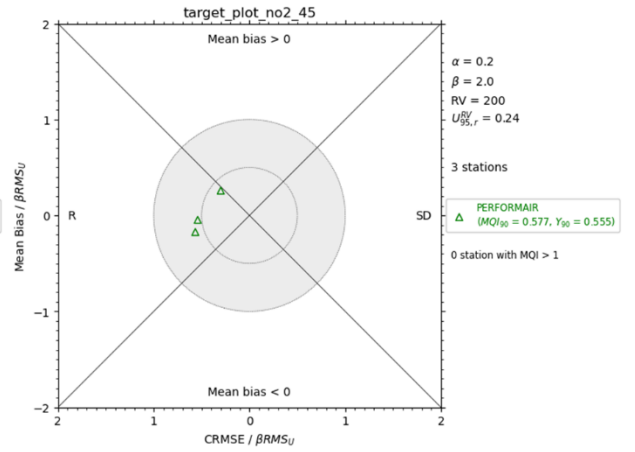
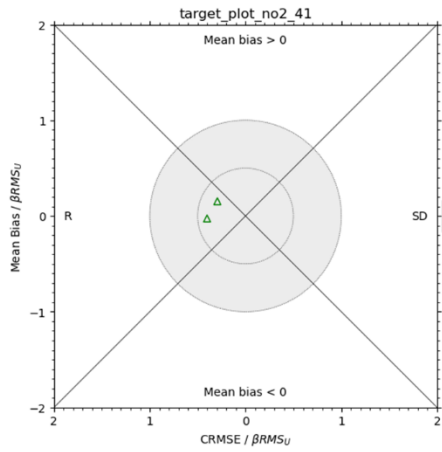
Où RMS_u est l'incertitude de mesure, RMSE est l'erreur quadratique moyenne du modèle à la station, et β est un facteur choisi (par FAIRMODE) pour être égal à 2 en coordination avec Thunis et al. (2013) et Pernigotti et al. (2013).

La validation des résultats de modélisation est vérifiée lorsque $MQI \leq 1$.

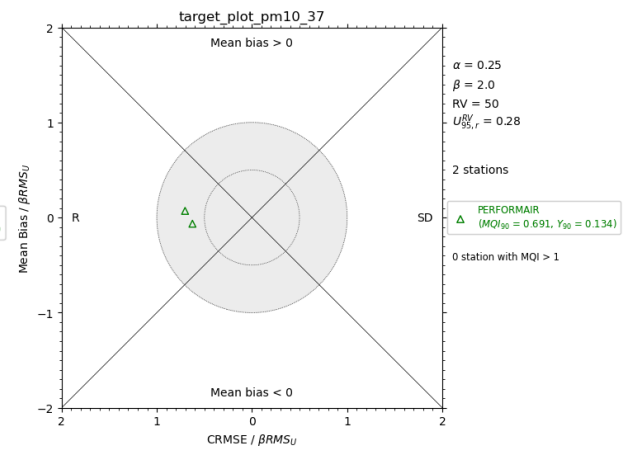
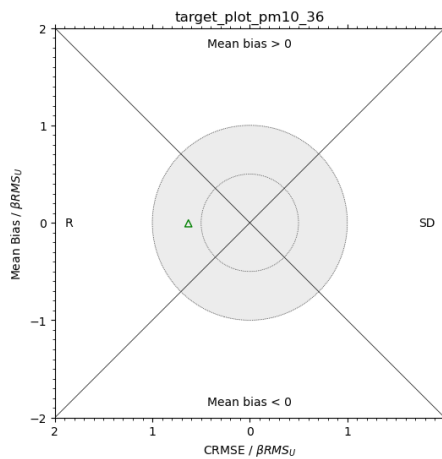
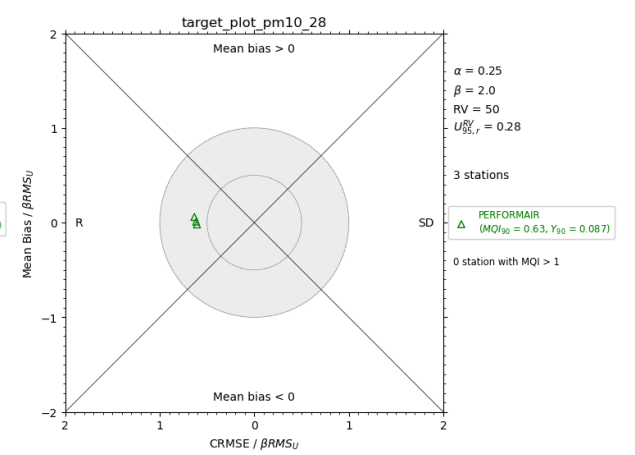
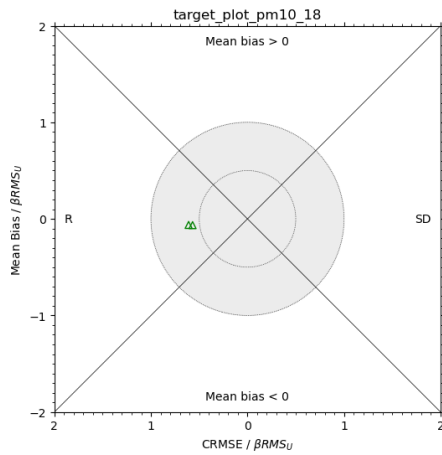
Concentrations annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) :

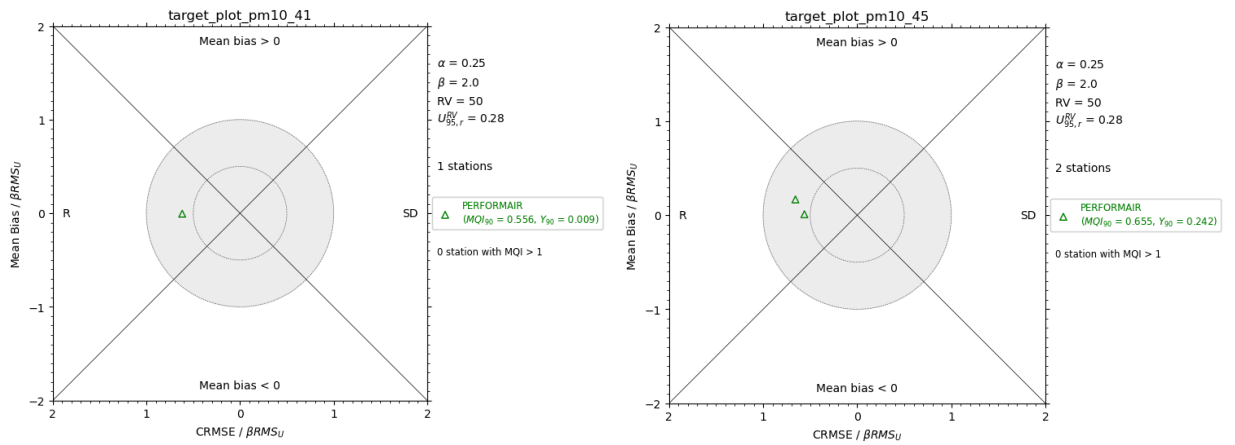


² FAIRMODE Guidance Document on Modelling Quality Objectives and Benchmarking, JRC Technical Report, Janssen *et al.*, 2022



Concentrations annuelles en particules en suspension (PM₁₀) :





En conclusion, les incertitudes associées au modèle SIRANE respectent les objectifs de qualité fixés par la réglementation européenne à la fois pour le NO_2 et les PM_{10} .