

Evaluation de l'impact des mesures prises dans le cadre de la pandémie de Covid-19 sur la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale

1. Introduction

Ce rapport a pour objectif de fournir une évaluation de l'impact des mesures prises dans le cadre de la pandémie de Covid-19 sur la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale (RBC), au terme d'un mois de confinement généralisé, soit sur la période du 19 mars au 19 avril 2020. En effet, le confinement a donné lieu à une réduction significative du trafic et, par conséquent, des polluants émis par le secteur du transport.

De manière générale, la qualité de l'air (soit les concentrations de polluants mesurées dans l'air ambiant), est déterminée par les émissions de polluants, ainsi que par les conditions météorologiques. Celles-ci jouent en effet un rôle déterminant dans la dispersion des polluants. C'est pourquoi il est nécessaire d'analyser les conditions météorologiques en parallèle aux concentrations afin de pouvoir discriminer l'impact d'une réduction des émissions de l'impact de la météo pendant la période considérée.

a. Polluants

Les polluants retenus dans cette analyse sont :

- les oxydes d'azote (soit le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂),
- les particules fines PM₁₀ et PM_{2.5} et
- le black carbon (BC).

Les **oxydes d'azote** sont principalement émis par les activités humaines pendant les processus de combustion à haute température, qui provoquent une oxydation de l'azote présent dans l'air. En RBC, les principales sources d'oxydes d'azote sont le transport routier (en particulier les moteurs diesel), le chauffage des bâtiments et dans une moindre mesure la production d'énergie et l'industrie. En pratique, seul le NO₂ fait l'objet d'une réglementation au niveau européen (ainsi que de valeurs recommandées par l'OMS), pas le NO. Parmi les polluants gazeux, le NO₂ est assurément le plus problématique en termes de respect de normes européennes. Au fil des années, on observe cependant une diminution régulière des concentrations de ce polluant dans l'air ambiant.

Les **particules fines** regroupent toutes les particules solides et liquides en suspension dans l'atmosphère. Elles peuvent y séjourner de quelques heures à plusieurs mois en fonction de leurs caractéristiques physiques ainsi que de leurs propriétés physico-chimiques et des conditions météorologiques. Les PM₁₀ désignent la fraction des particules de taille inférieure à 10 µm (1 µm = 0.001 mm), et la fraction PM_{2.5} désigne celles dont la taille est inférieure à 2,5 µm.

Les particules peuvent être émises dans l'atmosphère par des sources naturelles (aérosol naturel) ou des sources liées à l'activité humaine (aérosol anthropique). En RBC, les principales émissions anthropiques proviennent du chauffage des bâtiments, des transports routiers et dans une moindre mesure de l'industrie. De manière générale, étant donné la grande diversité des sources de particules fines, celles-ci sont beaucoup moins liées au trafic que d'autres polluants tels que le dioxyde d'azote ou le black carbon.

Le **black carbon** est un composé particulaire dont la taille est inférieure à 0,5 µm (compris dans la fraction des particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}), principalement émis par les processus de combustion, soit principalement le trafic routier (en particulier les moteurs diesel) et dans une moindre mesure, le chauffage des bâtiments. Il s'agit d'un polluant intéressant dans un contexte urbain, car il est à la fois particulaire et fortement lié au trafic routier.

b. Stations

Au niveau du réseau télémétrique, les stations de mesure suivantes ont été prises en considération :

- **Arts-Loi** (41B001) : située dans un carrefour particulièrement dense sur la petite ceinture, il s'agit de la station présentant les concentrations les plus élevées en oxydes d'azote en raison des fortes émissions du trafic à cet endroit. L'environnement de cette station est **urbain sous très forte influence du trafic routier**.
- **Ixelles** (41R002) : cette station est fortement influencée par les émissions du trafic circulant dans l'avenue de la Couronne et les concentrations élevées qui y sont mesurées s'expliquent notamment par la configuration de type « canyon » de cette avenue. L'environnement de cette station est **urbain sous forte influence du trafic routier**.
- **Molenbeek-St-Jean** (41R001) : située à proximité de l'écluse n°11, cette station est représentative de l'environnement urbain en général et est en particulier sous influence du trafic circulant sur la Chaussée de Ninove. L'environnement de cette station est **urbain sous influence modérée du trafic routier**.
- **Uccle** (41R012) : cette station se situe dans un environnement résidentiel et est représentative des concentrations de fond en Région bruxelloise, soit les concentrations mesurées loin des sources de pollution. L'environnement de cette station est **urbain sous très faible influence du trafic routier** (on parle aussi de station de fond urbain).
- **Haren** (41N043) : cette station se situe dans un environnement influencé à la fois par les activités industrielles du port de Bruxelles et du trafic routier avoisinant, principalement de l'Avenue de Vilvorde. L'environnement de cette station est **industriel sous influence modérée du trafic routier**.

À côté de ces différentes stations de mesure de l'air ambiant, nous avons également analysé les concentrations mesurées à la **station du tunnel Léopold II** (direction Basilique, 41LEB2), naturellement très fortement influencée par le trafic routier. Etant donné que cette station est située dans un tunnel, les concentrations que l'on y mesure sont largement indépendants des conditions météorologiques.

c. Périodes

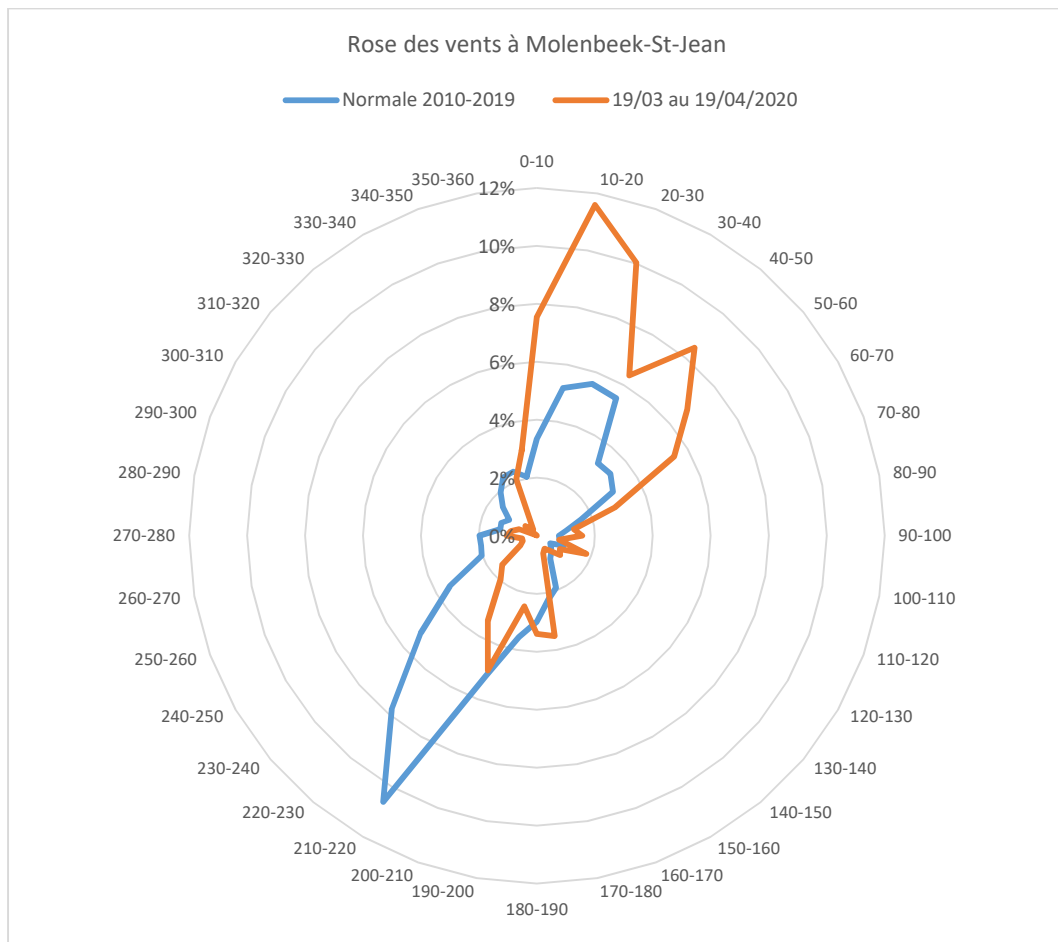
Les conditions météorologiques enregistrées durant la période de confinement (19/03 – 19/04/2020) ont été comparées dans cette étude aux données historiques sur la période 2010-2019.

Les concentrations de polluants mesurées pendant la période de confinement ont quant à elle été comparées à l'historique de données 2017-2019. En effet, étant donné l'amélioration continue (et relativement rapide) de la qualité de l'air, seules les trois dernières années sont typiquement comparables à la situation actuelle. En outre, nous avons distingué l'impact sur la qualité de l'air durant les jours ouvrés et durant les dimanches.

2. Représentativité des conditions météorologiques

Les conditions météorologiques influencent la dispersion des polluants. Il est bien connu qu'en hiver, la présence d'une inversion thermique et de faibles vitesses de vent limitent considérablement l'évacuation des polluants émis et favorisent leur accumulation à proximité de la surface du sol. A contrario, des vents forts contribuent à favoriser la dispersion des polluants, et des pluies intenses peuvent lessiver l'atmosphère en rabattant les polluants au sol.

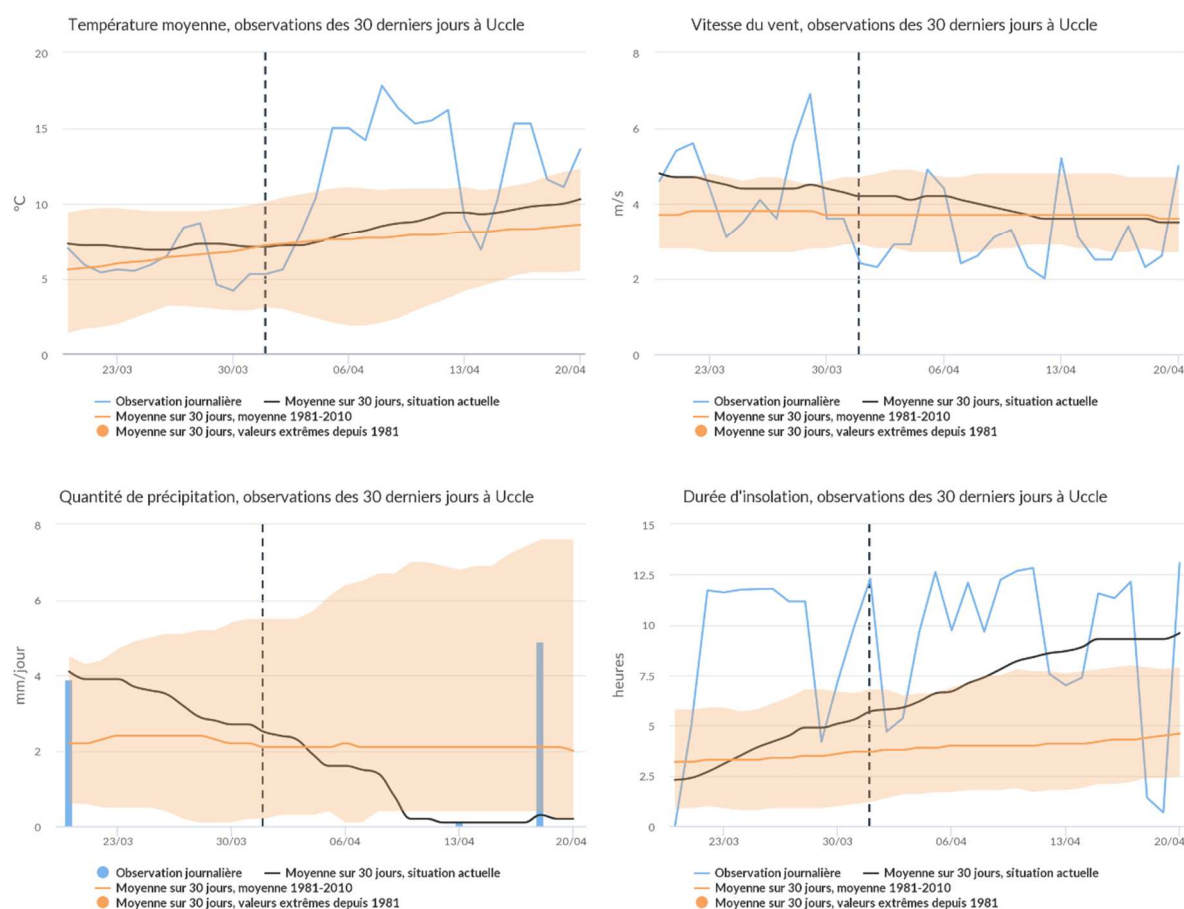
Pour évaluer avec précision l'impact des mesures Covid-19 sur la qualité de l'air, il est indispensable de disposer d'une période représentative en termes de conditions de dispersion des polluants. Lorsque cette condition est rencontrée, l'impact sur les concentrations de polluants peut être entièrement attribué à la réduction des émissions polluantes, ce qui permet en outre de la quantifier avec une précision raisonnable. Dans le cas contraire, lorsque l'amélioration de la qualité de l'air est attribuable à une combinaison des réductions d'émissions et de conditions météorologiques spécifiques, il n'est généralement pas possible de séparer les effets respectifs, pas plus que de les quantifier. Cette section a donc pour objectif de vérifier la bonne représentativité des conditions météorologiques au cours de la période de confinement.



Graphe 2.1 : rose des vents à la station de Molenbeek-St-Jean au cours de la période du 19 mars au 19 avril 2020 (ligne orange). La normale au cours des mois de mars et avril 2010 à 2019 est identifié par la ligne bleue.

De façon générale, les conditions météorologiques au cours de la période du 19 mars au 19 avril 2020 ont été largement dominées par des courants de secteur nord à nord-est (**Graphe 2.1**). La période a été globalement caractérisée par un ensoleillement généreux et une quasi-absence de précipitations, avec seulement deux jours de précipitations (20 mars et 18 avril). Cette situation a favorisé les phénomènes de remise en suspension de particules fines dans l'air ambiant. Les températures étaient proches des normales dans la dernière décade du mois de mars, et bien supérieures aux normales en avril (**Graphe 2.2**).

Si l'on considère le secteur « nord-est » qui est habituellement plus défavorable à la qualité de l'air en raison du transport des polluants par les masses d'air après leur passage au-dessus des Pays-Bas et/ou de l'Allemagne, il apparaît peu probable que ce secteur de vent ait joué un rôle défavorable dans la situation de confinement, grâce à la réduction généralisée des émissions polluantes dans les pays limitrophes de la Belgique.

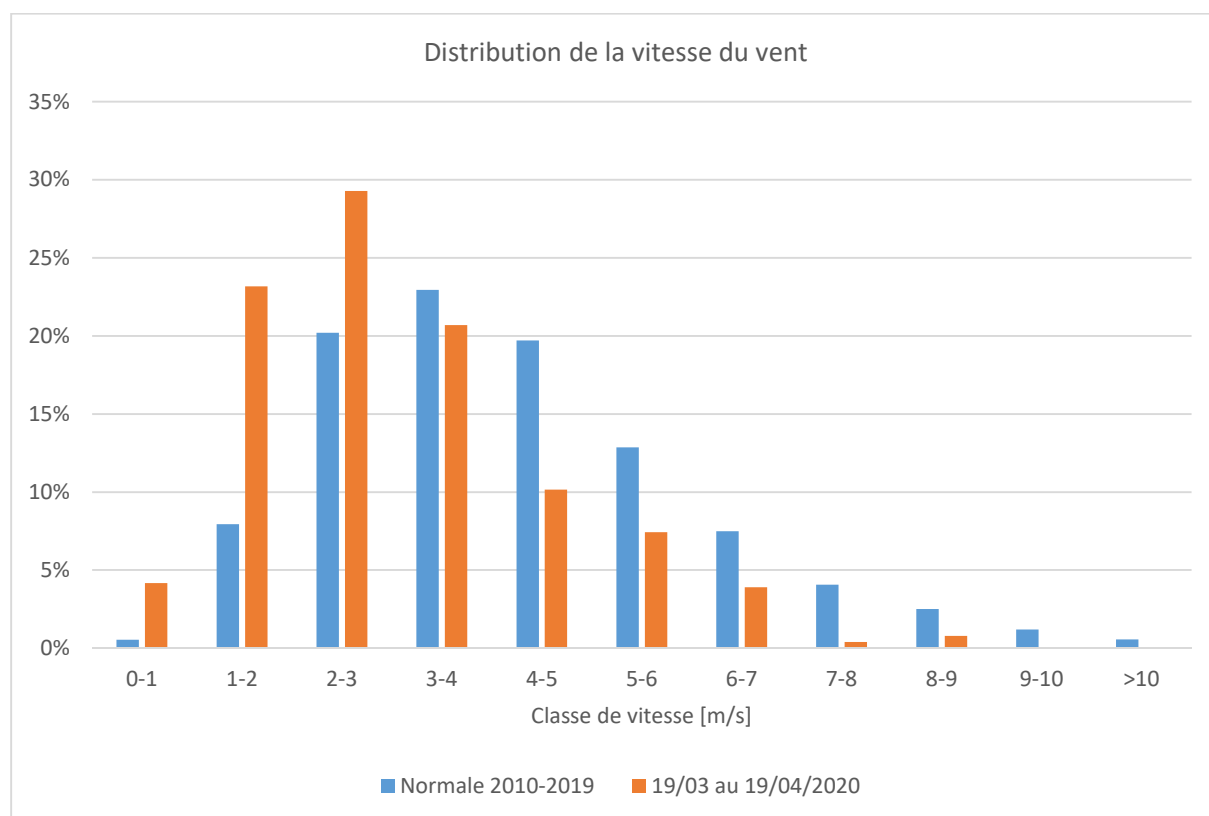


Graphe 2.2 : observations journalières (ligne bleue) de la température moyenne, de la vitesse du vent, des précipitations et de la durée d'insolation à la station synoptique d'Uccle au cours de la période du 20 mars au 20 avril 2020. Les informations illustrées par les autres couleurs caractérisent la moyenne sur 30 jours (dont la valeur est indiquée à la fin de la période de 30 jours). Les valeurs récentes de cette moyenne sur 30 jours (ligne noire) sont comparées à la normale 1981-2010 (ligne orange) ainsi qu'aux valeurs extrêmes depuis 1981 (zone orange) pour une même période de 30 jours. La droite verticale noire pointillée indique le premier jour du mois en cours. *Source : IRM-KMI.*

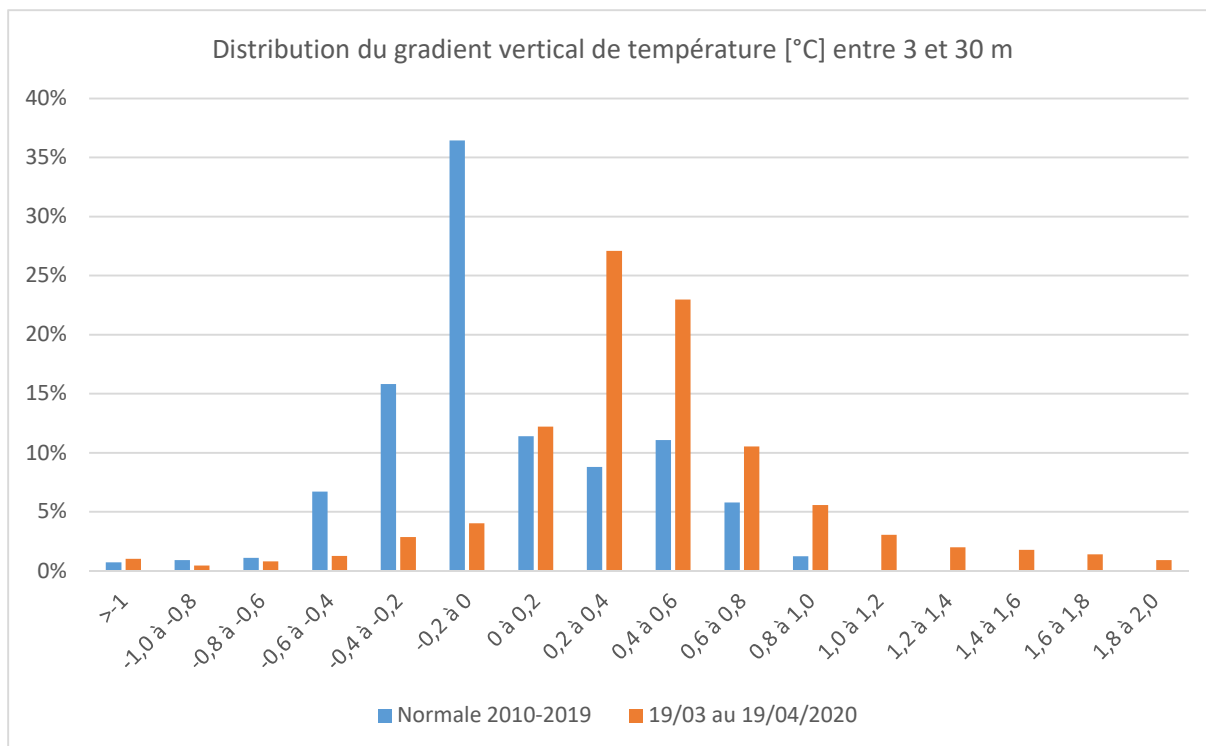
Il n'existe pas de paramètre unique permettant de caractériser l'efficacité de la dispersion des polluants ; il faut plutôt considérer un ensemble de paramètres dont la synthèse donne une appréciation globale de la capacité de l'atmosphère à disperser les polluants. Les principaux paramètres à évaluer sont la vitesse du vent, le gradient vertical de température et la hauteur de la couche limite dans laquelle s'opère le mélange des polluants.

En ce qui concerne les vitesses de vent, les valeurs mesurées pendant la période de confinement étaient globalement proches des normales. Par rapport à un mois de mars ou d'avril moyen, on note seulement une fréquence un peu plus importante de faibles vitesses de vent (**Graphe 2.3**). Il en résulte une moindre production de turbulence par cisaillement (transport horizontal).

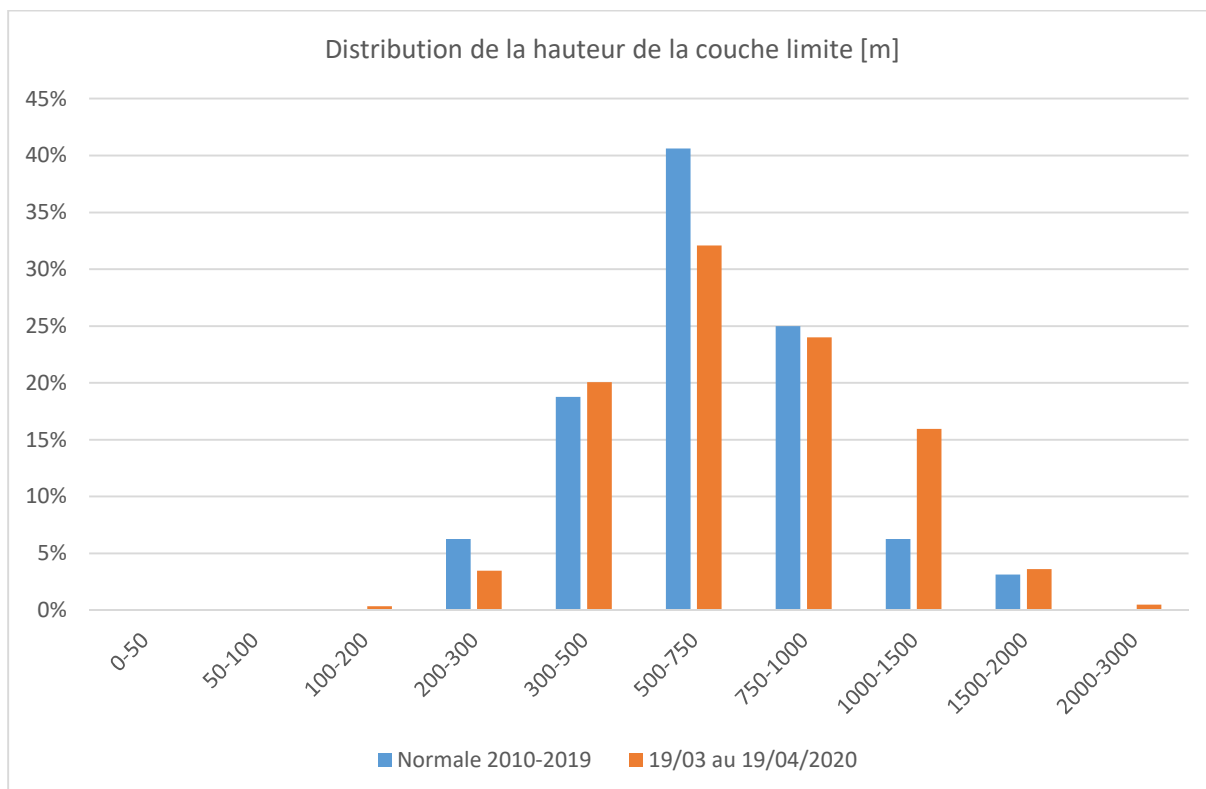
L'examen du gradient vertical de température entre 3 m et 30 m au-dessus du sol montre des valeurs plus élevées qu'un mois de mars ou d'avril normal (**Graphe 2.4**), traduisant une instabilité plus fréquente de la couche limite de surface. Ceci s'explique par les conditions météorologiques ensoleillées et le vent relativement faible qui ont caractérisé la période de confinement. Il en résulte que la turbulence générée par la poussée (turbulence verticale) était sensiblement plus importante qu'au cours d'un mois normal, et a contribué positivement à la dispersion des polluants. La génération de cellules de convection en journée a également favorisé l'élimination des polluants vers les couches plus élevées dans l'atmosphère.



Graphe 2.3 : distribution de la vitesse du vent [m/s] relevée à la station de Molenbeek-St-Jean au cours de la période du 19 mars au 19 avril 2020 (bâtonnets orange). Les valeurs normales pour les mois de mars et d'avril 2010-2019 sont indiquées avec les bâtonnets bleus.



Graphe 2.4 : distribution du gradient vertical de température [°C] relevé à la station de Molenbeek-St-Jean au cours de la période du 19 mars au 19 avril 2020 (bâtonnets orange). Les valeurs normales pour les mois de mars et d'avril 2010-2019 sont indiquées avec les bâtonnets bleus.



Graphe 2.5 : distribution de la hauteur de la couche limite [m] modélisée à Molenbeek-St-Jean au cours de la période du 19 mars au 19 avril 2020 (bâtonnets orange). Les valeurs normales pour les mois de mars et d'avril 2010-2019 sont indiquées avec les bâtonnets bleus.

La turbulence atmosphérique étant générée à la fois par le cisaillement du vent et la poussée, il apparaît que la dispersion au cours de la période de confinement a été favorisée par les mouvements d'air verticaux, ce qui a compensé le léger déficit de production de turbulence par cisaillement. Cette analyse est confirmée par l'examen de la hauteur de la couche limite, c'est-à-dire la couche de l'atmosphère dans laquelle les polluants sont mélangés. Le **Graphe 2.5** montre que la distribution des hauteurs de couche limite au cours de la période de confinement était relativement semblable à celle d'un mois de mars ou d'avril normal. On relève seulement une plus grande fréquence de hauteurs dans la classe de 1000 à 1500 m, ce qui est à mettre en relation avec un nombre plus élevé de situations calmes et ensoleillées. On note également une fréquence sensiblement moindre dans la classe 200 à 300 m, traduisant un nombre un peu moins élevé de situations de faible dispersion.

En conclusion, l'analyse des conditions météorologiques au cours de la période de confinement (19 mars au 19 avril 2020) montre que la dispersion des polluants peut être qualifiée de comparable, voire légèrement meilleure, à celle d'un mois de mars ou d'avril « normal ». En effet, le léger déficit de turbulence par cisaillement a été largement compensé par une meilleure diffusion verticale des polluants.

3. Concentrations d'oxydes d'azote (NO et NO₂) et de black carbon (BC)

a. Concentrations moyennes

Sur les **Graphes 3.a.1** et **3.a.2** sont tracées les concentrations de **dioxyde d'azote** et de **monoxyde d'azote**, respectivement, mesurées :

- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches,

pour des environnements :

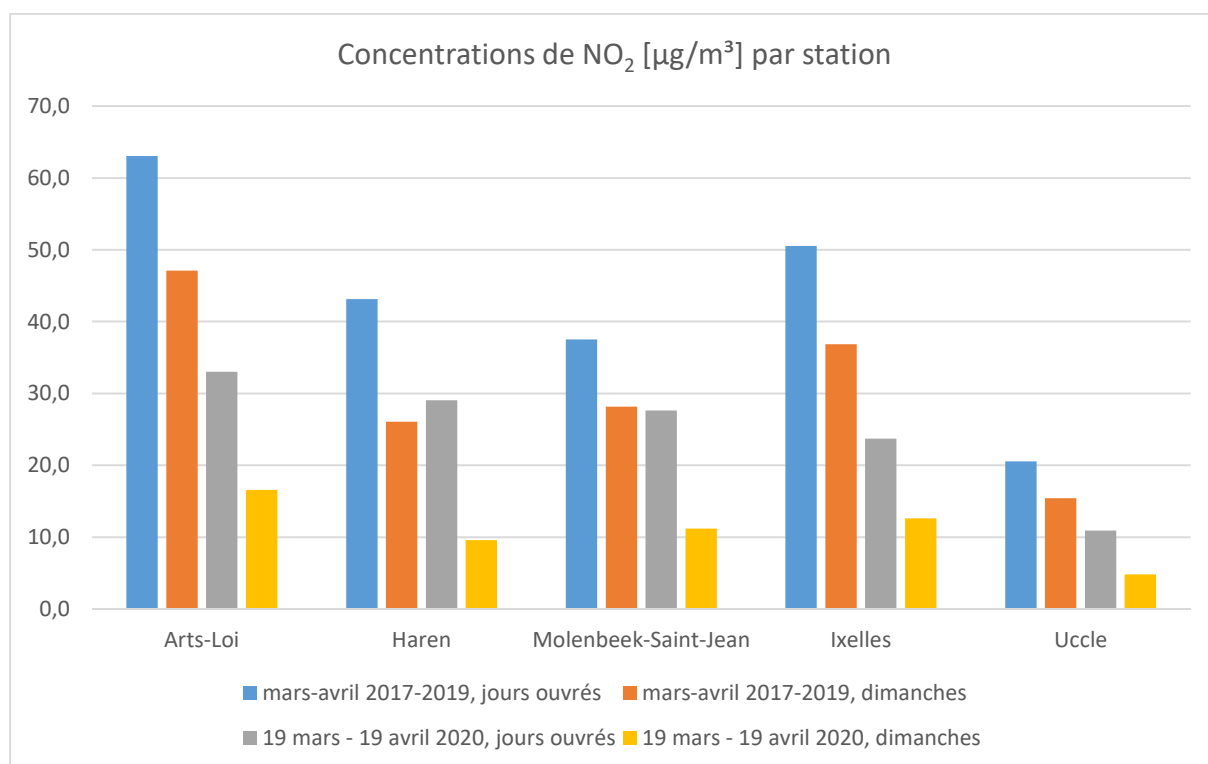
- urbain avec très forte influence du trafic (Arts-Loi),
- urbain avec forte influence du trafic (Ixelles),
- urbain avec influence modérée du trafic (Molenbeek-Saint-Jean),
- urbain avec très faible influence du trafic (Uccle).

On peut voir d'emblée sur le **Graphe 3.a.1** que la réduction de concentration de NO₂ entre les jours ouvrés de la période de référence et les jours ouvrés de la période de confinement dépend fortement du type d'environnement.

En ce qui concerne les jours ouvrés, la réduction est :

- la plus prononcée dans les environnements urbains fortement influencés par le trafic (53 % de réduction) et très fortement influencés par le trafic (48 % de réduction) ;
- très prononcée pour les environnements urbains avec très faible influence du trafic (47% de réduction), ce qui est probablement dû au fait que le confinement est global et ne concerne pas seulement Bruxelles, mais aussi le reste de la Belgique et plusieurs pays d'Europe. En effet, le NO₂ ne reste pas uniquement localisé près de ses sources ; il peut être également transporté sur de grandes distances ;

- prononcé, mais plus faible proportionnellement sur les sites urbain (26 % de réduction) et industriel (33% de réduction) avec influence modérée du trafic.



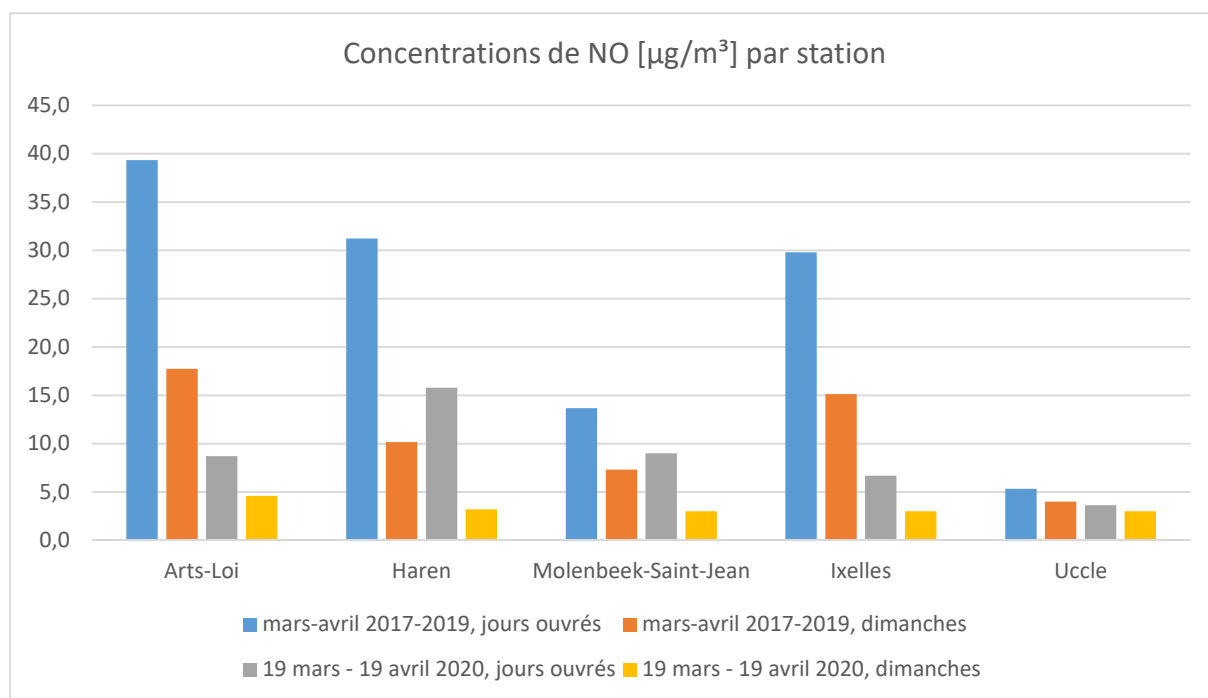
Graph 3.a.1 : concentrations moyennes de dioxyde d’azote (NO₂) mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et les dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches, présentées pour différents types d’environnements.

En ce qui concerne les dimanches, la réduction des concentrations de NO₂ entre la situation de référence et la situation de confinement est très prononcée dans tous les types d’environnement (60 à 69% de réduction).

Le **Graph 3.a.2** montre que la réduction des concentrations de NO entre les jours ouvrés de la période de référence et les jours ouvrés de la période de confinement dépend également fortement du type d’environnement.

En ce qui concerne les jours ouvrés, la réduction est :

- la plus prononcée dans les environnements urbains fortement et très fortement influencés par le trafic (78 % de réduction), ce qui est consistant avec le fait que le NO est un polluant très local dont les concentrations sont élevées à proximité immédiates de ses sources ;
- très prononcée pour le site industriel avec influence modérée du trafic (49 % de réduction), ce qui témoigne probablement du passage intense de camions (motorisation diesel) à cet endroit ;
- prononcé, mais plus faible proportionnellement sur les sites urbains avec très faible influence (32 % de réduction) et avec influence modérée du trafic (34% de réduction), ce qui témoigne encore de la localité du NO.



Graphe 3.a.2 : concentrations moyennes de monoxyde d’azote (NO) mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et les dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches, présentées pour différents types d’environnements.

En ce qui concerne les dimanches, la réduction des concentrations de NO entre la situation de référence et la situation de confinement suit la même logique : elle est très prononcée dans tous les environnements avec influence modérée à très forte du trafic (59 à 80% de réduction) et prononcée dans un environnement urbain de fond (25% de réduction).

b. Concentrations moyennes – analyse des contributions

Sur le **Graphe 3.b.1** sont tracées les concentrations de **dioxyde d’azote** mesurées pour différents types d’environnement,

- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches.

Pour tracer les **Graphes 3.b.1** et **3.b.2**, nous avons suivi une approche incrémentale, c’est-à-dire nous considérons que la concentration du site le plus exposé aux sources de polluants peut être décomposée en différentes contributions des sites progressivement moins exposés aux sources.

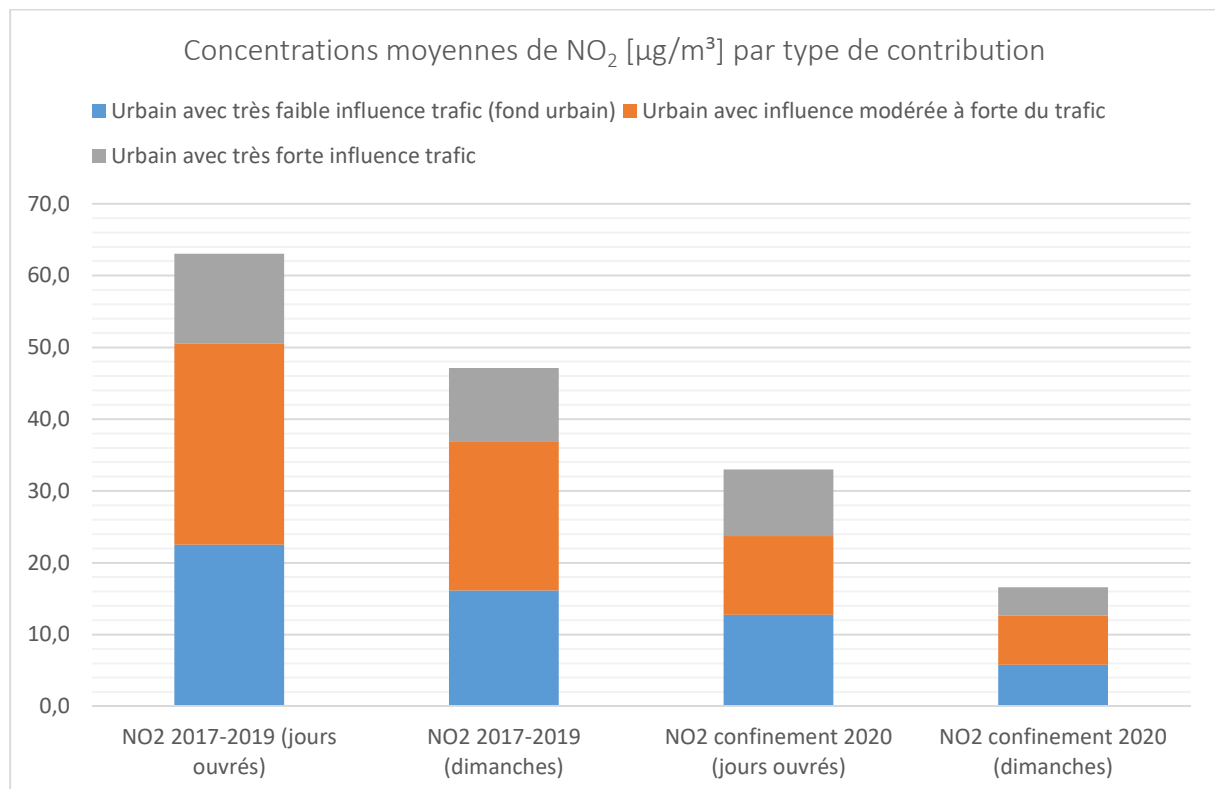
Ainsi, pour le dioxyde d’azote (et le monoxyde d’azote; voir ci-dessous),

- la contribution urbaine avec très faible influence du trafic est obtenue comme la moyenne des concentrations mesurées aux stations d’Uccle et de Berchem-Sainte-Agathe (elle représente la contribution du fond de concentrations présent sur toute la ville),
- la contribution urbaine avec influence modérée à forte du trafic a été obtenue comme la moyenne des concentrations mesurées aux stations de Sainte-Catherine, Molenbeek-Saint-Jean et Woluwe-Saint-Lambert,

- la contribution urbaine avec forte influence du trafic est obtenue comme la concentration enregistrée à la station Ixelles,
- la contribution urbaine avec très forte influence du trafic est obtenue comme la concentration enregistrée à la station d'Arts-Loi.

On peut voir sur le **Graphe 3.b.1** que, pour le NO₂ :

- les contributions de chacun des types d'environnements durant les jours ouvrés de la période de confinement, sont respectivement plus faibles que ces mêmes contributions durant la période de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés également. La réduction est de 43% pour les environnements de fond urbain, de 28% pour les environnements avec influence modérée du trafic, de 53 et 48 % pour les environnements urbains avec influence forte et très forte du trafic, respectivement.
- les contributions de chacun des types d'environnements pour la période de confinement durant les dimanches, sont respectivement plus faibles que ces mêmes contributions durant la période de mars-avril 2017-2019 durant les dimanches. La réduction est comprise entre 57% et 66%.



Graphe 3.b.1 : concentrations moyennes de dioxyde d'azote (NO₂) mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et le dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches, présentées par type de contribution.

Sur le **Graphe 3.b.2** sont tracées les concentrations de **monoxyde d'azote** mesurées pour différents types d'environnement,

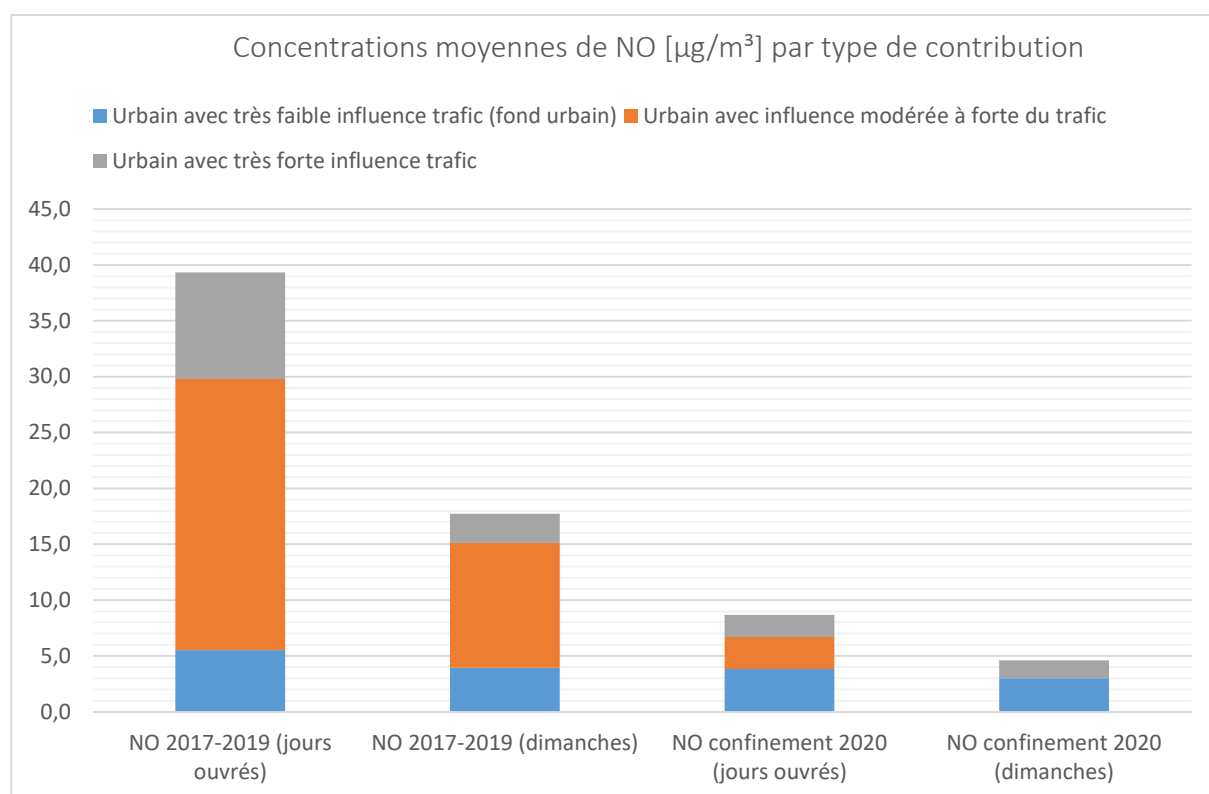
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,

- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches,

en suivant une approche incrémentale (voir ci-dessus).

On peut voir sur le **Graphe 3.b.2** que, pour le NO :

- les contributions de chacun des types d'environnements pour la période de confinement durant les jours ouvrés, sont respectivement plus faibles que ces mêmes contributions durant la période de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés également. La réduction est de 31% pour les environnements de fond urbain, de 36% pour les environnements avec influence modérée du trafic, de 78 % pour les environnements urbains avec influence forte et très forte du trafic, respectivement.
- les contributions de chacun des types d'environnements pour la période de confinement durant les dimanches, sont respectivement plus faibles que ces mêmes contributions durant la période de mars-avril 2017-2019 durant les dimanches. La réduction est comprise entre 24% (site de fond urbain) et 80% (site urbain avec forte influence du trafic).



Graphe 3.b.2 : concentrations moyennes de monoxyde d'azote (NO) mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et le dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches, présentées par type de contribution.

En résumé, en ce qui concerne les jours ouvrés, la réduction des concentrations d'oxydes d'azote entre une situation « normale » et une situation de confinement est :

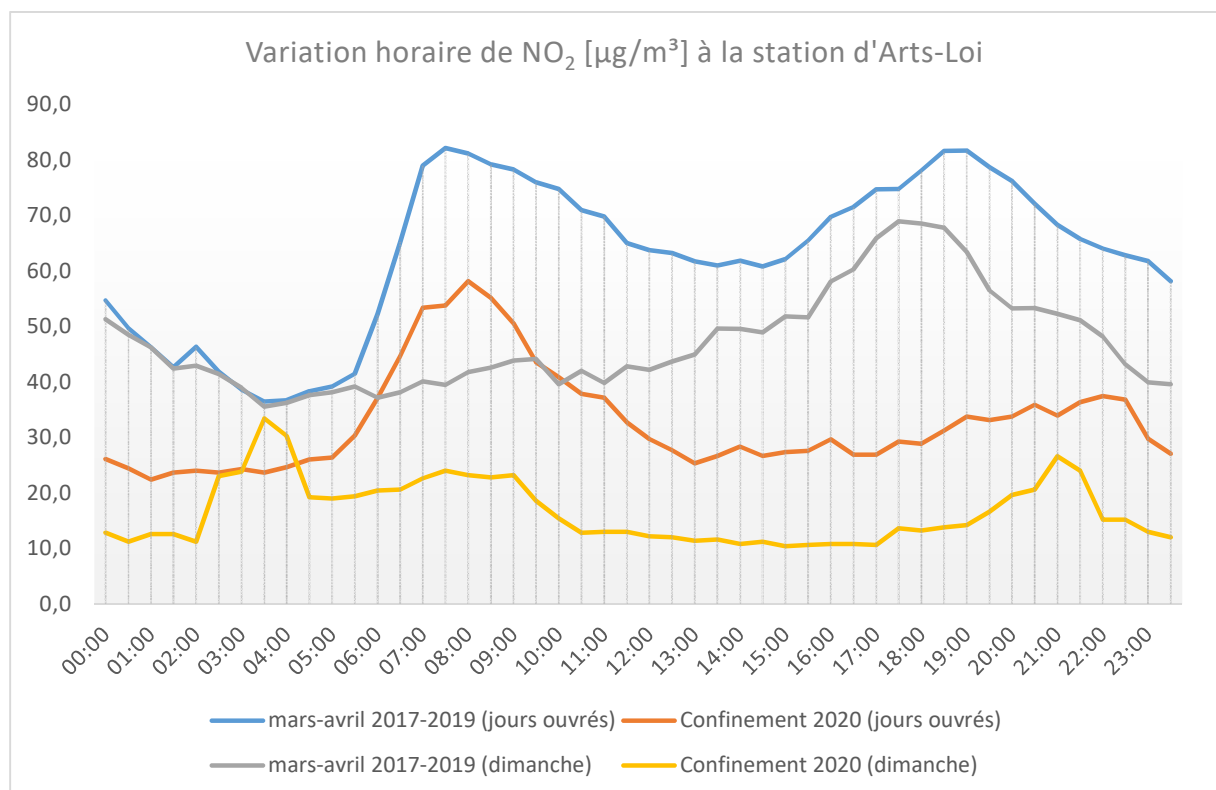
- **la plus prononcée pour les sites fortement et très fortement exposés au trafic routier, avec environ 50% de réduction pour le NO₂ et 78% pour le NO ;**

- marquée pour le NO₂ dans les sites de fond urbains (environ 40%), ce qui est vraisemblablement dû au fait que le confinement ne concerne pas seulement Bruxelles, mais aussi le reste de la Belgique et plusieurs pays d'Europe, et que le NO₂ peut être transporté sur de grandes distances ;
- sensiblement moins marquée pour le NO dans ces mêmes sites de fond urbains (31 % de réduction), ce qui est dû au fait que le NO est un polluant qui reste localisé près de ses sources d'émission, signifiant par là que les réductions de concentrations les plus notables sont observées à proximité immédiate des sources.
- modérée dans les sites urbains modérément exposés au trafic routier, avec environ 30% de réduction pour le NO₂ et 36% pour le NO.

c. Journées moyennes

Le **Graph 3.c.1** présente la variation semi-horaire des concentrations de NO₂ à la station d'Arts-Loi (station urbaine avec très forte influence du trafic routier) durant une journée moyenne établie :

- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches.



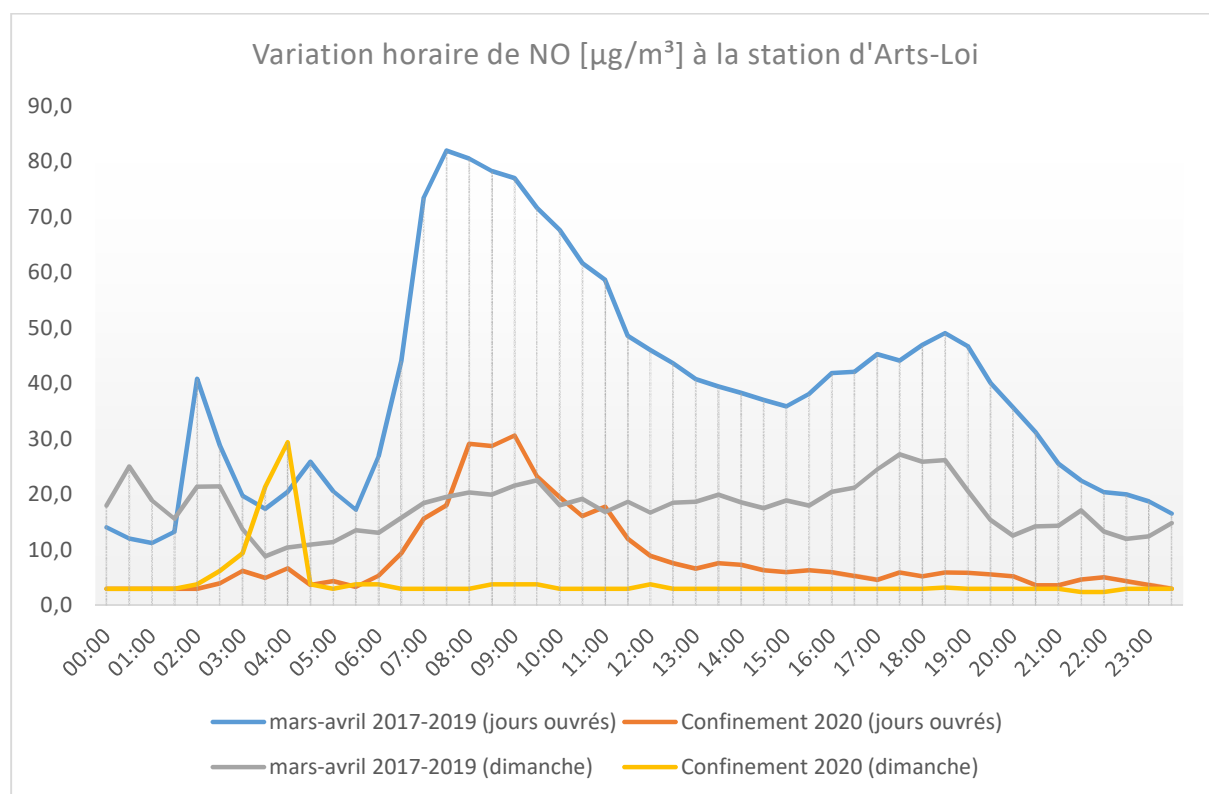
Graph 3.c.1 : variation semi-horaire des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) durant une journée moyenne, mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et les dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches.

On peut observer sur le **Graph 3.c.1** le double pic de concentration de NO₂ typique des heures de pointe matinale et vespérale pour la journée moyenne ouvrée de la période de référence mars-avril

2017-2019, ainsi que les concentrations globalement plus faibles observées durant un dimanche moyen de la même période (réduction des concentrations de 50% environ durant l'heure de pointe matinale). On peut voir en outre que les concentrations enregistrées durant un jour ouvré moyen de la période de confinement sont très largement inférieures aux concentrations mesurées lors d'un jour ouvré de référence, et généralement bien inférieures aux concentrations mesurées lors d'un dimanche de référence, sauf pendant l'heure de pointe matinale où cette tendance s'inverse. Enfin, le dimanche moyen de la période de confinement présente quant à lui des concentrations extrêmement basses de NO₂, généralement comprises entre 10 et 20 µg/m³.

Le **Graph 3.c.2** présente la variation semi-horaire des concentrations de NO à la station d'Arts-Loi durant une journée moyenne établie :

- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches.

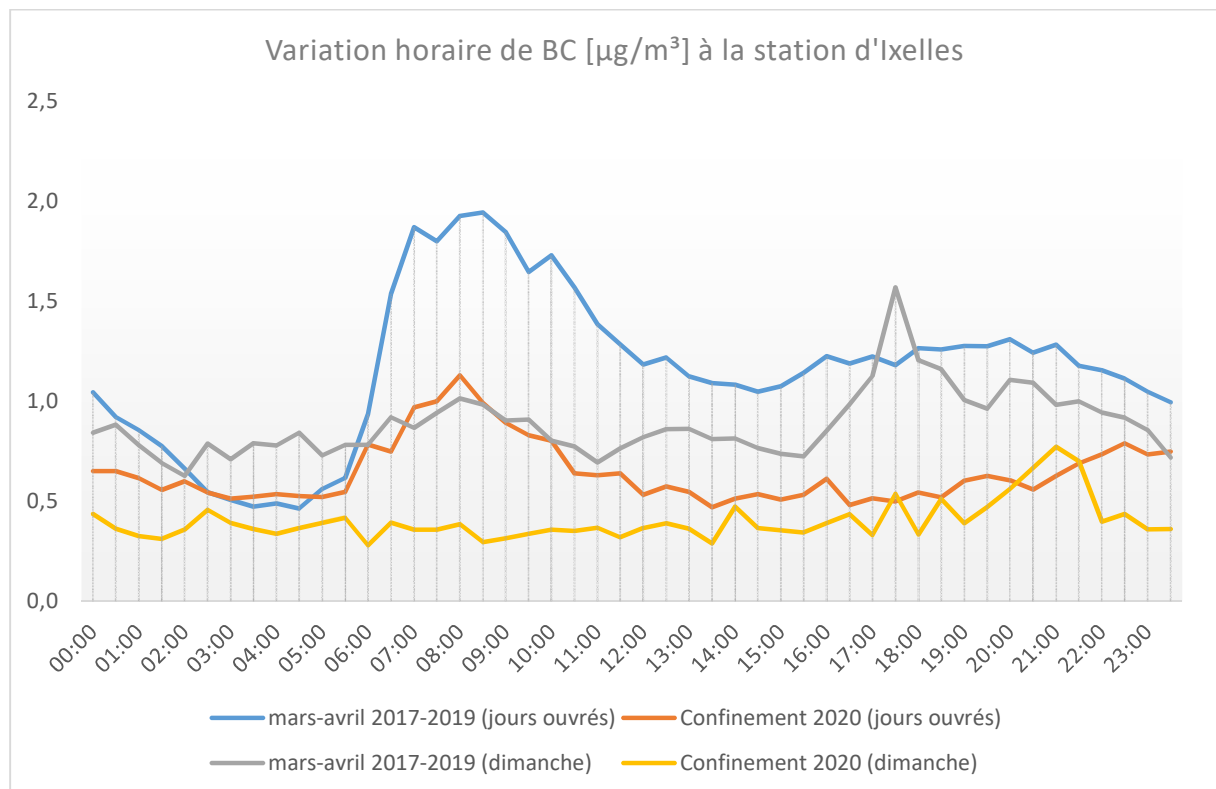


Graph 3.c.2 : variation semi-horaire des concentrations de monoxyde d'azote (NO) durant une journée moyenne, mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et le dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches.

On peut observer sur le **Graph 3.c.2** un pic de concentration de NO davantage prononcé pour l'heure de pointe matinale pour la journée moyenne ouvré de la période de référence mars-avril 2017-2019, ainsi que les concentrations globalement beaucoup plus faibles observées durant un dimanche moyen de la même période (réduction des concentrations de 75% environ durant l'heure de pointe matinale). On peut voir en outre que les concentrations enregistrées durant un jour ouvré moyen de la période de confinement sont très largement inférieures aux concentrations mesurées lors d'un jour ouvré de référence et généralement bien inférieures aux concentrations mesurées lors d'un dimanche de

référence, sauf pendant l'heure de pointe matinale où cette tendance s'inverse. Le reste du temps, les concentrations de NO pendant les journées ouvrées moyennes et les dimanches moyens de la période de confinement sont généralement extrêmement faibles.

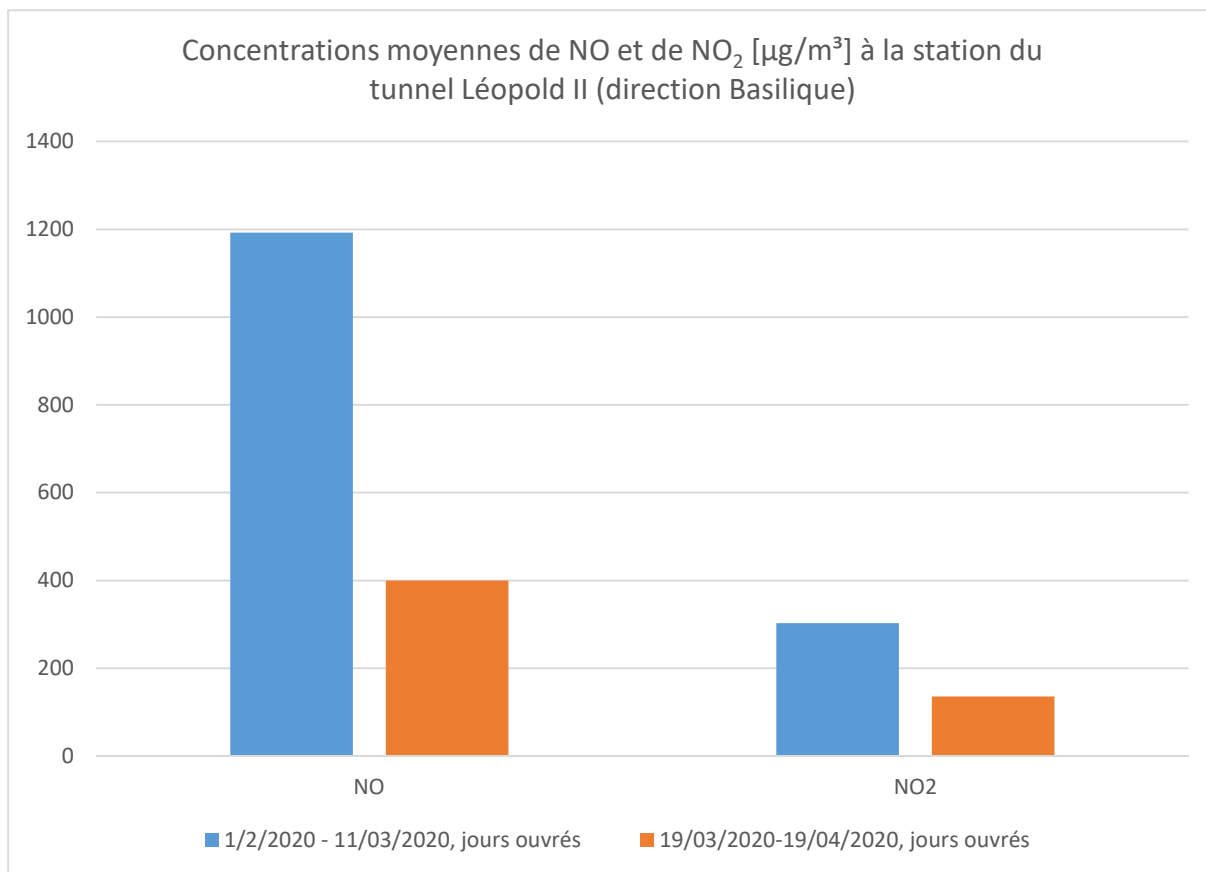
Le **Graphe 3.c.3** présente la variation semi-horaire des concentrations de BC à la station d'Ixelles (station urbaine avec forte influence du trafic routier) durant une journée moyenne établie comme précédemment. Comme on pouvait s'y attendre, on observe le même genre de comportement que précédemment pour le black carbon, qui est un excellent traceur du trafic routier tout comme les oxydes d'azote : les concentrations enregistrées durant un jour ouvré de la période de référence sont plus élevées que celles d'un dimanche de référence, qui sont tour à tour généralement plus élevées que les concentrations mesurées durant un jour ouvré de la période de confinement ; le dimanche moyen de la période de confinement présentant les concentrations les plus basses.



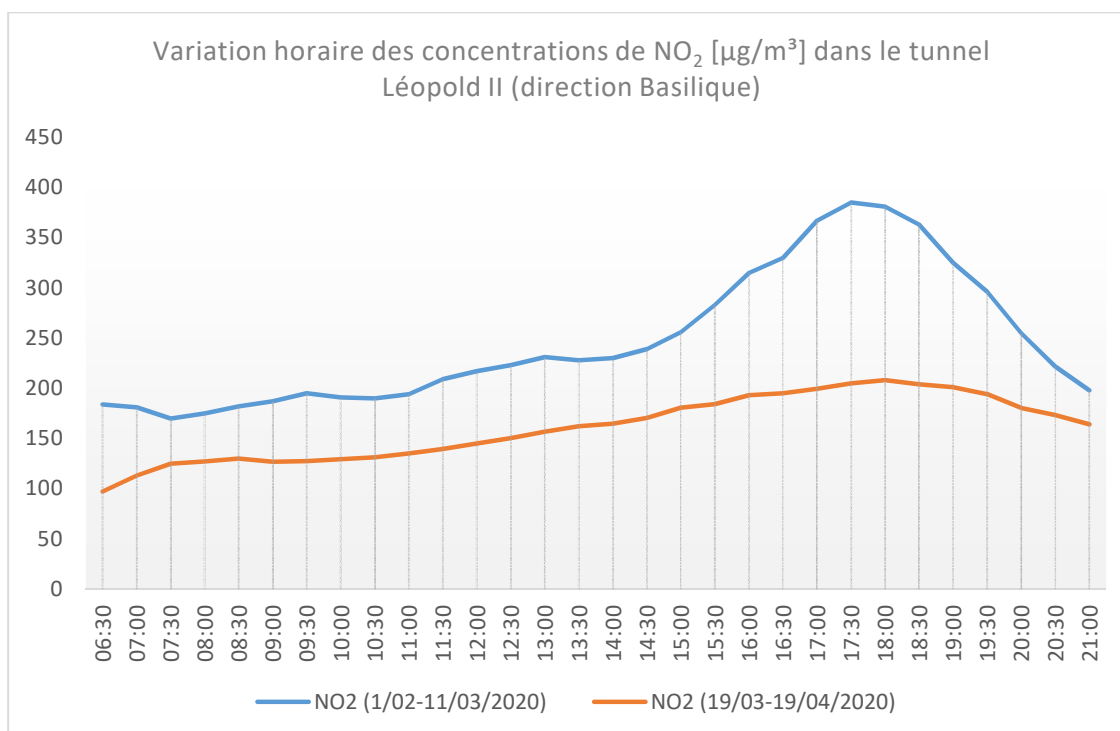
Graphe 3.c.3 : variation semi-horaire des concentrations de black carbon durant une journée moyenne, mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et le dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches.

d. Concentrations du Tunnel Léopold II

Sur le **Graphe 3.d.1**, nous avons comparé la concentration moyenne de NO et de NO₂ mesurée à la station du tunnel Léopold II pendant la période de confinement (19/03/2020-19/04/2020) à celle mesurée pendant la période précédant le confinement, du 1^{er} février au 11 mars 2020. Cette comparaison est légitime, malgré les différences très nettes de conditions météorologiques durant ces deux périodes, car les concentrations mesurées dans le tunnel sont globalement indépendantes des conditions météorologiques.



Grphe 3.d.1 : concentration moyenne de NO et de NO₂ mesurée à la station du tunnel Léopold II pendant la période de confinement (19/03/2020-19/04/2020) et pendant la période précédant le confinement (1/02/2020-11/03/2020).



Grphe 3.d.2 : variation semi-horaire des concentrations de NO₂ durant une journée moyenne ouvrée, mesurée pendant la période précédant le confinement (1/02/2020-11/03/2020) et pendant le confinement (19/03/2020-

19/04/2020). Notez que seul le pic de l'heure de pointe vespérale de la période pré-confinement est visible, car la station est située dans le tunnel en direction de la Basilique.

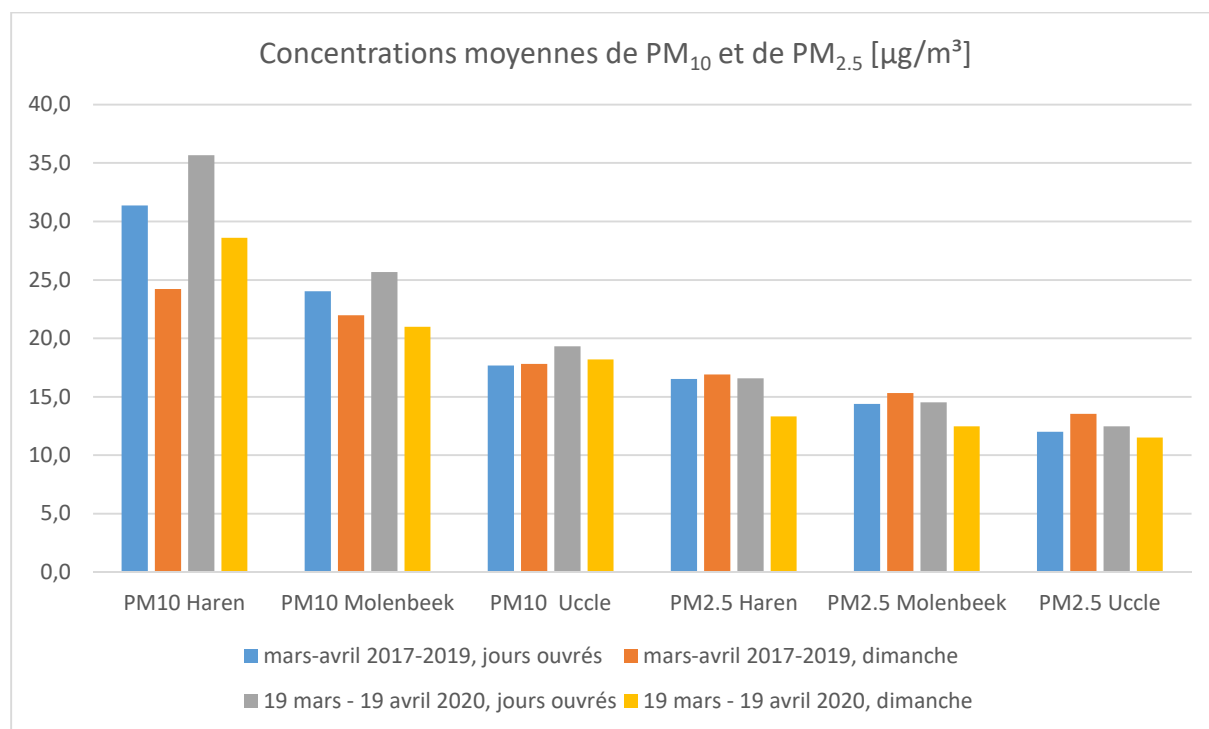
On peut voir que les concentrations de NO et de NO₂ mesurées durant le confinement ont chuté d'un facteur 3 et 2.2, respectivement, par rapport aux concentrations mesurées avant le confinement.

Cette chute des concentrations peut également se voir sur le **Graphe 3.d.2**, où nous avons tracé la variation semi-horaire des concentrations de NO₂ durant une journée ouvrée moyenne (et pendant les heures d'activité, soit 6:00 à 21:00), pendant la période précédant le confinement et pendant le confinement.

3. Concentrations de particules fines (PM₁₀ et PM_{2.5})

Les concentrations moyennes de PM₁₀ et de PM_{2.5} dans différents types d'environnement sont tracées sur le **Graphe 3.1**,

- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les jours ouvrés,
- pour la période de référence de mars-avril 2017-2019 pendant les dimanches,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les jours ouvrés,
- pour la période de confinement (du 19/03 au 19/04/2020) pendant les dimanches.



Graphe 3.1 : concentrations moyennes de PM₁₀ et de PM_{2.5} mesurées pendant la période de référence (mars-avril 2017-2019) pendant les jours ouvrés et les dimanches, ainsi que pendant la période de confinement (19 mars 2020 – 19 avril 2020) pendant les jours ouvrés et les dimanches, présentées pour différents types d'environnements.

On peut voir sur le **Graphe 3.1** que, quel que soit le type d'environnement, il n'y a globalement pas d'effet du confinement sur les concentrations de particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}, que ce soit pour les jours ouvrés ou les dimanches.

Plusieurs facteurs expliquent ce constat :

- les particules fines, contrairement aux oxydes d'azote et au black carbon, sont émises par des sources très diverses, anthropiques et naturelles et sont beaucoup moins liées spécifiquement au trafic,
- la période du 19 mars au 19 avril 2020 a été extrêmement sèche (deux jours de pluie seulement), ce qui contribue à la remise en suspension des particules dont la taille est comprise entre la fraction $PM_{2.5}$ et la fraction PM_{10} .
- la période de mars-avril est généralement une période d'épandage. En fonction des conditions météorologiques (humidité, température notamment), l'ammoniac émis par les épandages peut (après transformation en ammonium) réagir avec les oxydes d'azote émis par le trafic (après transformation en nitrates) pour former des particules secondaires (majoritairement comprises dans la fraction $PM_{2.5}$). La période de mars-avril 2020 a connu plusieurs hausses de concentrations notoires dues à ce phénomène.
- même si ce processus a très probablement joué un rôle moins important en raison du ralentissement des activités pendant la période de confinement, les particules fines peuvent être transportées sur de longues distances par des masses d'air continentales et rejoindre notre pays, comme ce fut le cas par vent de secteur nord-est.

4. Conclusions

Les mesures Covid-19 sont à l'origine d'une importante réduction des émissions du trafic routier. Celles-ci se sont traduites par une **amélioration très significative de la qualité de l'air**.

Au terme d'un mois de mesures, il est devenu possible d'estimer la contribution réelle de ces mesures sur l'amélioration de la qualité de l'air. La période d'un mois comporte en effet un ensemble suffisamment représentatif de situations météorologiques qui permet de s'affranchir de cette composante.

La présente étude s'est focalisée sur les **oxydes d'azote (NO et NO₂) pour lesquels le transport routier est le principal émetteur en Région bruxelloise**. Le NO₂ est en outre le polluant le plus critique en termes de respect de valeur limite européenne. Même s'il n'est pas réglementé, le NO est un polluant intéressant dans le sens où il reste localisé près de ses sources d'émission, ce qui permet de mieux évaluer l'efficacité des mesures de réduction d'émissions.

L'analyse des données recueillies pendant la période du 19 mars au 19 avril 2020 a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- L'amélioration de la qualité de l'air est **très significative dans les sites habituellement fortement exposés aux émissions du trafic** : en moyenne, les concentrations de NO ont diminué de 75 %, et les concentrations de NO₂ de 50 %. Les mesures effectuées dans le tunnel Léopold II confirment l'ampleur de ces réductions et, par la même occasion, renforcent les conclusions sur l'impact estimé des mesures Covid-19, étant donné que les concentrations mesurées dans le tunnel sont indépendantes des conditions météorologiques.
- Dans les **sites moins exposés aux émissions directes du trafic**, l'amélioration de la qualité de l'air est logiquement **moins spectaculaire, mais néanmoins significative** avec une réduction de 30 à 40 % sur les concentrations de NO et NO₂.
- Les valeurs relevées dans les sites de fond urbains font état d'une réduction d'environ 40 % sur les concentrations de NO₂, alors que les concentrations de NO ne diminuent que de 30 %. Le NO₂ étant un polluant susceptible d'être transporté sur de grandes distances (au contraire du NO), ces valeurs démontrent que **la pollution importée en Région bruxelloise a également diminué significativement** : il s'agit plus que probablement d'un effet lié aux mesures de confinement prises en Belgique et dans les pays limitrophes.

Si les réductions constatées pour le black carbon sont dans la même ligne que celles pour les oxydes d'azote, il n'en est pas de même pour les **particules fines**. Au cours de la période de confinement du 19 mars au 19 avril 2020, les **niveaux de PM₁₀ et de PM_{2.5} étaient légèrement plus élevés que la valeur normale** pour un mois de mars ou avril. Ceci s'explique par la multiplicité des sources qui contribuent à la présence des particules fines dans l'air ambiant. Le trafic routier est l'une de ces sources, mais pas la plus importante en Région bruxelloise : sur base des réductions de concentrations constatées le dimanche par rapport à un jour ouvré, les émissions du trafic expliqueraient 15 à 25 % des concentrations de PM₁₀, et de l'ordre de 5% des concentrations de PM_{2.5}. En adoptant un raisonnement simplifié, l'impact des mesures Covid-19 serait de l'ordre de 2 % pour les PM_{2.5} et de 10 % pour les PM₁₀. Lors de la période de confinement, d'autres processus, tels que la remise en suspension de particules fines et la formation de particules secondaires liée aux épandages de fertilisants sur les surfaces agricoles, ont contribué à accroître la présence des particules fines dans l'air ambiant. Ceci explique les concentrations de PM₁₀ et de PM_{2.5} sensiblement supérieures aux valeurs normales.