



POLLUTION DE L'AIR ET COVID-19

REVUE DES CONNAISSANCES, IMPACT DES MESURES DE CONFINEMENT ET ENJEUX POUR L'ÎLE-DE-FRANCE

La pollution atmosphérique constitue un facteur de fragilisation du poumon et d'altération du système immunitaire favorisant de ce fait les infections respiratoires. Ainsi, se pose légitimement la question du rôle que la pollution atmosphérique peut jouer dans un contexte de pandémie virale, en particulier en Île-de-France où l'exposition chronique aux particules provoque 10 000 décès par an.

Depuis le début de la pandémie de COVID-19, de nombreux scientifiques ont relevé des foyers épidémiques importants dans des régions très polluées. Cela a donné lieu à de multiples hypothèses sur les modes de propagation du virus ou sur les interactions avec les effets de la pollution atmosphérique. Ces hypothèses sont détaillées dans plusieurs dizaines d'articles scientifiques rédigés en plein cœur de la crise, parfois sans passer par les processus de relectures des revues scientifiques.

Ce Focus santé propose au travers d'une analyse critique de cette littérature de détailler les enjeux relatifs à la pollution atmosphérique soulevés par la crise de la COVID-19. Il dresse les enseignements des mesures de confinement en matière de lutte contre la pollution atmosphérique. Enfin, il ouvre une réflexion sur les futures politiques publiques qui devront désormais intégrer le risque infectieux tout en veillant à inclure les enjeux liés aux facteurs environnementaux.

Auteurs : Sabine Host et Célia Colombier
Directrice de publication : Isabelle Grémy

SOMMAIRE

- 2 Introduction
- 3 Facteur aggravant de la maladie
- 5 Vecteur de propagation du virus ?
- 7 Confinement et qualité de l'air
- 10 Bénéfices sanitaires liés à l'amélioration de la qualité de l'air
- 13 Perspectives pour les futures politiques publiques
- 19 Conclusion
- 20 Références

Introduction

La pollution de l'air en Île-de-France constitue un enjeu important de santé publique. En effet, l'exposition aux polluants de l'air favorise les maladies chroniques graves et accroît le risque de décès. En Île-de-France, il a été estimé que l'exposition chronique aux particules était responsable annuellement de plus de 10 000 décès, soit 15 % de la mortalité totale non accidentelle [1].

Depuis le début de la pandémie de COVID-19 en Europe, l'idée que les particules atmosphériques pourraient servir de vecteur au virus est reprise dans de nombreux médias, des scientifiques ayant relevé que des foyers épidémiques importants s'étaient déclarés dans des régions très polluées.

A côté de cela, de nombreux travaux ont montré que la pollution atmosphérique constituait un facteur de fragilisation du poumon et d'altération du système immunitaire favorisant de ce fait les infections respiratoires. Ainsi, se pose légitimement la question du rôle que la pollution atmosphérique peut jouer dans un contexte de pandémie virale, et en particulier celle de la COVID-19, dans notre région.

Le succès de la conférence débat organisée dans le cadre du réseau Île-de-France Santé Environnement (réseau ÎSEE) sur les enjeux posés par la pollution de l'air en période de COVID-19¹ démontre une attente forte en matière d'information sur ce sujet. Cet événement a par ailleurs permis de poser les jalons de la réflexion proposée dans ce Focus santé.

L'objectif de cette publication est de préciser les différents enjeux relatifs à la pollution atmosphérique soulevés par la crise de la COVID-19. Il s'agit notamment, à travers une revue des premières publications scientifiques, de faire le point sur les connaissances concernant la pollution de l'air comme facteur de fragilisation qui favoriserait les formes graves de la maladie, ainsi que sur la question du rôle des particules comme vecteur de transmission du virus.

Ce Focus santé est aussi l'occasion d'analyser les conséquences « inattendues » des mesures de confinement sur la pollution de l'air qui ont largement été relatées par les organismes de surveillance de la qualité de l'air et en particulier par Airparif dans la région Île-de-France. Ces mesures inédites et l'analyse de leurs conséquences permettent de tirer de précieux enseignements en matière de politiques de lutte contre la pollution atmosphérique. Ils font écho aux nombreux travaux d'investigation menés à l'ORS Île-de-France ces dernières années, en matière de qualification des enjeux de santé publique et d'estimations des bénéfices sanitaires de ces politiques.

Compte tenu des enjeux sanitaires importants de la pollution de l'air en Île-de-France, il est apparu non seulement opportun de préciser les différentes composantes de cette problématique vis-à-vis de la crise actuelle mais aussi d'engager une réflexion sur les liens étroits des réponses à apporter d'une part, au risque épidémique et d'autre part, à la nécessité d'améliorer la qualité de l'air. Ainsi, cette publication interroge sur les futures politiques publiques au travers de différents exemples.

Pour les aspects de connaissances générales de ce Focus santé, le travail a été réalisé en collaboration avec Santé publique France dans le cadre du programme de surveillance air et santé.

¹ Débat-confÎSEE #1 « Pollution de l'air & COVID-19 » <http://www.ile-de-france.prse.fr/debats-conf-isee-r95.html>

L'exposition à la pollution de l'air comme facteur aggravant de la maladie

L'existence d'effets de la pollution atmosphérique sur la mortalité ou la morbidité, établie dans de nombreuses études épidémiologiques, n'est plus à démontrer. Ces effets sanitaires sont observés pour des niveaux d'exposition couramment rencontrés dans la région. La pollution de l'air contribue ainsi à 15 % de la mortalité en Île-de-France, équivalent à 10 000 décès par an du fait de l'exposition chronique aux particules fines. Les conséquences en matière de contribution aux maladies chroniques sont également très importantes [2].

Dans le cadre de la pandémie de COVID-19, des taux de mortalité variables d'une région du monde à l'autre, interrogent sur les facteurs de risques. Cela est notamment illustré par des taux particulièrement élevés enregistrés en Italie du nord au démarrage de l'épidémie.

Les principales explications évoquées sont d'une part, des taux de diagnostics et de remontées des cas hétérogènes selon les pays, et d'autre part, des taux de population âgée, variables selon les pays [3]. À côté de cela, l'hypothèse d'un rôle de la pollution atmosphérique a également été investiguée. À ce titre, plusieurs publications scientifiques explorent les liens entre exposition à la pollution atmosphérique et risque de décès, suspectant un rôle de la pollution dans la fragilisation des poumons face au virus et dans la gravité de la COVID-19. Ces travaux sont analysés ci-après.

Un rôle possible de l'exposition aux pollens

La crise est intervenue au printemps, au moment de la libération des pollens. Une étude a montré des liens entre exposition aux pollens et survenue d'infections respiratoires selon des modes d'action similaires à ceux de la pollution atmosphérique. Une récente publication française, sans lien avec la crise de la COVID-19, permet de préciser ces éléments [4]. Cette co-exposition a pu également jouer un rôle d'exacerbation des symptômes de la COVID-19 chez les allergiques. Mais cela doit encore faire l'objet de recherches. A ce jour, aucune publication n'a, à notre connaissance, investigué cette hypothèse.

Une fragilisation du poumon et une altération des défenses immunitaires

De multiples travaux ont mis en évidence une action pro-inflammatoire et oxydative des particules atmosphériques au niveau de l'appareil respiratoire et du reste de l'organisme, avec pour conséquence un affaiblissement du système immunitaire [5,6]. Ainsi plusieurs hypothèses peuvent être formulées vis-à-vis du virus de la COVID-19 (SARS-CoV-2)² :

- le stress respiratoire chez les personnes infectées par le SARS-CoV-2 pourrait être influencé par cette fragilisation préalable due à la pollution, et aggraver l'infection ;
- les patients souffrant de maladies pulmonaires et cardiaques chroniques causées ou aggravées par une exposition de longue durée à la pollution de l'air sont moins capables de lutter contre les infections pulmonaires et risquent davantage de décéder [7]. C'est très probablement aussi le cas pour la COVID-19.

Une hausse des cas de COVID-19 et des risques de décès plus élevés dans les régions les plus polluées

Des travaux menés en Chine à la suite de l'épidémie de SRAS³ en 2003 révèlent que les patients chinois vivant dans des zones fortement polluées avaient eu deux fois plus de risques de mourir du SRAS que ceux de régions peu polluées [8].

Concernant la crise actuelle, des études récentes (mais non encore revues par les pairs pour certaines) viennent corroborer ces hypothèses. Elles montrent en effet que, dans des régions plus polluées, le risque de décès de la COVID-19 est plus élevé. Les niveaux de pollution ont été estimés à partir des niveaux mesurés au cours des cinq années précédant la pandémie et permettaient d'approcher l'exposition chronique des populations. Ainsi, aux États-Unis, Wu et al. [9]^{*} ont montré, avec des données sur les décès liés à la COVID-19 recueillies dans plus de 3 000 comtés (représentant 98 % de la population), qu'une augmentation de 1 µg/m³ des niveaux de PM_{2,5} d'un comté à l'autre, était associée à une élévation de 8 % [2 % -15 %] du taux de mortalité lié à la COVID-19.

² Acronyme anglais de Severe Acute Respiratory Syndrome coronavirus 2, est le sigle du coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère

³ Le SRAS (syndrome respiratoire aigu sévère) est la première maladie grave et transmissible à émerger en ce XXI^e siècle. L'épidémie, partie de Chine fin 2002, a éclaté au niveau mondial en 2003 faisant plus de 8 000 cas et près de 800 morts. Grâce à une mobilisation internationale sans précédent, motivée par l'alerte mondiale déclenchée le 12 mars 2003 par l'OMS, l'épidémie a pu être endiguée par des mesures d'isolement et de quarantaine. De même, l'agent causal du SRAS, un coronavirus inconnu jusqu'alors, a pu être rapidement identifié.

^{*} Etudes non revues par les pairs

Une autre étude américaine [10]* a montré également une élévation du taux de mortalité lié à la COVID-19 de 11,2 % [3 % - 19 %] en lien avec une augmentation de 8,7 µg/m³ du niveau de dioxyde d'azote (NO₂). Dans ces deux études, de nombreux cofacteurs tels que, entre autres, la densité de population, les données sociodémographiques, le taux d'obésité, les mesures de confinement ou encore les capacités hospitalières ont été pris en considération. Une étude portant sur 324 villes en Chine [11]*, a constaté qu'une augmentation de 10 µg/m³ de NO₂ conduisait à 22 % [7 % - 40 %] de cas de COVID-19 en plus, tandis que la même augmentation de PM_{2,5} conduisait à une hausse de 15 % [6 % - 26 %] des cas de COVID-19. Cette étude prenait également en compte certains facteurs comme le niveau socio-économique, les taux des plus de 65 ans ou encore l'intensité des déplacements. Andrée *et al.* ont montré aux Pays-Bas un doublement des cas lorsque l'on passait de 10 µg/m³ à 12 µg/m³ de PM_{2,5} [12]*. Cette étude prenait en compte divers facteurs tels que la densité de population, les taux de pathologies chroniques, le tabagisme, la composition des ménages, etc. Une autre étude néerlandaise a montré une augmentation de 13 % des cas de COVID-19 en lien avec une élévation du niveau d'exposition chronique aux particules de 1 µg/m³ [13]. Là encore, de nombreux facteurs de confusion étaient pris en considération.

Des limites d'interprétation de ces résultats

Ces études plaident en faveur d'une association entre exposition chronique à la pollution de l'air et risque accru de survenue de cas de COVID-19 et de ses formes graves. Même si elles invitent fortement à considérer cet enjeu, elles ne peuvent à elles seules démontrer un lien de causalité du fait d'importantes limites. En effet, ces travaux nécessitent une analyse critique de la question posée et une prise en compte des limites des méthodes [14]. Ainsi, leurs résultats doivent être interprétés avec précaution [15].

En particulier, ces analyses reposent sur des cas identifiés, or d'une part, certains cas sont asymptomatiques, et d'autre part, le taux de dépistage est variable d'une région à l'autre et évolue dans le temps selon la disponibilité des tests. Une limite importante de ces travaux est par ailleurs inhérente à l'approche écologique qui mobilise des données groupées (nombre de cas par région) et estime des expositions à de grandes résolutions spatiales. Ainsi, les valeurs moyennes estimées atténuent les contrastes d'exposition des populations comparées. De plus, les diverses caractéristiques des populations comparées varient parallèlement. Il est ainsi difficile d'isoler l'effet propre des différents facteurs

dont celui constitué par la pollution de l'air. Si certains travaux intègrent dans leurs modèles d'analyse des facteurs de confusion⁴, tels que l'agglomération des cas, l'accès aux services de santé, les mesures de distanciation physique ou au contraire de regroupement, ainsi que certaines caractéristiques individuelles (maladies chroniques préexistantes, âge, statut socioéconomique, etc.), d'autres se contentent d'établir de « simples » corrélations comme par exemple les travaux de Ogen *et al.* ou encore ceux de Travaglio *et al.* [16*, 17*]. Ces derniers sont d'autant plus délicats à interpréter. Des analyses de sensibilité mobilisant des stratégies d'analyses statistiques ou méthodes d'introduction des paramètres alternatives permettent de mieux appréhender la robustesse de ces travaux [9].

Une influence des expositions à court terme aussi à considérer

Plusieurs études observationnelles ont évalué l'association entre le nombre de cas quotidiens de COVID-19 en Chine et l'exposition journalière aux polluants atmosphériques et ont montré des associations statistiquement significatives [18*, 19*-20*]. Par exemple, Zhu *et al.* indiquent qu'une élévation de 10 µg/m³ du niveau de particules fines (PM_{2,5}) sur une période de 14 jours entraîne une augmentation des cas diagnostiqués de COVID-19 de 2,2 % [1,0 % - 3,5 %] [20]. Les effets à court terme de la pollution atmosphérique sur le recours au soin ou sur la mortalité ne sont plus à démontrer comme mis en évidence dans l'agglomération parisienne par le programme Erpurs⁵. Ainsi, même à court terme la pollution atmosphérique serait susceptible de favoriser l'infection par le SARS-CoV-2 du fait de son action délétère sur le poumon.

Le programme Erpurs

Né au début des années 1990 et piloté par l'ORS, Erpurs a permis de montrer les liens existant entre pollution atmosphérique et santé dans la région et a confirmé que les niveaux actuels constituaient encore une atteinte à la santé des Franciliens [21].

⁴ Un facteur de confusion est un facteur qui perturbe l'association entre l'exposition étudiée et la maladie. Une variable est un facteur de confusion si elle est liée à l'exposition étudiée et si elle est associée à la maladie chez les non-exposés. Il est possible de contrôler un facteur de confusion au niveau de l'analyse.

⁵ Évaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé

Perspectives

De nombreux travaux relatifs à des données issues de plusieurs régions du monde et mobilisant différentes méthodes ont été publiés. La convergence des résultats constitue un des critères de causalité bien que non suffisant. Cela plaide en faveur de la prise en compte de la pollution de l'air dans les mesures de lutte contre

l'épidémie. Afin d'étayer ces hypothèses, il apparaît donc utile de poursuivre ces recherches [22]. Dans cette optique, des travaux visant à étudier le lien entre l'exposition à long terme à la pollution de l'air extérieur et le risque de décès et d'hospitalisation pour COVID-19 en France sont envisagés par Santé publique France [23].

La pollution particulaire : un vecteur de propagation du virus ?

Dans la lutte contre la propagation du virus, le respect de la distance d'un mètre entre les individus constitue un des gestes barrières importants, considérant un mode de transmission par projection de gouttelettes chargées de virus. Ces gouttelettes peuvent-elle rester dans l'air, favorisant une transmission du virus par voie aérienne, dans quel contexte ? La pollution particulaire peut-elle favoriser le transport du virus ? Cette partie examine en détail ces deux questionnements.

Propagation du virus dans l'air extérieur, quel rôle des polluants particuliers ?

Plusieurs articles scientifiques rapportent que les polluants particuliers, ou particules en suspension⁶, ont pu jouer un rôle dans la transmission de maladies infectieuses telles que la grippe aviaire et le SRAS [24,25]. Toutefois, le rôle de ces particules dans la transmission de la COVID-19 et dans la durée de vie du virus n'a pas encore été suffisamment élucidé.

Le virus peut rester viable dans les aérosols pendant plusieurs heures mais sa capacité à infecter est encore à investiguer

Dans un article du New England Journal of Medicine daté d'avril 2020, van Doremalen *et al.* [26] comparent la viabilité de SARS-CoV-2 (virus de la COVID-19) et SRAS-CoV-1 (le virus du SRAS). Selon leurs résultats, la transmission de la COVID-19 par aérosols est plausible, puisque le virus peut rester viable dans les aérosols pendant des heures et sur des surfaces jusqu'à des jours, en fonction de la quantité de virus répandue. Toutefois, la présence d'ARN⁷ viral ne signifie pas que le virus soit encore en assez bon état pour infecter les humains. Le principe de formation de cet aérosol est précisé dans l'encadré ci-après.

Dans ce contexte, les polluants particuliers, peuvent-ils jouer un rôle dans la transmission du virus en favorisant son transport ? Plusieurs hypothèses ont été émises, notamment par la société italienne des aérosols (IASII) à date du 20 mars [27] suite à une première étude italienne parue le 17 mars [28]. L'adsorption du virus sur les polluants particuliers pourrait d'une part, contribuer à la diffusion à distance du virus et d'autre part, favoriser la pénétration du virus plus profondément au sein de l'appareil respiratoire. Se pose la question de la viabilité du virus dans cette circonstance.

Principe de formation d'aérosols viraux et propagation dans l'air

Lorsqu'une personne respire, parle, tousse ou éternue, des gouttelettes sont générées par les forces de cisaillement ou de déstabilisation des fluides recouvrant l'appareil respiratoire. Les gouttes émises contiennent tous les éléments présents dans le mucus ou la salive, principalement de l'eau, des substances minérales, des substances organiques et potentiellement des virus si la personne est infectée.

En l'absence de masque, les gouttes les plus grosses vont se déposer sur les surfaces à proximité immédiate de l'émetteur tandis que celles de diamètre plus faible sont emportées dans le flux d'air qui se mélange à l'air ambiant, ce qui provoque l'évaporation rapide de l'eau et laisse en suspension un résidu sec formé des éléments non volatils présents dans la goutte initiale. Ces particules peuvent rester dans l'air en suspension.

⁶ Le terme « particules » est une expression générique qui désigne un mélange de polluants solides et/ou liquides en suspension dans un milieu gazeux. Les particules sont aussi appelées « aérosols », notion qui inclut à la fois les particules et le gaz dans lequel elles se trouvent en suspension.

⁷ Le coronavirus est un virus à ARN (acide ribonucléique), une molécule proche de l'ADN qui porte les différents gènes du virus et qui lui permet de se dupliquer. Le principe des tests virologiques est basé sur la détection de la présence d'ARN viral.

L'hypothèse que certaines conditions météorologiques, comme une température basse et une humidité élevée, puissent créer un environnement qui favorise la survie du virus n'est pas exclue. Ces conditions qui, généralement, coïncident avec une situation de stabilité atmosphérique intense, favorisent la formation de particules secondaires et l'augmentation de la concentration de particules.

À ce jour, il n'y a pas de données scientifiques probantes permettant de dire que le virus peut être transporté par des polluants particulaires

Si la co-variation temporelle entre mauvaises conditions de circulation de l'air, formation d'aérosols secondaires, accumulation de particules dans l'air et la propagation du virus a pu conduire à l'élaboration de ces hypothèses, cela ne doit pas être confondu avec une relation de cause à effet. Des recherches sur les questions de l'adsorption, la survie et le comportement du virus sur la surface des particules sont nécessaires pour aider à comprendre le rôle des particules dans la transmission de la COVID-19, notamment en termes de viabilité et d'infectivité du virus.

A ce titre, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) précise, dans son avis rendu le 8 avril 2020 [29], qu'en l'état actuel des données de la littérature, nous ne possédons pas de données scientifiques probantes permettant de dire que le virus peut être transporté par des polluants particulaires.

En revanche, cet avis confirme que la transmission par aérosol ne peut être exclue. Cette voie de transmission, plausible en milieu clos (voir § suivant pour plus de précisions), apparaît peu probable dans l'environnement extérieur ainsi que dans les environnements clos de grand volume, compte tenu de la dilution des aérosols viraux.

Aérosols viraux du SARS-CoV-2 et environnements intérieurs

Comme détaillé dans l'encadré précédent, les aérosols viraux sont susceptibles de se former indépendamment de la présence de polluants particulaires. Dans son avis du 8 avril, le HCSP, précise les principaux enseignements des études, encore en nombre limité, sur la dissémination et la persistance du SARS-CoV-2 dans l'air intérieur sous forme d'aérosol de fines particules (inférieures à 5 µm), généré par un patient porteur du virus dans ses voies aériennes [29]. Ainsi, l'ARN viral du SARS-CoV-2 est détecté dans des prélèvements d'air de locaux abritant des patients infectés par le virus de la COVID-19. Cette détection par l'intermédiaire de l'ARN viral souligne la dispersion et la persistance du virus sous forme de fines particules en suspension dans l'air.

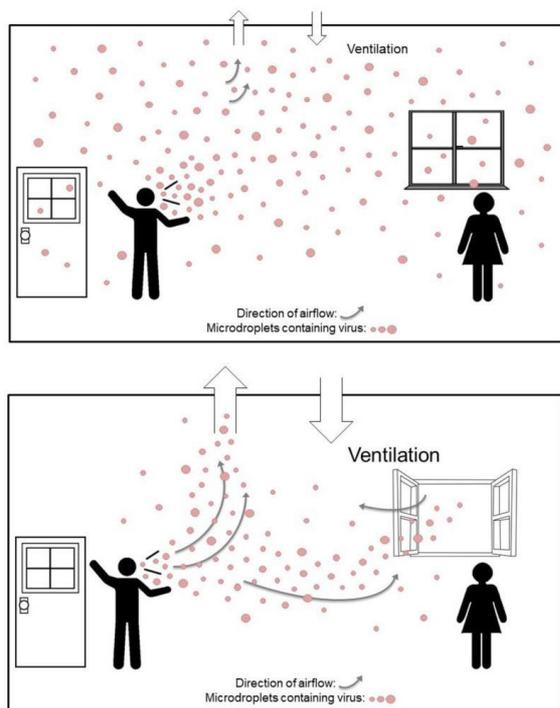
Toutefois, la présence d'ARN viral dans l'air ne signifie pas la présence d'un virus viable infectant, dont on ne connaît pas, par ailleurs, la dose infectante au contact des muqueuses. La demi-vie d'élimination du virus d'environ 1,1 heure, sur des particules fines en suspension dans l'air générées expérimentalement, souligne la réduction rapide de l'infectiosité virale dans les aérosols. Toutefois, l'expérimentation de Fears *et al.* [30] suggère que l'infectiosité du SARS-CoV-2 peut se maintenir plusieurs heures dans des aérosols en milieu clos. À noter également que la charge virale dans les prélèvements naso-pharyngés diminue rapidement au cours du temps et que la production de virus par les patients infectés ou asymptomatiques est très variable d'un sujet à l'autre et impacte l'efficacité de la transmission.

Une transmission par voie aérienne ne peut être exclue, en particulier en milieu clos

Ainsi, le HCSP a estimé qu'on ne pouvait pas exclure une transmission par aérosol en milieu clos de soins, comme une chambre de patient infecté et excréteur, ni dans les environnements intérieurs clos, confinés, mal aérés ou insuffisamment ventilés.

Ultérieurement à cet avis (juillet 2020), un appel de 239 scientifiques dans une lettre ouverte adressée à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [31], exhortait à considérer la voie de transmission du virus par l'air dont les risques sont particulièrement prégnants dans les milieux clos (voir Figure 1).

Figure 1 : Dispersion d'aérosols viraux avec une ventilation adaptée (a) et une ventilation insuffisante (b)



Source : Article de Morawska et al. [31]

L'OMS a depuis reconnu l'émergence de preuves dans ce domaine et ses implications en matière de mesures préventives dont le port du masque ou encore l'aération des lieux clos [32].

Le HCSP a alors émis un nouvel avis actualisant les connaissances scientifiques sur la transmission du virus SARS-CoV-2 par aérosols ainsi que ces recommandations sanitaires [33]. Cet avis recense notamment l'émergence de foyers de contaminations identifiés majoritairement dans des lieux clos tels que les restaurants, les paquebots, les transports en commun, les lieux de répétition de chant choral, les usines de conditionnement de viande, etc. L'analyse de ces situations a permis d'identifier trois conditions favorables : relatives à la ventilation et aux flux d'air, l'atmosphère (basse température, humidité) et enfin aux activités et efforts physiques pratiqués au sein des espaces clos. Ainsi, le HCSP recommande dans tous les lieux clos publics et privés collectifs, le port d'un masque grand public ainsi que des méthodes de prévention spécifiques dans les milieux professionnels propices à la transmission du virus.

Un impact sans précédent des mesures de confinement sur la qualité de l'air

Un impact inédit à l'échelle mondiale

Des baisses de concentrations des polluants atmosphériques ont été enregistrées partout en France et dans le monde [34]. De nombreuses publications font état des impacts très importants des mesures de confinement sur la qualité de l'air, en particulier en Chine [35] mais aussi aux États-Unis [36] et en Europe [37]. Grâce aux données satellitaires, une vision mondiale de cet effet a pu être observée [38,39].

Par ailleurs, Atmo France a annoncé, dans son communiqué du 21 avril 2020, une baisse des concentrations moyennes journalières en oxydes d'azote⁸ (NOx) proches des axes routiers de 50 % à 70 % dans les grandes agglomérations françaises sur le mois de mars 2020, conséquence de la mise en place des mesures de confinement [40]. L'Île-de-France ne fait pas exception.

La situation en Île-de-France

Une chute des émissions des polluants liés au trafic

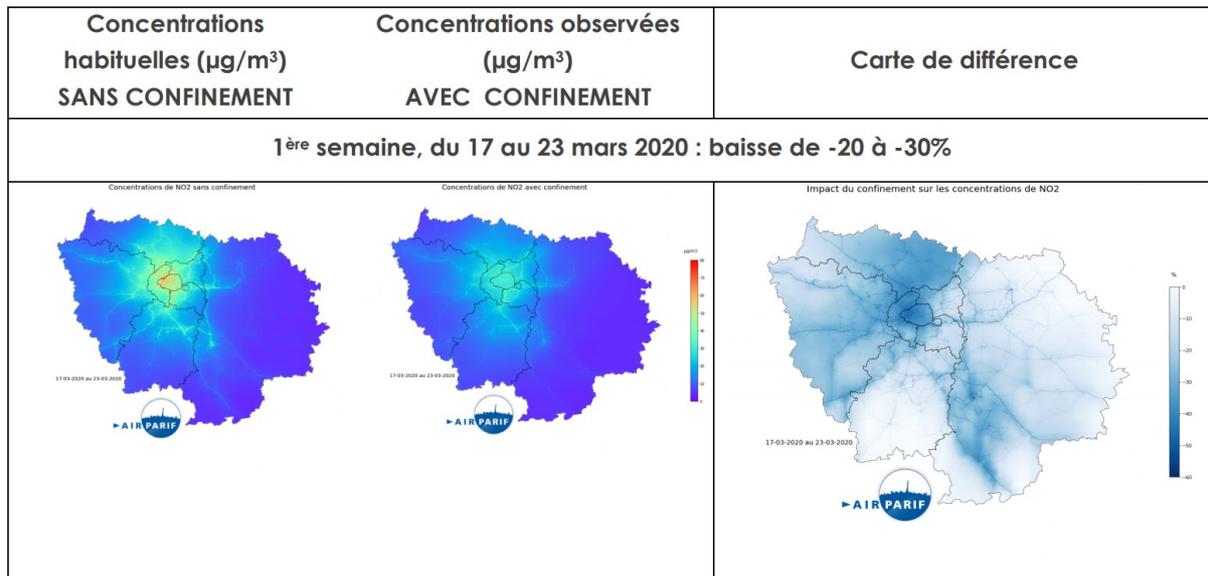
Les concentrations de NO₂ ont été marquées par une baisse sans précédent dans l'histoire de la surveillance de la qualité de l'air et en particulier à proximité des axes routiers. Selon les conclusions de l'évaluation de l'impact du confinement sur la qualité de l'air menée par Airparif, les concentrations moyennes ont chuté de 20 à 35 % selon les semaines et jusqu'à 50 % le long des axes à fort trafic routier [41].

[Des baisses historiques des concentrations en oxydes d'azote ont été enregistrées par Airparif pendant le confinement](#)

Par ailleurs, Airparif a pu analyser la fraction la plus fine appelée « particules ultrafines », de taille inférieure à

⁸ Les oxydes d'azote regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂).

Figure 2 Comparaison des niveaux de NO₂ entre une situation normale et la première semaine d'application du confinement avec des conditions météorologiques comparables (source : Airparif [41])



100 nanomètres et liée principalement aux phénomènes de combustion. Les baisses de concentrations concernant ce polluant ont été également particulièrement marquées, de l'ordre de 30 %. Pour les particules les plus fines (< 20 nm), la baisse était même encore plus importante, de l'ordre de 50 % [42].

Cette situation a ainsi apporté des enseignements précieux sur le comportement de ces polluants non encore réglementés mais dont les effets sanitaires sont de plus en plus documentés [43]. Elle pointe la contribution importante du trafic routier. Cela renforce l'intérêt de sa surveillance dont la première station de référence est opérée dans l'agglomération parisienne par Airparif depuis quelques mois.

Une persistance des émissions liées au chauffage au bois et aux épandages agricoles

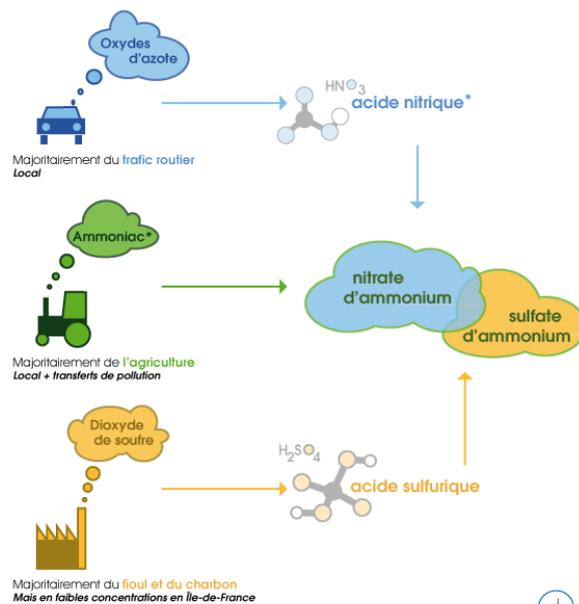
En ce qui concerne les autres polluants issus de sources plus diversifiées et plus influencés par les conditions météorologiques, les baisses apparaissent moins significatives. C'est le cas notamment pour les particules, du fait de l'importance des sources autres que le trafic routier telles que les épandages agricoles et le chauffage au bois. En effet, les émissions liées aux épandages agricoles printaniers (fumier/lisier et engrais azotés) étaient à leur niveau habituel (voire plus élevé que la moyenne compte tenu de la période). La même tendance a été observée pour le chauffage, utilisé en particulier au début de la période de confinement [41].

De plus, bien que le trafic routier ait été drastiquement réduit, il n'a pas été totalement absent, ce qui a contribué au maintien d'une pollution de fond alimentée par

les émissions d'autres secteurs. En effet, les émissions industrielles ont diminué de manière plus ou moins marquée selon les secteurs d'activité, mais ont persisté [44].

L'importation de pollutions transfrontalières provenant par exemple des épandages agricoles, des feux de biomasse, des émissions industrielles, des émissions maritimes ou même des poussières sahariennes a également perduré [44].

Figure 3 : Schéma illustrant la formation des particules secondaires



* composés sur lesquels des actions de réduction sont à privilégier

Source : Airparif

Enfin, certains phénomènes météorologiques ont ponctuellement favorisé une élévation des niveaux de pollution. À ce titre, l'ensoleillement, une hausse des températures ou l'absence de vent sont des conditions météorologiques qui favorisent la transformation atmosphérique des gaz en particules dites secondaires, telles que les nitrates ou les sulfates d'ammonium, impactant ainsi la qualité de l'air (voir Figure 3).

Cela met en lumière l'importance de ces sources et la nécessité d'agir non seulement sur la réduction du trafic routier mais aussi les autres secteurs comme le chauffage domestique et l'agriculture avec une meilleure maîtrise des émissions liée aux épandages agricoles comme le confirme les travaux d'Airparif sur l'origine des particules en Île-de-France (voir encadré).

Origine de la pollution particulaire en Île-de-France

Le chauffage résidentiel, et plus particulièrement le chauffage au bois, est le plus gros contributeur de particules primaires en Île-de-France. Le trafic routier vient en second. Les particules secondaires, et notamment les composés inorganiques secondaires, contribuent également aux niveaux de PM_{2,5} mesurés à proximité du trafic, pour environ 26 %. Les précurseurs de ces composés, en particulier pour le nitrate d'ammonium, sont émis majoritairement par l'agriculture (ammoniac) et le trafic routier (oxydes d'azote) tel qu'illustré par la figure 2 [45].

Quelles traductions en matière d'expositions des populations ?

À proximité du trafic routier

Globalement, ces baisses de polluants atmosphériques se traduisent par une réduction des expositions individuelles. Ces baisses sont particulièrement importantes à proximité des axes à fort trafic routier et en particulier dans les agglomérations [46]. Ainsi, les mesures de confinement ont été particulièrement favorables aux populations riveraines de ces axes. Les expositions à proximité du trafic routier constituent un enjeu particulièrement important en Île-de-France comme de nombreux travaux de l'ORS et d'Airparif l'ont déjà montré [47,48].

Enjeux liés à l'air intérieur : un « rester chez soi » à ne pas confondre avec « confinement »

Les enjeux sanitaires des expositions aux polluants de l'air intérieur, en milieu domestique, sont également à considérer. Ils sont d'autant plus importants dans des conditions de logement dégradées. Ces enjeux, non négligeables en temps normal, ont été particulièrement prégnants en période de « rester chez soi », abusivement appelée « confinement ».

L'usage du mot « confinement » crée une ambiguïté vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur

C'est pourquoi, des associations telles que l'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA) ont accentué leur communication sur les gestes contribuant à un bon air chez soi pendant cette période [49]. Cette nécessité de communiquer a, en effet, été exacerbée par l'usage du mot « confinement », péjoratif dans le sens de la qualité de l'air intérieur, d'où la nécessité du rappel des vertus de l'aération dans ce contexte.

Les conditions de logement ont également pu jouer un rôle dans la transmission du virus, notamment dans des situations de suroccupation des logements. Cette question fondamentale n'est pas traitée ici de manière plus détaillée mais illustre encore une fois l'imbrication des enjeux de santé environnementale et des enjeux de l'épidémie de COVID-19.

De plus, dans le contexte de cette pandémie, l'utilisation des produits de nettoyage et de désinfection se massifie, ce qui pose question. En effet, de nombreux travaux ont montré que l'usage de certains produits ménagers, et en particulier l'eau de javel, étaient préjudiciables à la qualité de l'air intérieur et constituait un facteur de risque de maladie, d'asthme en particulier [50]. Dans ce sens, cette crise a pu contribuer à brouiller les messages. Ce constat invite à renforcer les efforts de prévention dans ce domaine. À ce titre, le HCSP, dans son avis du 2 avril 2020, énonce des préconisations en matière de désinfection des locaux recevant du public et lieux de travail [51] et appelle à la prudence quant à l'usage non raisonné de ces produits aux répercussions sanitaires⁹.

⁹ Pour en savoir plus sur le sujet, écouter le replay du troisième débat-conférence « Emissions des produits ménagers et impacts sur la santé respiratoire, une question d'actualité », 18 septembre 2020. <http://www.ile-de-france.prse.fr/debats-conf-isee-r95.html>

Quels bénéfices sanitaires de l'amélioration de la qualité de l'air en temps de confinement ?

Des méthodes quantitatives pour évaluer les bénéfices sanitaires

Les évaluations quantitatives d'impact sanitaire (EQIS) de la pollution atmosphérique permettent d'estimer les impacts sur la santé d'une amélioration ou d'une dégradation de la qualité de l'air au sein d'une population. Ces dernières s'appuient sur une démarche qui suppose une relation causale entre l'exposition à un polluant et la survenue d'un effet sur la santé dont l'amplitude est estimée grâce aux études épidémiologiques. Alors qu'il a été établi une absence de seuil en dessous duquel la pollution atmosphérique n'aurait pas d'effet, toute amélioration de la qualité de l'air engendre une amélioration de la santé. La pollution de l'air agit sur l'organisme pour partie à court terme. Elle exacerbe les symptômes de pathologies préexistantes, y compris aux niveaux de pollution couramment rencontrés en Île-de-France, comme l'ont mis en avant les travaux du programme Erpurs.

Ainsi, même pour une amélioration de la qualité de l'air sur une courte période, il est attendu un bénéfice sanitaire immédiat. Toutefois, cette amélioration temporaire ne peut vraisemblablement avoir qu'un effet marginal sur le risque chronique, qui est bien plus élevé que le risque d'exacerbation et pèse bien plus en matière d'impact sanitaire [52].

Dans le contexte du confinement, de nombreux paramètres qui peuvent aussi avoir une influence sur la santé, outre le risque infectieux, ont été modifiés (voir § suivant). Ainsi cet exercice d'évaluation reste bien évidemment théorique considérant une situation « toutes choses égales par ailleurs » pour distinguer uniquement l'effet de la pollution atmosphérique.

Malgré ces limites, cet exercice permet d'objectiver les bénéfices sanitaires potentiels mais aussi de les mettre en perspective par rapport à d'autres évolutions possibles de la qualité de l'air afin, par exemple, de situer l'amplitude des bénéfices du confinement par rapport à aux valeurs guides de l'OMS. De telles approches ont été développées par l'ORS, en partenariat avec Airparif et Santé publique France, pour évaluer, par exemple, les bénéfices attendus de « la zone à faibles émissions mobilité » métropolitaine [53].

Des résultats théoriques à mettre en perspective avec les conditions exceptionnelles

Les mesures de confinement ont des conséquences sur les expositions de la population générale à certains polluants atmosphériques mais aussi à d'autres nuisances comme le bruit tel que détaillé dans l'encadré ci-dessous et sur la Figure 4.

À l'inverse, l'augmentation du temps passé à l'intérieur des domiciles s'est accompagnée d'une plus grande exposition de la population aux environnements intérieurs résidentiels dont on sait qu'ils peuvent être sources de nuisances (pollution de l'air intérieur ou nuisances auditives) comme souligné précédemment.

Les conditions exceptionnelles du confinement ont bouleversé nombre d'habitudes ayant pu avoir un impact sur la santé

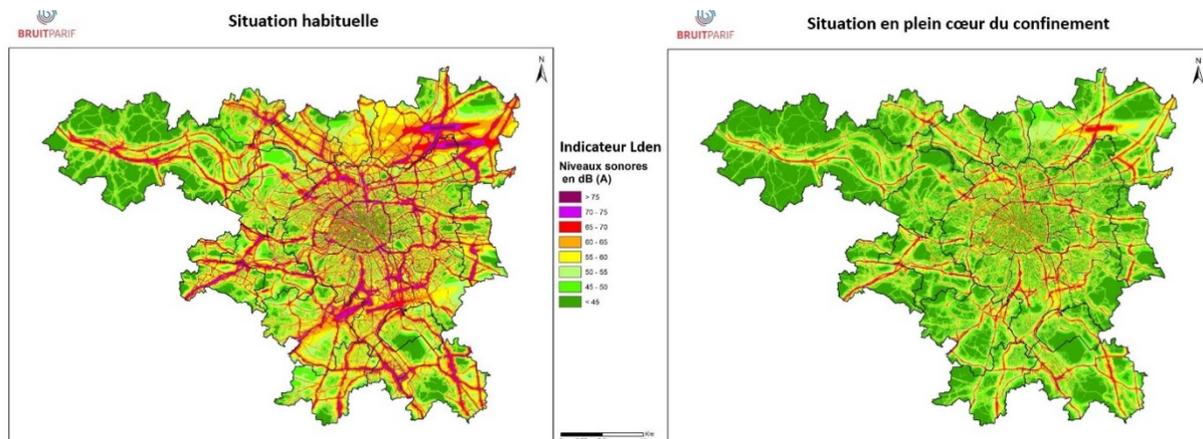
Le confinement a aussi provoqué de profondes modifications de conditions de vie qui ont pu avoir un impact significatif sur la santé (voir encadré). Les impacts du confinement, outre les bénéfices liés aux baisses d'exposition aux polluants de l'air extérieur, doivent être mis en perspective avec les autres effets possibles.

Impact du confinement sur le bruit en Île-de-France

Durant la période de confinement, un silence inhabituel s'est installé au sein de la région Île-de-France en lien avec les très fortes diminutions des émissions sonores d'origine anthropique, du fait de la réduction drastique des trafics routier, aérien et même ferroviaire, de l'arrêt temporaire de certains chantiers et de la fermeture de nombreuses activités et lieux festifs (bars, restaurants et établissements diffusant des sons amplifiés).

Ainsi par exemple, Bruitparif a estimé que les diminutions moyennes de bruit sur une semaine, correspondaient à Paris intra-muros à des baisses comprises entre 64 % et 88 % des émissions sonores générées par la circulation routière [54].

Figure 4 : Carte du bruit des transports au sein de la zone dense francilienne en situation habituelle (avant confinement) et en plein cœur du confinement (source : Bruitparif)



Autres impacts possibles du confinement sur la santé

Le confinement a provoqué de profondes modifications de comportements et de conditions de vie : bouleversements de l'organisation du travail tels que le recours systématique au télétravail pour certaines catégories professionnelles ou la diminution des trajets professionnels.

Certaines de ces modifications ont été vécues positivement, déjà constitutives de mesures préconisées pour augmenter la qualité de vie au travail ; pendant le confinement, elles ont été toutefois poussées à l'extrême et imposées dans un temps court.

L'impact de ces modifications majeures d'organisation du travail serait intéressant à documenter pour différents groupes professionnels, en matière de bénéfices sanitaires (diminution du stress, des accidents de trajet, etc.) mais aussi d'effets négatifs tels que la sensation d'isolement ou encore la baisse de l'activité physique [55]. Il est nécessaire de considérer plus largement les impacts sur la santé mentale, sans oublier bien sûr, les conséquences de la crise économique sur la santé des travailleurs (chômage partiel voire total, perte d'emploi).

Enfin, il ne faut pas oublier les possibles conséquences de la tension sur le système de santé en matière de prise en charge des pathologies chroniques ou le non recours aux soins qui ont pu également avoir un effet négatif [56].

Quels gains pour la santé ? Analyse des premiers travaux

Selon un rapport du Centre de recherche sur l'énergie et l'air [57], la baisse importante de la pollution de l'air provoquée par les mesures de confinement devrait épargner 11 000 vies en Europe dont 1 230 en France. Cette amélioration de la qualité de l'air pourrait aussi éviter 6 000 nouveaux cas d'asthme chez les enfants et 1 900 passages aux urgences pour des crises d'asthme selon l'étude. Concernant cette étude, l'interprétation des résultats doit se faire avec prudence du fait de choix méthodologiques sujets à discussion, notamment concernant les relations concentration-risque retenues. En effet, les impacts calculés en termes de

mortalité pour le NO_2 sont fondés sur la relation entre une exposition chronique au NO_2 et le risque de décès. Alors que la réduction des niveaux de NO_2 n'a duré que quelques semaines, cela est susceptible d'entraîner une surestimation des bénéfices (les risques chroniques étant bien plus élevés que les risques aigus comme évoqué précédemment). Il en est de même pour les estimations réalisées à partir des baisses de $\text{PM}_{2.5}$. Par ailleurs, le fait d'ajouter les décès « évités grâce à la diminution » des niveaux de NO_2 et ceux « évités grâce à la diminution des niveaux de particules » entraîne un risque de double comptage du fait de l'exposition simultanée au NO_2 et aux particules difficile à distinguer dans les études épidémiologiques.

D'autres articles mentionnent des gains sanitaires liés aux baisses de concentrations en polluants de l'air supérieures au décès liés à la COVID-19. En Chine en particulier, Chen et al. ont estimé que les baisses de concentration en NO₂ auraient permis d'éviter près de 9 000 décès [58] (voir Figure 5). Ici, cette estimation prend en compte uniquement le risque aigu.

Ce chiffre est à mettre en perspective avec les décès liés à la COVID-19 en particulier en Chine où les baisses de concentrations en polluants atmosphériques, notamment de NO₂, ont été très importantes, jusqu'à près de 23 µg/m³ dans le Wuhan et 13 µg/m³ dans le reste de la Chine. Appliquées à de larges populations, ces baisses se traduisent par des gains sanitaires importants même sur une courte période. Certains auteurs estiment que ces bénéfices seraient supérieurs à la surmortalité liée au virus [59,60]. Des analyses plus approfondies seraient nécessaires pour pouvoir l'affirmer. Cela souligne surtout le poids dramatique de la pollution de l'air en Chine sur la santé, ces ordres de grandeur ne sont pas transposables à nos régions occidentales. Ainsi, Cicala et al. ont estimé aux États-

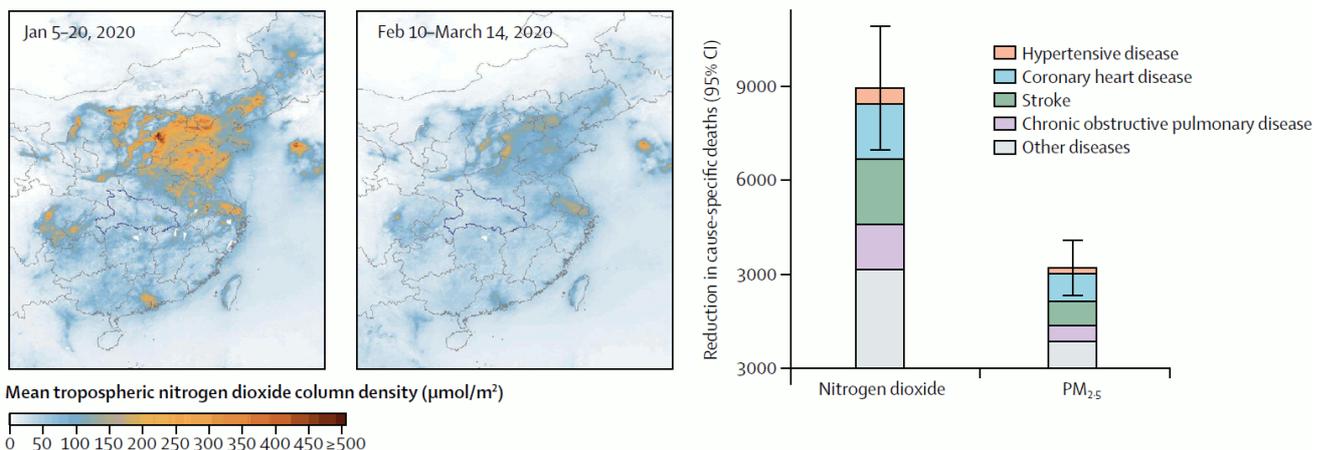
Unis que les réductions d'émissions de polluants atmosphériques liées à la baisse des déplacements et de la consommation électrique auraient permis d'éviter 360 décès par mois pendant la période de confinement, avec des bénéfices majoritairement centrés sur les zones urbaines (20 % des gains nationaux à Los Angeles, 10 % à New-York) [61].

Études à venir

Santé publique France vient d'initier une réflexion avec ses partenaires, dont l'ORS, pour estimer l'impact à court terme sur la mortalité des baisses des niveaux de pollution extérieure occasionnées par les mesures prises pour limiter la propagation de la COVID-19 ; et les impacts à long terme sur la mortalité si les baisses observées des niveaux de pollution pouvaient perdurer en France, en prenant en compte les modifications de comportements/activités post-confinement...

Dans ce cadre, il est prévu d'examiner plus localement cet impact pour certaines agglomérations telles que celle de Paris.

Figure 5 : Niveaux de pollution et décès évités en Chine pendant la crise de la COVID-19. Figure extraite de la publication de Chen et al. [58]



A gauche : Niveaux d'oxydes d'azote avant et pendant le confinement en Chine
 A droite : Nombre de décès évités en Chine du fait de l'amélioration de la qualité de l'air

Perspectives pour les futures politiques publiques

« Il serait inacceptable de sortir demain de la crise du COVID-19 pour mourir de la pollution de l'air » s'indignent des élus locaux dans une lettre ouverte au chef de l'État [62]. Cette crise extraordinaire a donné lieu à un certain nombre de mesures toutes aussi extraordinaires mises en œuvre dans des délais très brefs. Elle fut un laboratoire d'expérimentations grandeur nature à partir duquel l'action publique doit tirer des enseignements sur le long terme. Il s'agit de repenser les politiques publiques au regard du risque épidémique sans omettre d'une part les risques environnementaux et d'autre part les inégalités sociales et territoriales.

Cette partie a pour ambition de soulever des problématiques plus que de fournir des réponses et ne vise en aucun cas l'exhaustivité. Elle cherche à mettre en avant quelques synergies existantes entre les politiques publiques de lutte contre la pollution atmosphérique et celles de prévention du risque épidémique à partir d'enjeux relatifs au territoire francilien.

La densité urbaine, trop vite incriminée ?

La COVID-19 a entaché l'image de la ville dense, récemment redorée par l'ambition du zéro artificialisation nette (voir encadré ci-dessous).

Objet d'inquiétude depuis le XIX^e siècle [63], la concentration des populations est rendue responsable de la propagation rapide de l'épidémie. Pourtant, certains avancent qu'il s'agirait davantage d'un facteur de risque. La densité – entendue comme le nombre d'habitants au km² – ne serait pas en tant que telle à l'origine des clusters mais davantage, la proximité physique entre les individus, c'est-à-dire la densité des contacts sociaux [64], un phénomène non exclusivement métropolitain.

La densité des contacts sociaux, facteur de risque de la COVID-19, ne s'explique pas seulement par la taille des villes

Aussi, une part importante des clusters est observée dans les villes petites et moyennes, les maisons de retraite, les entreprises ou encore les usines [65]. Plus encore, le géographe Jacques Lévy suggère que les sociabilités différenciées entre métropoles et villes de plus petite taille auraient une incidence sur la circulation du virus [66]. Dans les villes moyennes, les liens entre les individus, reposant davantage sur des interconnexions, favoriseraient des contacts rapprochés. Quant aux grandes villes, plutôt caractérisées par des « liens faibles » entre les individus [67], les contacts humains seraient moins propices à une forte exposition au virus.

D'autres chercheurs, comme Jean-Pierre Orfeuill, sont en désaccord. Ce dernier a travaillé à partir de données de mortalité hospitalière et constate une croissance manifeste des décès liés à la COVID-19 dans des territoires qui connaissent une densité supérieure ou égale à 140 habitants / km². Il déclare que « l'impact de la densité des territoires sur la surmortalité liée à la COVID-19 apparaît au moins égal et probablement supérieur à celui des facteurs de comorbidité comme l'âge » [68].

Ces différentes analyses mettent en avant la nécessité de poursuivre les études de manière à identifier les caractéristiques de la densité en cause dans la propagation de l'épidémie : les liens entre les individus, les modes de vie et les pratiques sociales ou encore les lieux particulièrement sensibles. Au moment où nous publions ce Focus santé, nous ne disposons pas de données suffisantes pour préciser cet enjeu.

Objectif Zéro artificialisation nette ou ZAN

Ce terme est apparu en 2018 dans le Plan biodiversité du gouvernement français et notamment repris en Île-de-France dans la Stratégie régionale pour la biodiversité.

Bien que la définition fasse débat, sont dénommés « artificialisés » les espaces qui ne sont ni naturels, ni agricoles, ni forestiers.

Puits de carbone, réservoirs de la biodiversité et fournisseurs de 80 % des calories consommées quotidiennement par les êtres humains, les sols ont également un pouvoir dépolluant grâce à l'infiltration et l'épuration des eaux de pluie.

Considérant les bienfaits des espaces de pleine terre dans l'atténuation des changements climatiques, le ZAN entend préserver les sols en limitant l'extension urbaine et en compensant l'artificialisation par de la renaturation.

En Île-de-France, malgré un ralentissement sur la période récente (2012-2017), la consommation d'espace s'élève toutefois à 590 hectares par an en moyenne, principalement sur des terres agricoles [69].

Pollution atmosphérique et COVID-19, conséquences directes de la densité des flux humains

Les rassemblements de toutes sortes, comme dans les transports, favorisent la promiscuité et vraisemblablement la propagation du virus. Les lieux de connexion, entre le périurbain et l'urbain ainsi qu'entre les zones rurales et urbaines, se révéleraient être des espaces favorables à la diffusion de l'épidémie [64]. Patrick Poncet et Olivier Vilaça illustrent ce phénomène à travers l'expérience de la COVID-19 dans l'Oise. Quand ce département fut touché, la ville de Paris était présentée comme relativement épargnée. Pour autant, le virus devait déjà circuler dans la capitale car l'Oise appartient aux « périphérie(s) dépendante(s) du centre parisien » [70]. Quotidiennement, des milliers d'Oisiens convergent vers Paris pour rejoindre leur lieu de travail. Aussi, cette épidémie, à l'instar de la pollution de l'air générée par les déplacements motorisés des habitants depuis ou vers la périphérie, interroge la densité des flux humains en Île-de-France et leurs impacts sur la santé [71]. À titre d'exemple, les concentrations en NO₂ à proximité des grands axes de circulation peuvent être deux fois supérieures à celles relevées hors influence de ces voies [72].

Or, près d'un tiers des habitants de Paris et de la proche couronne résiderait à moins de 75 mètres d'un axe routier et cette proximité serait notamment responsable de 16 % des nouveaux cas d'asthme chez les enfants [47] (voir Figure 6).

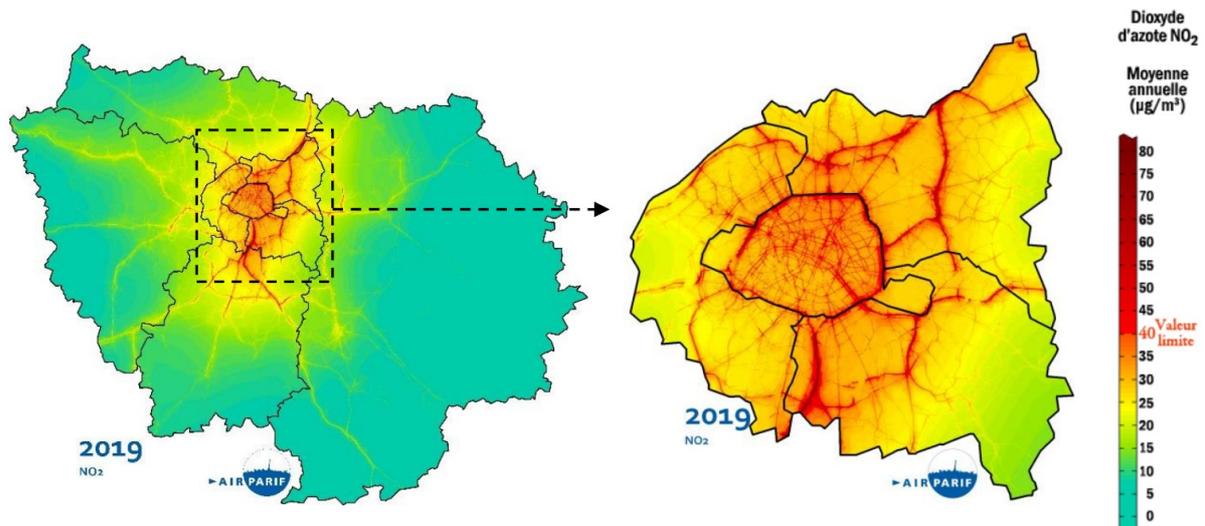
Des périphéries à réinventer

Au milieu du XX^e siècle, l'étalement des métropoles, permis par l'utilisation des automobiles et la création de grands axes routiers, a façonné « la ville-automobile ». De nos jours, selon la base « Recensement de la population 2016 des déplacements domicile-travail de l'Insee » [73], 44 % des actifs franciliens utilisent habituellement les transports en commun pour se rendre à leur lieu de travail et 41 % la voiture personnelle. Les transports en commun sont le mode de déplacement privilégié des Parisiens et habitants de la petite couronne. En revanche, les Franciliens de la grande couronne et notamment les Seine-et-Marnais ont davantage recours à la voiture, leur territoire étant moins bien desservi.

Et si la crise de la COVID-19 renforçait la mise à l'agenda de certaines politiques publiques destinées à réduire la pollution atmosphérique ?

Les Franciliens résidant dans les zones rurales ou périurbaines subissent « la défaillance de la planification des fonctions » [74] - emplois, équipements, commerces, services, etc. En effet, la polarisation des multiples fonctions rend les déplacements entre villes, bourgs, villages, hameaux et cœur de la métropole, indispensables. Or, il semblerait que le virus ait emprunté ces voies de communication pour s'étendre.

Figure 6 : Concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote en 2019 en Île-de-France avec un zoom sur Paris et la petite couronne



Source : Airparif, 2019 [72]

Pour le risque épidémique, comme pour la qualité de l'air, certains suggèrent d'ores et déjà de renforcer les polarités locales permettant d'accueillir habitants, emplois, équipements, commerces et services de base [74] et ainsi façonner de nouveaux bassins de vie. Cet objectif par ailleurs déjà inscrit dans le Schéma directeur de la région Île-de-France (Sdrif) [75]. A l'aune de ces enjeux réaffirmés, l'intégration d'une dimension santé à l'urbanisme sera très probablement renforcée dans les mois à venir dans le cadre de la mise en œuvre de schéma.

Quel avenir pour la mobilité ?

Force est de constater que la diminution inédite de la pollution atmosphérique pendant le confinement montre une nouvelle fois l'impact significatif du trafic routier sur la qualité de l'air et crédibilise d'autant plus les mesures à l'œuvre localement pour restreindre la circulation des véhicules polluants telles que la mise en œuvre de la zone à faibles émissions mobilité (voir encadré). À la condition d'accompagner les ménages les plus modestes, ce dispositif est susceptible d'amorcer des baisses sensibles des niveaux de pollution dans les centres urbains. Cette mesure s'intègre à la politique métropolitaine en faveur des nouvelles mobilités et des mobilités propres, qui comprend aussi le co-voiturage, le télétravail, l'utilisation des transports en commun et des modes actifs, etc.

Quant au déconfinement, il a imposé une réorganisation de l'espace en raison de la nécessité du respect de la distanciation physique. Dans la capitale, dans la première phase du déconfinement, l'accès aux transports en commun a été réduit lors des heures de pointes. Malgré tout, du fait du report sur les transports motorisés, du 11 au 31 mai, Airparif enregistre un retour progressif des niveaux de polluants atmosphériques – NO_x, particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) et CO₂ équivalents à 80 % (90 % autour du périphérique) de ceux enregistrés avant le confinement. Seul le NO₂, gaz émanant principalement du trafic routier en Île-de-France, observe toujours une baisse significative dans l'agglomération parisienne par rapport aux conditions habituelles après les trois premières semaines de déconfinement [76].

Par ailleurs, alors que l'offre de transports en commun est revenue à son niveau habituel, la fréquentation demeure plus faible : fin août, la RATP comptait six clients sur dix par rapport aux chiffres en temps normal. La baisse du nombre de touristes et le délaissement de 15 % des usagers des transports en commun au profit du scooter et du vélo sont les principaux facteurs évoqués par l'entreprise [77].

De surcroît, ce constat pose la question de la surfréquentation des transports en commun, prégnante avant la crise et interroge la nécessité de nos déplacements : quelles activités sont compatibles avec le télétravail ?

Comment offrir aux télétravailleurs de bonnes conditions de travail ? Comment augmenter l'offre d'espaces de coworking à proximité des zones d'habitat ?

Traiter des mobilités demande tout autant d'interroger les raisons qui expliquent les déplacements que les infrastructures en tant que telles

Outre le télétravail, les collectivités sont nombreuses à avoir mis en place très rapidement des dispositifs provisoires de manière à répartir différemment les espaces de circulation, favoriser la mobilité active et atténuer le recours massif aux véhicules particuliers (voir Figure 7). Cette pratique, connue sous le nom d'urbanisme tactique, mise en place en place rapidement afin de participer aux politiques d'atténuation de l'épidémie, permet la limitation des pollutions émises par le trafic, la réduction du bruit, ou encore l'augmentation de l'activité physique. Aussi, nombreuses sont les villes qui ont élargi leurs voies cyclables et leurs aires piétonnes, notamment aux abords des écoles - des mesures soutenues auparavant par des associations de cyclistes et de protection de l'environnement [78].

Plusieurs guides ont été publiés pour accompagner les collectivités dans le déploiement de ces dispositifs notamment celui produit par le Cerema [79]. Sur le long terme, la pérennisation de ces aménagements urbains pourrait par exemple être envisagée.

La « zone à faibles émissions mobilité » (ZFE-m) de la Métropole du Grand Paris

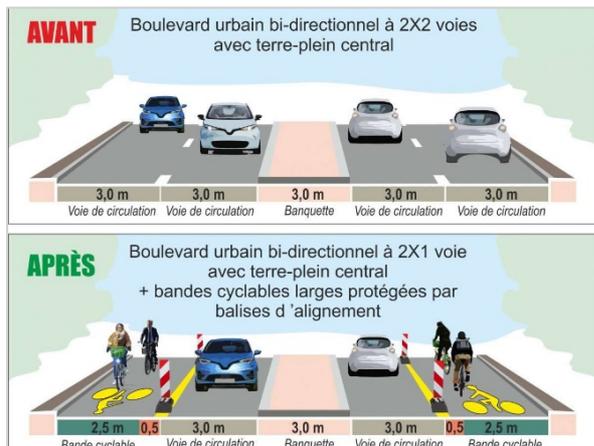
Afin de lutter contre les émissions du trafic routier, contributeur majeur à la pollution locale, la Métropole du Grand Paris a mis en place, depuis le 1^{er} juillet 2019, une ZFE-m sur son territoire.

Cette mesure vise à accélérer le renouvellement des véhicules les plus anciens et les plus émetteurs de polluants au sein d'un périmètre géographique donné en proposant des aides financières et en développant des infrastructures telles que les bornes de recharge.

L'ORS a montré que cette mesure produirait des bénéfices sanitaires en matière de baisse de la mortalité et de baisse de la survenue de pathologies chroniques telles que l'asthme ou les maladies cardiaques [80].

Ce dispositif est aujourd'hui désigné « Zone à faibles émissions mobilité ». Il met ainsi en avant son caractère ciblé envers les sources liées aux déplacements. Il encourage également aux changements de comportement en incitant le développement des mobilités actives (le vélo et la marche) et le recours aux transports en commun.

Figure 7 : Aménagements cyclables temporaires et confinement : quelles opportunités ?



Source : Cerema [78]

A la réorganisation de l'espace, certains opposeront la congestion générée par la réduction de l'espace dédié aux véhicules motorisés. Pourtant, celle-ci n'est que transitoire, une hausse de la congestion est notable uniquement le temps de la réadaptation du système [82] : un meilleur partage modal engendre une plus grande fluidité dans les déplacements car le vélo est moins gourmand en espace que la voiture.

[Le confinement aura appris aux citoyens à apprécier la ville apaisée et la restriction des déplacements a permis aux plus sceptiques de renouer avec la mobilité de proximité, en témoigne, entre autres, le nouvel engouement pour la marche](#)

Force est de constater que les mesures exceptionnelles ont questionné la frénésie des déplacements dans notre quotidien. Or, jusqu'à maintenant, les politiques publiques interrogeaient peu les choix individuels de mobilité, elles s'attachaient davantage à la recherche de solutions techniques - notamment la fabrication de véhicules moins polluants. Les deux approches ne s'opposent pas, bien au contraire, elles sont complémentaires.

En Île-de-France, la voiture est et restera structurante des mobilités régionales. Pour lutter contre la pollution de l'air, l'enjeu n'est pas d'éradiquer le véhicule motorisé mais de proposer des alternatives crédibles pour des déplacements rationalisés en facilitant par exemple l'intermodalité, en développant le vélo, ses aménagements et l'offre de transports en commun. Par ailleurs, accélérer le renouvellement du parc automobile, c'est-à-dire l'investissement dans le véhicule électrique et ses infrastructures [83] sera déterminant dans les politiques de réduction de la pollution de l'air tout comme l'incitation aux pratiques de véhicules partagés afin d'optimiser la voirie (ex : covoiturage, taxi collectif, auto-partage, autopstop, voitures autonomes à plusieurs passagers, etc.) [84].

Des politiques publiques pour tous les Franciliens

Enjeu de réduction des inégalités territoriales entre cœur de métropole et grande couronne

Alors qu'aujourd'hui des politiques publiques sont mises en œuvre pour diminuer l'usage de la voiture au cœur des métropoles, le périurbain est quelque peu délaissé entraînant le risque de développement d'une « ville à deux vitesses ». Aussi, « un des enjeux majeurs, en particulier en Île-de-France, est de rendre les périphéries propices à la marche, cyclables, denses et vivantes, et de réinventer un urbanisme de la proximité autour de hubs offrant un accès rapide aux emplois et services métropolitains, en train, bus express, co-voiturage ou en transports à la demande » explique Paul Lecroart, urbaniste de L'Institut Paris Region [85].

[Les enjeux posés par le déconfinement invitent à adopter une stratégie globale de mobilité pour l'ensemble du territoire francilien en ciblant prioritairement les territoires les plus tributaires de la voiture](#)

Prenons l'exemple du vélo, deviendra-t-il un moyen de transport privilégié des Franciliens dans les années à venir ? Deux tiers des déplacements quotidiens des Franciliens font moins de 3 km [86], ce qui fait de l'Île-de-France un territoire favorable au vélo. En outre, l'enquête INOV360 « Covid-19 et mobilité » révèle l'engouement des Franciliens pour le vélo depuis le déconfinement. Elle observe une hausse de l'utilisation du vélo et du vélo à assistance électrique de 19,3 % [87]. Le déploiement massif du vélo demande un accompagnement des pouvoirs publics tels que des plans vélos ambitieux ou encore le déploiement de dispositifs comme le RER V.

Aussi, la Région Île-de-France a élaboré son plan vélo pour répondre à cet enjeu [88]. Sous la forme d'aide régionale, la Région s'appuie sur les collectivités territoriales et les associations pour réaliser études et plans locaux et participer financièrement à la mise à disposition d'équipements et d'infrastructures.

Par ailleurs, complété par des mesures d'aides à l'achat ou à la location d'un vélo, le déploiement du RER V, accéléré par la crise sanitaire, pourrait profiter au plus grand nombre. Cette opération d'aménagement dépasse les limites de Paris et permet ainsi d'offrir une alternative à certains territoires dépendants du véhicule motorisé ou des transports en communs. Quant aux aides en direction des particuliers, les enjeux relatifs au déconfinement auront permis de faire connaître l'ensemble des dispositifs d'accompagnement financier à l'achat d'un vélo à assistance électrique (VAE) ou d'un vélo cargo [89].

Figure 8 : Plan du "RER V"



Source : Collectif vélo IDF [81]

Le Réseau express régional vélo (RER V)

Le RER V est un projet initialement porté par le Collectif vélo Île-de-France. Son objectif est de garantir aux cyclistes franciliens des déplacements directs, agréables et sécurisés. Aujourd'hui, les aménagements cyclables sont répartis de manière très éparse sur le territoire sans réel maillage. Le RER V propose une offre d'itinéraires continus, aménagés, maillés et sécurisés.

La défaveur sociale, facteur de vulnérabilité des populations face aux risques épidémiques et environnementaux

Les populations les plus défavorisées ont été particulièrement exposées pendant l'épidémie de COVID-19, et ce, pour des raisons multiples : sur-occupation des logements ou encore nature des emplois occupés [90]. Des premiers travaux ont été publiés à ce sujet par l'ORS, d'autres sont en cours [91].

D'une part, l'exposition au risque de contamination ainsi que le risque de développer des formes graves et de décéder sont inégalement répartis dans la population. Il en va de même concernant les effets sanitaires de la pollution atmosphérique. On parle d'inégalités environnementales pour qualifier ces différences. Il existe des inégalités d'exposition à la pollution de l'air et de vulnérabilité quant aux effets sanitaires selon les catégories socio-économiques. Celles-ci sont désormais bien documentées [92].

D'autre part, les inégalités sociales diminuent l'acceptabilité et la faisabilité des mesures visant à restreindre les risques sanitaires. À titre d'exemple, le respect du confinement fut dans la majeure partie des cas plus difficile pour des personnes vivant dans un logement sur-

occupé que pour des personnes disposant d'un jardin. En matière de politiques d'atténuation du changement climatique, la mise en place d'une taxe carbone a été accusée de fragiliser davantage les ménages à faible revenu et sa mise à l'agenda politique et médiatique a posé la question de la conciliation de l'écologie et de la justice sociale.

Aussi, pour améliorer la résilience de nos sociétés, il sera déterminant de tenir compte des différentiels de vulnérabilité afin de prioriser les bénéficiaires des politiques publiques. La concertation avec l'ensemble des acteurs constitue un levier pour y parvenir, de même que l'évaluation de la répartition des bénéfices de ces politiques publiques au sein des différents groupes socio-économiques.

Ne négliger aucune source de pollution atmosphérique

Force est de constater que le trafic n'est pas l'unique source de pollution atmosphérique. En effet, pendant le confinement, l'air demeura pollué en raison principalement des émissions provoquées par l'épandage agricole et le chauffage au bois (voir § « Impact des mesures de confinement sur la qualité de l'air » p. 7). Quelles leçons retenir de la crise sanitaire au sujet de la contribution des secteurs agricole et énergétique à la pollution de l'air ?

L'agriculture

En 2017, en Île-de-France, l'espace agricole représentait 50 % du Mode d'Occupation des Sols (MOS)¹⁰. Cette caractéristique du territoire régional et la contribution du secteur agricole à la pollution de l'air montrent la nécessité de traiter l'enjeu environnemental sous cet angle. Aujourd'hui, en cas de dépassement d'un seuil d'alerte ou d'épisode persistant de pollutions aux particules PM₁₀, le préfet peut imposer des mesures visant à réduire les polluants, notamment ceux issus des épandages agricoles. Par ailleurs, le plan de protection de l'atmosphère (PPA) Île-de-France met en exergue les défis à relever par l'agriculture pour préserver la qualité de l'air dans la région [93].

S'agissant plus spécifiquement de la question des épandages des pesticides, le Conseil d'État appela les exploitants à une « vigilance particulière » [94] pendant la période du confinement durant laquelle les populations privées de déplacement avaient pour seuls espaces de loisir leur logement et leur jardin, une situation à l'origine d'expositions inopinées. Un décret [95] et un arrêté [96] de 2019 précisaient déjà les distances minimales de sécurité pour l'épandage des pesticides près

¹⁰ L'Institut Paris Region, Mos 2017

des habitations¹¹. Bien qu'existent ces outils, la réglementation relative aux épandages agricoles pourrait être renforcée.

A noter que des travaux d'évaluation sont en cours, tant en matière de surveillance de la qualité de l'air, avec des campagnes nationales de mesure des résidus de pesticide, qu'en matière d'études sanitaires (études d'imprégnation aux pesticides des riverains de cultures agricoles et études épidémiologiques) [98]. Les premiers résultats de la campagne exploratoire nationale de mesure des résidus de pesticides dans l'air ambiant, dont Airparif propose une synthèse francilienne [99], permettent déjà de dresser des recommandations en matière de surveillance. Les associations de surveillance de la qualité de l'air recommandent en particulier de prendre en compte le suivi des pesticides dans l'air dans les politiques de santé environnementale.

Outre les mesures d'urgence et réglementaires, un des leviers disponibles en Île-de-France, territoire très agricole, est l'investissement pour le développement d'une agriculture raisonnée, moins consommatrice d'intrants et favorisant les bonnes pratiques d'épandage et de travail du sol. La fiche « Agir pour la qualité de l'air » à destination des agriculteurs, élaborée dans le cadre du PPA francilien, mentionne un certain nombre de pistes [100].

Une agriculture moins consommatrice d'intrants, plus raisonnée et respectueuse des sols permettrait d'agir sur l'exposition aux polluants atmosphériques mais aussi d'améliorer la qualité des produits et ainsi contribuer positivement à la santé des consommateurs [101] et notamment réduire les facteurs de comorbidité de la COVID-19.

Le chauffage résidentiel

Quant à la sobriété énergétique rendue possible entre autres par la rénovation des bâtiments, elle s'avère la mesure la plus efficace pour lutter contre la pollution générée par le chauffage, un enjeu d'autant plus important en période où le « restez chez soi » est devenu une des

mesures de prévention les plus efficaces contre la propagation de la COVID-19.

S'agissant du chauffage au bois, premier émetteur de particules fines en Île-de-France, des actions de communication sur les bonnes pratiques ainsi que des mesures favorisant le rajeunissement des équipements, beaucoup plus performants aujourd'hui, demeurent indispensables [102]. Ces mesures sont inscrites dans le PPA francilien avec une incitation à mobiliser les collectivités [93]. Dans ce cadre le fonds Air-Bois soutenu par le Conseil régional et l'Ademe encourage financièrement les Franciliens à remplacer leurs anciens équipements de chauffage principal au bois.

Mieux vaut prévenir que guérir

En conclusion, la complexité du territoire francilien invite nécessairement les décideurs à dépasser les frontières administratives et sectorielles. L'objectif est d'anticiper les risques sanitaires liés aux épidémies et à la pollution de l'air en proposant des politiques publiques cohérentes pour préserver la santé de tous les Franciliens. Les individus ont réalisé la gravité de la crise lorsqu'elle est devenue tangible. La saturation des services hospitaliers, dépassées par l'évolution de l'épidémie, fut un des déclencheurs de la prise de conscience collective. Des mesures exceptionnelles ont été annoncées pour endiguer la crise de la COVID-19. Il est intéressant de mettre en perspective les gestions des risques sanitaires liés à l'épidémie et à la qualité de l'air. A l'instar des premières victimes de la COVID-19, les conséquences sanitaires de l'exposition massive à la pollution de l'air, bien que réelles et quantifiables, sont peu visibles (voir parties précédentes).

Pourtant, la crise engendrée par la pandémie montre à quel point les systèmes d'alerte précoce sont décisifs pour atténuer ses méfaits. Dans le cas de la pollution atmosphérique, ce parallèle illustre la nécessité, pour préserver des vies, d'agir sur les sources de pollution de manière pérenne et sans attendre [103].

¹¹ Actuellement, en l'absence de distance de sécurité spécifiquement prévues par l'autorisation de mise sur le marché du produit, celle-ci est de 20, 10 ou 5 mètres en fonction de la dangerosité de ce dernier et des cultures concernées. Pour les produits moins dangereux, cette distance peut être adaptée sous certaines conditions, conformément à des chartes d'engagement approuvées par le préfet. Ces distances minimales font néanmoins débat et suscitent du contentieux [97].

Conclusion

Les études publiées sur les liens entre pollution atmosphérique et COVID-19 sont observationnelles et préliminaires, et leurs résultats devront être confirmés sur des données consolidées, en prenant en compte de façon stable un certain nombre de facteurs de confusion potentiels comme le statut socio-économique, les comorbidités, l'âge, le sexe, les différences en matière d'accès aux soins et les capacités en matière de soins intensifs ainsi que des indicateurs de la dynamique de l'épidémie, etc.

L'étude des mécanismes qui sous-tendent le rôle de la pollution sur la gravité de la COVID-19 doit être approfondie, et des études étiologiques sur des cohortes rétrospectives par exemple sont nécessaires. Cependant, il ne fait aucun doute que l'exposition à court et long termes à la pollution atmosphérique ambiante est à l'origine de maladies chroniques, et que la pollution diminue la réponse immunitaire de l'organisme face aux infections. Ainsi, la pollution de l'air peut être considérée comme un cofacteur de morbi-mortalité par COVID-19.

Ce fait doit être porté à la connaissance des décideurs afin d'éclairer les choix dans la reprise des activités liées au déconfinement (effet rebond). Les zones les plus polluées sont souvent celles où se trouvent les populations les plus vulnérables et où les efforts doivent être prioritaires. Et ce d'autant plus que ces populations sont davantage en mauvaise santé, avec des taux de diabète et d'obésité plus élevés qui les rendent déjà plus fragiles au virus. Le retour de la pollution est susceptible d'accroître le niveau d'inflammation dans les poumons de ces populations. Si elles sont exposées à une nouvelle vague épidémique, elles vont être plus vulnérables aux effets du SARS-CoV-2. Il faut donc mettre les moyens pour réduire cette vulnérabilité causée par la pollution en réduisant les émissions polluantes.

En revanche, à ce jour, aucune donnée scientifique probante ne permet de dire que le virus peut être transporté par des polluants particulaires ; cette question doit encore être investiguée. Toutefois une voie de transmission aérienne du virus, et non uniquement par projection de gouttelettes, ne peut être écartée. En effet, la capacité du virus à s'aéroporter est aujourd'hui soulignée par un faisceau de preuves. Cela a conduit les autorités sanitaires à généraliser le port du masque grand public en milieu clos et dans les espaces très fréquentés.

Enfin, les effets du confinement sur la qualité de l'air démontrent qu'une réduction de la pollution de l'air est réalisable. Bien que cela coïncide avec une partie de l'arrêt de l'économie, sans en arriver à cette extrémité, cela montre qu'un chemin est possible.

Désormais, COVID-19 et pollution de l'air ont leur destin lié. Un déconfinement sans prévenir le report modal vers la voiture revient à accroître l'exposition des riverains aux polluants émis par le trafic routier. Une incitation à l'usage des transports en commun, sans pour autant proposer des alternatives favorisant les mobilités actives, ne permettrait pas aux usagers du métro de se prémunir du risque épidémique. Les illustrations des synergies entre les politiques de prévention contre la pollution atmosphérique et celles de gestion du risque épidémique sont nombreuses et notre intention n'était pas de les énumérer sinon de susciter des questionnements quant à l'intrication des enjeux et la nécessité de leur apporter des réponses communes. En effet, les réponses à la crise sanitaire sont indissociables des politiques de préservation de la qualité de l'air : les unes peuvent renforcer les autres ou bien les contredire aussi bien à court, moyen et long terme. L'action publique aura la mission de trouver cet équilibre et de faire converger les solutions vers un même objectif : préserver et promouvoir la santé des Franciliens, avec une attention particulière aux enjeux d'inégalités sociales.

Références

- [1] Host S, Legout C. Impact de l'exposition chronique à la pollution de l'air sur la mortalité en France : point sur la région Ile-de-France. Saint-Maurice : Santé publique France; 2016.
- [2] World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project, technical report. World Health Organization; 2013 p. 302.
- [3] Conticini E, Frediani B, Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environ Pollut* [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 24]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7128509/>
- [4] Gilles S, Blume C, Wimmer M, Damialis A, Meulenbroek L, Gökkaya M, et al. Pollen exposure weakens innate defense against respiratory viruses. *Allergy*. 2020;75:576–87.
- [5] Harmon AC, Hebert VY, Cormier SA, Subramanian B, Reed JR, Backes WL, et al. Particulate matter containing environmentally persistent free radicals induces AhR-dependent cytokine and reactive oxygen species production in human bronchial epithelial cells. *PLoS One* [Internet]. 2018 [cited 2020 May 28];13. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6181347/>
- [6] Jaligama S, Patel VS, Wang P, Sallam A, Harding J, Kelley M, et al. Radical containing combustion derived particulate matter enhance pulmonary Th17 inflammation via the aryl hydrocarbon receptor. *Part Fibre Toxicol*. 2018;15:20.
- [7] Hindle R. EPA Statement on COVID19 - EPA [Internet]. <https://epa.org/>. [cited 2020 May 28]. Available from: <https://epa.org/epa-statement-on-covid19/>
- [8] Cui Y, Zhang Z-F, Froines J, Zhao J, Wang H, Yu S-Z, et al. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study. *Environmental Health* [Internet]. 2003 [cited 2020 Apr 24];2. Available from: <http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-2-15>
- [9] Wu X, Nethery RC, Sabath BM, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. *medRxiv*. 2020;2020.04.05.20054502.
- [10] Liang D, Shi L, Zhao J, Liu P, Schwartz J, Gao S, et al. Urban Air Pollution May Enhance COVID-19 Case-Fatality and Mortality Rates in the United States. 2020 [cited 2020 May 18]; Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.05.04.20090746>
- [11] Tian H, Liu Y, Song H, Wu C-H, Li B, Kraemer MUG, et al. Risk of COVID-19 is associated with long-term exposure to air pollution. *medRxiv*. 2020;2020.04.21.20073700.
- [12] Andree BPJ. Incidence of COVID-19 and Connections with Air Pollution Exposure: Evidence from the Netherlands. *World Bank Policy Research Working Paper*. 2020;
- [13] Cole MA, Ozgen C, Strobl E. Air Pollution Exposure and COVID-19. 2020;31.
- [14] Benmarhnia T. Linkages Between Air Pollution and the Health Burden from COVID-19: Methodological Challenges and Opportunities. *Am J Epidemiol* [Internet]. [cited 2020 Aug 28]; Available from: <https://academic.oup.com/aje/advance-article/doi/10.1093/aje/kwaa148/5872672>
- [15] Goldberg M, Villeneuve P. Air pollution, COVID-19 and death: The perils of bypassing peer review [Internet]. *The Conversation*. 2020 [cited 2020 Jun 2]. Available from: <http://theconversation.com/air-pollution-covid-19-and-death-the-perils-of-bypassing-peer-review-136376>
- [16] Travaglio M, Popovic R, Yu Y, Leal N, Martins LM. Links between air pollution and COVID-19 in England. *medRxiv*. 2020;2020.04.16.20067405.
- [17] Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO2) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Sci Total Environ*. 2020;726:138605.
- [18] Cao H, Li B, Gu T, Liu X, Meng K, Zhang L. Associations of ambient air pollutants and meteorological factors with COVID-19 transmission in 31 Chinese provinces: A time-series study. *medRxiv*. 2020;2020.06.24.20138867.
- [19] Wang B, Liu J, Fu S, Xu X, Li L, Ma Y, et al. An effect assessment of Airborne particulate matter pollution on COVID-19: A multi-city Study in China. 2020 [cited 2020 Jun 4]; Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.04.09.20060137>
- [20] Zhu Y, Xie J, Huang F, Cao L. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Science of The Total Environment*. 2020;727:138704.
- [21] Host S, Chatignoux E, Gremy I. Evaluation des risques de la pollution urbaine sur la santé (Erpurs). *Analyse des liens à court terme entre pollution particulaire et morbidité (2003-2006)*. Paris; 2008 p. 82.
- [22] Comunian S, Dongo D, Milani C, Palestini P. Air Pollution and COVID-19: The Role of Particulate Matter in the Spread and Increase of COVID-19's Morbidity and Mortality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17:4487.
- [23] Santé publique France. Pollution de l'air et COVID-19 : audition de Santé publique France [Internet]. [cited 2020 May 19]. Available from: [/les-actualites/2020/pollution-de-l-air-et-covid-19-audition-de-sante-publique-france](https://les-actualites/2020/pollution-de-l-air-et-covid-19-audition-de-sante-publique-france)
- [24] Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JHW, et al. Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus. *New England Journal of Medicine*. 2004;350:1731–9.
- [25] Zhao Y, Richardson B, Takle E, Chai L, Schmitt D, Xin H. Airborne transmission may have played a role in the spread of 2015 highly pathogenic avian influenza outbreaks in the United States. *Scientific Reports*. 2019;9:11755.

- [26] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 2020;382:1564–7.
- [27] Setti L, Passarini F, others. Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione. Società Italiana di Medicina Ambientale, [http://www.simaonlus.it/wpsima ...](http://www.simaonlus.it/wpsima...); 2020.
- [28] Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Piazzalunga A, et al. The Potential role of Particulate Matter in the Spreading of COVID-19 in Northern Italy: First Evidence-based Research Hypotheses. 2020 [cited 2020 Apr 24]; Available from: <http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.04.11.20061713>
- [29] HCSP. Avis relatif au risque résiduel de transmission du SARS-CoV-2 sous forme d'aérosol, en milieu de soin, dans les autres environnements intérieurs, ainsi que dans l'environnement extérieur. 2020.
- [30] Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC, Plante KS, et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions - Volume 26, Number 9—September 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal - CDC*. [cited 2020 Aug 27]; Available from: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/9/20-1806_article
- [31] Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*. 2020;139:105730.
- [32] OMS. COVID-19 Virtual Press conference [Internet]. 2020. Available from: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/transcripts/virtual-press-conference---7-july---covid-19.pdf?sfvrsn=6d4b4eb7_2
- [33] HCSP. SARS-CoV-2 : actualisation des connaissances sur la transmission du virus par aérosols [Internet]. Paris: Haut Conseil de la Santé Publique; 2020 Jul. Available from: <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=894>
- [34] Chauhan A, Singh RP. Decline in PM2.5 concentrations over major cities around the world associated with COVID-19. *Environmental Research*. 2020;187:109634.
- [35] Bao R, Zhang A. Does lockdown reduce air pollution? Evidence from 44 cities in northern China. *Science of The Total Environment*. 2020;731:139052.
- [36] Berman JD, Ebisu K. Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. *Science of The Total Environment*. 2020;739:139864.
- [37] Menut L, Bessagnet B, Siour G, Mailler S, Pennel R, Cholakian A. Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. *Science of The Total Environment*. 2020;741:140426.
- [38] Bauwens M, Compennolle S, Stavrakou T, Müller J -F., Gent J, Eskes H, et al. Impact of coronavirus outbreak on NO2 pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geophysical Research Letters* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 25] Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2020GL087978>
- [39] Shi X, Brasseur GP. The Response in Air Quality to the Reduction of Chinese Economic Activities during the COVID-19 Outbreak. *Geophysical Research Letters*. 2020;n/a:e2020GL088070.
- [40] Atmo France. COVID-19 : focus sur l'exposition des riverains à la pollution automobile près des grands axes avant/pendant le confinement. Communiqué de presse du 21 avril 2020 [Internet]. Atmo France. 2020 [cited 2020 Jul 22]. Available from: <https://atmo-france.org/covid-19-focus-sur-lexposition-des-riverains-a-la-pollution-automobile-pres-des-grands-axes-avant-pendant-le-confinement-21-avril-2020/>
- [41] Airparif. Impact des mesures de confinement - Bilan actualisé du 17 mars au 06 avril 2020 [Internet]. 2020 [cited 2020 May 25]. Available from: <https://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/281>
- [42] Airparif. Évaluation de l'impact des mesures de confinement - bilan du 15 mai 2020 [Internet]. 2020 [cited 2020 May 25]. Available from: <https://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/282>
- [43] Anses. Particules de l'air ambiant extérieur. Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie. Avis de l'Anses [Internet]. France: Anses; 2019 p. 130. Available from: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0156Ra.pdf>
- [44] Citepa. Pollution de l'air et Covid-19 : nouveau bilan à la fin du confinement [Internet]. Citepa. 2020 [cited 2020 Aug 27]. Available from: https://www.citepa.org/fr/2020_05_a07/
- [45] Airparif. Origine des particules en Île-de-France. 2011. 172 p.
- [46] CNA. Focus sur l'exposition des riverains à la pollution automobile près des grands axes avant/pendant le confinement [Internet]. 2020 [cited 2020 May 19]. Available from: https://atmo-france.org/wp-content/uploads/2020/04/200421_note_NOx_COVID_sous_embargo.pdf
- [47] Host S, Chatignoux E, Saunail A. Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique urbaine et des expositions à proximité du trafic routier dans l'agglomération parisienne. Paris : ORS Île-de-France; 2012.
- [48] Host S, Chatignoux E, Leal C, Grémy I. Exposition à la pollution atmosphérique de proximité liée au trafic : quelles méthodes pour quels risques sanitaires ? *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2012;60:321–30.
- [49] APPA. La documenthèque [Internet]. APPA. 2020 [cited 2020 Jun 11]. Available from: <https://www.appa.asso.fr/la-documentheque/>
- [50] Le Moual N, Varraso R, Siroux V, Dumas O, Nadif R, Pin I, et al. Domestic use of cleaning sprays and asthma activity in females. *European Respiratory Journal*. 2012;40:1381–9.
- [51] HCSP. Avis relatif à l'opportunité de nettoyer et de désinfecter, avant réouverture à l'issue du confinement, les établissements recevant du public et lieux de travail fermés pendant la période de confinement, dans le contexte de la lutte contre la propagation du coronavirus SARS-CoV-2. 2020.

- [52] Künzli N, Medina S, Kaiser R, Quénel P, Horak F, Studnicka M. Assessment of deaths attributable to air pollution: should we use risk estimates based on time series or on cohort studies? *Am J Epidemiol.* 2001;153:1050–5.
- [53] Host S, Honoré C, Joly F, Saunal A, Le Tertre A, Medina S. Implementation of various hypothetical low emission zone scenarios in Greater Paris: Assessment of fine-scale reduction in exposure and expected health benefits. *Environmental Research.* 2020;185:109405.
- [54] Bruitparif. Les effets du confinement sur le bruit en Ile-de-France [Internet]. 2020 [cited 2020 May 28]. Available from: <https://www.bruitparif.fr/les-effets-du-confinement-sur-le-bruit-en-ile-de-france/>
- [55] Santé publique France. Confinement : un impact certain sur l'activité physique, le temps passé assis et le temps passé devant un écran [Internet]. [cited 2020 Aug 27]. Available from: [/presse/2020/confinement-un-impact-certain-sur-l-activite-physique-le-temps-passe-assis-et-le-temps-passe-devant-un-ecran](https://presse/2020/confinement-un-impact-certain-sur-l-activite-physique-le-temps-passe-assis-et-le-temps-passe-devant-un-ecran)
- [56] Santé publique France. Covid-19 et continuité des soins - Continuer de se soigner, un impératif de santé publique [Internet]. [cited 2020 Aug 27]. Available from: [/presse/2020/covid-19-et-continuite-des-soins-continuer-de-se-soigner-un-imperatif-de-sante-publique](https://presse/2020/covid-19-et-continuite-des-soins-continuer-de-se-soigner-un-imperatif-de-sante-publique)
- [57] Lauri Myllyvirta, Hubert Thieriot. 11,000 air pollution-related deaths avoided in Europe as coal, oil consumption plummet [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 30]. Available from: <https://energyandcleanair.org/air-pollution-deaths-avoided-in-europe-as-coal-oil-plummet/>
- [58] Chen K, Wang M, Huang C, Kinney PL, Anastas PT. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. *The Lancet Planetary Health* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 15]; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2542519620301078>
- [59] Dutheil F, Baker JS, Navel V. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ Pollut.* 2020;263:114466.
- [60] Isaifan RJ. The dramatic impact of Coronavirus outbreak on air quality: Has it saved as much as it has killed so far? *Global Journal of Environmental Science and Management.* 2020;6:275–88.
- [61] Cicala S, Holland S, Mansur E, Muller N, Yates A. Expected Health Effects of Reduced Air Pollution from COVID-19 Social Distancing. [cited 2020 Jul 22]; Available from: <https://www.nber.org/papers/w27135.pdf>
- [62] Mandard S. « Il serait inacceptable de sortir demain de la crise du Covid-19 pour mourir de la pollution de l'air ». *Le Monde.fr* [Internet]. 2020 May 5 [cited 2020 May 19]; Available from: <https://bit.ly/3fRGVvN>
- [63] Mouligné C, Adam M. Appréhender la densité, Repères historiques, Note rapide sur l'occupation du sol n°382. [cited 2020 Jul 17]; Available from: <https://bit.ly/2ZPRwSd>
- [64] Baléo M. Derrière les mots : la densité [Internet]. *La Fabrique de la Cité.* [cited 2020 Jul 16]. Available from: <https://bit.ly/3toijX>
- [65] Peron I. Covid-19 : à l'usine ou au bureau, pourquoi il y a autant de clusters au travail - *Le Parisien* [Internet]. [cited 2020 Jul 20]. Available from: <https://bit.ly/30F7j5s>
- [66] Lévy J. L'humanité habite le Covid-19 [Internet]. *AOC media - Analyse Opinion Critique.* 2020 [cited 2020 Jul 20]. Available from: <https://aoc.media/analyse/2020/03/25/lhumanite-habite-le-covid-19/>
- [67] Verdeil É. La métropolisation, coupable idéale de la pandémie ? [Internet]. *The Conversation.* [cited 2020 Jul 20]. Available from: <https://bit.ly/2ZSDZcL>
- [68] Orfeuil J-P. Mortalité Covid et densité des territoires, Les différences de mortalité en France par département [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 28]. Available from: <https://www.ville-en-mouvement.com>
- [69] L'Institut Paris Region. Ateliers « Zéro artificialisation nette » : définitions, enjeux et responsabilités pour l'Île-de-France [Internet]. [cited 2020 Jul 23]. Available from: <https://bit.ly/3jAgGvS>
- [70] Poncet P, Vilaça O. La ville protège-t-elle des épidémies ? [Internet]. *Libération.fr.* 2020 [cited 2020 Jul 16]. Available from: https://www.liberation.fr/debats/2020/04/03/la-ville-protège-t-elle-des-epidemies_1784045
- [71] Bouvet J-F. Circulation et virus : la terrible équation parisienne [Internet]. *Le Point.* 2020 [cited 2020 Jul 16]. Available from: <https://bit.ly/39hMNVL>
- [72] Airparif. Bilan de la qualité de l'air, année 2019, surveillance et information en Île-de-France [Internet]. Available from: <https://bit.ly/2CTOZxn>
- [73] Mobilités professionnelles en 2016 : déplacements domicile - lieu de travail | Insee [Internet]. [cited 2020 Sep 4]. Available from: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4171554>
- [74] Delaville D, Bove S. Les villes face aux crises sanitaires : entre densification et déconcentration [Internet]. *L'Institut Paris Region.* [cited 2020 Jul 16]. Available from: <https://bit.ly/3jrXqkg>
- [75] Conseil régional Île-de-France. Le Schéma directeur de la région Île-de-France. 2013.
- [76] Evaluation de l'impact du déconfinement sur la qualité de l'air en Île-de-France (Bilan au 10 juin 2020).
- [77] Fainsilber D. La périlleuse rentrée de la RATP. *Les Echos* [Internet]. 2020 Sep 2 [cited 2020 Sep 3]; Available from: <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/la-perilleuse-rentree-de-la-ratp-1238714>
- [78] Fayolle S, Soret J. Lutte contre la pollution de l'air : Classement des 12 plus grandes agglomérations françaises sur les transports [Internet]. *Le Réseau action climat France, Greenpeace France et UNICEF France;* 2019 p. 40. Available from: <https://www.calameo.com/read/005586632ec9837c4a6d1>
- [79] Aménagements cyclables temporaires et confinement : quelles opportunités ? [Internet]. *Cerema.* [cited 2020 Jul 23]. Available from: <https://bit.ly/39mmZ1J>

[80] Host S. Bénéfices sanitaires attendus d'une zone à faibles émissions métropolitaine. Évaluation quantitative d'impact sanitaire de trois scénarios [Internet]. Paris: ORS Île-de-France; 2019 p. 16.

Available from: <https://www.ors-idf.org/>

[81] RER V - le réseau vélo d'Île-de-France [Internet]. [cited 2020 Jul 22].

Available from: <https://revv.fr/>

[82] Lecroart P. De la voie rapide à l'avenue urbaine : la possibilité d'une « autre » ville ? [Internet]. Paris: Institut d'Aménagement et d'Urbanisme-IdF; 2012 p. 4. Report No.: 606.

Available from:

https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_956/NR_606.pdf

[83] Vehicules_electriques.pdf [Internet]. [cited 2020 Sep 3].

Available from:

https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1290/Vehicules_electriques.pdf

[84] Apur. Le Livre blanc des mobilités à l'horizon 2030 [Internet]. Apur. 2018 [cited 2020 Sep 9].

Available from: <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/livre-blanc-mobilites-horizon-2030>

[85] Lecroart P. Après la ville-automobile, la métropole humaine ? [Internet]. L'Institut Paris Region. [cited 2020 Jul 16].

Available from: <https://www.institutparisregion.fr/amenagement-et-territoires/amenagement/apres-la-ville-automobile-la-metropole-humaine.html>

[86] EGT H2020-Île-de-France Mobilités-OMNIL-DRIEA / Résultats partiels 2018 [Internet]. [cited 2020 Jun 24].

Available from: <http://www.omnil.fr/spip.php?article229>

[87] Enquête Covid-19 et Mobilité - Restitution vague 1 - Infogram [Internet]. [cited 2020 Sep 4].

Available from:

<https://infogram.com/1peg9nr2wxm7zvs6n0k7z9vyxtl9e6er93>

[88] Plan Vélo régional [Internet]. Région Île-de-France. [cited 2020 Sep 3].

Available from: <https://www.iledefrance.fr/plan-velo-regional-0>

[89] Mobilités -Vélo : quelles aides à l'achat ? | service-public.fr [Internet]. [cited 2020 Sep 3].

Available from: <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A14091>

[90] Brandily P, Brebion C, Briole S, Khoury L. A Poorly Understood Disease? The Unequal Distribution of Excess Mortality Due to COVID-19 Across French Municipalities [Internet]. Health Economics; 2020 Jul.

Available from:

<http://medrxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.07.09.20149955>

[91] Mangeney C, Saunail A, Féron V. La surmortalité durant l'épidémie de Covid-19 dans les communes et intercommunalités franciliennes [Internet].

Available from: <https://www.ors-idf.org/nos-travaux/publications/la-surmortalite-durant-lepidemie-de-covid-19-dans-les-communes-et-intercommunal.html>

[92] Benmarhnia T. Considérations, dans les politiques publiques, de l'équité et des inégalités sociales de santé en lien avec l'exposition à la pollution atmosphérique [Internet]. <http://irevues.inist.fr/pollution-atmospherique>. 2017 [cited 2020 Sep 4].

Available from: <http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=6375>

[93] Drieë Île-de-France. Plan de Protection de l'Atmosphère d'Île-de-France (2018-2025) [Internet]. Paris (France): Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie; 2018 p. 323 p.

Available from: <http://www.drieë.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/2-l-action-des-pouvoirs-publics-pour-la-qualite-de-a3783.html>

[94] d'État LC. Conseil d'État, 20 avril, Restriction des épandages agricoles [Internet]. Conseil d'État. [cited 2020 Sep 3].

Available from: <https://www.conseil-etat.fr/site/ressources/decisions-contentieuses/dernieres-decisions-importantes/conseil-d-etat-20-avril-restriction-des-epandages-agricoles>

[95] Décret n° 2019-1500 du 27 décembre 2019 relatif aux mesures de protection des personnes lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques à proximité des zones d'habitation. 2019-1500 Dec 27, 2019.

[96] Arrêté du 27 décembre 2019 relatif aux mesures de protection des personnes lors de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques et modifiant l'arrêté du 4 mai 2017 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et de leurs adjuvants visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime.

[97] 97. Collectif des maires anti-pesticides. Distances d'épandage de pesticides à proximité des habitations – Décisions en référé du 15 mai 2020 [Internet]. Conseil d'Etat.

Available from: <https://bit.ly/3fMXb0a>

[98] Anses. Protection des riverains en cas d'épandage de produits phytosanitaires | Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Internet]. [cited 2020 Sep 11].

Available from: <https://www.anses.fr/fr/content/protection-des-riverains-en-cas-d%E2%80%99%C3%A9pandage-de-produits-phytosanitaires>

[99] Airparif. Campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air - Synthèse des résultats en Île-de-France. 2020;12.

[100] Drieë Île-de-France. Qualité de l'air, quel rôle pour les agriculteurs ? [Internet]. Plan de protection de l'atmosphère Île-de-France; 2018 [cited 2020 Sep 11].

Available from: http://www.drieë.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/synthese_secteur_agricole_ppa.pdf

[101] Baudry J, Assmann KE, Touvier M, Allès B, Seconda L, Latino-Martel P, et al. Association of Frequency of Organic Food Consumption With Cancer Risk: Findings From the NutriNet-Santé Prospective Cohort Study. JAMA Intern Med. American Medical Association; 2018;178:1597–606.

[102] Host S. Chauffage au bois et santé en Île-de-France [Internet]. Paris: ORS Île-de-France; 2018 p. 16.

Available from: <https://bit.ly/3hplLhur>

[103] Claude Tillier, Medina S, Pascal M. La prévention de la mortalité attribuable à la pollution atmosphérique : pourquoi agir maintenant ? [Internet]. Saint-Maurice (France): Santé publique France; 2016 p. 8.

Available from: www.santepubliquefrance.fr

POLLUTION DE L’AIR ET COVID-19

REVUE DES CONNAISSANCES, IMPACT DES MESURES DE CONFINEMENT ET ENJEUX POUR L’ÎLE-DE-FRANCE

L’essentiel de l’étude

- Les mécanismes qui sous-tendent le rôle de la pollution sur la gravité de la COVID-19 doivent d’être approfondis. Cependant, il n’y a aucun doute sur le fait que l’exposition à court et long terme à la pollution atmosphérique ambiante est à l’origine de maladies chroniques, et que la pollution diminue la réponse immunitaire de l’organisme face aux infections. Ainsi la pollution de l’air peut être considérée comme un cofacteur de morbi-mortalité par COVID-19 ;
- En l’état actuel des connaissances, il n’y a pas de données scientifiques probantes permettant de dire que le virus peut être transporté par des particules atmosphériques ; cette question doit encore être investiguée. En revanche, plusieurs arguments plaident en faveur d’une capacité du virus à s’aérosoliser, ce qui est susceptible de favoriser sa transmission en milieu clos ;
- Les effets des mesures prises pendant la période de confinement sur la qualité de l’air démontrent qu’une limitation du trafic routier permet de réduire la pollution de l’air mais que les politiques de lutte contre la pollution atmosphérique doivent aussi actionner des leviers relatifs à d’autres secteurs tels que le chauffage domestique et l’agriculture ;
- Plusieurs travaux ont estimé les bénéfices sanitaires attribuables à cette amélioration de la qualité de l’air relatée dans de nombreuses régions du monde. Les premières analyses relèvent des effets particulièrement importants en Chine mais de plus faible ampleur en Europe et en Amérique du Nord.
- Les futures politiques publiques devront désormais mieux intégrer le risque infectieux, cela ne doit pas se faire au détriment de la prise en compte des enjeux liés aux facteurs environnementaux. L’analyse de certaines mesures montre que des synergies existent entre les actions et stratégies de lutte contre la pollution atmosphérique et les dispositions mises en œuvre dans le but de prévenir le risque épidémique.

Nous remercions Sylvia Medina de Santé publique France pour sa relecture et le partage de ses réflexions ainsi qu’Anne Kauffmann d’Airparif pour son expertise.

Nous remercions aussi Muriel Adam, Alexandra Coquière, Dany Nguyen-Luong, Jérôme Bertrand et Dominique Riou, respectivement des départements Planification et Mobilité de L’Institut Paris Region, pour leur relecture attentive et l’enrichissement de la réflexion sur les perspectives en matière de politiques publiques.



Observatoire régional de santé Île-de-France

15 rue Falguière - 75015 PARIS - Tél. (33) 01 77 49 78 60 - www.ors-idf.org

Président : Dr Ludovic Toro - Directrice de la publication : Dr. Isabelle Grémy

L’ORS Île-de-France, département de L’Institut Paris Region, est un observatoire scientifique indépendant financé par l’Agence régionale de santé et le Conseil régional d’Île-de-France.

ISBN : 978-2-7371-2102-9