

## Impact du confinement Covid-19 sur la qualité de l'air en Région wallonne



Wallonie



Agence Wallonne  
de l'Air et du Climat  
7, avenue Prince de Liège  
5100 NAMUR (JAMBES)



Institut Scientifique  
de Service Public  
Direction de la Surveillance  
de l'Environnement  
200, rue du Chéra - 4000 LIEGE

*Rapport réalisé par l'ISSEP en collaboration avec l'AwAC et CELINE  
Juillet 2020*

# Impact du confinement Covid-19 sur la qualité de l'air en Région wallonne

## • 1. CONTEXTE

Suite à la pandémie de Covid-19, le Gouvernement fédéral en concertation avec les Régions et l'appui des experts a pris des mesures pour confiner la population. Ces mesures drastiques ont eu des effets importants sur notre mode de vie. Une des mesures les plus emblématiques est l'interdiction de tout déplacement non-essentiel à partir du 18 mars. Avec l'arrêt d'une série d'activités (fermeture des magasins non-alimentaires, des écoles, arrêt des activités culturelles ou sportives, ...), nos besoins en mobilité ont été fortement réduits avec une diminution des émissions de polluants liés au secteur du transport. De plus, le monde du travail a fortement été perturbé (fermeture de certaines entreprises, arrêt de chantiers, généralisation du télétravail, ...) modifiant aussi les émissions de polluants. Enfin, le confinement des gens à la maison a probablement changé les émissions liées au secteur résidentiel.

Cette expérience est unique par son ampleur et par sa durée, contrairement à d'autres événements (journée sans voiture, grèves, ...) ; d'autant plus que les pays voisins ont pris des mesures similaires. C'est une grande partie de la planète qui a pris des mesures de confinement.

Il est dès lors intéressant d'analyser cette situation unique pour tirer des enseignements quant à la politique à mener en matière de réduction des émissions de polluants soit sur le long terme (mesures structurelles) ou sur le court terme, en particulier, les mesures en cas de pic de pollution. On pense notamment à la mise en place des zones basses émissions ou au respect des recommandations OMS plus strictes que les normes européennes.

Lors de cette période de confinement, toutes les dispositions nécessaires ont été prises pour s'assurer du bon fonctionnement des réseaux de mesure de la qualité de l'air et ce que ce soit pour les polluants répondant à une obligation européenne, pour les campagnes spécifiques ou les projets de recherche. Seul, le réseau de mesure des retombées (poussières sédimentables) a vu ses activités réduites car il n'était pas possible de respecter la sécurité des préleveurs en respectant les consignes du Gouvernement fédéral en matière de protection des travailleurs.

Dès à présent, les données du réseau télémétrique sont disponibles et prêtes à être analysées. Il en va de même pour une grande partie des campagnes menées actuellement (réseau mobile, micro capteurs, projet ZBE, ...). Pour les polluants nécessitant une analyse en laboratoire (métaux, COV, HAP, ...), il nous faudra encore quelque temps pour disposer de l'entièreté des résultats.

## • 2. MÉTHODOLOGIE

### • 2.1. INTRODUCTION

Lors de notre première approche des effets du confinement, le premier réflexe a été d'examiner les graphiques d'évolution des concentrations (Figure 1). Les premiers résultats sont contre-intuitifs et semblent montrer une augmentation des concentrations les premiers jours de la seconde quinzaine de mars soit le début de la période de confinement.

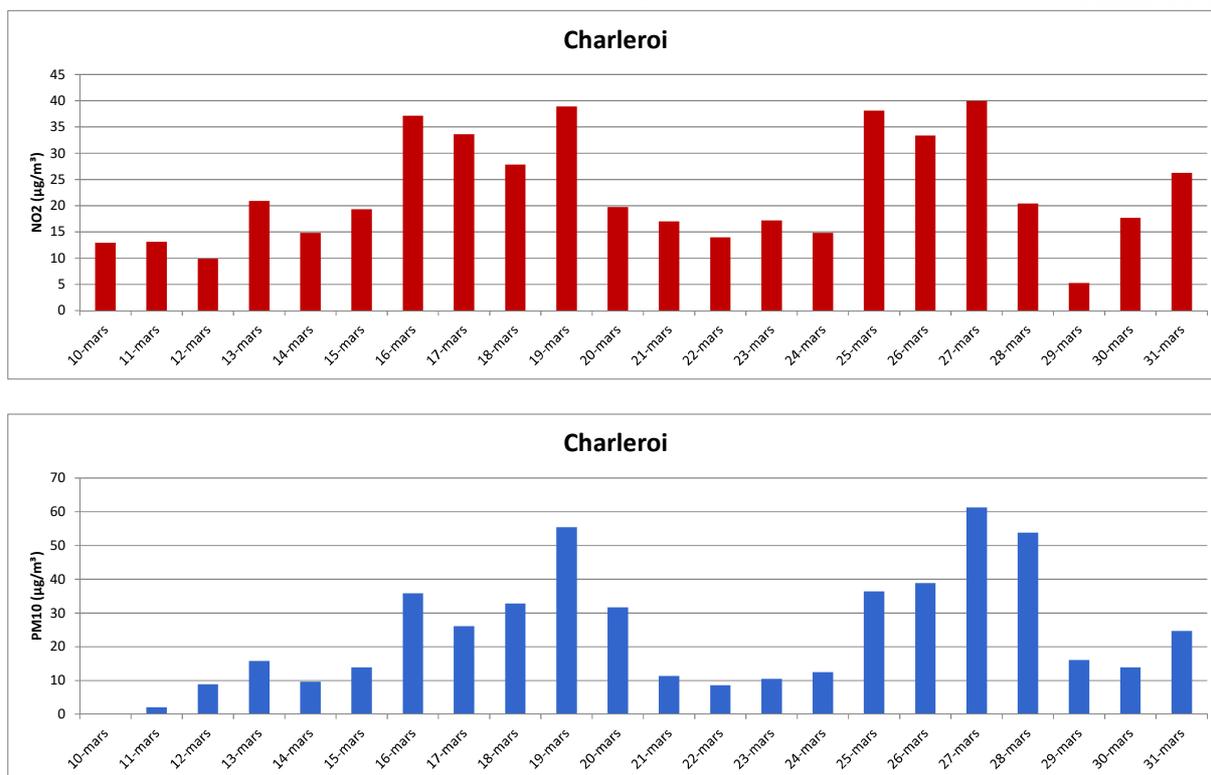


Figure 1 : Evolution des concentrations en dioxyde d'azote et en particules en suspension (PM10) lors des premiers jours du confinement (source ISSeP).

En réalité, la dégradation de la qualité de l'air est le résultat d'un changement drastique des conditions météorologiques. La première quinzaine de mars a été fortement perturbée alors que la seconde quinzaine, sous l'influence de masses d'air continentales a été sèche et très ensoleillée avec des températures douces l'après-midi mais restant fraîches le matin.

Il est vite apparu qu'il fallait étudier les effets du confinement sur des périodes les plus longues possibles pour avoir un maximum de conditions météorologiques et s'affranchir autant que possible d'un biais provenant des changements de conditions de dispersion.

## • 2.2. CHOIX DES PÉRIODES ÉTUDIÉES

L'entrée de la Belgique en période de confinement s'est déroulée en deux phases. Les premières mesures ont été prises le samedi 14 mars avec l'interdiction des activités récréatives, culturelles, folkloriques, fermetures des discothèques, cafés et restaurants et suspension des cours. Dans un premier temps, les magasins autres qu'alimentaires ferment le week-end uniquement.

La seconde phase a débuté le mercredi 18 mars à midi avec la fermeture des magasins non-alimentaires, l'interdiction des déplacements non-essentiels ou l'interdiction de tout rassemblement. Dans le cadre du travail, le télétravail devient la norme partout où c'est possible. Les employeurs doivent mettre en place des mesures de distanciation sociale ou fermer quand cela n'est pas possible.

Pour certains polluants comme les oxydes d'azote, les concentrations présentent un rythme hebdomadaire avec des diminutions les week-ends. Il est donc préférable d'étudier son évolution sur des semaines complètes afin d'éviter tout biais dû à un effet de WE. C'est pourquoi, il a été choisi de considérer que le confinement débutait lors de la semaine 12, le lundi 16 mars 2020.

La levée des mesures de confinement s'est déroulée également par phases. La phase 1a a débuté le 4 mai avec la reprise dans les entreprises moyennant le respect de règles strictes, l'ouverture de certains commerces (merceries, ...), la reprise des soins non-urgents, l'autorisation des sports extérieurs, l'autorisation de voir des personnes (autres que celles de la cellule familiale) en extérieur, ...

Nous avons choisi la semaine 19, débutant le lundi 4 mai 2020 comme début la période de levée de confinement.

Enfin, nous avons choisi la date du 8 juin (début de la phase 3 de déconfinement avec notamment la réouverture des écoles), comme fin de la période de levée de confinement.

En outre, nous avons également étudié la période précédant le confinement. Nous avons pris la même durée que pour la période de confinement soit 7 semaines. Cette période débute lors de la semaine 5, soit la semaine débutant le 27 janvier.

En résumé, nous avons étudié trois périodes :

- La période avant confinement, débutant la semaine 5 (début le 27/01) et prenant fin la semaine 11 (fin le 15/03), soit une période de 7 semaines ;
- La période de confinement, débutant la semaine 12 (début le 16/03) et prenant fin la semaine 18 (fin le 03/05), soit une période de 7 semaines ;
- La période de levée de confinement, débutant la semaine 19 (début le 04/05) et prenant fin la semaine 23 (fin le 07/06).

## • 3. MÉTÉOROLOGIE

### • 3.1. BILANS CLIMATOLOGIQUES MENSUELS

Les conditions météorologiques ont joué un rôle important durant la période de confinement. C'est pourquoi, avant d'étudier les résultats de qualité de l'air, il est opportun de faire le bilan sur les conditions climatiques rencontrées lors des trois périodes étudiées.

Le mois de février 2020 s'est caractérisé par des températures et des précipitations (en quantité et en fréquence) très anormalement excédentaires. L'insolation fut inférieure à la normale. En outre, février fut un mois venteux, le second mois de février le plus venteux (Sources : meteobelgique et IRM).

Le mois de mars s'est caractérisé par des températures et des précipitations proches des normales (en quantité mais anormalement déficitaires en fréquence) et une insolation très anormalement excédentaire. On retiendra un mois coupé en deux : une première partie fortement perturbée et une seconde quinzaine sèche.

Le mois d'avril a été caractérisé par des températures et une insolation exceptionnellement excédentaires et par des précipitations très anormalement déficitaires (en quantité et en fréquence). On retiendra un mois très chaud, très ensoleillé (le second mois d'avril depuis 1833) et avec peu de vent.

Le mois de mai 2020 fut très sec et ensoleillé avec des températures proches des normales, une insolation très anormalement excédentaire et des précipitations très exceptionnellement déficitaires en quantité et très anormalement déficitaires en fréquence. Seul le mois de mai 1833 a comptabilisé moins de précipitations. Quant à l'humidité relative, c'est un record depuis 1833.

Niveau d'anormalité	Phénomène égalé ou dépassé une fois tous les
Normal	-
Anormal	6 ans
Très anormal	10 ans
Exceptionnel	30 ans
Très exceptionnel	100 ans

Le Tableau 1 reprend quelques paramètres de la station d'Uccle, station de référence de l'IRM, pour ces 4 mois.

Février 2020				
Paramètre	Unité	Valeur	Normale	
Température moyenne	°C	7	3.7	++
Total de précipitations	mm	107.7	63.1	+
Nombre de jours de précipitations	jour	22	16.3	
Vitesse moyenne du vent	m/s	5.7	4.1	++
Direction dominante du vent		SO		
Durée d'ensoleillement	hh:mm	57:24	76:36	
Rayonnement solaire global	kWh/m <sup>2</sup>	33.4	36.7	
Humidité relative	%	81	81	
Pression atmosphérique	hPa	1012.8	1017.4	

Mars 2020				
Paramètre	Unité	Valeur	Normale	
Température moyenne	°C	7.1	6.8	
Total de précipitations	mm	81.2	70	
Nombre de jours de précipitations	jour	12	17.8	
Vitesse moyenne du vent	m/s	4.3	4.1	
Direction dominante du vent		SSO		
Durée d'ensoleillement	hh:mm	161:55	113:57	
Rayonnement solaire global	kWh/m <sup>2</sup>	90.5	70.9	+
Humidité relative	%	70	77	--
Pression atmosphérique	hPa	1016.5	1015.7	

Avril 2020				
Paramètre	Unité	Valeur	Normale	
Température moyenne	°C	12.6	9.8	+
Total de précipitations	mm	19	51.3	-
Nombre de jours de précipitations	jour	5	15	--
Vitesse moyenne du vent	m/s	3.2	3.7	-
Direction dominante du vent		ENE		
Durée d'ensoleillement	hh:mm	277:40	158:58	++
Rayonnement solaire global	kWh/m <sup>2</sup>	154	110.8	++
Humidité relative	%	57	72	---
Pression atmosphérique	hPa	1016.4	1014.4	

Mai 2020				
Paramètre	Unité	Valeur	Normale	
Température moyenne	°C	14.2	13.6	
Total de précipitations	mm	5.4	66.5	---
Nombre de jours de précipitations	jour	6	16.2	--
Vitesse moyenne du vent	m/s	3.1	3.5	
Direction dominante du vent		NNE		
Durée d'ensoleillement	hh:mm	301:12	191:03	++
Rayonnement solaire global	kWh/m <sup>2</sup>	192.4	143.4	+++
Humidité relative	%	57	72	---
Pression atmosphérique	hPa	1020.4	1015.3	++

Station de référence : Uccle.

Normales définies par rapport à la période 1981-2010.

Classement établi par rapport à la période 1981-2020.

Valeurs records de 1981 à 2018.

+++	---	Valeur la plus élevée/faible depuis 1981
++	--	Valeur parmi les 3 plus élevées/faibles depuis 1981
+	-	Valeur parmi les 5 plus élevées/faibles depuis 1981

Tableau 1 : Paramètres climatologiques à Uccle de février à mai 2020 (source IRM, bilan climatologique)

### • 3.2. RÉSULTATS DU RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

On peut également examiner les résultats des capteurs météorologiques du réseau télémétrique pour les 3 périodes définies précédemment et les comparer aux résultats des 4 années précédentes. Les Tableaux 2 à 4 reprennent une synthèse des résultats mesurés à notre station de Herstal (sauf pour la pression atmosphérique où c'est la station de Saint-Nicolas qui a été choisie), respectivement pour la période avant confinement, la période de confinement et la période de levée de confinement.

Période du 27/01 au 15/03						
	Unités	2016	2017	2018	2019	2020
Température moyenne	°C	4.4	6.8	2.9	6.6	7.3
Moyenne des températures minimales	°C	1.5	3.6	0.0	3.3	4.4
Moyenne des températures maximales	°C	7.6	10.1	6.0	10.5	10.0
Total des précipitations	mm	114	90	55	122	209
Nombre de jours de précipitations	jour	30	25	21	25	37
Vitesse moyenne du vent	m/s	4.1	3.3	3.5	4.1	5.2
Rayonnement solaire	W/m <sup>2</sup>	58	66	*	60	55
Humidité relative	%	78	75	73	73	76
Pression atmosphérique	hPa	1013	1016	1012	1016	1012

Tableau 2 : Synthèse des paramètres météo - Période avant confinement (source ISSEP)

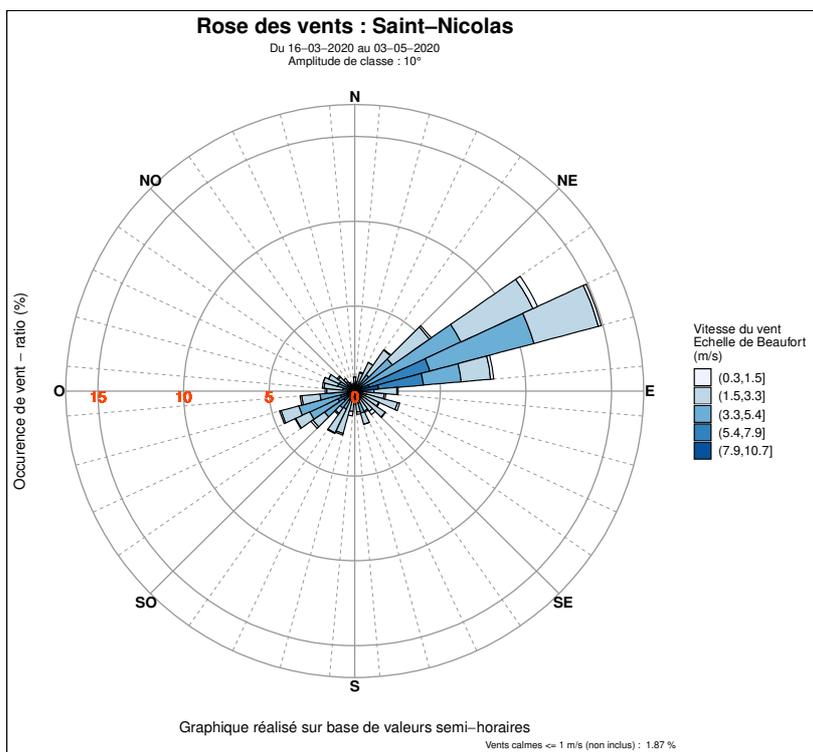
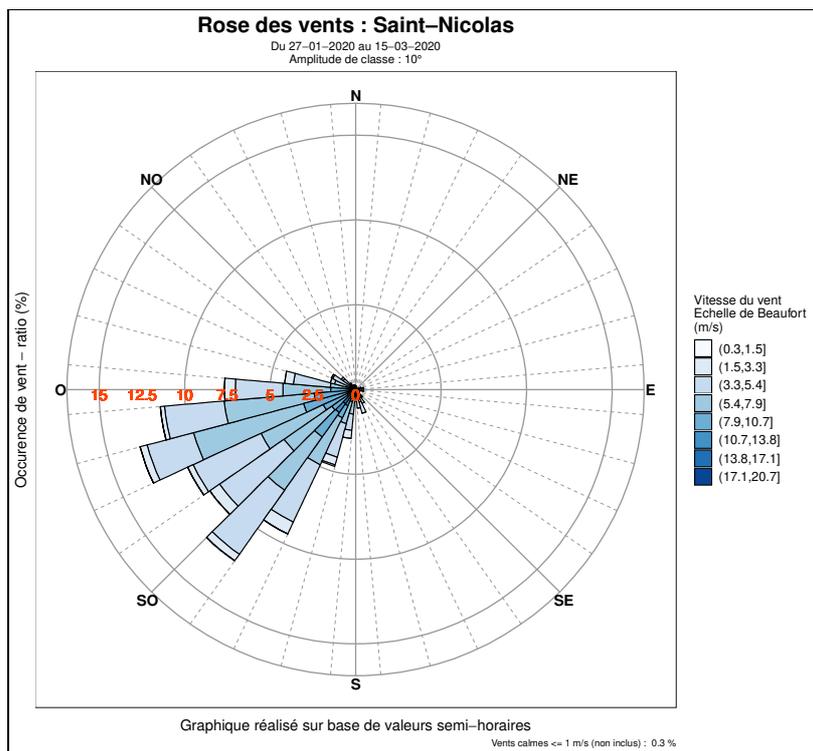
Période du 16/03 au 03/05						
	Unités	2016	2017	2018	2019	2020
Température moyenne	°C	8.7	9.7	10.6	10.2	10.8
Moyenne des températures minimales	°C	5.0	5.0	5.8	5.5	5.2
Moyenne des températures maximales	°C	12.5	14.2	15.2	14.9	16.3
Total des précipitations	mm	86	46	66	51	23
Nombre de jours de précipitations	jour	29	16	21	14	9
Vitesse moyenne du vent	m/s	3.4	2.9	3.2	2.7	3.0
Rayonnement solaire	W/m <sup>2</sup>	135	128	*	155	192
Humidité relative	%	69	63	65	65	55
Pression atmosphérique	hPa	1015	1020	1012	1018	1020

Tableau 3 : Synthèse des paramètres météo - Période de confinement (source ISSeP)

Période du 04/05 au 07/06						
	Unités	2016	2017	2018	2019	2020
Température moyenne	°C	16.0	17.1	17.7	13.6	15.0
Moyenne des températures minimales	°C	11.7	11.6	12.4	9.1	8.9
Moyenne des températures maximales	°C	20.1	21.9	23.1	18.1	20.2
Total des précipitations	mm	108	37	141	98	20
Nombre de jours de précipitations	jour	18	13	14	16	7
Vitesse moyenne du vent	m/s	2.6	2.9	2.2	2.7	2.9
Rayonnement solaire	W/m <sup>2</sup>	175	183	*	199	252
Humidité relative	%	68	61	66	67	53
Pression atmosphérique	hPa	1014	1017	1017	1016	1020

Tableau 4 : Synthèse des paramètres météo - Période de levée du confinement (source ISSeP)

Les graphiques de la Figure 2 reprennent les roses de vent à la station de Saint-Nicolas et à une hauteur de 50 m.



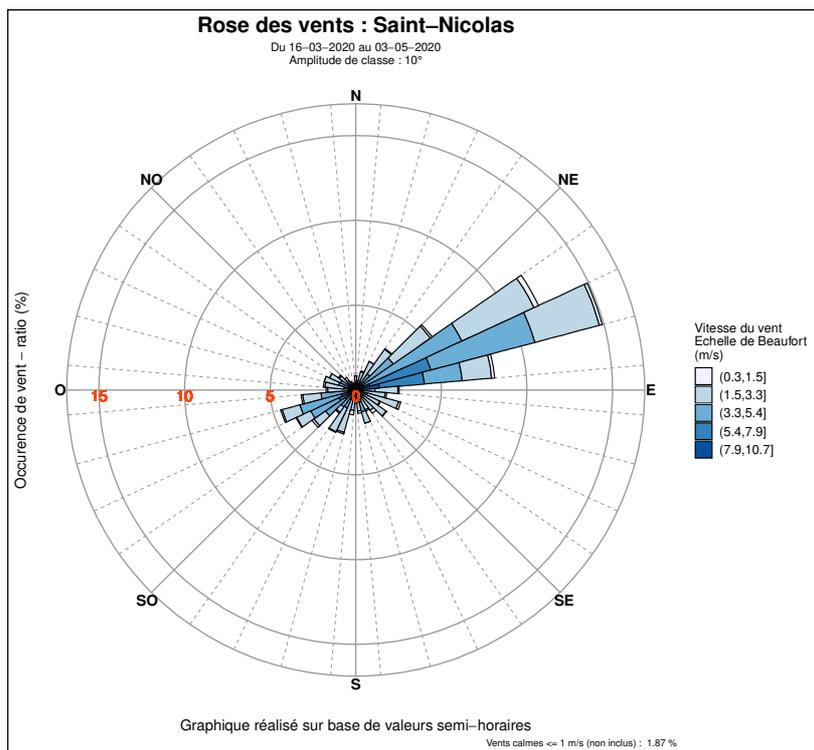


Figure 2 : Roses des vents pour la période avant confinement, pendant le confinement et lors de la levée du confinement (source ISSeP)

Les Figures 3 et 4 montrent les mesures des stations de Jemeppe et de Sainte-Ode du 27 janvier au 7 juin 2020 qui se prêtent à une analyse assez complète. On y trouve en effet un jeu complet de paramètres dont la température à deux niveaux, le vent et les précipitations. Un différentiel thermique (en rouge) indique une inversion de température.

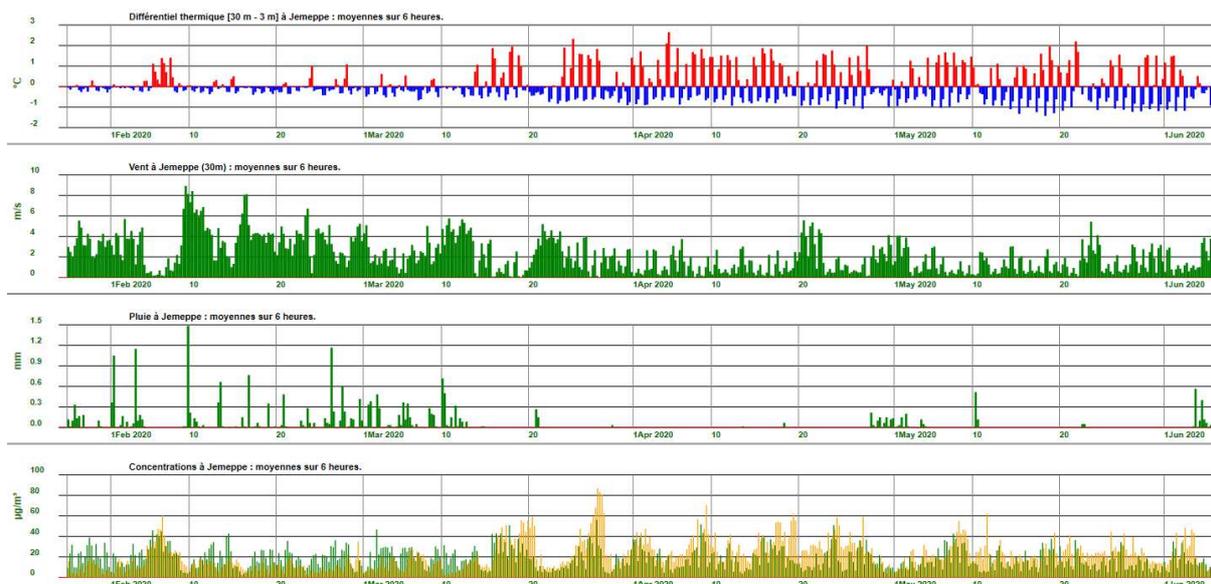


Figure 3 : Moyennes sur 6 heures des mesures faites à Jemeppe du 27 janvier au 7 juin 2020 (source AwAC)

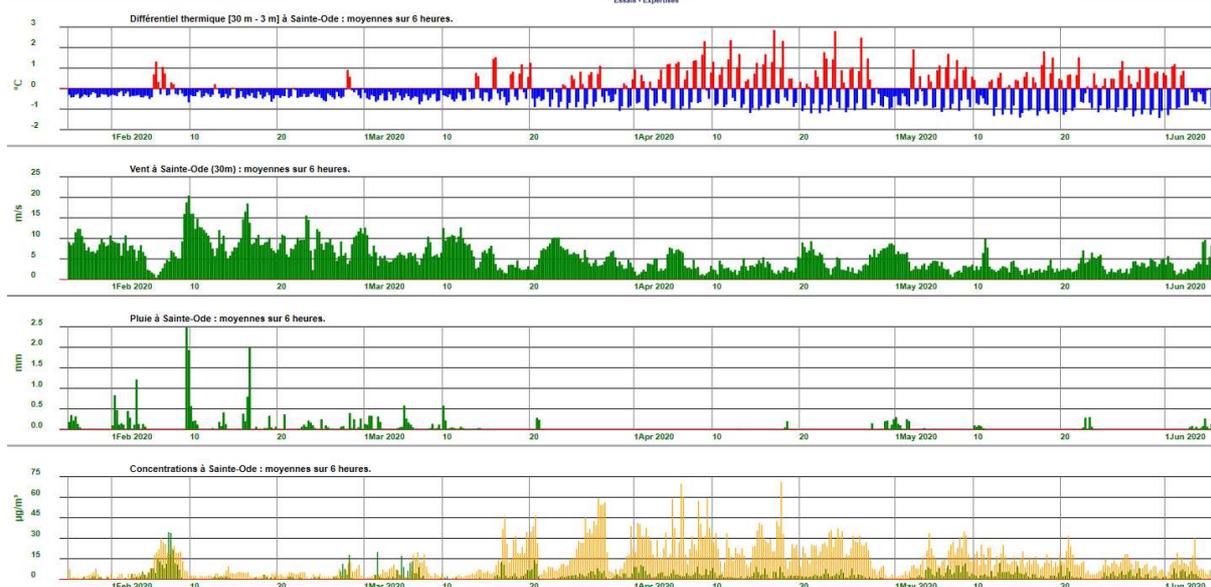


Figure 4 : Moyennes sur 6 heures des mesures faites à Sainte-Ode du 27 janvier au 7 juin 2020 (source AwAC)

### • 3.3. DISCUSSION

Lors des trois périodes étudiées, les conditions météorologiques ont été très différentes.

Durant la période avant le confinement, les vents proviennent majoritairement du sud-ouest, avec des températures moyennes supérieures aux années précédentes, des précipitations excédentaires en volume et en fréquence et enfin une vitesse moyenne de vent plus grande. On ne compte que 2 jours où le thermomètre est descendu sous 0, contre 18 en 2016, 6 en 2017, 25 en 2018 et 5 jours en 2019. Ces conditions météorologiques sont largement favorables à une bonne qualité de l'air. C'était moins le cas les années précédentes.

Lors de la période de confinement, nous avons été soumis à des vents d'origine continentale (est-nord-est). Par rapport aux années précédentes, les précipitations sont largement déficitaires que ce soit en volume ou en fréquence. Le temps a été plus lumineux avec un rayonnement solaire plus intense et plus sec (humidité relative faible). Enfin, la température moyenne a été plus élevée. Ce temps sec, ensoleillé avec des courants continentaux n'est pas favorable à une bonne qualité de l'air surtout au printemps où les pics en particules sont plus fréquents (formation de particules secondaires).

La troisième période fut également sèche, avec un déficit de précipitation (en quantité et fréquence) et d'humidité relative, et ensoleillée (excès de rayonnement). On retrouve les mêmes conditions défavorables à une bonne qualité de l'air avec toujours le risque de pics en particules typique du printemps.

L'hiver 2020 et en particulier la période pré-confinement a connu une situation propice à une bonne qualité d'air. Les inversions de températures ont été rares et peu importantes, voire absentes à Sainte-Ode. Seul un épisode début février fait exception avec des vents particulièrement calmes. En dehors de cet épisode, le régime des vents est caractérisé par des vitesses soutenues plusieurs heures et pouvant atteindre 8 m/s à Jemeppe et 20 m/s à Sainte-Ode. Ce régime de vents accompagné de fréquentes précipitations a permis d'assurer une bonne qualité de l'air jusqu'à la mi-mars.

Du 15 au 20 mars, le vent s'est affaibli et des inversions de température se sont répétées en l'absence de toute précipitation.

Du 21 au 24 mars, le vent s'est à nouveau levé dans des conditions atmosphériques instables, favorisant une bonne qualité de l'air, bien que le temps fût sec.

Par la suite, le vent est retombé pour se limiter à des vitesses modérées. Les inversions de températures se sont succédé sans pratiquement aucune interruption. L'air était sec.

## • 4. ANALYSE DES DONNÉES DU RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

### • 4.1. EVOLUTION DES MOYENNES HEBDOMADAIRES

#### • 4.1.1. INTRODUCTION

Dans cette approche, on calcule d'abord pour chaque station des concentrations hebdomadaires. Les stations sont ensuite regroupées en deux grands groupes : celui des stations de type urbain et celui des stations à caractère rural. Seules les stations de Namur (historique incomplet) et d'Engis (station à caractère industriel) n'ont pas été prises en compte. Pour chaque semaine, on obtient ainsi une moyenne pour les stations urbaines et une pour les stations rurales. On compare alors les moyennes de 2020 avec les moyennes calculées sur les 5 années précédentes (moyenne des 5 ans, minimum et maximum).

#### • 4.1.2. OXYDES D'AZOTE

Le secteur des transports est responsable de la part la plus importante des émissions d'oxydes d'azote, avec 48 % de la totalité des émissions anthropiques (contre 27 % pour le secteur industriel et 14 % pour l'agriculture). L'évolution des concentrations en oxydes d'azote est donc un excellent indicateur du trafic routier qui s'est fortement ralenti avec les mesures de confinement.

Durant la période de confinement et la période de levée de confinement, la courbe de 2020 a été presque systématiquement en-dessous des moyennes 2015-2019 et même de la courbe des minima 2015-2019, l'effet étant plus marqué pour les stations urbaines que rurales (Figures 5 et 6). La réduction des émissions du trafic est donc visible et ce bien que les conditions météorologiques de cette période ne soient pas spécialement favorables à une bonne qualité de l'air.

La courbe est également basse pour la période avant confinement et tout particulièrement à partir du la semaine 7 (soit le 10/02). Ici, c'est la météo perturbée et pluvieuse de février et début mars qui a favorisé les basses concentrations. On retiendra aussi le pic de la semaine 4 (20/01) où la Belgique est sous des conditions anticycloniques. Le 20 janvier, on enregistra même le record de la pression atmosphérique la plus élevée jamais mesurée en Belgique.

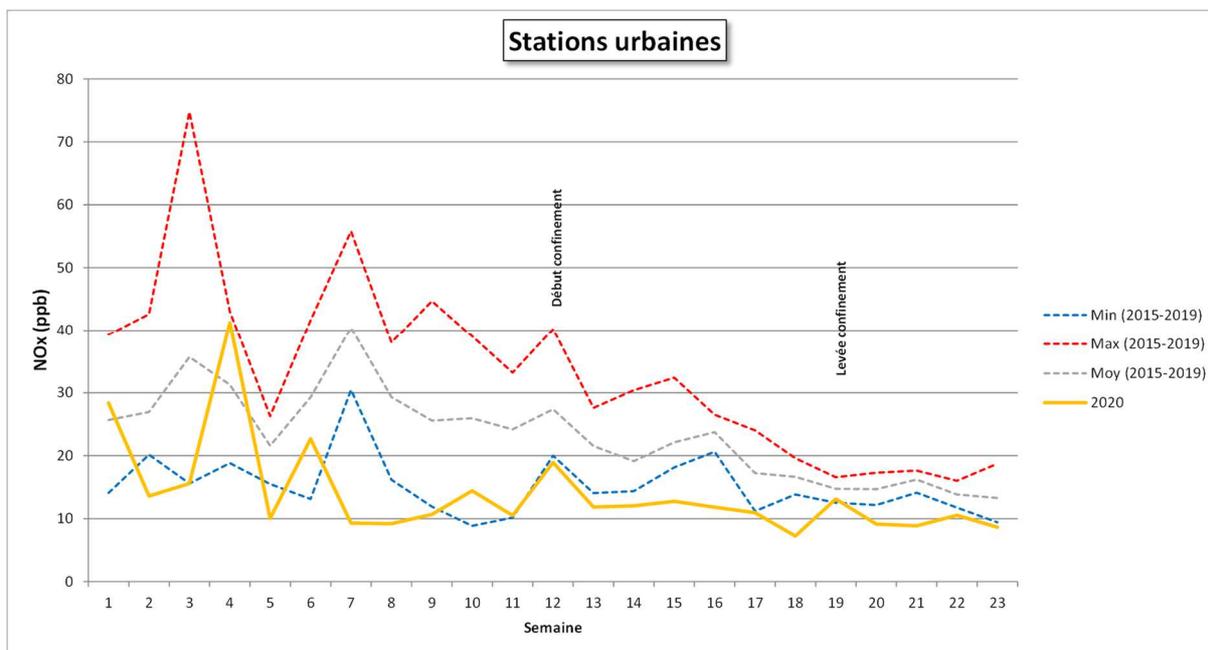


Figure 5 : Evolution des moyennes hebdomadaires en oxydes d'azote pour les stations urbaines (source ISSeP)

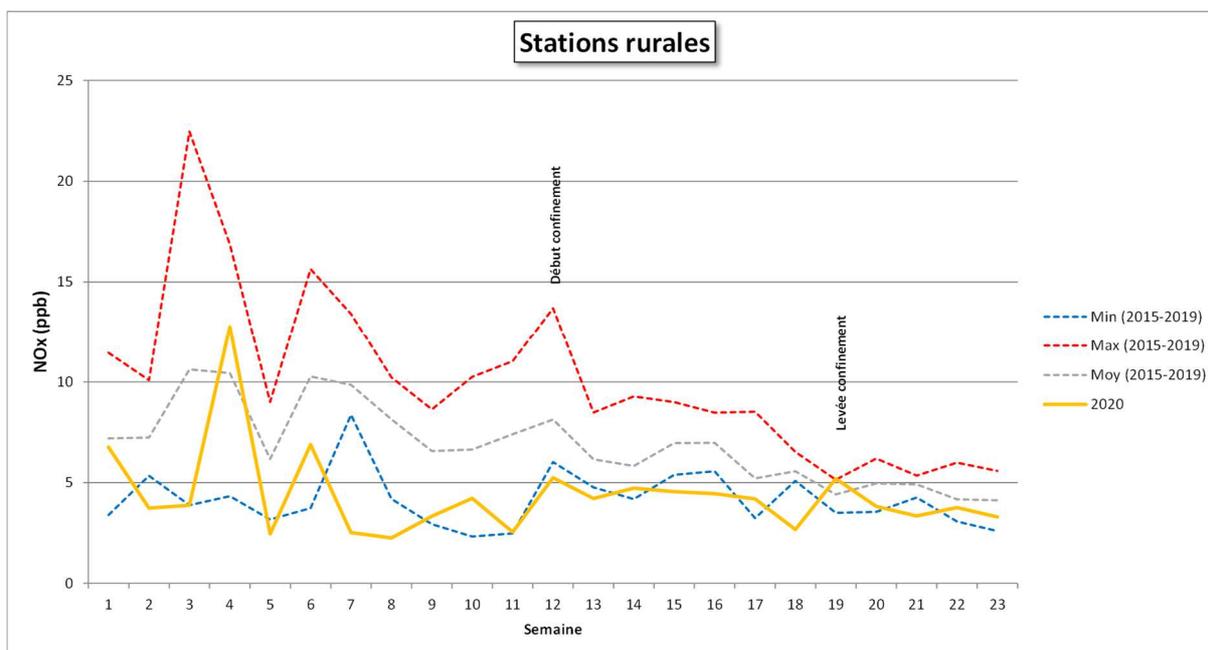


Figure 6 : Evolution des moyennes hebdomadaires en oxydes d'azote pour les stations rurales (source ISSeP)

Les émissions d'oxydes d'azote se font majoritairement sous la forme de monoxyde d'azote (NO) qui est un gaz instable qui se dégrade plus ou moins rapidement (selon les conditions oxydantes de l'atmosphère) en dioxyde d'azote. Les concentrations en monoxyde d'azote sont donc les plus élevées près des zones d'émissions, donc aux sites de mesures influencés par le trafic. On en retrouve peu sur les sites ruraux. Les pics en monoxyde d'azote ont lieu principalement en hiver lorsque les conditions de dispersion se dégradent. Les concentrations en été sont basses.

Pour les stations urbaines (Figure 7), on observe le même effet que pour le total des oxydes d'azote. Par contre, pour les stations rurales (Figure 8), la courbe de 2020 se situe légèrement au-dessus de la courbe des minima. Tout se passe comme si sur ces sites loin des émissions du trafic, on n'observe pas d'effet du confinement. Il faut cependant rester prudent car les concentrations sont très basses et proches de la limite de quantification de nos appareils.

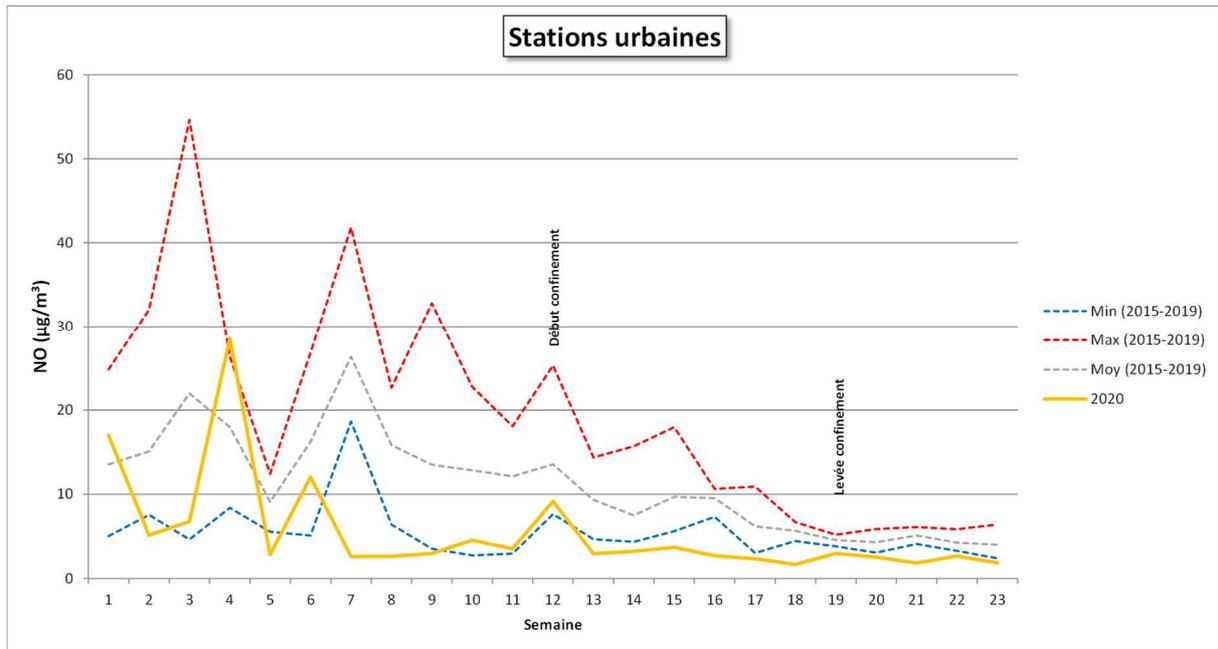


Figure 7 : Evolution des moyennes hebdomadaires en monoxyde d'azote pour les stations urbaines (source ISSEP)

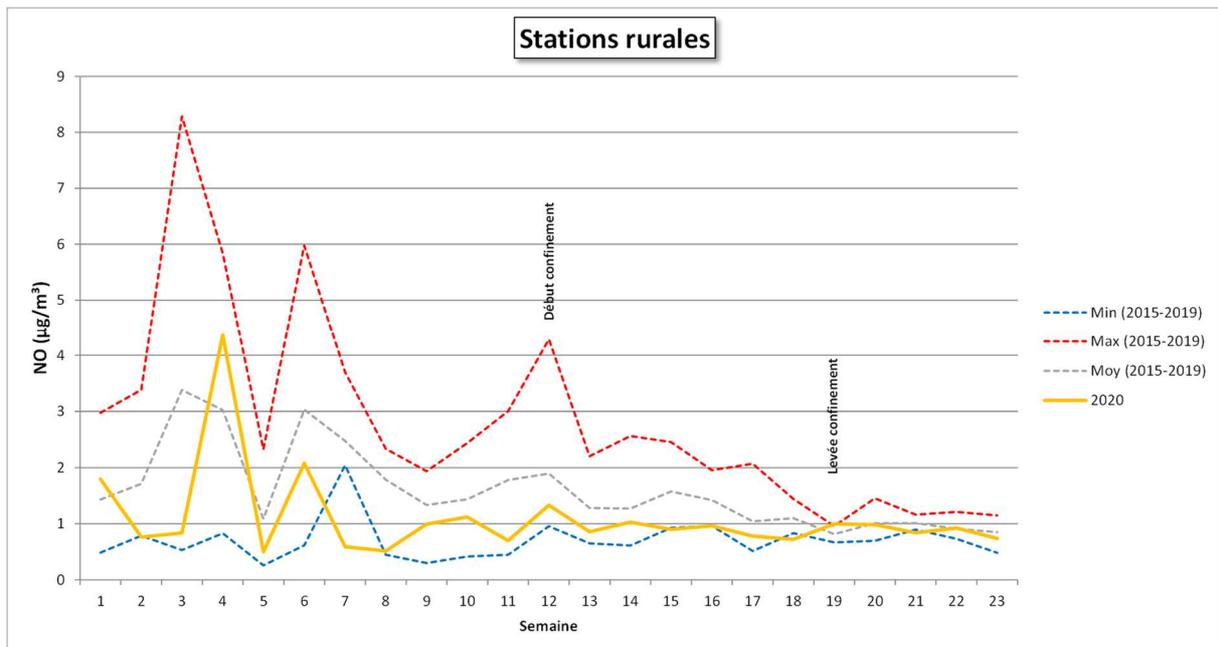


Figure 8 : Evolution des moyennes hebdomadaires en monoxyde d'azote pour les stations rurales (source ISSEP)

Le dioxyde d'azote est un polluant principalement secondaire qui résulte de l'oxydation du monoxyde d'azote. C'est la forme la plus stable des oxydes d'azote et même si les concentrations sont plus élevées près des sites sous l'influence du trafic, on en trouve aussi en milieu rural. Il existe un fond permanent en dioxyde d'azote quelle que soit la saison.

Les profils d'évolution des concentrations en dioxyde d'azote (Figures 9 et 10) sont très similaires à ceux du total des oxydes d'azote ce qui parfaitement logique puisqu'ils en sont la composante principale (de 60 à 90 % selon les sites). De nouveau, on observe que les concentrations sont plus basses durant la période de confinement et de levée du confinement à mettre en rapport avec la diminution des émissions mais aussi durant le mois de février-début mars, cette fois à cause des conditions météorologiques favorables à une bonne qualité de l'air.

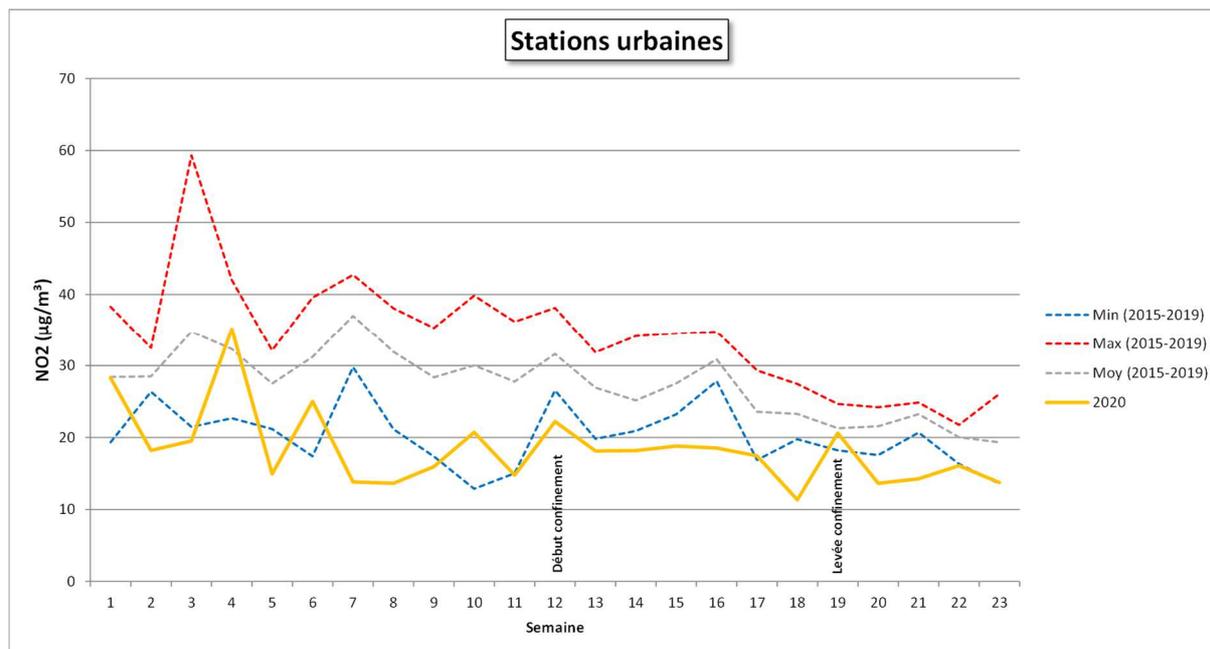


Figure 9 : Evolution des moyennes hebdomadaires en dioxyde d'azote pour les stations urbaines (source ISSeP)

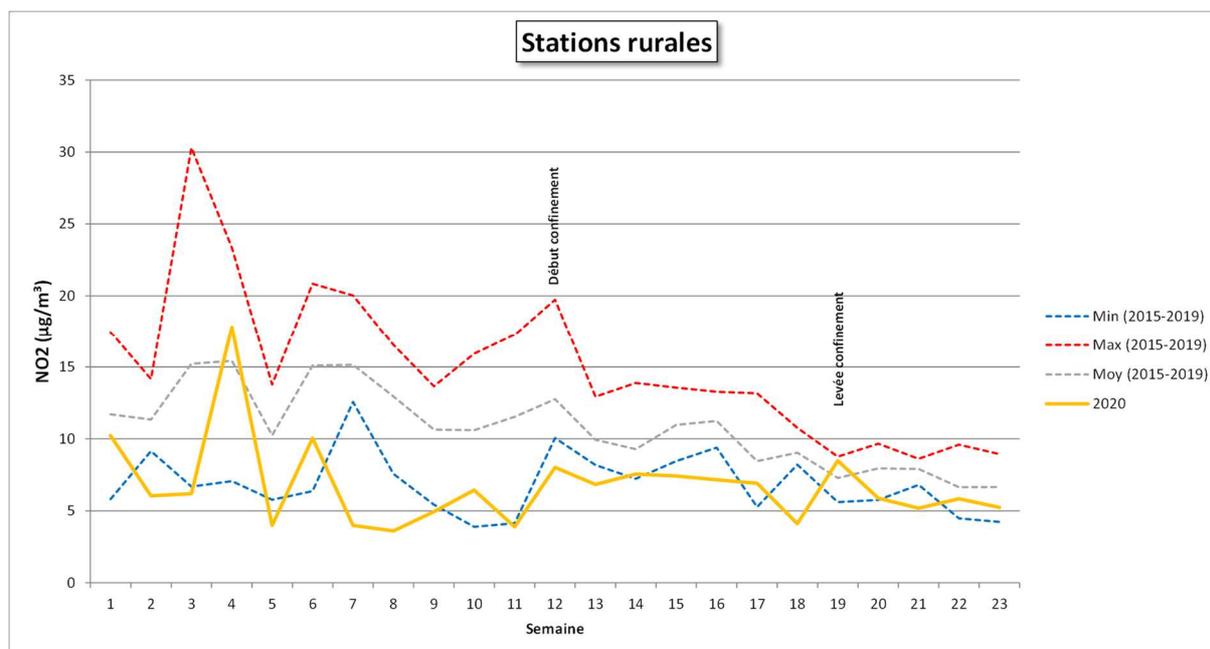


Figure 10 : Evolution des moyennes hebdomadaires en dioxyde d'azote pour les stations rurales (source ISSeP)

#### • 4.1.3. PARTICULES EN SUSPENSION (PM10)

Le secteur résidentiel est responsable de la part la plus importante des émissions de particules en suspension (fraction PM10) avec 43 %. Viennent ensuite le secteur industriel avec 31 % et le secteur du transport (12 %).

Que ce soit en milieu urbain (Figure 11) ou en milieu rural (Figure 12), les concentrations en PM10 lors de la période de confinement et de levée de confinement sont tout à fait dans les normes. Il n'y aurait pas d'effet du confinement, ce qui n'est guère surprenant vu la part mineure qu'occupe le trafic dans les émissions. De plus, l'entrée de la Belgique en confinement s'est accompagnée d'un changement dans les conditions météorologiques. On observe en effet durant ces deux périodes un défaut de précipitation (aussi bien en fréquence qu'en quantité), un excès de rayonnement solaire et des masses d'air d'origine continentale (est-nord-est). Ces conditions sont propices à une mauvaise qualité de l'air. D'une part, les conditions de dispersion se dégradent, il n'y a pas de lavage de l'atmosphère, les masses d'air continentales sont déjà polluées, ... D'autre part, ces conditions sont compatibles avec la formation de particules secondaires. Comme c'est souvent le cas au printemps quand la météo est ensoleillée, les épandages dans le secteur agricole se traduisent par des émissions d'ions ammonium qui peuvent se combiner avec des nitrates donnant naissance à des particules.

Lors de la période avant le confinement, les concentrations en particules étaient plus basses que les années précédentes. Le mois de février a été en effet particulièrement venteux (bonne dispersion) et pluvieux. On voit très clairement le changement de régime météorologique entre les semaines 11 ou 12 avec l'augmentation des concentrations en particules.

Enfin, on retiendra que la diminution des concentrations observée lors de la semaine 18 (du 28/04 au 03/05) correspond à une baisse de la pression atmosphérique, des vents du sud-ouest et l'arrivée de dépressions. Pour la première fois depuis l'entrée en confinement la pression fut basse (<1013 hPa) et on a observé 5 jours d'affilée avec des précipitations (du 28/04 au 02/05).

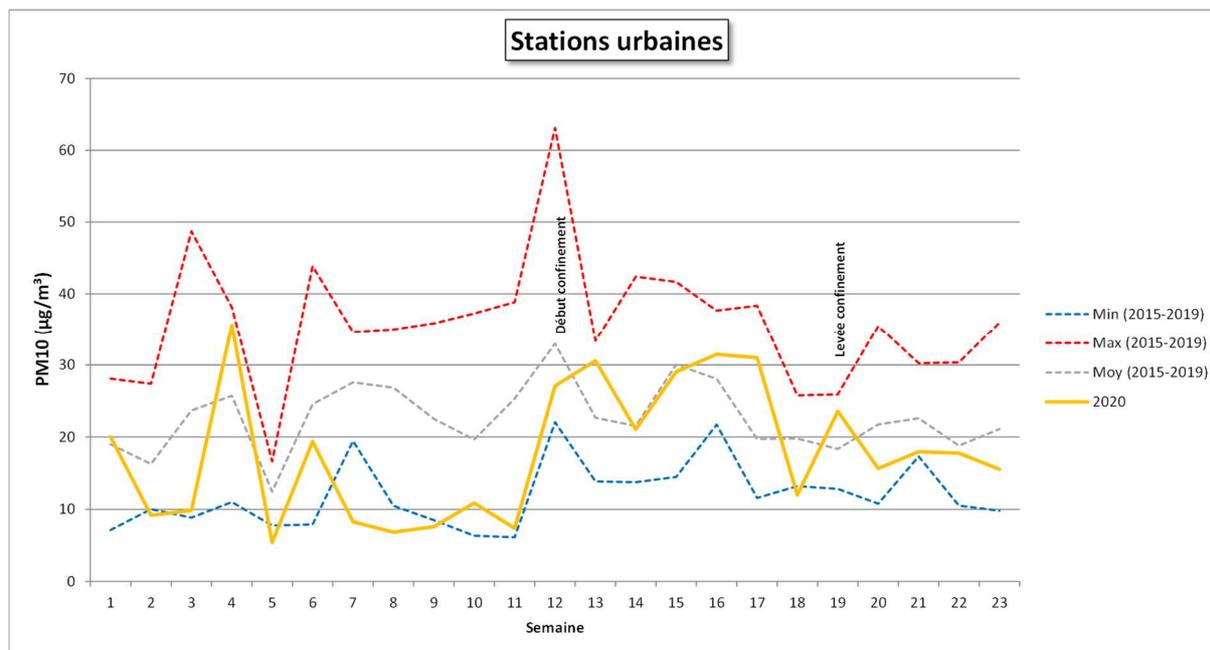


Figure 11 : Evolution des moyennes hebdomadaires en particules en suspension (PM10) pour les stations urbaines (source ISSEP)

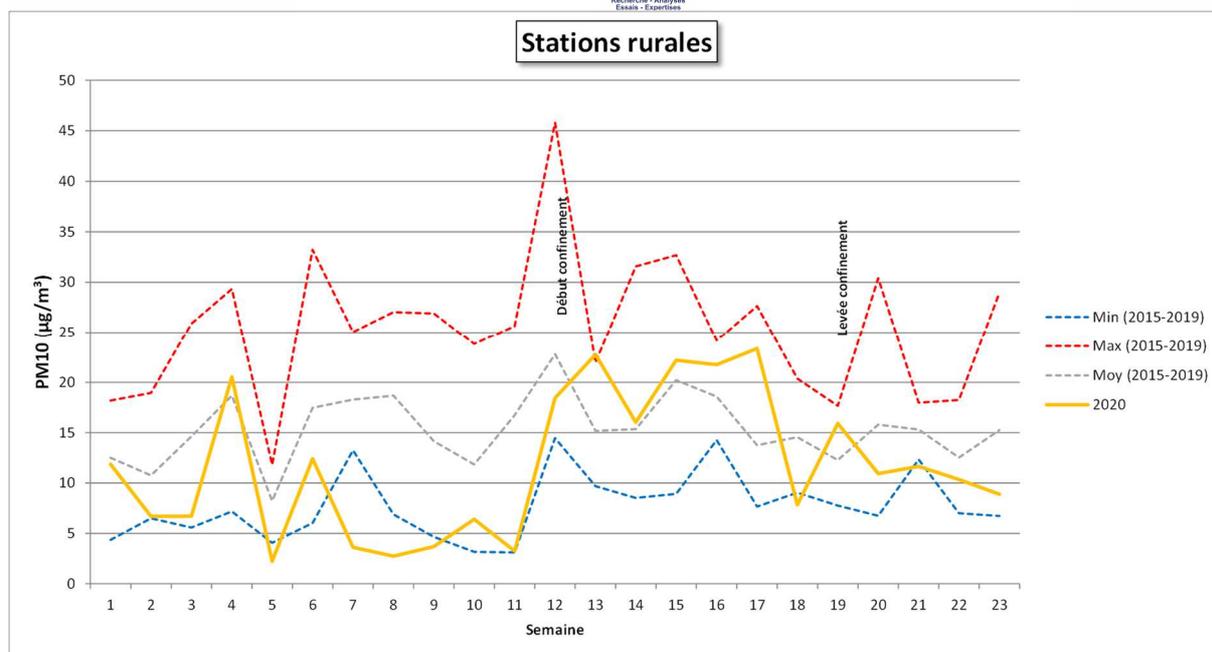


Figure 12 : Evolution des moyennes hebdomadaires en particules en suspension (PM10) pour les stations rurales (source ISSeP)

#### • 4.1.4. PARTICULES EN SUSPENSION (PM2.5)

Avec une part de 63 %, le secteur résidentiel est le principal secteur émetteur de particules (PM2.5). Le transport et l'industrie ne comptent que pour 17 % et 13 % des émissions.

Comme pour la fraction PM10, l'évolution des concentrations en PM2.5 sont dans les normes durant la période de confinement (Figures 13 et 14) et en-dessous lors de la période précédant le confinement pour les mêmes raisons que celles déjà évoquées pour la fraction PM10.

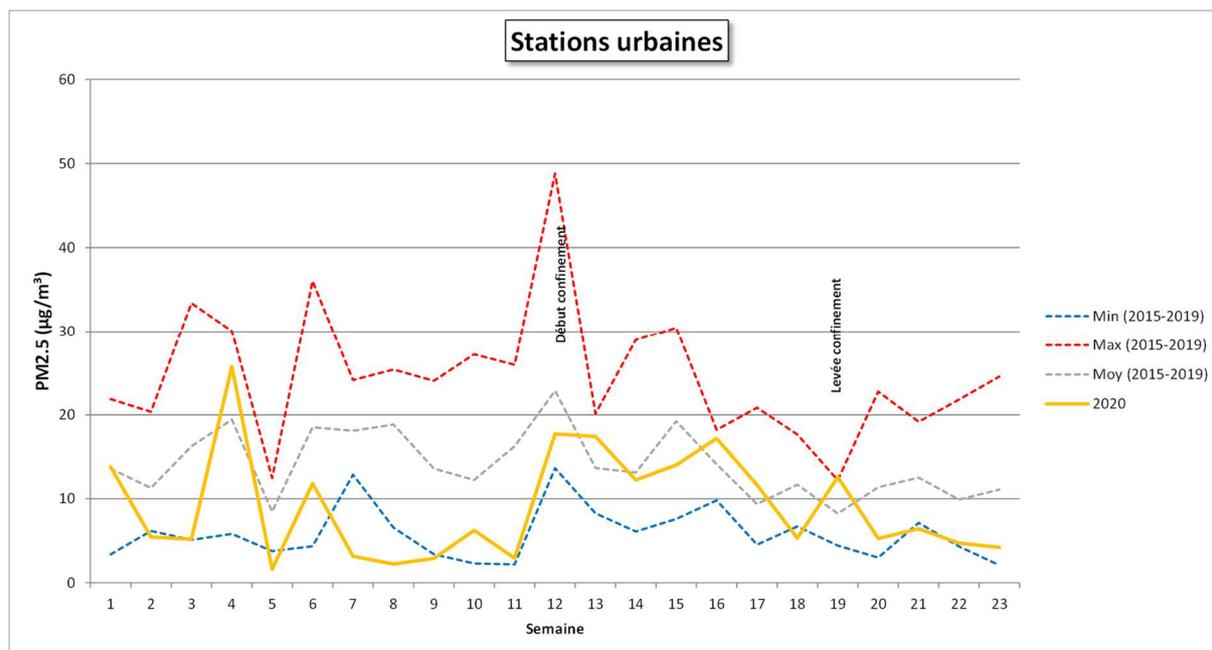


Figure 13 : Evolution des moyennes hebdomadaires en particules en suspension (PM2.5) pour les stations urbaines (source ISSeP)

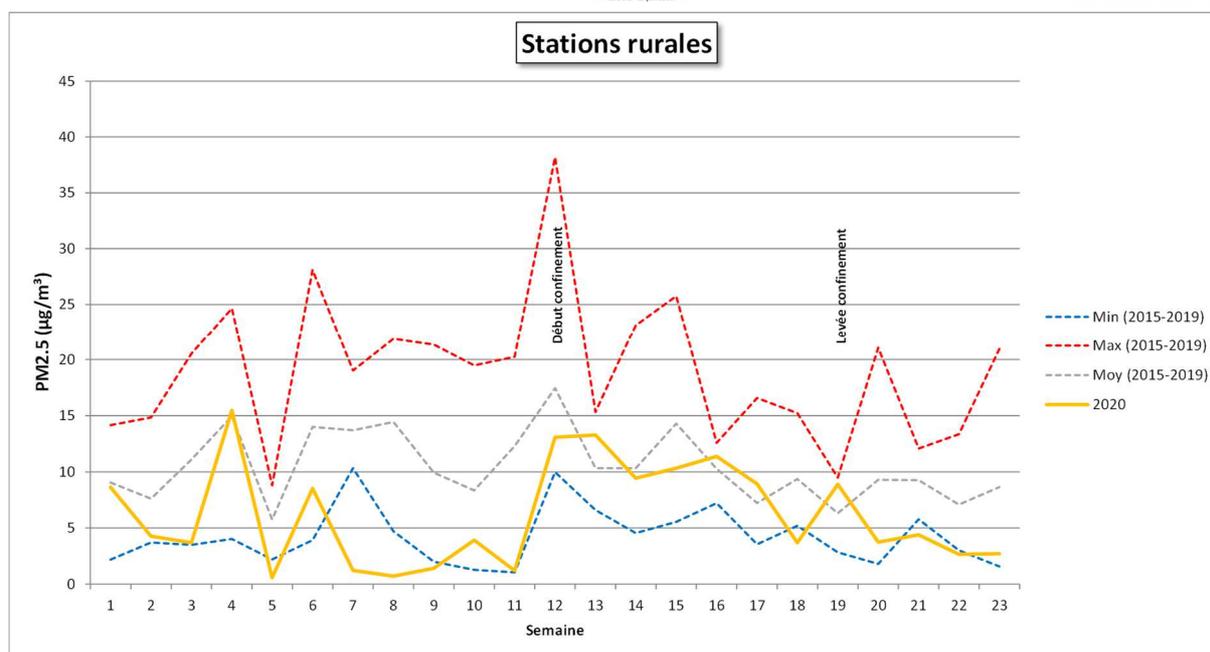


Figure 14 : Evolution des moyennes hebdomadaires en particules en suspension (PM10) pour les stations rurales (source ISSEP)

#### • 4.1.5. MONOXYDE DE CARBONE

Le secteur résidentiel (chauffage essentiellement) est le plus gros émetteur de CO (44 % en 2014 – source AwAC), laissant les secteurs des transports et industriel en deuxième et troisième position avec 28 % et 20 % des émissions.

Le monoxyde de carbone est un polluant posant peu de problème quant au respect de la norme européenne ou des recommandations OMS. Cependant, il est intéressant d'étudier son évolution surtout en milieu urbain pour voir si le confinement a eu des effets visibles quant aux habitudes de chauffage des citoyens.

L'évolution du profil de 2020 des concentrations en monoxyde de carbone est tout à fait dans les normes saisonnières pour la période de confinement et de levée de confinement. Il ne semble donc pas avoir eu d'effet visible de la réduction des émissions liées au trafic ou un changement des émissions liées au secteur résidentiel. Pour ce dernier, il faut se rappeler que le début du confinement coïncide avec une météo printanière (même si les nuits ont parfois été froides au début) et que les besoins en chauffage ont été limités. Mais à contrario, l'ensemble de la population étant confiné à domicile, ceci a pu contribuer à une augmentation des émissions. L'impact du confinement sur les émissions du secteur résidentiel est donc très difficile à évaluer.

Comme pour les autres polluants, on observe des concentrations en monoxyde de carbone plus basses que les années précédentes lors des semaines précédant le confinement ce qui correspond au mois de février venteux et pluvieux.

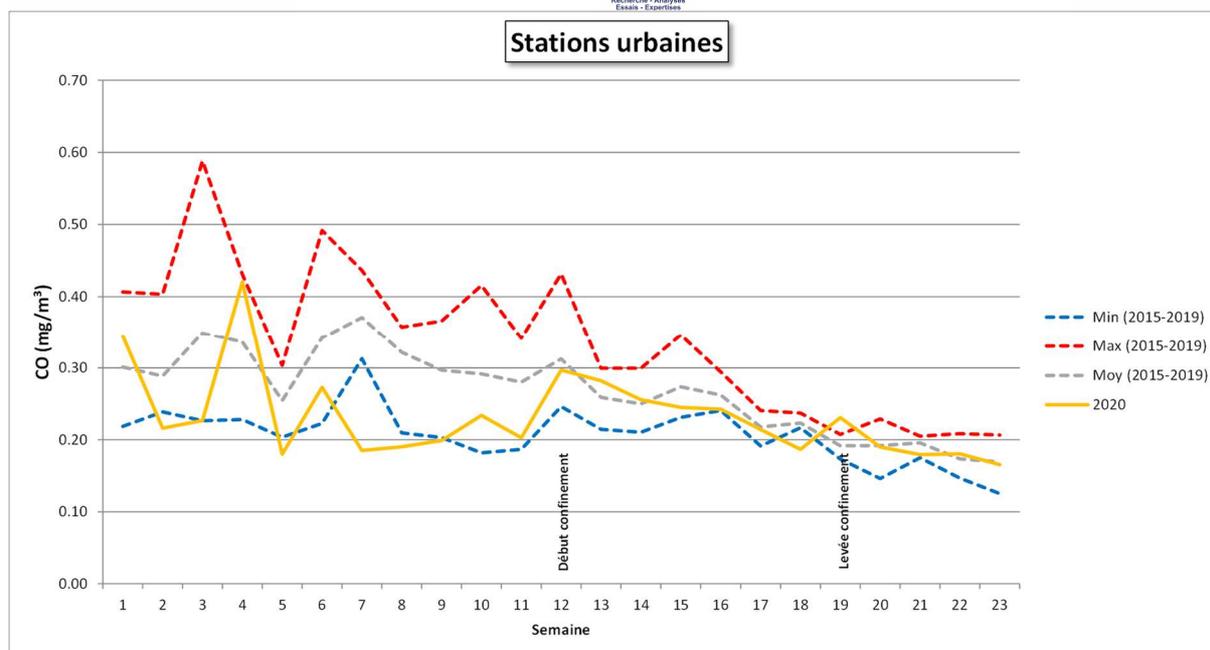


Figure 15 : Evolution des moyennes hebdomadaires en monoxyde de carbone pour les stations urbaines (source ISSeP)

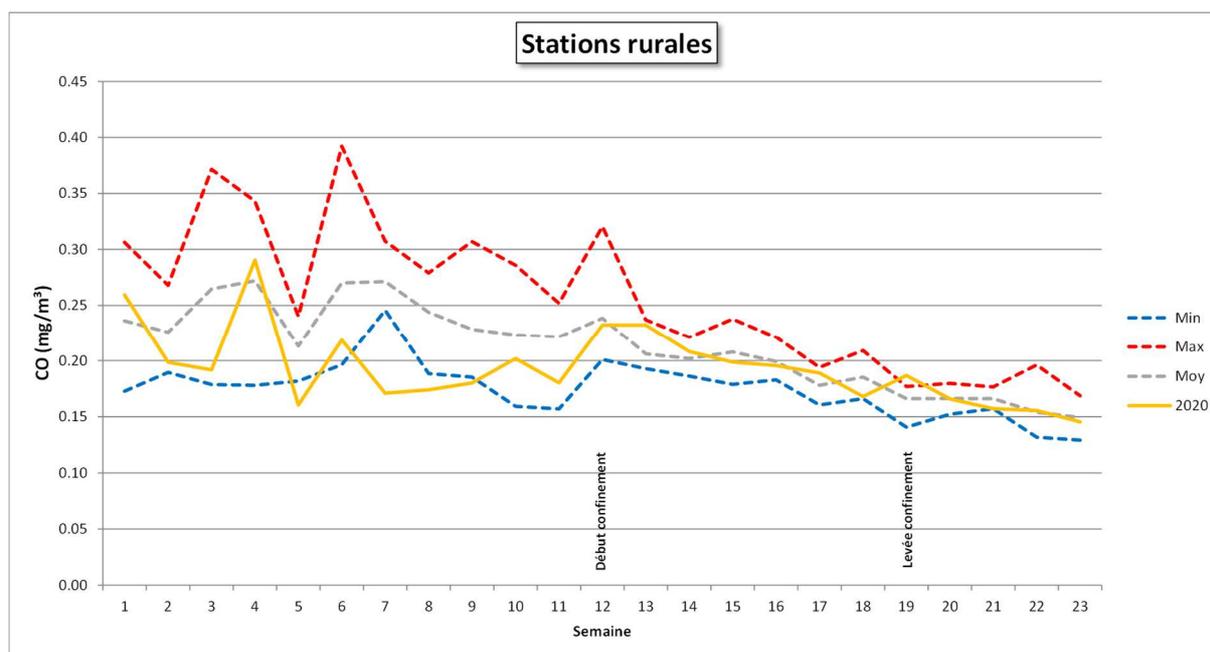


Figure 16 : Evolution des moyennes hebdomadaires en monoxyde de carbone pour les stations rurales (source ISSeP)

## • 4.2. MOYENNES SUR LES PÉRIODES

### • 4.2.1. INTRODUCTION

Une autre façon de représenter l'évolution des concentrations est de comparer, pour les trois périodes étudiées, la moyenne de 2020 aux moyennes des 4 années précédentes.

Nous avons fait cet exercice pour chaque station prise individuellement et pour le regroupement des stations en deux catégories : les stations urbaines et les stations rurales (Tableau 5).

		NOx	PM	CO
Stations urbaines	Marchienne	x	x	x
	Marcinelle		x	
	Charleroi	x	x	x
	Lodelinsart	x	x	
	Chatelet		x	
	Angleur		x	
	Herstal	x	x	
	Liege (Chera)	x	x	x
	Mons	x	x	x
	Corroy-le-Grand	x	x	x
	Jemeppe	x	x	x
	Saint-Nicolas		x	
Stations rurales	Dourbes	x	x	
	Andenne	x	x	
	Bertrix	x	x	
	Sinsin	x	x	
	Sainte-Ode	x	x	
	Habay	x	x	x
	Vielsalm	x	x	x
	Membach	x	x	
	Havennes	x	x	x

Tableau 5 : Stations mesurant les différents polluants (source AwAC)

#### • 4.2.2. PÉRIODE AVANT CONFINEMENT

En ce qui concerne les oxydes d'azote, on observe très clairement une diminution du total des oxydes d'azote, du monoxyde d'azote et du dioxyde d'azote en milieu urbain (Figure 17). La diminution est plus marquée pour le monoxyde d'azote (-71 %, soit  $10.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que pour le dioxyde d'azote (-42 %, soit  $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La diminution est également perceptible en milieu rural avec des diminutions de -43 % ( $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour le monoxyde d'azote et de -54 % ( $6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour le dioxyde d'azote.

On observe également une diminution des particules en suspension (Figure 18). En milieu urbain, la diminution est plus marquée pour la fraction PM2.5 (-69 %, soit  $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que pour la fraction PM10 (-56 %, soit  $11.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En milieu rural, les diminutions sont de -61 % ( $8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les PM10 et -76 % ( $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les PM2.5.

Avec des réductions de -32 % ( $0.10 \text{mg}/\text{m}^3$ ) en milieu urbain et de -22 % ( $0.05 \text{mg}/\text{m}^3$ ) en milieu rural, la diminution des concentrations en monoxyde de carbone est moins marquée que pour les autres polluants (Figure 19).

Le Tableau 6 synthétise les différents résultats pour l'ensemble des stations. On observe une diminution des concentrations pour la période allant du 27 janvier 2020 au 15 mars 2020 par rapport aux concentrations mesurées sur la même période pour les 4 années précédentes. Seules les stations de Sainte-Ode et de Vielsalm montrent une augmentation pour le monoxyde d'azote mais il faut relativiser cette information car les concentrations dans ces sites de fond sont particulièrement basses et à la limite de ce qui est mesurable.

Ces diminutions sont généralisées et résultent des conditions météorologiques tout à fait particulières de cette période avec des précipitations abondantes et beaucoup de vent, soit des conditions favorables à une bonne qualité de l'air.

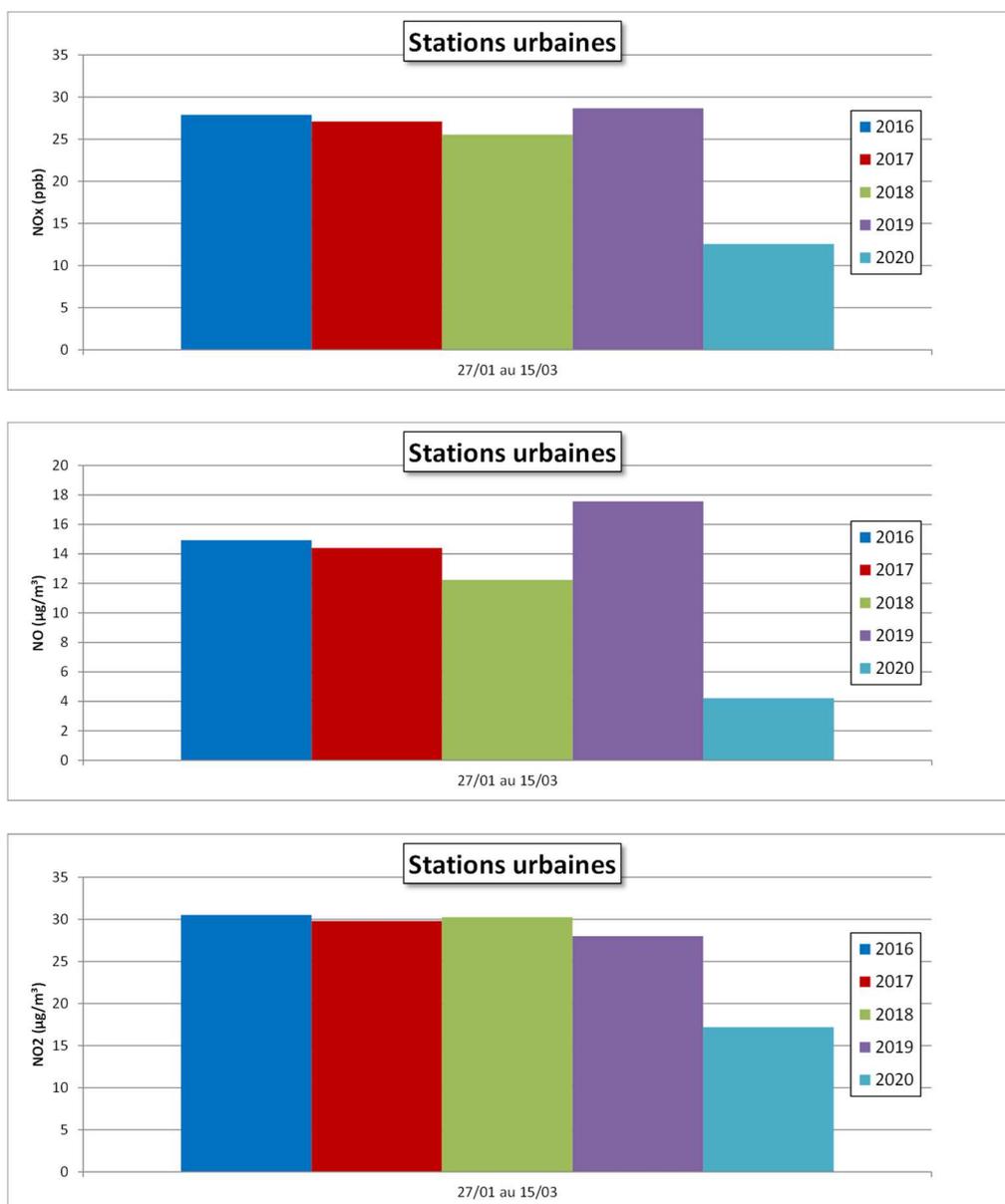


Figure 17 : Oxydes d'azote - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période d'avant confinement (source ISSeP)

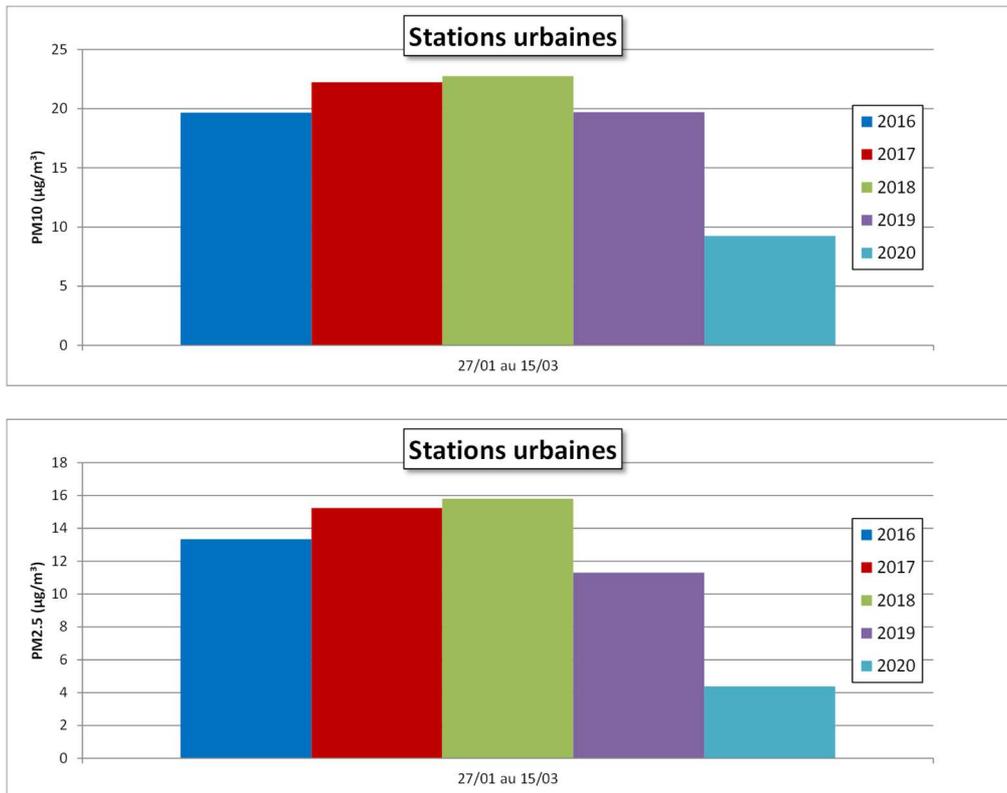


Figure 18 : Particules en suspension - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période d'avant confinement (source ISSeP)

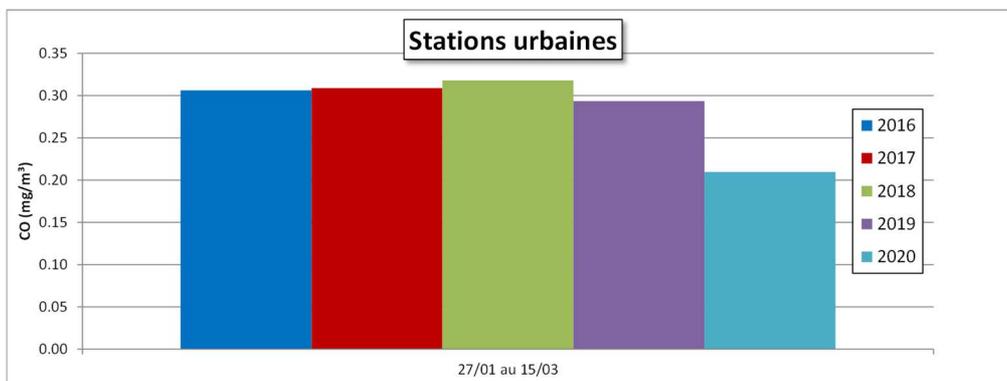


Figure 19 : Monoxyde de carbone - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période d'avant confinement (source ISSeP)

Période du 27/01 au 15/03						
	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2.5	CO
Marchienne	-64%	-41%	-51%	-58%	-70%	-32%
Marcinelle				-46%	-61%	
Charleroi	-68%	-41%	-55%	-55%	-67%	-30%
Lodelinsart	-68%	-41%	-51%	-54%	-65%	
Châtelineau				-62%	-71%	
Engis	-55%	-32%	-39%	-68%	-72%	
Angleur				-63%	-76%	
Herstal	-73%	-42%	-56%	-65%	-75%	
Liège (Val-Benoît)	-76%	-54%	-63%	-54%	-68%	-35%
Mons	-60%	-41%	-49%	-48%	-64%	-32%
Namur	-71%	-58%	-57% <sup>(1)</sup>	-55%	-69%	
Dourbes	-89%	-56%	-57%	-72%	-84%	
Corroy	-82%	-53%	-59%	-69%	-78%	-24%
Vezin	-50%	-58%	-58%	-66%	-78%	
Offagne	-17%	-51%	-47%	-47%	-61%	
Sinsin	-79%	-57%	-61%	-71%	-81%	
Ste-Ode	+330%	-69%	-24%	-74%	-79%	
Habay	-62%	-54%	-56%	-66%	-75%	-24%
Eupen	-35%	-59%	-55%			
Vielsalm	+142%	-37%	-28%	-60%	-75%	-19%
Membach				-63%	-76%	
Jemeppe	-76%	-33%	-52%	-53%	-67%	-30%
St-Nicolas				-60%	-72%	
Tournai	-62%	-44%	-47%	-68%	-76%	-23%

(1) Pour la station de Namur, nous ne disposons des données NO<sub>x</sub> que pour 2019 et 2020

Tableau 6 : Synthèse des évolutions - Période avant confinement (source ISSeP)

#### • 4.2.3. PÉRIODE DE CONFINEMENT

On observe très clairement une diminution des oxydes d'azote pour la période de confinement (Figure 20). En milieu urbain, cette diminution est de -39 % (7.8 ppb) pour le total des oxydes d'azote, -56 % (4.6 µg/m<sup>3</sup>) pour le monoxyde d'azote et de -32 % (8.4 µg/m<sup>3</sup>) pour le dioxyde d'azote, contre, respectivement, -28 % (1.6 ppb), -21 % (0.3 µg/m<sup>3</sup>) et -29 % (2.8 µg/m<sup>3</sup>) en milieu rural. On constate donc une diminution généralisée des oxydes d'azote bien que les conditions météorologiques ne soient pas favorables à une bonne qualité de l'air.

En ce qui concerne les particules en suspension, on observe une augmentation en milieu urbain de 10 % (2.4 µg/m<sup>3</sup>) pour la fraction PM10 et une diminution de -2 % (0.3 µg/m<sup>3</sup>) pour la fraction PM2.5 (Figure 21). En milieu rural, les PM10 augmentent de 23 % (3.7 µg/m<sup>3</sup>) et les PM2.5 diminuent de -7 % (0.7 µg/m<sup>3</sup>). Si on examine de plus près les concentrations des 4 années précédentes, on constate pour les PM10 que les concentrations moyennes ont été plus basses en 2016, 2017 et 2018 qu'en 2020. De même, pour la fraction PM2.5, les concentrations ont été plus basses en 2016 et 2018 où on a observé un plus grand nombre de jours de pluies, une pression atmosphérique plus basse et une vitesse de vent plus grande durant cette période. Au contraire, les concentrations ont été plus élevées en 2019 où les vents ont soufflé majoritairement de l'est-nord-est.

Le confinement n'a donc pas eu d'effet visible sur les concentrations en particules en suspension. La météo a certainement joué un rôle important avec une prédominance de courants continentaux, du soleil et très peu de précipitations. De plus, cette période de l'année est propice à la formation de particules secondaires.

Les concentrations en monoxyde de carbone sont très stables d'une année à l'autre pour la période étudiée (Figure 22). En milieu urbain, on enregistre une diminution de -2 % (0.01 mg/m<sup>3</sup>) alors qu'en milieu rural, on constate une augmentation de 1 % (0.003 mg/m<sup>3</sup>). Ces variations sont peu significatives et on peut affirmer que le confinement n'a pas eu d'effet visible sur les concentrations en monoxyde de carbone.

Au Tableau 7, nous avons repris les variations entre 2020 et la période 2016-2019 pour l'ensemble des stations. Pour les oxydes d'azote, on constate une diminution généralisée des concentrations pendant la période de confinement. Seules 4 stations rurales montrent une augmentation des concentrations en monoxyde d'azote mais les niveaux mesurés sur ces sites sont extrêmement faibles et à la limite de ce qui est mesurable. La situation est moins claire pour les particules en suspension et il n'y a pas d'évolution d'ensemble. Enfin, les concentrations en monoxyde de carbone ont peu évolué.

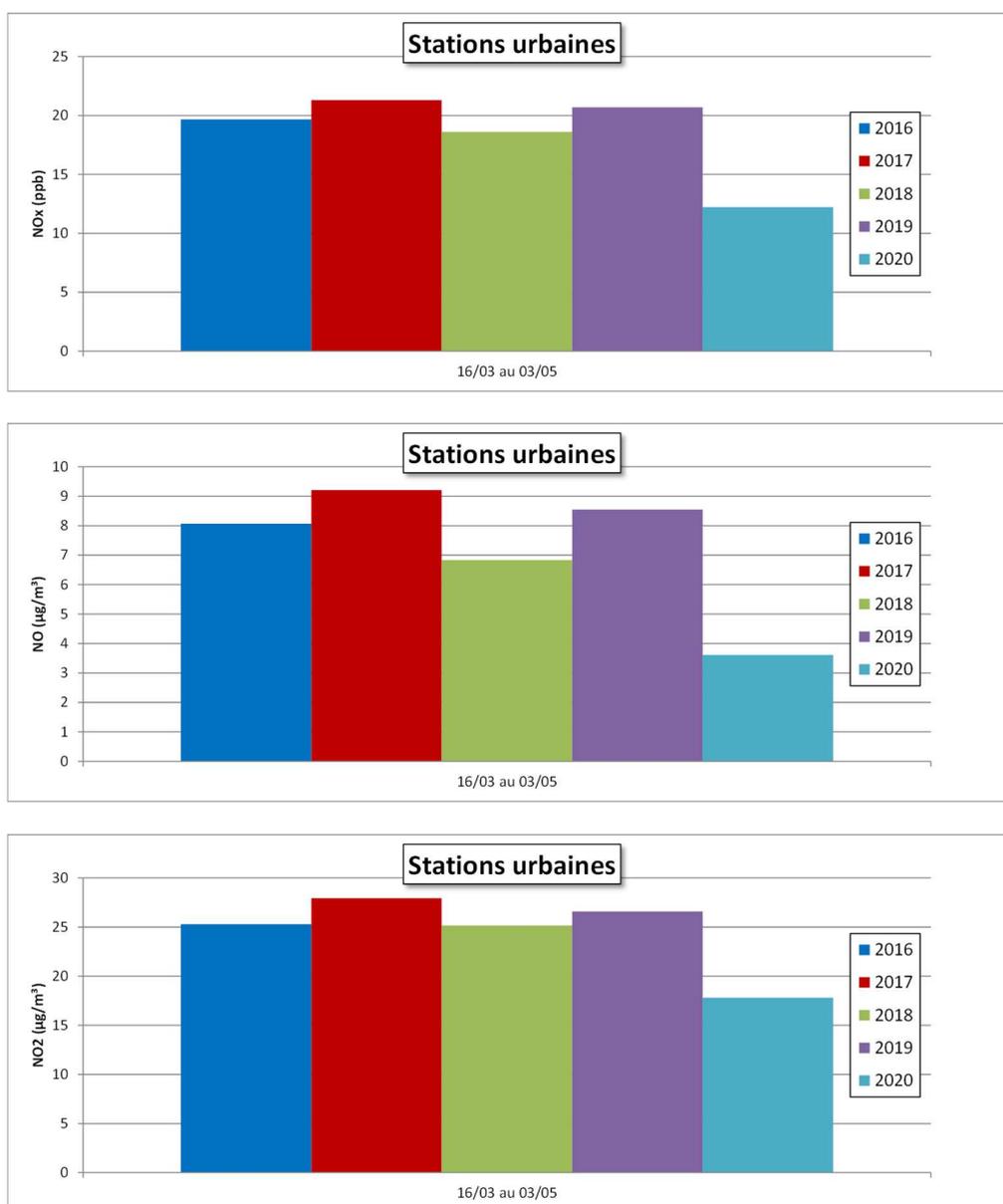


Figure 20 : Oxydes d'azote - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de confinement (source ISSEP)

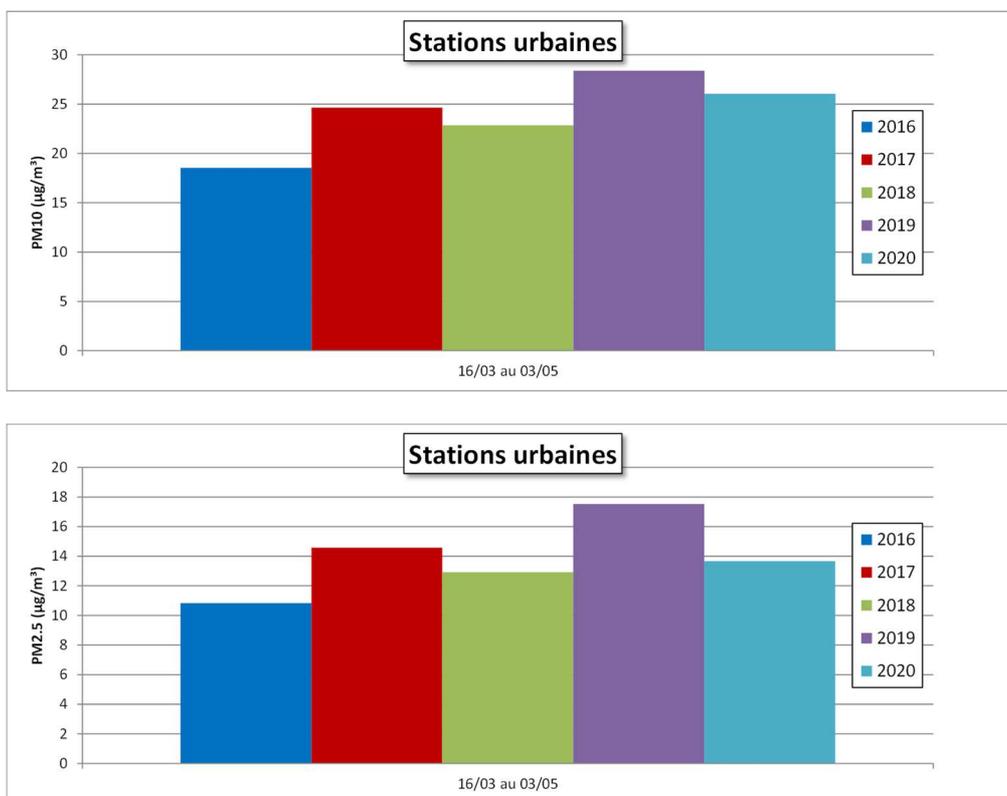


Figure 21 : Particules en suspension - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de confinement (source ISSeP)

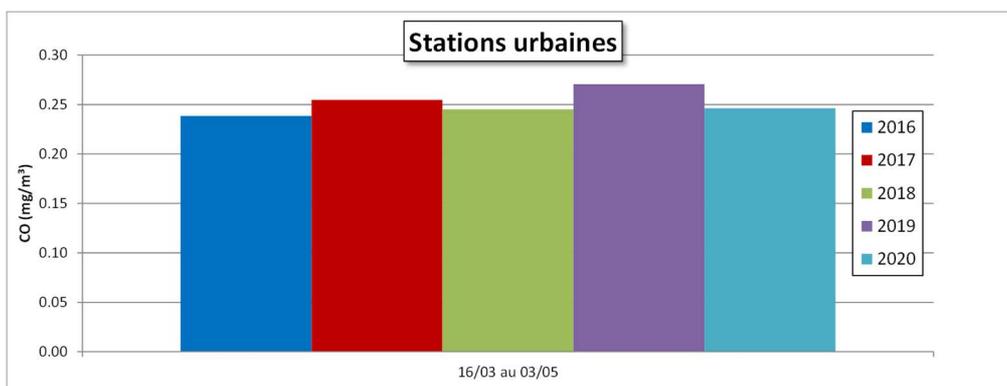


Figure 22 : Monoxyde de carbone - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de confinement (source ISSeP)

Période du 16/03 au 03/05						
	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2.5	CO
Marchienne	-58%	-27%	-37%	+20%	+8%	0%
Marcinelle				+18%	-1%	
Charleroi	-50%	-28%	-36%	+15%	+2%	-2%
Lodelinsart	-57%	-34%	-41%	+11%	-1%	
Châtelaineau				+10%	+1%	
Engis	-35%	-20%	-24%	-1%	-12%	
Angleur				-1%	-18%	
Herstal	-63%	-30%	-41%	+10%	-7%	
Liège (Val-Benoît)	-51%	-32%	-38%	+2%	-2%	-3%
Mons	-57%	-45%	-48%	-3%	-7%	-9%
Namur	-71%	-49%	-54% <sup>(1)</sup>	+10%	-2%	
Dourbes	-38%	-10%	-10%	-1%	-18%	
Corroy	-58%	-33%	-37%	-5%	-24%	+2%
Vezein	-17%	-33%	-32%	+8%	-15%	
Offagne	+18%	-15%	-11%	+80%	+32%	
Sinsin	-58%	-26%	-32%	+17%	-7%	
Ste-Ode	+183%	-55%	-27%	+50%	+9%	
Habay	-63%	-39%	-44%	+18%	-4%	-2%
Eupen	+4%	-28%	-23%			
Vielsalm	+72%	-20%	-16%	+26%	+4%	+3%
Membach				+11%	-13%	
Jemeppe	-49%	-27%	-34%	+11%	-1%	+3%
St-Nicolas				+18%	-2%	
Tournai	-33%	-18%	-20%	-15%	-14%	+3%

(1) Pour la station de Namur, nous ne disposons des données NO<sub>x</sub> que pour 2019 et 2020

Tableau 7 : Synthèse des évolutions - Période de confinement (source ISSeP)

#### • 4.2.4. PERIODE DE LEVEE DU CONFINEMENT

Comme pour la période de confinement, on remarque une baisse des oxydes d'azote en milieu urbain (Figure 23). Cette baisse est de -33 % (4.9 ppb) pour le total des oxydes d'azote, -49 % pour le monoxyde d'azote (2.3 µg/m<sup>3</sup>) et -28% (6 µg/m<sup>3</sup>) pour le dioxyde d'azote, soit légèrement moins que pendant la période de confinement strict, surtout en valeurs absolues. En milieu rural, la situation est moins claire avec des diminutions pour le total des oxydes d'azote (-18 % soit 0.8 ppb) et pour le dioxyde d'azote (-20 % soit 1.5 µg/m<sup>3</sup>) mais une légère augmentation pour le monoxyde d'azote (+3 % soit 0.03 µg/m<sup>3</sup>). Pour ce dernier, on constate une diminution pour les stations rurales avec les concentrations les plus élevées et une augmentation pour les stations les plus rurales de fond.

Pour les particules en suspension, la situation est complexe (Figure 24). Ainsi, en milieu urbain, on note une très légère diminution pour la fraction PM10 (-13 % soit 2.7 µg/m<sup>3</sup>) au contraire de la fraction PM2.5 pour laquelle on observe une diminution bien plus marquée de -40 % (4.5 µg/m<sup>3</sup>). En milieu rural, on enregistre une légère diminution pour la fraction PM10 (-13 %, soit 1.9 µg/m<sup>3</sup>) et une diminution marquée pour la fraction PM2.5 (-48 %, soit 4.1 µg/m<sup>3</sup>).

Les conditions météorologiques de la période de levée de confinement sont similaires à la période de confinement strict avec des précipitations déficitaires, une pression atmosphérique élevée, des vents d'origine continentale (est-nord-est) et un rayonnement solaire intense. Ces conditions sont défavorables à une bonne qualité de l'air, surtout en ce qui concerne la pollution particulière. La différence entre les deux fractions laisse à penser que les concentrations de particules secondaires ont été moins élevées dans cette période par rapport aux années précédentes.

Comme pour la période précédente, les concentrations en monoxyde de carbone sont stables (Figure 25). On ne note aucune évolution en milieu urbain et une très légère diminution en milieu rural (-3 %, soit 0.005 mg/m<sup>3</sup>).

Le Tableau 8 synthétise les résultats station par station. Pour les oxydes d'azote, la majorité des stations affichent des diminutions. Seules quelques stations rurales de fond montrent une légère augmentation pour le dioxyde d'azote et le total des oxydes d'azote. De même, on remarque des augmentations en monoxyde d'azote pour 4 stations rurales. Pour les PM10, la tendance générale est à une légère baisse sauf en 4 points. Pour la fraction PM2.5, on enregistre partout une forte diminution. Enfin, il n'y a que peu d'évolution pour le monoxyde de carbone.

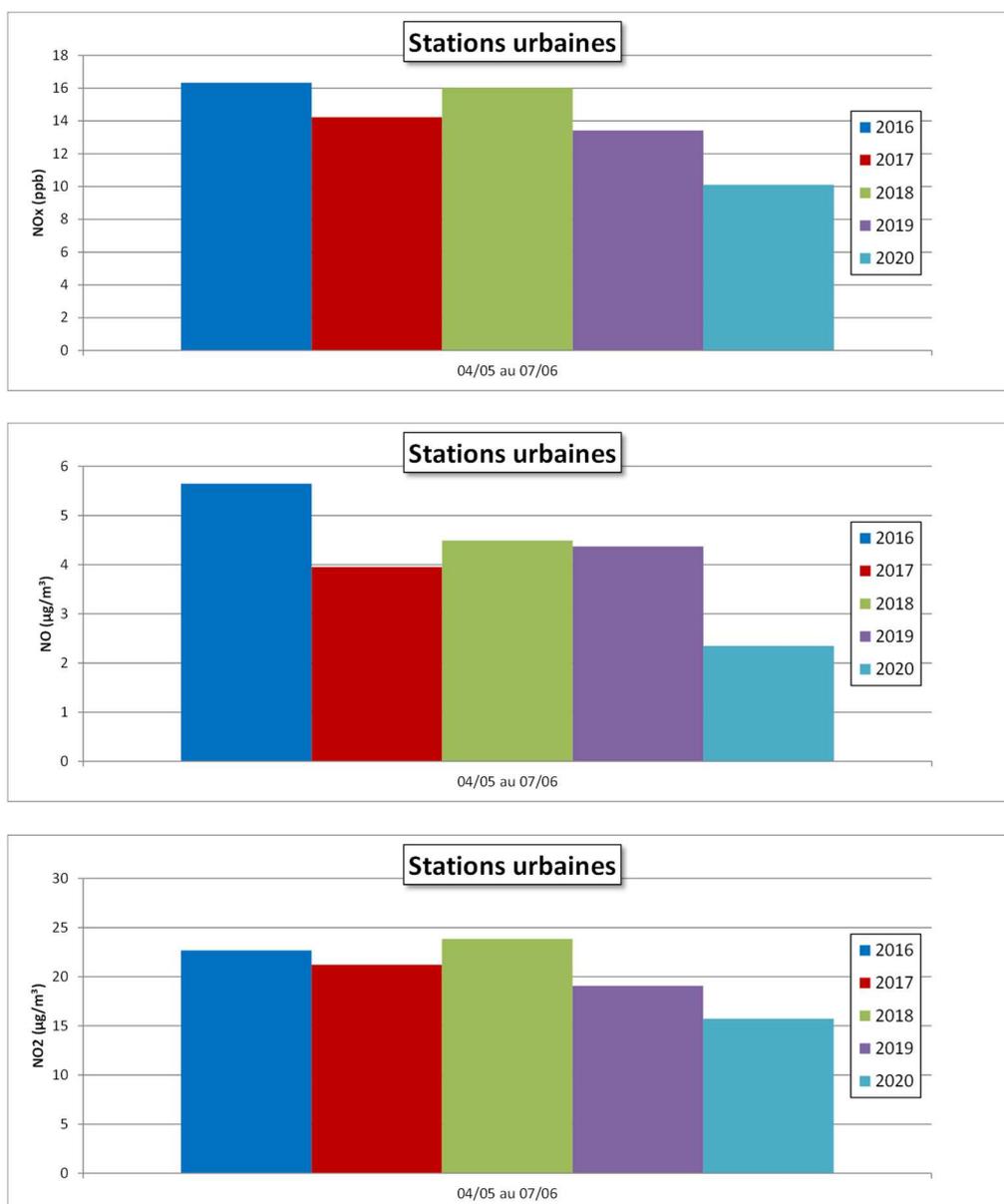


Figure 23 : Oxydes d'azote - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de levée du confinement (source ISSeP)

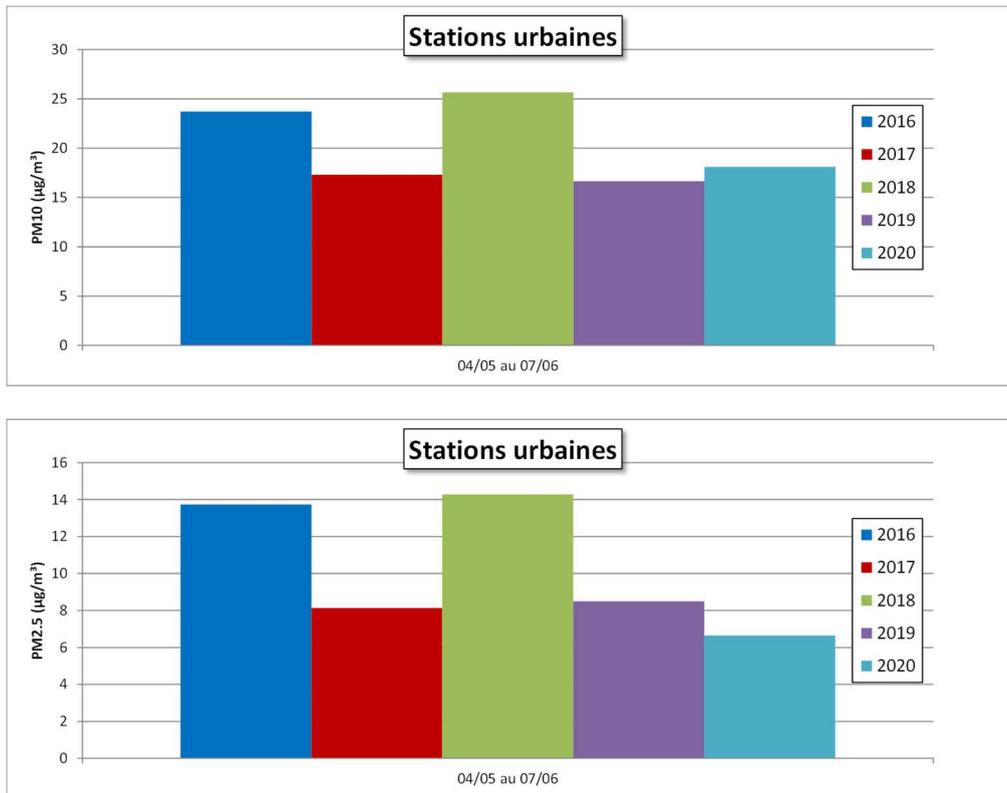


Figure 24 : Particules en suspension - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de levée du confinement (source ISSEP)

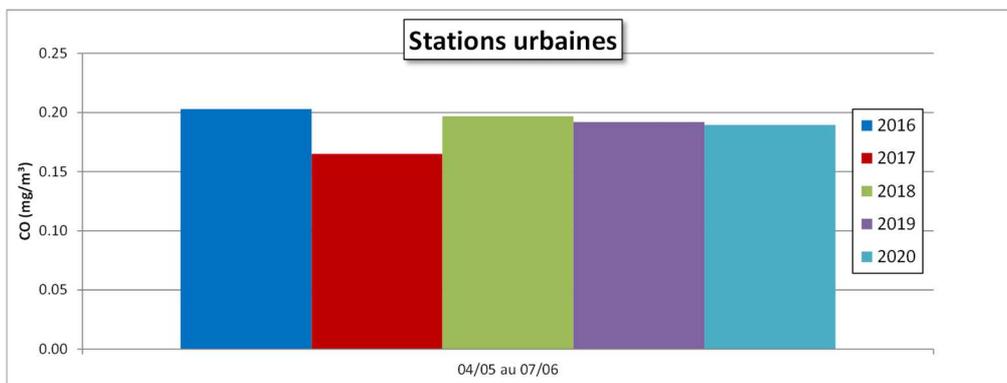


Figure 25 : Monoxyde de carbone - Comparaison entre 2020 et les 4 années précédentes pour la période de levée du confinement (source ISSEP)

Période du 04/05 au 07/06						
	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2.5	CO
Marchienne	-57%	-19%	-31%	-12%	-31%	+6%
Marcinelle				-17%	-45%	
Charleroi	-42%	-25%	-29%	-4%	-31%	+5%
Lodelinsart	-63%	-24%	-32%	-10%	-34%	
Châtelineau				-22%	-45%	
Engis	-29%	-21%	-22%	-15%	-36%	
Angleur				-23%	-53%	
Herstal	-55%	-30%	-36%	-7%	-38%	
Liège (Val-Benoît)	-34%	-27%	-29%	-20%	-40%	-3%
Mons	-49%	-47%	-47%	-25%	-43%	-9%
Namur	-39%	-42%	-23%	+35%	-20%	
Dourbes	-24%	+1%	+1%	-38%	-60%	
Corroy	-49%	-32%	-36%	-39%	-61%	-3%
Vezin	+68%	-24%	-12%	-23%	-51%	
Offagne	+43%	-11%	-4%	+48%	-1%	
Sinsin	-48%	-2%	-10%	-6%	-35%	
Ste-Ode	+177%	-41%	-13%	-3%	-30%	
Habay	+63%	-18%	-26%	-14%	-35%	-3%
Eupen	+3%	-17%	-15%			
Vielsalm	+189%	+5%	+13%	-2%	-30%	+3%
Membach				-6%	-35%	
Jemeppe	-48%	-20%	-26%	+1%	-24%	+2%
St-Nicolas				+11%	-24%	
Tournai	-19%	-26%	-25%	-43%	-54%	-7%

(1) Pour la station de Namur, nous ne disposons des données NO<sub>x</sub> que pour 2019 et 2020

Tableau 8 : Synthèse des évolutions - Période de levée du confinement (source ISSeP)

#### • 4.2.5. FILTRE SUR L'INFLUENCE MÉTÉOROLOGIQUE

Le caractère exceptionnel des conditions météorologiques du printemps 2020 fausse la comparaison des concentrations entre les différentes périodes si l'on s'intéresse à l'effet éventuel du confinement : en raison des conditions météorologiques, les diminutions de concentrations 2020 par rapport aux années précédentes ont été plus marquées avant confinement qu'après le lockdown. Une approche simple pour réduire l'influence météorologique dans l'analyse de la qualité de l'air est de ne retenir que les concentrations mesurées lorsque le vent n'est pas très important, ce qui revient à écarter les épisodes de bonne qualité de l'air. On utilise pour ce faire les mesures du vent de la station Saint-Nicolas (50 m).

Pour chaque polluant de chaque station, la concentration moyenne d'une période 2020 est comparée à la concentration moyenne de la même période sur 2016-2019. Les stations sont affectées à la catégorie urbaine ou rurale.

Concernant les oxydes d'azote en milieu urbain, le fait de se limiter aux concentrations associées aux vents inférieurs à 2 m/s réduit d'un facteur 2 les diminutions pré-confinement 2020 par rapport à la même période moyennée sur 2016-2019, alors que les concentrations durant le confinement sont peu affectées (Tableau 9). Il en résulte que les diminutions de 2020 par rapport aux années précédentes sont plus importantes durant le confinement qu'en hiver, ce qui est cohérent avec l'effet escompté du confinement. On remarque d'ailleurs que la levée du confinement a pour conséquence de remonter les oxydes d'azote au niveau pré-confinement.

En milieu rural, le fait de limiter l'analyse aux concentrations mesurées par temps calme a un résultat similaire, à savoir une diminution des oxydes d'azote 2020 par rapport aux années précédentes plus marquée durant le confinement qu'avant, et ce bien que la limitation du vent tende à augmenter les concentrations de la période de confinement. La levée du confinement se traduit également par une remontée des oxydes d'azote, plus marquée qu'en milieu urbain (Tableau 10).

Polluant	All winds			W < 2 m/s		
	PRE	INTRA	POST	PRE	INTRA	POST
MONOXYDE D'AZOTE	-70.2	-54.9	-48.8	-39.4	-50.4	-41.3
DIOXYDE D'AZOTE	-43.7	-32.1	-28.1	-20.9	-29	-21.6
PM10	-56.5	9.5	-15.8	-22.5	0.5	-11
PM2.5	-68.8	-3.3	-42.3	-26.5	-16.3	-32.9
MONOXYDE DE CARBONE	-30.8	-1.9	-0.5	-18.7	-3.3	4

Tableau 9 : Stations urbaines - Ecart relatifs (%) des concentrations 2020 par rapport aux moyennes sur 2016-2019 (source AwAC)

Polluant	All winds			W < 2 m/s		
	PRE	INTRA	POST	PRE	INTRA	POST
MONOXYDE D'AZOTE	-34.3	-11.1	11.5	6.1	-27.1	17.1
DIOXYDE D'AZOTE	-54.6	-27.5	-17.1	-21.4	-28.5	-8.7
PM10	-64.8	18.7	-18.2	-22.3	5.4	-12.5
PM2.5	-75.5	-3.2	-44.4	-24.4	-18.1	-33.7
MONOXYDE DE CARBONE	-22.2	1.3	-1.9	-11.1	0	1.7

Tableau 10 : Stations rurales - Ecart relatifs (%) des concentrations 2020 par rapport aux moyennes sur 2016-2019 (source AwAC)

Concernant les particules fines et le monoxyde de carbone, les résultats n'indiquent pas de tendance nette. Ces polluants sont moins conditionnés par le trafic routier que les oxydes d'azote.

#### • 4.3. JOURNÉE-TYPE

Les Figures 26 à 28 reprennent les journées-types pour, respectivement, la période avant confinement, la période de confinement strict et la période de levée de confinement. A chaque fois, la courbe de 2020 est en-dessous de la courbe de 2016-2019, conséquence de la baisse des concentrations. Par contre, le confinement ne semble pas avoir eu d'effet sur la forme de la courbe ce qui laisse à penser que les flux de circulation ont connu la même répartition sur une journée.

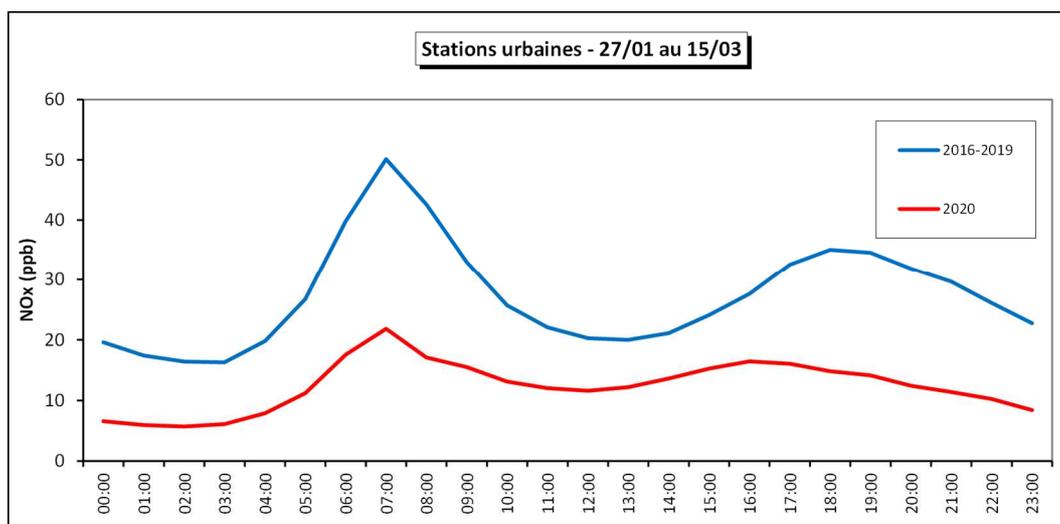


Figure 26 : Journée-type en oxydes d'azote - Période avant confinement (source ISSeP)

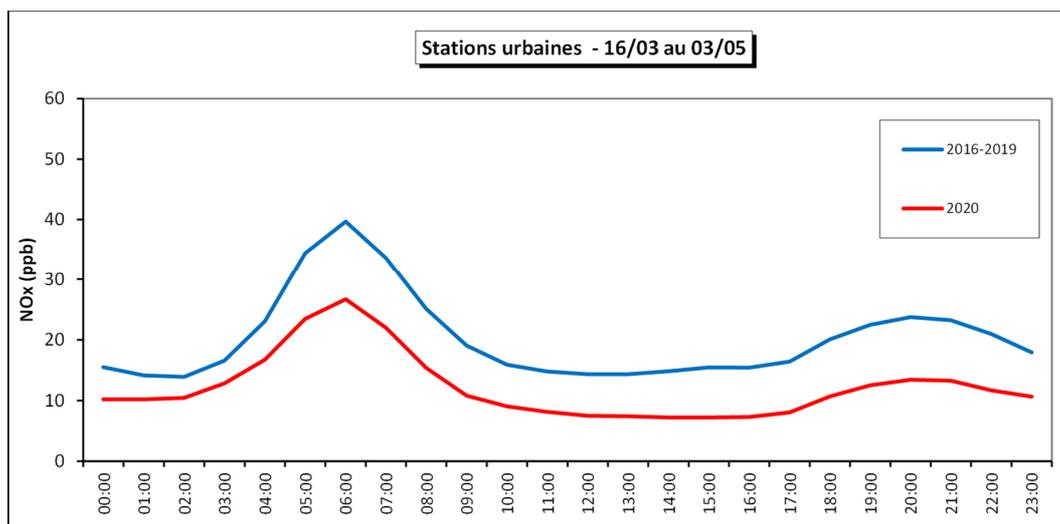


Figure 27 : Journée-type en oxydes d'azote – Période de confinement (source ISSeP)

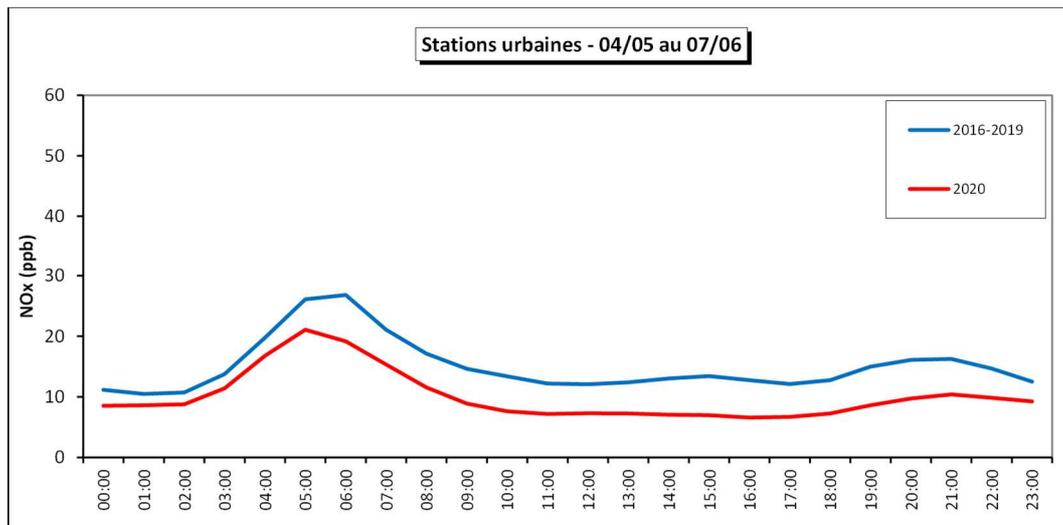


Figure 28 : Journée-type en oxydes d'azote – Période de levée du confinement (source ISSEP)

#### • 4.4. RESPECT DES NORMES EUROPÉENNES ET DES RECOMMANDATIONS OMS

##### • 4.4.1. DIOXYDE D'AZOTE

##### • 4.4.1.1. VALEURS HORAIRES

Pour rappel, la directive européenne 2008/50/CE ne permet que 18 dépassements des 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en valeur horaire par an. L'Organisation Mondiale pour la Santé est plus sévère puisqu'elle ne tolère aucun dépassement de cette même valeur.

En Wallonie, les dépassements des 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sont extrêmement rares. Le dernier dépassement a été enregistré à Engis en 2010. Sinon, il faut remonter à 1984 pour enregistrer plus de 18 dépassements.

Pour les trois périodes étudiées, on observe des maxima horaires de, respectivement, 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Charleroi), 98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Charleroi) et 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Marchienne). Ces valeurs sont très nettement en-dessous de la valeur limite horaire européenne ou de la recommandation OMS.

##### • 4.4.1.2. VALEURS ANNUELLES

La valeur limite de la directive européenne, tout comme la valeur guide de l'OMS, est fixée à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle. Certaines sources citent aussi la valeur de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une prochaine révision des valeurs guides OMS. Actuellement, ce seuil de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  est la valeur en-dessus de laquelle l'OMS estime qu'un impact sur la santé doit être étudié (Health risks of air pollution in Europe - HRAPIE project, World Health Organisation 2013).

Le Tableau 11 reprend les moyennes en dioxyde d'azote pour les trois périodes étudiées de 2020. Ces valeurs sont nettement en-dessous de la valeur limite annuelle ou de la recommandation OMS (rem : stricto sensu, la comparaison devrait se faire sur une année entière). Seule, la station de Charleroi montre une valeur pendant la période de confinement supérieure à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durant la période de confinement, la diminution des concentrations en 2020 par rapport aux années précédentes se traduit par une diminution des stations franchissant le seuil des 20 µg/m<sup>3</sup> (Tableau 12).

Moyenne en dioxyde d'azote (µg/m <sup>3</sup> )			
	27/01 au 15/03	16/03 au 03/05	04/05 au 07/06
Marchienne	15	17	15
Charleroi	20	22	20
Lodelinsart	16	17	16
Engis	16	16	12
Herstal	17	18	16
Liège (Val-Benoît)	13	17	15
Mons	18	14	12
Namur	16	16	16
Dourbes	3	5	4
Corroy	9	12	11
Vezin	6	8	6
Offagne	4	5	5
Sinsin	5	7	7
Ste-Ode	2	3	3
Habay	6	5	5
Eupen	5	7	7
Vielsalm	5	5	5
Jemeppe	20	18	16
Tournai	9	10	8

Tableau 11 : Concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur les 3 périodes de 2020 (source ISSeP)

Moyenne en dioxyde d'azote (µg/m <sup>3</sup> ) - Période du 16/03 au 03/05					
	2016	2017	2018	2019	2020
Marchienne	22	25	23	25	17
Charleroi	32	30	29	33	22
Lodelinsart	25	29	24	24	17
Engis	17	23	20	21	16
Herstal	26	28	26	28	18
Liège (Val-Benoît)	23	25	25	28	17
Mons	24	30	27	25	14
Namur	32	37	27	31	16
Dourbes	7	5	6	7	5
Corroy	20	21	15	18	12
Vezin	11	13	10	11	8
Offagne	6	6	6	5	5
Sinsin	10	11	9	10	7
Ste-Ode	8	8	6	6	3
Habay	8	10	8	8	5
Eupen	10	10	9	9	7
Vielsalm	7	8	6	6	5
Jemeppe	24	28	24	24	18
Tournai	12	12	12	13	10

Tableau 12 : Comparaison pendant la période de confinement des moyennes en dioxyde d'azote par rapport aux années précédentes (source ISSeP)

- 4.4.2. PARTICULES EN SUSPENSION – PM10

- 4.4.2.1. VALEURS JOURNALIÈRES

Au niveau européen, la directive 2008/50/CE n'autorise pas plus de 35 dépassements d'une concentration de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en valeur journalière sur une année. Au niveau de l'OMS, c'est toujours le seuil de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  qui est retenu mais le nombre de dépassements se limite à 3 par an.

Le Tableau 13 reprend le nombre de dépassements de la valeur limite journalière pour les trois périodes étudiées de 2020.

Pour la période précédant le confinement, on ne compte qu'un seul dépassement à la station de Marchienne. Il faut en effet se rappeler que les conditions météorologiques rencontrées durant cette période (beaucoup de pluies et de vent) sont antagonistes avec les pics en particules.

PM10 – Nombre de dépassements de la valeur limite journalière			
	27/01 au 15/03	16/03 au 03/05	04/05 au 07/06
Marchienne	1	11	2
Marcinelle	0	2	0
Charleroi	0	5	0
Lodelinsart	0	2	0
Châtelineau	0	2	0
Engis	0	4	1
Angleur	0	0	0
Herstal	0	2	0
Liège (Val-Benoît)	0	2	0
Mons	0	1	0
Namur	0	2	5
Dourbes	0	0	0
Corroy	0	0	0
Vezin	0	0	0
Offagne	0	3	0
Sinsin	0	2	0
Ste-Ode	0	0	0
Habay	0	0	0
Eupen	0	0	0
Vielsalm	0	0	0
Jemeppe	0	2	0
Saint-Nicolas	0	2	0
Tournai	0	0	0

Tableau 13 : Nombre de dépassements de la valeur limite journalière sur les 3 périodes de 2020 (source ISSEP)

Durant la période de confinement, les conditions météorologiques changent au profit d'un temps sec et ensoleillé, avec des vents d'origine continentale. Ces conditions sont favorables aux pics de pollution particulaire et toutes les stations urbaines montrent au moins un jour de dépassement. Le plus souvent, ces dépassements ont été observés les 27 ou 28 mars. Le 27 mars, les concentrations les plus élevées ont été observées en région liégeoise avec un maximum de 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à la station du Val-Benoît. Le 28 mars, le maximum a été mesuré à la station rurale d'Offagne (65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La station de Marchienne est connue pour son nombre de dépassements plus élevé que dans les autres sites. Sur les 7 semaines de confinement, la station a enregistré 11 dépassements dont 3 jours consécutifs du 07 au 09 avril.

Enfin, de cette période de confinement, on retiendra que, suite aux fortes concentrations mesurées en Flandre, le seuil d'information fut déclenché le jeudi 9 avril. A Bruxelles ou en Wallonie, les concentrations sont restées en-dessous du seuil d'information ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne glissante 24h). En Wallonie, on a observé 2 stations en dépassement le 08/04, contre 4 le 09/04.

Bien que le temps fût également sec et ensoleillé, on rencontre moins de dépassements lors de la période de levée du confinement. Seule la station de Namur voit son nombre de dépassements augmenter mais il s'agit ici d'une pollution locale conséquence de la démolition d'un bâtiment à proximité de la station.

Pendant la période de confinement, le nombre de dépassements pour 2020 reste similaire à ceux des années précédentes (Tableau 14). Le grand nombre de dépassements en 2019 pour la station du Val-benoît est la conséquence des travaux de réhabilitation de l'ancien site universitaire.

PM10 – Nombre de dépassements de la valeur limite journalière (16/03 au 03/05)					
	2016	2017	2018	2019	2020
Marchienne	3	10	6	8	11
Marcinelle	1	1	2	3	2
Charleroi	2	1	2	5	5
Lodelinsart	1	3	2	5	2
Châtelaineau	1	1	2	2	2
Engis	1	9	7	9	4
Angleur	2	1	3	2	0
Herstal	4	1	3	2	2
Liège (Val-Benoît)	3	1	3	13	2
Mons	0	3	4	4	1
Namur	2	1	2	3	2
Dourbes	1	1	1	1	0
Corroy	0	1	2	2	0
Vezin	0	1	2	2	0
Offagne	0	1	0	0	3
Sinsin	0	1	2	1	2
Ste-Ode	0	1	0	0	0
Habay	0	0	0	0	0
Eupen	0	0	0	0	0
Vielsalm	0	1	0	1	0
Jemeppe	0	4	3	3	2
Saint-Nicolas	3	3	3	3	2
Tournai	0	2	2	3	0

Tableau 14 : Nombre de dépassements de la valeur limite journalière pendant la période de confinement par rapport aux années précédentes (source ISSeP)

#### • 4.4.2.2. VALEURS ANNUELLES

La directive 2008/50/CE définit une valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser en moyenne sur une année civile. L'Organisation Mondiale pour la Santé est plus sévère puisqu'elle recommande de ne pas dépasser les  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

Le Tableau 15 reprend les moyennes en PM10 pour les trois périodes étudiées de 2020.

Lors de la période précédant le confinement (Tableau 15), les moyennes sont basses et bien inférieures à la limite annuelle de la directive ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et même de l'OMS ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Lors de la période de confinement, les concentrations restent en-dessous du seuil des  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Par contre, la valeur guide OMS n'est respectée qu'aux stations rurales (sauf Offagne) et à Angleur (rem : stricto sensu, la comparaison devrait se faire sur une année entière). Enfin, lors de la levée du confinement, seules les stations de Marchienne, Engis et Namur sont au-dessus de la recommandation OMS. Pour cette dernière, c'est l'effet de travaux de démolition à proximité de la station. Les moyennes pour la période de confinement sont du même ordre que celles des années précédentes pour la même période (Tableau 16). Les concentrations moyennes sont les plus faibles en 2016 où, par rapport aux autres années, on observe un excès de précipitations et de vitesse de vent.

Moyenne en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	27/01 au 15/03	16/03 au 03/05	04/05 au 07/06
Marchienne	11	36	25
Marcinelle	10	25	17
Charleroi	10	28	20
Lodelinsart	10	26	17
Châtelineau	8	25	15
Engis	9	28	23
Angleur	7	20	14
Herstal	8	25	18
Liège (Val-Benoît)	10	26	18
Mons	12	25	15
Namur	11	25	27
Dourbes	4	15	8
Corroy	5	19	11
Vezin	6	21	13
Offagne	7	27	17
Sinsin	4	19	13
Ste-Ode	3	20	10
Habay	5	17	10
Eupen	5	15	10
Vielsalm	6	18	12
Jemeppe	10	27	21
Saint-Nicolas	8	25	20
Tournai	6	19	11

Tableau 15 : Concentrations moyennes en PM10 sur les 3 périodes de 2020 (source ISSEP)

Moyenne en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Période du 16/03 au 03/05					
	2016	2017	2018	2019	2020
Marchienne	21	34	31	33	35
Marcinelle	16	22	19	28	25
Charleroi	20	24	23	31	28
Lodelinsart	19	25	23	29	26
Châtelineau	18	24	22	27	25
Engis	20	30	31	32	28
Angleur	16	21	20	19	19
Herstal	22	22	21	26	25
Liège (Val-Benoît)	19	22	22	37	25
Mons	19	26	25	32	25
Namur	18	22	21	29	25
Dourbes	12	16	13	20	15
Corroy	16	20	19	24	19
Vezin	14	18	21	25	20
Offagne	11	18	14	17	26
Sinsin	13	17	15	21	19
Ste-Ode	10	14	12	17	20
Habay	12	15	13	17	16
Eupen	9	14	11	15	15
Vielsalm	13	17	14	20	17
Jemeppe	18	26	25	26	26
Saint-Nicolas	16	23	20	25	25
Tournai	16	24	23	27	19

Tableau 16 : Comparaison pendant la période de confinement des moyennes en PM10 par rapport aux années précédentes (source ISSeP)

#### • 4.4.3. PARTICULES EN SUSPENSION – PM2.5

##### • 4.4.3.1. VALEURS JOURNALIÈRES

L'OMS préconise de ne pas dépasser plus de trois jours par an la valeur de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière. Dans la législation européenne, il n'y a aucune valeur limite journalière.

Le Tableau 17 reprend le nombre de dépassements de la valeur guide journalière pour les trois périodes étudiées de 2020.

Pour la période précédant le confinement, on ne compte qu'un seul jour avec des dépassements : le 6 février soit un des rares jours sans pluie et où le thermomètre est descendu sous la barre des  $0^\circ\text{C}$ .

Le nombre de dépassements de la valeur guide est bien plus important pendant la période de confinement où toutes les stations ont au moins enregistré un jour de dépassement. Ce nombre est le plus élevé à la station de Marchienne. 15 stations sur 23 ont montré plus de 3 jours de dépassement et ne respectent donc pas la recommandation OMS.

Lors de la période de levée de confinement, on n'observe aucun dépassement. Cette constatation va dans le même sens que la diminution des concentrations en PM2.5 observée durant cette période par rapport aux années précédentes.

Le nombre de dépassements durant la période du 16 mars au 3 mai varie fortement d'une année à l'autre avec un maximum en 2019 et un minimum en 2016. 2020 se situe entre ces deux extrêmes (Tableau 18).

PM2.5 – Nombre de dépassements de la valeur limite journalière			
	27/01 au 15/03	16/03 au 03/05	04/05 au 07/06
Marchienne	1	10	0
Marcinelle	1	4	0
Charleroi	1	6	0
Lodelinsart	1	5	0
Châtelineau	1	4	0
Engis	1	4	0
Angleur	0	4	0
Herstal	1	3	0
Liège (Val-Benoît)	0	4	0
Mons	1	5	0
Namur	1	4	0
Dourbes	0	2	0
Corroy	1	2	0
Vezein	1	4	0
Offagne	0	4	0
Sinsin	0	4	0
Ste-Ode	0	2	0
Habay	0	2	0
Eupen	0	1	0
Vielsalm	0	2	0
Jemeppe	1	5	0
Saint-Nicolas	0	5	0
Tournai	0	2	0

Tableau 17 : Nombre de dépassements de la valeur limite journalière sur les 3 périodes de 2020 (source ISSeP)

PM2.5 – Nombre de dépassements de la valeur limite journalière (16/03 au 03/05)					
	2016	2017	2018	2019	2020
Marchienne	3	13	6	15	10
Marcinelle	3	6	6	13	4
Charleroi	3	6	6	14	6
Lodelinsart	3	7	6	14	5
Châtelineau	3	6	5	10	4
Engis	2	8	6	13	4
Angleur	3	5	3	4	4
Herstal	4	7	3	9	3
Liège (Val-Benoît)	4	4	4	11	4
Mons	3	6	7	13	5
Namur	3	6	5	11	4
Dourbes	2	2	2	7	2
Corroy	3	5	5	10	2
Vezein	2	3	5	11	4
Offagne	1	4	2	5	4
Sinsin	2	3	4	7	4
Ste-Ode	1	3	1	6	2
Habay	1	3	1	4	2
Eupen	1	2	0	4	1
Vielsalm	2	4	2	7	2
Jemeppe	3	8	5	8	5
Saint-Nicolas	3	6	3	9	5
Tournai	1	4	6	11	2

Tableau 18 : Nombre de dépassements de la valeur guide journalière pendant la période de confinement par rapport aux années précédentes (source ISSeP)

#### • 4.4.3.2. VALEURS ANNUELLES

La directive 2008/50/CE impose de ne pas dépasser 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (à partir du 01/01/2020) en moyenne annuelle tandis que l'OMS recommande de ne pas dépasser 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Avant le confinement, les concentrations en PM2.5 sont très basses et aussi bien la valeur limite européenne que la valeur guide OMS sont très largement respectées (Tableau 19).

Avec sa météo propice à la pollution particulaire, les moyennes durant la période de confinement sont bien plus élevées. Si la valeur limite de la directive est respectée, il n'en va pas de même pour la valeur guide OMS et 15 stations sur 23 dépassent le seuil des 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Enfin, lors de la phase de levée de confinement, on assiste à une baisse des concentrations et aucune station ne dépasse le seuil des 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les concentrations durant la période du 16 mars au 3 mai varient d'une année à l'autre, avec des minima en 2016 et des maxima en 2019, 2020 se situant entre ces deux extrêmes (Tableau 20). De nombreuses stations dépassent le seuil de l'OMS mais il faut garder à l'esprit que celui-ci s'applique sur une année entière.

Moyenne en PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	27/01 au 15/03	16/03 au 03/05	04/05 au 07/06
Marchienne	5	17	8
Marcinelle	5	14	6
Charleroi	5	15	7
Lodelinsart	5	15	7
Châtelineau	4	14	6
Engis	5	13	7
Angleur	3	10	5
Herstal	4	13	6
Liège (Val-Benoît)	5	13	7
Mons	5	14	6
Namur	5	14	8
Dourbes	2	8	3
Corroy	3	10	4
Vezin	3	11	5
Offagne	4	13	7
Sinsin	2	10	5
Ste-Ode	2	10	5
Habay	3	9	4
Eupen	2	8	4
Vielsalm	3	9	5
Jemeppe	4	14	8
Saint-Nicolas	5	13	8
Tournai	4	12	5

Tableau 19 : Concentrations moyennes en PM2.5 sur les 3 périodes de 2020 (source ISSeP)

Moyenne en PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - Période du 16/03 au 03/05					
	2016	2017	2018	2019	2020
Marchienne	11	18	14	20	17
Marcinelle	10	14	12	19	14
Charleroi	12	15	13	19	15
Lodelinsart	12	15	13	19	15
Châtelineau	11	15	13	18	14
Engis	10	15	14	18	13
Angleur	10	12	11	12	10
Herstal	11	14	12	16	13
Liège (Val-Benoît)	10	13	12	18	13
Mons	11	15	14	19	14
Namur	11	13	13	19	14
Dourbes	8	10	8	14	8
Corroy	11	14	13	17	10
Vezein	9	12	13	17	11
Offagne	8	11	9	12	13
Sinsin	8	11	9	14	10
Ste-Ode	7	10	8	13	10
Habay	8	10	8	12	9
Eupen	6	9	6	10	8
Vielsalm	9	12	8	14	9
Jemeppe	11	15	14	16	14
Saint-Nicolas	10	14	12	16	13
Tournai	10	13	14	18	12

Tableau 20 : Comparaison pendant la période de confinement des moyennes en PM2.5 par rapport aux années précédentes (source ISSeP)

## • 5. ANALYSE DES RÉSULTATS DU RÉSEAU MOBILE

### • 5.1. CONTEXTE

Pour répondre aux exigences de la Directive 2008/50/CE, la Région wallonne se retrouve dans l'obligation d'installer une station de type trafic sur la zone de Liège et une sur la zone de Charleroi. Pour choisir les sites les plus adéquats avant l'installation de points fixes, les remorques du réseau mobile ont été déployées pour des campagnes préliminaires. Une partie de ce matériel était toujours en place lors de la période de confinement.

L'étude des résultats de ces campagnes est d'autant plus intéressante que ce sont les stations orientées trafic qui doivent avoir subi le plus gros impact de la réduction de la circulation. En outre, les comptages réalisés permettent de chiffrer cette réduction du trafic.

### • 5.2. COMPTAGE DES VÉHICULES

A Charleroi, 6 appareils de comptage de véhicules ont été installés à proximité des remorques. Ceux-ci comptent les véhicules selon deux catégories de longueur. La catégorie 1 reprend les véhicules de moins de 6 mètres tandis que la catégorie 2 comprend les véhicules entre 6 et 25 m.

A titre d'exemple, nous avons repris l'évolution journalière à la rue W. Ernst (Figure 29). On voit très clairement la diminution pour les voitures. La diminution pour les véhicules lourds est moins évidente mais bien réelle. On remarquera que même en période de confinement, les rythmes hebdomadaires sont conservés.

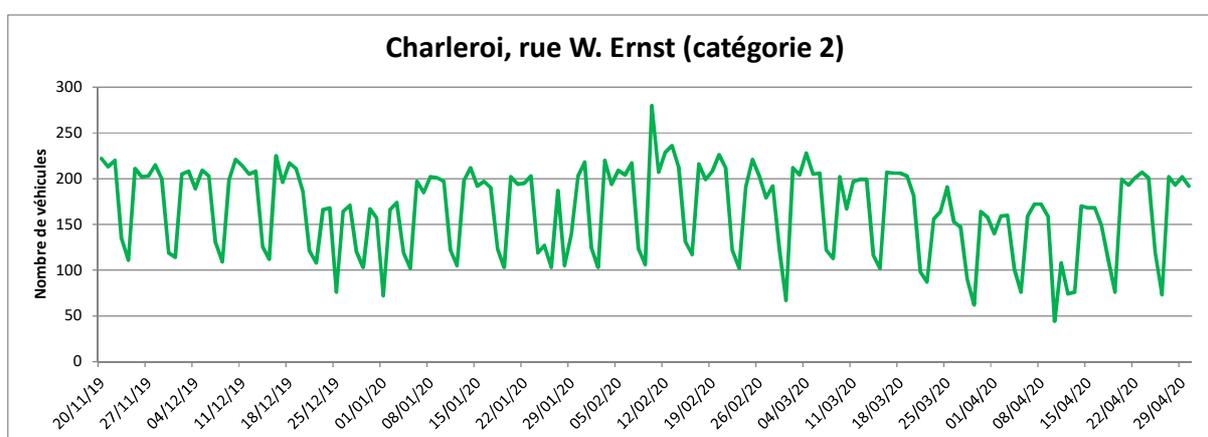
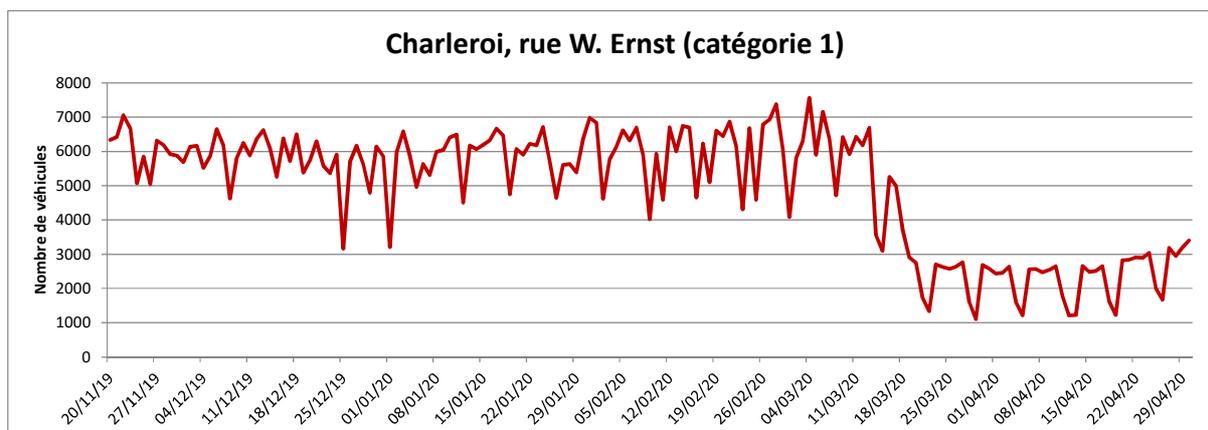


Figure 29 : Comptage des véhicules – Charleroi, rue W. Ernst (source ISSeP)

Dans le Tableau 21, nous avons repris pour chaque catégorie de véhicules et pour les 6 sites de mesures, le nombre de véhicules pour les 4 semaines précédant le confinement (du 17/02 au 15/03) ainsi que pour les 4 premières semaines de la période de confinement (du 16/03 u 12/04).

Pour les voitures, on voit le trafic diminuer de +/- 75 %. Pour les véhicules plus lourds, il y a des grosses différences entre les sites : de 11 % à 50 % de réduction.

	RMCH19	RMCH20	RMCH21	RMCH22	RMCH23	RMCH24	Moyenne
NCAT1 avant	224256	172588	152706	179855	145408	251878	187782
NCAT1 pendant	70058	44414	38070	52232	34947	66591	51052
Différence	-69%	-74%	-75%	-71%	-76%	-74%	-73%
NCAT2 avant	4933	2726	5315	3692	7085	9782	5589
NCAT2 pendant	3998	1728	4477	3279	5442	4846	3962
Différence	-19%	-37%	-16%	-11%	-23%	-50%	-26%

Tableau 21 : Evolution des comptages des véhicules (source ISSeP)

### • 5.3. LIÈGE

La remorque a été installée sur l'avenue Destenay, une des routes les plus fréquentées du centre-ville. La remorque se trouve du côté du Vertbois, en bordure de la voie de circulation allant dans le sens du Boulevard d'Avroy vers le pont Kennedy.

Dans le cadre d'une campagne ponctuelle, il n'est pas possible de comparer les données de la période de confinement avec un historique des données. Aussi, nous avons choisi de comparer les données de la remorque avec celles des autres stations urbaines.

Dans les graphiques de la Figure 30, nous avons représenté l'évolution des valeurs hebdomadaires pour la station de l'avenue Destenay (en vert) et de l'ensemble des stations urbaines de Wallonie (en jaune) depuis la semaine 40 de 2019 et jusqu'à la semaine 23 de 2020. Les lignes en pointillé reprennent l'évolution de l'ensemble des stations urbaines sur les 5 années précédentes (de 2014 à 2018 pour les semaines 40 à 52 et de 2015 à 2019 pour les semaines 1 à 23).

On constate qu'avant la date du confinement, les concentrations en dioxyde d'azote sont toujours plus élevées à la station Destenay qu'à l'ensemble des stations urbaines. A partir de la date du confinement (semaine 12), les concentrations baissent et les deux courbes se rejoignent. Tout se passe comme si en période de confinement la station Destenay perdait son caractère trafic.

Pour les particules en suspension (Figures 31 et 32), il y a peu de différence entre les courbes d'évolution de la station Destenay et de la moyenne des stations urbaines. Pour les PM<sub>2.5</sub>, la superposition est presque parfaite. Rien ne distinguerait donc la station trafic des autres stations. De plus, on ne constate aucun effet dû au confinement. Au contraire, les concentrations augmentent sous l'effet du changement des conditions météorologiques.

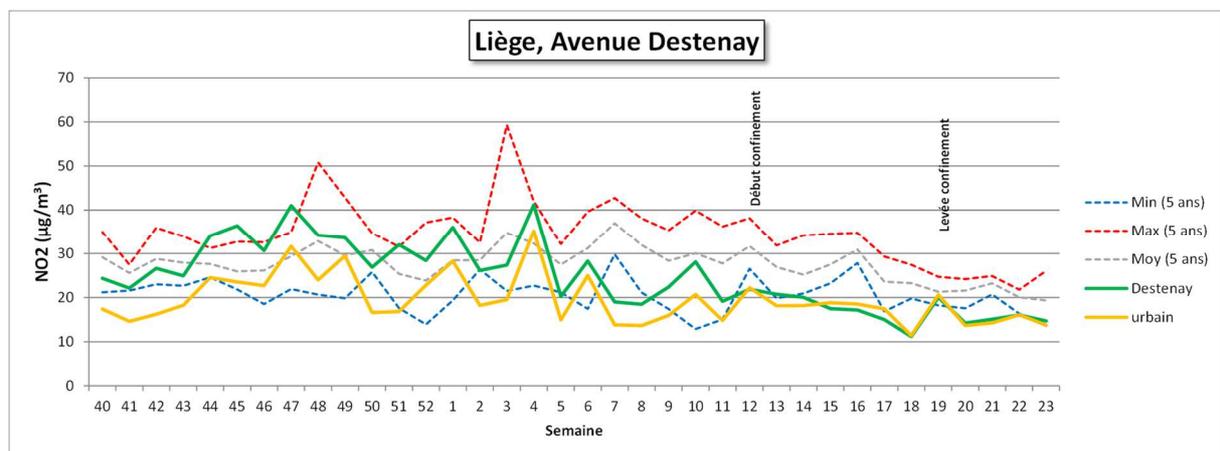


Figure 30 : Evolution des concentrations hebdomadaires en dioxyde d'azote – Station de Liège, avenue Destenay (source ISSeP)

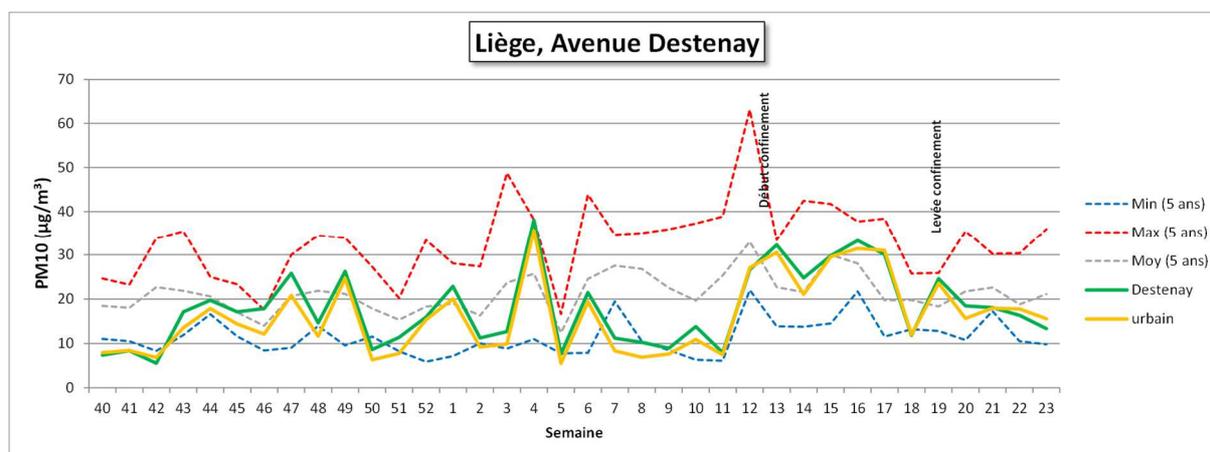


Figure 31 : Evolution des concentrations hebdomadaires en PM10 – Station de Liège, avenue Destenay (source ISSeP)

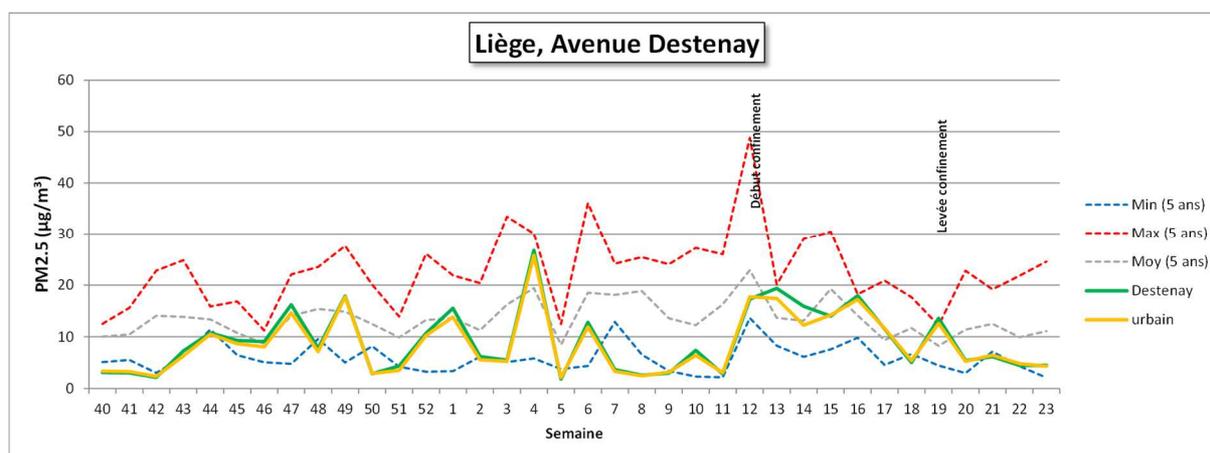


Figure 32 : Evolution des concentrations hebdomadaires en PM2.5 – Station de Liège, avenue Destenay (source ISSeP)

#### • 5.4. CHARLEROI

Aux Figure 33 à 35, nous avons repris l'évolution du dioxyde d'azote, des PM10 et PM2.5 à la station de la rue Ernst.

La courbe de l'évolution des concentrations en dioxyde d'azote à la station de la rue Ernst se trouve au-dessus de celle des autres stations urbaines, à cause de son caractère trafic. Contrairement au constat réalisé pour la station de Liège-Destenay, il est difficile de voir un effet du confinement et les deux courbes ne se rapprochent pas. De nouveau, pour les particules en suspension, les deux courbes sont très proches et rien ne distinguerait la station trafic des autres stations.

Le même constat peut être fait pour la station implantée à proximité de la piscine Hélios. A la station du stade de Charleroi, la situation est encore moins claire. Les concentrations en dioxyde d'azote sont parfois plus élevées parfois moins élevées que dans les autres stations urbaines tandis que les concentrations en particules en suspension sont toujours plus basses que dans les autres stations urbaines.

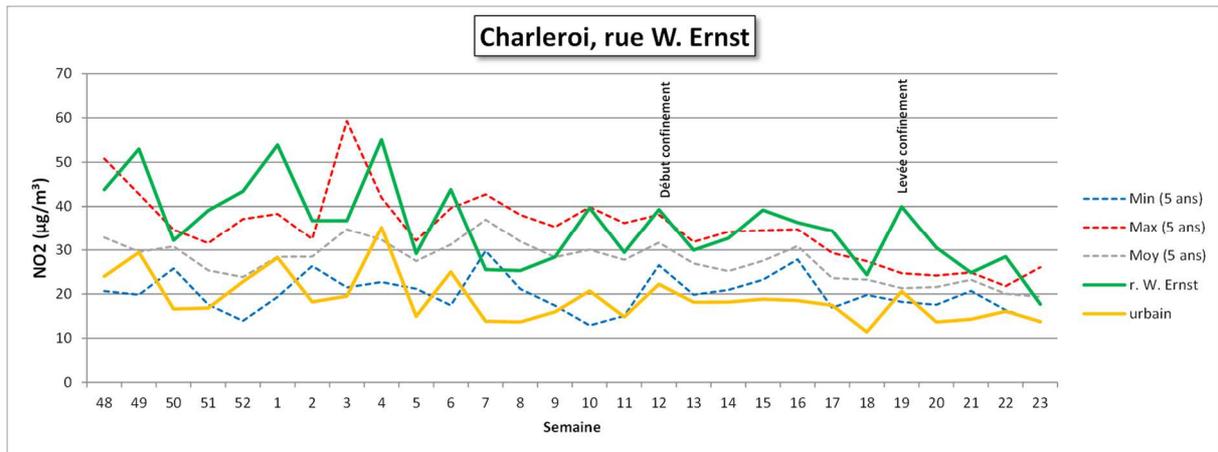


Figure 33 : Evolution des concentrations hebdomadaires en dioxyde d'azote – Station de Charleroi, rue W. Ernst (source ISSeP)

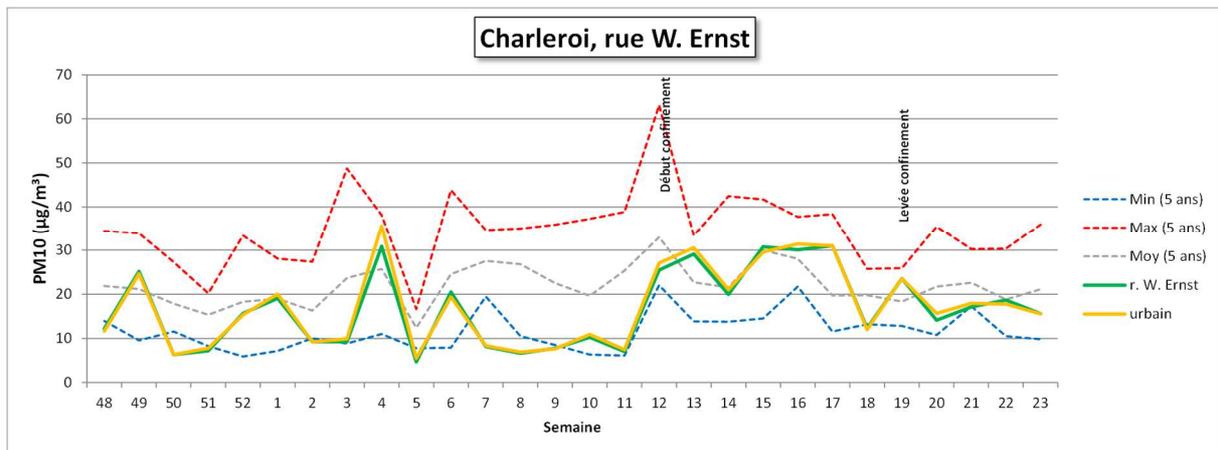


Figure 34 : Evolution des concentrations hebdomadaires en PM10 – Station de Charleroi, rue W. Ernst (source ISSeP)

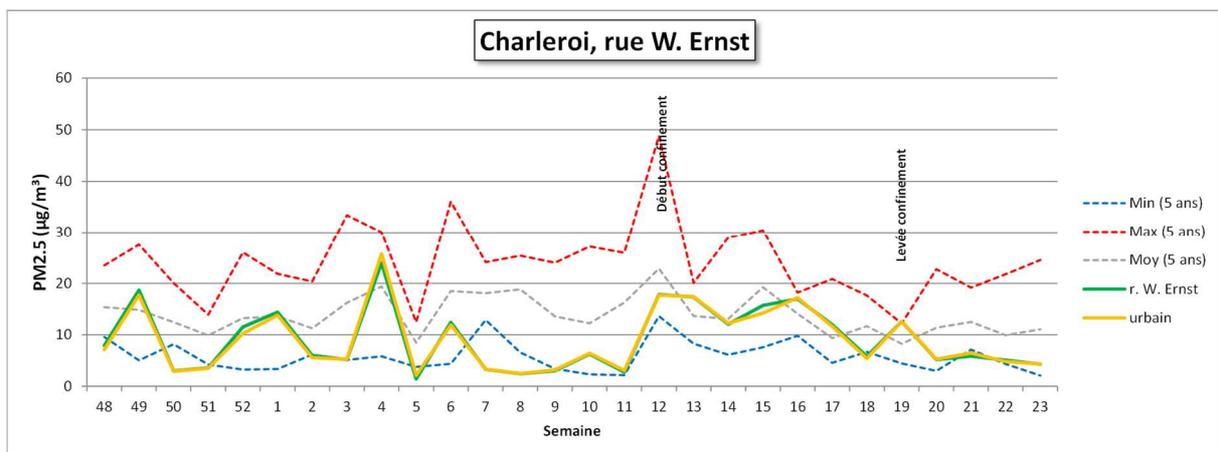


Figure 35 : Evolution des concentrations hebdomadaires en PM2.5 – Station de Charleroi, rue W. Ernst (source ISSeP)

## 5.5. JOURS OUVRABLES ET WEEKENDS

En comparant les moyennes des concentrations sur les jours ouvrables à celles des weekends, on se rend compte que l'assimilation des conditions de confinement à celles d'un weekend habituel n'est pas évidente. A Charleroi par exemple, les différences de concentrations de monoxyde d'azote entre la semaine et le weekend restent visibles durant le confinement même si elles semblent réduites (Figure 36).

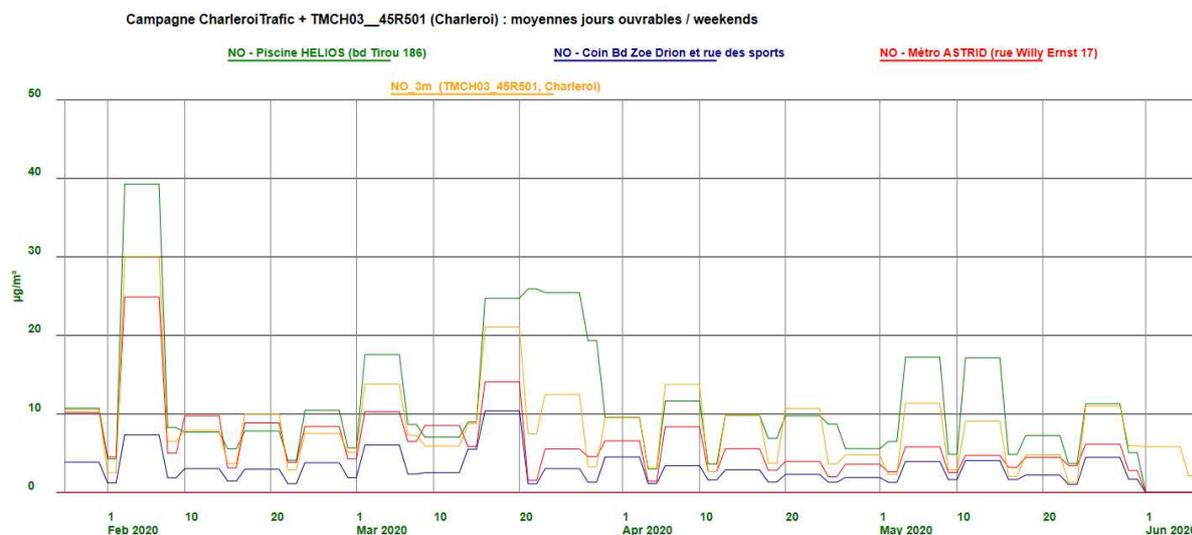


Figure 36 : Evolution des concentrations de monoxyde d'azote mesurées par les stations mobiles de la campagne « Charleroi trafic » durant les périodes pré-, intra- et post-confinement. Les valeurs sont moyennées sur les jours ouvrables et sur les weekends (source Awac).

## 6. MODÉLISATION (ATMO-STREET)

### 6.1. INTRODUCTION

L'impact de la réduction du trafic (conséquence directe des mesures de confinement) sur la qualité de l'air (concentrations en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  et  $\text{PM}_{10}$ ) a également été modélisé à l'aide du modèle de dispersion atmosphérique ATMO-Street (utilisé précédemment pour évaluer l'impact environnemental de l'instauration de zones basses émissions en Wallonie). Ce modèle simule la dispersion des polluants à partir des sources d'émissions (*i.e.*, le réseau routier et les sources (ponctuelles) d'émissions industrielles les plus importantes). Il permet ainsi d'estimer pour un territoire donné les concentrations additionnelles en polluants provenant du trafic. A partir des données trafic et de facteurs d'émissions spécifiques aux catégories de véhicules et au mode de conduite, des émissions polluantes sont affectées à chaque tronçon routier. Les autres sources d'émissions comme le chauffage et les industries (de plus petite taille) sont, elles, comptabilisées dans les concentrations de fond. Le modèle tient compte de la configuration géographique des lieux (hauteur du bâti, largeur des rues) et des conditions atmosphériques (vent, température et rayonnement), pouvant engendrer une mauvaise dispersion et donc une accumulation locale des polluants.

## • 6.2. RÉSULTATS

La Ville de Namur a été choisie pour cet exercice car elle a déjà fait l'objet de simulations dans le cadre du projet 2ZBE sur les zones à basses émissions.

Deux simulations ont été réalisées sur la période de confinement strict (du 16 mars au 3 mai 2020) : une première avec une intensité de trafic telle qu'observée en conditions normales et une simulation en conditions de confinement où le trafic est réduit de 75 % pour les voitures et de 25 % pour les camions. Ces réductions ont été mesurées en plusieurs sites de mesures trafic à Charleroi et peuvent être considérées comme représentatives des réductions observées ailleurs en Wallonie durant le confinement. Les conditions météorologiques sont celles de la période en question.

Les concentrations en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> projetées par le modèle pour Namur pour la période étudiée mais sans confinement (100 % du trafic habituellement observé) sont présentées respectivement aux Figures 37, 39 et 40. Avec des conditions de confinement, *i.e.*, une intensité de trafic réduit (et donc des émissions plus faibles), le modèle simule des réductions dans les concentrations dans les gammes suivantes (Figures 38, 40 et 41): de -5 à -48 % pour le NO<sub>2</sub>, de 0 à -15 % pour les PM<sub>10</sub> et de 0 à -13 % pour les PM<sub>2.5</sub>. Les diminutions sont d'autant plus importantes que l'on s'approche des sources d'émissions (*i.e.*, le réseau routier).

Dans une seconde étape, une première simulation a été réalisée pour la période du 16/03/2018 au 03/05/2018, sans réduction du trafic et une seconde pour la même période mais pour 2020 et avec la réduction du trafic. Les différences entre les résultats de ces deux exercices ont été confrontées avec les résultats de la station de mesure située Place Maurice Servais.

Pour le dioxyde d'azote, le modèle projette une réduction de -32 %, pour une réduction de -40 % effectivement mesurée. Pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, le modèle prévoit une réduction de, respectivement, -2 % et -1.75 %, alors qu'en réalité, on observe des augmentations de + 17 % et de +14 %.

Si l'accord entre le modèle et les mesures peut être jugé satisfaisant pour le dioxyde d'azote, il n'en va pas de même pour les particules en suspension où le modèle prévoit de légère réduction alors qu'en réalité les mesures montrent une augmentation. Dans le modèle, les concentrations de fond sont estimées sur base des résultats de la station de Vezin qui subit peu les changements d'émissions du secteur résidentiel liées aux mesures de confinement. De plus, les concentrations en particules à cette station ont peu évolué entre 2018 et 2020, alors que toutes les autres stations montrent une augmentation. La présence de particules secondaires, très fréquentes en cette période de l'année ont certainement joué un rôle déterminant dans l'augmentation observée.

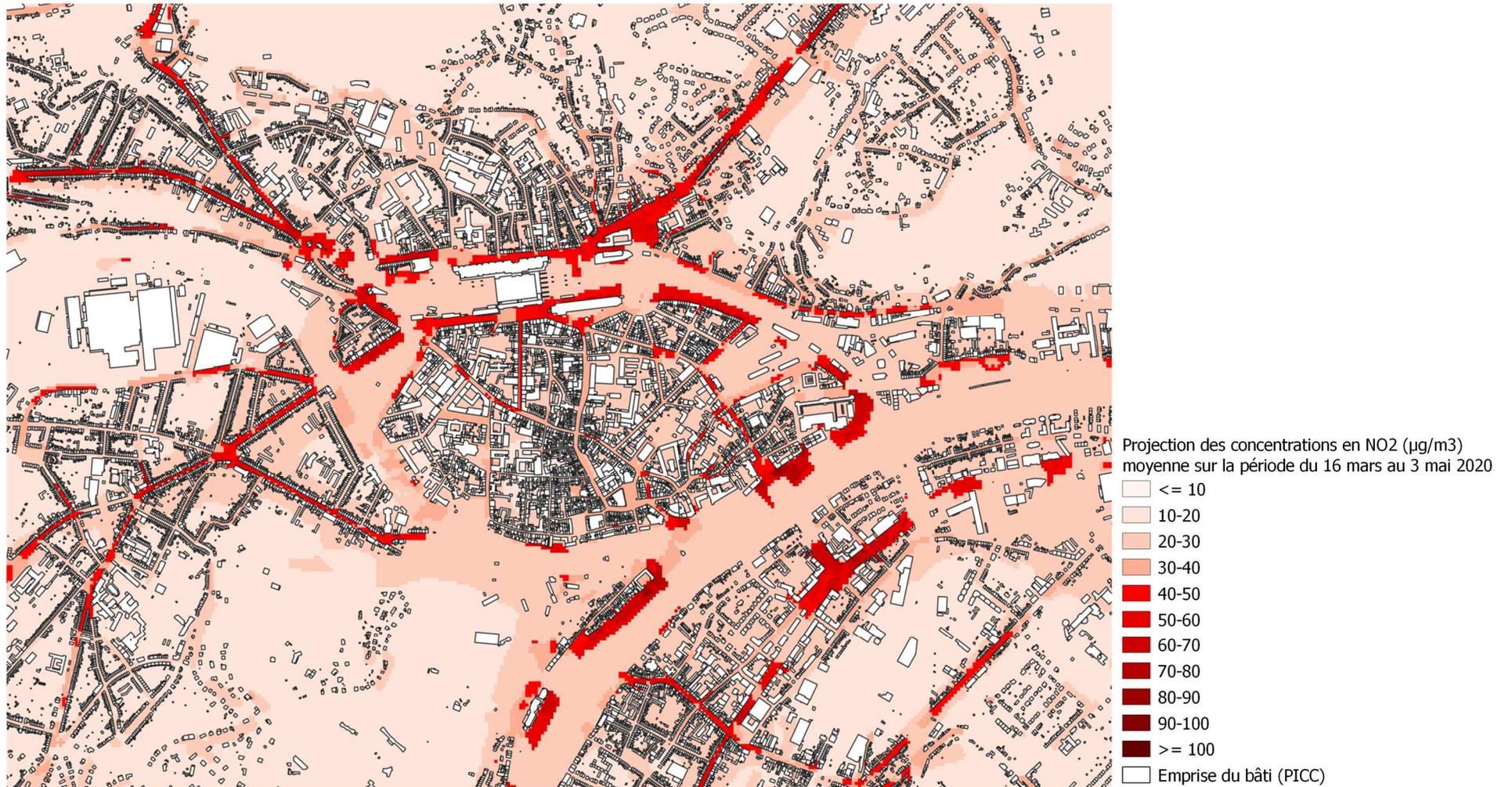


Figure 37 : Projection des concentrations en NO<sub>2</sub> avec 100 % du trafic (source ISSeP)

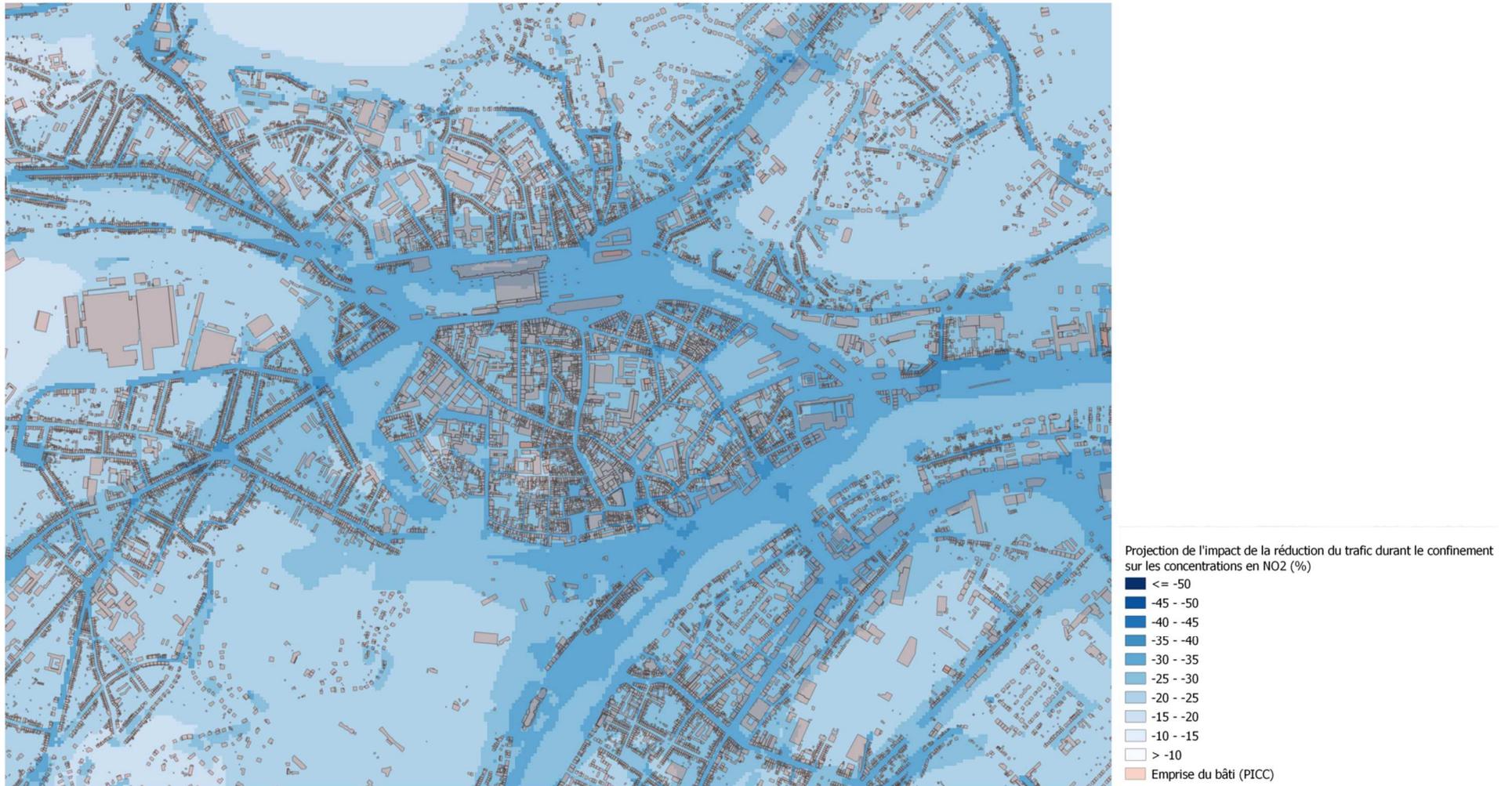


Figure 38 : Projection de l'impact de la réduction du trafic durant la période de confinement sur les concentrations en NO<sub>2</sub> (source ISSeP)

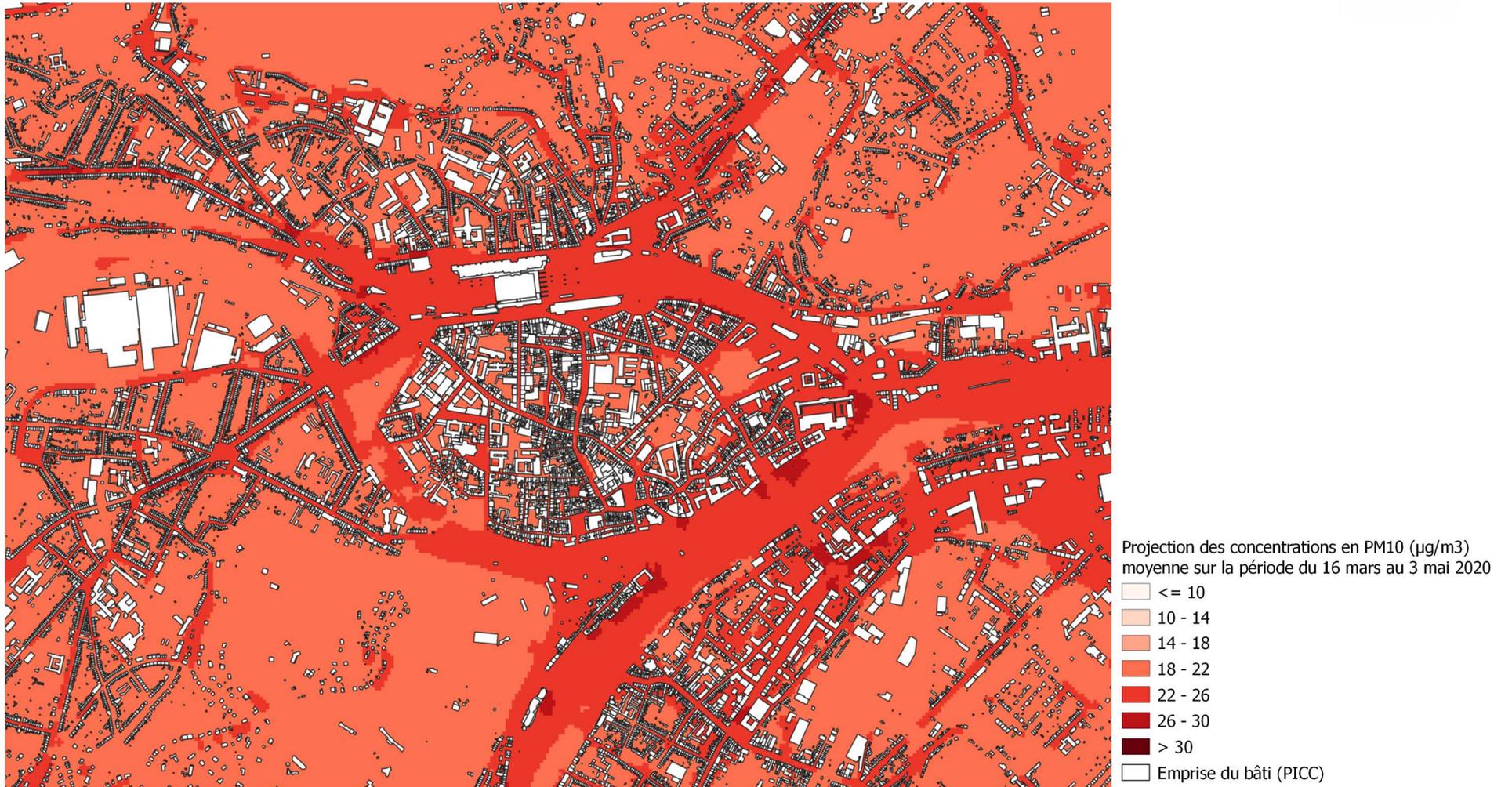


Figure 39 : Projection des concentrations en PM10 avec 100 % du trafic (source ISSeP)

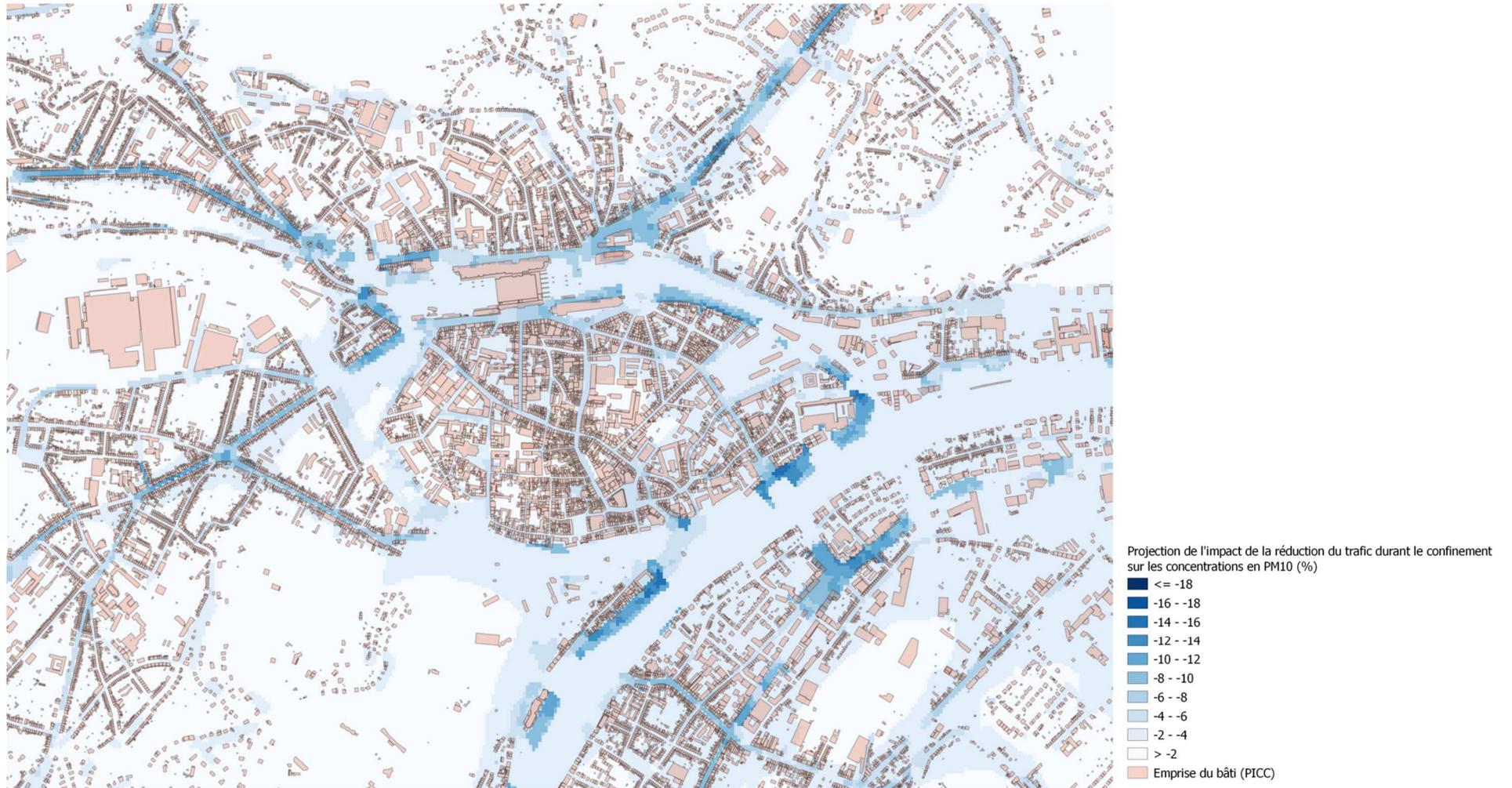


Figure 40 : Projection de l'impact de la réduction du trafic durant la période de confinement sur les concentrations en PM10 (source ISSeP)

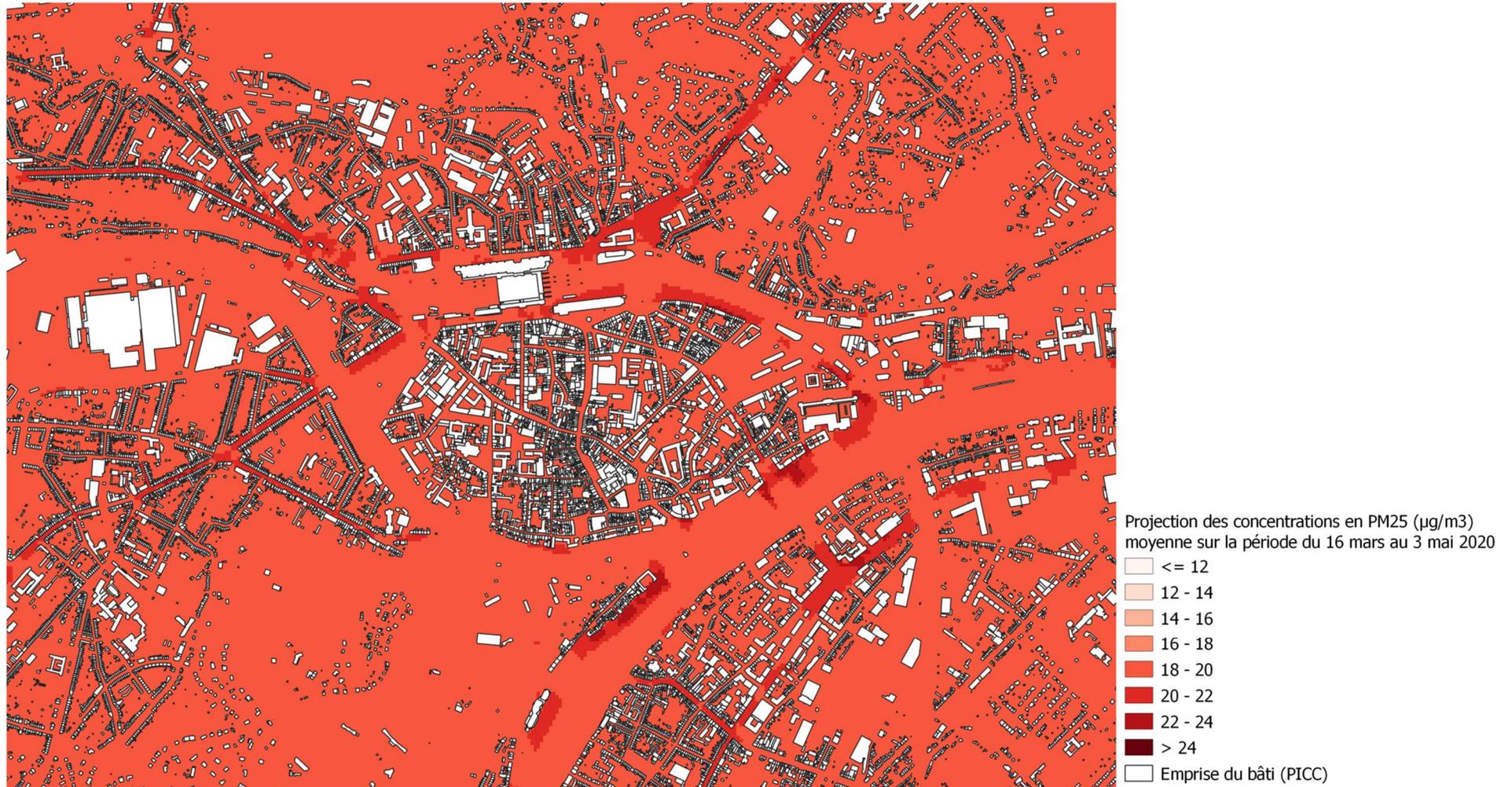


Figure 41 : Projection des concentrations en PM2.5 avec 100 % du trafic (source ISSeP)

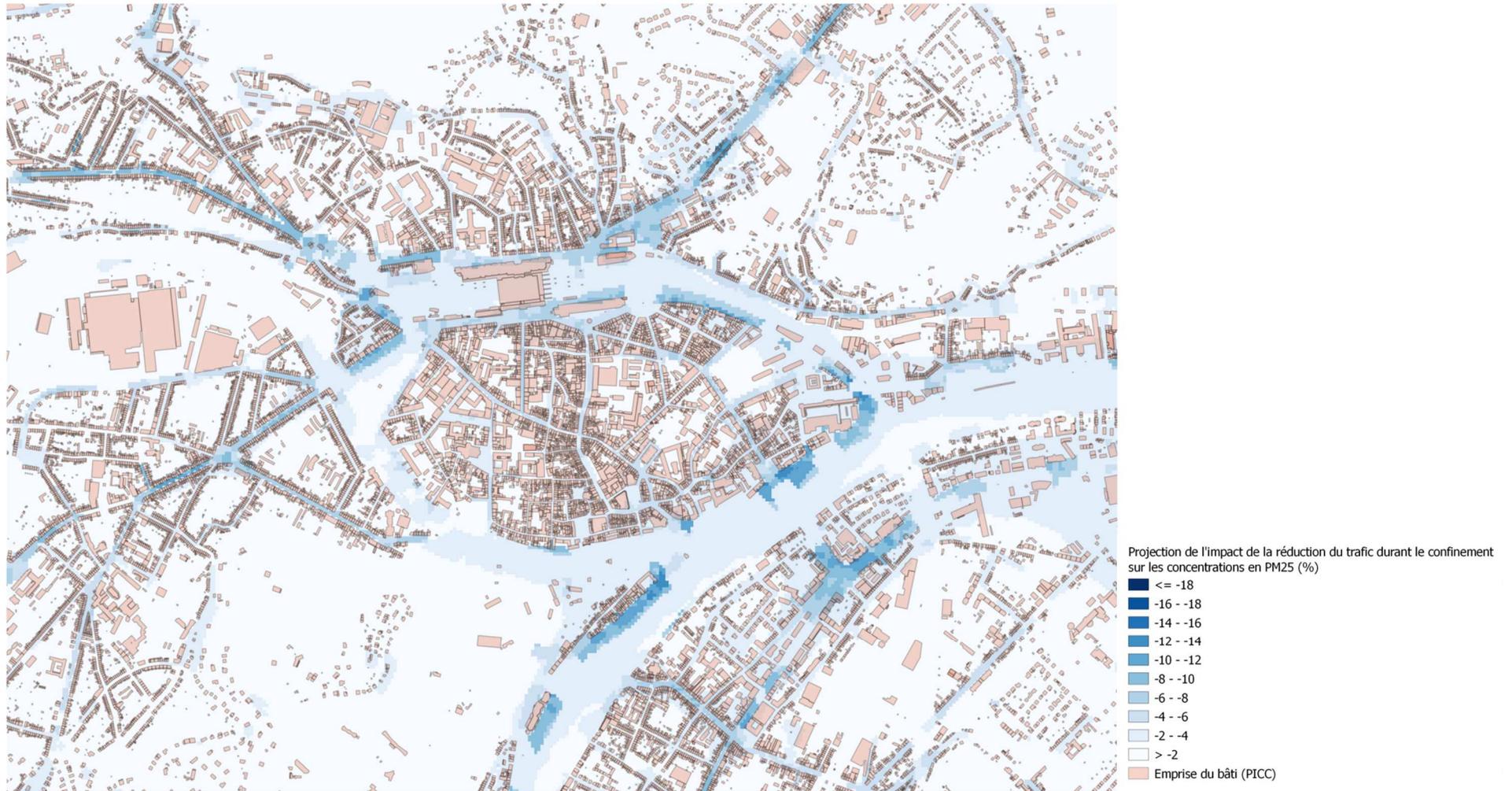


Figure 42 : Projection de l'impact de la réduction du trafic durant la période de confinement sur les concentrations en PM2.5 (source ISSeP)

## • 7. MODÉLISATION (RANDOM-FOREST)

### • 7.1. APPROCHE CHOISIE

Quantifier l'impact des mesures de confinement sur la qualité de l'air sur la base uniquement des mesures n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Les concentrations de polluants dans l'air ambiant sont déterminées non seulement par les émissions, mais aussi par les conditions météorologiques. En comparant les concentrations mesurées après le début du confinement avec les concentrations de la période immédiatement précédente ou des mêmes périodes des années précédentes, il n'est pas facile de distinguer l'effet de la variation due aux émissions de l'effet dû à la variation des conditions météorologiques. Ce problème a déjà été souligné dans la note d'information publiée début avril 2020 (<https://www.irceline.be/fr/nouvelles/impact-du-confinement-sur-la-qualite-de-lair>).

Cette difficulté est visible également dans le présent rapport sur les graphiques de la Figure 1 (§ 2.1) : l'examen des moyennes journalières directement avant et après mise en place du confinement ne montre aucun impact visible. De même, l'évolution des concentrations hebdomadaires (§ 4.1) montre des valeurs soit comparables soit plus faibles dans la période précédente que lors du confinement, pour les raisons météorologiques déjà évoquées.

La réponse apportée par l'analyse des données du réseau de mesure seul n'est donc pas suffisante pour évaluer de manière précise l'impact du confinement.

L'utilisation d'un modèle déterministe, tel qu'Atmo-Street utilisé dans le présent rapport à la ville de Namur (cf. § 6) permet d'apporter une réponse sans introduire un biais lié à l'impact des conditions météorologiques. Cette approche nécessite cependant une estimation réaliste des émissions de polluants pendant le confinement. Cela n'est pas évident : une diminution du volume du trafic entraîne une réduction de la pollution liée au trafic, mais l'estimation exacte de son ampleur n'est pas évidente. L'impact des mesures COVID-19 sur les émissions dans d'autres secteurs, tel que le chauffage résidentiel ou le secteur industriel, également au ralenti, n'est pas évident non plus à déterminer.

Ce chapitre complète les analyses précédentes par l'utilisation d'un modèle « Random Forest ». Il s'agit d'une technique dans laquelle on utilise des arbres de décision pour classer la relation d'un paramètre (par exemple la concentration d'un polluant) et un ensemble de variables météorologiques ou temporelles. En utilisant une série de données suffisamment longue pour la phase d'apprentissage, le modèle est ensuite capable de prévoir les concentrations attendues en fonction des données de l'ensemble des variables. Comme la phase d'apprentissage se déroule sur les données antérieures au confinement, la comparaison entre les résultats modélisés et les concentrations réellement mesurées pendant la période de confinement et ultérieurement, permet d'en évaluer l'impact.

Cette méthode présente l'avantage de s'affranchir de l'impact de la météo et ne nécessite pas d'hypothèse sur la diminution des émissions. Elle n'est par contre applicable qu'uniquement à des emplacements où des mesures sont disponibles et pas sur l'ensemble du territoire. Les informations sur le modèle utilisé et sa validation sont disponibles dans le rapport publié sur le site de la cellule CELINE<sup>(1)</sup>.

1. (<https://www.irceline.be/fr/documentation/publications/rapports-scientifiques/effet-des-mesures-prises-dans-le-cadre-de-la-crise-sanitaire-covid-19-sur-la-qualite-de-l2019air-en-belgique/view>)

## 7.2. RÉSULTATS

Le modèle Random Forest a été paramétré pour 6 polluants et 7 sites de mesure en Wallonie. A partir de cet ensemble de points de mesure, il a été possible d'obtenir une image globale de l'impact des mesures COVID-19 sur la qualité de l'air (à proximité du trafic, pour le fond urbain et également pour les sites de mesure de fond). Pour la phase d'apprentissage, la période allant du 1/1/2015 au 29/02/2020 a été utilisée, ou moins lorsque toutes les données n'étaient pas disponibles.

Le Tableau 22 présente les détails sur les sites de mesure et les polluants par site.

Point de mesure	Type de station	Météo	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	PM2.5	PM10	BC	O <sub>3</sub>
Charleroi	Urbaine	Charleroi	x	x	x	x		
Lodelinsart	Urbaine	Charleroi	x	x	x	x		x
Namur	Background urbain	Charleroi	x	x	x	x		x
Liège	Background urbain	Liège	x	x	x	x		x
Havannes	Background	Charleroi	x	x	x	x		x
Corroy-Le-grand	Background	Charleroi	x	x	x	x		x
Dourbes	Background	Liège	x	x	x	x		x

Tableau 22 : Stations de mesure et polluants pour lesquels le modèle Random Forest a été paramétré (source CELINE)

Le modèle Random Forest permet d'évaluer les concentrations de différents polluants de manière fiable sur la base d'un ensemble de variables météorologiques et temporelles, ce modèle peut être appliqué pour évaluer l'effet des mesures COVID-19. Comme la période après la mise en place des mesures de confinement n'a pas été incluse dans la phase d'apprentissage, l'impact des mesures COVID-19 n'est pas pris en compte par le modèle. Les concentrations lors de la période de confinement calculées par le modèle sont les concentrations estimées sur base uniquement des conditions météorologiques et des variables temporelles (tendance à long terme, tendance saisonnière et tendance hebdomadaire) pendant cette période. En d'autres termes, des concentrations dans le cadre d'un scénario BAU ("Business As Usual") s'il n'y avait pas eu de confinement.

La différence entre les concentrations calculées par le modèle et les concentrations réellement mesurées sur un site de mesure représente l'impact des mesures COVID-19 (y compris une baisse significative du trafic) sur la qualité de l'air pendant la période de confinement.

En début d'année 2020 avant le confinement, il y a eu plusieurs périodes (février) où le temps a été très pluvieux et venteux, ce qui a assuré des conditions de dispersion favorables et une faible pollution de l'air. La Figure 43 montre que les conditions météorologiques se sont détériorées après le début du confinement et indique le "facteur de ventilation" moyen hebdomadaire pour Charleroi et Liège. Le facteur de ventilation est le produit de la vitesse du vent et de la hauteur de la couche de mélange. Plus le facteur de ventilation est élevé, meilleures sont les conditions de dispersion ou de dilution dans l'atmosphère. Des émissions égales à un facteur de ventilation élevé se traduiront par des concentrations plus faibles. Si le facteur de ventilation est faible, la pollution s'accumule et les concentrations sont plus élevées. Cela se voit aussi clairement sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** pendant la semaine 4 en 2020, le facteur de ventilation moyen était très faible. Il en résulte des concentrations très élevées (voir plus loin). Le fait que les conditions météorologiques soient devenues plus défavorables après l'entrée dans le confinement est un élément à prendre en compte dans l'analyse ultérieure.

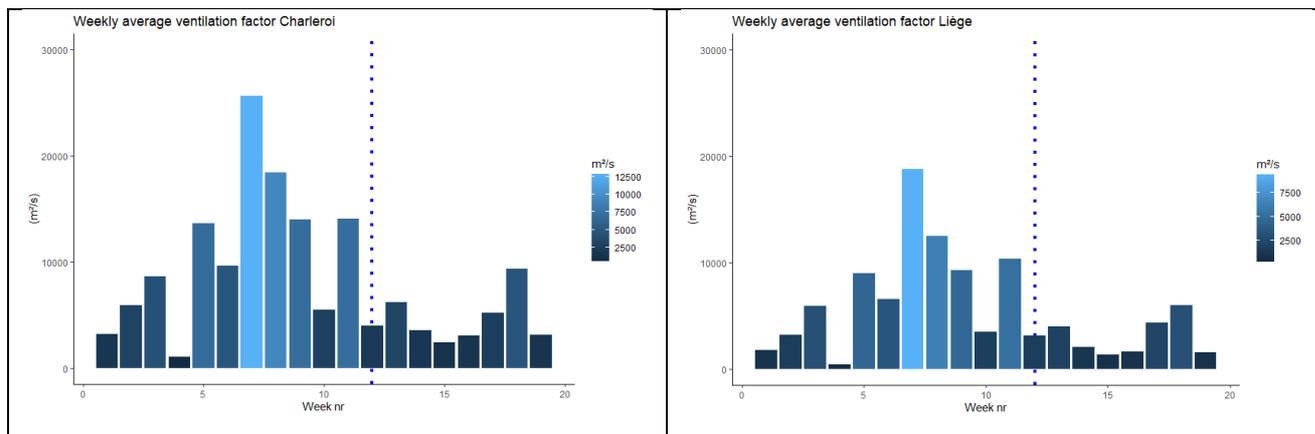


Figure 43: Moyenne hebdomadaire du facteur de ventilation (vitesse du vent x hauteur de la couche de mélange) pour les points de mesure de Charleroi et Liège pour les semaines 1 à 19 de 2020 (source CELINE)

La Figure 44 reprend l'évolution des concentrations moyennes journalières mesurées et calculées par le modèle pour les stations urbaine Namur et de fond de Dourbes. La différence entre les résultats modélisés (ligne rouge) et les mesures (ligne bleue) représente l'impact des mesures COVID-19 sur les concentrations de NO<sub>2</sub>.

Le modèle Random Forest "surestime" de manière significative les concentrations de NO<sub>2</sub> dans la station urbaine quasiment tous les jours après l'entrée dans la période de confinement jusqu'environ mi-mai. Sur la base des conditions météorologiques et des indicateurs temporels, les concentrations dans un scénario BAU ("Business As Usual") ou un scénario "sans confinement" auraient donc été plus élevées.

Le NO<sub>2</sub> est un polluant typique lié au trafic. La réduction du trafic automobile entraîne une diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> sur un site de mesure qui est fortement influencé par les émissions (locales) du trafic routier.

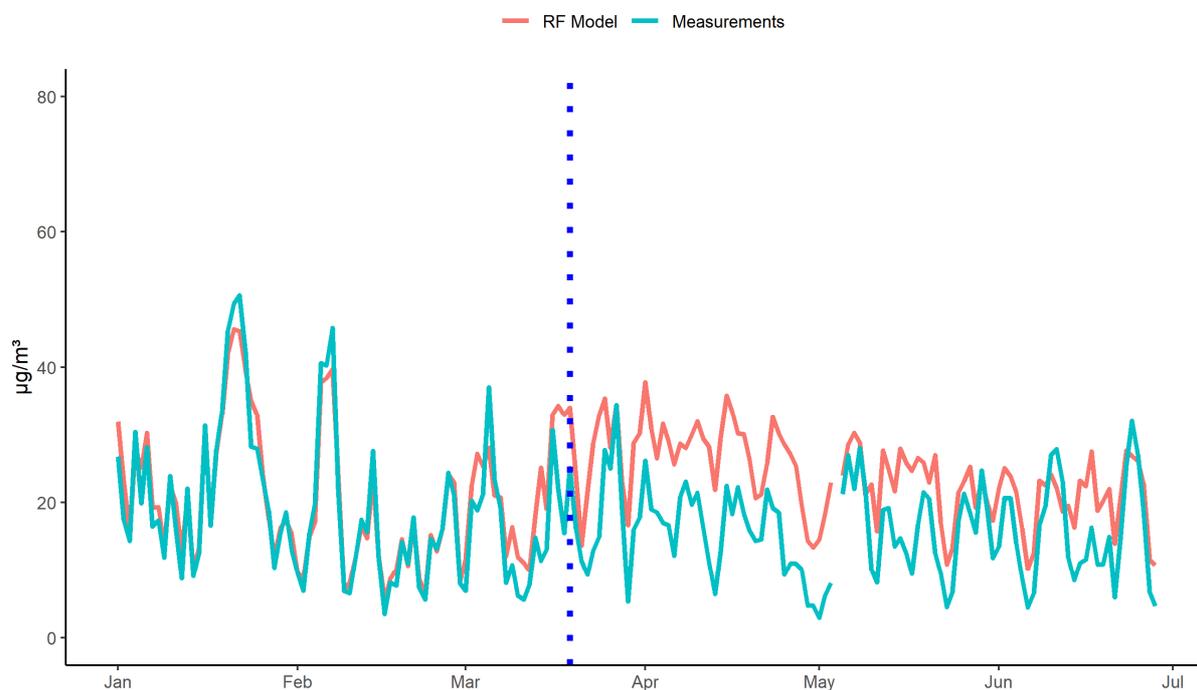
Par la suite, la différence s'amenuise et il n'y a plus de surestimation systématique, ce qui correspond à la levée du confinement.

Dans la station de fond de Dourbes (Ardennes), la différence entre les concentrations mesurées et les concentrations calculées par le modèle est moins importante. Cela indique que la diminution de la circulation pendant le confinement a eu moins d'impact sur les concentrations de NO<sub>2</sub> dans les stations de mesure qui sont éloignées des sources d'émissions liées à la circulation.

Le modèle Random Forest calcule les concentrations moyennes journalières. Dans les paragraphes suivants, les moyennes hebdomadaires sont utilisées pour évaluer plus en détail l'impact des mesures COVID-19 pour les différents polluants. À cette fin, les concentrations moyennes hebdomadaires modélisées ont été calculées pour les semaines 1 à 19 en 2020.

Les paragraphes ci-dessous commentent les résultats obtenus à certaines stations pour différents polluants, l'ensemble des résultats pour les différents stations et paramètres sont repris dans le Tableau 23.

NO<sub>2</sub> daily average 2020, R401



NO<sub>2</sub> daily average 2020, N100

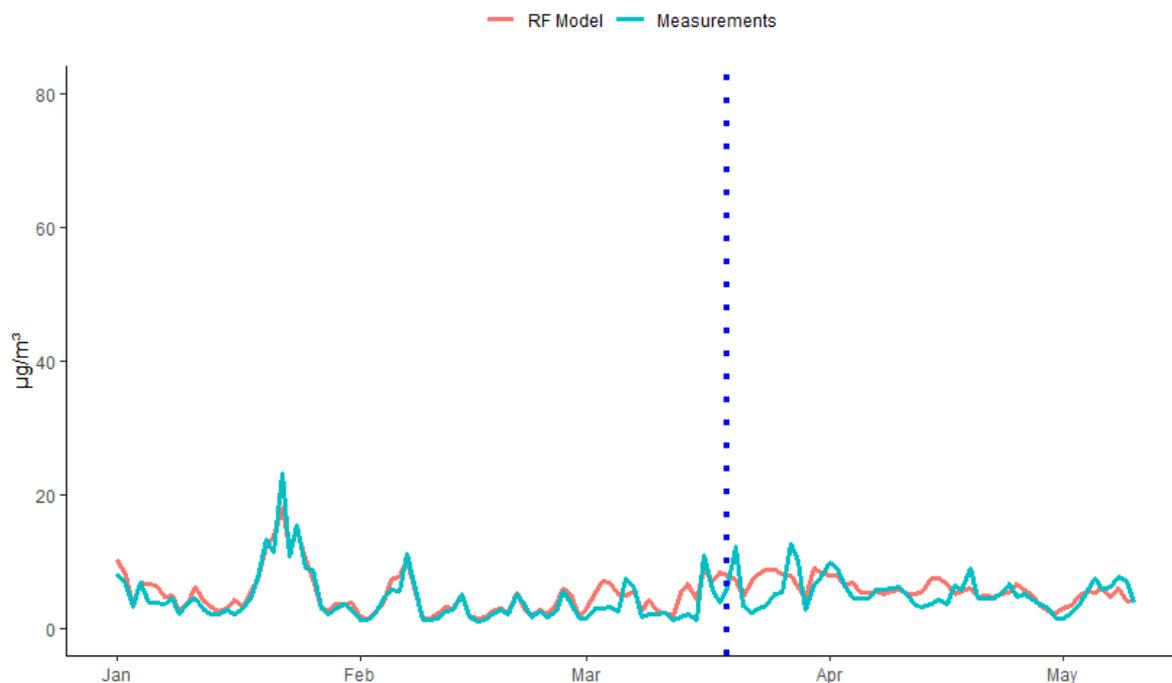


Figure 44: Concentrations journalières moyennes en NO<sub>2</sub> mesurées (bleu) et modélisées (rouge) pour la station urbaine de Namur (R401) et la station de fond rural de Dourbes (N100). La ligne pointillée verticale bleue indique la date de début des mesures de confinement (19/03/2020) (source CELINE)

### • 7.3. OXYDES D'AZOTE (NO<sub>x</sub>)

Lors des processus de combustion, tels que le trafic routier, les oxydes d'azote sont émis essentiellement sous la forme de dioxyde d'azote, NO<sub>2</sub>, et de monoxyde d'azote, NO, majoritaire. NO<sub>x</sub> désigne la somme molaire des deux composés. Pour des stations de mesures urbaines, le trafic automobile à proximité est la source principale de NO<sub>x</sub>.

Habituellement, aucune analyse spécifique n'est effectuée pour les NO<sub>x</sub> dans les rapports d'évaluation de l'air ambiant. Pour cet exercice de modélisation, le NO<sub>x</sub> est utilisé comme un polluant atmosphérique distinct car la concentration de NO<sub>x</sub> dans l'air est plus directement liée à l'émission (et à la quantité) du trafic automobile que le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le NO<sub>2</sub> est également émis directement dans une mesure limitée, mais il s'agit aussi d'un composant secondaire qui se forme dans l'atmosphère (par exemple à partir de réactions très rapides entre le NO et l'ozone). La concentration de NO<sub>2</sub> dans l'air, y compris dans les stations urbaines, est déterminée non seulement par le trafic local mais aussi par des sources plus éloignées. Le NO<sub>x</sub> est donc l'un des polluants pour lesquels est attendu le plus grand impact lié à la forte diminution du trafic consécutive au confinement.

La Figure 45 montre la concentration moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et la différence entre la concentration moyenne hebdomadaire de NO<sub>x</sub> calculée par le modèle et la concentration moyenne hebdomadaire mesurée de NO<sub>x</sub> (rouge) pour les 19 premières semaines en 2020 aux stations de Namur (fond urbain) et de Dourbes (fond rural). Le confinement a débuté à la semaine 12.

À partir de la semaine 12, il faut remarquer que les concentrations mesurées sont inférieures à celles des semaines précédentes. Et ce, malgré des conditions météorologiques nettement plus mauvaises pour la qualité de l'air. Cependant, la différence entre les concentrations attendues (BAU) et les concentrations mesurées (rectangles rouges) montre que, sur la base de cette météo défavorable et des variables temporelles, le modèle calcule des concentrations de NO<sub>x</sub> plus élevées que celles effectivement mesurées. Cet effet est plus important en milieu urbain et beaucoup moins prononcé pour les stations rurales. L'importance de cette différence est représentative de l'impact des volumes de trafic sensiblement plus faibles après la mise en place du confinement, ce qui se traduit par des émissions de NO<sub>x</sub> plus faibles et donc des concentrations de NO<sub>x</sub> plus faibles.

Pour chaque semaine, la différence relative est indiquée dans le rectangle bleu. La différence moyenne pour les 8 semaines précédant et suivant le confinement est indiquée en bas de la figure. Le fait que le pourcentage de réduction dans les semaines précédant le verrouillage n'est pas égal à 0 est lié à l'incertitude du modèle.

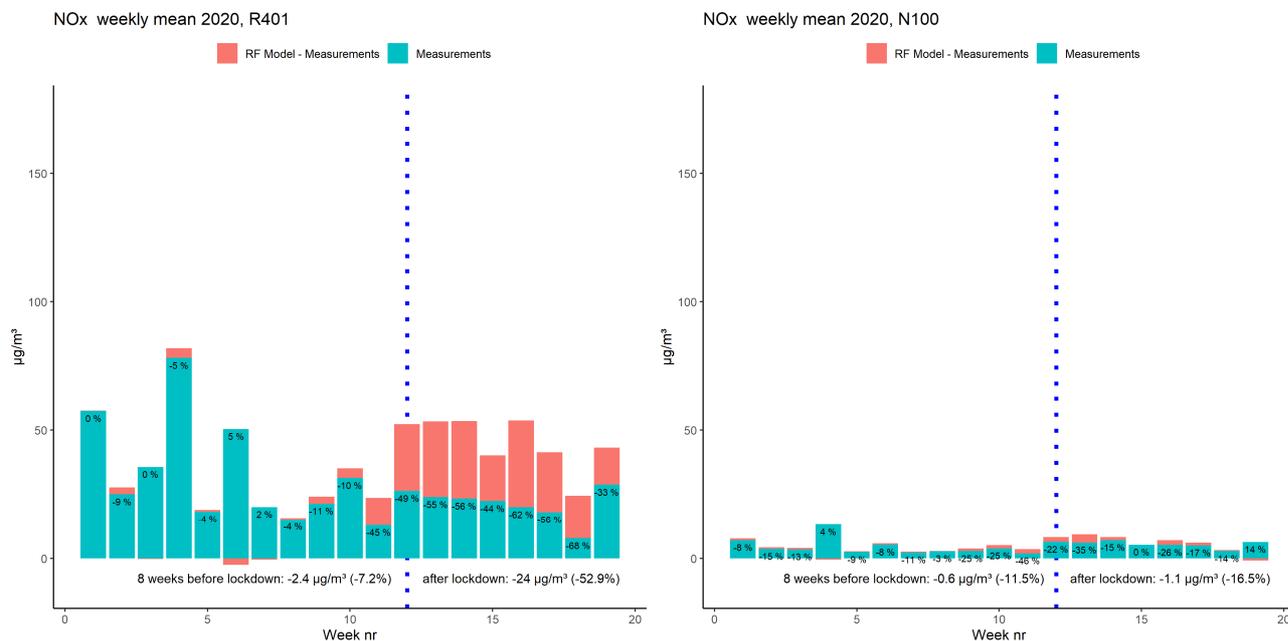
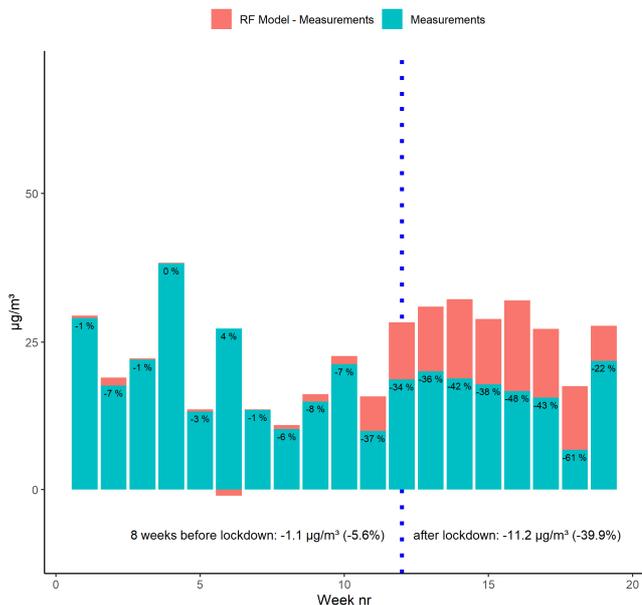


Figure 45 : Moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et la différence entre les concentrations prévues (par le modèle RF) et mesurées (rouge) des concentrations de NO<sub>x</sub> pour les 19 premières semaines de 2020 pour la station urbaine de Namur et la station de fond de Dourbes. Pour chaque semaine, la diminution (ou augmentation) des concentrations mesurées par rapport aux prévisions est indiquée en %. (source CELINE)

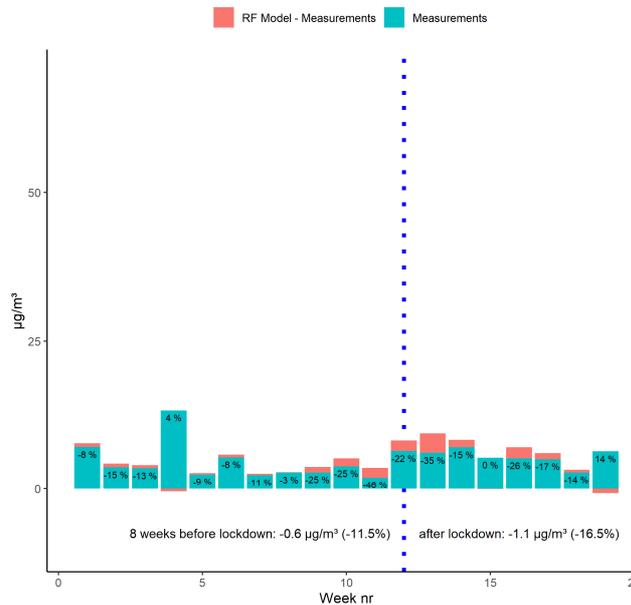
#### • 7.4. DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est un bon indicateur de la pollution atmosphérique liée au trafic dans les environnements urbains ou les zones à forte circulation, tout comme le NO<sub>x</sub>. Comme déjà mentionné au §1.2.1, le NO<sub>2</sub> est aussi un polluant secondaire (non directement émis) et moins directement lié aux émissions d'oxydes d'azote dues au trafic. Mais, NO<sub>2</sub> est le composant du mélange de NO<sub>x</sub> qui a un impact direct sur la santé. C'est pourquoi il existe des valeurs limites européennes pour le NO<sub>2</sub> et des valeurs recommandées par l'OMS (Organisation mondiale de la santé). La Figure 46 montre les concentrations moyennes hebdomadaires de NO<sub>2</sub> mesurées et calculées par le modèle pour les mêmes sites de mesure que pour les NO<sub>x</sub> et pour la station de Charleroi (R501). Les conclusions pour le NO<sub>2</sub> sont similaires à celles pour NO<sub>x</sub> : les plus fortes baisses sont enregistrées en milieu urbain. La diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> due aux mesures de confinement est légèrement moins prononcée que pour les NO<sub>x</sub>. On peut noter que si on prolonge l'évaluation sur une période plus longue, l'effet observé s'amenuise fortement après la sortie du confinement.

NO2 weekly mean 2020, R401



NO2 weekly mean 2020, N100



NO2 weekly mean 2020, R501

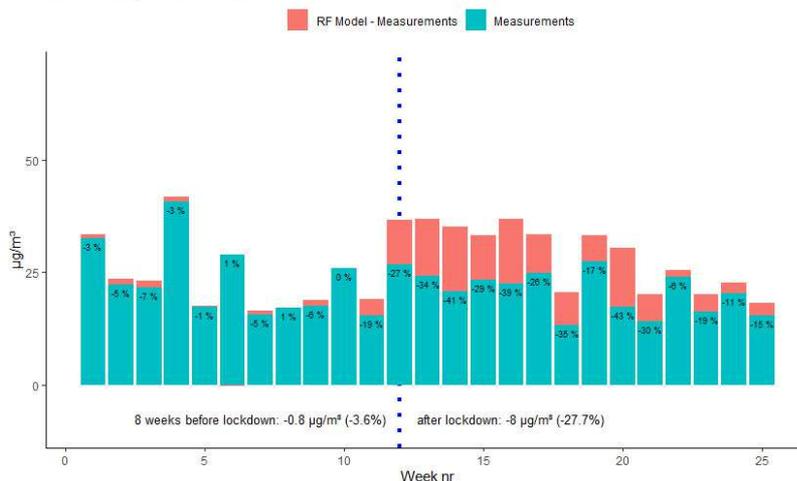


Figure 46: Moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et la différence entre les concentrations prévues (RF modèle) et mesurées (rouge) des concentrations de NO<sub>2</sub> pour les 19 premières semaines de 2020 pour les stations urbaine de Namur, Charleroi (jusque semaine 25) et de fond de Dourbes. La ligne pointillée bleue indique la semaine 12, semaine de début des mesures de confinement. Pour chaque semaine, la diminution (ou augmentation) des concentrations mesurées par rapport aux prévisions est indiquée en % (source CELINE)

## • 7.5. PARTICULES FINES (PM2.5)

La Figure 47 montre les concentrations moyennes hebdomadaires de PM<sub>2.5</sub> (mesurées et calculées par le modèle Random Forest) pour les sites de mesure urbains de Namur (R401), Charleroi (R501) et Liège (R222) et la station rurale de Dourbes (N100). Pour les PM<sub>2.5</sub>, fraction de particules d'un diamètre inférieur à 2,5 micromètres, il existe un gradient différent de celui observé pour les NO<sub>x</sub> ou le NO<sub>2</sub> : après le début du confinement, les concentrations mesurées en moyennes hebdomadaires augmentent. Une diminution sensible du volume du trafic ne se traduit donc pas par une diminution mesurable des concentrations de particules.

Sur base du modèle, les concentrations auraient été plus élevées en l'absence de confinement à certaines périodes ou stations, mais ce n'est pas systématique.

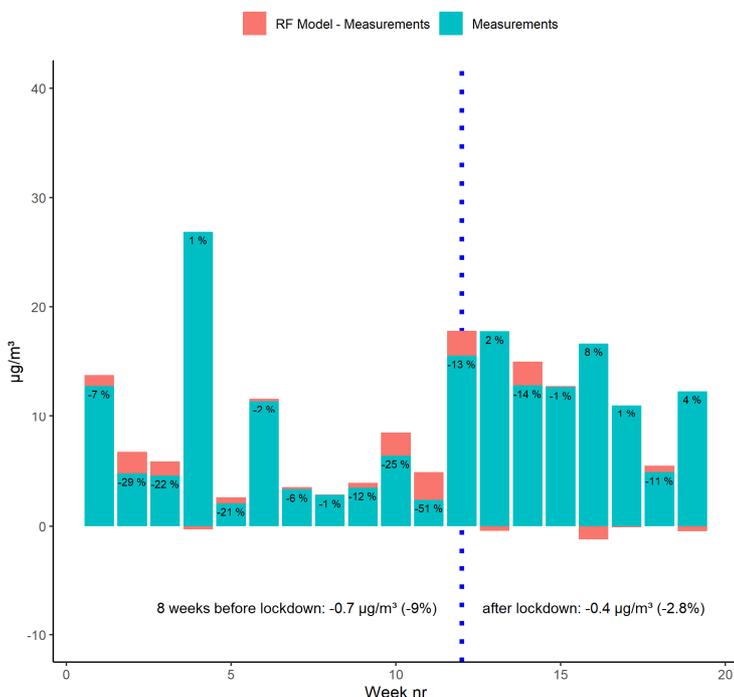
La phase de validation a montré que le modèle estime moins bien les concentrations des particules fines que pour les autres polluants et sous-estime les concentrations les plus élevées. Ces fortes concentrations se produisent (surtout) les jours où les conditions météorologiques sont défavorables. Il est donc possible que le modèle sous-estime les concentrations après le confinement en raison des conditions météorologiques plus incertaines pendant cette période, l'effet des mesures de confinement sur les concentrations pourrait donc être plus élevé que celui observé ici.

Des concentrations élevées de particules s'observent également lorsque les courants d'air continentaux apportent de l'air pollué. Pour l'instant, le modèle n'inclut aucun paramètre associé à cela. Il n'est donc pas en mesure de prévoir correctement de telles situations.

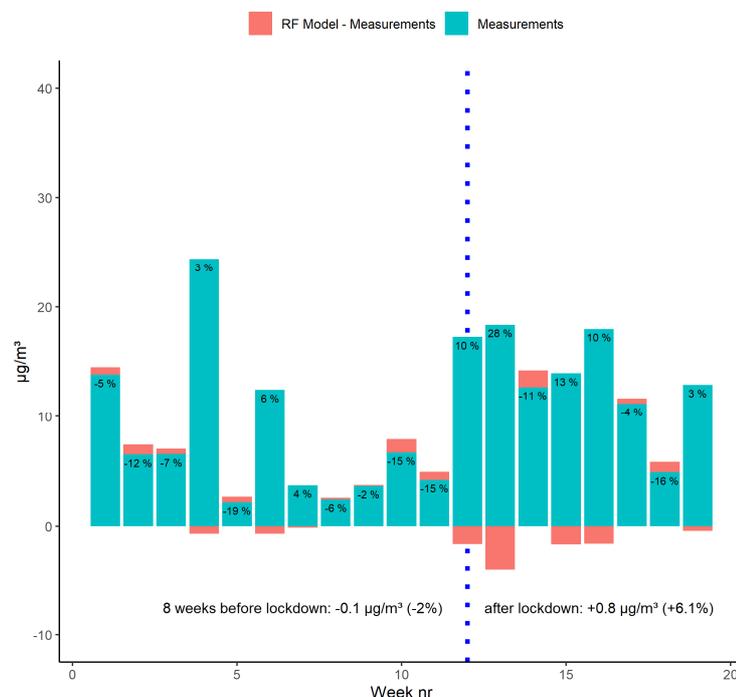
Il est toutefois clair que les mesures de confinement ne provoquent pas une diminution des concentrations de particules fines comparable à celle observée pour les NO<sub>x</sub>.

Ce n'est pas tout à fait inattendu car les PM<sub>2.5</sub> ne sont pas un bon indicateur du trafic. En effet, la contribution des particules "primaires" (ou directement émises) à la masse totale des PM<sub>2.5</sub> est limitée. Il y a également beaucoup d'autres sources d'émissions de particules fines qu'uniquement le trafic routier. L'industrie, les activités domestiques (en particulier la combustion du bois) et l'agriculture sont également des sources importantes de particules. Au cours des mois de mars et avril, les émissions d'ammoniac provenant de l'agriculture (épandage de fertilisants) provoquent également la formation de particules fines secondaires à l'origine des épisodes de smog printanier. De tels épisodes ont été observés fin mars et début avril 2020, essentiellement en Flandre mais également dans certaines parties de la Wallonie. La diminution du trafic automobile n'a donc qu'un impact limité sur la concentration totale de PM<sub>2.5</sub> dans l'air. Les conditions météorologiques défavorables après le confinement ont entraîné des concentrations de PM<sub>2.5</sub> plus élevées qu'auparavant. Si l'on prolonge l'analyse sur la période post-confinement, aucune tendance claire ne peut être observée (cf. Figure 47, Charleroi (R501).)

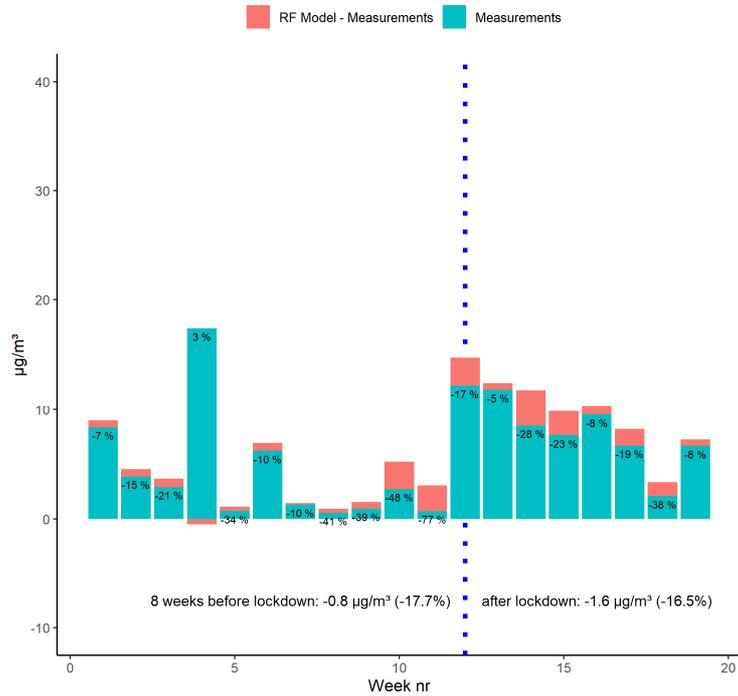
PM2.5 weekly mean 2020, R222



PM2.5 weekly mean 2020, R401



PM2.5 weekly mean 2020, N100



PM2.5 weekly mean 2020, R501

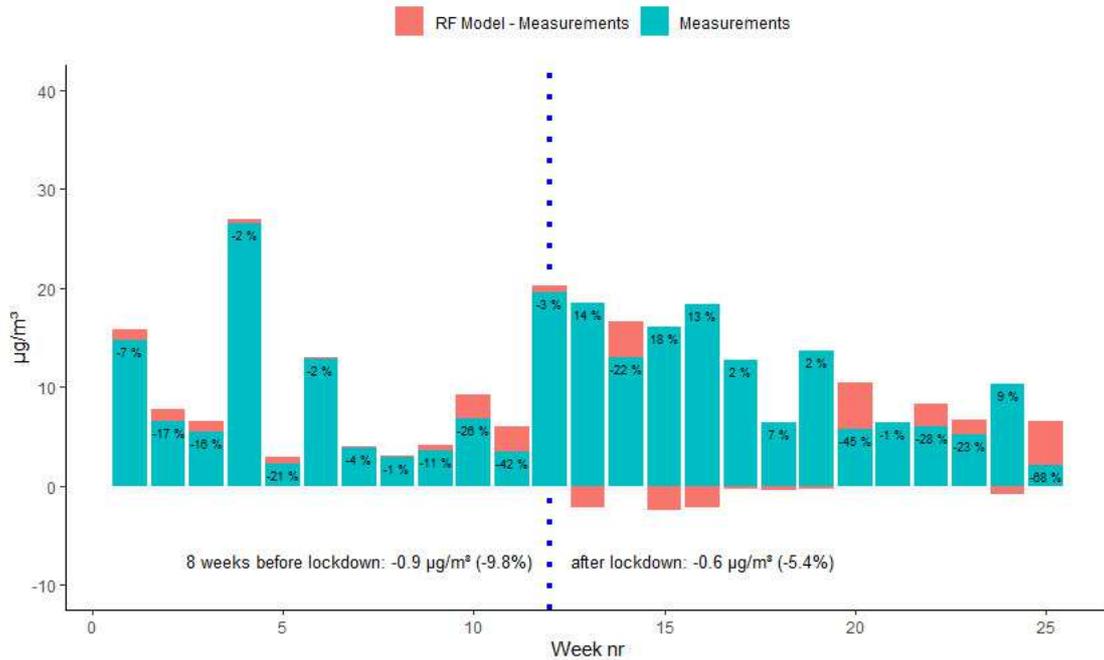


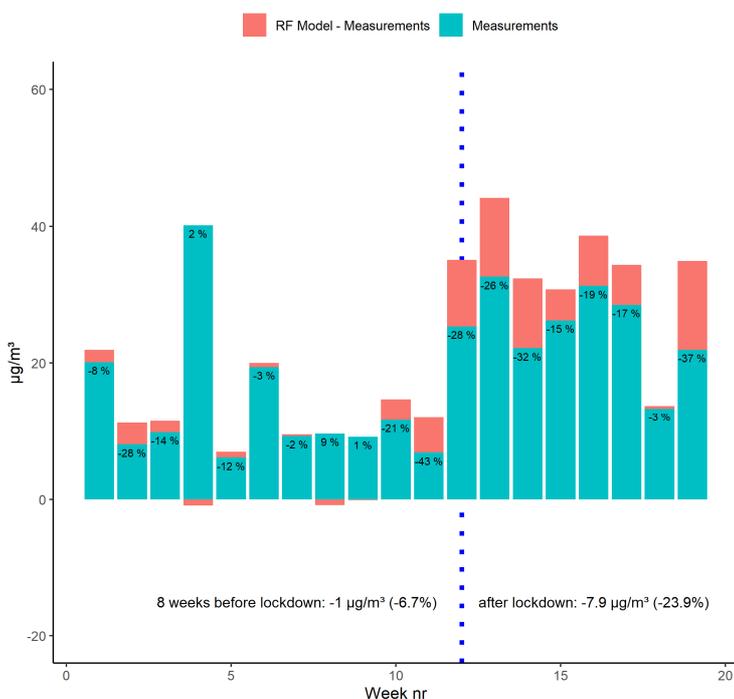
Figure 47 : Moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et la différence entre les concentrations prévues (RF modèle) et mesurées (rouge) des concentrations de PM2.5 pour les 19 (ou 25) premières semaines de 2020. La ligne pointillée bleue indique la semaine 12, semaine de début des mesures de confinement. Pour chaque semaine, la diminution (ou augmentation) des concentrations mesurées par rapport aux prévisions est indiquée en % (source CELINE)

• 7.6. PARTICULES FINES (PM10)

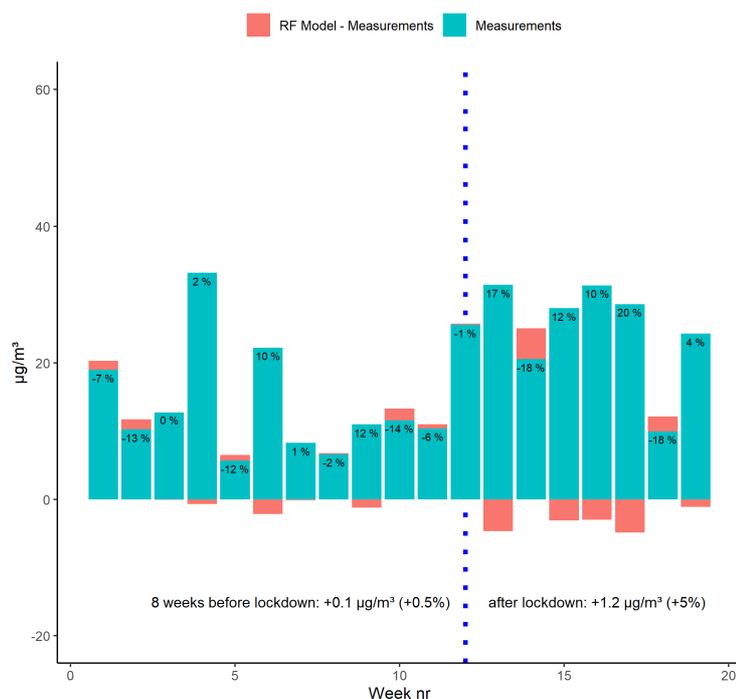
La Figure 48 montre les concentrations moyennes hebdomadaires de PM10 (mesurées et calculées par le modèle) pour les mêmes sites de mesure qu'au point 7.5. Comme pour les PM2.5, les concentrations de PM10 (particules d'un diamètre inférieur à 10 micromètres) augmentent pendant la période de confinement par rapport aux semaines précédentes. L'explication est en grande partie la même : des conditions météorologiques défavorables à l'origine du smog printanier (particules secondaires). Tout comme pour les PM2.5, il est important de prendre en compte le fait que le modèle Random Forest est moins performant pour la prévision des concentrations de particules fines que dans le cas d'autres polluants. Les résultats du modèle doivent donc être interprétés avec prudence pour ce polluant.

Les journées sèches et venteuses, les concentrations de PM10 peuvent augmenter de manière significative. Cette remise en suspension des poussières déposées au sol, qui est principalement présente dans la fraction la plus fine, ne se produit que rarement, de sorte que le modèle n'est pas en mesure de prévoir correctement ce phénomène.

PM10 weekly mean 2020, R222



PM10 weekly mean 2020, R401



PM10 weekly mean 2020, N100

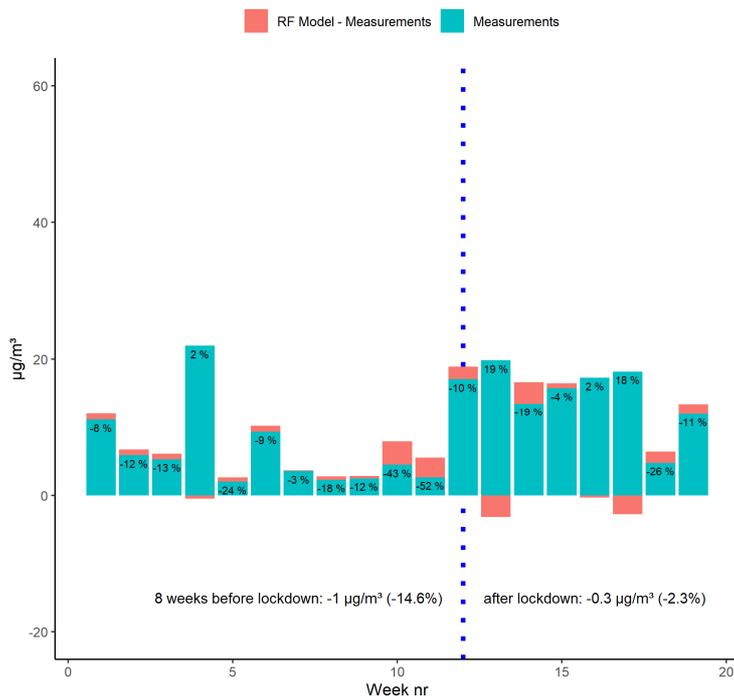


Figure 48: Moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et la différence entre les concentrations prévues (RF modèle) et mesurées (rouge) des concentrations de PM10 pour les 19 premières semaines de 2020. La ligne pointillée bleue indique la semaine 12, semaine de début des mesures de confinement. Pour chaque semaine, la diminution (ou augmentation) des concentrations mesurées par rapport aux prévisions est indiquée en % (source CELINE)

### • 7.7. BLACK CARBON (BC)

Pour le Black Carbon (ou carbone suie), une mesure des suies (diesel), l'impact des mesures de confinement est très similaire à celui observé pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le BC et le NO<sub>2</sub> sont fortement corrélés entre eux, car tous deux sont émis principalement par le secteur du transport routier.

BC weekly mean 2020, R401

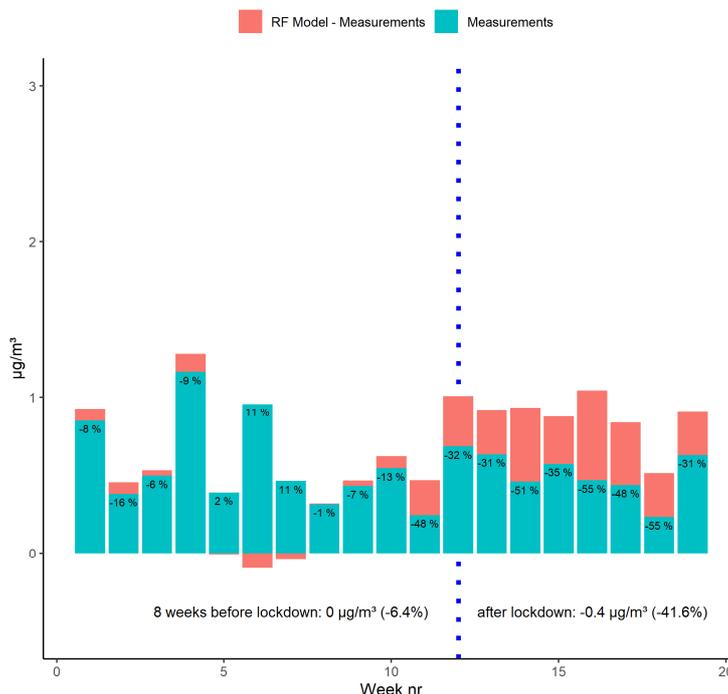


Figure 49: moyenne hebdomadaire mesurée (en bleu) et différence entre la concentration de BC attendue (modélisée) et mesurée (en rouge) pour les 19 premières semaines en 2020 pour la station de Namur. La ligne bleue en pointillé indique la semaine 12, le début des mesures de confinement. Les pourcentages correspondent à la diminution (ou l'augmentation) de la concentration moyenne hebdomadaire de BC par rapport aux concentrations (attendues) calculées par le modèle (source CELINE)

## • 7.8. OZONE (O<sub>3</sub>)

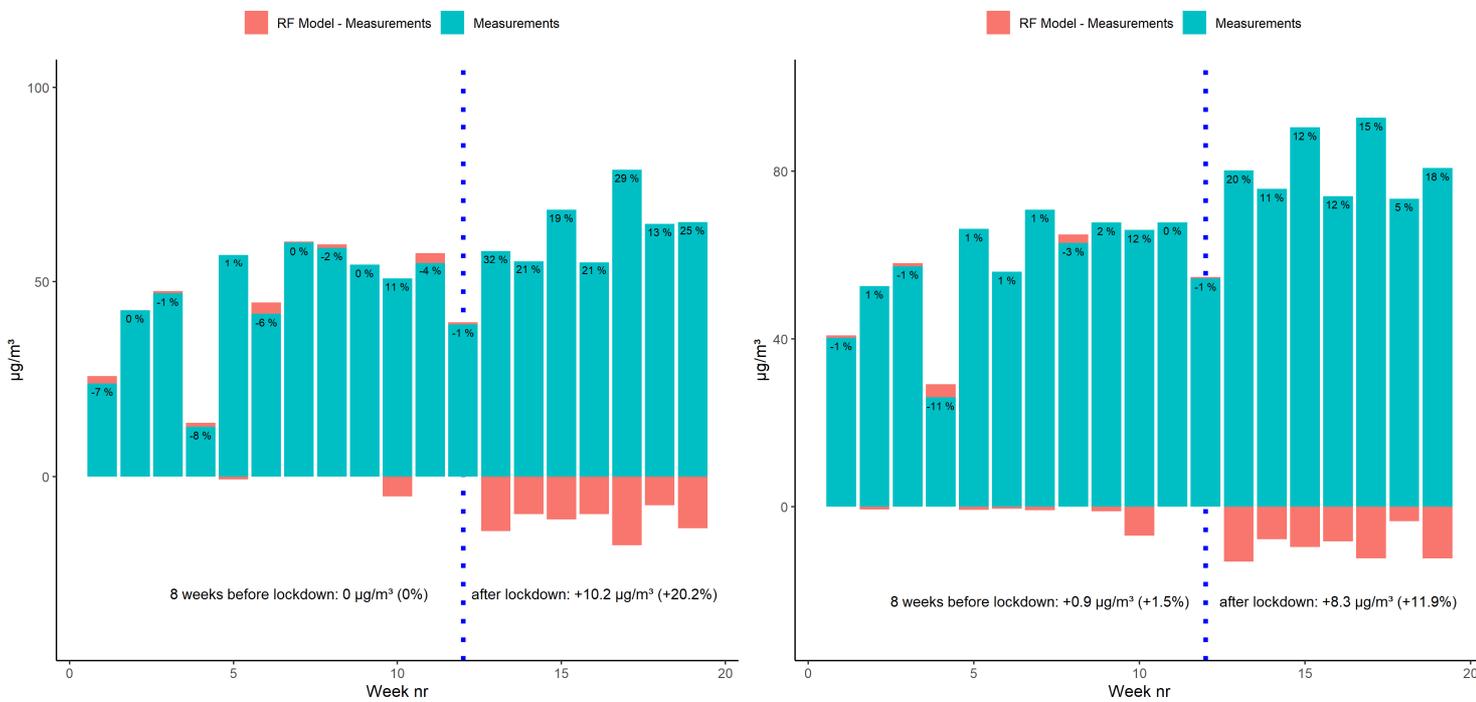
L'ozone est un polluant secondaire, l'ozone n'est pas émis directement mais est formé dans l'atmosphère par réaction photochimique entre le dioxyde d'azote, NO<sub>2</sub>, et l'oxygène de l'air. Les composés organiques volatils, i.e. des précurseurs d'ozone, interviennent également dans le processus de formation. Les concentrations d'ozone les plus élevées sont observées les jours chauds et ensoleillés. La réaction chimique de formation de l'ozone dans la troposphère (la partie inférieure de l'atmosphère) est une réaction d'équilibre : l'ozone est formé mais peut aussi être décomposé à nouveau notamment par réaction avec le monoxyde d'azote. À l'équilibre chimique, il se forme autant d'ozone qu'il s'en détruit. La réaction de formation de l'ozone est déterminée par la concentration de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) le rapport entre les concentrations de dioxyde d'azote et de composés organiques volatils dans l'air, la température et l'intensité de l'ensoleillement (rayonnement UV). La dégradation de l'ozone est principalement déterminée par la concentration de monoxyde d'azote (NO). Dans les endroits où le trafic est important (concentrations de NO élevées), la destruction de l'ozone prédomine généralement, ce qui entraîne des concentrations d'ozone mesurées généralement plus faibles. C'est ce que l'on appelle parfois le "paradoxe de l'ozone".

Ce paradoxe de l'ozone se reflète également pendant la période de confinement (Figure 50) : les concentrations d'ozone ont augmenté. Cette augmentation est plus prononcée dans les stations de mesure trafic. Il est intéressant de noter que sur base du modèle, cette augmentation des concentrations d'ozone se poursuit sur toute la période de 8 semaines. Cela signifierait que, malgré un trafic nettement moins important sur une longue période, il reste suffisamment de "précurseurs" (NO<sub>2</sub> et composés organiques volatils) dans l'air pour former de l'ozone. Par contre, les concentrations plus faibles de monoxyde d'azote (NO) aux points de mesure à proximité du trafic impliquent que l'ozone est moins dégradé. Des analyses antérieures avec des modèles déterministes ont également montré que les concentrations (moyennes) d'ozone en Europe occidentale augmentent même

après des réductions drastiques des émissions d'oxydes d'azote. Le fait que les concentrations d'ozone continuent d'augmenter même après une longue période avec moins de trafic indique que le problème de l'ozone ne peut être résolu que par des mesures à long terme de réduction des émissions de précurseurs d'ozone.

O3 weekly mean 2020, R222

O3 weekly mean 2020, N100



O3 weekly mean 2020, R502

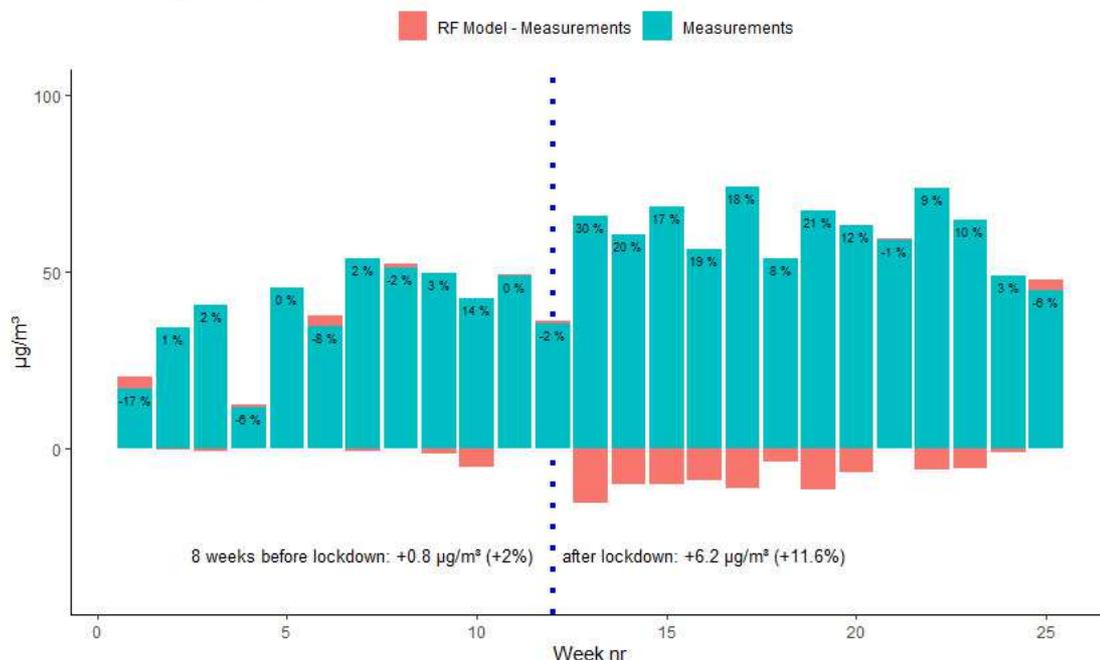


Figure 50 : moyenne hebdomadaire mesurée (bleu) et différence entre la concentration d'ozone (O3) modélisée et mesurée (rouge) pour les 19 premières semaines de 2020 à la station trafic (Molenbeek-R001), aux stations de fond urbain (Anwerpen-Borgerhout-R801, Gand-R701 et Liège-R222) et à deux stations de fond (Furnes-N029 et Dourbes-N100). La ligne bleue indique la semaine 12, le début des mesures de confinement. Les pourcentages indiquent la diminution (ou l'augmentation) de la concentration moyenne hebdomadaire d'O3 par rapport aux concentrations (attendues) calculées par le modèle (source CELINE)

Point de mesure	Type de station	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	PM2.5	PM10	BC	O <sub>3</sub>
µg/m <sup>3</sup>							
Charleroi	Urbaine	-25.4	-10.3	0.5	2.5		
Lodelinsart	Urbaine	-15.1	-7.4	-0.1	1.6		8.9
Namur	Background urbain	-24	-11.2	0.8	1.2	-0.4	
Liège	Background urbain	-20.2	-9	-0.4	-7.9		10.2
Havannes	Background	-4.2	-3	-2.5	-3.2		4.7
Corroy-Le-grand	Background	-9.2	-5.8	-2.8	-0.7		12.4
Dourbes	Background	-1.1	-1.1	-1.6	-0.3		8.3
%							
Charleroi	Urbaine	-44	-30.9	3.6	9.9		
Lodelinsart	Urbaine	-40.9	-30.2	-0.7	6.7		17.4
Namur	Background urbain	-52.9	-39.9	6.1	5	-41.6	
Liège	Background urbain	-46.6	-33.8	-2.8	-23.9		20.2
Havannes	Background	-25.5	-22.1	-17.5	-14.5		8.4
Corroy-Le-grand	Background	-39.4	-31.7	-21.3	-3.5		21
Dourbes	Background	-16.5	-16.5	-16.5	-2.3		11.9

**Tableau 23 : Impact (µg/m<sup>3</sup> et %) des mesures de confinement sur la qualité de l'air (semaines 12 à 19) estimé par le modèle Random Forest pour les différents points de mesure. En vert : l'amélioration des concentrations, en rouge, l'augmentation des concentrations (source CELINE)**

## 8. CONCLUSIONS

Dans ce rapport nous avons étudié l'évolution de la qualité de l'air, et en particulier des concentrations en oxydes d'azote, particules en suspension (PM10 et PM2.5) et monoxyde de carbone pour 3 périodes. La première période s'étend sur les 7 semaines précédant le confinement soit du 27/01/2020 au 15/03/2020. La deuxième période correspond aux 7 semaines du confinement strict et débute le 16/03/2020 jusqu'au 03/05/2020. Enfin, la troisième période correspond aux levées progressives des mesures de confinement, soit 5 semaines du 04/05/2020 au 07/06/2020.

La météo a joué un rôle crucial pendant ces trois périodes. Ainsi, la période précédant le confinement a connu un excès de précipitations (aussi bien en volume qu'en fréquence), avec un excès de vitesse de vents et des masses d'air provenant du sud-ouest. A la mi-mars, soit à la période d'entrée en vigueur des mesures de confinement, il y a eu un changement radical des conditions avec l'arrivée de courants continentaux, un ensoleillement supérieur à la normale et des précipitations rares et déficitaires. De plus, les mois de mars et d'avril sont connus pour être des mois où les conditions sont propices à la formation d'aérosols secondaires.

Durant la période précédant le confinement, les conditions météo ont été largement favorables à une bonne qualité de l'air et les concentrations en polluants ont été bien plus basses que les années précédentes et ce aussi bien pour les oxydes d'azote, les particules en suspension ou le monoxyde de carbone.

Durant la période de confinement strict, on observe une diminution des oxydes d'azote (-32% pour le dioxyde d'azote en milieu urbain), suite à la réduction du trafic qui en est le principal émetteur. Par contre, le confinement ne semble pas avoir eu d'effet sur les concentrations en particules. Il faut se rappeler que durant cette période, les conditions météorologiques ne sont pas favorables à une bonne qualité de l'air et que le printemps est propice à la formation de particules secondaires. Enfin, les concentrations en monoxyde de carbone sont restées très stables par rapport aux années précédentes.

Durant la période de levée des mesures de confinement, on constate également une baisse des concentrations en oxydes d'azote par rapport aux années précédentes (-28 % pour le dioxyde d'azote en milieu urbain). Durant cette période, les conditions météorologiques de la période de confinement se prolongent (beaucoup de soleil, peu de pluie et des vents d'est-nord-est), soit des conditions défavorables à une bonne qualité de l'air. Ainsi, on ne voit que peu d'effet sur les concentrations en PM10. Par contre, pour les PM2.5, on constate une diminution (-40 % en milieu urbain). Enfin, il y a peu d'évolution pour le monoxyde de carbone.

L'effet du confinement a donc surtout porté sur les oxydes d'azote et peu sur les particules. Les conditions météorologiques et la formation d'aérosols secondaires ont certainement joué un rôle important en défaveur de celles-ci. Il faut aussi se rappeler que le trafic est un secteur important pour les émissions d'oxydes d'azote (48 %) au contraire des particules (12 % pour les PM10, 17 % pour les PM2.5).

Le même constat a été fait dans d'autres régions voisines. On retiendra qu'à Paris (AIRPARIF - Communiqué de presse du 15 mai 2020), on a observé une diminution du dioxyde d'azote de -20 % à -35 % selon les semaines et même -50 % le long du trafic. L'effet est moindre sur les PM10 (-7 %). Par contre, les particules ultrafines (de taille inférieure à 0.1 µm) ont diminué de -30 %, information d'autant plus intéressante que ces fines particules sont plus toxiques.

Pour le dioxyde d'azote, les valeurs limites européennes et les recommandations de l'OMS sont respectées dans le réseau wallon. Selon l'OMS, des concentrations supérieures à 20 µg/m<sup>3</sup> (en moyenne annuelle) ont un impact sur la santé. Il est certain que des mesures de réduction du trafic auraient un impact favorable sur la santé en diminuant le nombre de stations dépassant cette valeur.

Pour les particules en suspension, toutes les stations wallonnes respectent les valeurs limites européennes. Il n'en va pas de même pour les recommandations de l'OMS. En ce qui concerne les valeurs guides annuelles, 2 stations dépassaient encore la valeur guide pour les PM10 (chiffres de 2019) et contre 3 stations pour les PM2.5. La valeur guide journalière n'est respectée que dans les stations rurales pour les PM10 et n'est respectée nulle part pour les PM2.5.

Pendant la période de confinement, on a observé des dépassements de la valeur limite journalière (50 µg/m<sup>3</sup>) pour les PM10. Le seuil d'information fut même déclenché en Flandre le 9 avril. Sur cette seule période, 2 stations wallonnes ont même déjà dépassé la recommandation OMS (3 dépassements). De même, les dépassements de la valeur guide OMS pour les PM2.5 (25 µg/m<sup>3</sup>) ont été nombreux et au-delà des recommandations pour 15 stations.

Dans les conditions météorologiques particulières que nous avons connues en période de confinement, on n'a pas observé d'effet significatif sur les concentrations en particules en suspension. Cette constatation interpelle par rapport aux mesures à court terme prises, par exemple, lors des pics de pollution. Il est peu probable que les mesures prises en matière de réduction des émissions du trafic aient un impact significatif sur les concentrations en PM10, mais leur effet est probablement plus important sur les fractions les plus fines.

L'utilisation d'outils de modélisation, pour s'affranchir de l'impact météorologique a mis en évidence les points suivant :

- Une cohérence entre les observations formulées à partir des mesures et les résultats modélisés ;
- Un impact positif significatif sur les concentrations de polluants directement liés au trafic tels que les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et le Black carbon (BC ou carbone suie). En l'absence de confinement, les concentrations de ces paramètres auraient été plus de 50% (NO<sub>x</sub>) et 35-40% (NO<sub>2</sub> et BC) plus élevées sur les sites de mesure les plus influencés par le trafic. L'impact diminue à mesure que la station de mesure est moins influencée par le trafic

- Les mesures de confinement semblent n'avoir qu'un impact limité sur les concentrations de particules fines (PM2.5 et PM10). Une des causes est que les conditions météorologiques sont plus défavorables après la mise en place du confinement. La contribution des particules fines "primaires" (i.e. émissions directes) à la concentration totale des particules est également limitée. Il y a généralement beaucoup plus de sources d'émissions de particules fines que le seul trafic routier. L'industrie, l'activité domestique et l'agriculture sont également des sources importantes de particules fines. Ces secteurs ont été moins touchés par les mesures de confinement ;
- Le confinement a un effet négatif sur les concentrations d'ozone. Dans la troposphère, il y a un équilibre complexe entre la formation de l'ozone et sa destruction. Malgré un trafic nettement moins important sur une longue période, il reste suffisamment de "précurseurs" (NO<sub>2</sub> et composés organiques volatils) dans l'air pour former de l'ozone. Par contre, les concentrations plus faibles de monoxyde d'azote (NO) aux points de mesure à proximité du trafic impliquent que l'ozone est moins dégradé, ce qui a entraîné une augmentation des concentrations ;
- L'effet positif s'estompe rapidement dès la levée du confinement, ce qui confirme que l'amélioration de la qualité de l'air passe par des mesures structurelles de réduction des émissions sur le long terme telles que les changements de mobilité (ZBE, transports en commun, mobilité douce, etc...) ou des modes de fonctionnement et d'organisation de la société (télétravail, etc...)

## Table des matières

• 1. CONTEXTE.....	3
• 2. METHODOLOGIE.....	3
• 2.1. INTRODUCTION.....	3
• 2.2. CHOIX DES PERIODES ETUDIEES.....	4
• 3. METEOROLOGIE.....	5
• 3.1. BILANS CLIMATOLOGIQUES MENSUELS.....	5
• 3.2. RESULTATS DU RESEAU TELEMETRIQUE.....	7
• 3.3. DISCUSSION.....	11
• 4. ANALYSE DES DONNEES DU RESEAU TELEMETRIQUE.....	12
• 4.1. EVOLUTION DES MOYENNES HEBDOMADAIRES.....	12
• 4.1.1. Introduction.....	12
• 4.1.2. Oxydes d'azote.....	12
• 4.1.3. Particules en suspension (PM10).....	16
• 4.1.4. Particules en suspension (PM2.5).....	17
• 4.1.5. Monoxyde de carbone.....	18
• 4.2. MOYENNES SUR LES PERIODES.....	19
• 4.2.1. Introduction.....	19
• 4.2.2. Période avant confinement.....	20
• 4.2.3. Période de confinement.....	23
• 4.2.4. Période de levée du confinement.....	26
• 4.2.5. Filtre sur l'influence météorologique.....	29
• 4.3. JOURNEE-TYPE.....	30
• 4.4. RESPECT DES NORMES EUROPEENNES ET DES RECOMMANDATIONS OMS.....	32
• 4.4.1. Dioxyde d'azote.....	32
• 4.4.1.1. Valeurs horaires.....	32
• 4.4.1.2. Valeurs annuelles.....	32
• 4.4.2. Particules en suspension – PM10.....	34
• 4.4.2.1. Valeurs journalières.....	34
• 4.4.2.2. Valeurs annuelles.....	35
• 4.4.3. Particules en suspension – PM2.5.....	37
• 4.4.3.1. Valeurs journalières.....	37
• 4.4.3.2. Valeurs annuelles.....	39
• 5. ANALYSE DES RESULTATS DU RESEAU MOBILE.....	40
• 5.1. CONTEXTE.....	40
• 5.2. COMPTAGE DES VEHICULES.....	40
• 5.3. LIEGE.....	42
• 5.4. CHARLEROI.....	43
• 5.5. JOURS OUVRABLES ET WEEKENDS.....	45
• 6. MODELISATION (ATMO-STREET).....	45
• 6.1. INTRODUCTION.....	45
• 6.2. RESULTATS.....	46
• 7. MODELISATION (RANDOM-FOREST).....	53
• 7.1. APPROCHE CHOISIE.....	53
• 7.2. RESULTATS.....	54
• 7.3. OXYDES D'AZOTE (NO <sub>x</sub> ).....	57
• 7.4. DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ).....	58

- 7.5. PARTICULES FINES (PM2.5) ..... 59
- 7.6. PARTICULES FINES (PM10) ..... 62
- 7.7. BLACK CARBON (BC) ..... 63
- 7.8. OZONE (O<sub>3</sub>) ..... 64
- **8. CONCLUSIONS** ..... **66**