



Informing you on ambient air quality
in the Belgian Regions

RAPPORT ANNUEL 2020 de la qualité de l'air en Belgique

Description du document

Titre

Rapport annuel 2020 de la qualité de l'air en Belgique

Auteurs

Ce rapport a été réalisé grâce à la collaboration de tous les collègues d'IRCEL – CELINE Air : Frans Fierens, Charlotte Vanpoucke, Elke Trimpeneers, Olav Peeters, Roman Dumoulin, Philippe Maetz, Virginie Hutsemékers, Christophe Degrave

Date

7 mars 2022

Contact

info@irceline.be

www.irceline.be

Remerciements

Ce rapport a été établi entre autres sur base des données de qualité de l'air et météorologiques collectées dans les réseaux de mesure des trois Régions. CELINE remercie tous les collaborateurs de la Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), de l'Institut Scientifique de Service Public (ISSEP), de l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat (AWAC) et de Bruxelles Environnement (LB-BE).

Table des matières

1	Résumé	7
2	Introduction	11
3	Législation et recommandations sanitaires	13
3.1	Directive européenne	13
3.2	Organisation mondiale de la santé	13
4	Épisodes de pollution	15
4.1	Smog hivernal et printanier	15
4.2	Smog estival	16
5	Particules fines	19
5.1	PM ₁₀	20
5.1.1	Stations de mesure PM ₁₀	20
5.1.2	Concentrations moyennes annuelles de PM ₁₀	20
5.1.3	Concentrations moyennes journalières de PM ₁₀	21
5.2	PM _{2.5}	25
5.2.1	Stations de mesure PM _{2.5}	25
5.2.2	Concentrations moyennes annuelles de PM _{2.5}	25
5.2.3	Indicateur d'exposition moyenne	25
5.3	Black Carbon (BC)	28
5.3.1	Stations de mesures BC	28
5.3.2	Concentrations moyennes annuelles en BC	28
6	Oxydes d'azote	30
6.1	Stations de mesure NO ₂	30
6.2	Concentrations moyennes annuelles de NO ₂	31
6.3	Valeurs horaires de NO ₂	32
7	Ozone	36
7.1	Stations de mesure de l'ozone	36
7.2	Ozone et l'impact sur la santé	36
7.2.1	NET60	36
7.2.2	AOT60	37
7.3	Ozone et la végétation	38
7.3.1	AOT40 végétation	39
7.3.2	AOT40 forêts	39
7.4	Moyenne annuelle d'ozone	40

7.5	Évolution de la tendance pour les classes de concentrations d'O ₃	41
8	Dioxyde de soufre	47
8.1	Stations de mesure de SO ₂	47
8.2	Moyennes horaires de SO ₂	47
8.3	Moyennes journalières de SO ₂	48
8.4	Moyennes annuelles de SO ₂	48
9	Conclusions	51
10	Annexe A : Stations de mesure	53
11	Annexe B : Relevé annuel des polluants atmosphériques	56
12	Annexe C : Interprétation des diagrammes en boîte	60
13	Annexe D : Cartes d'incertitudes	61

Glossaire

AOT40 forêts

ou « Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 40 ppb (= 80 µg/m³) ». Total des différences entre la moyenne horaire d'ozone supérieure à 80 µg/m³ et le seuil de 80 µg/m³ pour toutes les valeurs horaires entre 08h00 et 20h00 CET, au cours des mois d'avril à septembre. Il s'agit d'un indicateur de protection des forêts.

AOT40 végétation

ou « Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 40 ppb (= 80 µg/m³) ». Total des différences entre la moyenne horaire d'ozone supérieure à 80 µg/m³ et le seuil de 80 µg/m³, et ce pour toutes les valeurs horaires comprises entre 08h00 et 20h00 CET au cours des mois de mai, juin et juillet (période de croissance). Il s'agit d'un indicateur de protection des plantes et de la végétation (semi-)naturelle.

AOT60

ou « Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb (= 120 µg/m³) ». Total annuel des différences entre la concentration d'ozone journalière maximale en moyenne (glissante) sur 8 heures supérieure à 120 µg/m³ et le seuil de 120 µg/m³.

BC

Black Carbon. Analogue à la suie. Ensemble de particules fines, formées de carbone élémentaire, dont la concentration est mesurée par des méthodes optiques, et émises principalement par les processus de combustion (trafic automobile et en particulier diesel, combustion de biomasse...)

COV

Composés organiques volatils. Mélange de substances gazeuses principalement composées de carbone et d'hydrogène. Il s'agit de précurseurs à la formation d'ozone.

IEM

Indicateur d'exposition moyenne. Indicateur national égal à la moyenne sur trois ans des concentrations de PM_{2,5} mesurées dans certaines stations mesurant la pollution de fond urbaine.

Inversion de température

Phénomène d'élévation de la température avec l'altitude. En particulier, une couche d'air froid au sol peut être chapeauté par une couche d'air plus chaud, ce qui empêche les polluants de s'élever et entrave donc la dispersion verticale.

NET60

ou « Number of exceedances above a Threshold of 60 ppb (= 120 µg/m³) » : Nombre de jours pendant lesquels la concentration d'ozone journalière maximale en moyenne (glissante) sur 8 heures est supérieure à 120 µg/m³.

NO_x

Oxydes d'azote, c'est-à-dire le mélange des composés gazeux de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂).

O₃

Ozone. Gaz très réactif formé dans la troposphère par l'action du rayonnement ultraviolet (UV) sur certains composés présents dans l'air –les polluants « précurseurs ». Ce composé est principalement formé pendant les journées chaudes et ensoleillées d'été.

OLT

Objectif à long terme.

OMS

Organisation mondiale de la santé.

OMT

Objectif à moyen terme.

PM₁₀

ou « Particulate Matter ». Il s'agit des particules fines dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm.

PM_{2.5}

ou « Particulate Matter ». Il s'agit des particules fines dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 µm.

RIO

Méthode d'interpolation utilisée dans ce rapport afin de cartographier les données de qualité de l'air des réseaux de mesure.

Smog

Pollution atmosphérique (historiquement, contraction de « smoke » et « fog »). De manière très résumée, le smog est usuellement causé par les particules fines en hiver (ou au printemps) et par l'ozone en été.

SO₂

Dioxyde de soufre. Gaz irritant à forte concentration et acidifiant.

UNECE

United Nations Economic Commission for Europe.

1 Résumé

Globalement, la qualité de l'air est meilleure en 2020 qu'en 2019. Pour les particules fines, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre, les concentrations modélisées sont les plus faibles depuis le début des mesures. La diminution progressive observée depuis plusieurs années et parfois décennies, selon le polluant, s'est poursuivie en 2020. L'ozone fait exception à cette tendance favorable : pour 2020, les concentrations modélisées sont à nouveau plus élevées qu'en 2019. Une tendance à la hausse est observée sur le long terme pour l'ozone. Indéniablement, la pandémie de COVID19 a également eu un impact sur l'évolution des concentrations entre 2019 et 2020.

Le tableau 1 ci-dessous présente les différents indicateurs de la qualité de l'air pour la Belgique en 2020 et les compare, via un code couleur, aux moyennes des 10 années précédentes : 2010–2019. Les chiffres sont basés sur des calculs utilisant la technique d'interpolation RIO, avec une résolution spatiale de 4x4 km². Les chiffres sont donc représentatifs de zones de 4 km sur 4 km, ce qui signifie que les concentrations (ou le nombre de dépassements) peuvent être plus ou moins élevées localement. Pour les polluants qui sont fortement influencés par les émissions locales, comme le NO₂ provenant des émissions du trafic, les concentrations locales peuvent différer de manière significative des concentrations au niveau de la zone de 4x4 km².

Pour les particules fines, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre, tous les indicateurs sont nettement inférieurs à la moyenne des dix années précédentes. Le minimum, la moyenne et le maximum des valeurs par maille de 4x4 km² des indicateurs à long terme (moyennes annuelles) et à court terme (moyennes horaires et dépassements) sont significativement plus faibles. Seul le minimum pour le 4^{ème} maximum de la moyenne journalière pour SO₂ reste stable à 1 µg/m³. Pour ces trois polluants, les particules fines, le NO₂ et le SO₂, il n'y a également plus aucun dépassement de la valeur limite ou de la valeur cible européenne pour les valeurs interpolées par zone de 4x4 km². Pour les particules fines, les valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sont dépassées dans diverses zones. Pour l'ozone, les indicateurs sont similaires ou nettement plus mauvais que la moyenne des dix dernières années, les objectifs à moyen terme pour la santé et la protection des forêts ne sont pas respectés. De même, l'objectif à long terme pour l'exposition de la végétation à l'ozone continue d'être dépassé.

Le tableau 2 montre le pourcentage de la population potentiellement exposée à des concentrations supérieures aux valeurs limites de l'UE, d'une part, et aux valeurs indicatives de l'OMS, d'autre part.

On peut conclure, sur la base de ces calculs, que personne en Belgique n'a été exposé à des dépassements des valeurs limites ou cibles européennes pour les particules fines, le dioxyde d'azote ou le dioxyde de soufre. L'exposition de la population est estimée sur la base des valeurs de qualité de l'air calculées par la technique d'interpolation RIO pour des mailles de 4x4 km² et du nombre d'habitants correspondants dans ces mailles. Cette résolution spatiale relativement faible explique pourquoi personne n'a été exposé à des concentrations supérieures à la valeur limite NO₂. En particulier pour les polluants comme le NO₂, qui sont fortement déterminés par la contribution des sources d'émission locales, il s'agit d'une sous-estimation.

Si l'on compare les indicateurs avec les valeurs indicatives établies par l'OMS, plutôt qu'avec les valeurs limites de l'UE, la situation est moins favorable : 11,5 % de la population belge vit dans une zone où la concentration moyenne annuelle de PM₁₀ dépasse la valeur indicative de l'OMS de 20 µg/m³, 33,8 % de la population belge vit dans une zone où la concentration moyenne annuelle de PM_{2.5} dépasse la valeur indicative de l'OMS de 10 µg/m³.

Pour l'ozone, l'objectif à long terme d'aucun dépassement de la moyenne glissante sur 8h du seuil de 120 µg/m³ n'est atteint nulle part, 100 % de la population y est exposée. Par ailleurs, l'objectif à moyen terme d'atteindre, en moyenne sur trois ans, 25 jours par an avec un dépassement du seuil de 120 µg/m³ (en moyenne sur 8h) n'est pas atteint partout : 18,5 % de la population est exposé à un nombre supérieur de jours de dépassements.

En conclusion, en 2020, les concentrations de particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5}), de dioxyde d'azote et de dioxyde de soufre continuent de baisser et restent, en moyenne dans les cellules de 4x4 km², inférieures aux valeurs limites ou cibles européennes. Néanmoins, pour les particules fines, une partie importante de la population continue d'être exposée à des dépassements des valeurs indicatives de l'OMS, l'impact sur la santé publique reste donc important. Les concentrations d'ozone en 2020 sont à nouveau élevées, avec une tendance à la hausse des concentrations moyennes annuelles. Toute la population belge a été

exposée pendant plusieurs jours à des moyennes sur 8 heures supérieures à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En 2020, les concentrations très élevées d'ozone ont également eu un impact négatif considérable sur la végétation et les forêts.

TAB. 1 : Indicateurs de la qualité de l'air en Belgique, 2020

Indicateur	min.	moy.	max.	Norme européenne	Valeur indicative OMS (2005)†
PM₁₀					
Moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7	14	24	40	20
Nombre de jours $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	1	14	Max. 35 jours	Max. 3 jours
PM_{2.5}					
Moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4	7	13	25	10
Ozone					
Nombre de jours $>$ seuil d'information $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$	13				
Nombre de jours $>$ seuil d'alerte $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1				
Nombre de jours avec max 8h $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	7	20	33	OMT : 25 jours, moyenne sur 3 ans, OLT : 0 jours	0 jour avec max 8h $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Nombre de jours avec max 8h $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne 2018–2020)	8	22	33	OMT : 25 jours, moyenne sur 3 ans, OLT : 0 jours	0 jour avec max 8h $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
AOT60 ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$)	1080	3062	5208	5800***	
AOT40 végétation ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$)	2619	10284*	14681	OMT : 18000 moyenne sur 5 ans, OLT : 6000	
AOT40 végétation ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$) (moyenne 2016–2020)	3192	11899*	17956	OMT : 18000 moyenne sur 5 ans, OLT : 6000	
AOT40 forêts ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$)	7393	24212**	32630	Niveau critique : 10000***, niveau de référence : 20000***	
NO₂					
Moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3	8	28	40	40
19 ^{ème} moyenne horaire la plus élevée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16	34	79	200	Moyenne horaire la plus élevée : 200
SO₂					
25 ^{ème} horaire la plus élevée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	2	17	350	
4 ^{ème} moyenne journalière la plus élevée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	2	10	125	Moyenne journalière la plus élevée : 20

Dépassement de la norme européenne.

† Pour les dernières valeurs indicatives, voir 3.2.

* Moyenne pondérée par la surface de végétation.

** Moyenne pondérée par la surface des forêts.

*** Pas dans la directive 2008/50/CE.

	Valeur significativ. inférieure à la moyenne sur les 10 années précédentes
	Valeur comparable à la moyenne sur les 10 années précédentes
	Valeur significativ. supérieure à la moyenne sur les 10 années précédentes

TAB. 2 : Pourcentage de la population ou de la surface de végétation potentiellement exposée à des valeurs supérieures à la norme européenne ou aux valeurs indicatives de l’OMS.

Indicateur	Norme européenne	% population exposée ou % de la surface avec dépassement de la norme pour la végétation	Valeur indicative OMS (2005)†	Population exposée à un dépassement de la valeur OMS
PM₁₀				
Moyenne annuelle	40 µg/m ³	0 %	20 µg/m ³	11,5 %
Nombre de jours >50 µg/m ³	Max. 35 jours	0 %	Max. 3 jours	19,9 %
PM_{2.5}				
Moyenne annuelle	25 µg/m ³	0 %	10 µg/m ³	33,8 %
Ozone				
Nombre de jours avec max 8h >120 µg/m ³	LTD : 0 jours	100 %	Max. 8h journalière >100 µg/m ³	100 %
Nombre de jours avec max 8h >120 µg/m ³ (moyenne 2018-2020)	OMT : 25 jours moyenne sur 3 ans	18,5 %		
AOT60	5800* (µg/m ³).h	0 %		
AOT40 végétation	OLT : 6000 (µg/m ³).h	99,4 %		
AOT40 végétation (moyenne 2016-2020)	OMT : 18000 (µg/m ³).h moyenne sur 5 ans	0 %		
AOT40 forêts	Niveau critique : 10000* (µg/m ³).h	100 %		
AOT40 forêts	Niveau de référence : 20000* (µg/m ³).h	98,0 %		
NO₂				
Moyenne annuelle	40 µg/m ³	0 %	40 µg/m ³	0 %
Moyenne horaire >200 µg/m ³	Max. 18 heures	0 %	0 heure	0 %
SO₂				
Moyenne journalière >125 µg/m ³	Max. 3 jours	0 %	Moyenne journalière >20 µg/m ³	0 %
Moyenne horaire >350 µg/m ³	Max. 24 heures	0 %		

* Pas dans la directive 2008/50/CE

† Pour les dernières valeurs indicatives, voir 3.2.

0 %
>0 % en ≤ 50%
>50 %

2 Introduction

Ce rapport donne un aperçu de la qualité de l'air en 2020 en Belgique. La qualité de l'air est déterminée par la combinaison de divers polluants mesurés dans les réseaux de surveillance des trois régions.

ENCADRÉ 1 : Pandémie de COVID-19

La pandémie de COVID-19, causée par le SARS-CoV-2, et les mesures prises pour prévenir les contaminations ont eu un impact majeur sur les activités économiques et sociales en 2020. Cela a indéniablement eu un impact sur les émissions et les concentrations de polluants, entre autres celles de NO₂ et d'O₃. CELINE a publié une étude spécifique sur cet impact [7].

En Flandre, les réseaux de mesure sont gérés par la [Vlaamse Milieumaatschappij \(VMM\)](#), en Wallonie par l'[Institut Scientifique de Service Public \(ISSeP\)](#) ainsi que par l'[Agence Wallonne de l'Air et du Climat \(AWAC\)](#) et à Bruxelles par [Bruxelles Environnement](#). Les valeurs mesurées sont collectées par CELINE et stockées dans la base de données atmosphériques interrégionale.

Ce rapport décrit l'état de la qualité de l'air en Belgique en 2020 et l'évolution de celle-ci au cours des dernières années. Les polluants PM₁₀, PM_{2.5}, BC, O₃, NO₂ et SO₂ sont abordés. Afin de déterminer les concentrations de ces polluants dans les endroits où aucune mesure n'est effectuée, une technique d'interpolation est utilisée : RIO.

ENCADRÉ 2 : méthode d'interpolation RIO

Ce rapport est basé sur une technique d'interpolation spatiale des mesures de qualité de l'air appelée RIO [6][8]. Cette technique permet de déterminer les concentrations et l'exposition de la population dans des endroits où aucune mesure n'est effectuée. Les techniques d'interpolation conventionnelles exigent que chaque emplacement de mesure soit représentatif de la même zone spatiale. Dans la pratique, cependant, ce n'est pas le cas pour la pollution atmosphérique. Les concentrations mesurées à proximité d'une source de pollution ne seront souvent représentatives que d'une zone limitée autour de la source tandis que les concentrations mesurées dans une zone rurale seront généralement représentatives d'une zone plus large. RIO était développé pour contourner ce problème.

La résolution spatiale de la technique d'interpolation RIO est de 4x4 km² : le territoire de la Belgique est divisé en zones de 4 km sur 4 km. Grâce à RIO, il est possible de calculer la qualité de l'air pour chaque cellule de grille de 4x4 km² en Belgique. Les résultats de mesure manquants sont complétés en interpolant les mesures des stations de mesure disponibles.

Cette technique nous permet de calculer l'incertitude par cellule de grille de 4x4 km² pour chaque polluant. Pour ces cartes et une explication plus détaillée de la détermination de l'incertitude du modèle, voir l'annexe D.

La technique d'interpolation RIO est utilisée pour déterminer les concentrations sur l'ensemble du territoire, ce rapport n'analyse pas les mesures enregistrées aux différentes stations de mesure télémétriques. Pour cela, nous renvoyons le lecteur aux publications annuelles régionales sur la qualité de l'air et au rapportage annuel de la Belgique dans le cadre de la directive européenne 2008/50/CE. Dans le présent rapport, la version 5.0 de RIO a été utilisée. Pour les résultats d'autres polluants, tels que le NO, le CO et les métaux lourds, nous renvoyons le lecteur également aux sites web régionaux.

Les résultats annuels publiés par la Flandre et la Wallonie sont disponibles sur les sites web [Emissies en concentraties luchtverontreinigende stoffen](#) et [Rapports annuels des réseaux de surveillance de la qualité de l'air en Wallonie](#).

L'exposition de la population à un polluant peut être calculée en corrélant la concentration de ce polluant dans une maille RIO avec la densité de population dans cette même maille (voir figure 1). L'exposition de la population présentée dans ce rapport est une exposition « statique », calculée sur base des chiffres de population dans chaque cellule de la grille RIO. Cela signifie que l'exposition est estimée sur base des données des lieux de résidence de la population et que l'on ne tient donc pas compte des déplacements. Bien que la résolution spatiale de l'interpolation RIO soit relativement élevée, les résultats génèrent inévitablement une incertitude concernant la population réellement exposée. Dans une cellule de 4x4 km², on suppose que toutes les personnes qui y résident sont exposées à une même concentration homogène. Pour des visualisations à haute résolution des concentrations moyennes annuelles, nous renvoyons le

lecteur vers les cartes ATMO-Street ou RIO-IFDM sur le site web d'IRCEL – CELINE : NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, BC et O_3 .

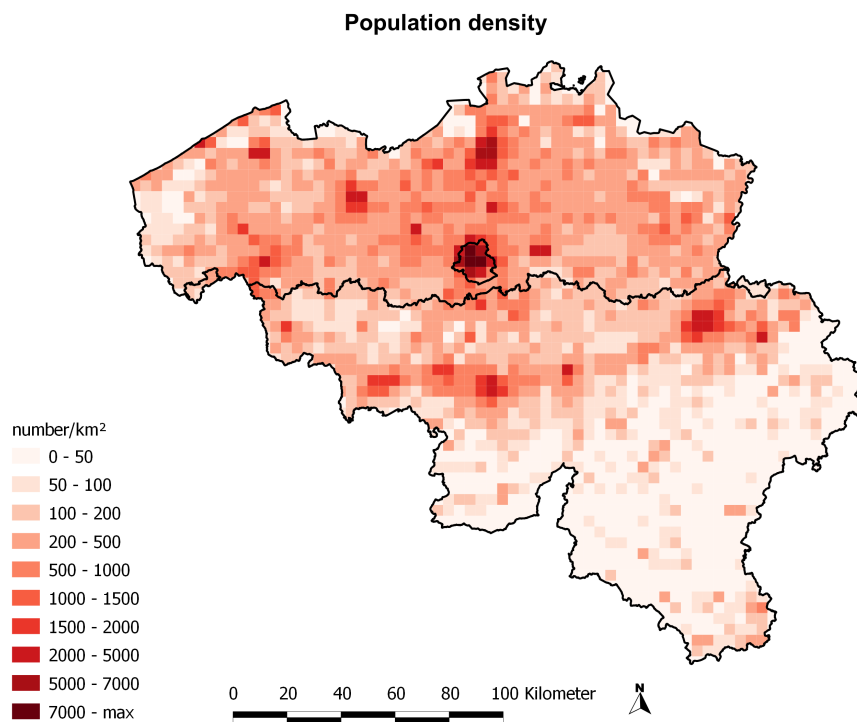


FIG. 1 : Densité de la population par cellule de la grille RIO (source : chiffres de la population, Statistics Belgium)

Les calculs des différents indicateurs et les analyses des tendances ont été effectués à l'aide du logiciel « OpenAir » [4], développé pour le logiciel de statistique R [11]. Les cartes de ce rapport annuel ont été créées avec le logiciel de système d'information géographique QGIS [10]. La mise en page du document a été réalisée avec $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.

3 Législation et recommandations sanitaires

3.1 Directive européenne

La directive 2008/50/CE du parlement européen et du conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air et un air pur pour l'Europe constitue la principale base juridique des normes de qualité de l'air [3]. Cette directive établit des mesures visant à évaluer la qualité de l'air en Europe ; à lutter contre la pollution et les nuisances ; à recueillir et diffuser des informations précises ; et à préserver une bonne qualité de l'air et l'améliorer dans d'autres cas.

À cette fin, la directive contient des **valeurs limites**, des **valeurs cibles**, des **seuils d'information** et des **seuils d'alerte**. Les valeurs limites et cibles sont indiquées dans les tableaux 1 et 2, les seuils d'information et d'alerte dans le tableau 3.

- Les *valeurs limites* sont des niveaux qui doivent être atteints dans un délai donné et, une fois atteints, ne doivent pas être dépassés.
- Les *valeurs cibles* sont des niveaux à atteindre « autant que possible » dans un délai prédéfini.
- Les *seuils d'information* sont des niveaux au-dessus desquels une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de groupes particulièrement vulnérables de la population et pour lesquels une information immédiate et adéquate est nécessaire.
- Les *seuils d'alerte* sont des niveaux au-dessus desquels une brève exposition présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population et à partir desquels des mesures immédiates doivent être prises par les États membres.

TAB. 3 : Liste des seuils d'information et d'alerte horaires moyens selon la directive 2008/50/CE.

Polluant	Seuil d'information	Seuil d'alerte
SO ₂		500 µg/m ³
NO ₂		400 µg/m ³
O ₃	180 µg/m ³	240 µg/m ³

3.2 Organisation mondiale de la santé

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi son propre ensemble de **valeurs indicatives** de la qualité de l'air [5]. Ces valeurs sont plus strictes que les valeurs limites et les valeurs cibles de l'UE.

Les valeurs indicatives incluses dans ce rapport datent de 2005. En septembre 2021, l'OMS a publié de nouvelles valeurs, plus strictes. Les analyses et les chiffres de ce rapport ont été préparés avant que les valeurs actualisées ne soient connues.

Les normes de l'UE prennent en compte la santé publique ainsi que l'impact économique pour atteindre ces objectifs. Les valeurs indicatives de l'OMS quantifient les concentrations pour lesquelles il existe un risque significatif pour la santé publique. Dans ce rapport, ces valeurs indicatives sont ajoutées aux figures et tableaux le cas échéant.

TAB. 4 : Liste des valeurs indicatives de la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de santé

Polluant	Période de calcul de la moyenne	Nombre max. de dépassement autorisés	Valeur(2005)	Valeur(2021)
PM ₁₀	1 jour	3	50 µg/m ³	45 µg/m ³
	1 année		20 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2.5}	1 jour	3	25 µg/m ³	15 µg/m ³
	1 année		10 µg/m ³	5 µg/m ³
NO ₂	1 heure	0	200 µg/m ³	200 µg/m ³
	1 jour		25 µg/m ³	25 µg/m ³
O ₃	1 année	0	40 µg/m ³	10 µg/m ³
	8 heures *		100 µg/m ³	100 µg/m ³
SO ₂	6 mois **	0	500 µg/m ³	60 µg/m ³
	10 minutes		500 µg/m ³	500 µg/m ³
	1 jour		20 µg/m ³	40 µg/m ³

* Maximum journalier de la moyenne sur huit heures

** Moyenne de la concentration moyenne en O₃ maximale sur 8 heures et six mois consécutifs, avec la plus forte concentration en O₃ des moyennes glissantes sur six mois.

4 Épisodes de pollution

Les concentrations de polluants atmosphériques dans l'air ambiant varient au cours du temps en raison de plusieurs facteurs. Tout d'abord, les concentrations dépendent de la pollution émise par les sources anthropiques ou naturelles. En outre, les polluants peuvent être formés ou détruits par différentes réactions physico-chimiques dans l'atmosphère, peuvent quitter l'atmosphère par les processus de dépôt sec et humide ou peuvent être transportés sur de grandes distances par le vent. Si les polluants atmosphériques proviennent de régions transfrontalières, on parle de phénomène d'importation de polluants. Les paramètres météorologiques, tels que la pression, la température, la vitesse et la direction du vent, ou les précipitations, constituent également des facteurs très importants qui influencent les niveaux de concentration des polluants dans l'air.

Lorsque les concentrations de polluants atmosphériques dans l'air sont trop élevées, un « smog » se forme. On distingue le smog hivernal, printanier et estival.

Un accroissement de la pollution de l'air par les particules fines et le dioxyde d'azote pendant l'hiver (**smog hivernal**) se produit généralement dans des conditions météorologiques stables, avec peu de vent et en présence d'une inversion de température. Les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique sont alors défavorables. Une inversion de température à basse altitude entraîne le fait que la pollution atmosphérique (causée par les émissions et/ou les importations) reste au sol, en quelque sorte « piégée » sous la couche d'air plus chaude située au-dessus. Si une telle situation perdure pendant plusieurs jours, la pollution atmosphérique peut s'accumuler et les concentrations de polluants atmosphériques augmentent progressivement.

Des concentrations accrues de particules fines peuvent également être la conséquence d'une soudaine augmentation de particules fines dites secondaires. Au contraire des particules primaires, directement émises dans l'atmosphère, les particules secondaires sont formées à la suite de réactions physico-chimiques complexes au sein de celle-ci. Des analyses chimiques des particules fines révèlent d'ailleurs que les sels secondaires inorganiques (ammonium, nitrate, sulfate par exemple) contribuent pour 35 à 45 % à la masse totale des particules fines [13][14]. Un composé-clé dans la formation de particules secondaires est l'ammoniac. De fortes concentrations de particules secondaires apparaissent ainsi souvent au printemps (**smog printanier**), lors des épandages de fertilisants agricoles qui sont à l'origine d'une augmentation des émissions d'ammoniac.

Les épisodes d'ozone (**smog estival**) se produisent principalement les jours d'été chauds, ensoleillés (> 25 °C) et avec peu de vent. De telles conditions météorologiques sont de nature à favoriser la formation photochimique d'ozone.

Un épisode de smog n'est cependant jamais exclusivement attribué à une seule cause. De fortes concentrations dans l'air sont toujours la conséquence d'une combinaison des facteurs décrits ci-dessus (météo, importation, formation secondaire), même si la pondération relative de ces différentes causes varie en effet d'une situation à l'autre.

4.1 Smog hivernal et printanier

Depuis 2006 il existe un seuil d'*alerte* qui est activé lorsqu'il est prévu que les concentrations journalières moyennes en PM_{10} dépasseront $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant deux jours consécutifs. A partir du 01/11/2016, il est complété par un seuil d'*information*. Le seuil d'information est activé lorsque la moyenne glissante 24h en PM_{10} est supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne et qu'elle devrait rester supérieure à ce seuil pendant au moins les 24h suivantes. En 2019, un nouveau polluant a été introduit, les $PM_{2,5}$ avec des seuils d'information et d'alerte de respectivement 35 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En 2020, le seuil d'information a été activé trois fois, seul le troisième épisode a duré plus d'un jour.

Lors du premier épisode, du 23/01 au 24/01, le seuil d'information pour les $PM_{2,5}$ a été dépassé en Flandre. Cet épisode était essentiellement dû aux émissions du trafic routier, du chauffage des bâtiments, de l'industrie et de l'agriculture, combinées à de mauvaises conditions de dispersion. La deuxième activation du seuil d'information a eu lieu du 9 au 10 avril et a concerné les PM_{10} en Flandre. Ces concentrations élevées sont dues à la formation de particules inorganiques secondaires, elles sont formées par réaction entre les NO_x (émis essentiellement par le trafic) et le NH_3 (agriculture) dans les conditions

Daily average Particulate Matter (PM₁₀) concentrations on: Friday 27/11/2020

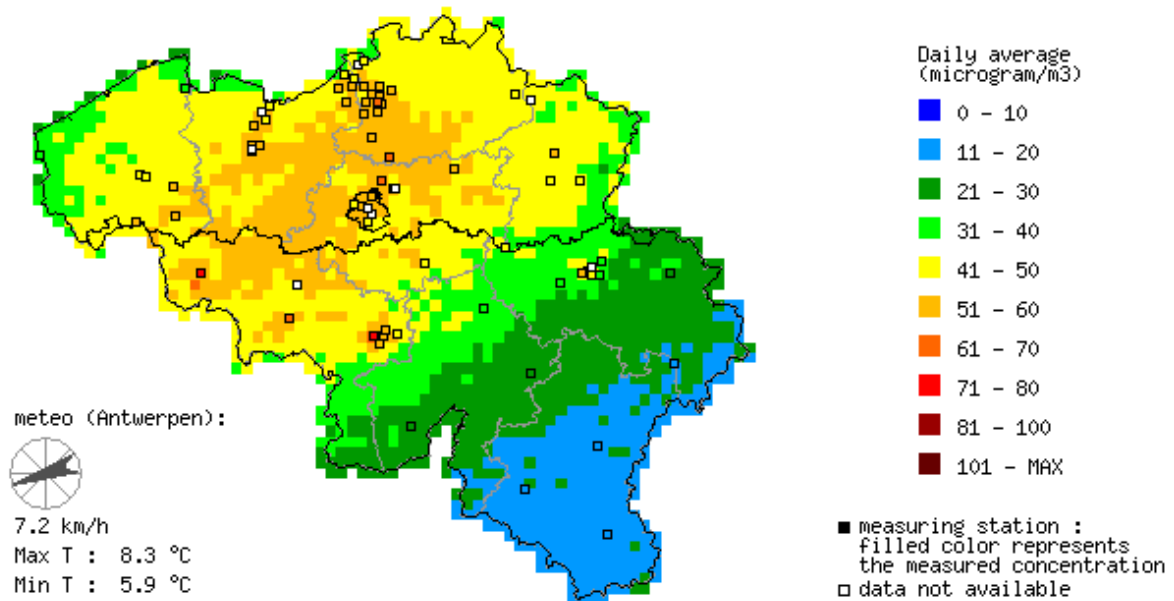


FIG. 2 : Moyenne journalière des concentrations de PM₁₀ pour la journée du 27 novembre 2020.

météorologiques "favorables" du printemps. Le troisième épisode a été déclenché le 27 novembre suite au dépassement, en Flandre, des seuils d'information de PM_{2.5} et PM₁₀, il a été désactivé le 1er décembre. Les mauvaises conditions de dispersion en étaient la cause.

Les figures 2 et 3 montrent la distribution spatiale des concentrations moyennes journalières du 27 novembre 2020. La figure 4 montre l'évolution de la moyenne glissante sur 24 heures pendant le troisième épisode.

Contrairement au seuil d'information, les conditions d'activation du seuil d'alerte du plan smog n'ont pas été atteints en 2020.

4.2 Smog estival

En 2020, l'été a été exceptionnellement chaud avec beaucoup d'ensoleillement, il y a eu 13 jours d'ozone, c'est-à-dire des jours où le seuil d'information européen pour l'ozone de 180 µg/m³ est dépassé en au moins un point de mesure en Belgique. Les jours de dépassement ont été observés en juin (3), juillet (1), août (8) et septembre (1). Les dépassements du mois d'août ont eu lieu pendant plusieurs jours consécutifs, du jeudi 6 au jeudi 13 août. Le seuil d'alerte de 240 µg/m³ a été dépassé dans 2 stations de mesure le 11 août. Ce jour-là, 44 % de la population a été exposée à des moyennes horaires dépassant le seuil d'information de l'UE (voir figure 5).

En 2019, 9 jours d'ozone avaient été observés, dont un dépassement du seuil d'alerte. Lors des étés très chauds de 2003 et 2006, 16 et 22 jours de dépassement du seuil d'information ont été enregistrés respectivement. En 2003, le seuil d'alerte de 240 µg/m³ avait été dépassé pendant 7 jours à au moins un site de mesure. L'épisode de smog d'août 2020, avec 8 jours consécutifs d'ozone, est le deuxième plus long depuis 1990. Seule la série de 12 jours d'ozone consécutifs d'août 2003 est plus longue.

Daily average Particulate Matter (PM_{2.5}) concentrations on: Friday 27/11/2020

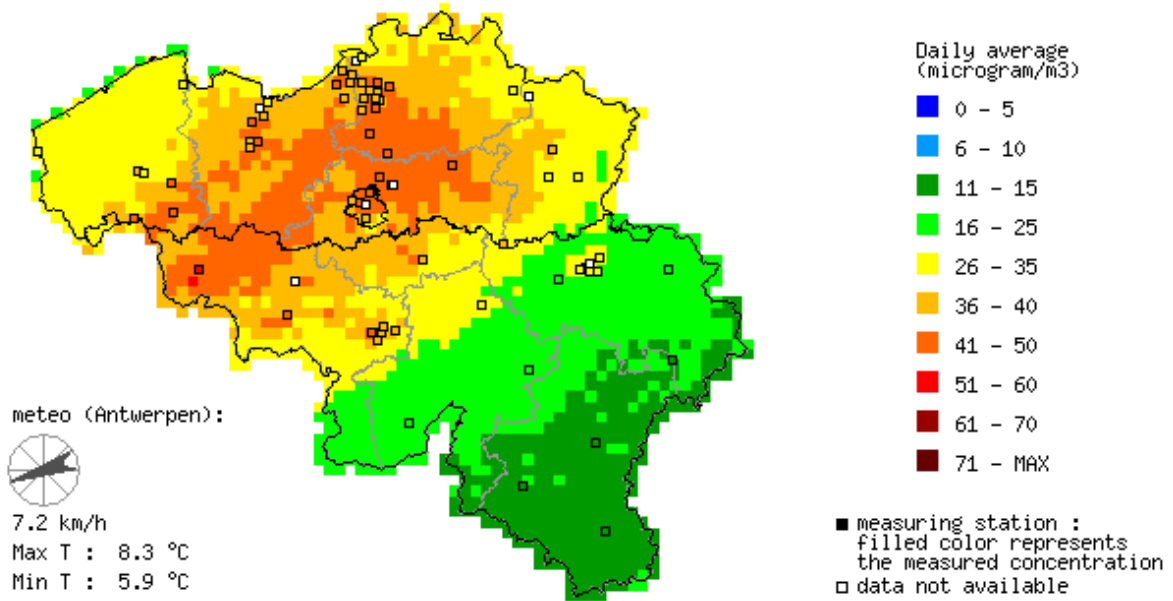


FIG. 3 : Moyenne journalière des concentrations de PM_{2.5} pour la journée du 27 novembre 2020.

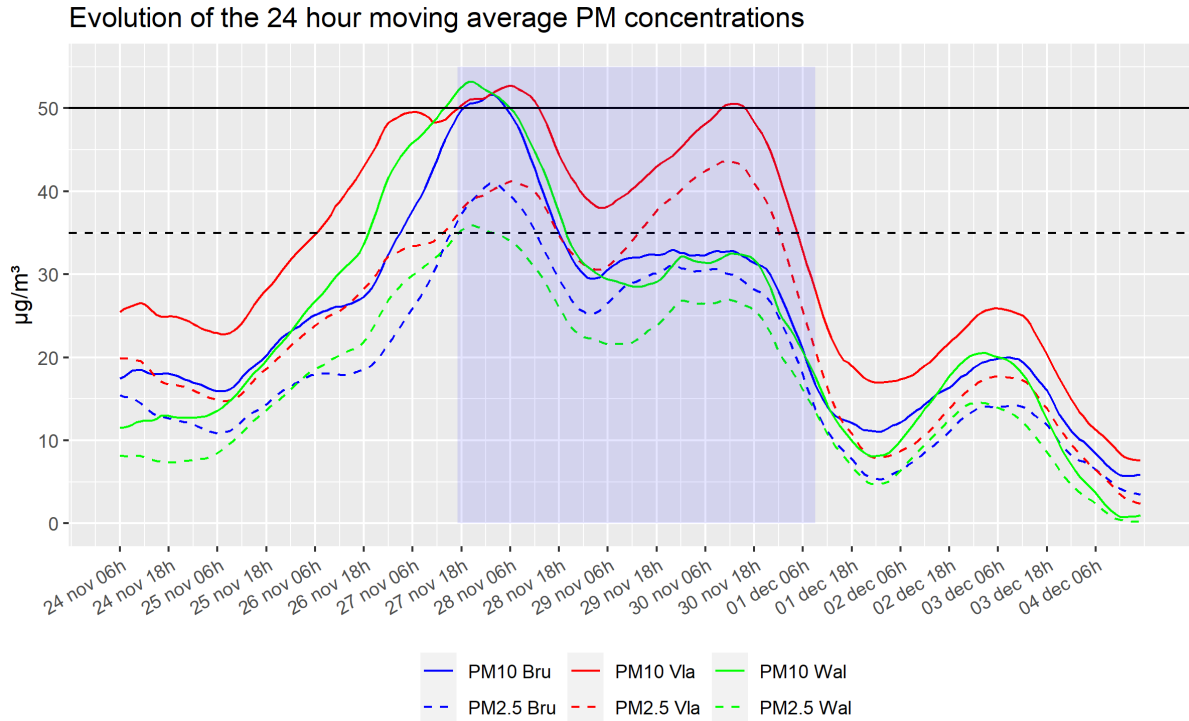


FIG. 4 : Evolution de la concentration moyenne glissante 24h de PM₁₀ et PM_{2.5} moyennée sur l'ensemble des stations de mesure par région du 24 novembre 2020 au 4 décembre 2020. Ce graphique n'est pas basé sur les valeurs interpolées.

Daily highest 1-hourly Ozone concentrations on: Tuesday 11/08/2020

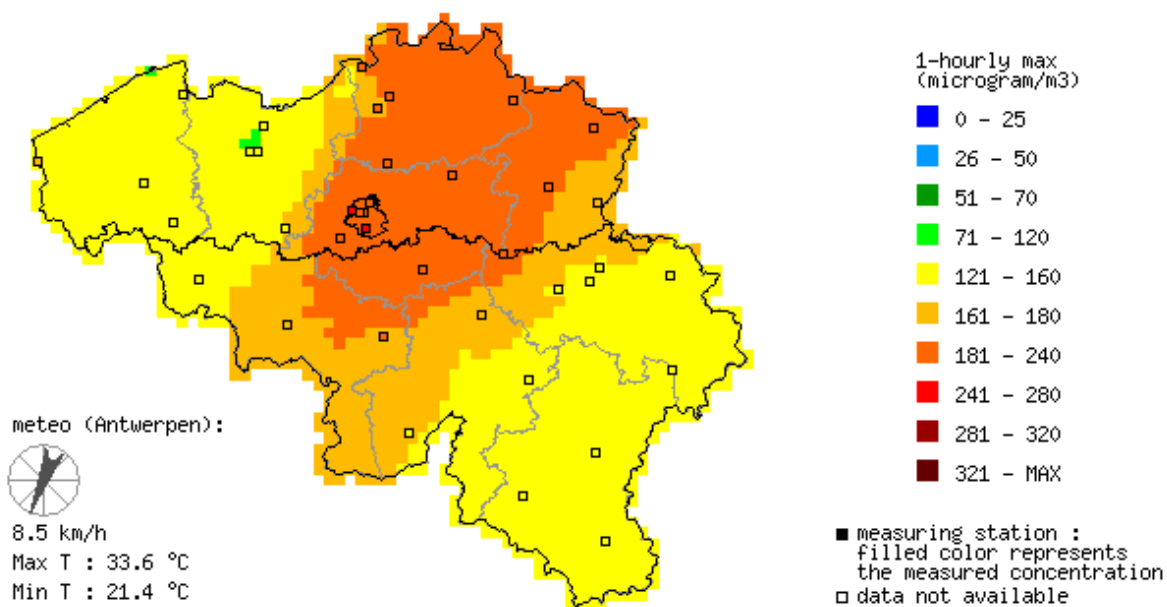


FIG. 5 : Concentrations d'ozone horaires maximales du 11 août 2020

5 Particules fines

Les particules fines regroupent toutes les particules solides et liquides en suspension dans l'atmosphère. Nous distinguons dans ce rapport trois catégories : PM_{10} , $PM_{2.5}$ et BC.

PM signifie « particulate matter » ou « matières particulaires », et l'indice définit la taille des particules. La fraction PM_{10} est constituée des particules ayant les mêmes propriétés qu'une particule sphérique d'un diamètre de 10 micromètre (μm) ou moins. Par conséquent, les $PM_{2.5}$ désignent la fraction de particules qui ont le même comportement dans l'atmosphère qu'une particule sphérique ayant un diamètre de 2,5 micromètres ou moins. Il découle de cette définition que $PM_{2.5}$ est un sous-ensemble de PM_{10} , toute particule de la catégorie $PM_{2.5}$ est également considérée comme faisant partie de la catégorie PM_{10} . Une troisième catégorie, le BC ou « black carbon » ou encore « carbone suie », fait à son tour partie des $PM_{2.5}$. Le BC se forme généralement lors d'une combustion incomplète et est le composant principal de la suie.

Les particules peuvent être émises dans l'atmosphère par des sources naturelles, comme les particules de sel marin ou la poussière au sol emportée par le vent, ou des sources anthropiques, comme les transports, l'industrie, l'agriculture et le chauffage des bâtiments. Les particules peuvent être émises directement par ces sources (particules primaires) ou apparaître dans l'atmosphère suite à la transformation physico-chimique de composés gazeux en particules (particules secondaires). Les particules fines se dispersent sur de longues distances, elles sont donc aisément exportées ou importées.

Les principaux effets sanitaires de la pollution atmosphérique sont imputables aux particules fines. Selon l'OMS, il n'existe pas de seuil en-dessous duquel on ne constate aucun effet nocif des particules fines.

5.1 PM₁₀

5.1.1 Stations de mesure PM₁₀

En 2020, les concentrations de PM₁₀ ont été mesurées dans 76 stations, soit le nombre le plus élevé depuis 1997. L'augmentation des stations de mesure, comme le montre la figure 6, entraîne une diminution de l'incertitude des valeurs interpolées discutées dans ce chapitre.

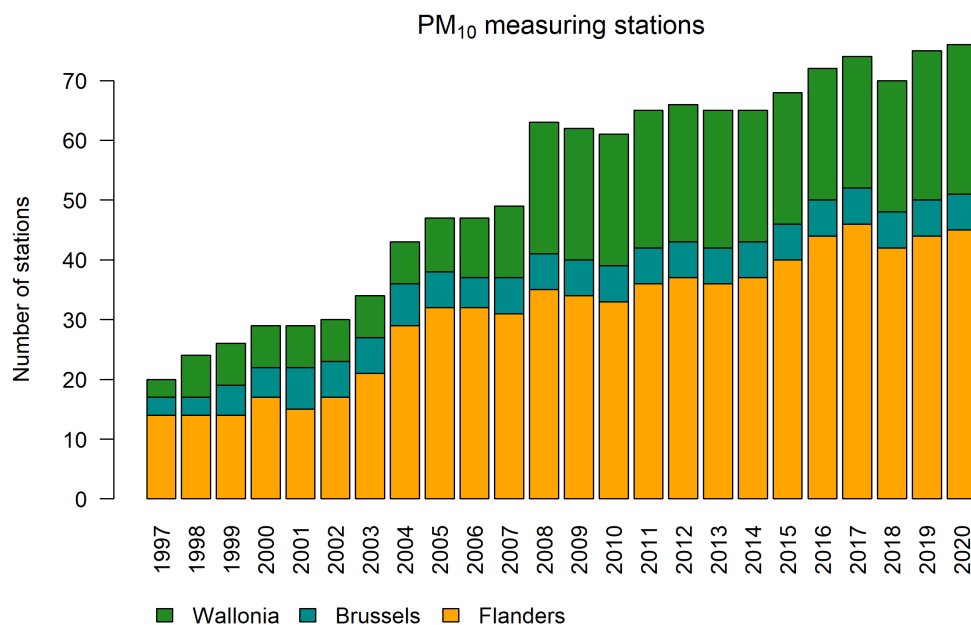


FIG. 6 : Evolution de nombre de stations de mesure de PM₁₀ en Belgique.

5.1.2 Concentrations moyennes annuelles de PM₁₀

La figure 7 montre les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ par maille de 4x4 km². Les concentrations les plus élevées, de 21 à 25 µg/m³, sont situées dans le nord de la Flandre. Les concentrations sont les plus faibles au sud du sillon Sambre et Meuse. L'annexe D présente l'incertitude de la méthode d'interpolation relative à la carte des concentrations moyennes annuelles.

La Figure 8 présente par le biais de diagrammes en boîtes (« boxplot ») l'évolution du minimum, du 25ème centile (P25), de la médiane (P50), du 75ème centile (P75), de la moyenne et du maximum des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ en Belgique entre 1997 et 2020¹. La valeur limite européenne est de 40 µg/m³ pour la concentration moyenne annuelle. Cette valeur limite n'a été dépassée nulle part en Belgique en 2020. La valeur recommandée par l'OMS est de 20 µg/m³, en 2020 cette valeur a été dépassée dans 12 % du territoire.

En 2020, la concentration moyenne annuelle belge de PM₁₀ s'élève à 13,8 µg/m³. Elle s'élève à 15,4 µg/m³ à Bruxelles, en Flandre à 18,3 µg/m³, et en Wallonie à 10,1 µg/m³. La concentration moyenne annuelle pondérée par la population est toujours supérieure à la moyenne arithmétique dans les endroits où la densité de population est plus élevée. En Belgique, elle atteint une moyenne de 16,5 µg/m³.

En 2020, personne en Belgique n'a été exposé à des concentrations moyennes annuelles supérieures à la norme européenne de 40 µg/m³ (figure 9). La tendance à la baisse de l'exposition de la population observée ces dernières années se poursuit en 2020, après une légère augmentation en 2018. En 2020, 11,5 % de la population était exposée à des concentrations de PM₁₀ supérieures à la valeur indicative de l'OMS (20 µg/m³), ce chiffre représentait 40 % en 2017, 81 % en 2011 et 99 % en 2006.

¹Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

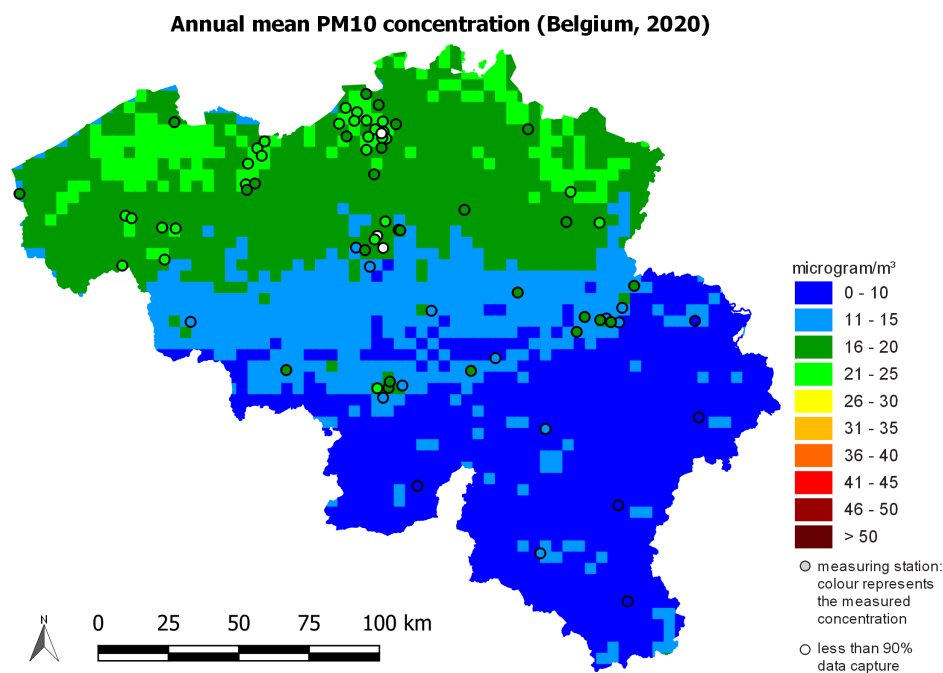


FIG. 7 : Distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle de PM₁₀ en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

5.1.3 Concentrations moyennes journalières de PM₁₀

La valeur limite européenne pour la protection de la population contre une exposition de courte durée aux PM₁₀ est de 50 µg/m³ en moyenne journalière. La figure 10 montre le nombre de jours de dépassement de cette limite journalière sur base des valeurs moyennes par cellule de 4x4 km². Ce seuil ne peut en outre être dépassé plus de 35 jours par an selon la directive européenne ou plus de 3 jours selon l'OMS. Le seuil européen n'a été dépassé nulle part. Le maximum est de 14 dépassements, ce qui constitue le maximum le plus faible depuis le début des mesures en 1997. Les fluctuations entre les différentes années peuvent être dues, entre autres, aux conditions météorologiques. Cependant, on constate une tendance à la baisse du nombre de jours de dépassement en Belgique depuis 1997, ce qui indique que la réduction observée des émissions de particules primaires et de précurseurs de particules a un effet favorable sur le nombre de jours de dépassement.

La figure 11 présente le nombre de dépassements en Belgique. Le nombre de jours où la concentration moyenne journalière est supérieure à 50 µg/m³ est le plus élevé dans les villes de Gand et d'Anvers et dans la province de Flandre occidentale. Le seuil de l'OMS de 3 jours a été dépassé sur 11 % du territoire. L'exposition de la population est calculée sur base de la densité de population présente dans les cellules de la grille (voir figure 12). En 2020, 19,9 % de la population a été exposée pendant plus de 3 jours à une concentration moyenne journalière supérieure à 50 µg/m³. Cette proportion est en forte baisse ces dernières années, en 2017 elle était de 86,4 %.

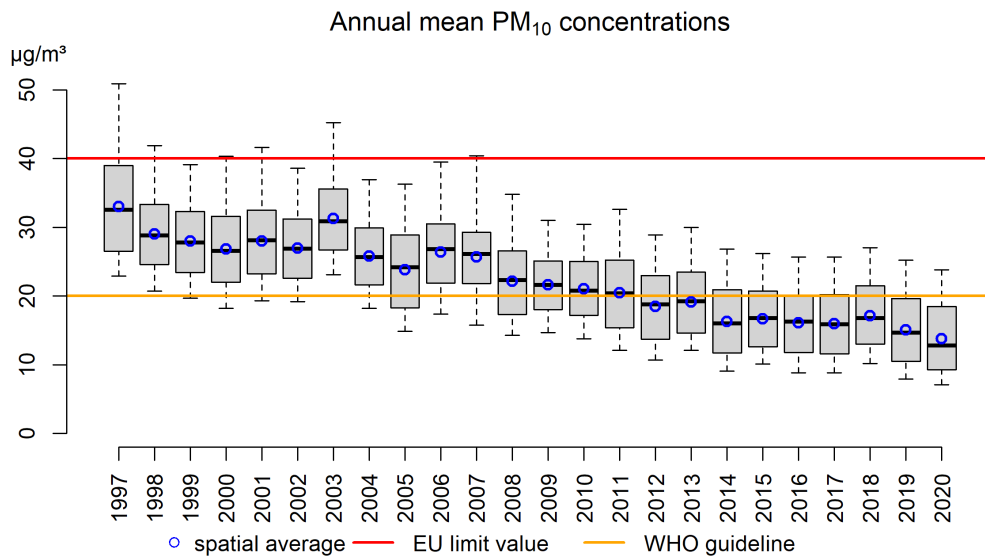


FIG. 8 : Diagramme en boîte des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ (µg/m³) sur la période 1997–2020 en Belgique. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

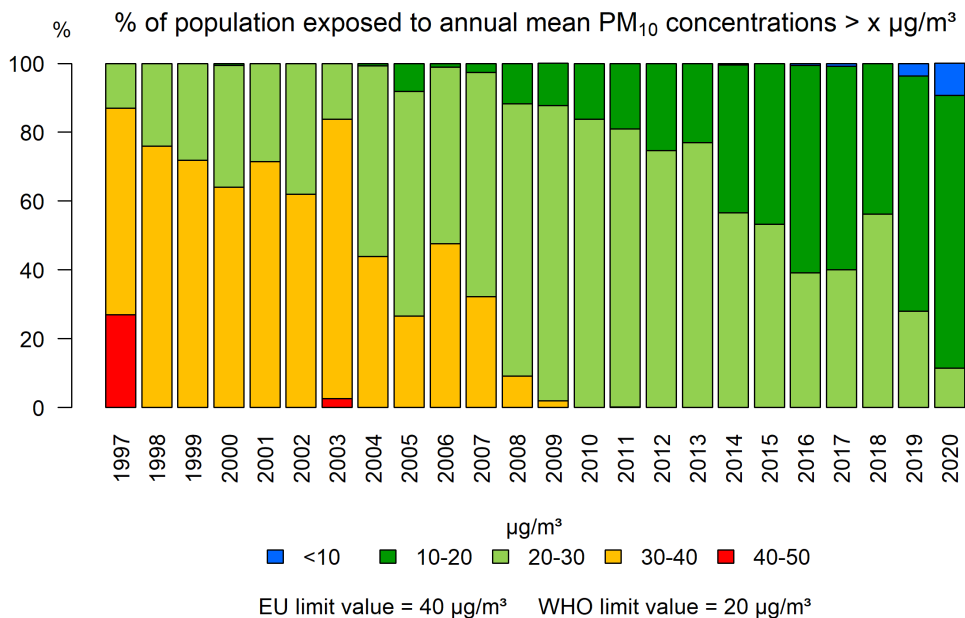


FIG. 9 : Evolution de l’exposition de la population aux concentrations moyennes annuelles de PM₁₀, calculée sur base de la technique d’interpolation RIO.

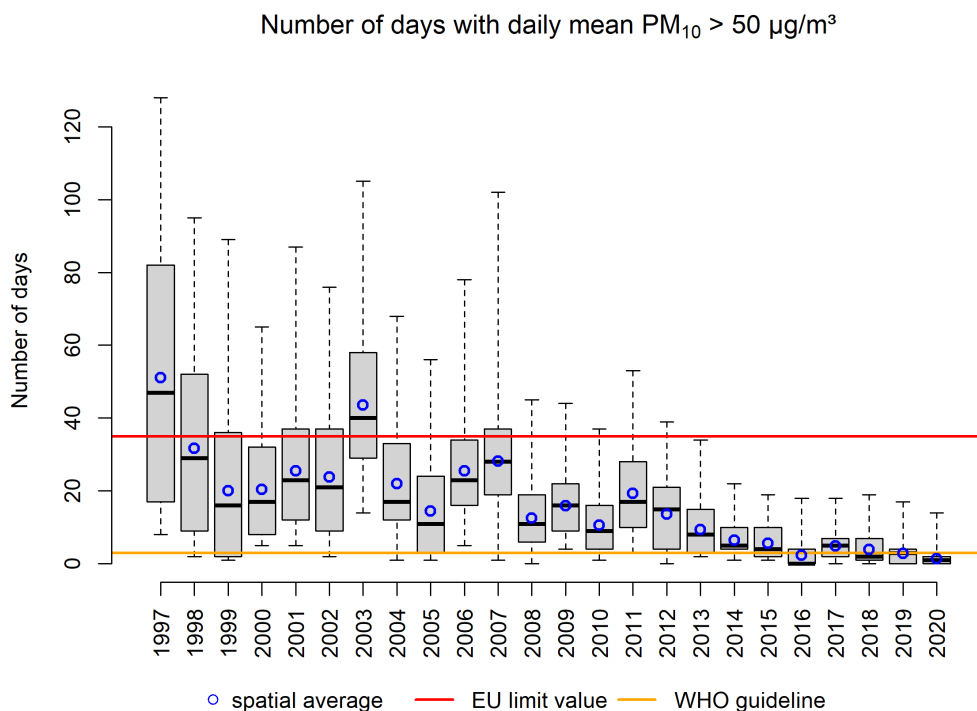


FIG. 10 : Diagramme en boîte du nombre de jours par an où les concentrations moyennes journalières de PM₁₀ ont été supérieures à 50 µg/m³. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

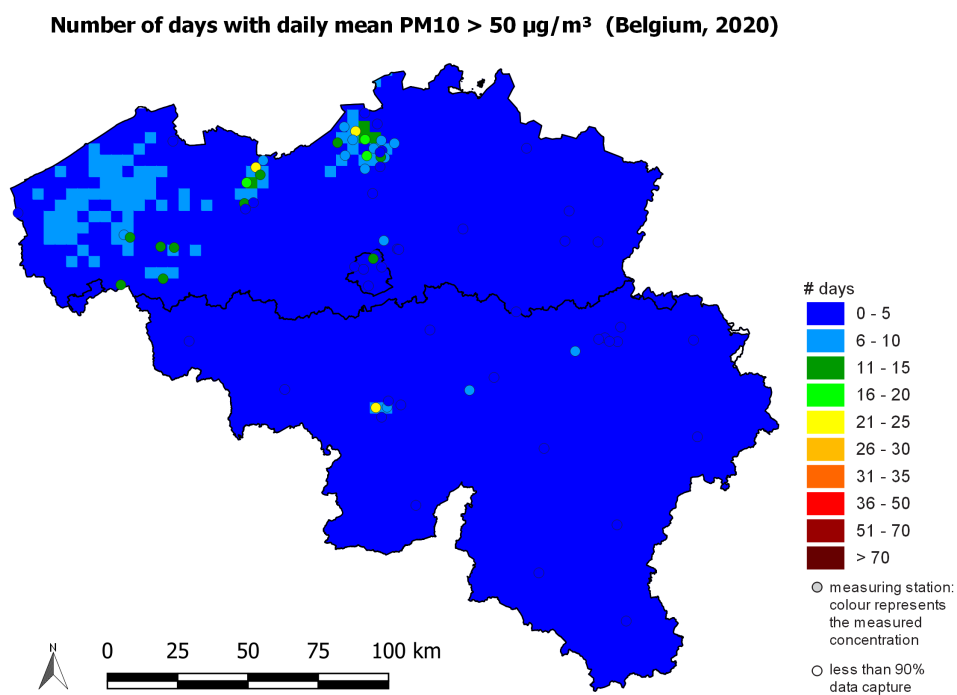


FIG. 11 : Distribution spatiale du nombre de jours en 2020 où la concentration moyenne journalière de PM₁₀ a dépassé 50 µg/m³ en Belgique. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

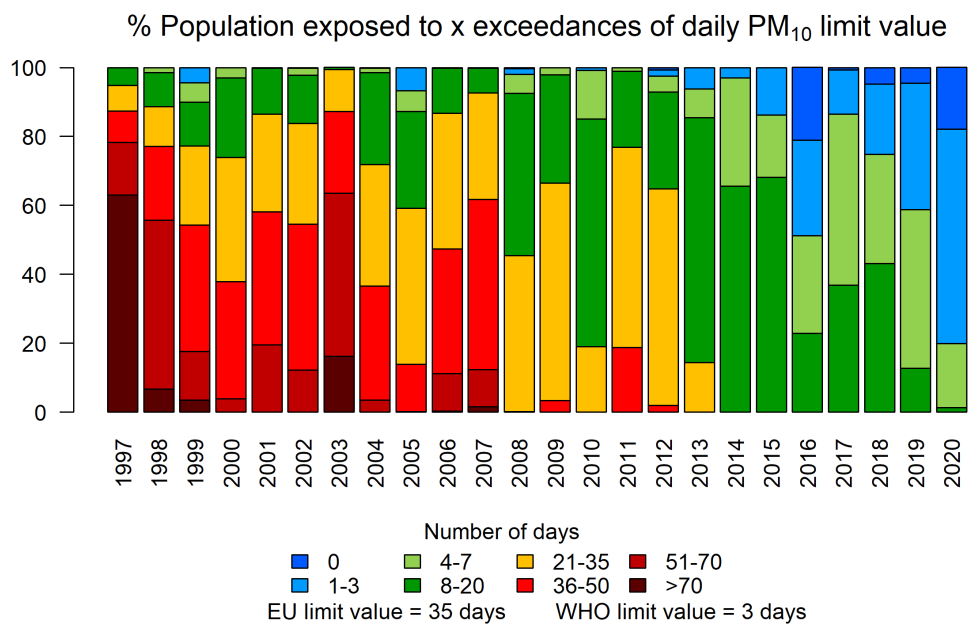


FIG. 12 : Evolution de l'exposition de la population à des jours de concentration moyenne journalière de PM₁₀ supérieure à 50 µg/m³. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

5.2 PM_{2.5}

5.2.1 Stations de mesure PM_{2.5}

En 2020, les concentrations de PM_{2.5} ont été mesurées dans 74 stations, soit le nombre le plus élevé depuis 2000. L'augmentation des stations de mesure, comme le montre la figure 13, entraîne une diminution de l'incertitude sur les valeurs interpolées discutées dans ce chapitre.

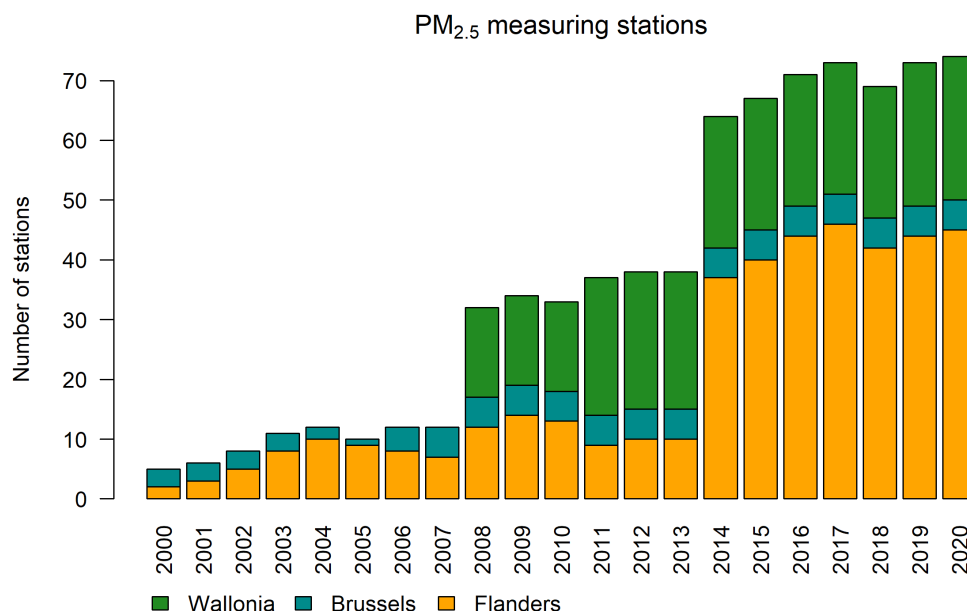


FIG. 13 : Evolution du nombre de stations de mesure de PM_{2.5} en Belgique.

5.2.2 Concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5}

La figure 14 présente les concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} en Belgique. Les concentrations les plus élevées, supérieures à 10 µg/m³, sont observées dans le nord de la Flandre.

Les valeurs de la figure 14 peuvent également être représentées par le biais de diagrammes en boîte². La figure 15 présente le minimum, la moyenne, la médiane, et le maximum des concentrations sur base des valeurs interpolées pour la période 2005-2020. La norme européenne est de 25 µg/m³ comme concentration moyenne annuelle. Cette limite n'a été dépassée nulle part en 2020. La valeur conseillée par l'OMS est de 10 µg/m³, en 2020 cette valeur a été dépassé sur 28 % du territoire.

En 2020, la concentration spatiale moyenne annuelle de PM_{2.5} s'élève à 7,4 µg/m³ en Belgique. Cette concentration moyenne annuelle atteint 8,9 µg/m³ à Bruxelles, 10,2 µg/m³ en Flandre, et 5,2 µg/m³ en Wallonie. La concentration moyenne annuelle pondérée en fonction de la population est toujours supérieure à la moyenne arithmétique, elle est de 9,0 µg/m³ pour tout le territoire belge.

En 2020, la population belge n'a pas été exposée à des concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} supérieures à la valeur limite européenne de 25 µg/m³. Cependant, l'exposition de la population à des concentrations supérieures à la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m³ s'élève à 33,8 % en 2020 (figure 16).

5.2.3 Indicateur d'exposition moyenne

Afin de réduire l'exposition de la population aux PM_{2.5}, la directive européenne 2008/50/CE prévoit un indicateur supplémentaire : l'« indice d'exposition moyen » (IEM). L'IEM est une valeur cible nationale,

²Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

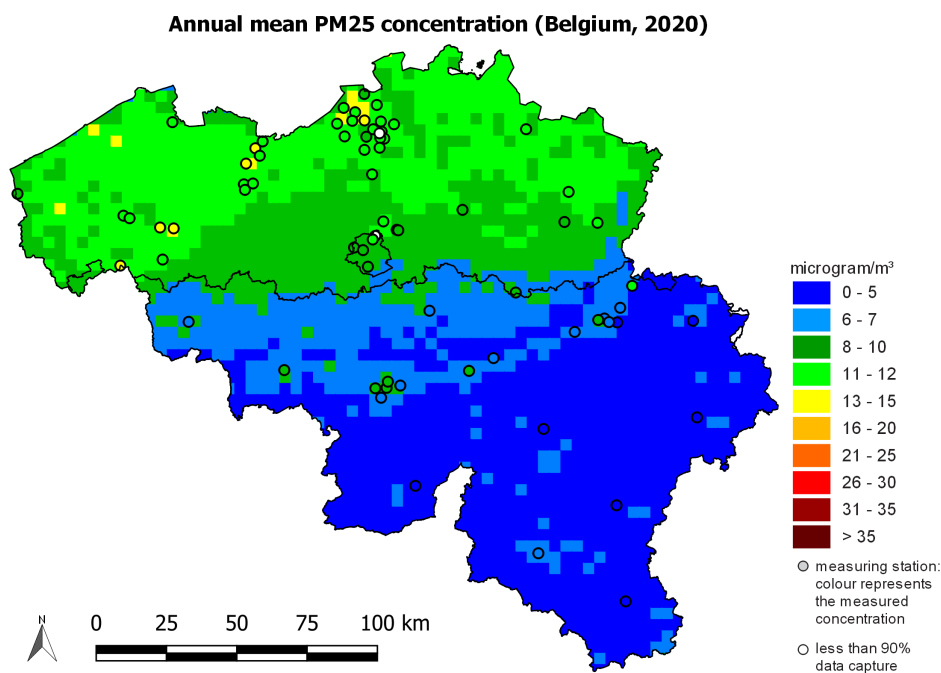


FIG. 14 : Distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle de PM_{2,5} en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

il correspond aux concentrations de PM_{2,5} mesurées dans les stations de fond urbain moyennées sur une période de trois ans. En 2020, l'IEM devait atteindre 15,2 µg/m³.

L'IEM moyen pour les années 2018, 2019 et 2020 est de 11,1 µg/m³ (voir tableau 5) et donc (bien) en-dessous de l'objectif fixé pour 2020.

TAB. 5 : Liste des concentrations de PM_{2,5} pour 2018, 2019 et 2020 par station de mesure de la pollution de fond urbaine qui ont été reprises dans le calcul de l'indicateur d'exposition moyenne ou IEM.

Nom de la station	2018	2019	2020
MOLENBEEK-SAINT-JEAN	13,47	11,60	9,57
UCCLE	11,25	9,57	8,46
LIEGE	10,44	7,08	5,45
CHARLEROI	12,36	10,42	7,87
BRUGGE	13,29	12,39	10,39
GENT	15,54	13,38	11,37
ANTWERPEN	13,75	12,66	10,83
SCHOTEN	13,27	11,62	10,55
Moyenne	12,92	11,09	9,31
Moyenne 2018-2020		11,11	
IEM		11,1	

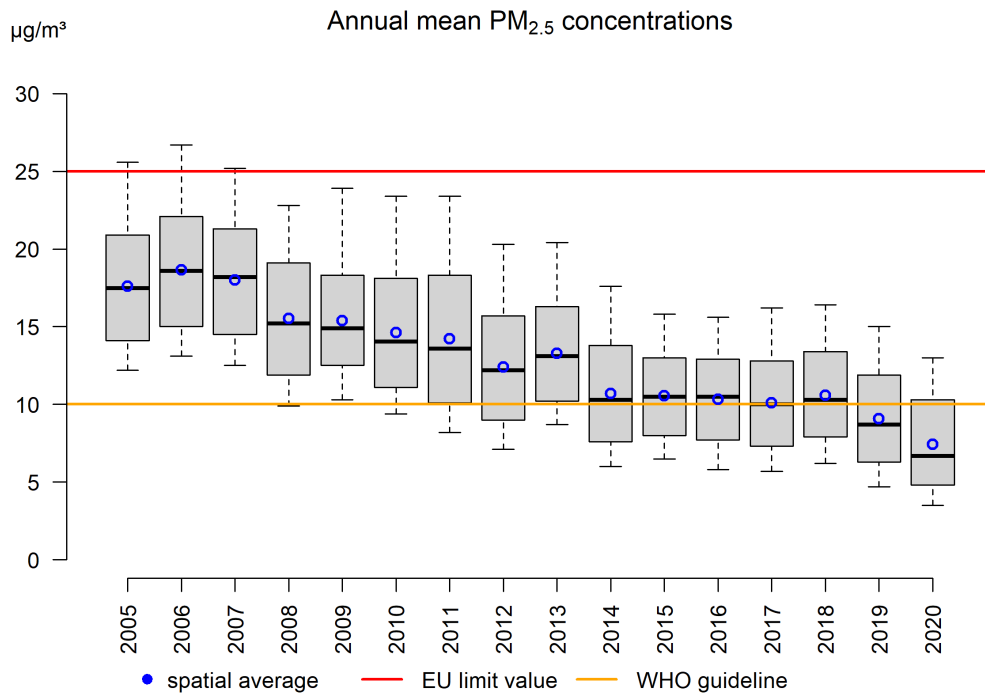


FIG. 15 : Diagramme en boîtes des concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} (µg/m³) sur la période 2005–2020. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

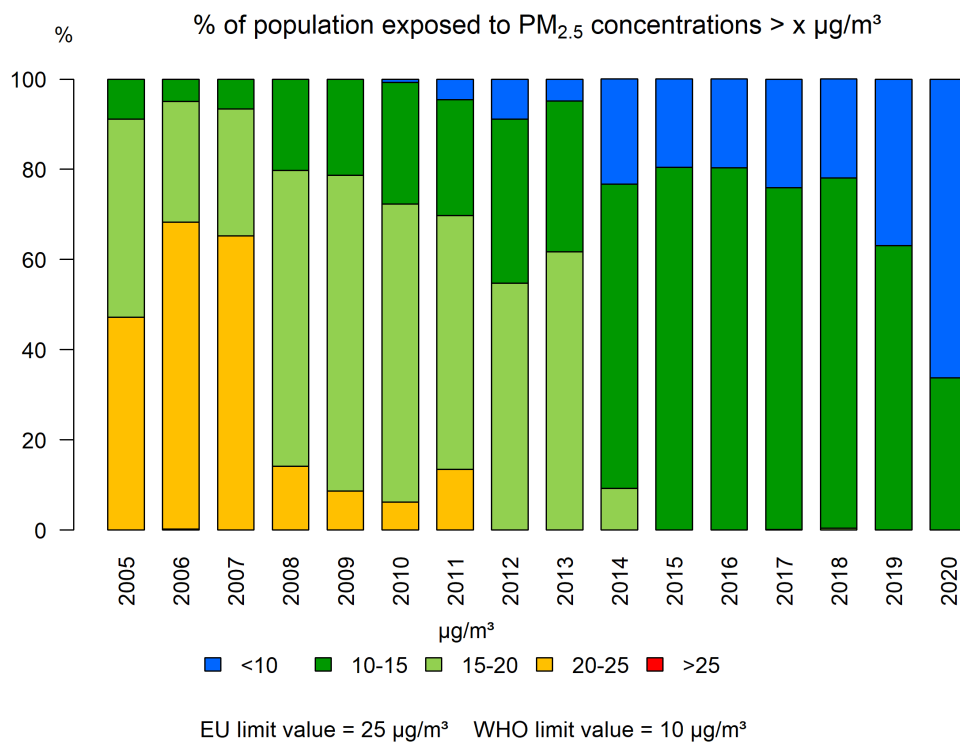


FIG. 16 : Évolution de l'exposition de la population aux concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5}, calculée sur base de la technique d'interpolation RIO.

5.3 Black Carbon (BC)

5.3.1 Stations de mesures BC

Les mesures de BC ont débuté dans les réseaux télémétriques en 2007 en Flandre, en 2009 à Bruxelles et en 2011 en Wallonie (figure 17). Le nombre de stations était de 36 en 2020, dont 26 en Flandre, 5 à Bruxelles et 5 en Wallonie.

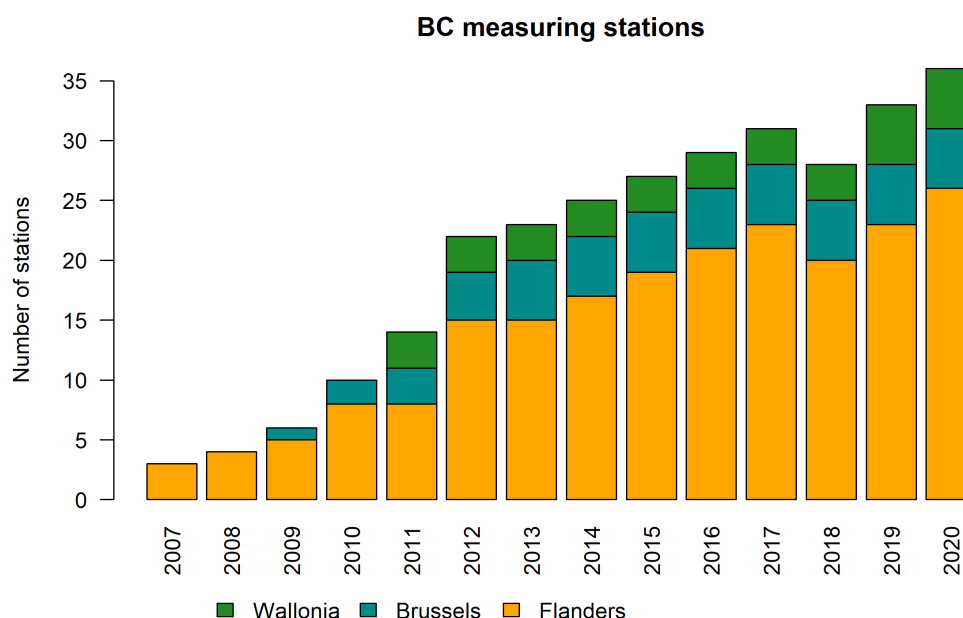


FIG. 17 : Evolution du nombre de stations de mesure du BC en Belgique.

5.3.2 Concentrations moyennes annuelles en BC

Le BC est un polluant principalement lié à la combustion incomplète des carburants fossiles, des biocarburants ou de la biomasse. Les concentrations les plus élevées sont donc observées dans les zones où le trafic est intense et aux endroits où la combustion de biomasse est importante. Actuellement, il n'existe pas de valeur limite ou cible pour le BC. La figure 18 reprend la distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle en BC en Belgique pour 2020. Il faut souligner que d'une part, le nombre de stations de mesure du black carbon est actuellement faible par rapport à la superficie à couvrir en Belgique (particulièrement en Wallonie) et la répartition spatiale des stations très inhomogène et que d'autre part, les concentrations de BC diminuent rapidement lorsqu'on s'éloigne des sources. La carte des concentrations présentée sur la figure 18 n'est donc donnée qu'à titre indicatif.

Les valeurs de la figure 18 peuvent également être représentées dans un diagramme en boîte³. La figure 19 reprend l'évolution des valeurs maximale, de la moyenne, de la médiane, et du minimum calculées sur base des valeurs interpolées pour la période 2010-2020.

En 2020, la concentration moyenne annuelle de BC pour la Belgique s'élève à $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette concentration moyenne annuelle atteint $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Bruxelles, $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Flandre, et $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Wallonie. La moyenne annuelle pondérée en fonction de la population pour la Belgique, atteint $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et est supérieure à la moyenne arithmétique.

³Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

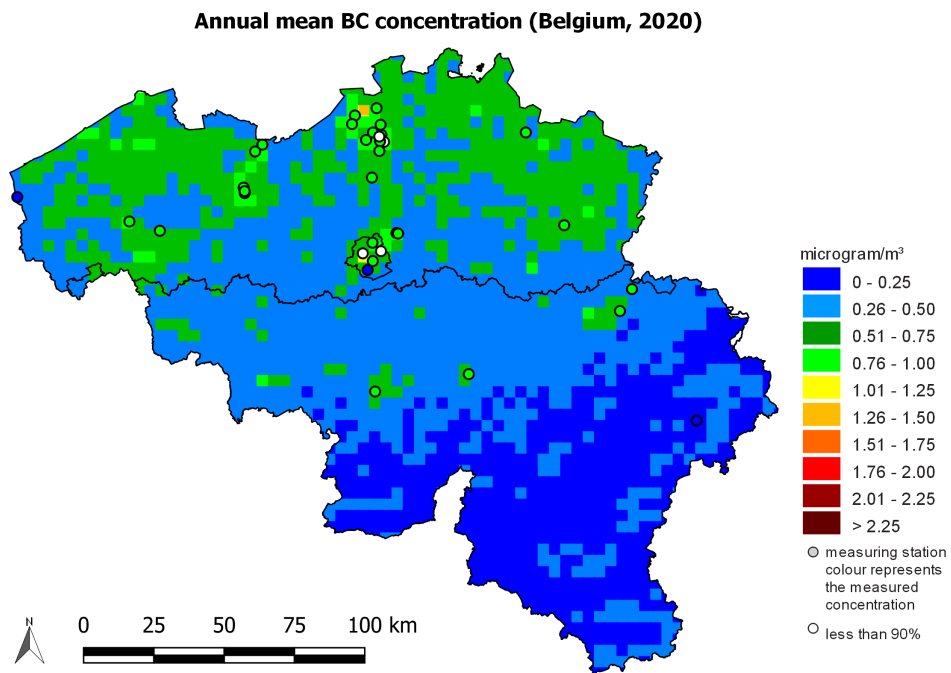


FIG. 18 : Distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle de BC en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

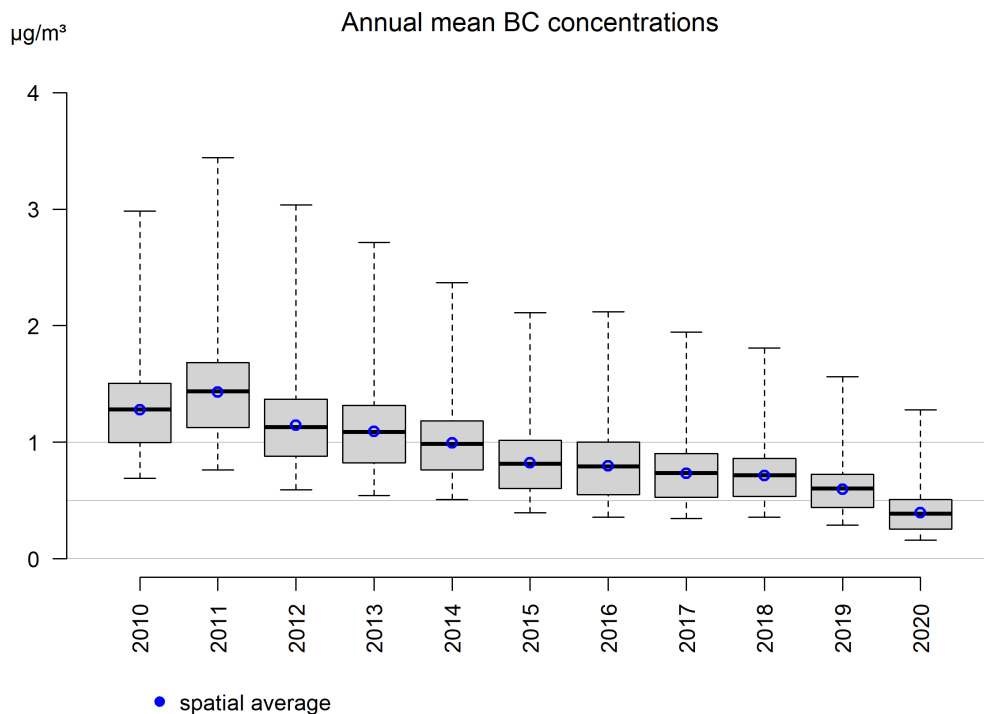


FIG. 19 : Diagramme en boîtes des concentrations moyennes annuelles de BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur la période 2010–2020. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

6 Oxydes d'azote

Les oxydes d'azote (NO_x) désignent le mélange des composés gazeux de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO_2). Les oxydes d'azote sont principalement émis par les activités humaines par le biais des processus de combustion à haute température, qui provoquent une oxydation de l'azote présent dans l'air. Les principales sources de NO_x sont le transport routier, la production d'énergie et l'industrie (y compris les raffineries), ainsi que le chauffage des bâtiments. Les NO_x sont principalement émis sous la forme de NO et dans une moindre mesure de NO_2 . Cependant, la durée de vie du NO dans l'air est très courte (quelques minutes). Par des réactions photochimiques avec l'ozone et les composés organiques volatils (COV), entre autres, le NO est transformé en NO_2 dont la durée de vie dans l'atmosphère est beaucoup plus longue. Outre les émissions anthropiques, les NO_x sont également émis dans l'atmosphère par des processus biochimiques, les éclairs et les feux de forêt.

Les oxydes d'azote provoquent l'acidification et l'eutrophisation des environnements naturels et jouent un rôle important dans la formation d'ozone et de particules secondaires. L'exposition à de très fortes concentrations de NO_2 peut avoir des effets nocifs immédiats sur la santé. L'effet d'une exposition de longue durée aux concentrations actuelles de NO_2 est difficile à identifier et isoler dans les études épidémiologiques. Cependant, il existe des impacts sur la santé évidents associés aux émissions du trafic et les concentrations de NO_2 sont fortement corrélées à l'ensemble de la pollution atmosphérique liée au trafic. Pour cette raison, et parce que le NO_2 est également indirectement nocif pour l'homme et l'environnement, la Commission européenne et l'OMS ont fixé des valeurs limites.

6.1 Stations de mesure NO_2

La figure 20 montre l'évolution du nombre de stations de mesure pour le NO_2 . En 1990, il y avait 26 stations de mesure, en 2020 94 : 11 en région bruxelloise, 21 en Wallonie et 62 en Flandre. Grâce à l'augmentation du nombre de points de mesure, l'incertitude de la méthode d'interpolation RIO a diminué.

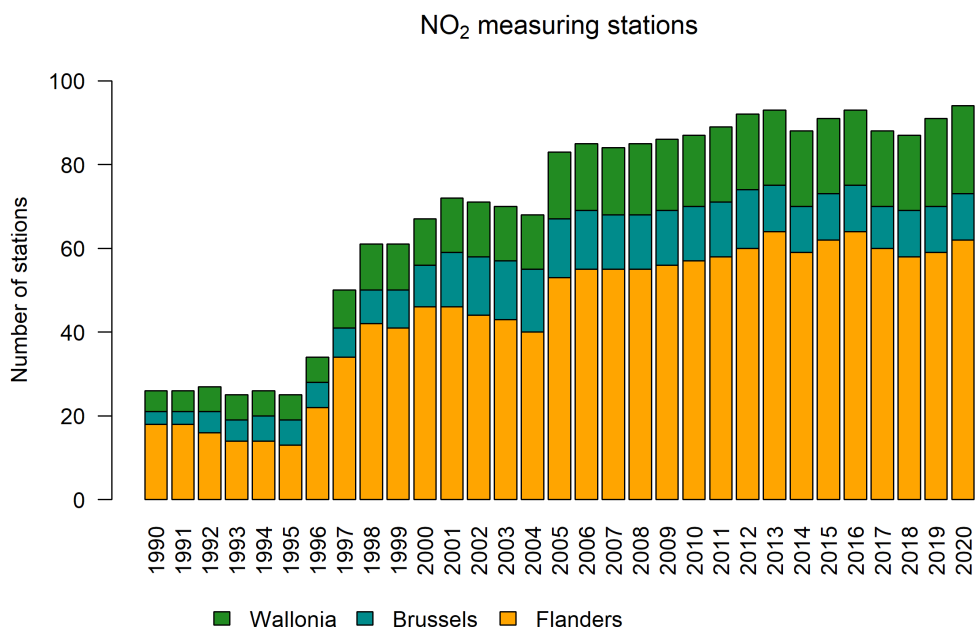


FIG. 20 : Évolution du nombre de stations de mesure de NO_2 en Belgique.

6.2 Concentrations moyennes annuelles de NO₂

La valeur limite annuelle européenne pour la protection de la population est de 40 µg/m³. Cette valeur limite est d'application depuis 2010. De manière générale, la figure 21 révèle que les moyennes annuelles les plus élevées sont mesurées dans les zones urbaines. Cela n'est pas étonnant étant donné que le NO₂ est fortement lié au trafic.

À cause de la résolution spatiale limitée (4x4 km²), des dépassements locaux de la valeur limite pour le NO₂ ne sont pas toujours visibles sur les cartes d'interpolation. La valeur maximale de la concentration moyenne annuelle de NO₂, sur l'ensemble de la Belgique, s'élève à 28,3 µg/m³. La moyenne spatiale annuelle est de 10,8 µg/m³ en Flandre, 16,8 µg/m³ à Bruxelles et 6,5 µg/m³ en Wallonie. En outre, la moyenne spatiale annuelle sur l'ensemble de la Belgique pondérée en fonction de la densité de population s'élève à 13,0 µg/m³. Cette valeur est nettement supérieure à la moyenne spatiale annuelle sur la Belgique non pondérée en fonction de la population (8,4 µg/m³), ce qui reflète le fait que les zones les plus habitées sont également celles qui présentent les plus fortes concentrations moyennes annuelles de NO₂. Ce constat est également clairement visible sur la figure 23, qui présente la relation entre la concentration moyenne annuelle de NO₂ et la densité de population cumulée. En comparant l'année 2020 avec la moyenne de la période 2015–2019, nous constatons toujours une diminution, quelle que soit la densité de population dans la maille. Dans les cellules de la grille avec une densité de population de 1000 habitants par km² ou plus, la moyenne annuelle pour 2020 est de 14,8 µg/m³. Pour la moyenne des années 2015–2019, la concentration moyenne annuelle pour toutes les cellules de la grille ayant une densité de population supérieure ou égale à 1000 habitants par km² s'élevait à 21,4 µg/m³.

L'annexe D présente l'incertitude de la méthode d'interpolation relative à la carte de la concentration moyenne annuelle.

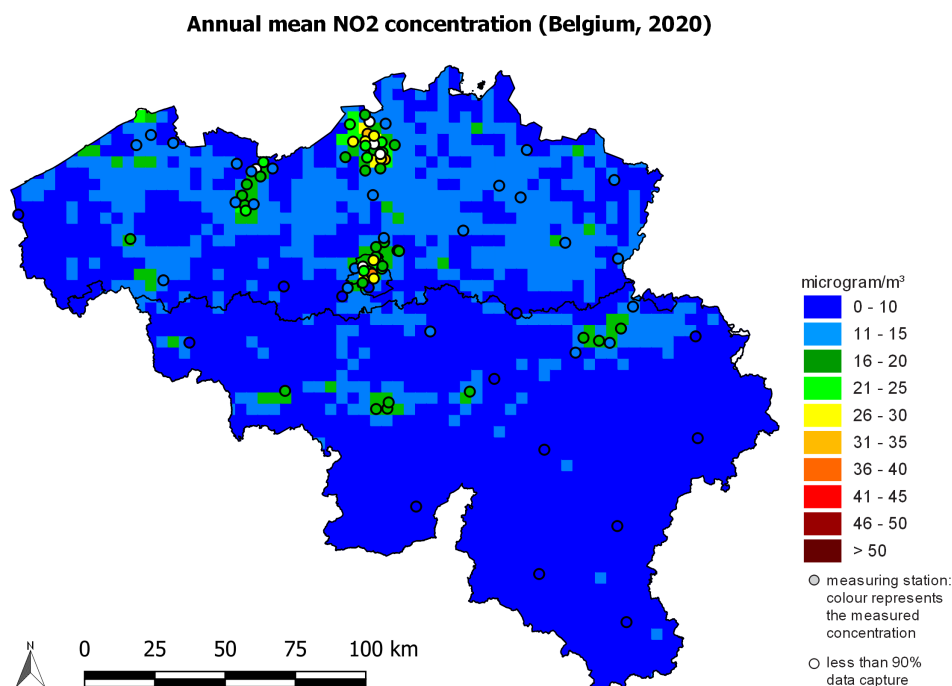


FIG. 21 : Distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle de NO₂ en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

Les valeurs de la figure 21 peuvent également être représentées dans un diagramme en boîte⁴. La figure 22 reprend les valeurs interpolées pour 2020 et toutes les années précédentes depuis 1990, et montre l'évolution de la valeur maximale, de la moyenne, de la médiane, et du minimum. La valeur limite européenne, identique à la valeur indicative de l'OMS, est de 40 µg/m³ en concentration moyenne annuelle.

⁴Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

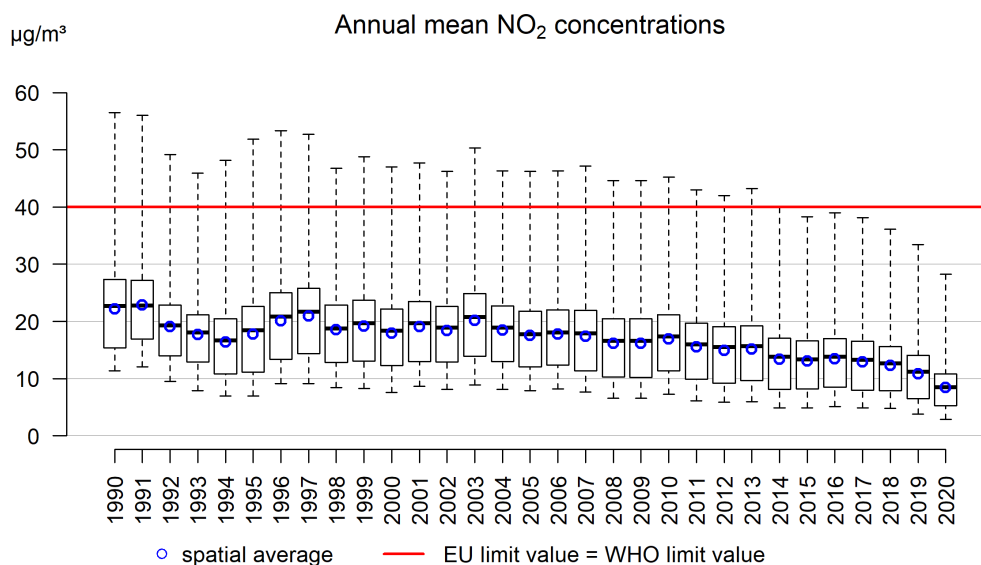


FIG. 22 : Diagramme en boîte des concentrations moyennes annuelles de NO₂ (µg/m³) sur la période 1990-2020 en Belgique. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

En 2020, cette limite n’a été dépassée nulle part en Belgique.

Les mesures prises pour lutter contre la pandémie de COVID-19 ont eu un impact sur les activités économiques et sociales en Belgique en 2020. Une étude spécifique de l’impact sur les concentrations de divers polluants pendant le confinement de la semaine 12 à 19 de 2020, a montré que les mesures prises ont eu un impact positif sur les concentrations de NO₂, en particulier à proximité du trafic [7]. Les faibles concentrations de la figure 21 et la diminution observée sur la figure 22 sont donc en partie dues à ces mesures temporaires.

Depuis 2003, le pourcentage de la population exposé à des concentrations moyennes annuelles élevées de NO₂ est en décroissance (figure 24). En 1998, le pourcentage de la population belge exposé à une concentration moyenne annuelle supérieure à la valeur limite de l’UE oscillait autour de 7 %. En 2013, ce chiffre était tombé à 3 et depuis 2014, personne n’a été exposé à des concentrations moyennes annuelles supérieures à la valeur limite européenne. Les résultats, cependant, doivent être interprétés avec une certaine prudence. L’exposition de la population est estimée à partir d’une interpolation spatiale des mesures et des chiffres de population par cellule de 4x4 km². Comme mentionné précédemment, il s’agit d’une valeur moyenne. Localement, en particulier le long des routes à fort trafic et dans les « street canyons » les concentrations de NO₂ peuvent être supérieures aux valeurs calculées avec la méthode d’interpolation RIO pour une maille de 4x4 km². Par conséquent, bien que la figure 24 ne montre aucune exposition à des concentrations élevées (> 40 µg/m³), localement la population peut être exposée à des concentrations supérieures à 40 µg/m³.

6.3 Valeurs horaires de NO₂

Pour protéger la population contre une exposition à des pics de concentration de NO₂, la législation européenne impose une valeur limite horaire de concentration de 200 µg/m³. Cette limite horaire ne peut être dépassée plus de 18 fois (et donc 18 heures) par an. En Belgique, cette valeur limite horaire est largement respectée sur l’ensemble du territoire. Très localement, sur des artères très fréquentées, il peut arriver que les 200 µg/m³ soient dépassés à quelques reprises par an, mais l’ensemble des points de mesure reste en dessous des 18 heures autorisées. En raison de la résolution de la méthode d’interpolations RIO, rappelons que les dépassements très locaux ne sont à nouveau pas visibles. La 19^{ème} valeur horaire la plus élevée en Belgique en 2020 est présentée à la figure 25 (elle correspond au 99,8^{ème} centile de toutes

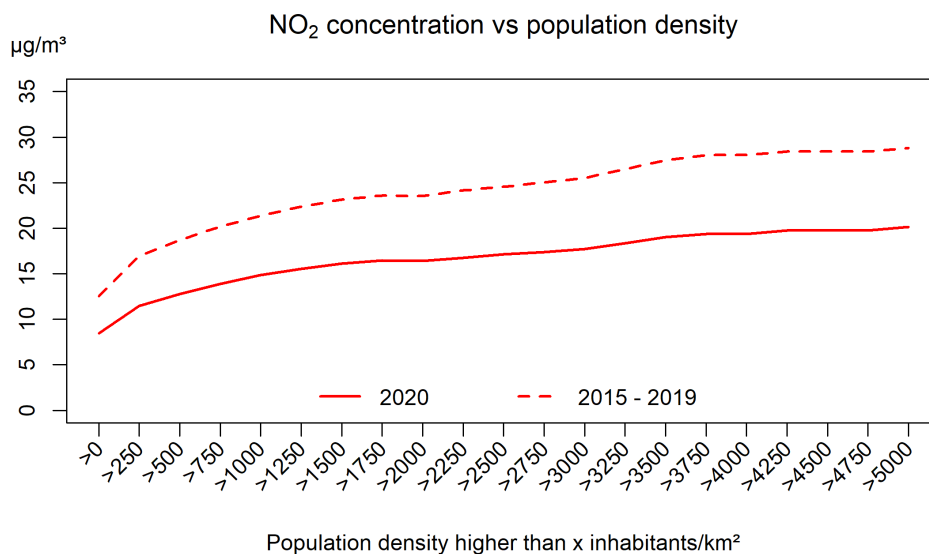


FIG. 23 : Relations entre les concentrations moyennes annuelles interpolées de NO₂ et la densité de population (habitants/km²). Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

les concentrations moyennes horaires d'une année). La valeur maximum de la 19^{ème} valeur la plus élevée en Belgique (pour les moyennes par cellule de 4x4 km²), est observée en Flandre et s'élève à 79,1 µg/m³, ce qui est largement en-dessous de la limite européenne de 200 µg/m³. La valeur indicative de l'OMS est également de 200 µg/m³, mais celle-ci ne peut pas être dépassée. Cette valeur OMS est donc également respectée partout en Belgique sur base des valeurs interpolées RIO.

Les valeurs de la figure 25 peuvent également être représentées dans un diagramme en boîte⁵. La figure 26 reprend les valeurs interpolées pour 2020 et toutes les années précédentes depuis 1990, et montre l'évolution de la valeur maximale, de la moyenne, de la médiane, et du minimum. De 1990 à 2009, cet indicateur des pics de concentration est resté stable, mais une tendance à la baisse est observée au cours de la dernière décennie.

⁵Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

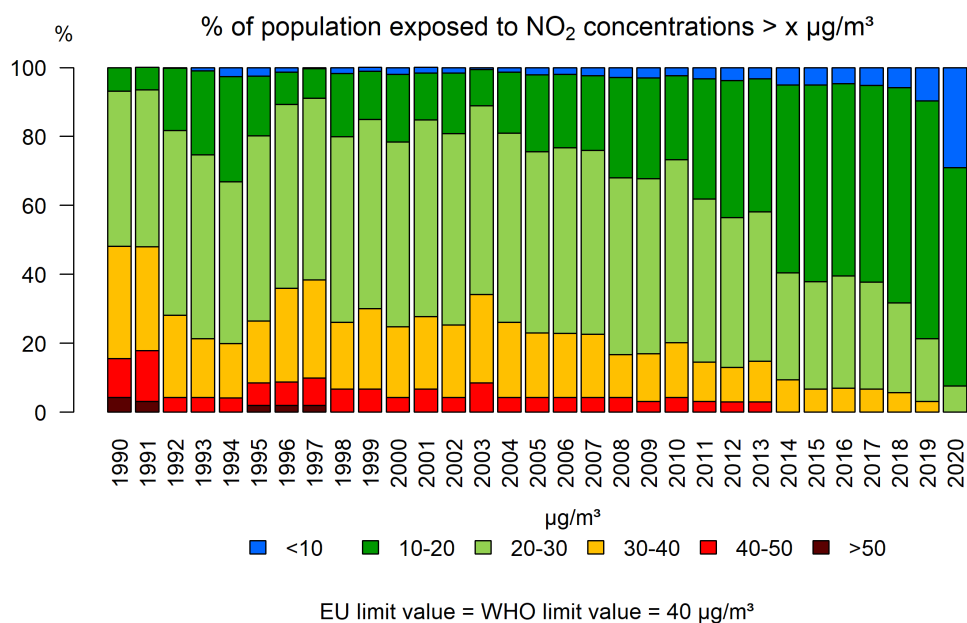


FIG. 24 : Pourcentage de la population belge exposée à des concentrations moyennes annuelles de NO₂. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

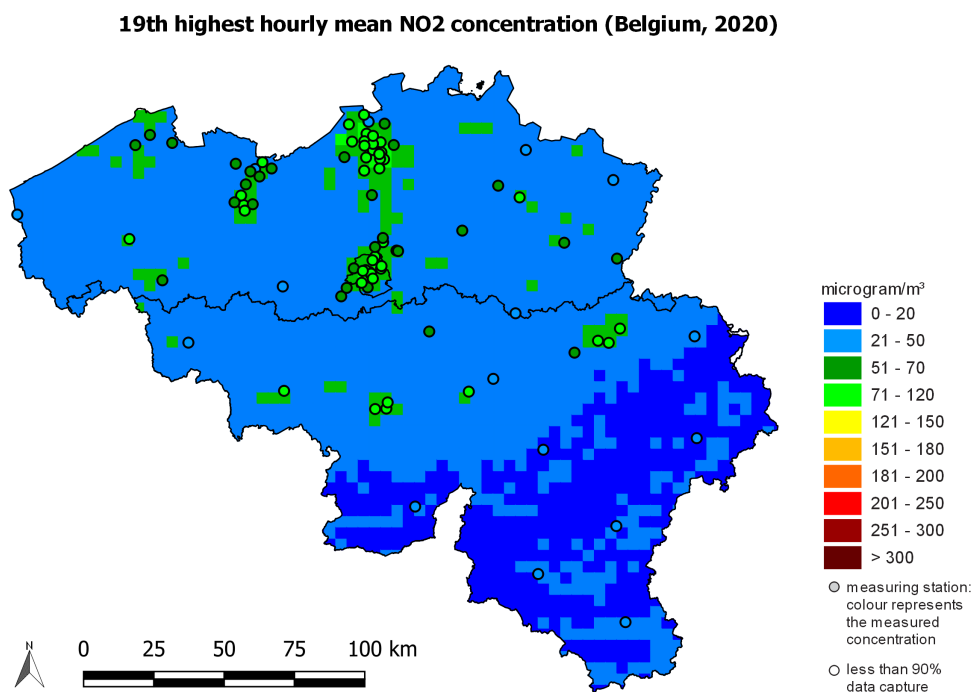


FIG. 25 : Distribution spatiale de la 19^{ème} concentration moyenne horaire de NO₂ la plus élevée en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

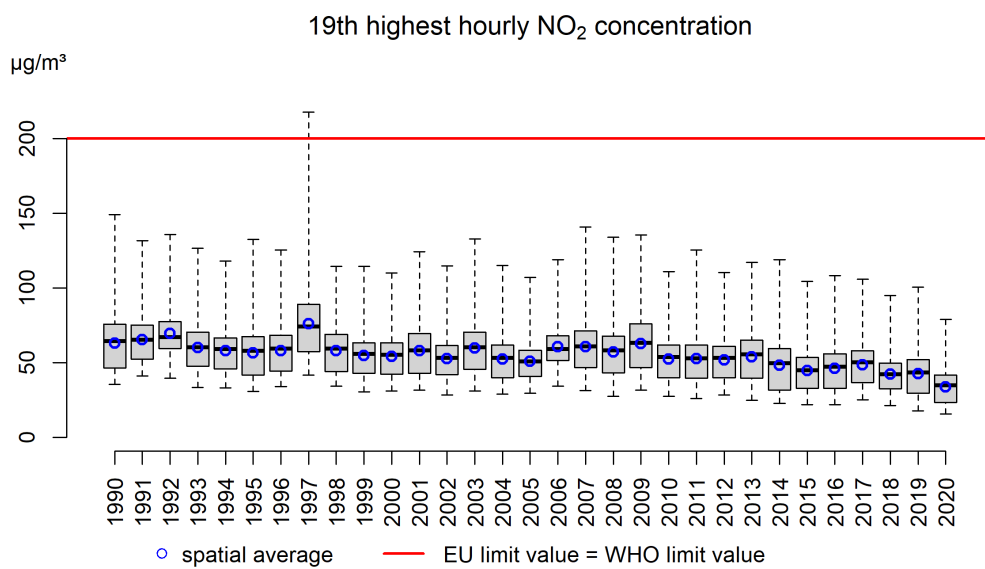


FIG. 26 : Diagramme en boîte de la 19^{ème} concentration horaire moyenne la plus élevée de NO₂ (µg/m³) sur la période 1990–2020. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

7 Ozone

L’ozone (O_3) est un gaz très réactif formé par réactions photochimiques dans la troposphère. L’ozone n’est donc pas émis directement dans l’atmosphère : il s’agit d’un polluant « secondaire ». L’action des rayons ultraviolets sur les polluants présents dans l’atmosphère (polluants précurseurs) lors des journées d’été chaudes et ensoleillées produit ainsi de l’ozone. Les précurseurs de l’ozone sont principalement les NO_x , les composés organiques volatils (COV) et CO. En Belgique, environ la moitié des NO_x sont émis par le transport. Outre l’ozone produit pendant les jours chauds et ensoleillés, une concentration de fond globale d’ozone est toujours présente. Les émissions de NO_x ($= NO + NO_2$) ont un effet double sur les concentrations d’ozone. D’une part, le NO peut réagir avec les molécules d’ O_3 pour former du NO_2 , et d’autre part, le NO_2 entraîne à nouveau la formation d’ O_3 . Dans l’atmosphère, on observe ainsi l’établissement d’un équilibre chimique entre ces polluants. Le NO ayant une durée de vie réduite dans l’atmosphère, l’ozone est surtout détruit aux endroits caractérisés par de fortes émissions de NO. Cette réaction forme alors du NO_2 qui a une durée de vie plus longue dans l’atmosphère. Le NO_2 peut ainsi être transporté sur des distances importantes, et former de l’ozone à des endroits éloignés des sources de émission. C’est la raison pour laquelle les concentrations d’ozone sont généralement plus élevées dans les zones rurales que dans les environnements urbains possédant de nombreuses sources de NO_x .

En raison de son fort pouvoir oxydant, l’ozone peut avoir des effets nocifs sur la santé de la population, sur la faune et la flore, et sur les matériaux. Chez l’homme, une exposition à des concentrations élevées d’ozone peut engendrer des problèmes de santé aigus comme des irritations des yeux, du nez et de la gorge, une toux irritante et une hypersensibilité pulmonaire. Pour la végétation, l’exposition chronique à des concentrations d’ozone même légèrement élevées provoque notamment la réduction du rendement des cultures, la diminution de la biomasse et de la biodiversité dans les forêts.

L’impact de l’ozone ne se limite pas à des effets nocifs sur la santé humaine, sur la végétation ou sur les matériaux. Après le dioxyde de carbone et le méthane, l’ozone troposphérique est le plus important gaz à effet de serre anthropique. Indirectement l’ozone contribue encore davantage à l’effet de serre, car les perturbations de la végétation entraînent une réduction de l’absorption du CO_2 .

7.1 Stations de mesure de l’ozone

En 2020, les concentrations d’ozone ont été mesurées dans 42 stations, ce qui est le nombre le plus élevé depuis le début des mesures. L’augmentation des stations de mesure, comme le montre la figure 27, entraîne une diminution de l’incertitude des valeurs interpolées discutées dans ce chapitre.

7.2 Ozone et l’impact sur la santé

7.2.1 NET60

La valeur cible européenne pour la protection de la population est basée sur le maximum journalier de la concentration d’ozone en moyenne sur huit heures (il s’agit d’une moyenne glissante –c’est-à-dire que la moyenne sur huit heures est calculée toutes les heures). En moyenne sur trois ans, cette valeur ne peut dépasser $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ plus de 25 fois par an. Cette valeur cible européenne est un objectif à moyen terme (OMT) qui s’applique à partir de 2010 (la moyenne s’effectue sur 2010–2012). L’objectif à long terme est de n’avoir aucun dépassement de ce seuil. Le nombre annuel de jours pour lesquels le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures dépasse $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est appelé NET60⁶.

Les figures 28 et 29 montrent la distribution spatiale du nombre de jours de dépassement en 2020 et en moyenne sur 2018, 2019 et 2020. Un net gradient est-ouest est visible. Les valeurs les plus élevées sont observées dans l’est de la Flandre, dans les environs de Liège et dans le centre de la Wallonie. En 2020, la valeur du NET60 la plus élevée observée en Belgique est de 33 jours. La moyenne sur trois ans est supérieure à 25 jours en plusieurs endroits en Belgique, l’OMT n’est donc pas respecté sur l’intégralité du pays. L’objectif à long terme, à savoir aucun jour de dépassement, n’est respecté nulle part en Belgique. Les nombres de jours de dépassement les plus bas sont observés dans les zones urbaines et à la côte. La moyenne spatiale de NET60 (calculée sur la période 2018–2020) en Belgique est de 22,5 jours.

⁶NET60 : Number of Exceedances above a Threshold of 60 ppb ($=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

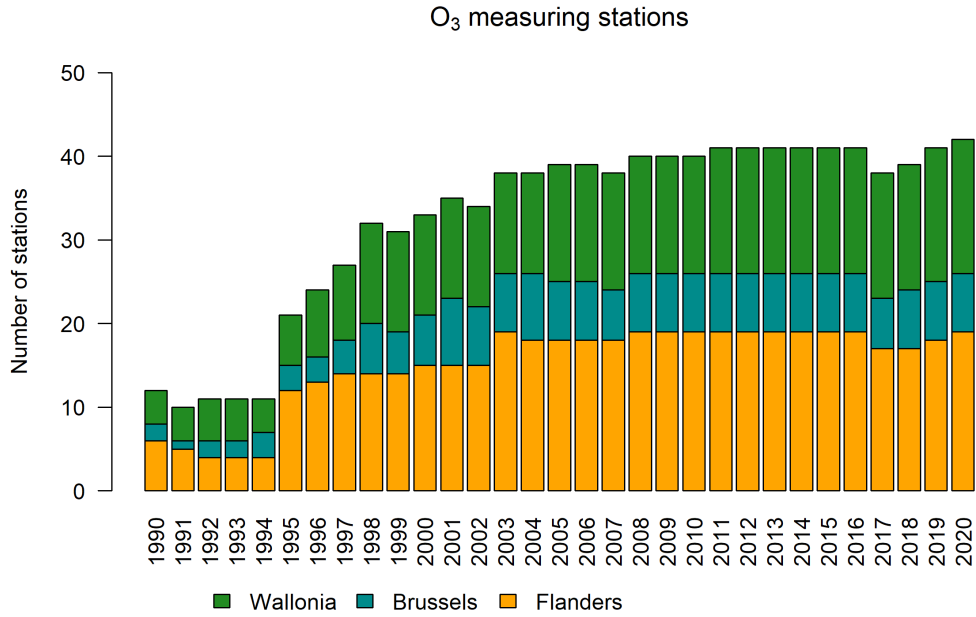


FIG. 27 : Evolution du nombre de stations de mesure d'O₃ en Belgique.

Le nombre de jours pour lesquels le maximum journalier de la concentration moyenne sur 8 heures est supérieur à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, présente une forte variation d'une année à l'autre en fonction des conditions météo durant l'été (voir figure 30). Il n'y a pas de tendance clairement visible dans l'évolution de la moyenne spatiale. L'année la plus défavorable concernant les concentrations d'ozone depuis 1990 est 2003, avec un maximum de 60 jours de dépassement en Belgique. L'année 2018 était également une des 5 années les plus défavorables pour l'ozone, d'où le fait que la moyenne sur les trois dernières années dépasse toujours la valeur cible européenne de 25 jours.

L'évolution du pourcentage de la population exposée à des maxima journaliers de concentrations moyennes sur 8 heures supérieurs à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est présentée sur la figure 31. On peut constater que les 3 dernières années ont été défavorables. Par rapport à la période 2007–2017, de plus grandes proportions de la population ont été plus fréquemment exposées à des concentrations élevées d'ozone en 2020. La limite de 25 jours d'exposition à des concentrations moyennes d'ozone sur 8 heures supérieures à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée pour 4,6 % de la population. Précédemment, les années 1990, 1995, 2003 et 2006 ont été très défavorables pour l'exposition de la population à de fortes concentrations d'ozone. Au cours de ces années, plus de 80 % de la population a été exposée à plus de 25 jours de concentrations avec un max 8h $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'OMS fixe le seuil en-dessous duquel on n'observe pas d'effets significatifs sur la santé à une concentration d'ozone maximale journalière de la moyenne glissante sur 8 heures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur indicative de l'OMS, plus stricte que l'objectif européen à long terme, n'a été respectée nulle part en Belgique en 2020.

7.2.2 AOT60

Un autre indicateur permettant d'estimer l'impact de concentrations élevées d'ozone sur la population est l'AOT60⁷. L'AOT60 est la somme annuelle des différences entre les maxima journaliers de la concentration moyenne sur 8 heures supérieurs à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le seuil de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Au contraire de l'indicateur NET60, l'AOT60 tient donc également compte de l'ampleur et de la durée des dépassements et on peut dès lors parler de « surcharge » d'ozone. Lors de la préparation de la première directive sur l'ozone [2] et de la directive fixant les plafonds d'émission nationaux [1], un objectif à moyen terme de 5800 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).heures avait été proposé pour 2010, ce qui correspond environ à un NET60 de 25 jours. L'objectif à long terme est de 0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).heures. L'indicateur AOT60 n'a pas été retenu dans la directive

⁷AOT60 : Accumulated Ozone Exposure above a Threshold of 60 ppb ($=120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) by the maximum daily 8-hour mean.

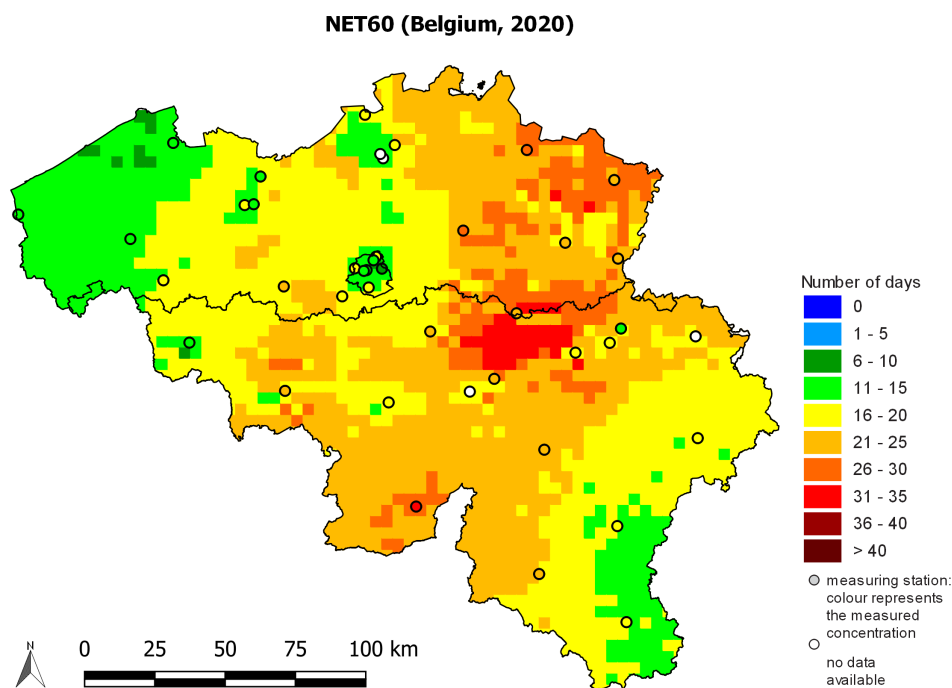


FIG. 28 : Distribution spatiale du nombre de jours où le maximum de la concentration moyenne d’ozone sur 8 heures $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

actuelle sur la qualité de l’air, bien qu’il soit un meilleur indicateur pour quantifier l’exposition de la population.

La figure 32 présente la distribution spatiale de l’AOT60 en Belgique en 2020. La surcharge d’ozone en 2020 concerne surtout les provinces de Flandre-Orientale, d’Anvers et du Limbourg. La valeur la plus élevée, 5208 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h, a été atteinte dans le Limbourg. L’objectif à long terme de 0 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h n’a été atteint nulle part en Belgique en 2020.

7.3 Ozone et la végétation

Pour la végétation, l’exposition à l’ozone sur le long terme est plus significative que l’exposition aiguë. De manière générale, il est difficile de quantifier les dégâts occasionnés aux plantes par l’ozone. En effet, l’ozone occasionne surtout des dommages lorsqu’il est absorbé par la plante, mais les concentrations d’ozone dans l’air ne sont pas une mesure directe de l’absorption de l’ozone par celle-ci. De nombreux autres paramètres jouent un rôle : le taux d’humidité, la nature du sol, la phase de croissance de la plante,... L’Union européenne a défini un indicateur de surcharge pour la protection de la végétation : l’« AOT40 végétation » additionne ainsi les excédents par rapport au seuil de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de toutes les valeurs horaires entre 8 h et 20 h durant les mois de mai, juin, juillet (soit la saison de croissance). Cet indicateur est destiné à protéger les cultures et la végétation (semi)naturelle. Il existe également un indicateur de surcharge pour la protection des forêts. L’« AOT40 forêts » est calculé de la même manière, mais pour la période d’avril à septembre et uniquement pour les zones couvertes de forêts. Cet indicateur ne quantifie de nouveau que l’exposition à l’ozone et non l’absorption effective d’ozone par la végétation (et donc les dommages occasionnés).

NET60 (Belgium, 2018-2020)

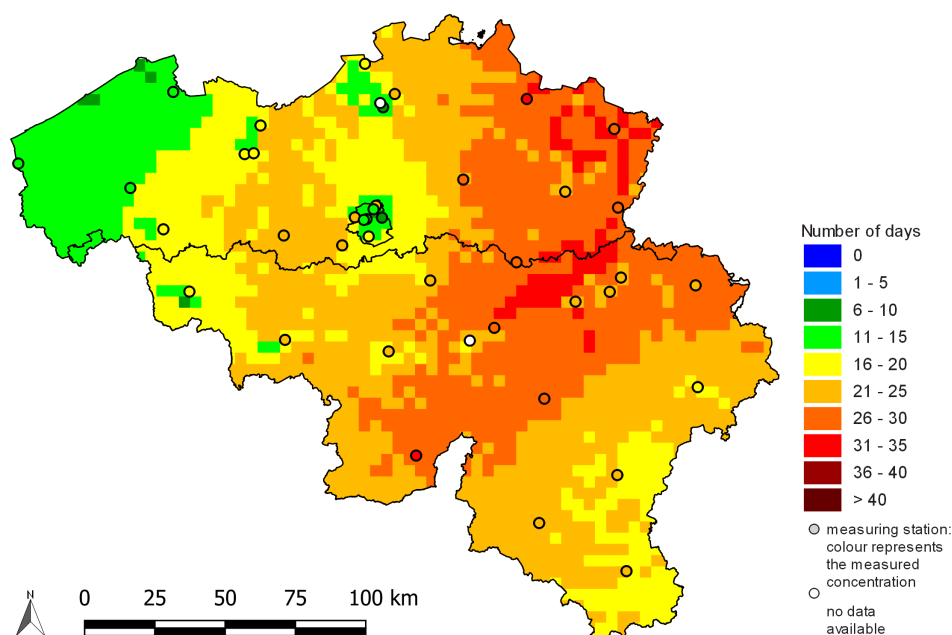


FIG. 29 : Distribution spatiale du NET60 en moyenne sur 2018, 2019 et 2020. « No data available » signifie que les données ne respectent pas les critères établis dans l'annexe VII de la directive 2008/50/CE pour l'agrégation des données de mesure. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

7.3.1 AOT40 végétation

En 2020, l'AOT40 pour la végétation est resté inférieur à la valeur cible européenne de 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h. La moyenne pondérée pour la végétation⁸ en Belgique s'élevait à 10 284 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h. Une valeur maximale de 14 681 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h a été enregistrée dans l'extrême est du pays. La végétation de Flandre occidentale a subi les surcharges les plus faibles. 99 % de la surface de la Belgique couverte par de la végétation (hors forêt) a été exposée à une surcharge supérieure à l'objectif à long terme de 6000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h.

Les figures 33 et 34 montrent la distribution spatiale de la surcharge pour la végétation en 2020 et la moyenne sur cinq ans, période 2016–2020, respectivement. Seules les zones avec végétation (hors forêts) sont reprises sur la carte. On peut voir que la distribution spatiale est similaire à celle de la surcharge pour la population, la surcharge la plus élevée est observée à l'extrême est du pays. La valeur cible européenne de 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h en moyenne sur cinq ans est respectée pour l'ensemble du pays.

La figure 35 montre l'évolution de la surcharge d'ozone pour la végétation en Belgique depuis 1990. Les années 1994, 2003, 2006 et 2018 se distinguent immédiatement comme étant des années pour lesquelles les concentrations d'ozone étaient défavorables pour la végétation. Durant ces années, la valeur cible de 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h est dépassée. En moyenne sur cinq ans, la surcharge pour la végétation en Belgique dépasse également la valeur cible européenne de 18 000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h dans au moins une cellule de la grille pour les années 2006, 2018 et 2019. L'objectif à long terme de 6000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h a été dépassé chaque année, localement ou plus largement, en Belgique.

7.3.2 AOT40 forêts

La surcharge pour les forêts est calculée de la même manière que la surcharge pour la végétation, à la différence près que la période prise en compte est plus longue : d'avril à septembre. Aucun objectif

⁸La valeur de l'AOT40 pour la végétation par cellule est pondérée par la fraction de végétation présente dans cette cellule. De cette manière, on attribue un plus grand poids dans la moyenne aux cellules où la végétation est plus importante.

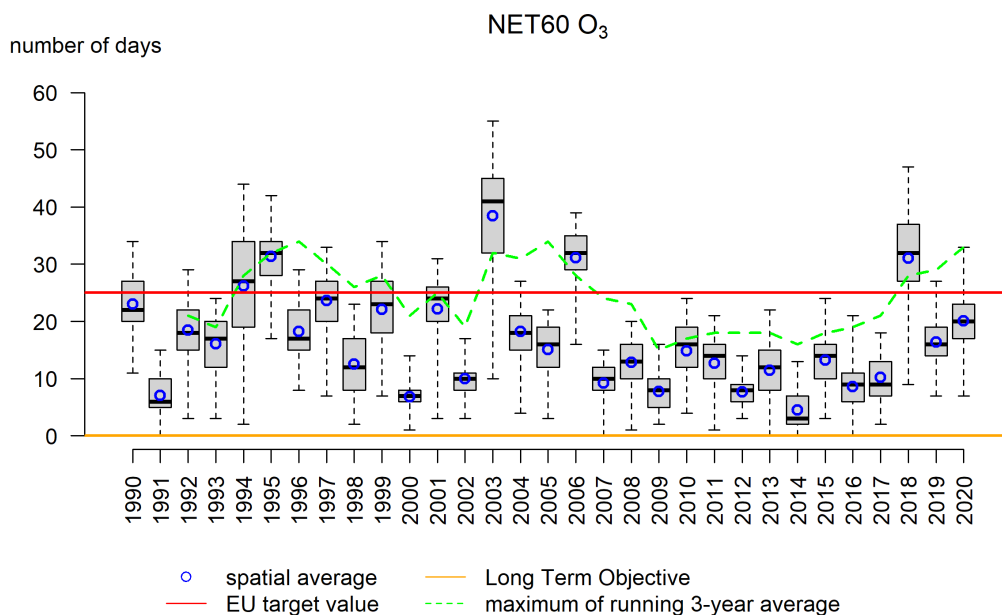


FIG. 30 : Diagramme en boîte du nombre de jours caractérisés par un maximum journalier des concentrations d’ozone en moyennes sur 8 heures $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Belgique durant la période 1990–2020. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. La ligne pointillée verte donne le maximum du nombre de dépassements moyenné sur 3 ans en Belgique. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

ne figure dans la dernière directive concernant la surcharge pour les forêts. La précédente directive fille pour l’ozone prévoyait pourtant une valeur de référence de $20\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$. Cette valeur de référence est plus stricte que la valeur cible de $18\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$ pour la protection de la végétation. Le dernier Mapping Manual de l’UNECE utilise également une valeur critique de $10\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$: il s’agit du niveau au-dessus duquel des effets défavorables directs peuvent être observés.

La surcharge la plus élevée pour les forêts a été observée dans l’est et le sud du pays (figure 36). La plupart de la surface boisée du pays (97 %) a subi une surcharge supérieure à la valeur de référence de $20\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$. La surcharge d’ozone dépassait le niveau critique de l’UNECE de $10\,000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$ sur 100 % des surfaces forestières.

7.4 Moyenne annuelle d’ozone

Les concentrations moyennes annuelles d’ozone sont une mesure de la concentration de fond. La figure 37 présente la distribution spatiale sur la Belgique des concentrations moyennes annuelles d’ozone en 2020. L’annexe D présente l’incertitude de la méthode d’interpolation relative à la carte de la concentration moyenne annuelle. On peut constater que les valeurs d’ozone sont en général plus élevées en Wallonie qu’en Flandre et à Bruxelles. Cela provient du fait qu’une plus grande quantité d’ozone est détruite par le NO dans ces deux dernières régions en raison des émissions plus élevées de NO_x . Plus loin des émissions de NO_x , dans les zones rurales, la quantité d’ozone détruite est moindre. La relation entre la moyenne annuelle des concentrations d’ozone et la densité de population est en outre inverse à celle que l’on observe pour les PM ou le NO_2 . Les concentrations annuelles moyennes d’ozone sont plus faibles dans les cellules de la grille présentant les densités de population les plus élevées. Une comparaison entre 2020 et la période 2015–2019 ne montre en outre guère d’évolution dans cette relation ; les moyennes 2020 sont cependant plus élevées que la moyenne 2015–2019 (figure 38).

Les concentrations annuelles moyennes en 2020 s’élevaient à $47,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $53,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $56,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement pour Bruxelles, la Flandre et la Wallonie. La moyenne pour la Belgique est quant à elle de $55,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration d’ozone moyenne annuelle pondérée en fonction de la population en Belgique est comprise entre la moyenne flamande et la moyenne bruxelloise, soit $51,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cela montre également la relation inverse entre la densité de population et la concentration d’ozone.

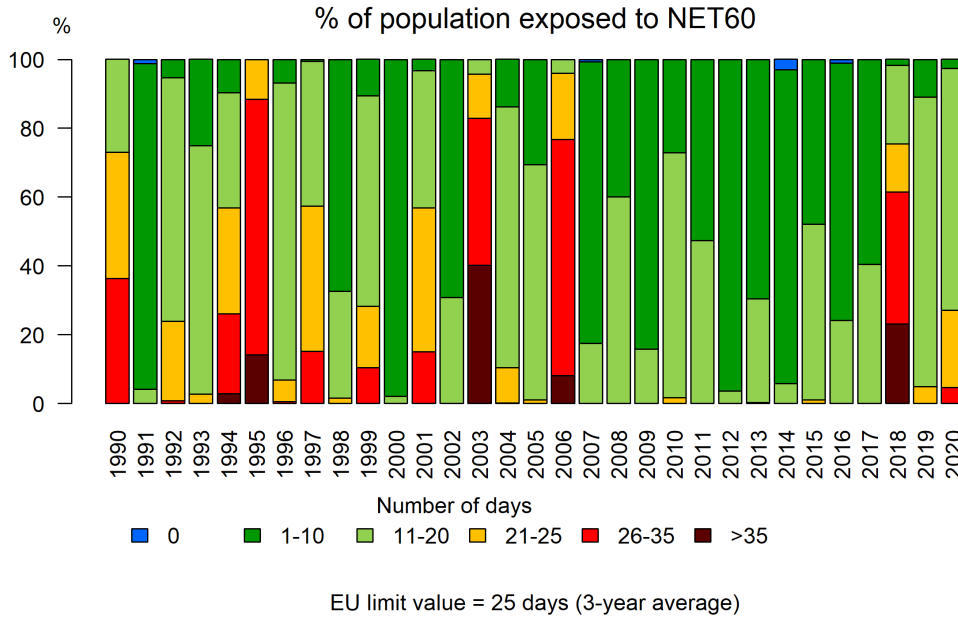


FIG. 31 : Evolution de l'exposition de la population à un nombre de jours avec un max 8h > 120 µg/m³ sur base de la technique d'interpolation RIO.

Les valeurs de la figure 37 peuvent également être représentées par un diagramme en boîte⁹. La figure 39 reprend les valeurs interpolées pour 2020 et les années précédentes depuis 1997, et montre l'évolution de la valeur maximale, de la moyenne, de la médiane, et du minimum. Entre 1990 et 2000, une tendance à la hausse des concentrations moyennes annuelles d'ozone est observée. À partir de 2000 et jusqu'en 2012, les moyennes se stabilisent avec des valeurs moyennes de 36 µg/m³, 42 µg/m³ et 49 µg/m³ respectivement à Bruxelles, en Flandre et en Wallonie. Depuis 2013, une nouvelle augmentation est observée.

7.5 Évolution de la tendance pour les classes de concentrations d'O₃

Afin d'établir la tendance à long terme des concentrations d'ozone, il est important de les subdiviser en plusieurs « classes de concentrations » ou centiles. En Belgique, les classes de concentrations de 40–50 µg/m³, qui correspondent à peu près au 50^{ème} centile, sont représentatives de la concentration de fond, alors que les pics de concentration correspondent aux concentrations supérieures à 180 µg/m³ (99,9^{ème} centile). L'évolution des deux classes peut être très différente.

Pour chaque cellule de la grille RIO, les 1^{er}, 10^{ème}, 50^{ème}, 90^{ème}, 95^{ème}, 99^{ème} et 99,9^{ème} centiles ont été calculés sur base des valeurs horaires de concentrations d'ozone pour les périodes 1990–1999 et 2011–2020. Ensuite, les différences entre ces deux périodes ont été calculées pour les différents centiles. La figure 40 présente cette évolution en fonction des centiles durant la période 2011–2020. On peut voir clairement sur cette figure que les concentrations de fond, représentées par le 10^{ème} au 90^{ème} centile, ont légèrement augmenté durant la période 2011–2020 par rapport à la période 1990–1999, jusqu'à atteindre parfois plus de 10 µg/m³. À l'inverse, les concentrations plus élevées, représentées par le 99^{ème} et le 99,9^{ème} centile, ont baissé en certains endroits de 40 µg/m³. La tendance générale – hausse des basses concentrations et diminution des pics d'ozone – est comparable aux tendances observées dans le réseau du Programme Européen de Monitoring et d'Évaluation EMEP [12].

⁹Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

AOT60 (Belgium, 2020)

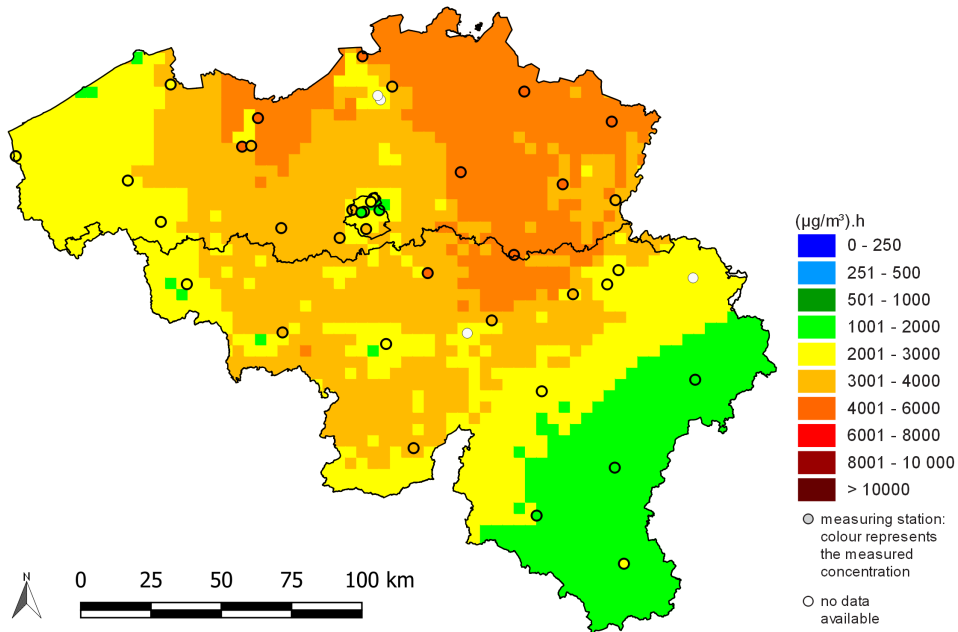


FIG. 32 : Distribution spatiale de la surcharge d’ozone (AOT60) en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

AOT40 vegetation (Belgium, 2020)

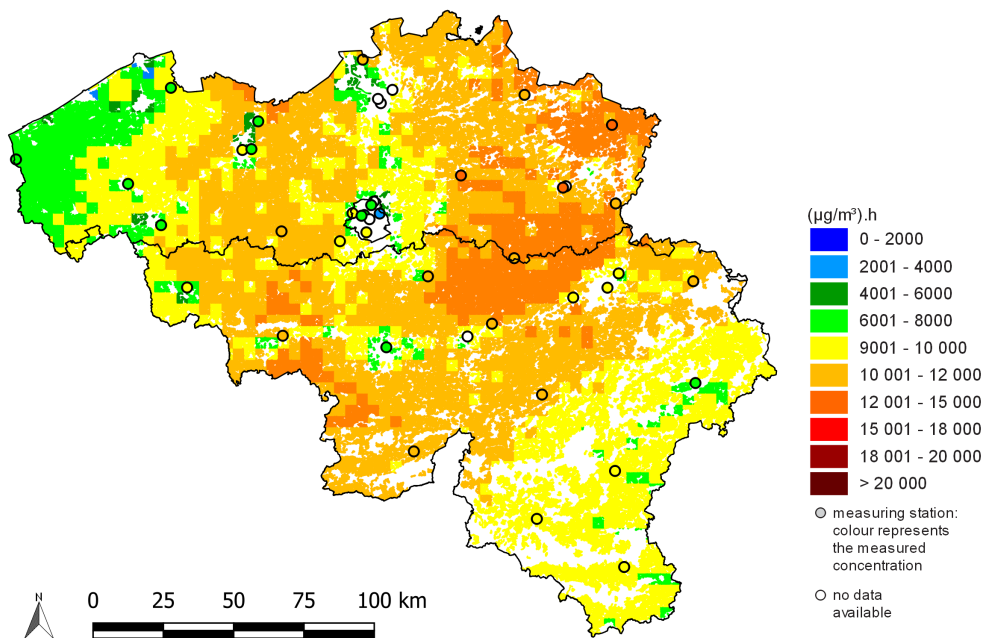


FIG. 33 : Distribution spatiale de la surcharge pour la végétation (AOT40 végétation), 2020. « No data available » signifie que les données ne respectent pas les critères établis dans l’annexe VII de la directive 2008/50/CE pour l’agrégation des données de mesure. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

AOT40 vegetation (Belgium, 2016-2020)

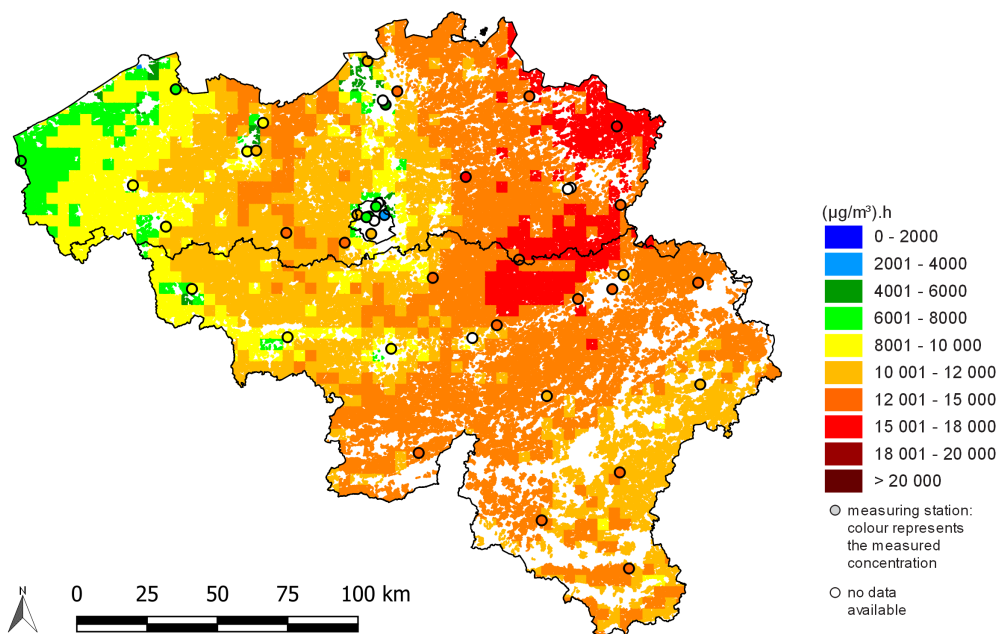


FIG. 34 : Distribution spatiale de la surcharge pour la végétation (AOT40 végétation), en moyenne sur 5 ans pour 2016–2020. « No data available » signifie que les données ne respectent pas les critères établis dans l’annexe VII de la directive 2008/50/CE pour l’agrégation des données de mesure. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

AOT40 O₃ vegetation

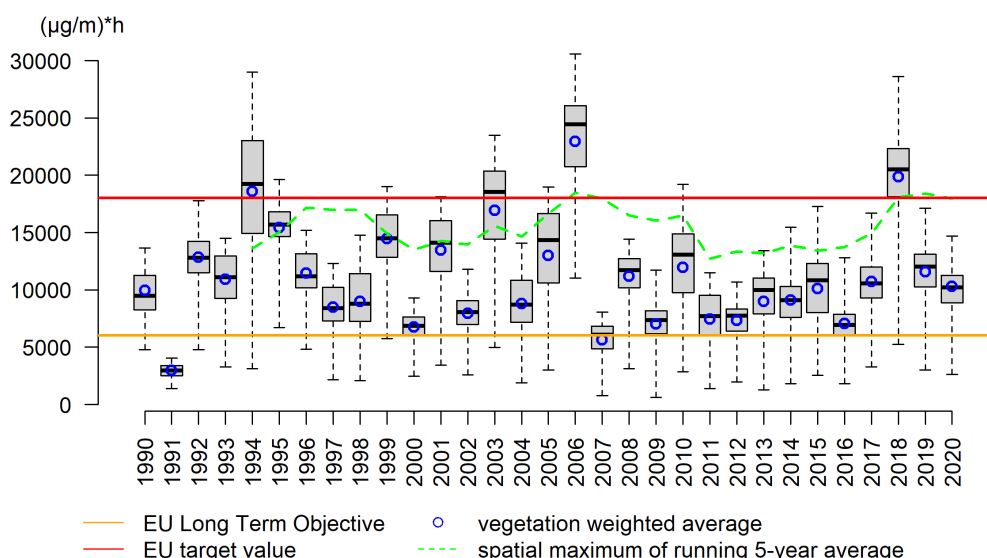


FIG. 35 : Diagramme en boîte de la surcharge pour la végétation (AOT40) en Belgique (1990–2020). Les moyennes pondérées en fonction de la végétation pour la Belgique sont représentées par les cercles bleus. La ligne pointillée verte indique la moyenne pondérée en fonction de la végétation de l’AOT40 sur 5 ans. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d’interpolation RIO.

AOT40 forest (Belgium, 2020)

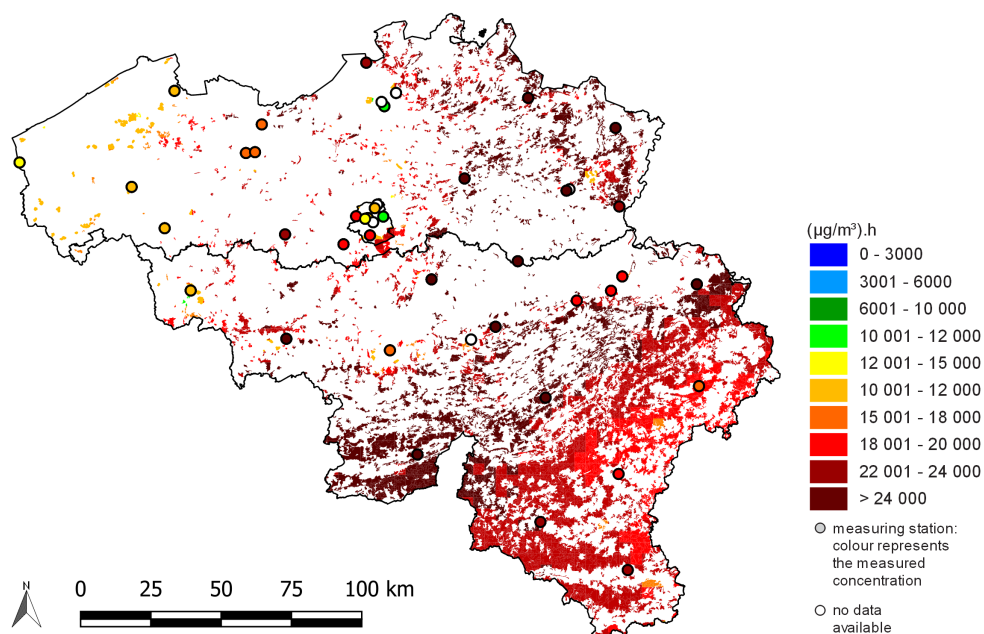


FIG. 36 : Distribution spatiale de la surcharge de zone pour les forêts (AOT40 forêts) en 2020. « No data available » signifie que les données ne respectent pas les critères établis dans l'annexe VII de la directive 2008/50/CE pour l'agrégation des données de mesure. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

Annual mean O₃ concentration (Belgium, 2020)

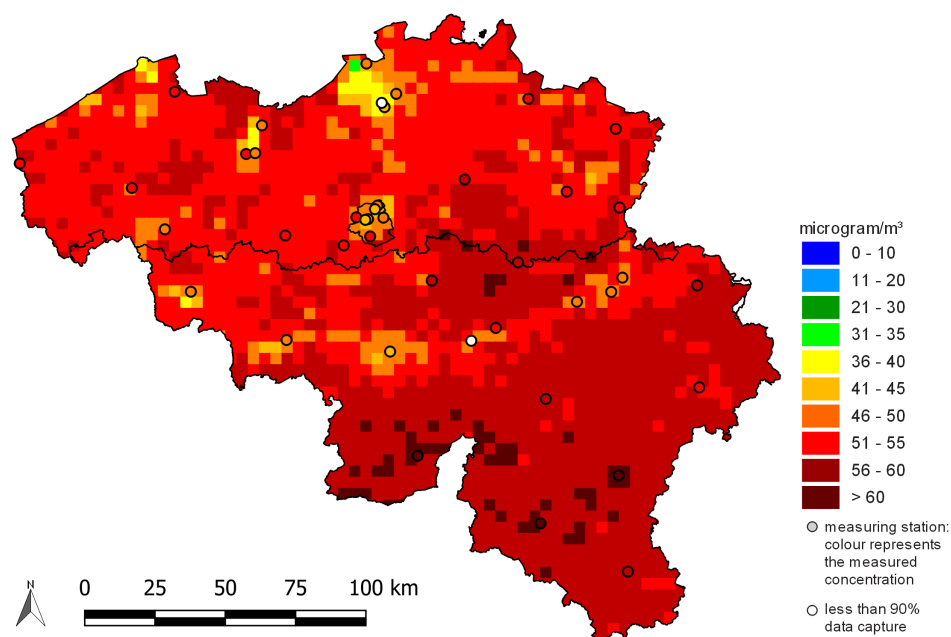


FIG. 37 : Distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle d'O₃ en Belgique en 2020. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

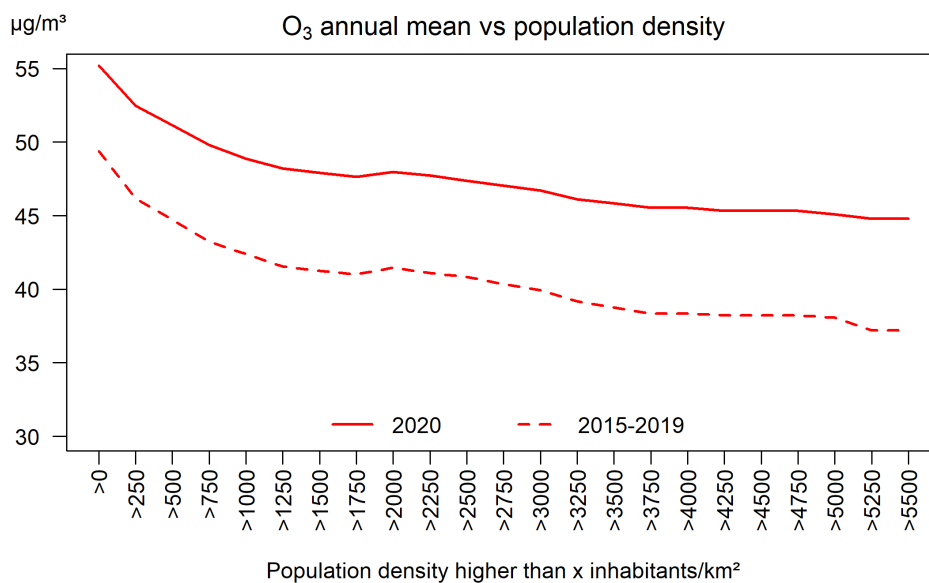


FIG. 38 : Relation entre les concentrations moyennes annuelles interpolées d'O₃ sur base de la technique d'interpolation RIO et la densité de la population (habitants/km²).

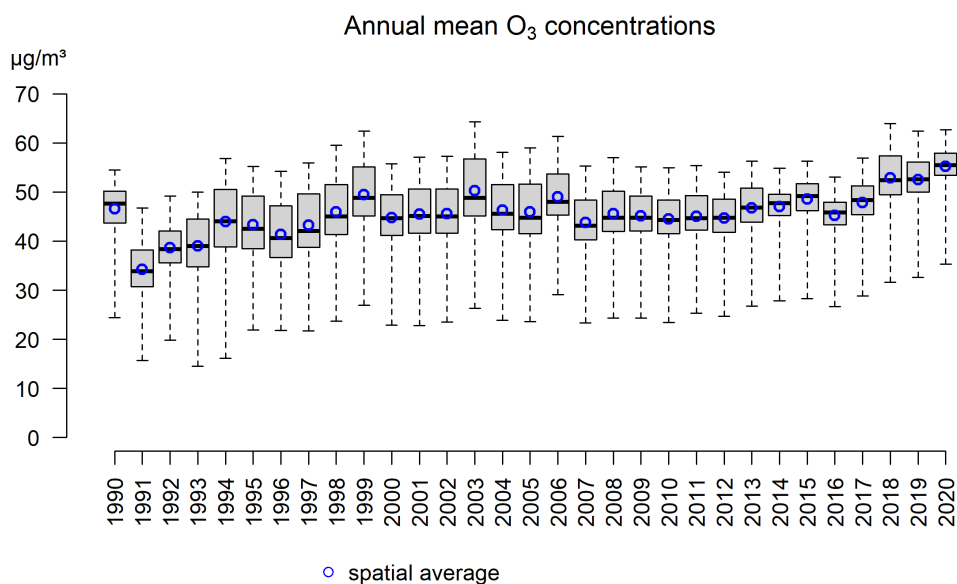


FIG. 39 : Diagramme en boîte des concentrations moyennes d'O₃ sur la période 1990–2020. La moyenne spatiale est indiquée par les cercles bleus. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

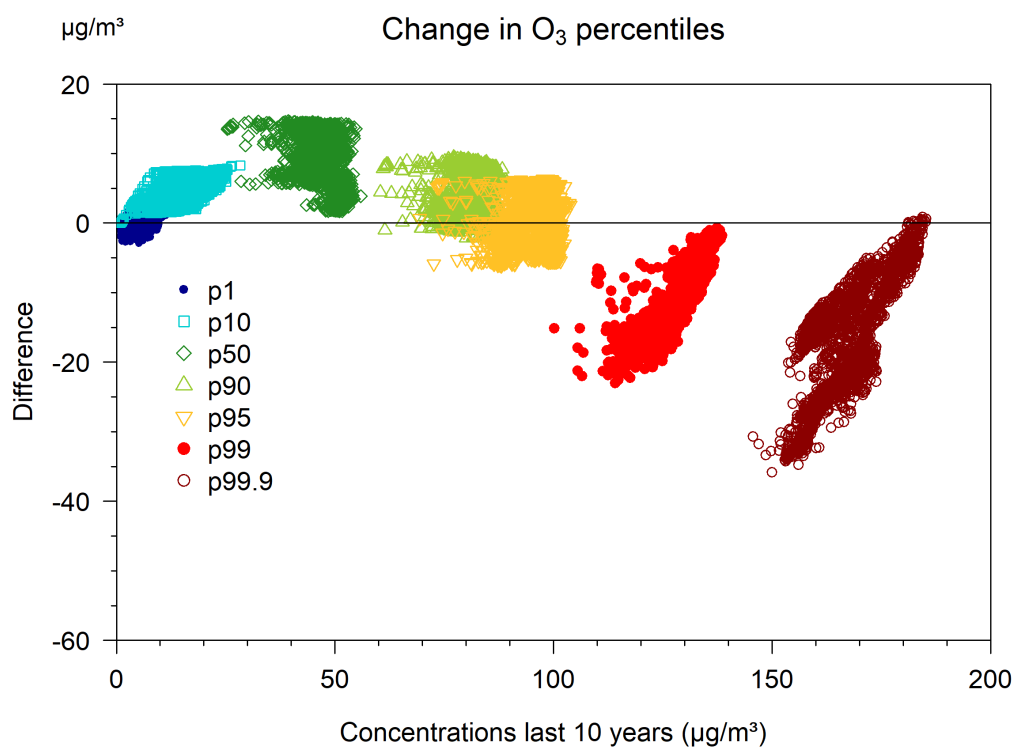


FIG. 40 : Evolution (différence entre les classes de concentrations) des centiles d' O_3 entre la période 1990–1999 et la période 2011–2020 en fonction des valeurs des centiles de la période 2011–2020 pour toutes les cellules de la grille RIO. Les données ont été générées sur base de la technique d'interpolation RIO. Les différentes couleurs indiquent les valeurs des centiles.

8 Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (SO_2) est un gaz à l'odeur caractéristique et irritant à fortes concentrations (à partir de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le SO_2 est principalement émis dans l'atmosphère lors de la combustion de carburants fossiles contenant du soufre, comme le charbon et le pétrole brut. Les principales sources de SO_2 sont l'industrie et les raffineries, suivies par le chauffage des bâtiments et le transport. Les éruptions volcaniques sont une source naturelle de SO_2 .

Le SO_2 est nocif pour l'homme, la faune et la flore. L'inhalation de SO_2 peut occasionner des irritations des voies respiratoires même à faible concentration. Une exposition de courte durée à de fortes concentrations entraîne une réduction de la fonction pulmonaire et des problèmes respiratoires, surtout chez les asthmatiques et les personnes souffrant d'affections pulmonaires.

Le SO_2 se transforme aisément en acide sulfurique (H_2SO_4) et provoque l'acidification des sols et de l'eau et affecte ainsi les écosystèmes [9]. En outre, le SO_2 est l'un des principaux responsables de la dégradation des bâtiments historiques (et des immeubles en pierre de manière générale) et de la corrosion des métaux. Le SO_2 est également un précurseur de la formation des particules fines et peut être transporté sur de grandes distances et ainsi causer des dégâts dans des zones plus isolées.

8.1 Stations de mesure de SO_2

La figure 41 montre l'évolution du nombre de stations de mesure des concentrations de SO_2 . Le nombre de stations de mesure a diminué de 81 en 1990 à 30 en 2020. Les années où il y a moins de stations de mesure, les valeurs interpolées ont une plus grande incertitude.

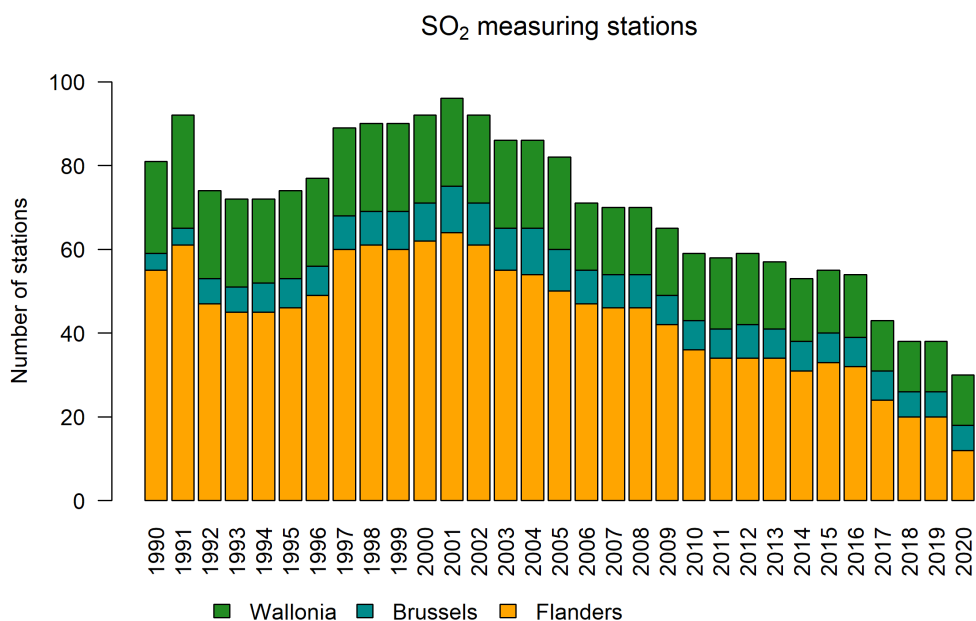


FIG. 41 : Évolution du nombre de stations de mesure de SO_2 en Belgique.

8.2 Moyennes horaires de SO_2

La directive européenne sur la qualité de l'air impose une valeur limite de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la concentration moyenne horaire de SO_2 . Cette valeur limite horaire ne peut pas être dépassée plus de 24 fois par an. Les concentrations de SO_2 présentent un caractère extrêmement local, une grande variabilité spatiale et un lien étroit avec les sources émettrices. D'autre part, du fait de la résolution de l'interpolation RIO, les dépassements locaux ne sont pas nécessairement visibles. En tout cas, en Belgique, la valeur limite horaire est largement respectée au niveau des valeurs interpolées. La figure 42 montre la 25^{ème} valeur

horaire la plus élevée pour chaque cellule de la grille. Comme cette valeur ne dépasse $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nulle part, il n'y a aucune zone où la limite ait été dépassée plus de 24 fois par an.

Les valeurs de la figure 42 peuvent également être représentées dans un diagramme en boîte¹⁰. La figure 43 reprend les valeurs interpolées pour 2020 et les années précédentes depuis 1997, et montre l'évolution des valeurs maximale, moyenne, médiane, et minimale. Le maximum de la 25^{ème} valeur horaire la plus élevée en Belgique en 2020, représentative pour une zone de $4 \times 4 \text{ km}^2$, s'élève à $17,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est largement sous la limite européenne de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le graphique de l'évolution de la 25^{ème} concentration moyenne horaire la plus élevée montre clairement une tendance à la baisse. Depuis 1997, les pics de concentration de SO_2 ont diminué de manière systématique et importante. Les dernières années, les pics de concentrations sont plus ou moins constants.

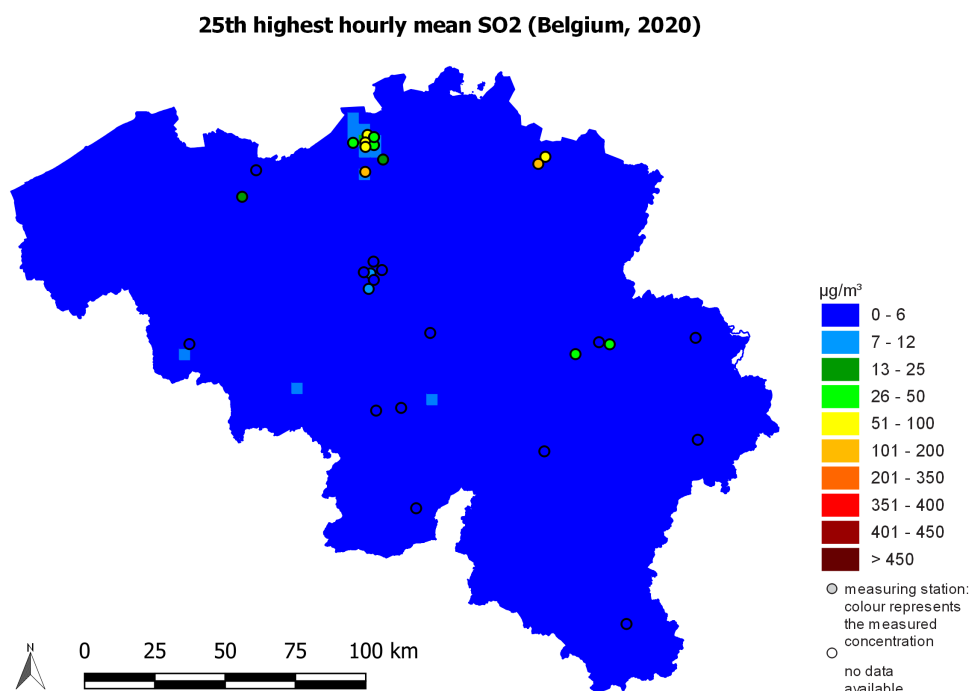


FIG. 42 : Distribution spatiale de la 25^{ème} concentration moyenne horaire de SO_2 la plus élevée. Toutes les données ont été calculées sur base de la technique d'interpolation RIO.

8.3 Moyennes journalières de SO_2

La directive européenne impose également une valeur limite pour la concentration moyenne journalière de SO_2 ayant pour but de protéger la population contre les effets à court terme du SO_2 . Cette valeur limite journalière de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peut être dépassée au maximum trois fois par an. La norme OMS (de 2006) s'élève quant à elle à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite européenne est largement respectée partout en Belgique. La valeur recommandée par l'OMS a été dépassée pour la dernière fois en 2014 dans certaines zones industrielles. Comme pour les moyennes horaires de SO_2 , l'évolution des 4^{èmes} moyennes journalières les plus élevées¹¹ montre une tendance résolument décroissante (figure 44).

8.4 Moyennes annuelles de SO_2

Afin de protéger la végétation et les écosystèmes naturels, la directive européenne prévoit également un niveau critique de concentration de SO_2 de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en moyenne annuelle et en moyenne sur la période

¹⁰Pour l'interprétation des diagrammes en boîte, voir l'annexe C

¹¹Comme la limite de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peut être dépassée trois fois par an, nous regardons ici la 4^{ème} valeur journalière la plus élevée, si elle reste inférieure à la limite de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la directive est respectée.

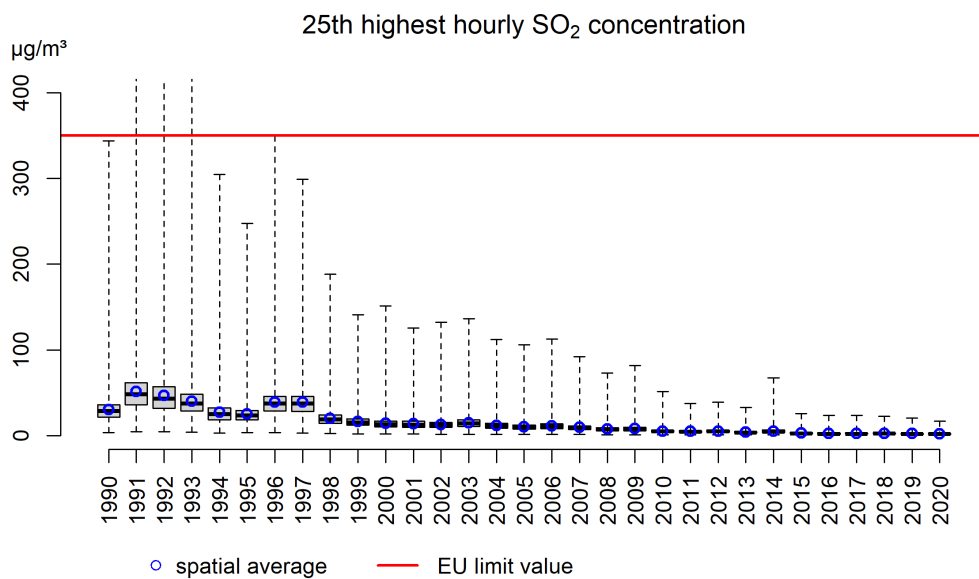


FIG. 43 : Diagramme en boîtes de la 25^{ème} concentration moyenne horaire de SO₂ la plus élevée sur la période 1990–2020 en Belgique sur base de la technique d’interpolation RIO.

hivernale. Cette valeur limite doit être considérée pour des stations représentatives d’une superficie de 1000 km², situées au minimum à 20 km d’une agglomération et au minimum à 5 km d’une zone bâtie, d’une route très fréquentée, d’une industrie,... Comme aucun site ne satisfait à ces critères en Belgique, cette norme ne s’applique pas.

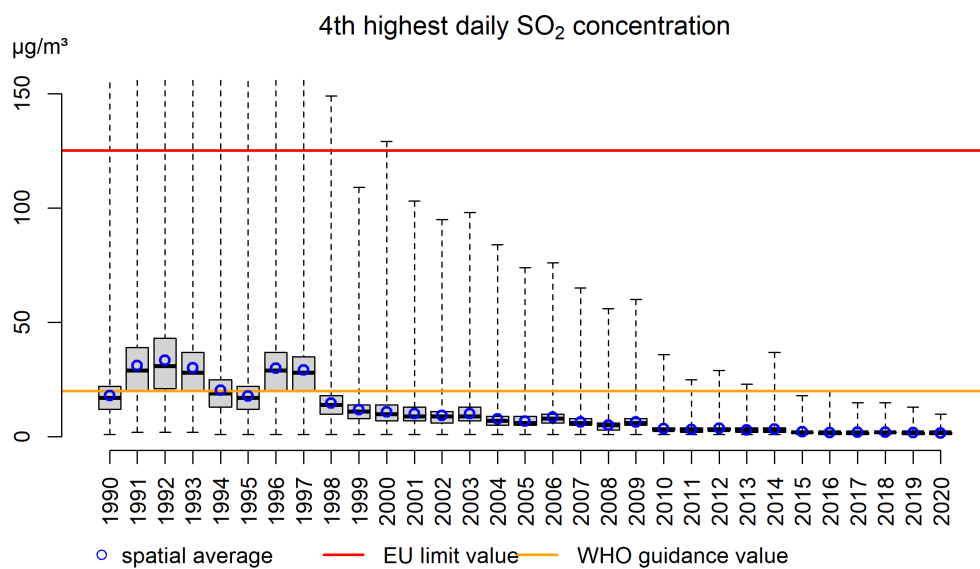


FIG. 44 : Diagramme en boîtes de la 4^{ème} concentration moyenne horaire de SO₂ la plus élevée sur la période 1990-2020 en Belgique sur base de la technique d'interpolation RIO.

9 Conclusions

Le présent rapport donne un aperçu de la qualité de l'air en Belgique pour 2020, et en particulier de la distribution spatiale des concentrations des principaux polluants (PM, NO₂, O₃ et SO₂), ainsi que l'évolution temporelle de différents indicateurs pertinents. En général, les concentrations ou les nombres de dépassements sont en baisse depuis le début des mesures, la concentration moyenne annuelle d'ozone constituant une exception notable. Comme le montrent les tableaux 1 et 2 du résumé, le minimum, la moyenne et le maximum de presque tous les indicateurs en 2020 sont inférieurs aux valeurs moyennes des dix dernières années, sauf pour l'ozone où la plupart des indicateurs sont en augmentation.

L'analyse des tendances sur le long terme montre que les concentrations de la plupart des polluants ont diminué. En 2020, les concentrations moyennes annuelles de particules fines ont été les plus basses depuis le début des mesures. Les concentrations moyennes annuelles de NO₂ ont également été plus basses que les années précédentes. Les concentrations moyennes annuelles de SO₂, déjà très faibles, stagnent. Une exception à cette tendance est l'augmentation des concentrations moyennes annuelles d'ozone au cours des dix dernières années.

Des dépassements des normes européennes sont toujours constatés en Belgique pour le nombre de jours où le maximum journalier de la concentration d'ozone en moyenne sur 8 heures est supérieur à 120 µg/m³ (et l'excédent accumulé ou AOT60). Pour l'ozone, l'objectif à long terme de protection de la santé humaine et l'AOT40 pour la végétation et les forêts sont également dépassés.

Si l'on compare avec les valeurs recommandées par l'OMS¹², plus strictes et liées à la santé, des dépassements sont constatés pour presque tous les polluants, à l'exception du NO₂ et du SO₂.

Ce rapport annuel permet de conclure que la qualité de l'air en Belgique s'est considérablement améliorée au cours des dernières décennies, mais que la majorité de la population belge est toujours exposée à des niveaux de pollution de l'air trop élevés. Cela cause un impact durable et significatif sur la santé publique. L'impact sur les écosystèmes reste également défavorable. Il est important de souligner que les résultats mentionnés dans ce rapport sont basés sur des calculs effectués à l'aide de la technique d'interpolation RIO, à une résolution spatiale de 4x4 km². Les résultats de ce rapport sont dès lors représentatifs de zones d'une superficie de 16 km². À proximité de sources d'émissions importantes (voies de circulation, zones industrielles...), les concentrations peuvent être localement plus élevées. Des études locales au cas par cas doivent être effectuées afin de distinguer les effets plus spécifiques, mais ceci sort du cadre de ce rapport qui vise à fournir une vue d'ensemble de la problématique et à cartographier la qualité de l'air.

¹²Les valeurs indicatives incluses dans ce rapport datent de 2005. En septembre 2021, l'OMS a publié de nouvelles valeurs, plus strictes. Les analyses et les chiffres de ce rapport ont été préparés avant que les valeurs actualisées ne soient connues.

Références

- [1] Directive 2001/81/ec of the european parliament and of the council of 23 october 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. *OJ*, L 309 :0022–0030, 2001.
- [2] Directive 2002/3/ec of the european parliament and of the council of 12 february 2002 relating to ozone in ambient air. *OJ*, L 067 :0014–0030, 2002.
- [3] Directive 2008/50/ec of the european parliament and of the council of 21 may 2008 on ambient air quality and cleaner air for europe. *OJ*, L 152 :1–44, 2008.
- [4] D. C. Carslaw and K. Ropkins. *openair — An R package for air quality data analysis*, 2012.
- [5] W. H. O. R. O. for Europe. *Air quality guidelines : global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2006.
- [6] J. Hooyberghs, C. Mensink, G. Dumont, and F. Fierens. Spatial interpolation of ambient ozone concentrations from sparse monitoring points in belgium. *J. Environ. Monit.*, 8 :1129–1135, 2006. doi : 10.1039/B612607N. URL <http://dx.doi.org/10.1039/B612607N>.
- [7] IRCEL. Het effect van de covid-19 maatregelen op de luchtkwaliteit in België een inschatting met een random forest model. pages 1–43, 2020.
- [8] S. Janssen, G. Dumont, F. Fierens, and C. Mensink. Spatial interpolation of air pollution measurements using corine land cover data. *Atmospheric Environment*, 42(20) :4884–4903, 2008. ISSN 1352-2310. doi : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.02.043>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008001829>.
- [9] S. Overloop, M. Bossuyt, D. Claeys, J. D’hooghe, A. Elsen, E. R., and W. H. Milieurapport vlaanderen, achtergronddocument 2011 vermessing. pages 1–111, 2011. URL <https://www.milieurapport.be>.
- [10] QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association, 2021. URL <https://www.qgis.org>.
- [11] R Core Team. *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <https://www.R-project.org/>.
- [12] K. Tørseth, W. Aas, K. Breivik, A. Fjaeraa, M. Fiebig, A. Hjellbrekke, C. Lund Myhre, S. Solberg, and K. Yttri. Introduction to the european monitoring and evaluation programme (emep) and observed atmospheric composition change during 1972–2009. *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*, 12 :5447–5481, 06 2012. doi : 10.5194/acp-12-5447-2012.
- [13] VMM. Chemkar pm₁₀ : chemische karakterisatie van fijn stof in vlaanderen, 2006–2007. pages 1–168, 2009.
- [14] VMM. Chemkar pm₁₀ ‘hotspots’, chemische karakterisatie van fijn stof in vlaanderen, 2008–2009. pages 1–130, 2010.

10 Annexe A : Stations de mesure

Le tableau ci-dessous dresse la liste des stations dont les mesures figurent sur les cartes de qualité de l'air de ce rapport. Les coches indiquent quels polluants sont mesurés dans les stations de surveillance.

Code	Localisation	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	BC	SO ₂
40AL01	ANTWERPEN-LINKEROEVER	✓	✓		✓	✓	
40AL02	DOEL (ENGELSESTEENWEG)	✓	✓				
40AL03	BEVEREN	✓	✓				
40AL04	BEVEREN	✓	✓			✓	
40AL05	KALLO (SLUIS KALLO)	✓	✓			✓	
40AT44	ORDAMSTRAAT				✓		✓
40EG05	EVERGEM (RIEME)	✓	✓		✓	✓	✓
40GK11	GENK	✓	✓				
40HB23	HOBOKEN	✓	✓		✓		✓
40HH08	HOUTHALEN-HELCHTEREN	✓	✓				
40LD02	LAAKDAL - GEEL				✓		
40LM05	LOMMEL						✓
40MN01	MENEN	✓	✓				
40OB01	OOSTROZEBEKE	✓	✓			✓	
40OB02	WIELSBEKE	✓	✓				
40R833	STABROEK				✓		
40RL01	ROESELARE (BRUGSESTEENWEG)	✓	✓				
40SA04	HOEVENEN	✓	✓			✓	
40SA08	STABROEK				✓		
40SZ01	STEENOKKERZEEL	✓	✓		✓	✓	
40SZ02	STEENOKKERZEEL	✓	✓		✓	✓	
40TS21	TESSENDERLO						
40WZ02	MOL (WEZEL)						✓
41B001	BRUXELLES (ARTS-LOI)				✓		✓
41B004	BRUXELLES (SAINTE-CATHERINE)			✓	✓		
41B006	BRUXELLES (EU-PARLEMENT)				✓		
41B008	BRUXELLES (BELLIARD)				✓		
41B011	BERCHEM-SAINTE-AGATHE	✓	✓	✓	✓		
41MEU1	MEUDON	✓	✓	✓	✓		
41N043	HAREN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R001	MOLENBEEK-SAINT-JEAN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41R002	IXELLES				✓	✓	✓
41R012	UCCLE	✓	✓	✓	✓	✓	✓
41WOL1	WOLUWE-SAINT-LAMBERT	✓		✓	✓	✓	✓
42M802	ANTWERPEN LUCHTBAL	✓	✓		✓	✓	
42N016	DESSEL	✓	✓	✓	✓	✓	
42N027	BREE			✓	✓		
42N035	AARSCHOT	✓	✓	✓	✓		
42N040	SINT-PIETERS-LEEUEW			✓	✓		
42N046	GELLIK			✓	✓		
42N047	HASSELT	✓	✓	✓	✓	✓	
42N054	LANDEN	✓	✓	✓	✓		
42R010	SINT-STEUVENS-WOLUWE				✓		
42R020	VILVOORDE	✓	✓		✓		
42R801	ANTWERPEN	✓	✓	✓	✓	✓	✓
42R802	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R803	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R804	BORGERHOUT (RING)	✓	✓		✓	✓	
42R805	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R806	ANTWERPEN (MAERLANT)				✓		
42R811	SCHOTEN	✓	✓	✓	✓		
42R817	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	

Code	Localisation	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	BC	SO ₂
42R818	ANTWERPEN	✓	✓		✓	✓	
42R820	KAPellen				✓		
42R822	ANTWERPEN	✓	✓		✓		✓
42R823	BEVEREN-WAAS	✓	✓		✓		
42R830	DOEL				✓		
42R831	BERENDRECHT	✓	✓	✓	✓		
42R834	BOOM	✓	✓		✓	✓	
42R842	MECHELEN (HENDRIK SPEECQVEST)	✓	✓	✓	✓	✓	
42R891	ANTWERPEN				✓		✓
42R892	KALLO				✓		✓
42R893	ANTWERPEN				✓		✓
42R897	ANTWERPEN				✓		✓
43H201	SAINT NICOLAS	✓	✓				
43M204	ANGLEUR	✓	✓				
43N060	HAVINNES	✓	✓	✓	✓		✓
43N063	CORROY LE GRAND	✓	✓	✓	✓		✓
43N066	EUPEN			✓	✓		✓
43N067	MEMBACH	✓	✓				
43N070	MONS	✓	✓	✓	✓		
43N073	VEZIN	✓	✓	✓	✓		
43N085	VIELSALM	✓	✓	✓	✓	✓	✓
43N093	SINSIN	✓	✓	✓	✓		✓
43N100	DOORBES	✓	✓	✓	✓		✓
43N113	SAINT-ODE	✓	✓	✓	✓		
43N121	OFFAGNE	✓	✓	✓	✓		
43N132	HABAY-LA-NEUVE	✓	✓	✓	✓		✓
43R221	LIÈGE	✓	✓	✓	✓	✓	
43R222	LIÈGE	✓	✓	✓	✓		✓
43R223	JEMEPPE	✓	✓		✓		✓
43R240	ENGIS	✓	✓	✓	✓		✓
43R401	NAMUR	✓	✓	✓	✓	✓	
44M702	ERTVELDE				✓		
44M705	ROESELARE	✓	✓	✓	✓	✓	
44N012	MOERKERKE	✓	✓	✓	✓		
44N029	HOUTEM	✓	✓	✓	✓	✓	
44N051	IDEGEM			✓	✓		
44N052	ZWEVEGEM	✓	✓	✓	✓		
44R701	GENT	✓	✓	✓	✓	✓	
44R702	GENT	✓	✓		✓	✓	
44R703	GENT					✓	
44R710	DESTELBERGEN	✓	✓	✓	✓		
44R721	WONDELGEM				✓		✓
44R731	EVERGEM	✓	✓		✓		
44R740	SINT-KRUIS-WINKEL	✓	✓	✓	✓		
44R750	ZELZATE	✓	✓		✓	✓	
45R501	CHARLEROI	✓	✓		✓		
45R502	LODELINSART	✓	✓	✓	✓		
45R510	CHATELINEAU	✓	✓				✓
45R511	MARCINELLE	✓	✓				
45R512	MARCHIENNE AU PONT	✓	✓		✓	✓	✓
47E007	SINT-PIETERS-LEEUV				✓		
47E008	GRIMBERGEN				✓		
47E009	ZEMST				✓		
47E013	FORETS				✓		
47E703	OOST-EEKLO				✓		
47E704	WACHTEBEKE				✓		
47E714	DUDZELE				✓		

Code	Localisation	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	BC	SO ₂
47E715	ZUIENKERKE				✓		
47E716	MARIAKERKE				✓		
47E814	HAM (GENEBOSSTRAAT)				✓		
48R215	HERMALLE	✓	✓		✓	✓	
48R235	BIERSET	✓			✓		

11 Annexe B : Relevé annuel des polluants atmosphériques

Mean daily PM₁₀ concentrations in 2020

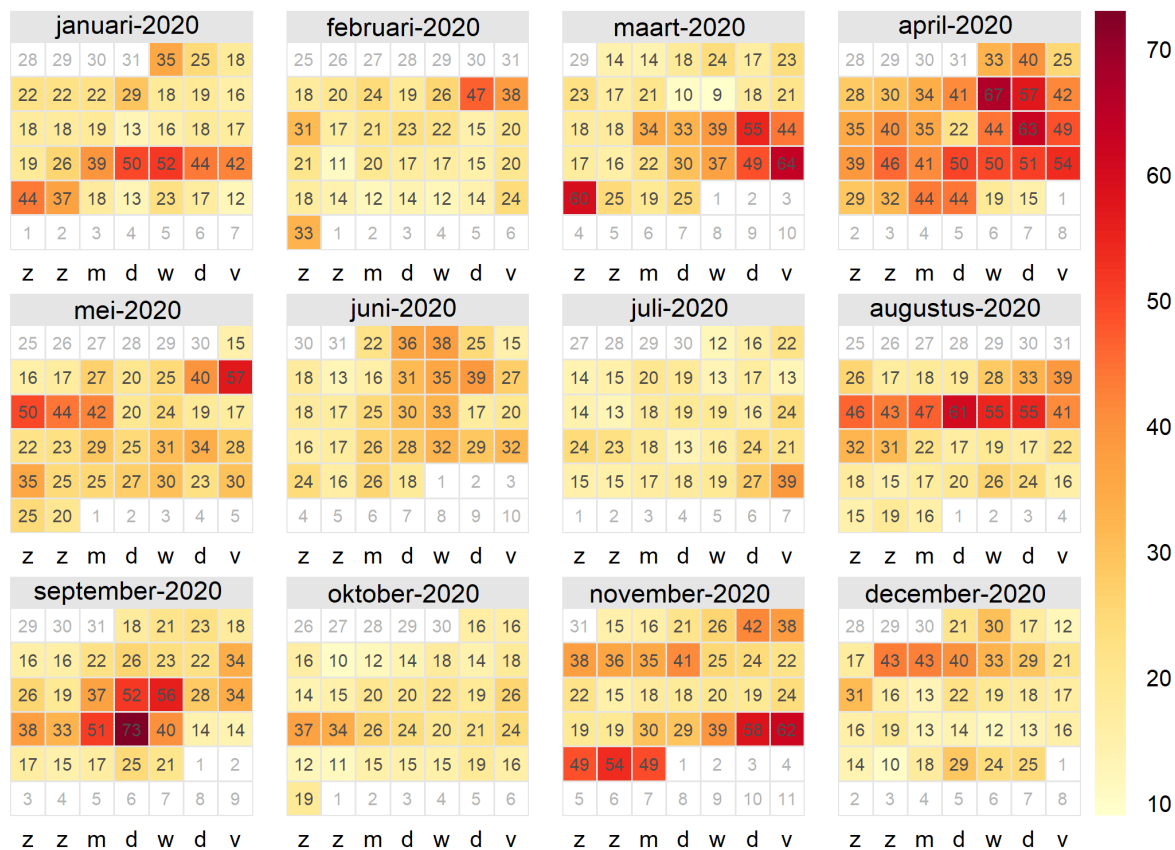


FIG. 45 : Maximum (sur la Belgique) de la moyenne journalière de PM₁₀ en 2020.

Mean daily PM_{2.5} concentrations in 2020

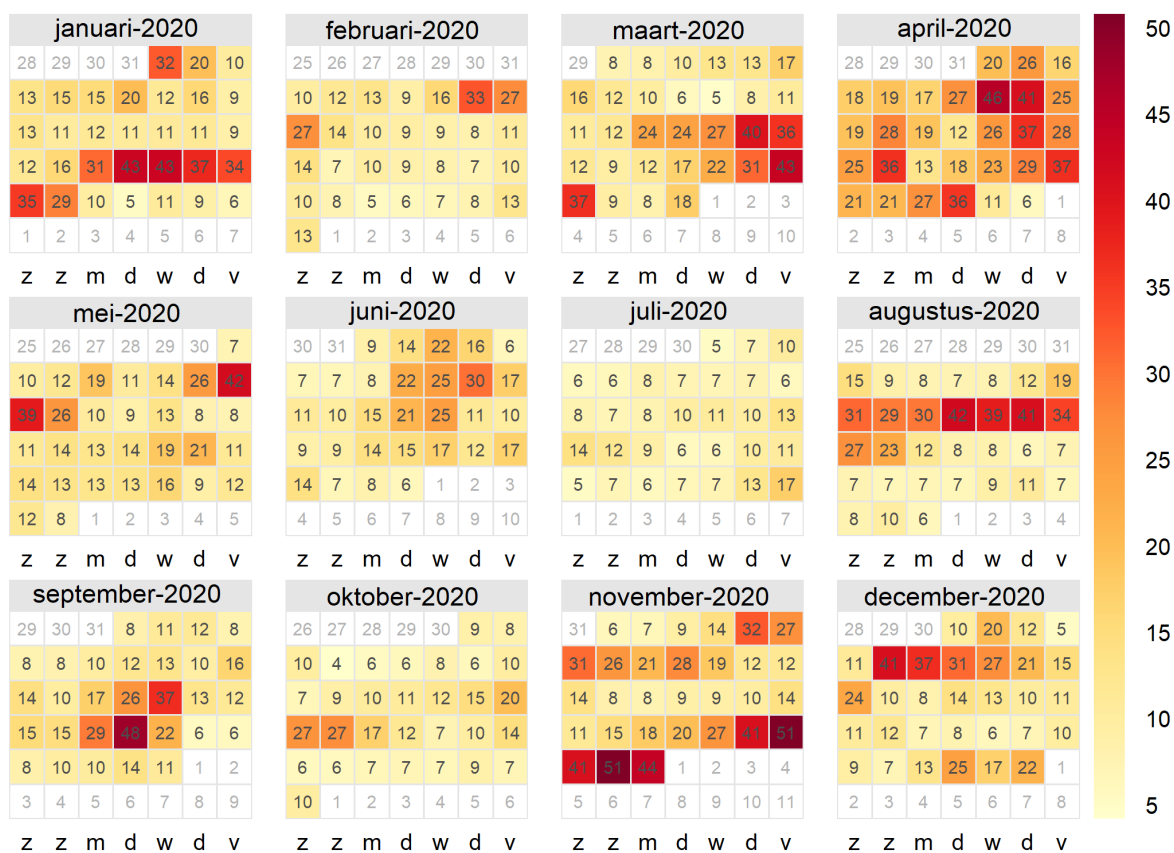


FIG. 46 : Maximum (sur la Belgique) de la moyenne journalière de PM_{2.5} en 2020.

Spatial maximum of the highest hourly NO₂ concentrations per day in 2020

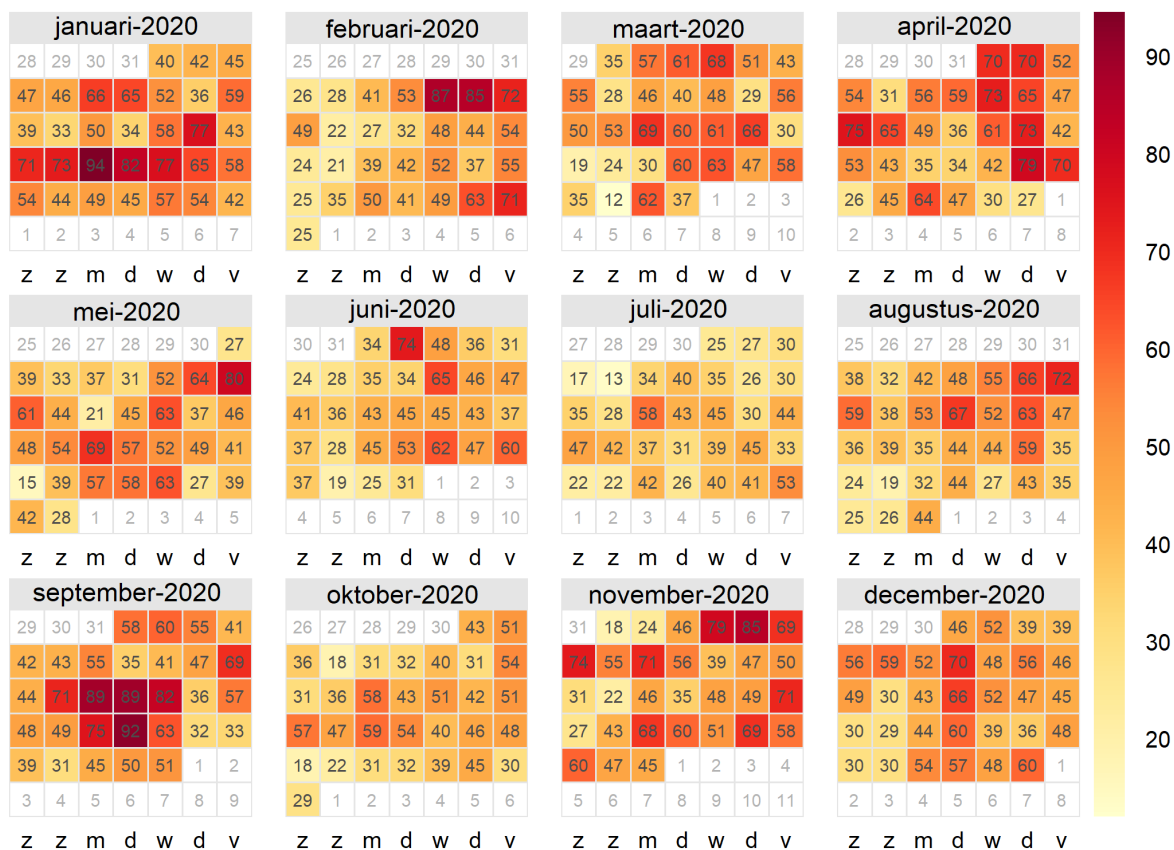


FIG. 47 : Maximum spatial des concentrations horaires maximales de NO₂ par jour en 2020.

Spatial maximum of the highest hourly O₃ concentrations per day in 2020

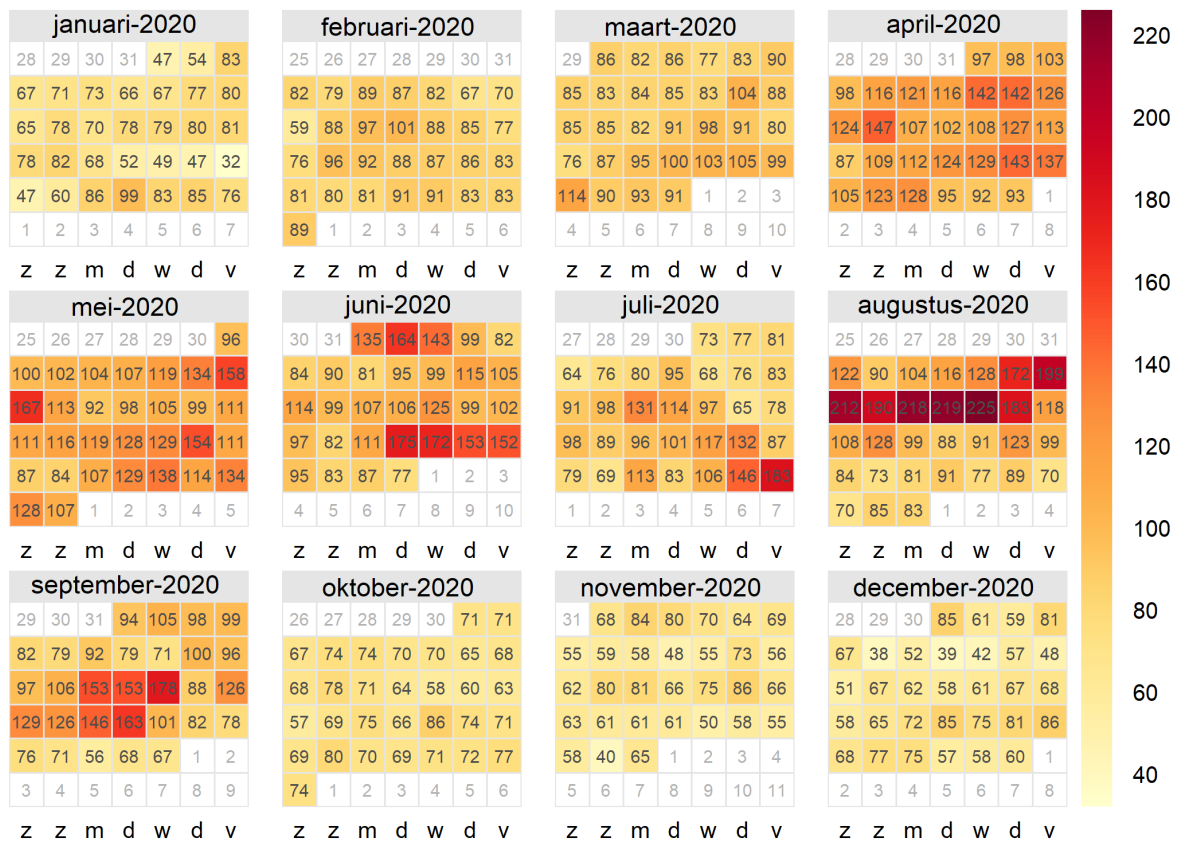


FIG. 48 : Maximum spatial des concentrations horaires maximales de O₃ par jour en 2020.

12 Annexe C : Interprétation des diagrammes en boîte

Un diagramme en boîte (« box plot ») est une représentation graphique permettant d'obtenir rapidement une vue globale de la distribution d'une série de données. Il présente les quartiles (soit les 25^{ème} et 75^{ème} centiles), la médiane (le 50^{ème} centile) et la valeur la plus élevée et la plus basse de la série. Le $x^{\text{ième}}$ centile est la valeur à laquelle x % des données lui sont inférieures, et $(100-x)$ % des données lui sont supérieures.

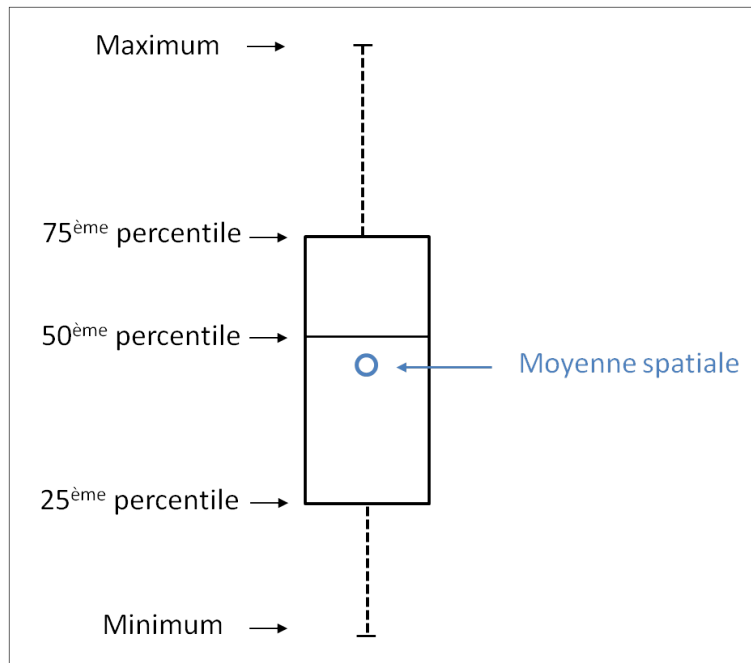


FIG. 49 : Présentation d'un diagramme en boîtes.

13 Annexe D : Cartes d'incertitudes

La valeur interpolée du RIO n'est pas une valeur absolument correcte mais est sujette à une certaine incertitude. D'une part, outre l'incertitude liée aux concentrations moyennes horaires ou journalières interpolées, l'agrégation en moyennes annuelles ou en dépassements journaliers est également génératrice d'incertitude. Dans la technique d'interpolation RIO, plusieurs aspects contribuent à l'incertitude entachant les concentrations interpolées :

1. Erreur liée aux valeurs de mesure : elle est indirectement prise en compte en raison étant donné que le variogramme utilisé dans le kriging (la méthode sous-jacente à la technique d'interpolation RIO) présente un effet « nugget » (c'est-à-dire qu'on ne présuppose pas une concentration mesurée identique en cas de distance nulle entre les stations de mesure).
2. Agglomération ou « clustering » des stations de mesure : un plus grand nombre de stations à proximité les unes des autres réduisent la précision de l'interpolation.
3. Distance par rapport aux stations de mesure : l'incertitude d'interpolation est plus grande à un endroit plus éloigné des stations de mesure.
4. Variation des mesures proprement dites : si les mesures prises à des endroits proches les uns des autres présentent une grande variation, l'incertitude d'interpolation est également plus grande.
5. Erreur par de-trending et re-trending : erreur commise en renormalisant les stations afin qu'elles aient toutes la même représentativité spatiale, ainsi que lors de l'exercice inverse après leur interpolation.

Une fois que l'incertitude liée aux concentrations moyennes horaires ou journalières interpolées a été déterminée, il faut également tenir compte, lors de l'agrégation, de :

1. L'autocorrélation temporelle des données, liée au fait que les concentrations d'aujourd'hui dépendent de celles d'hier, qui réduit l'information disponible dans les données.
2. La covariance entre les différentes cellules qui est représentée par un modèle spatial fixe au fil du temps (variogramme).

Une incertitude basée sur l'écart-type d'une distribution normale de probabilité est calculée pour les concentrations interpolées par la méthode RIO sur base des sources d'incertitude citées plus haut (voir cartes ci-dessous). Pour une distribution de probabilité normale, avoir une valeur x et une erreur de $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, signifie qu'il y a alors 68 % de chance que la valeur réelle soit comprise entre $(x - 5,0)$ et $(x + 5,0) \mu\text{g}/\text{m}^3$ (« erreur d'un sigma »), 95 % de chance que la valeur réelle soit comprise entre $(x - 10)$ et $(x + 10) \mu\text{g}/\text{m}^3$ (deux fois sigma), etc. Il est alors possible de calculer une probabilité de dépassement des valeurs limite européennes (probability of exceedance) sur base de la concentration interpolée, de l'incertitude calculée et de la valeur limite.

Error on PM10 annual mean (Belgium, 2020)

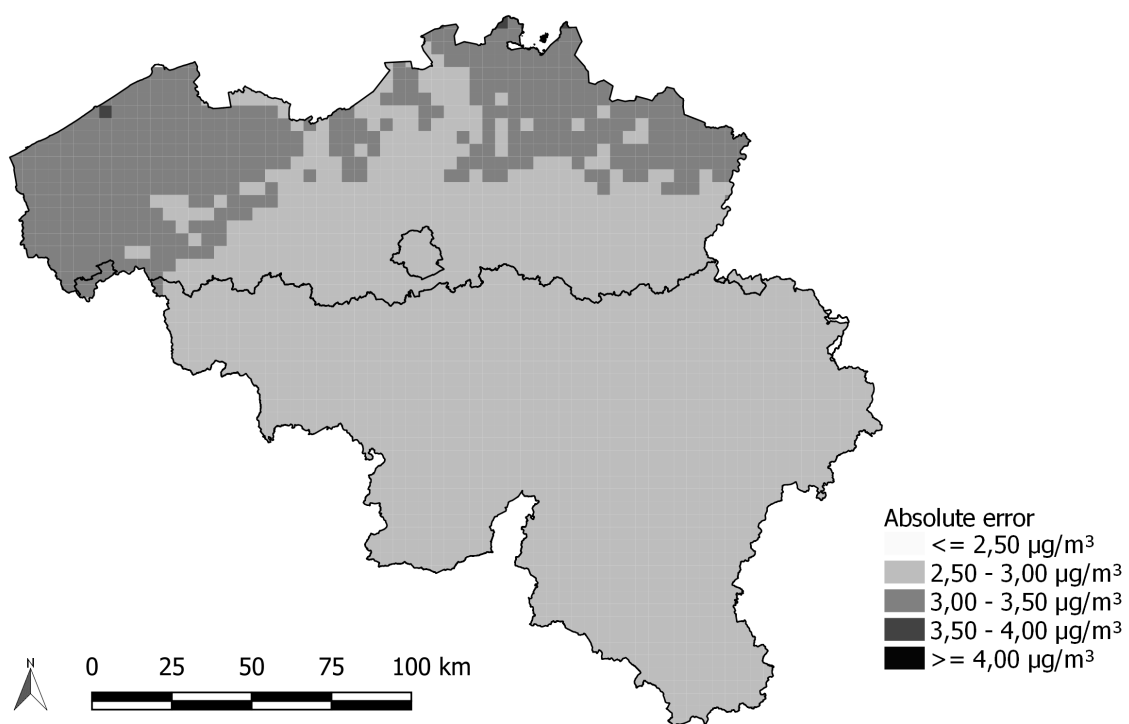


FIG. 50 : Distribution spatiale de l'erreur absolue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la concentration moyenne annuelle de PM_{10}

Error on NO2 annual mean (Belgium, 2020)

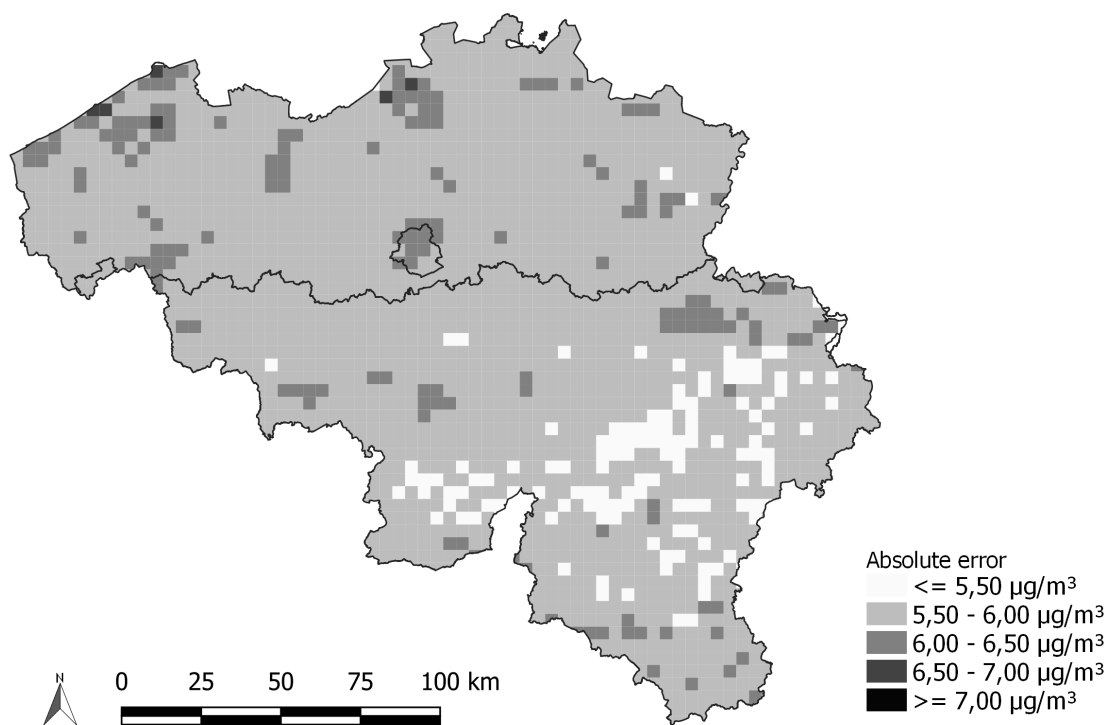


FIG. 51 : Distribution spatiale de l'erreur absolue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la concentration moyenne annuelle de NO₂.

Error on O3 annual mean (Belgium, 2020)

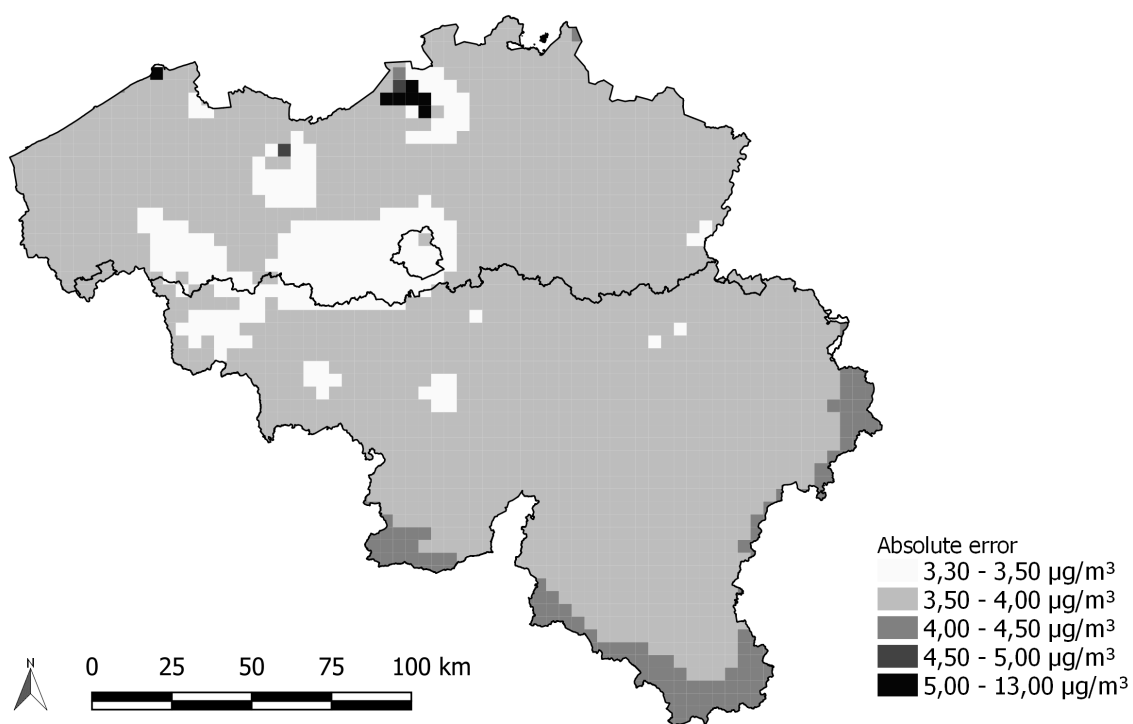


FIG. 52 : Distribution spatiale de l'erreur absolue ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la concentration moyenne annuelle de O_3 .