



Bilan de la qualité de l'air Année 2020

**PARTIE 2 : ÉVALUATION DE L'IMPACT DES MESURES DE RESTRICTIONS
D'ACTIVITÉS LIÉES À LA PANDÉMIE DE CORONAVIRUS**



**EVALUATION DE L'IMPACT
DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE LIEES A
LA PANDEMIE DE CORONAVIRUS
SUR LA QUALITE DE L'AIR EN ILE-DE-FRANCE**

MAI 2021

AIRPARIF – L'Observatoire de l'Air en Ile-de-France

7 rue Crillon - 75004 PARIS

Tel : 01 44 59 47 64 – Fax : 01 44 59 47 67

www.airparif.fr

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA QUALITE DE L'AIR DES MESURES DE RESTRICTIONS D'ACTIVITES AU COURS DE L'ANNEE 2020	2
1.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE	4
1.2.1. Période du premier confinement : 17 mars au 10 mai 2020.....	4
1.2.2. Période de déconfinement : 11 mai au 5 juillet 2020	6
1.2.3. 2 ^{ème} confinement : 30 octobre au 15 décembre 2020.	8
1.3. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES.....	11
1.3.1. Période du premier confinement : 17 mars au 10 mai 2020.....	11
1.3.2. Période de déconfinement : 11 mai au 5 juillet 2020	16
1.3.3. 2 ^{ème} confinement : 30 octobre au 15 décembre 2020.	17
2. EVALUATION DE L'IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2020	19
2.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN NO ₂	19
2.1.1. BILAN DE L'ANNEE 2020	19
2.1.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN NO ₂ . 20	
2.1.2.1. A l'échelle de la région.....	20
2.1.2.2. Sur les stations.....	22
2.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM ₁₀	23
2.2.1. BILAN DE L'ANNEE 2020	23
2.2.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN PM ₁₀ 24	
2.3. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM _{2,5}	26
2.3.1. BILAN DE L'ANNEE 2020	26
2.3.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN PM _{2,5} 26	
CONCLUSION	28

INTRODUCTION

En janvier 2020, la découverte d'un nouveau coronavirus, responsable d'une nouvelle maladie infectieuse respiratoire appelée Covid-19, était annoncée officiellement par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Cette maladie s'est rapidement propagée à travers le monde. Pour limiter la transmission de la Covid-19, des mesures de restrictions d'activités strictes, allant jusqu'au confinement, ont été mises en place par les autorités françaises, à partir du mardi 17 mars : fermeture des commerces non-essentiels, fermeture des écoles, recours généralisé au télétravail partout où cela était possible, forte limitation des déplacements. Ces mesures de confinement, qui ont entraîné une réduction très forte des activités économiques et des transports dans une grande partie de l'Europe, ont duré jusqu'au 10 mai 2020. Certaines activités nécessaires n'ont toutefois pas été concernées par ces mesures de restriction, comme les transports de marchandise, l'agriculture, le chauffage résidentiel... A partir du 11 mai, le déconfinement a entraîné une reprise progressive des activités, notamment du trafic, avec certaines activités économiques toujours impactées du fait par exemple des recommandations gouvernementales de maintenir le télétravail et de la très forte réduction des voyages internationaux. Après une situation sanitaire stable de mai à septembre, la reprise de l'épidémie a conduit à la mise en place de nouvelles mesures de confinement par les autorités à partir du 30 octobre 2020. Ce second confinement était moins strict que celui du printemps : les écoles sont restées ouvertes, certains déplacements pour motifs professionnels étaient autorisés et la liste des commerces essentiels pouvant rester ouverts a été complétée. Ces mesures ont été levées le 15 décembre, veille des vacances scolaires, avec cependant le maintien du couvre-feu entre 20h et 6h du matin et un appel à limiter les déplacements et des regroupements familiaux pour les fêtes de fin d'année.

Ces mesures ont été difficiles à supporter pour la population et pour l'économie. Elles ont toutefois entraîné une réduction importante des émissions de certains polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien, qui ont été plus particulièrement observables pendant le premier confinement strict du printemps. Ce rapport présente l'évaluation de l'impact de ces mesures sur la pollution de l'air, que ce soit pour le dioxyde d'azote, provenant majoritairement du trafic en Île-de-France, ou les particules, dont les sources sont plus nombreuses. Elle a été menée en comparant les niveaux de pollution (quantité de polluants rejetés (émissions) et niveaux de pollution respirés dans l'air (concentrations)) entre l'année 2020 et une année normale.

Dans la première partie, ce rapport présente les estimations de l'impact des restrictions d'activité lors de 3 phases différentes de confinement/déconfinement : confinement strict du 17 mars au 11 mai 2020, déconfinement progressif du 11 mai au 5 juillet 2020 et reconfinement du 30 octobre au 15 décembre 2020. Dans une seconde partie, une estimation de l'impact de ces événements sur la qualité de l'air moyenne observée en 2020 est réalisée, avec une évaluation de ce qu'aurait été la qualité de l'air s'il n'y avait pas eu la pandémie de Covid-19, afin de pouvoir différencier la part structurelle par rapport à celle conjoncturelle liée à la pandémie dans les niveaux de pollution observés.

Ce rapport complète le « Bilan annuel de la qualité de l'air en Ile-de-France en 2020 », qui décrit et commente les données de qualité de l'air de l'année 2020 en Île-de-France pour l'ensemble des polluants réglementés au regard des normes et recommandations de qualité de l'air en vigueur.

1. EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA QUALITE DE L'AIR DES MESURES DE RESTRICTIONS D'ACTIVITES AU COURS DE L'ANNEE 2020

Pour limiter la transmission de la Covid-19, des mesures de restrictions d'activité et de confinement strictes ont été mises en place par les autorités françaises, comme de nombreux pays, à partir du mardi 17 mars : fermeture des commerces non-essentiels, fermeture des écoles, recours généralisé au télétravail partout où cela était possible, forte limitation des déplacements. Ces premières mesures de confinement, qui ont entraîné une réduction très forte des activités économiques, commerciales, et des transports en Europe et dans le Monde, ont duré jusqu'au 10 mai 2020. Elles ont entraîné une réduction importante des émissions de polluants, notamment celles issues du trafic routier et aérien. D'autres activités ont été peu ou pas concernées par ces mesures comme l'agriculture et le transport de marchandise. D'autres ont pu augmenter durant cette période, comme le recours au chauffage, et notamment au chauffage au bois du fait du confinement de la population à la maison et du recours massif au télétravail à une période de l'année toujours fraîche le matin.

Dans le cadre de sa mission de surveillance, et malgré ces contraintes qui s'appliquaient également aux équipes d'Airparif, dès le mois de mars, l'observatoire a mis en œuvre un suivi au fil de l'eau de l'impact du confinement sur la qualité de l'air afin de répondre aux questions du public et de ses membres et partenaires

La Figure 1 compare les concentrations moyennes de NO₂ mesurées aux stations sur la période du 17 mars au 10 mai en 2019 et en 2020, selon leur typologie et leur localisation géographique. Les différences observées sont à la fois liées aux restrictions d'activités lors du confinement de 2020, mais aussi aux différences de conditions météorologiques à cette période entre les deux années.

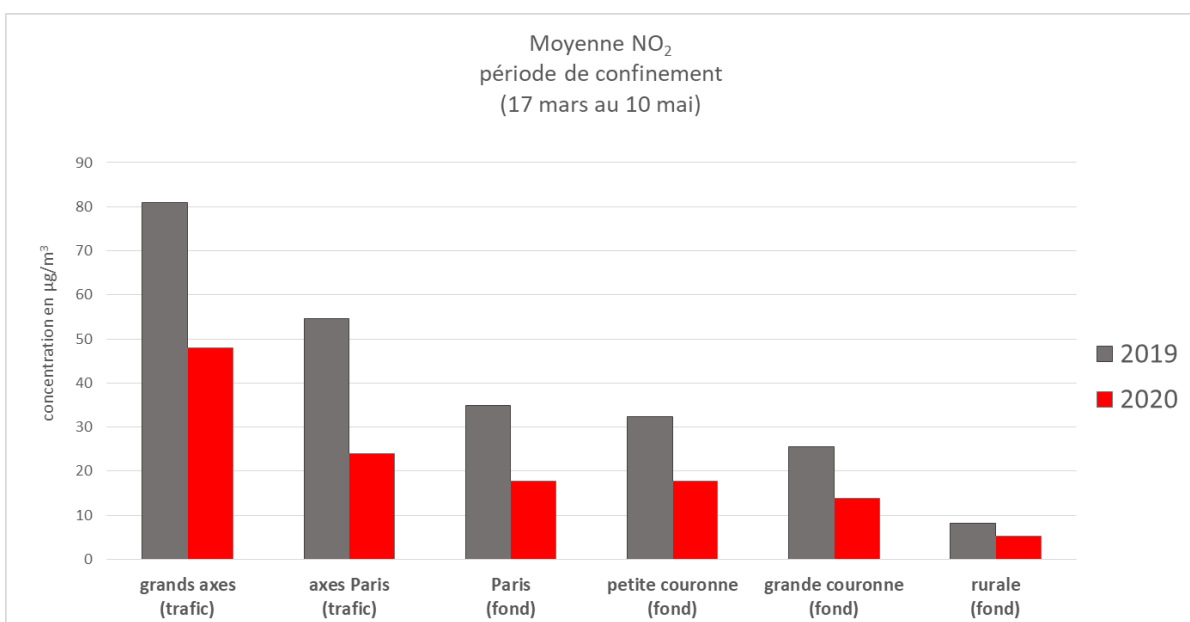


Figure 1 : concentrations moyennes en NO₂ lors de la période de confinement du 17 mars au 10 mai 2020, par rapport à la même période en 2019

En comparaison avec l'année 2019, sur l'ensemble de la période de confinement (17 mars au 10 mai 2020), les concentrations moyennes en NO₂ montrent une baisse de l'ordre de 40 % sur les sites de fond (situés hors de l'influence directe des axes routiers) de petite et grande couronne. Dans Paris, cette baisse est plus importante, et atteint les 50 %. Les baisses de concentrations sont plus importantes à

proximité du trafic routier. La situation est très variable selon les axes de circulation. L'impact de la réduction de circulation est plus important sur les axes du centre parisien (près de - 60 %), que sur les axes de transit tels que le Boulevard Périphérique ou l'autoroute A1 (-40 %). En effet, si les commerces non essentiels ont cessé leurs activités, le transport de marchandise, le transit et certains déplacements pour travailler entre autres ont continué ; le Boulevard Périphérique est un axe de transit important et même si elle a été réduite, une part de trafic a été maintenue.

Ces diminutions observées aux stations ne peuvent cependant pas être attribuées en totalité à la crise sanitaire, puisqu'elles sont également liées aux différences des conditions météorologiques entre les deux années d'une part, et à la baisse tendancielle des niveaux d'autre part.

En effet, si toute modification notable des activités humaines, en particulier du trafic routier, interagit avec la qualité de l'air, **la simple observation des variations des niveaux mesurés aux stations et leur comparaison à l'année précédente ne sont pas suffisantes pour quantifier cet impact.**

Il faut tenir compte des variations météorologiques d'une année à l'autre. La qualité de l'air dépend majoritairement de l'intensité des émissions polluantes, mais également de la météorologie, qui conditionne notamment la dispersion ou l'accumulation des polluants dans l'atmosphère. Vent et pluie favorisent la dispersion, le brassage et le lessivage des polluants. En revanche, les situations anticycloniques persistantes, accompagnées d'une absence de vent au sol et de situations d'inversion de température entraînent une accumulation des polluants émis en Île-de-France. Le contexte météorologique peut également influencer les émissions, notamment celles liées au chauffage. En effet, les températures basses entraînent un recours plus important au chauffage, et engendrent par conséquent des émissions plus importantes, notamment de particules. À l'inverse, un hiver doux réduira les émissions de polluants.

En 2020, les périodes hivernales ont globalement été douces et pluvieuses, donc plutôt favorables à la dispersion des polluants, et entraînant une diminution des émissions liées au chauffage par rapport à l'année 2019. C'est particulièrement vrai en février, mois qui précède le confinement. Cette baisse des émissions est néanmoins compensée en partie durant le premier confinement par le fait que les franciliens ont passé beaucoup plus de temps chez eux. À l'inverse, les journées des mois de mars et avril 2020 ont été chaudes et très ensoleillées, conditions propices à la formation de particules PM₁₀ secondaires à partir de gaz provenant du trafic et des épandages agricoles à cette période de l'année.

Les concentrations mesurées aux stations étant directement affectées par la météorologie, la seule analyse de leur évolution temporelle ne permet pas d'en déduire directement l'impact du confinement. Pour s'affranchir de cette difficulté, une évaluation a été réalisée au moyen d'outils de modélisation sur l'ensemble de l'Île-de-France. Elle vise à comparer la situation observée (avec confinement), par rapport à la reconstitution, à conditions météorologiques équivalentes, de ce qu'aurait été la situation sans confinement. La comparaison entre les sorties de modélisation et les résultats des stations de mesure permet de valider les résultats de cette simulation au regard des incertitudes associées.

Afin de mettre en évidence l'impact de la réduction des activités sur la qualité de l'air lors des différentes phases de confinement et déconfinement, un exercice théorique de modélisation a été réalisé en simulant les concentrations journalières d'une situation sans mesures de restriction (appelée dans les paragraphes suivants : situation « Sans COVID »), dans les mêmes conditions météorologiques qu'en 2020. Ces simulations ont été comparées à la situation réelle, reflétée par les cartographies des outils de suivis opérationnels, qui intègrent les observations aux stations et les boucles de comptages de trafic routier en temps réel. Cette estimation a été faite à la fois pour les concentrations en situation de

fond et celles au droit et au voisinage des axes routiers. La méthodologie et ses incertitudes sont détaillées en annexe 1.

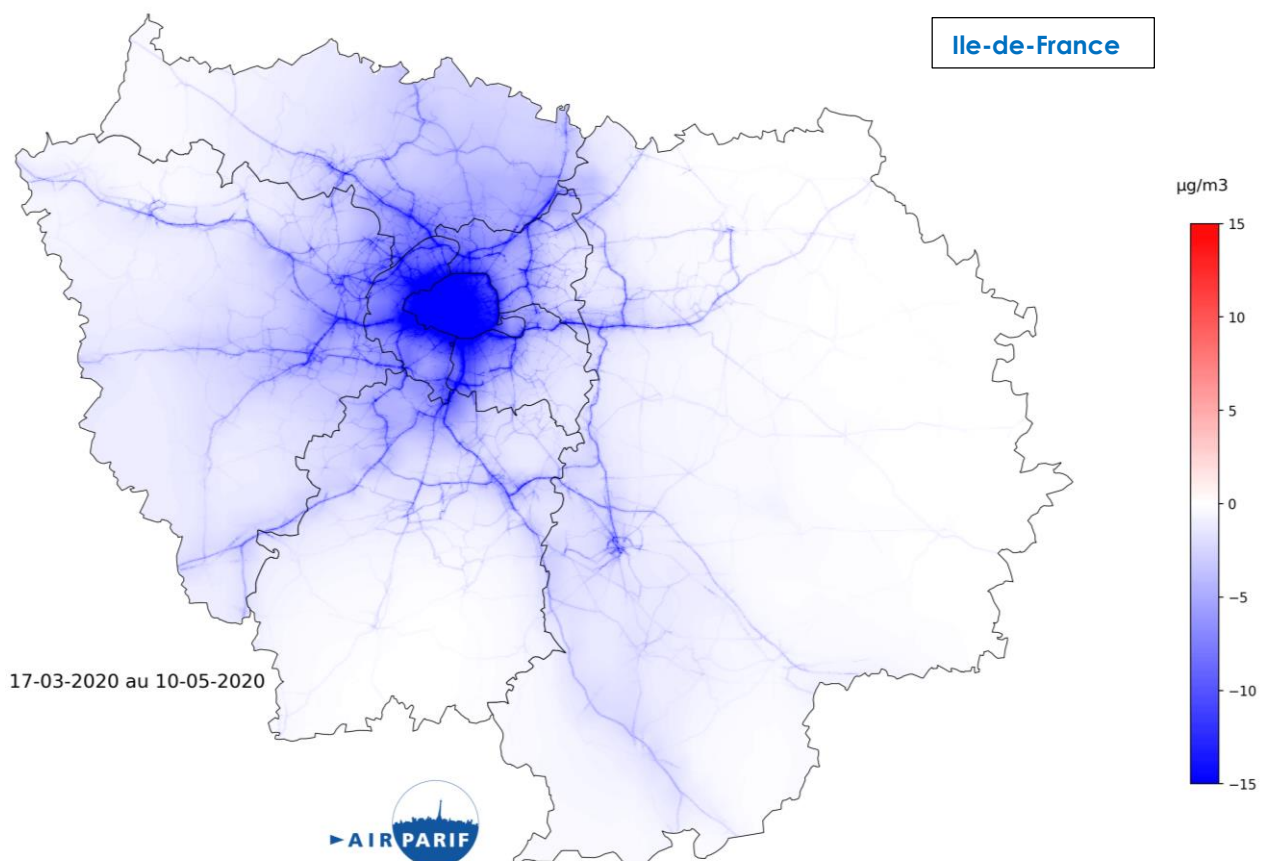
L'impact spécifique des restrictions d'activités en lien avec les différentes périodes de confinement sur les concentrations en tout point de l'Ile-de-France, a ainsi pu être évalué en s'affranchissant de l'impact additionnel des conditions météorologiques.

Cette comparaison a été réalisée pour 3 périodes : le confinement strict (17 mars au 10 mai 2020), la période de déconfinement (11 mai au 5 juillet 2020) et le second confinement (30 octobre au 15 décembre 2020).

1.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN DIOXYDE D'AZOTE

1.2.1. Période du premier confinement : 17 mars au 10 mai 2020

La Figure 2 représente la différence de concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre la situation réelle et la situation « Sans COVID » lors du confinement.



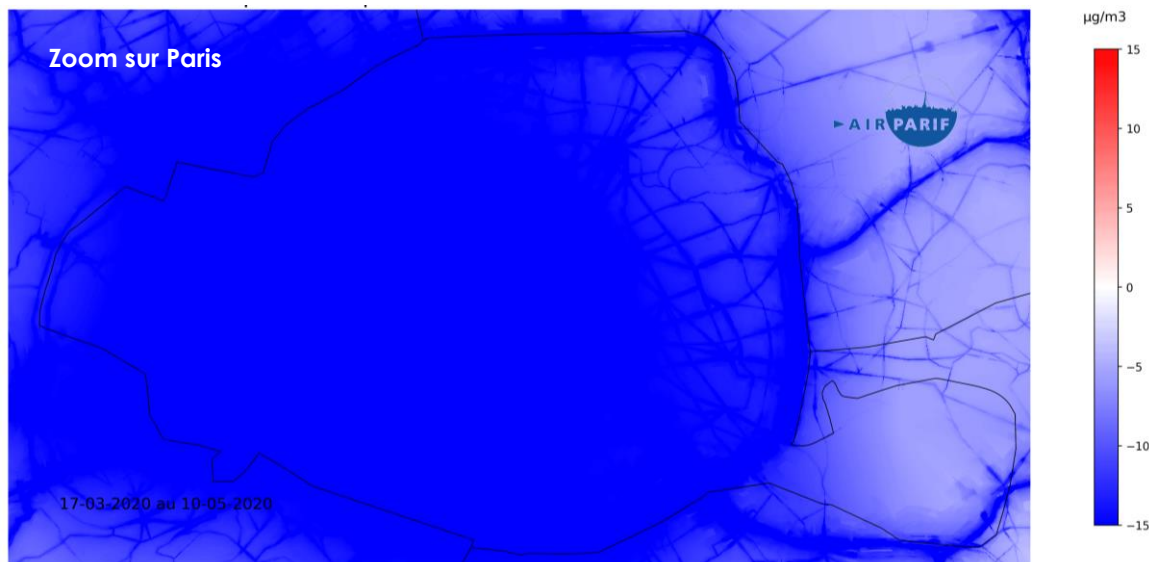


Figure 2 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) du confinement sur les concentrations en NO_2 du 17 mars au 10 mai 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

Le confinement strict mis en œuvre entre le 17 mars et le 10 mai 2020 a eu pour conséquence une diminution importante des concentrations en dioxyde d'azote. La carte confirme les tendances générales observées sur les stations de mesure (Figure 1) et permet d'évaluer l'impact du confinement, indépendamment de l'effet de la météorologie. **En moyenne sur l'ensemble de l'agglomération parisienne, les concentrations ont diminué d'environ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit une baisse de l'ordre de 25 % en situation de fond (loin de l'influence directe des axes routiers) par rapport à une situation « Sans COVID ». Elle est plus marquée sur les axes routiers, en moyenne d'environ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit en moyenne 35 %, et pouvant aller jusqu'à 50 % sur certains axes.**

Cette amélioration de la qualité de l'air touche particulièrement le cœur de l'agglomération et Paris, où la densité d'urbanisation engendre une densité d'émissions habituellement très importante. La diminution des concentrations est estimée à $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en fond dans Paris et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les axes routiers parisiens, ce qui représente une baisse d'environ 45 %.

Les fortes baisses des concentrations en dioxyde d'azote s'expliquent essentiellement par la forte diminution de la quantité de polluants rejetées dans l'atmosphère par le trafic routier (émissions) (-70 % des émissions par rapport à une situation « Sans COVID »), et, dans une moindre mesure, à celles des plateformes aéroportuaires (-85 %) et à la baisse des émissions des secteurs industriels et tertiaires. La contribution du trafic routier et des activités aéroportuaires représentent respectivement 53 % et 9 % des émissions annuelles d'oxydes d'azote¹.

La Figure 3 illustre l'évolution des concentrations moyennes journalières mesurées sur deux stations trafic (Boulevard Haussmann, située en plein cœur de Paris et Boulevard Périphérique Porte d'Auteuil (en orange)), comparée au niveau de fond du secteur (en bleu). La partie orange représente la part de concentration liée à l'influence directe du trafic routier. La Figure 3 montre une nette diminution de cette contribution sur le boulevard Haussmann pendant la période de confinement, avec des niveaux mesurés à proximité du trafic routier à peine supérieurs au fond environnant. Cette contribution augmente progressivement dès le déconfinement de mi-mai, pour revenir à un niveau quasi-normal en juin. Sur le Boulevard Périphérique, on observe également une diminution de la contribution du trafic routier pendant le confinement, mais les niveaux en bordure d'axe restent largement supérieurs au fond environnant pendant cette période.

¹ Inventaire des émissions 2018 – Airparif – Mai 2021

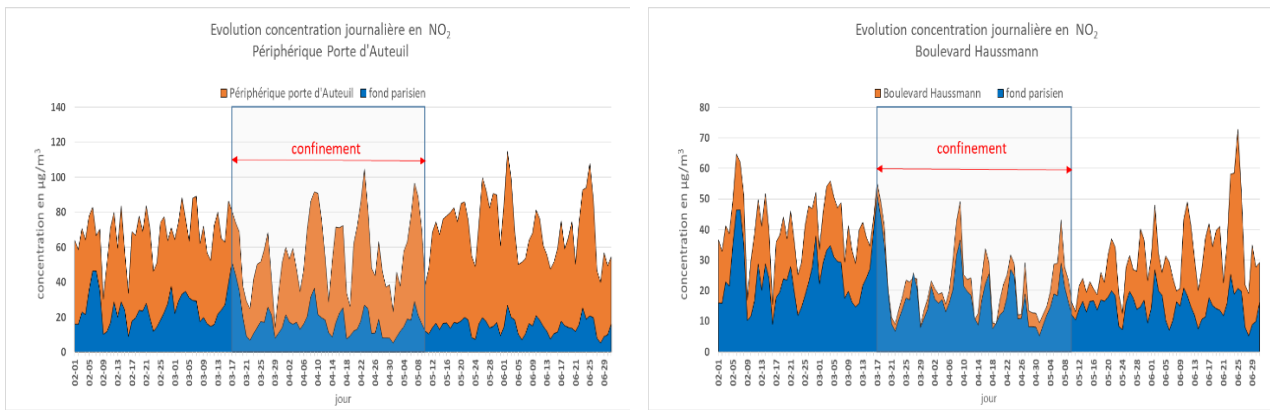


Figure 3 : évolution des concentrations moyennes journalières en NO_2 sur les sites trafic du boulevard Haussmann et du Boulevard Périphérique - Porte d'Auteuil (en orange) comparées au niveau de fond parisien (en bleu) sur la période du 1^{er} février au 30 juin 2020.

La diminution des émissions liées au trafic routier est également bien reflétée par l'évolution des concentrations moyennes hebdomadaires en benzène. Ce polluant, qui est un bon traceur du trafic routier, présente habituellement des concentrations sensiblement plus importantes en bordure des axes routiers que sur les sites de fond, comme l'illustre la Figure 4. En début d'année, les niveaux du site trafic du Boulevard Haussmann sont près de deux fois plus forts que ceux du site de fond de Paris 1^{er} Les Halles. Les concentrations chutent brutalement dès le 17 mars, pour se retrouver au niveau de celles du fond. Les concentrations remontent progressivement à compter de début mai pour retrouver un écart important par rapport aux niveaux du site de fond. Les niveaux restent néanmoins inférieurs aux niveaux enregistrés en début d'année, les concentrations en benzène étant plus faibles en été, en raison de l'amélioration des conditions dispersives.

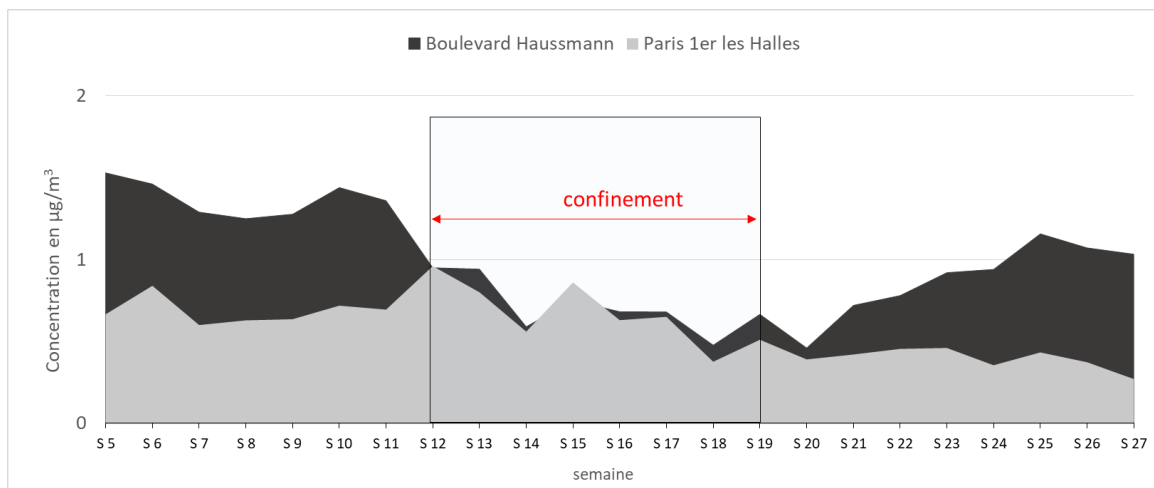


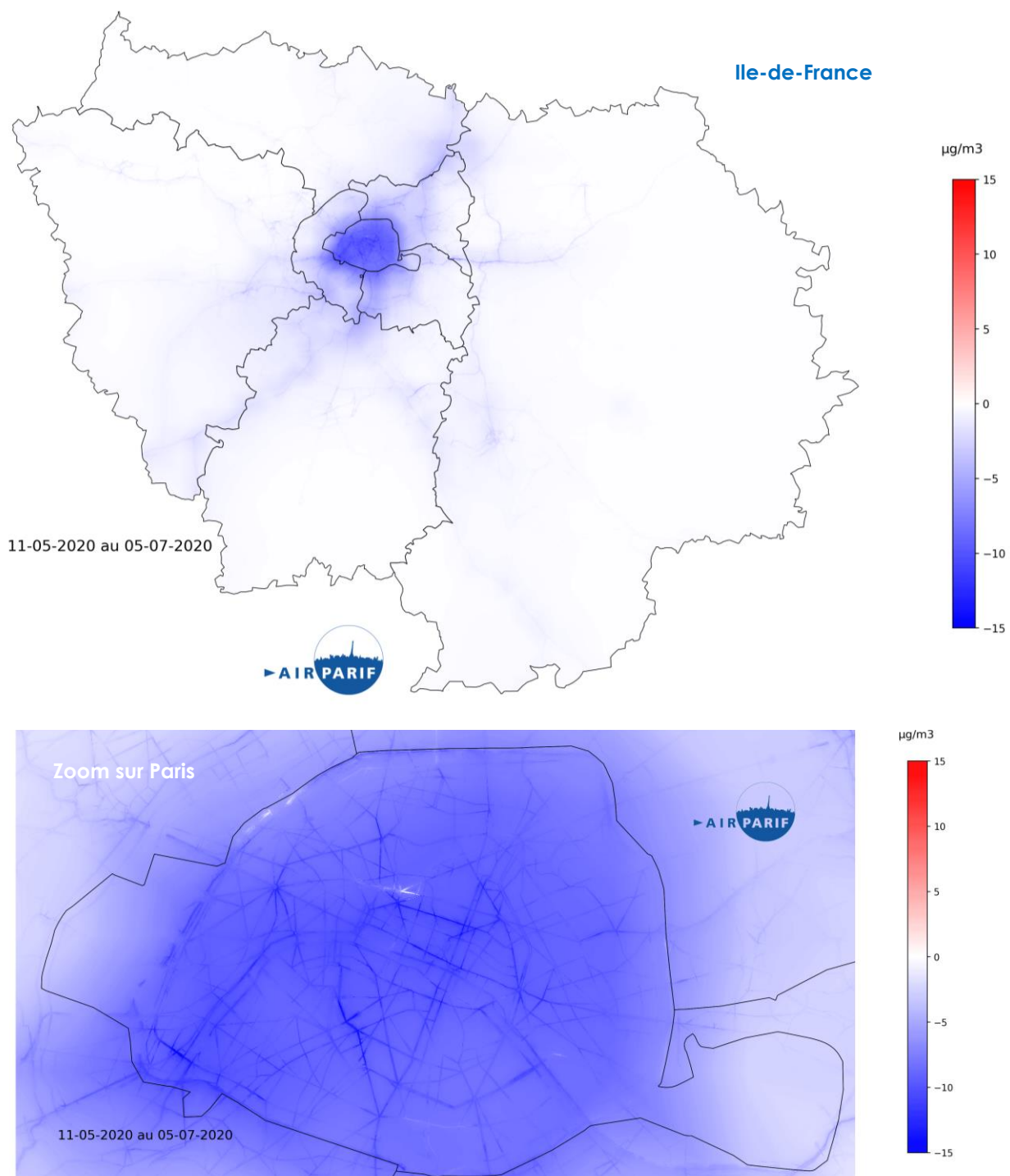
Figure 4 : évolution des concentrations moyennes hebdomadaires en benzène sur les sites trafic du boulevard Haussmann (en noir) comparées au niveau de fond de Paris 1^{er} les Halles (en gris) sur la période du 1 février au 30 juin 2020.

1.2.2. Période de déconfinement : 11 mai au 5 juillet 2020

A compter du 11 mai, une levée progressive du confinement a été engagée. Compte-tenu de la persistance d'une circulation active du virus et d'un état de saturation important des services de réanimation, l'Île-de-France, comme tout le Nord-est de la France, est maintenue en vigilance « rouge ». La reprise des activités s'effectue ainsi de manière très progressive avec notamment une réouverture des commerces, à l'exception des cafés et restaurants et des centres commerciaux d'une superficie supérieure à 40 000 m². La réouverture des écoles est dans un premier temps limitée aux maternelles et

écoles primaires, avec, un retour des enfants sur la base du volontariat. Le recours au télétravail est encore important au cours de cette période. Début juin, les mesures s'assouplissent davantage, avec la réouverture des cafés et restaurants, ainsi que des collèges et la reprise obligatoire de l'école.

Cette reprise d'activité a eu pour effet une remontée progressive des concentrations en NO₂, qui **demeurent néanmoins en-dessous des valeurs de la situation « Sans COVID » (Figure 5), à l'exception de certains sites trafic comme le Boulevard Périphérique, où un retour quasiment à la normale a été observé dès le mois de juin.** Si les concentrations moyennes dans l'agglomération sont quasiment équivalentes au niveau habituel (- 1 µg/m³ en fond et - 3 µg/m³ sur les axes routiers, soit environ 10 % de baisse), elles restent en nette diminution dans Paris (-8 µg/m³ en situation de fond et - 9 µg/m³ sur les axes routiers, soit environ 30 % de baisse par rapport à la situation « Sans COVID »).



Ces résultats s'expliquent par une reprise importante du trafic routier. Sur cette période, on estime que la diminution des émissions de ce secteur n'est plus que de 10 % par rapport à la situation « Sans COVID ». Les émissions du secteur tertiaire sont également en augmentation par rapport au premier confinement, tout en restant inférieures à la situation habituelle. Les émissions du trafic aérien restent quant à elles très faibles (- 80 % par rapport à la situation avant la pandémie).

La reprise progressive des activités, et particulièrement de la circulation routière, a conduit à une remontée des quantités de polluants rejetés dans l'atmosphère (émissions) pour les oxydes d'azote (NOx) à des niveaux équivalents à 80 % des émissions observées avant le confinement (et jusqu'à 90 % pour le Boulevard Périphérique) (Figure 6).

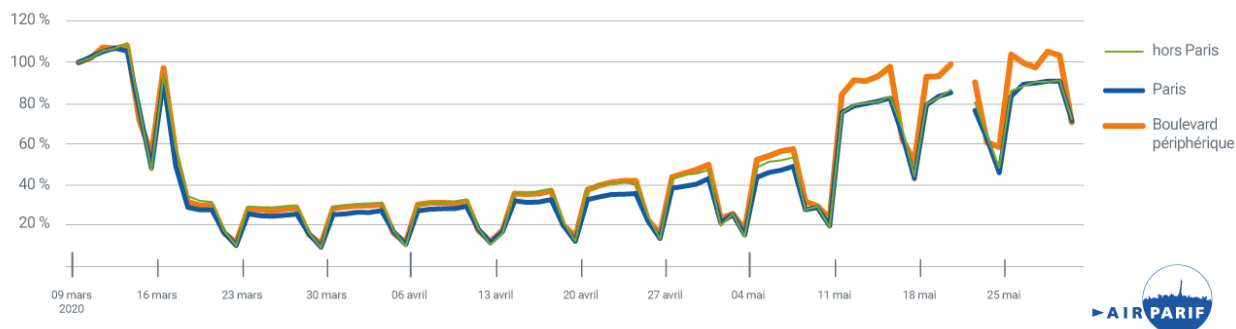


Figure 6 : pourcentage des émissions journalières d'oxydes d'azote issues du trafic routier en Ile-de-France par rapport au 9 mars 2020, avant le confinement. Les creux représentent les baisses d'émissions liées aux week-ends.

1.2.3. 2^{ème} confinement : 30 octobre au 15 décembre 2020.

Après une reprise importante de l'activité économique à l'automne 2020 (à l'exception du tourisme), un second confinement a été mis en place à compter du 30 octobre 2020. Ce confinement était cependant moins strict que celui du printemps, avec notamment les écoles ouvertes ainsi que le maintien d'un nombre plus important de commerces et d'activités qu'au mois de mars.

La Figure 7 représente la différence de concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre la situation réelle et la situation « Sans COVID » lors du second confinement.

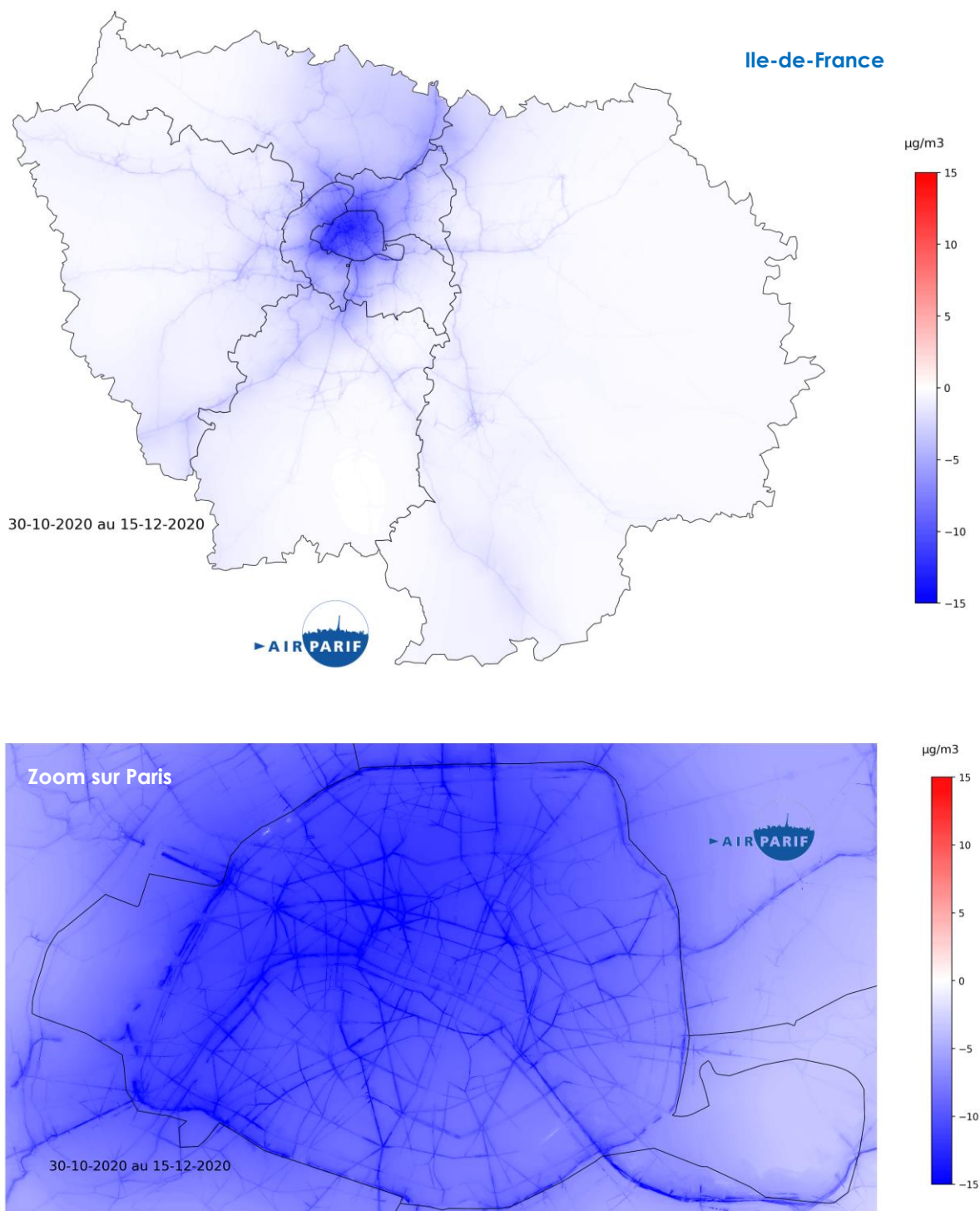


Figure 7 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) du 2^{ème} confinement sur les concentrations en NO_2 du 30 octobre au 15 décembre 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

Sur la période du 30 octobre au 15 décembre, la baisse des concentrations de NO_2 par rapport à la situation « Sans COVID » est nettement moins marquée que lors du premier confinement. En moyenne sur l'agglomération, elle est de $-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en fond et $-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les axes routiers, soit respectivement environ -10 et -15 % de baisse par rapport à la situation « Sans COVID ». **Dans Paris, l'écart avec la situation normale reste très perceptible, avec une diminution de l'ordre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soit une baisse de l'ordre de 25 % par rapport à la situation « Sans COVID ».** Ces chiffres sont proches de ceux constatés sur la période du 11 mai au 5 juillet. Le pourcentage de baisse est légèrement plus faible que sur cette période car il se rapporte à une concentration en dioxyde d'azote plus importante en période

hivernale, du fait de conditions météorologiques moins favorables à la dispersion des polluants, notamment le matin, qu'en période estivale.

L'impact du second confinement est également visible sur les niveaux mesurés à proximité du trafic routier est visible sur le Boulevard Haussmann, mais il est moins important qu'en mars-avril, comme le montre la Figure 8. Cet impact est quasiment nul sur le Boulevard Périphérique.

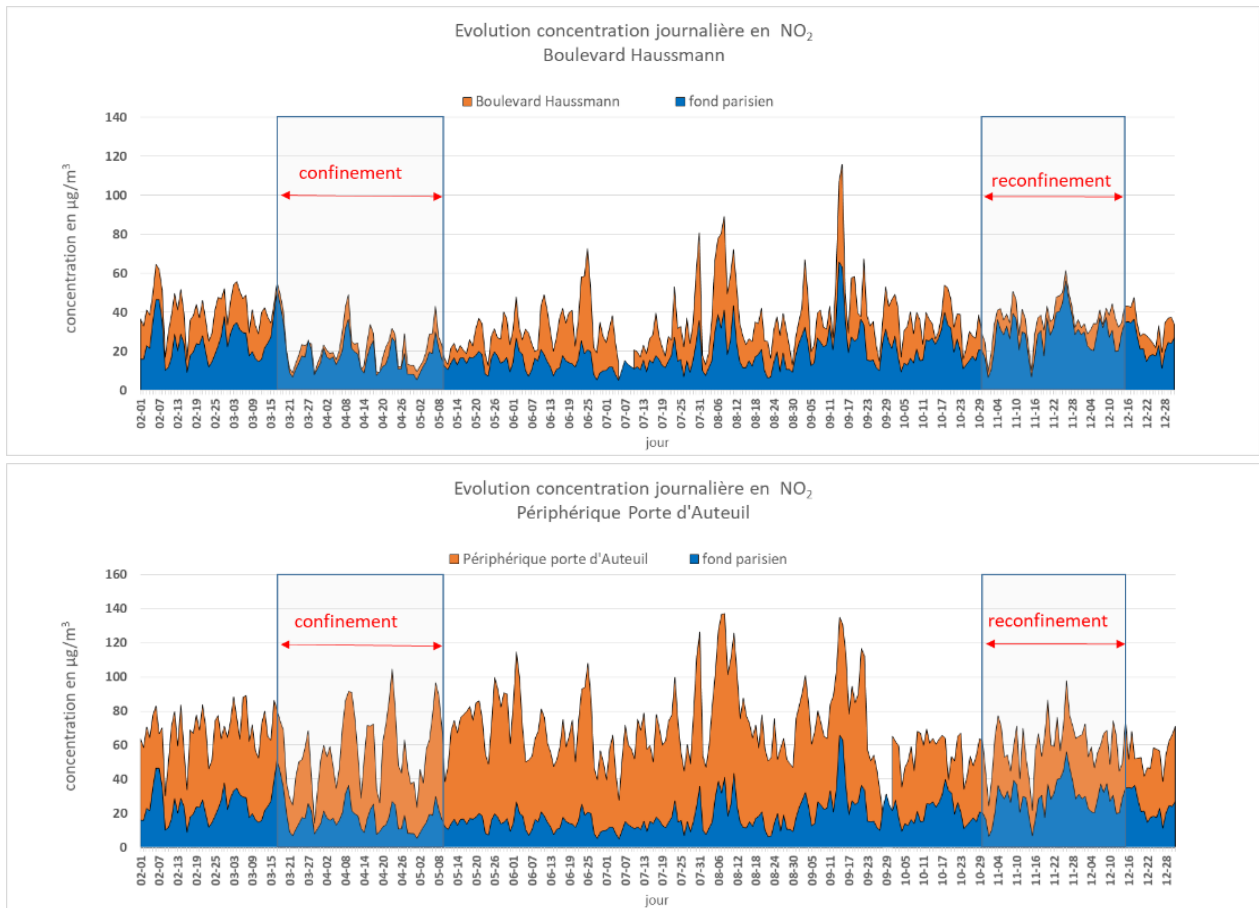


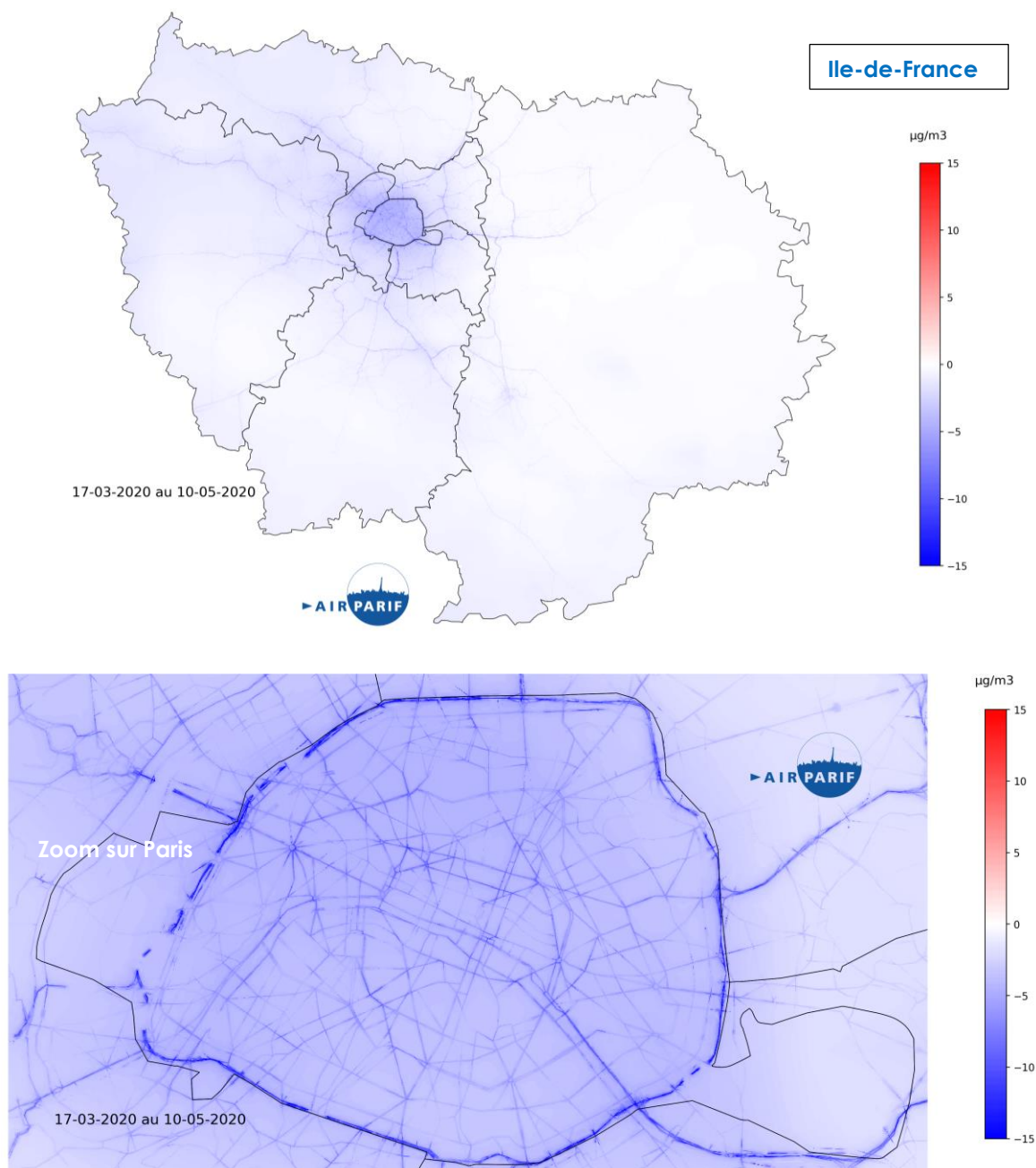
Figure 8 : évolution des concentrations moyennes journalières en NO₂ sur les sites trafic du Boulevard Haussmann et du Boulevard Périphérique - Porte d'Auteuil (en orange) comparée au niveau de fond parisien (en bleu) sur la période du 1^{er} février au 31 décembre 2020

Ces observations sont cohérentes avec l'estimation de la baisse des émissions issues du trafic routier. Lors du premier confinement, des baisses allant jusqu'à -70 % ont pu être observées en semaine sur la première partie de cette période en Ile-de-France. Le deuxième confinement a beaucoup moins affecté les émissions de NO_x, avec une baisse de l'ordre de -20 %. Alors que Paris intra-muros a connu des baisses plus marquées que la région, le Boulevard Périphérique montre des résultats plus contrastés. En effet, ce deuxième confinement a moins impacté la mobilité et le Boulevard Périphérique est resté un axe de circulation majeur dans le déplacement des personnes pour effectuer leurs trajets domicile-travail mais également dans l'acheminement de marchandises.

1.3. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES

1.3.1. Période du premier confinement : 17 mars au 10 mai 2020

La Figure 9 représente la différence de concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) entre la situation réelle et la situation « Sans COVID » lors du premier confinement.



Le confinement strict mis en œuvre entre le 17 mars et le 10 mai 2020 a eu pour conséquence une légère diminution des concentrations en particules PM_{10} . **Les concentrations de fond présentent un écart par rapport à la situation « Sans COVID » plus limité que pour le dioxyde d'azote ($-1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur l'agglomération parisienne et $-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans Paris).** L'impact est en revanche plus marqué sur les axes routiers parisiens de l'ordre de $-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit une baisse moyenne de -15% .

Pour les particules fines ($PM_{2.5}$), les diminutions sont très faibles et peu significatives (Figure 10).

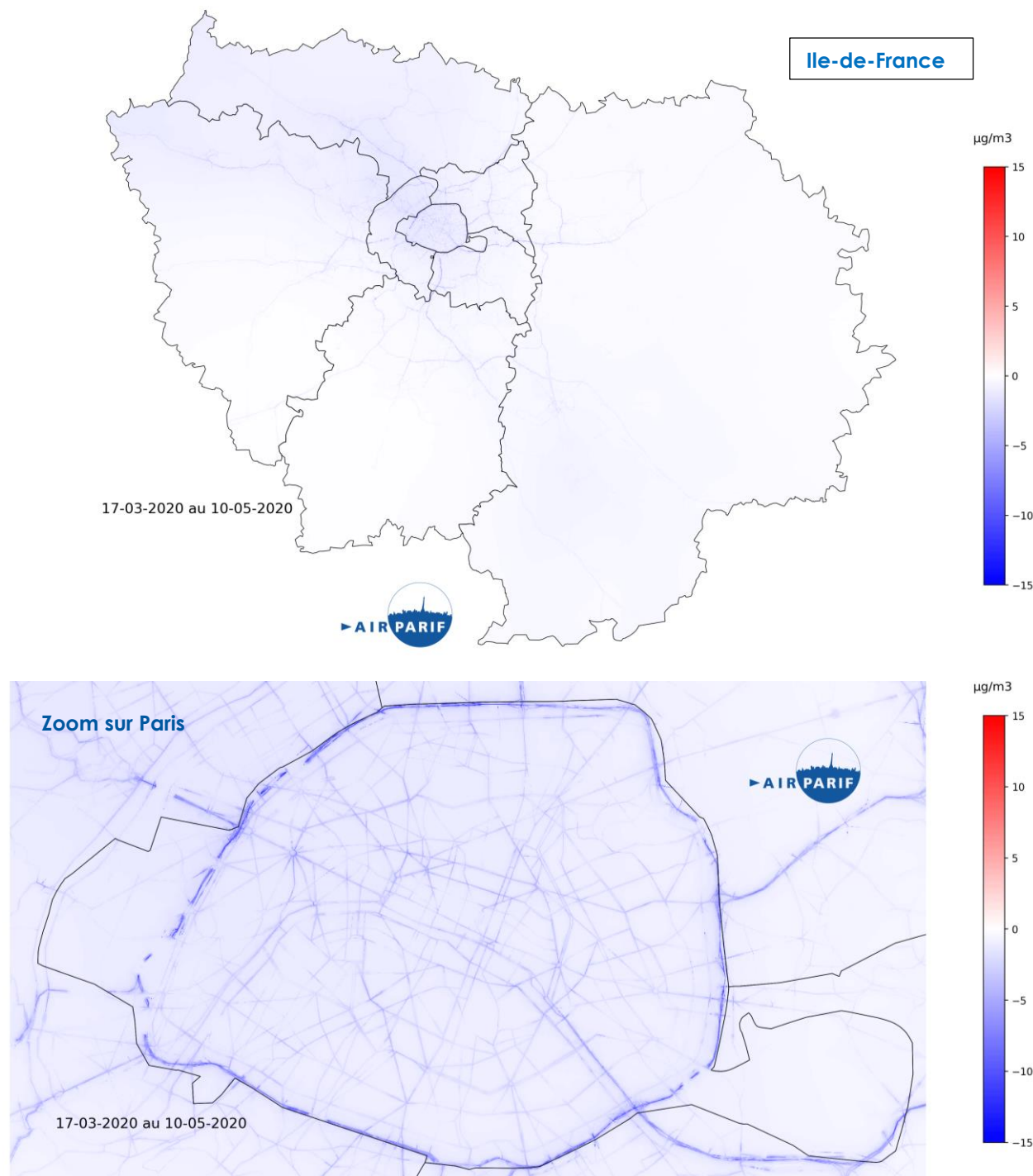


Figure 10 : impact (en $\mu g/m^3$) du confinement sur les concentrations en $PM_{2.5}$ du 17 mars au 10 mai 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

Cet impact moins important sur les particules que sur le dioxyde d'azote s'explique par des sources d'émissions plus diversifiées, dont toutes n'étaient pas impactées de la même manière par le confinement (trafic routier, chauffage dont chauffage au bois, agriculture, chantiers,...). Par ailleurs, ces sources ne sont pas uniquement locales (transferts de pollution des régions avoisinantes) et une composante provient également de réactions chimiques à partir de gaz émis dans l'atmosphère. En effet, les conditions anticycloniques et ensoleillées du mois de mars ont été favorables à la formation de particules inorganiques secondaires (voir encadré « Un épisode de pollution en plein confinement »).

comment l'expliquer ? »)). Néanmoins, la baisse de trafic observée et des émissions d'oxydes d'azote associées, peut avoir limité cette formation par rapport à une situation normale « Sans covid ».

Contrairement aux oxydes d'azote pour lesquels le trafic routier est de loin la source prépondérante, la contribution de ce secteur des émissions primaires² de PM₁₀ est estimée à 17 % pour les PM₁₀ et 19 % pour les PM_{2.5}. La très forte baisse des émissions du trafic routier a donc un poids moins important que sur le dioxyde d'azote.

De plus, au début du confinement, si les émissions de particules du trafic routier ont nettement diminué, elles ont été potentiellement en partie compensées par l'augmentation des émissions du chauffage résidentiel, notamment du chauffage au bois, liée à la présence plus importante des gens à leur domicile. Ce secteur est responsable de 35 % des émissions primaires annuelles de PM₁₀ et 54 % des émissions de PM_{2.5}, dont respectivement 86 et 87 % liés au chauffage au bois. C'est ce qui explique que les baisses de concentration en PM_{2.5} sont plus faibles que pour les PM₁₀.

Ce phénomène est bien illustré par les mesures de carbone suie, qui permettent d'évaluer la part des particules liées à la combustion des hydrocarbures, et donc au trafic, de celle liée au brûlage de la biomasse, principalement au chauffage au bois. La Figure 11 représente l'évolution des concentrations journalières des particules issues de la combustion des hydrocarbures, sur la station trafic du Boulevard Haussmann en comparaison de la station de fond de Paris 13^{ème}. Les concentrations sur la station située en bordure immédiate du Boulevard Haussmann sont habituellement environ 2 fois plus élevées qu'en situation de fond. Lors du confinement, ces concentrations sont quasiment identiques.

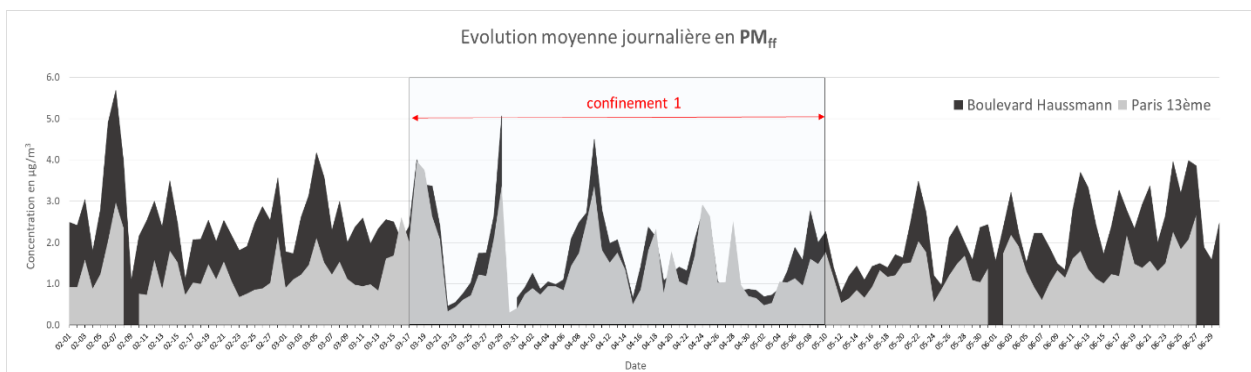


Figure 11 : évolution des concentrations moyennes journalières des concentrations en particules primaires issues de la combustion des hydrocarbures (PM₁₀) sur le site trafic du Boulevard Haussmann (en noir) comparée au niveau de fond parisien (en gris) sur la période du 1^{er} février au 30 juin 2020.

La Figure 12 représente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles des particules primaires issues de la combustion des hydrocarbures (PM₁₀), représentatives du trafic routier (à gauche) et de la combustion de la biomasse (PM_{wb}), représentatives du chauffage au bois (à droite), mesurées sur le site de Paris 13^{ème} en 2020, en comparaison de la moyenne des 3 années précédentes.

La Figure 12 confirme que, **lors du confinement, les concentrations en particules primaires issues du trafic routier (PM₁₀) sont sensiblement inférieures aux niveaux habituels. En revanche, elle montre que les concentrations issues de la combustion de biomasse PM_{wb}, (à droite), chauffage au bois essentiellement, sont supérieures à la moyenne des 3 dernières années au cours des mois de mars et avril 2020.**

² Inventaire des émissions 2018 – Airparif – Mai 2021

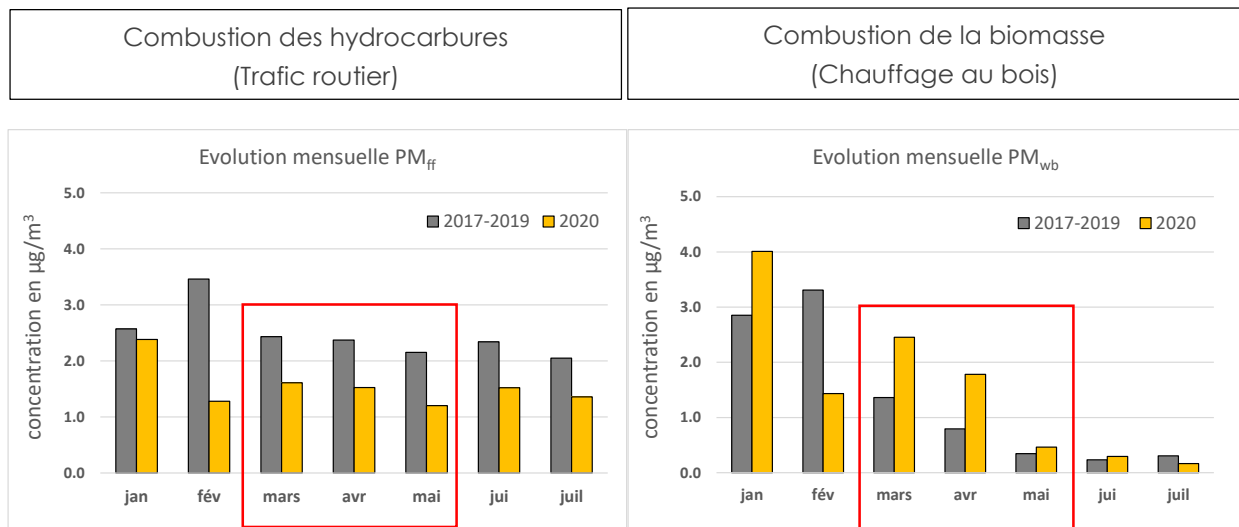


Figure 12 : évolution des concentrations moyennes mensuelles en particules primaires PM_{10} issues de la combustion des hydrocarbures (à gauche) et de la combustion de la biomasse (à droite) sur le site de fond de Paris 13^{ème} en 2020 et sur la période 2017-2019.

Remarque : Il est à noter que les concentrations très faibles enregistrées en février pour les particules, tant pour la combustion d'hydrocarbures que pour celles de la biomasse, sont liées à des conditions météorologiques très inhabituelles :

- à la fois très pluvieuses et dispersives,
- mais aussi le mois de février plus chaud depuis le début du 20^{ème} siècle. Cette baisse de concentration est également observée sur les particules issues de la combustion de biomasse.

Au-delà des polluants réglementés comme les particules PM_{10} et $PM_{2.5}$, Airparif surveille également les particules ultrafines (PUF), particules d'une taille inférieure à 100 nanomètres (nm), depuis 2019. Ces particules ultrafines ne sont actuellement pas réglementées dans l'air ambiant. Leur surveillance n'est pas obligatoire et il n'existe pas de valeur de référence. Mais compte-tenu de leurs effets sanitaires qui sont de plus en plus documentés, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'environnement, de l'alimentation et du travail (ANSES) dans un rapport publié en juin 2018³ recommandait la surveillance des Particules Ultrafines en complément de celles des PM_{10} et des $PM_{2.5}$.

Dans les agglomérations, les PUF sont principalement liées aux activités de combustion (chauffage dont chauffage au bois, mais aussi trafic routier et aérien, deux secteurs fortement impactés par le confinement). La Figure 13 représente l'évolution de la concentration moyenne en PUF (10-100 nm) avant, pendant et après le 1^{er} confinement, calculées sur des périodes équivalentes de 55 jours (durée du confinement). Les premières observations exploratoires montrent une baisse de ces concentrations de l'ordre de -30 % pendant le premier confinement par rapport au début de l'année. Ce niveau remonte en période post-confinement, sans toutefois revenir au niveau pré-confinement.

³ AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à l'identification, la catégorisation et la hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air – Juin 2018

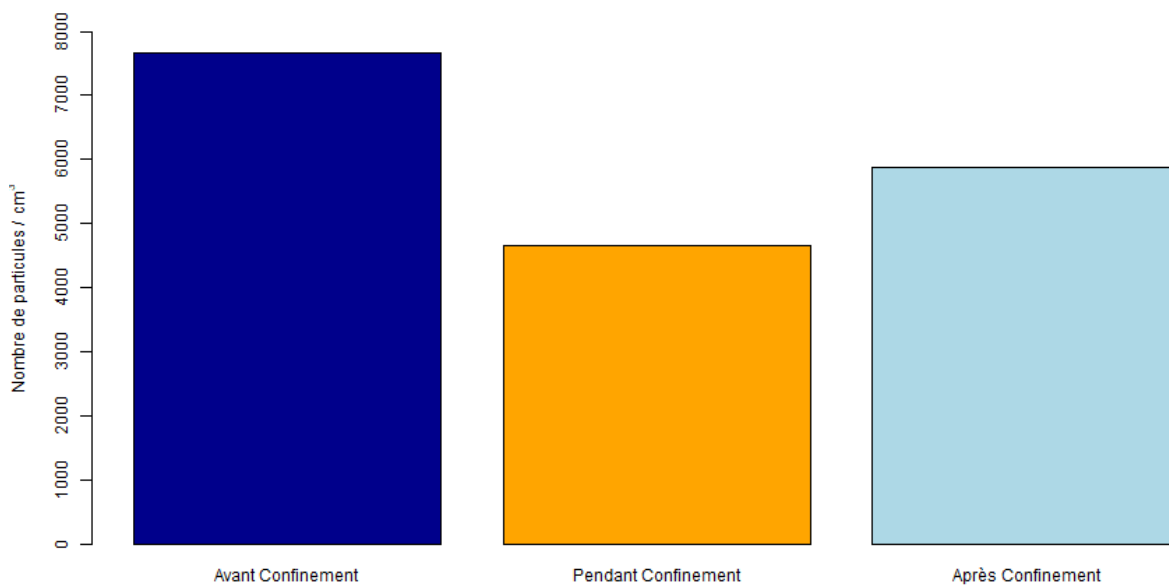


Figure 13 : évolution de la concentration moyenne en nombre de PUF (10-100m) (en particules / cm³) avant, pendant et après le 1er confinement.

Ces observations ne peuvent néanmoins pas être totalement attribuées au seul impact du confinement. Comme pour les autres polluants, les niveaux de PUF sont influencés par la variabilité saisonnière des émissions et des conditions météorologiques. Mais les connaissances et l'historique sur ce polluant non réglementé nécessitent d'être développées pour pouvoir évaluer l'impact spécifique de mesure de réductions, comme lors du confinement, notamment par rapport au trafic. Au-delà des enjeux sanitaires, ces observations confirment la nécessité de poursuivre les mesures de ce polluant émergent avec des campagnes lancées par Airparif fin 2020 à proximité de différentes sources pour compléter la mesure permanentes dans Paris.

Un épisode de pollution en plein confinement, comment l'expliquer ?

Le 28 mars 2020, un dépassement du seuil d'information pour les particules a été déclaré en Île-de-France, alors même que de nombreux secteurs d'activités étaient à l'arrêt ou fortement ralentis. L'analyse de la composition chimique des particules a permis de remonter à leurs sources, et d'identifier l'impact de secteurs d'émissions qui, contrairement au trafic routier, n'avaient pas été impactés par le confinement : le chauffage résidentiel, et en particulier le chauffage au bois ; et le secteur agricole, en particulier avec des épandages d'engrais azotés caractéristiques du début du printemps. De plus, la météo printanière a favorisé les réactions chimiques et la formation de particules secondaires (notamment à partir des oxydes d'azote liés principalement au trafic routier et de l'ammoniac d'origine agricole) (Figure 14). Cet épisode de pollution illustre bien le fait que, contrairement au NO₂ qui est principalement un traceur du trafic routier, les particules proviennent de sources très diverses (trafic, mais aussi chauffage, agriculture, réactions chimiques et transport sur de longues distances). Avec des conditions de trafic normales, les niveaux de pollution observés auraient sans doute été encore plus conséquents.

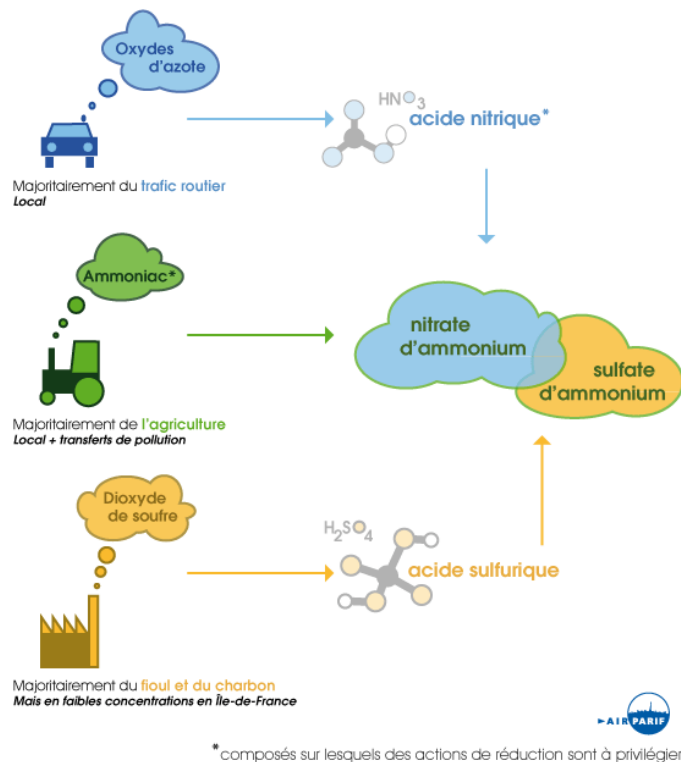


Figure 14 : mécanisme de formation des aérosols inorganiques secondaires.

1.3.2. Période de déconfinement : 11 mai au 5 juillet 2020

Sur la période de déconfinement, du 11 mai au 5 juillet, les niveaux de fond en particules sont très proches de la situation « Sans COVID », à la fois en fond et sur les axes routiers. L'écart sur cette période « avec Covid » et l'évaluation « Sans covid » est très faible (Figure 15).

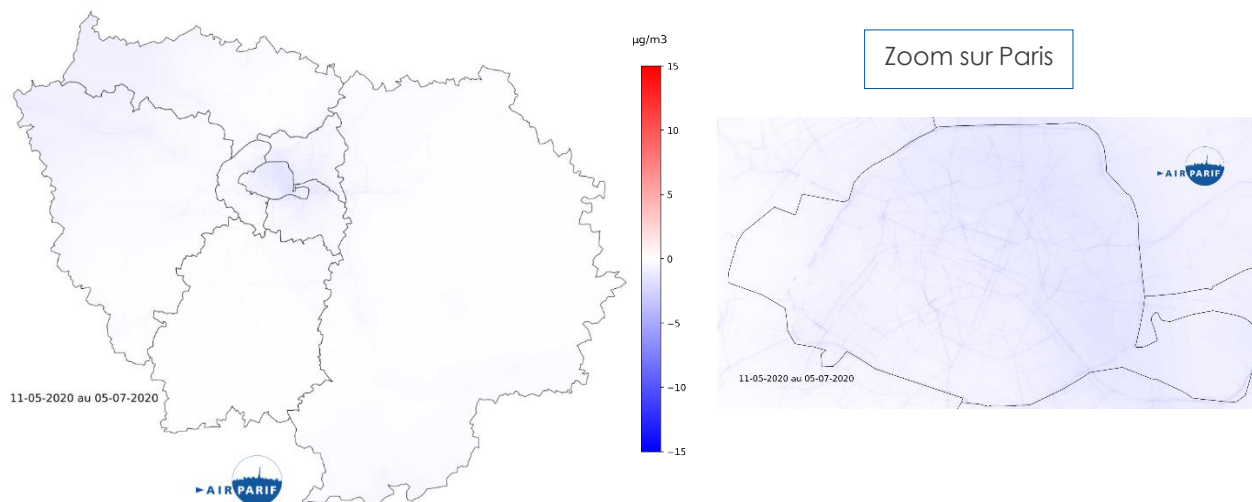


Figure 15 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des restrictions d'activité pendant la phase de déconfinement sur les concentrations en PM_{10} du 11 mai au 5 juillet 2020 en Ile-de-France.

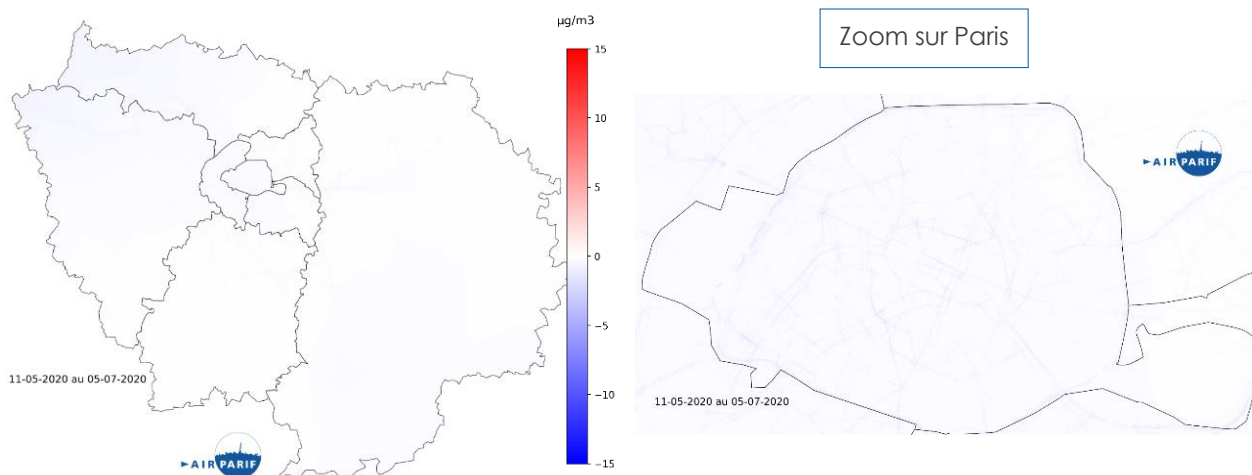


Figure 16 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des restrictions d'activité pendant la phase de déconfinement sur les concentrations en $\text{PM}_{2.5}$ du 11 mai au 5 juillet 2020 en Ile-de-France.

Comme pour le dioxyde d'azote, cette remontée des concentrations s'explique par le fait que les émissions issues du trafic routier sont remontées à des niveaux équivalents à 80 % des émissions observées avant le confinement (et jusqu'à 90 % pour le boulevard périphérique) (Figure 17).

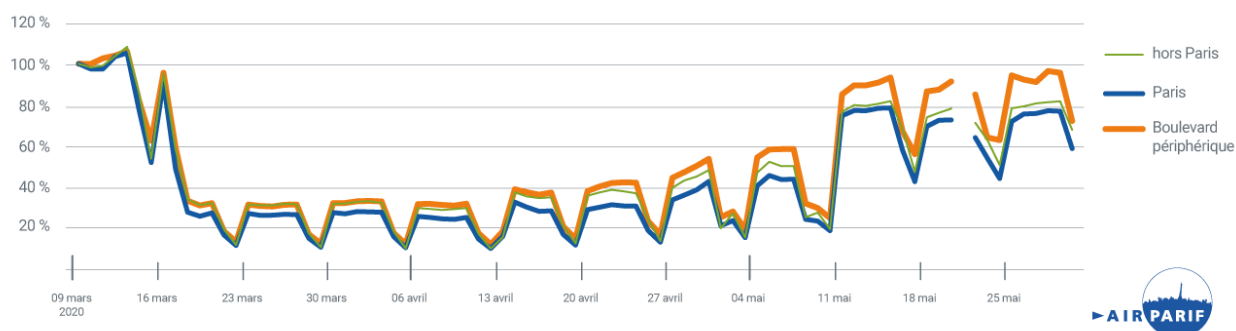


Figure 17 : pourcentage des émissions journalières de particules $\text{PM}_{2.5}$ en Ile-de-France issues du trafic routier par rapport au 9 mars 2020. Les creux représentent les baisses d'émissions liées aux week-ends.

1.3.3. 2^{ème} confinement : 30 octobre au 15 décembre 2020.

Sur la période du 30 octobre au 15 décembre, aucune baisse significative n'a été observée. Les niveaux de particules avec et sans pandémie sont équivalents (Figure 18 et Figure 19). Cela s'explique par le fait que les réductions d'émissions du trafic routier étaient bien plus faibles que lors du premier confinement, avec des restrictions moins strictes. Les baisses d'émissions liées au trafic routier sont légèrement plus importantes lors du second confinement que lors du déconfinement, mais elles sont de nouveau compensées en partie par les émissions du chauffage résidentiel, ce qui n'était pas le cas au mois de mai/juin.

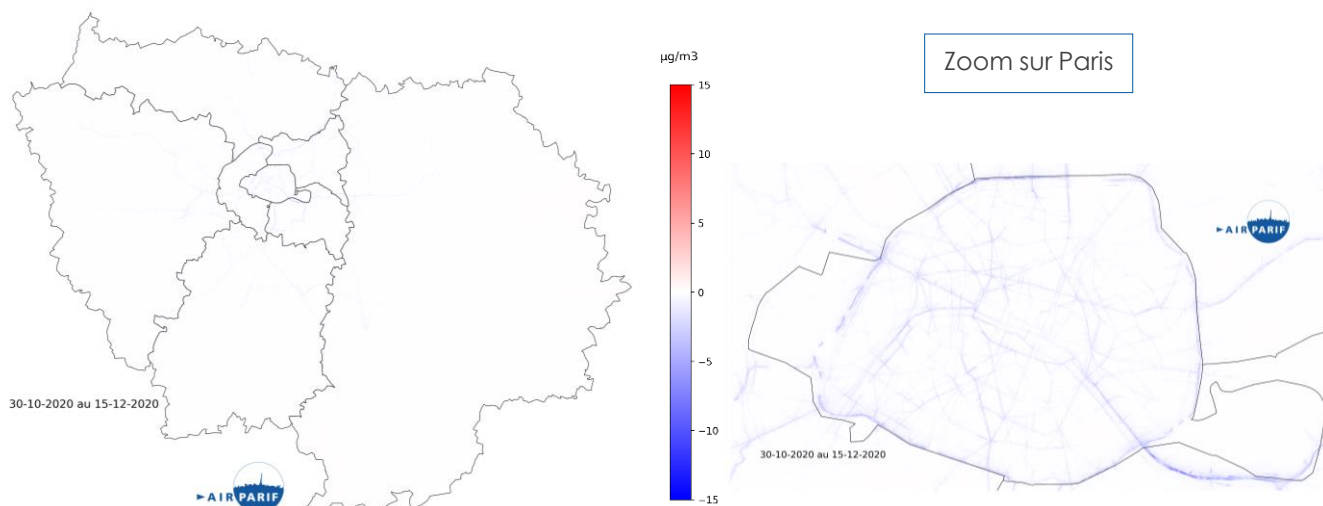


Figure 18 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) du 2^{ème} confinement sur les concentrations en PM₁₀ du 30 octobre au 15 décembre 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

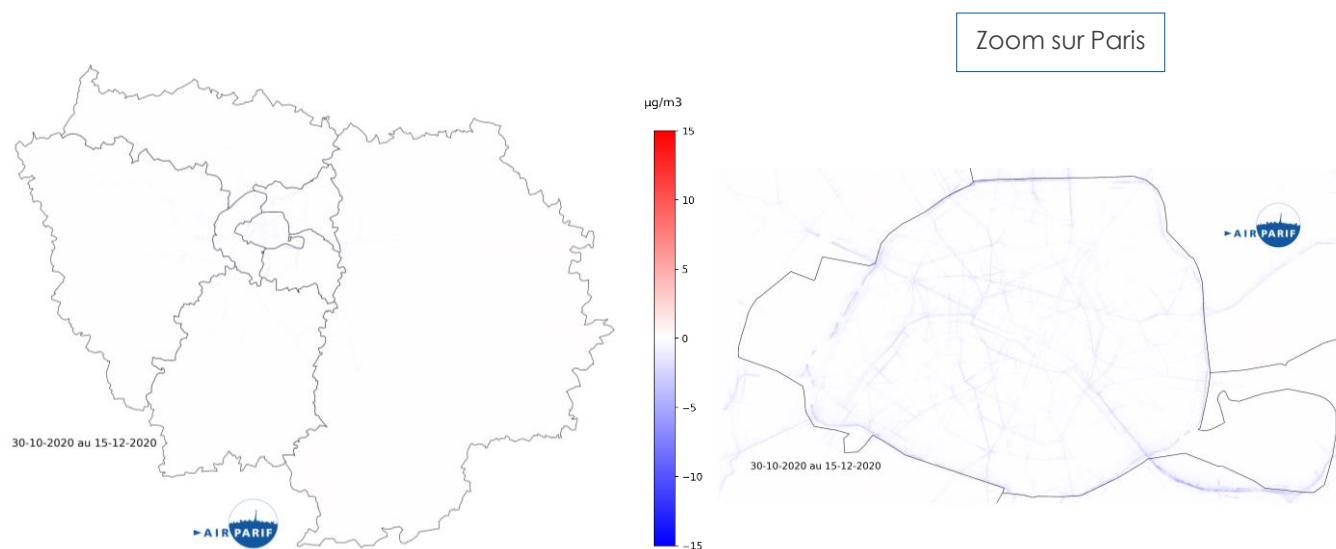


Figure 19 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) du 2^{ème} confinement sur les concentrations en PM_{2.5} du 30 octobre au 15 décembre 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

2. EVALUATION DE L'IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES 2020

Comme précisé dans le chapitre précédent, les mesures de confinement ont eu un impact sur la qualité de l'air, variable selon les périodes concernées. Dans cette partie, l'impact des mesures de restriction d'activité liées à la pandémie sur les concentrations relevées a été évalué sur l'ensemble de l'année pour le dioxyde d'azote et les particules. Ces estimations sont réalisées à partir de simulations de ce qu'aurait été la situation en 2020 s'il n'y avait pas eu les mesures de confinement et de restriction d'activité, à conditions météorologiques équivalentes, pour discerner à l'échelle annuelle la part tendancielle de la part conjoncturelle dans les tendances observées. D'autant qu'en dehors des épisodes de pollution, la plupart des réglementations françaises et européennes portent sur des valeurs limites annuelles, tout comme les recommandations de l'OMS.

2.1. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN NO₂.

2.1.1. BILAN DE L'ANNEE 2020

L'année 2020 est marquée par une forte baisse des concentrations en dioxyde d'azote à l'échelle de la région (environ 20 %) et encore plus importante dans Paris (de l'ordre de 30 %). Ces diminutions sont plus conséquentes que la baisse tendancielle observée ces trois dernières années, liées aux actions mises en place tant à l'échelle locale que nationale et européenne, qui était de l'ordre de 5 % à 10 % par an selon les zones (Tableau 1). L'objectif de cette étude est d'estimer la part spécifique des mesures de restriction des activités liées à la pandémie dans cette diminution.

		Evolution de la baisse observée en NO ₂		
		2018 / 2017	2019 / 2018	2020 / 2019
Fond	Paris	-6%	-9%	-28%
	Petite couronne	-7%	-6%	-22%
	Grande couronne	-7%	-5%	-22%
	Rurale	-6%	-7%	-20%
Trafic	Grands axes	-1%	-9%	-17%
	Axes parisiens	-9%	-9%	-28%
	Autres axes	-2%	-5%	-20%

Tableau 1 : évolution des concentrations en NO₂ observée sur le réseau de mesure francilien entre 2018 et 2020 selon les zones et le type de station (en situation de fond et à proximité du trafic)

2.1.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN NO₂

Pour évaluer ce qu'aurait été la situation en 2020 s'il n'y avait pas eu les mesures de confinement et de restriction d'activité, il est nécessaire de prendre en compte l'évolution tendancielle des niveaux de pollution. En effet, la pollution urbaine montre une nette évolution à la baisse ces dernières années, en lien avec :

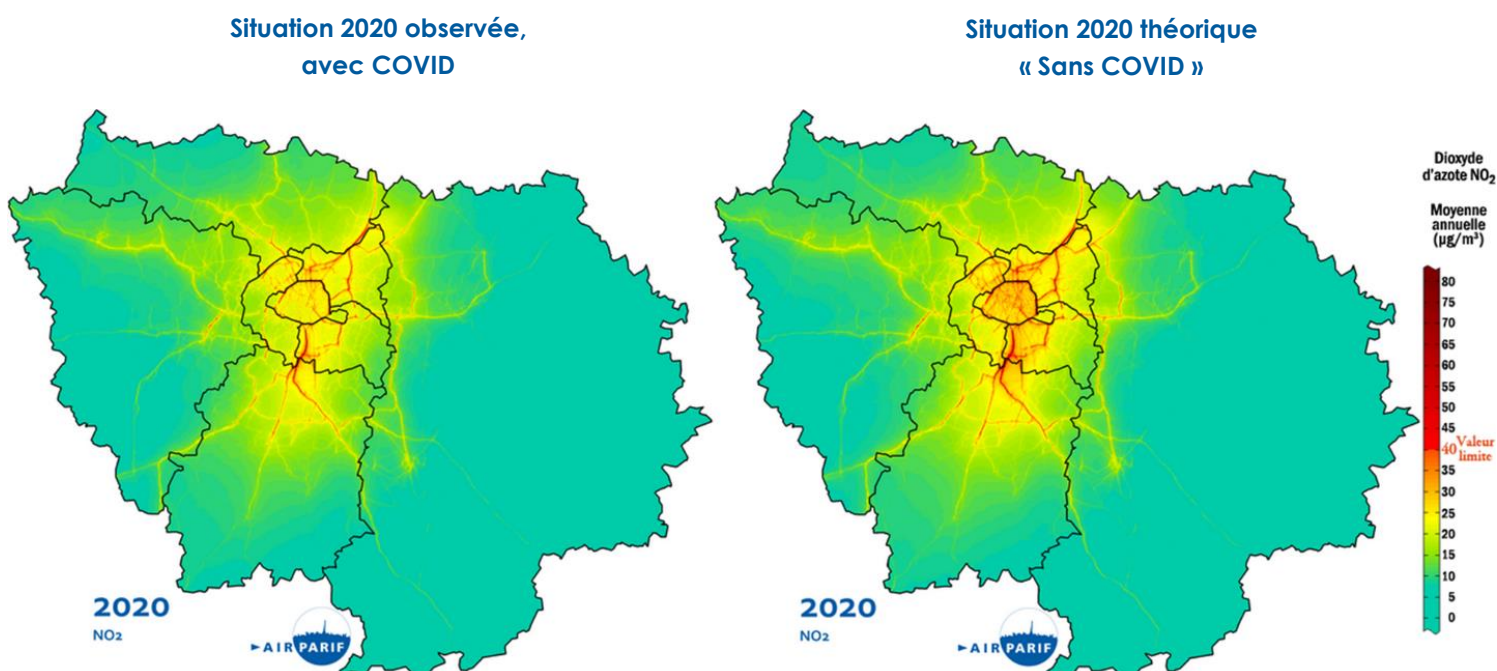
- l'amélioration technologique due au renouvellement du parc roulant avec des normes euros de plus en plus contraignantes et la mise en place de mesure comme la ZFE métropolitaine,
- les mesures de réduction du trafic routier au cœur de l'agglomération parisienne et notamment dans Paris, avec la mise en place de voies de bus, pistes cyclables...

Les variations interannuelles sont également influencées par les conditions météorologiques. L'année 2020 a globalement bénéficié de conditions météorologiques favorables à une bonne dispersion des émissions de polluants, notamment en période hivernale. De plus, 2020 se classe au premier rang des années les plus chaudes en France depuis le début du XX^{ème} siècle, notamment lors des mois d'hiver, ce qui a limité les émissions liées au chauffage résidentiel par rapport à une année normale.

Cette évaluation repose sur des outils de modélisation permettant de réaliser la cartographie des niveaux qui auraient été observés en 2020 s'il n'y avait pas eu la pandémie de Covid-19 et les restrictions associées pour certaines activités. La comparaison de cette carte, à conditions météorologiques identiques, à la carte de l'année 2020 telle qu'elle a été observée permet d'estimer l'impact conjoncturel des restrictions liées à la COVID sur les concentrations moyennes annuelles. La méthodologie est précisée en annexe.

2.1.2.1. A l'échelle de la région

La Figure 20 présente les cartes de la concentration moyenne en NO₂ de l'année 2020 en Ile-de-France, avec un zoom sur Paris : à gauche, la carte de la situation réellement observée en 2020, et à droite, la carte de la situation que l'on aurait eu s'il n'y avait pas eu les restrictions d'activités liées à la pandémie.



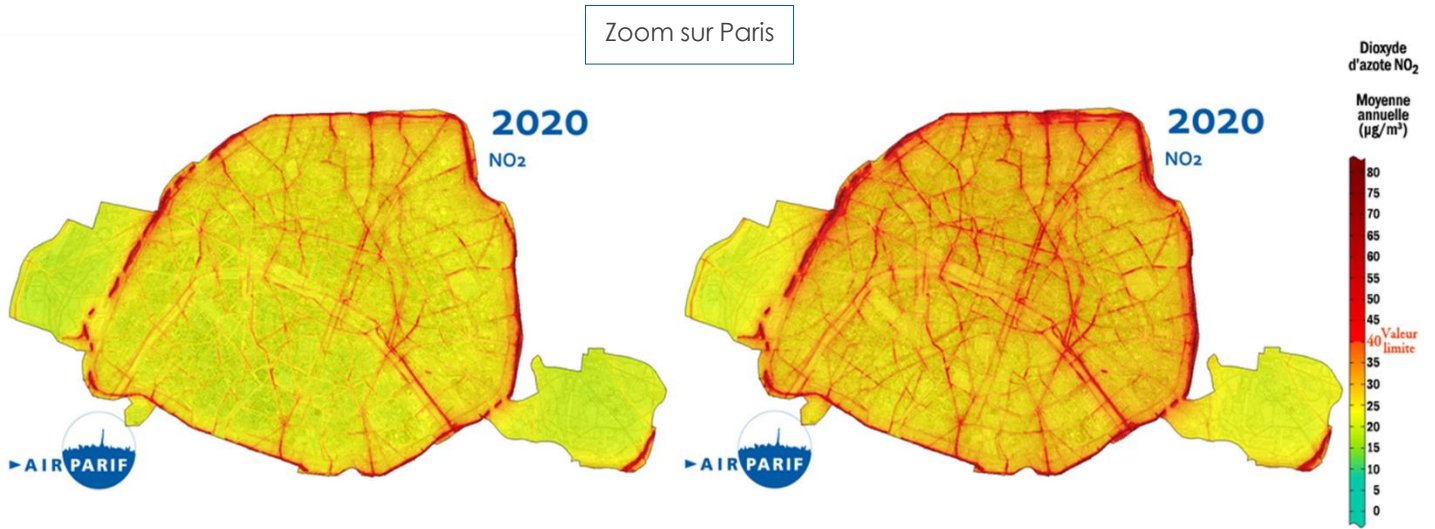
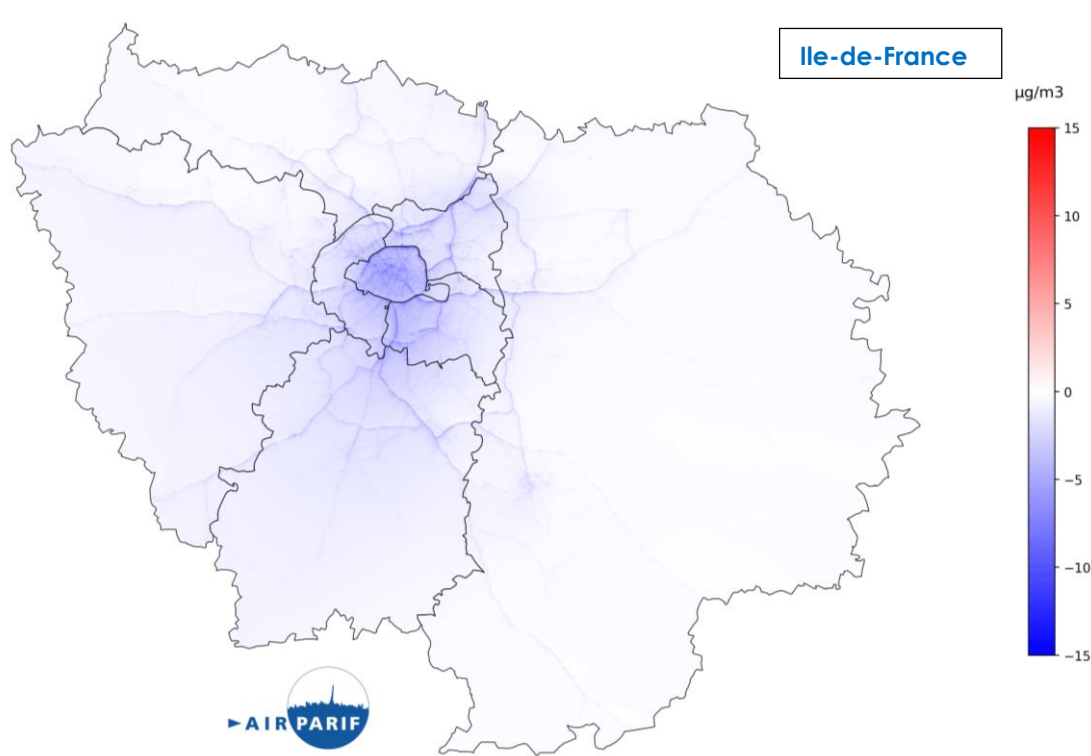


Figure 20 : Concentrations moyennes annuelles de NO₂ de l'année 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris : situation observée (à gauche) avec la COVID, et situation théorique « Sans COVID » à droite

La Figure 20 montre qu'en situation de fond (loin de l'influence directe des axes routiers), les concentrations moyennes en NO₂ estimées dans une situation théorique « Sans COVID » sont proches de la situation réelle en petite et grande couronne francilienne. Dans Paris, il apparaît nettement que les concentrations de la situation « Sans COVID » sont plus élevées que dans la situation réelle. Des écarts de concentrations significatifs sont également visibles sur les axes routiers parisiens, ainsi que sur les axes majeurs d'Ile-de-France.

La Figure 21 présente la carte des écarts (en µg/m³) entre la situation 2020 s'il n'y avait pas eu la pandémie de COVID-19 et la situation réelle de 2020, à météo identique. Elle correspond majoritairement à l'impact qu'a eu la crise sanitaire sur la concentration moyenne annuelle de NO₂ en 2020.



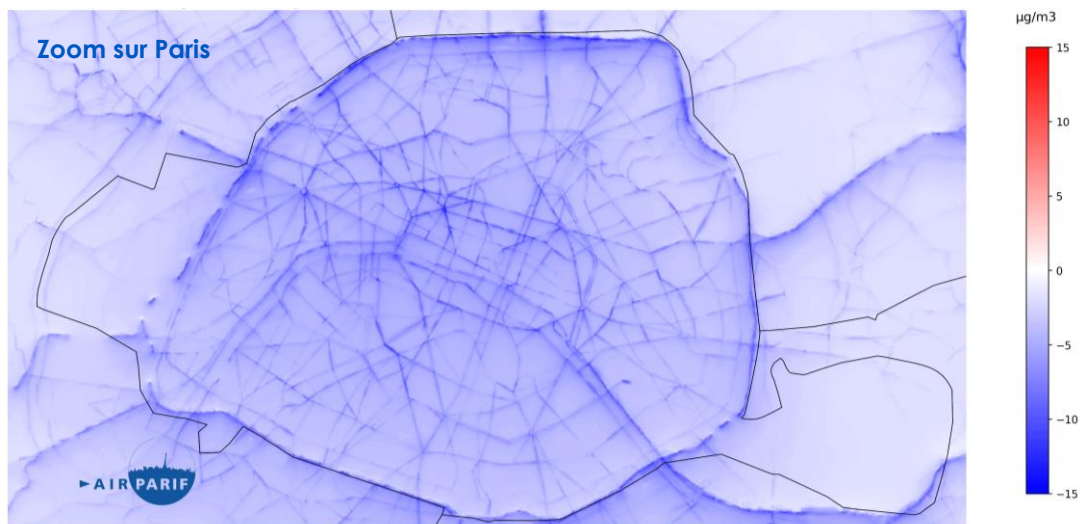


Figure 21 : impact (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des restrictions d'activité liées à la pandémie sur les concentrations moyennes annuelles en NO_2 en 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris.

2.1.2.2. Sur les stations

La Figure 22 représente l'évolution des concentrations moyennes annuelles en NO_2 sur les stations de mesure franciliennes de fond, selon leur secteur géographique de 2014 à 2020, avec l'estimation de ce qu'aurait été la moyenne annuelle 2020 « Sans COVID » extraite des cartes précédentes.

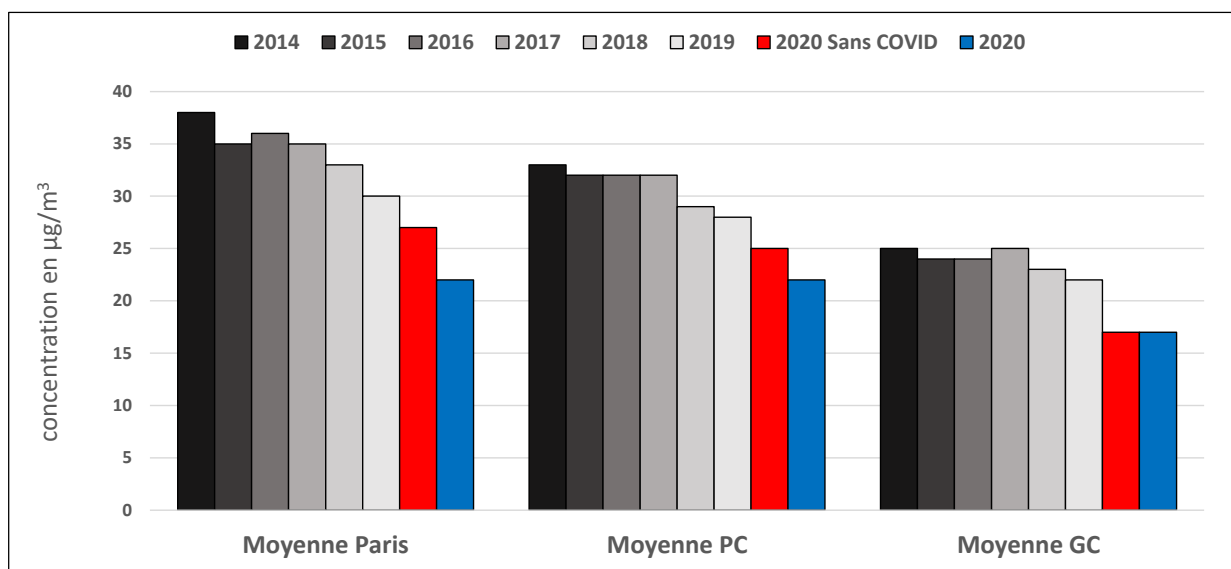


Figure 22 : évolution des concentrations moyennes annuelles en NO_2 en situation de fond selon leur zone géographique de 2014 à 2020, avec l'estimation de l'année 2020 « Sans COVID »

En moyenne sur l'agglomération parisienne, les restrictions d'activités liées à la crise sanitaire ont entraîné une baisse des concentrations moyennes en fond de l'ordre de -1 à -2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces écarts sont variables suivant la zone géographique. Ils sont négligeables en grande couronne et l'impact est évalué à d'environ -3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites de petite couronne. C'est dans Paris que l'impact des restrictions d'activités est le plus visible (environ -5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne), où la densité d'urbanisation et la forte activité commerciale et économique engendrent une densité d'émissions habituellement très importante. Au-delà des restrictions locales, la capitale a également été particulièrement touchée par une très forte réduction de l'activité touristique, notamment internationale. Sur les axes routiers, la baisse de concentration est estimée à environ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne, et peut aller jusqu'à 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Entre 2019 et 2020, les concentrations moyennes annuelles de fond ont diminué d'environ -30 % dans Paris dont :

- 20 % sont attribuables à la baisse des émissions liées à la crise sanitaire,
- et 10 % sont dus aux évolutions tendancielle et à l'influence des conditions météorologiques particulièrement dispersives, notamment en période hivernale lorsque les concentrations en NO₂ sont habituellement maximales.

En petite couronne, les concentrations moyennes annuelles ont diminué d'environ 20 %, dont 10 % sont attribuables à la baisse des émissions liées à la crise sanitaire et 10 % aux évolutions tendancielle et à l'influence des conditions météorologiques. En grande couronne, l'impact des restrictions liées à la COVID est négligeable.

Malgré ces diminutions de concentrations, la valeur limite en NO₂ est toujours dépassée à proximité des axes routiers principaux en 2020. Le nombre de personnes potentiellement exposées est en forte diminution en 2020 par rapport à l'année 2019 (près de 500 000 habitants en 2019 et moins de 100 000 en 2020). Cela s'explique par le fait que les concentrations moyennes annuelles enregistrées sur de nombreux axes sont passées en-dessous du seuil de la valeur limite (40 µg/m³). Ce phénomène aurait été observé également dans la situation « Sans COVID », du fait de l'évolution tendancielle et de l'effet de la météorologie particulièrement dispersive mais il a été accentué par les mesures de restriction d'activité liées à la pandémie.

2.2. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM₁₀.

2.2.1. BILAN DE L'ANNEE 2020

Les niveaux en particules PM₁₀ enregistrent en 2020 une légère diminution des concentrations par rapport à 2019. En situation de fond, la baisse des concentrations de l'année 2020 sont proches de celles observées ces trois dernières années. Elles sont plus importantes sur les axes routiers, notamment sur les axes parisiens et les grands axes.

Le Tableau 2 présente les variations interannuelles moyennes des concentrations PM₁₀ observées ces trois dernières années sur le réseau francilien selon la zone géographique pour les sites de fond et par catégorie de voies routières (Autoroute et Boulevard Périphérique, boulevards parisiens et axes hors Paris). Les baisses observées sur les niveaux de particules PM₁₀ sont faibles depuis 2017 mais sont un peu plus conséquentes entre 2019 et 2020, notamment le long des axes de circulation. L'objectif de cette étude est d'estimer la part spécifique des mesures de restriction des activités liées à la pandémie dans cette diminution.

Evolution de la baisse des concentrations en PM ₁₀				
Moyenne (µg/m ³)		2018 / 2017	2019 / 2018	2020 / 2019
Fond	Paris	0	-1	-1
	Petite couronne	0	0	-2
	Grande couronne	0	-1	-1
	Rurale	1	-1	-1
Trafic	Axes Parisiens	0	-2	-5
	Grands axes	1	0	-6
	Autres axes	-1	-2	-3

Le Tableau 2 : évolution des concentrations en PM₁₀ observée sur le réseau de mesure francilien entre 2018 et 2020

2.2.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN PM₁₀

Comme pour le NO₂, cette évaluation est réalisée à l'aide d'outils de modélisation avec la réalisation de la cartographie des niveaux qui auraient été observés en 2020 s'il n'y avait pas eu la pandémie de Covid-19. La comparaison de cette carte à celle de l'année 2020, à météorologie identique, permet d'estimer l'impact du COVID sur les concentrations moyennes annuelles. La méthodologie est précisée en annexe.

La Figure 23 présente les cartes de la concentration moyenne en PM₁₀ de l'année 2020 en Ile-de-France, avec un zoom sur Paris : à gauche, la carte de la situation réellement observée en 2020, et à droite, la carte de la situation que l'on aurait eu s'il n'y avait pas eu les restrictions d'activités liées à la pandémie de COVID-19.

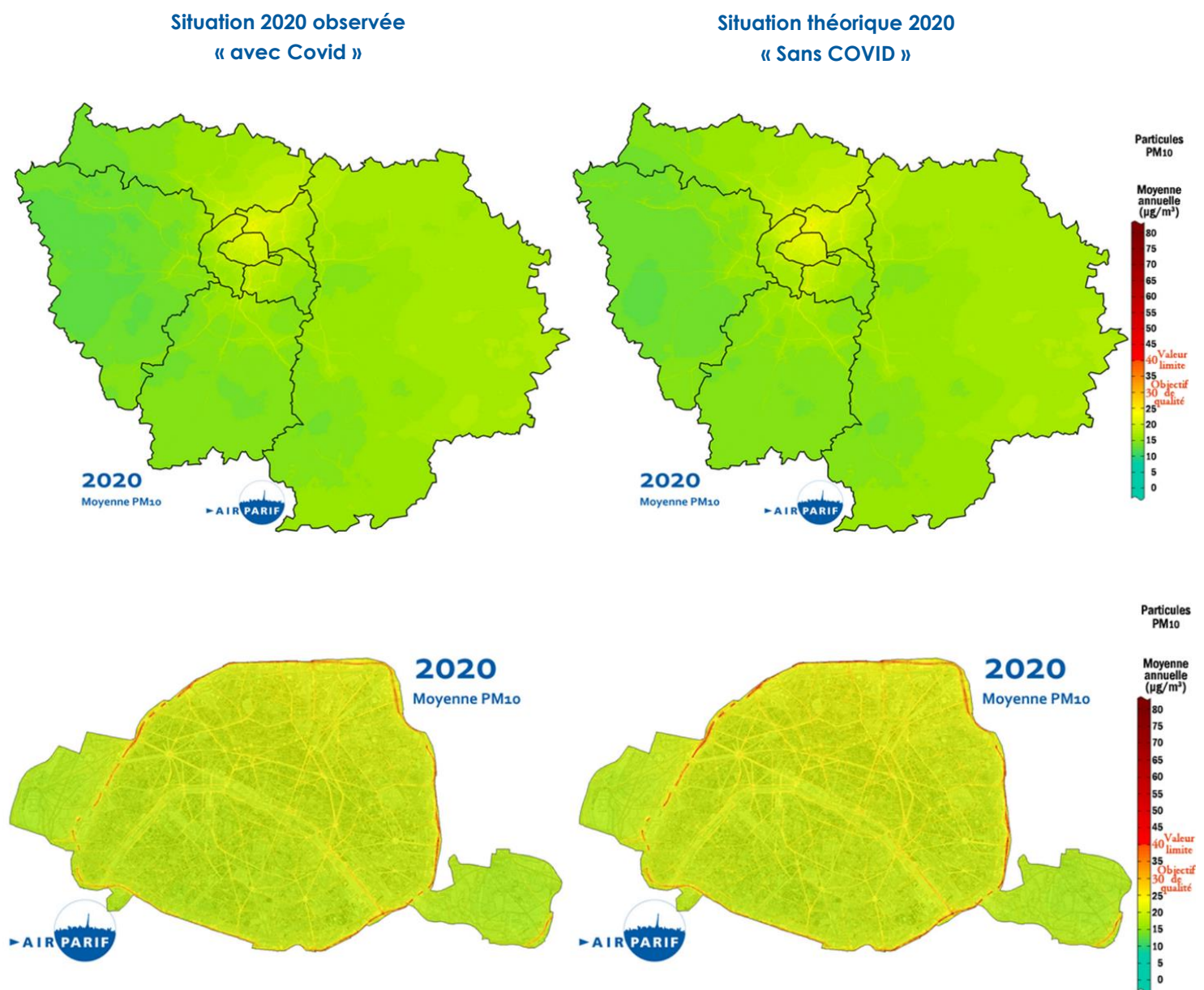


Figure 23 : Concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ de l'année 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris : situation observée, « avec Covid » (à gauche) et situation théorique « Sans COVID » à droite

L'impact de la réduction des activités liées à la pandémie de COVID-19 sur les concentrations moyennes en particules PM₁₀, beaucoup plus faible que pour le NO₂, et n'est pas significatif. Cela s'explique par une plus grande diversité de sources. Le trafic routier représente 17 % des émissions annuelles de particules primaires en Ile-de-France. L'impact de la très forte diminution des émissions de ce secteur, principalement lors du 1^{er} confinement, est donc plus limité que pour les oxydes d'azote (émis à l'échelle annuelle à 53 % par le trafic routier). De plus, les baisses des émissions routières ont été en partie compensées par une augmentation des émissions du secteur résidentiel, notamment du chauffage au bois, par rapport à une situation normale, les franciliens ayant été davantage présents à leur domicile avec les consignes de télétravail et les deux périodes de confinement. Ce secteur représente 35 % des émissions primaires annuelles de particules PM₁₀ en Ile-de-France dont 86% liés au chauffage au bois. Ce phénomène est bien illustré par les concentrations moyennes du carbone suie, qui est un traceur spécifique des particules carbonées issues des sources de combustion. En 2020, on observe une augmentation de la proportion du carbone suie issu de la combustion de la biomasse (traceur du chauffage au bois) par rapport au carbone suie issu du trafic routier. La contribution du chauffage au bois au carbone suie total passe ainsi de 10% habituellement à 15% sur l'année 2020, et de 15 % à 20 % en hiver⁴. Cette augmentation a cependant été limitée par les températures douces en hiver. Enfin, le secteur de l'agriculture, qui contribue pour 18% aux émissions primaires de PM₁₀, n'a pas été concerné par les mesures de restriction liées à la pandémie.

Compte-tenu des faibles écarts de concentration attribués à la restriction des activités liées à la pandémie de la COVID-19, ces mesures ont un impact peu significatif sur le dépassement de la valeur limite annuelle en PM₁₀, qui aurait très probablement été respectée même s'il n'y avait pas eu la pandémie. En revanche, elles ont accentué le nombre de personnes qui ne sont plus exposées à des niveaux au-delà des recommandations journalières de l'OMS.

Les faibles variations de concentration en PM₁₀ suffisent à diminuer la population exposée aux dépassements des recommandations journalières de l'OMS. En 2020, environ 10 % de la population francilienne a été exposée à un dépassement de la recommandation de l'OMS en moyenne annuelle (20 µg/m³). Ce nombre est en nette diminution par rapport à 2019, où ce dépassement concernait plus d'un tiers des franciliens. Cela s'explique par le fait que le niveau de fond est passé en-dessous de 20 µg/m³ en petite couronne. Ce phénomène aurait été observé également dans la situation « Sans COVID », du fait de l'évolution tendancielle et de l'effet de la météorologie particulièrement dispersive. Il a été accentué par les mesures de restriction d'activité liées à la pandémie. **Sans les restrictions d'activité liées à la pandémie de COVID-19, ce dépassement aurait concerné environ 15 % de la population francilienne.**

Concernant la deuxième recommandation de l'OMS pour le PM₁₀ de ne pas dépasser 50 µg/m³ plus de 3 jours par an, près de la moitié des Franciliens étaient toujours exposés en 2020.

⁴ Airparif – Bilan annuel de la qualité de l'air en 2020 Partie 1 – Mai 2021

2.3. IMPACT SUR LES CONCENTRATIONS EN PARTICULES PM_{2.5}

2.3.1. BILAN DE L'ANNEE 2020

Comme les particules PM₁₀, les concentrations en particules PM_{2.5} en 2020 sont légèrement inférieures à l'année 2010, mais les baisses de concentrations sont beaucoup plus limitées que celles observées sur les concentrations en NO₂.

Le Tableau 3 présente les variations interannuelles des concentrations PM_{2.5} observées ces trois dernières années sur le réseau de mesure francilien selon la zone géographique pour les sites de fond et à proximité des grands axes routiers. En 2020, les baisses sont faibles et sont proches de celles observées les deux années précédentes. Elles sont légèrement importantes à Paris. L'objectif de cette étude est d'estimer la part spécifique des mesures de restriction des activités liées à la pandémie dans cette diminution.

Evolution de la baisse des concentrations en PM_{2.5}			
Moyenne (µg/m³)	2018 / 2017	2019 / 2018	2020 / 2019
Paris	0	-1	-3
Petite couronne	0	-1	1
Grande couronne	2	-2	-2
Zone rurale	1	-1	-1
Grands axes	0	-1	-2

Tableau 3 : évolution des concentrations en PM_{2.5} observée sur le réseau de mesure francilien entre 2018 et 2020

2.3.2. IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES CONCENTRATIONS MOYENNES EN PM_{2.5}

La Figure 24 présente les cartes de la concentration moyenne en PM_{2.5} de l'année 2020 en Ile-de-France, avec un zoom sur Paris : à gauche, la carte de la situation observée en 2020, et à droite, la carte de la situation théorique s'il n'y avait pas eu les restrictions d'activités liées à la pandémie de COVID-19.

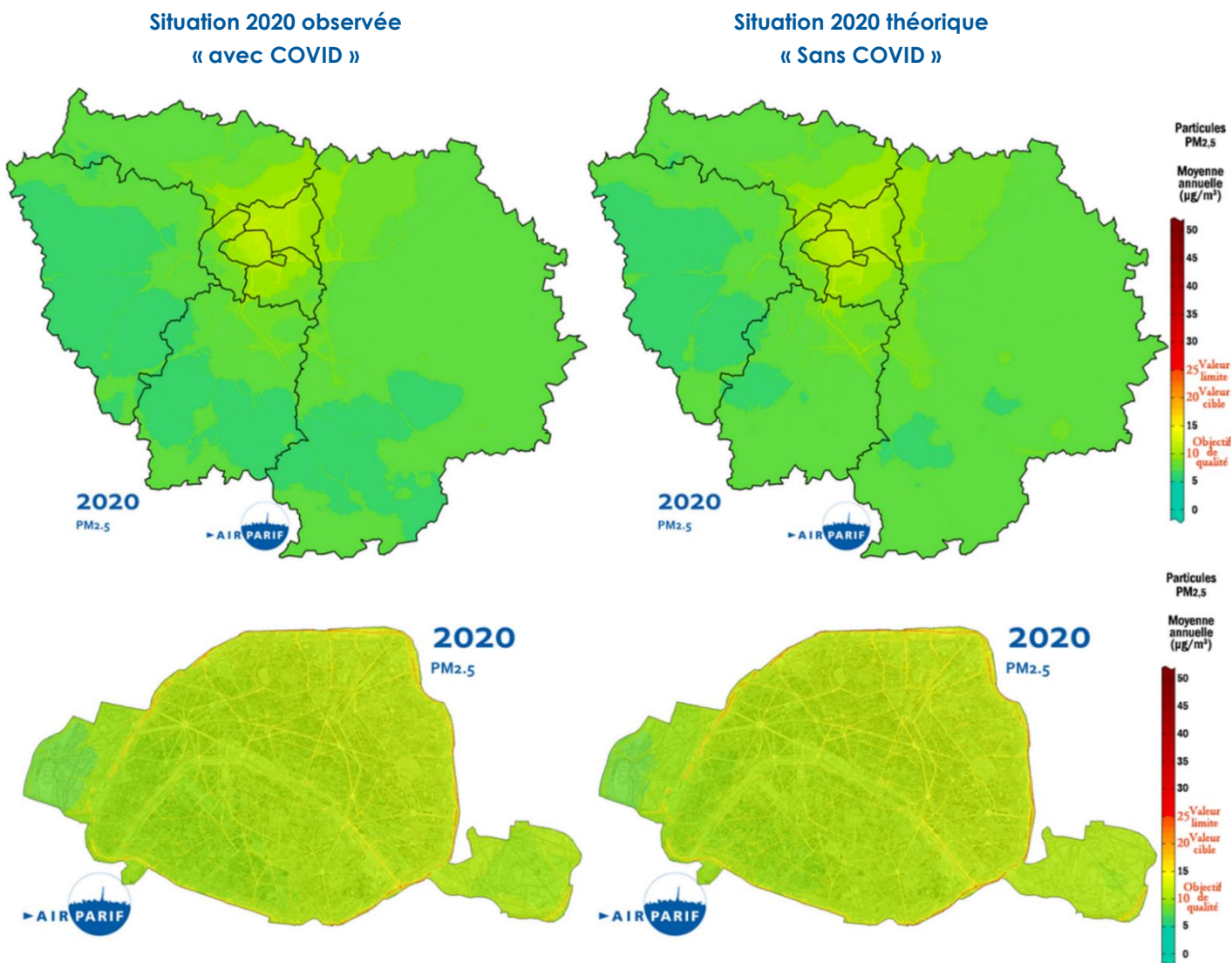


Figure 24 : Concentrations moyennes annuelles de PM_{2.5} de l'année 2020 en Ile-de-France et zoom sur Paris : situation observée « avec Covid » (à gauche) et situation théorique « Sans COVID » à droite

Comme pour les PM₁₀, l'impact de la réduction des activités liées à la pandémie de COVID-19 sur les concentrations en PM_{2.5} est faible, en raison d'une plus grande diversité de sources. De ce fait, l'impact de la très forte diminution des émissions du trafic routier est plus limité que pour les oxydes d'azote, et les baisses des émissions routières ont potentiellement été en partie compensées par une augmentation des émissions du secteur résidentiel, et notamment du chauffage au bois, les franciliens ayant été davantage présents à leur domicile. Ce phénomène est encore plus marqué pour les PM_{2.5}, car le chauffage résidentiel représente 54 % des émissions primaires annuelles de particules (dont 87 % issus du chauffage au bois). Ces augmentations ont cependant été limitées par les températures douces observées en période hivernale.

Compte-tenu des faibles écarts de concentration attribués à la restriction des activités liées à la pandémie de COVID-19, ces mesures n'ont vraisemblablement pas eu d'impact sur le dépassement de la valeur limite annuelle et de la valeur cible en PM_{2.5}, qui auraient été respectées même s'il n'y avait pas eu la pandémie. En revanche, elles ont accentué le nombre de personnes qui ne sont plus exposées à des niveaux au-delà de la recommandation de l'OMS en moyenne annuelle.

Bien que faible, la diminution de concentration observée permet de diminuer de façon importante le nombre de personnes potentiellement exposées au dépassement de l'objectif de qualité (10 µg/m³), qui correspond également à la valeur annuelle recommandée par l'OMS. En 2020, le dépassement de l'objectif de qualité français concerne environ 2,5 millions d'habitants (soit environ 20 % de la population d'Île-de-France). Dans la continuité des baisses observées ces deux dernières années, ce nombre est en nette diminution par rapport à 2019, où ce dépassement concernait environ 6,5 millions de franciliens (soit près de 50 %). Cela s'explique par le fait qu'en 2020, le niveau de fond est passé en-dessous de 10 µg/m³ une grande partie de l'agglomération. Ce phénomène aurait été observé également dans la situation « Sans COVID », du fait de l'évolution tendancielle et de l'effet de la météorologie particulièrement dispersive et a été accentué par les mesures de restriction liées à la pandémie. **La comparaison des cartes de la situation observée et de la carte théorique « Sans COVID » permet d'estimer qu'environ 3 millions de personnes (soit 25 % de la population francilienne) auraient été potentiellement exposées à des niveaux de PM_{2.5} au-delà de l'objectif de qualité s'il n'y avait pas eu les mesures de lutte contre la pandémie, soit 500 000 personnes de plus que dans la situation observée en 2020.**

En revanche, la recommandation de l'OMS au niveau journalier (25 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) **est toujours dépassée en 2020 sur la quasi-totalité de la région Île-de-France.**

CONCLUSION

L'année 2020 a été marquée par une pandémie liée à la Covid-19. Pour freiner la propagation du coronavirus, comme dans de nombreux pays, différentes mesures de restrictions ont été mises en place. Elles ont notamment concerné les deux périodes de confinement dont la première (du 17 mars au 10 mai) a été particulièrement contraignante, et la deuxième (du 30 octobre au 15 décembre), moins stricte, a été suivie d'un couvre-feu jusqu'à la fin de l'année. Entre ces deux périodes, le déconfinement, à partir du 11 mai, a entraîné une reprise progressive des activités, sans toutefois revenir à une activité normale, du fait des recommandations de maintenir le télétravail, du maintien de la fermeture de certains commerces et d'une très forte réduction des voyages internationaux qui a perduré sur l'année.

En 2020, une baisse de la pollution a été constatée par rapport à 2019. Elle est liée à différents paramètres : une baisse tendancielle depuis plusieurs années du fait des mesures de réduction engagées tant localement qu'au niveau national et européen, à laquelle s'ajoutent un impact conjoncturel des mesures de restrictions d'activités mises en place à cause de la pandémie, et le rôle des conditions météorologiques, particulièrement dispersives durant les mois d'hiver. Pour différencier la part de ces différentes contributions, un exercice de modélisation a été réalisé en simulant les concentrations journalières d'une situation théorique « Sans COVID », avec les mêmes conditions météorologiques que celles de 2020. Ces simulations ont été comparées à la situation observée, avec les restrictions « Covid ». La situation réelle a été documentée tout au long de l'année avec les stations de mesure, l'inventaire des émissions, dont le suivi du trafic en temps réel à partir des boucles de comptage de la Ville de Paris et de la DIRIF ou les données du trafic aérien de la DGAC (plateforme survol) et intégrés dans les outils de modélisation.

D'une manière générale, cette évaluation montre un impact plus important du premier confinement sur la qualité de l'air que pour les restrictions suivantes, et un impact plus conséquent sur le dioxyde d'azote que pour les particules.

Impact des différentes phases de restriction des activités sur les concentrations :

Le premier confinement, très contraignant, mis en œuvre entre le 17 mars et le 10 mai 2020 a eu pour conséquence une diminution importante des concentrations en dioxyde d'azote. En moyenne sur l'ensemble de l'agglomération parisienne, les concentrations ont diminué d'environ 25 % en situation de fond (loin de l'influence directe des axes routiers) par rapport à une année « Sans COVID ». Elle est plus marquée sur les axes routiers, en moyenne d'environ -35 %, et pouvant aller jusqu'à -50 % sur certains axes. Cette amélioration de la qualité de l'air touche particulièrement le cœur de l'agglomération et Paris, où la densité d'urbanisation engendre une densité d'émissions habituellement très importante. La diminution des concentrations y est estimée à environ -45 %. Ces diminutions s'expliquent en grande partie par une très forte baisse des émissions liées au trafic routier, qui est responsable de la moitié des émissions annuelles d'oxydes d'azote de la région.

La reprise d'activité **lors du déconfinement, (à partir de la mi-mai)**, a eu pour effet une remontée progressive des concentrations en NO₂ avec des situations contrastées en fonction des zones. Néanmoins, **les niveaux de NO₂ demeurent en-dessous des valeurs de la situation « Sans COVID », mis à part sur des axes comme le Boulevard Périphérique pour lequel les niveaux sont revenus à la normale.** Les concentrations restent en nette diminution dans Paris (environ -30% de baisse par rapport à la situation « Sans COVID »).

Lors du deuxième confinement (période du 30 octobre au 15 décembre), un peu moins contraignant que le premier, la baisse des concentrations de NO₂ par rapport à la situation « Sans COVID » est nettement moins marquée que lors du premier confinement. Dans Paris, l'écart avec la situation « Sans COVID » est évalué à une diminution de l'ordre -20 %. Ces chiffres sont proches de ceux constatés sur la période du 11 mai au 5 juillet. **Ils montrent que le deuxième confinement a bien eu un impact sur la qualité de l'air mais moins important que celui du premier confinement.**

Du fait de la diversité des sources dont certaines n'ont pas été concernées par les restrictions, l'impact du confinement et de la baisse de trafic est moindre pour les particules. Le premier confinement présente l'impact le plus important sur les PM₁₀, avec un écart de concentration inférieur à -10% par rapport à une situation de fond « Sans Covid » et en moyenne de -15% le long des axes routiers parisiens. L'analyse du carbone suie sur cette période traduit bien la baisse de la combustion d'hydrocarbures liée au trafic routier mais aussi **un recours plus important au chauffage au bois**, avec ces concentrations mensuelles de particules issues de la combustion de biomasse supérieures à la moyenne des 3 dernières années. **Pour les particules, PM_{2,5}, les impacts des restrictions ne sont pratiquement pas perceptibles.**

Impact des mesures de restriction des activités sur les concentrations moyennes annuelles :

Sur l'année entière, les restrictions d'activités liées à la crise sanitaire ont entraîné une diminution des concentrations en NO₂ variable suivant la zone géographique : négligeable en grande couronne, l'impact est d'environ - 3 µg/m³ sur les sites de petite couronne. C'est dans Paris que l'impact des restrictions d'activités est le plus visible dans Paris (- 5 µg/m³ en moyenne), où la densité d'urbanisation et la forte activité économique et commerciale engendrent une densité d'émissions habituellement très importante. Au-delà des restrictions locales, la capitale a également été particulièrement touchée par une très forte réduction de l'activité touristique, notamment internationale.

Entre 2019 et 2020, les concentrations moyennes annuelles de NO₂ en situation de fond ont diminué d'environ -30 % dans Paris, dont les 2/3 sont attribuables à la baisse des émissions liées à la crise sanitaire, et 1/3 sont dus aux évolutions tendanciennes et à l'influence des conditions météorologiques particulièrement dispersives, notamment en période hivernale, lorsque les concentrations en NO₂ sont habituellement maximales. En petite couronne, les concentrations moyennes annuelles ont diminué

d'environ -20 %, dont une moitié est attribuable à la baisse des émissions liées à la crise sanitaire et l'autre moitié aux évolutions tendanciennes et à l'influence des conditions météorologiques. En grande couronne, l'impact des restrictions d'activités est négligeable.

Sur l'année entière, l'impact de la restriction des activités liées à la pandémie de COVID-19 sur les concentrations moyennes en particules PM₁₀, est beaucoup plus faible que pour le NO₂. Les valeurs limites auraient vraisemblablement été respectées même sans les restrictions liées à la COVID compte tenu des tendances engagées depuis de nombreuses années et des conditions très dispersives en 2020.

En revanche, même plus limitées, les variations de concentrations en particules liées aux restrictions d'activité imposées par la pandémie de COVID suffisent à accentuer la baisse du nombre de personnes exposées au dépassement des recommandations annuelles de l'OMS observée en 2020. Pour les particules PM₁₀, la proportion de la population exposée à un dépassement de la recommandation annuelle de l'OMS en PM₁₀ passe de 30 % en 2019 à 10 % en 2020. Sans les restrictions d'activité liées à la pandémie de COVID-19, ce dépassement aurait concerné environ 15 % de la population (soit un bénéfice supplémentaire pour près de 500 000 personnes).

Pour les particules fines PM_{2,5}, la proportion de la population exposée à un dépassement de l'objectif de qualité et de la recommandation annuelle de l'OMS (10 µg/m³) passe d'environ 50 % en 2019 à 20 % en 2020. Sans les restrictions d'activité liées à la pandémie de COVID-19, ce dépassement aurait concerné environ 25 % de la population (soit un bénéfice supplémentaire pour près de 500 000 personnes).

S'il est évident que la situation sanitaire vécue en 2020 a été très difficile tant au point de vue sanitaire, qu'économique, les restrictions d'activité ont permis d'illustrer l'impact positif de baisses de trafic d'ampleur sur la qualité de l'air.

ANNEXE : METHODOLOGIE

EVALUATION AU COURS DE L'ANNEE 2020

Afin de mettre en évidence l'impact de la réduction des activités liées à la pandémie de coronavirus sur la qualité de l'air lors des différentes phases de confinement et déconfinement, un exercice théorique de modélisation a été réalisé en simulant les concentrations journalières d'une situation sans mesures de restriction (situation « Sans COVID »), dans les mêmes conditions météorologiques qu'en 2020. Ces simulations ont été comparées à la situation réelle, situation représentée par les cartographies des outils de suivis opérationnels, qui intègrent les observations aux stations et les boucles de comptages de trafic routier en temps réel.

Pour ce faire, une première estimation de l'impact des restrictions d'activité sur les concentrations en fond (loin de l'influence directe des axes routiers) a été réalisée à l'aide de la plateforme de modélisation Esmeralda développée par Airparif, basée sur le modèle Chimère. L'estimation de la baisse des concentrations de fond a été réalisée en comparant les simulations du modèle brut (alimenté par les émissions franciliennes d'un jour normal, qui représente la situation « Sans COVID »), et les simulations du modèle « assimilé », qui prend en compte les observations aux stations de mesure, et reflète donc la baisse des concentrations réellement observées en situation réelle.

Dans un second temps, l'impact des mesures de restriction d'activité sur les concentrations au droit et au voisinage des axes routiers a été estimé en utilisant le système HOR'AIR, qui exploite les sorties du modèle de dispersion ADMS-urban et les mesures du réseau d'Airparif.

Mise en opérationnelle en 2014, cette chaîne de calcul permet de délivrer aux Franciliens une information sur les niveaux de polluants (NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃) en temps réel en tout point de la région heure par heure. Les cartes sont fournies à une résolution d'environ 10 m sur Paris, 25 m sur la petite couronne et 50 m sur la grande couronne.

Cet outil cartographique permet les utilisations suivantes :

- **Suivre l'évolution spatiale et temporelle** des niveaux de pollution heure par heure sur l'ensemble de la région hors et durant les épisodes de pollution : 6 250 000 points de calcul sont utilisés pour cartographier la région ;

- **Réaliser des cartes de pollution** sur une ou plusieurs périodes spécifiques (jour, mois, saison, année, ...)

- **Calculer les dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS** à tous les pas de temps ;

- **Produire des cartes de pollution** prenant en compte des événements particuliers et de visualiser l'impact de mesures locales.

Les cartes de la Figure 25 montrent par exemple l'impact de la Nuit Blanche 2019 pendant laquelle une partie du Boulevard Périphérique parisien était fermée.

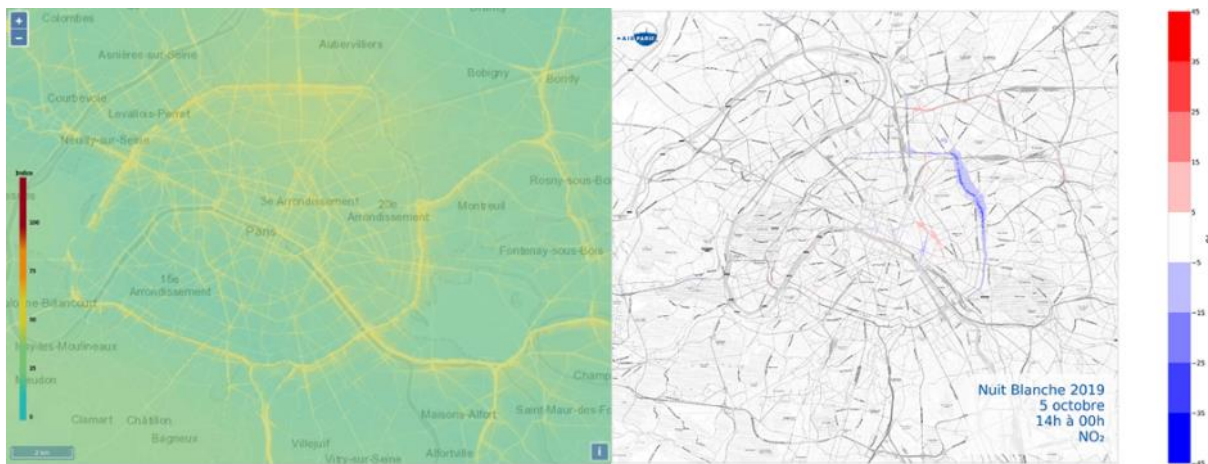


Figure 25 : la carte d'indice de la qualité de l'air Temps Réel pendant l'évènement Nuit Blanche 2019 (gauche) et l'impact de cet évènement sur les niveaux de NO₂ (droite)

De plus amples informations sur ce système de cartographie, sont disponibles sur la page Cartes Temps Réel du site internet d'Airparif à l'adresse suivante :

<https://www.airparif.fr/surveiller-la-pollution/la-pollution-en-direct-en-ile-de-france>

Comme indiqué précédemment, deux simulations ont été réalisées : la situation réelle à partir de la chaîne opérationnelle, qui intègre les comptages de trafic routier en temps réel impactées par le confinement et la situation « Sans COVID » avec les émissions du trafic routier qui aurait été générées si les mesures de restrictions gouvernementales mises en place pour enrayer la pandémie n'avaient pas été mises en place. Pour les deux scénarios, les conditions météorologiques utilisées en entrée du système Cartes temps réel sont identiques. L'écart entre les deux situations permet d'estimer l'impact des mesures de restriction d'activité sur les émissions du trafic routier.

EVALUATION DE L'IMPACT DES RESTRICTIONS D'ACTIVITE SUR LES MOYENNES ANNUELLES 2020

Afin d'évaluer l'impact à l'échelle de l'année 2020, la part tendancielle a été distinguée de la part conjoncturelle dans les tendances observées.

Pour ce faire, une estimation des tendances aux stations de mesure a été réalisée à l'aide de la méthode statistique « Weather Normalization ». Cet outil statistique est une technique d'apprentissage qui vise à découpler les influences de variables explicatives connues (météo, variables temporelles comme le mois, le jour de la semaine et l'heure) du « reste » des influences possibles. Le reste intègre les influences liées aux mesures de confinement.

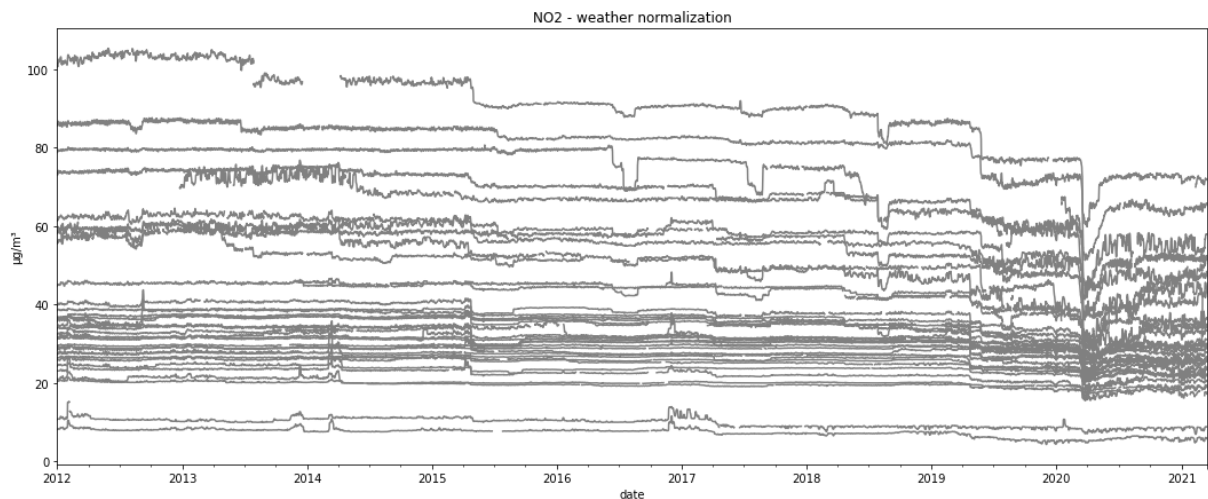
La « weather normalization » se développe de plus en plus dans le milieu de l'énergie, et le milieu de la qualité de l'air suit peu à peu. La technique a été abordée dans un certain nombre d'articles académiques, dont :

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231020307809>
- <https://acp.copernicus.org/articles/18/6223/2018/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971834244X>

Le but est de développer un modèle statistique, qui va lier des variables météorologiques observées à des concentrations observées, et ce à l'échelle horaire. Outre les variables météorologiques, une

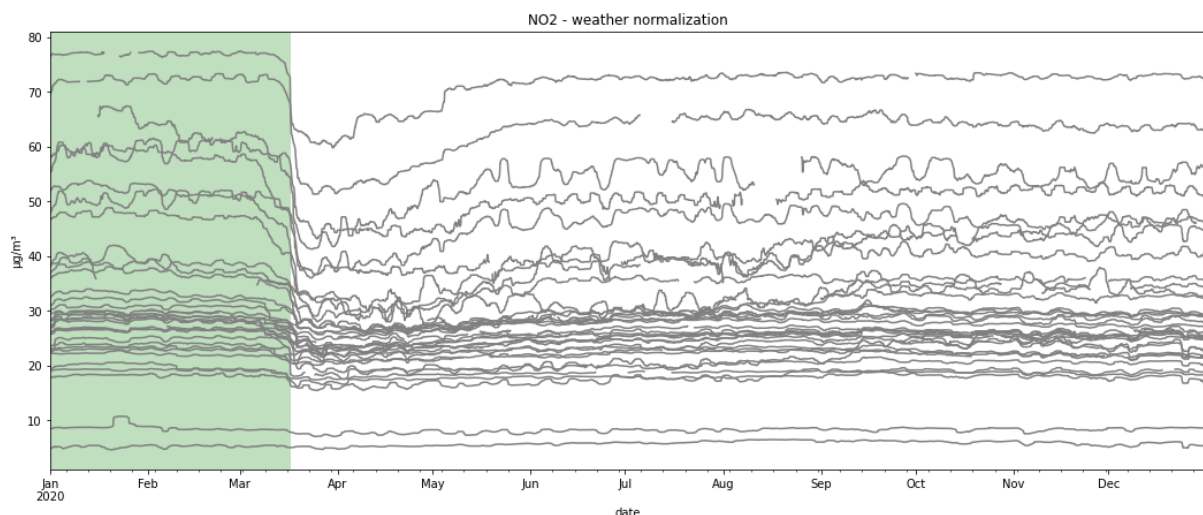
variable tendance est ajoutée, et c'est sur cette variable que le modèle statistique (essentiellement des random-forests dans la littérature, du gradient-boosting a été utilisé dans cette étude) va identifier les biais locaux qu'il n'arrive pas à affecter aux variabilités de la météo. Le but est alors de bâtir un modèle statistique sur une période longue, et de regarder les tendances qui se dessinent, tendances théoriquement débarrassées de l'influence de la météo, du mois, du jour de la semaine, de l'heure. Ce modèle a été appliqué sur l'historique des mesures aux stations du réseau Airparif depuis 2012, afin de dégager l'évolution tendancielle à moyen terme des niveaux de qualité de l'air, débarrassée de l'influence des paramètres météorologiques.

Si l'on prend l'exemple du NO₂, voici les tendances long-terme que l'on peut observer :



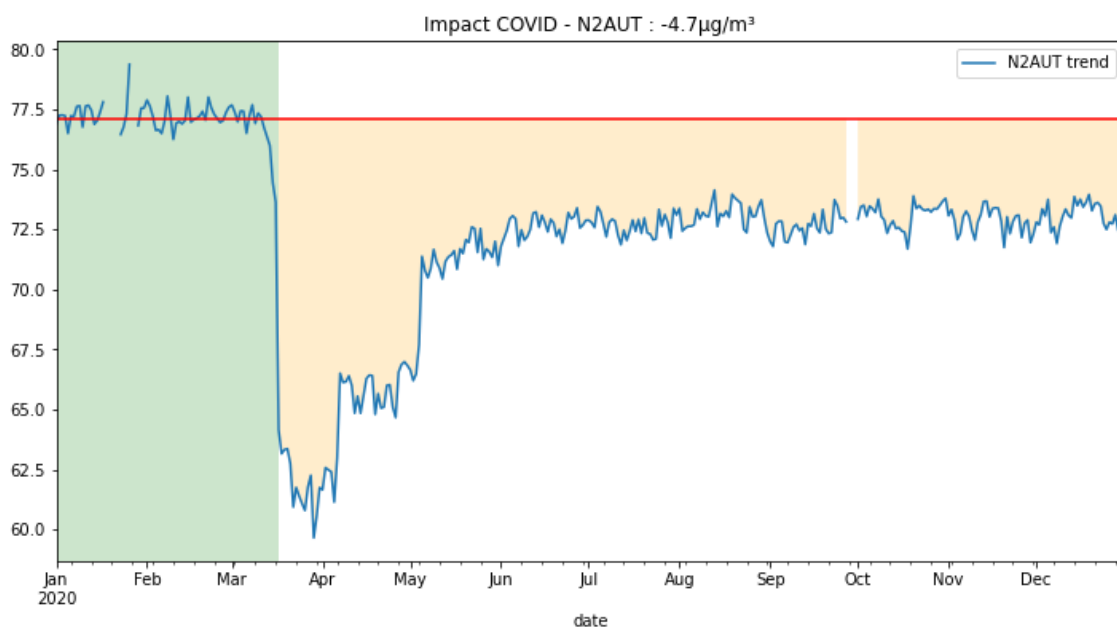
On note que les stations trafic suivent une tendance de décroissance claire (et objectivement chiffrable), tandis que les deux stations de fond régional n'ont que peu, voire pas bougé.

Dans la perspective de l'évaluation de l'impact COVID, si l'on zoome sur 2020 et que l'on met en valeur la zone pré-COVID en vert, on obtient ce graphe :



L'objectif est de déduire le delta entre la situation réelle et une situation hypothétique où le COVID ne serait pas apparu. Pour ce faire, il est fait l'hypothèse que la moyenne sur la période verte est la moyenne annuelle sans COVID (la présence du mois dans les variables explicatives du modèle permet de faire cette hypothèse, renforcée par la platitude des séries temporelles des tendances des deux

stations de fond régional). Cette valeur est présentée en rouge sur le graphe suivant. L'écart-moyen sur la période post-COVID est ensuite calculé, c'est-à-dire l'intégrale de la zone orange sur le graphe.



L'estimation de l'impact COVID aux différentes stations est réalisée en répétant l'opération à chaque station. Cet écart est ensuite appliqué aux simulations annuelles réalisées avec le système Hor' Air.

Cette tendance est appliquée à la carte annuelle réalisée dans le cadre du bilan annuel 2020, calculée à l'aide du système Temps réel et résultant de la compilation des cartes horaires issues de ce système.