



## Prendre en compte la mobilité des Lyonnais pour mieux évaluer leur exposition à la pollution atmosphérique

Lyon et ses environs forment un espace urbain très peuplé. La pollution de l'air y est un sujet sanitaire majeur, notamment celle due aux particules fines, responsables de diverses pathologies. L'exposition à ces particules des personnes qui vivent ou travaillent à Lyon varie dans la journée et dans l'espace. Pour l'estimer correctement il est nécessaire de prendre en compte tous les mouvements de population au cours de la journée. L'exposition est plus forte dans les endroits les plus densément peuplés, dans les zones d'activités et aux alentours des grands axes routiers. Les quartiers qui attirent un surcroît de population pendant la journée concentrent également plus de polluants. C'est le cas en particulier du centre de Lyon : la Presqu'île, la Part-Dieu et Gerland.

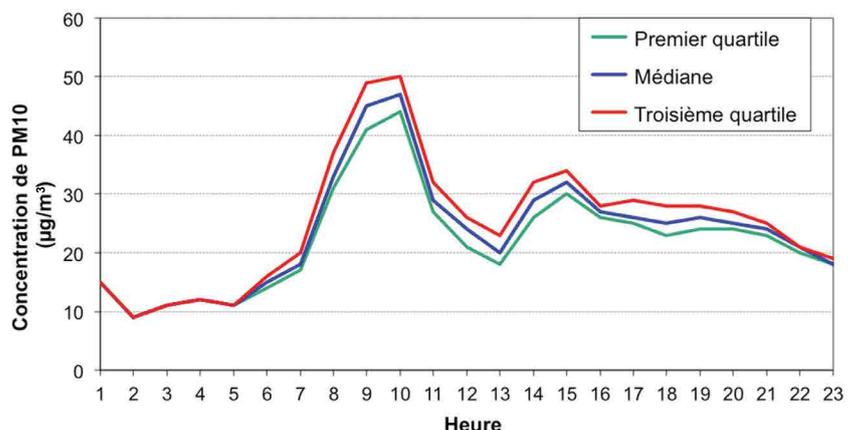
Serge Maury, Axel Gilbert, Insee – Anne-Laure Badin, Xavier Olny, Cerema

Malgré les améliorations constatées ces dix dernières années, la pollution de l'air des villes reste une question sanitaire majeure. La dégradation du niveau de qualité et pureté de l'air résulte d'un mélange complexe et en constante évolution de divers éléments chimiques, biologiques et physiques en cause dans des pathologies respiratoire et cardiovasculaire et certains cancers. On soupçonne aussi des effets indésirables pendant la grossesse (faible poids à la naissance, naissance prématurée).

À l'heure actuelle, les particules sont les polluants de l'air pour lesquels les effets sur la santé sont les plus documentés. La toxicité des particules provient à la fois de leur composition et de leur taille. Plus les particules sont fines et plus elles sont aptes à pénétrer profondément dans l'arborescence

### 1 Deux pics horaires de pollution

Evolution et dispersion de la concentration en PM10



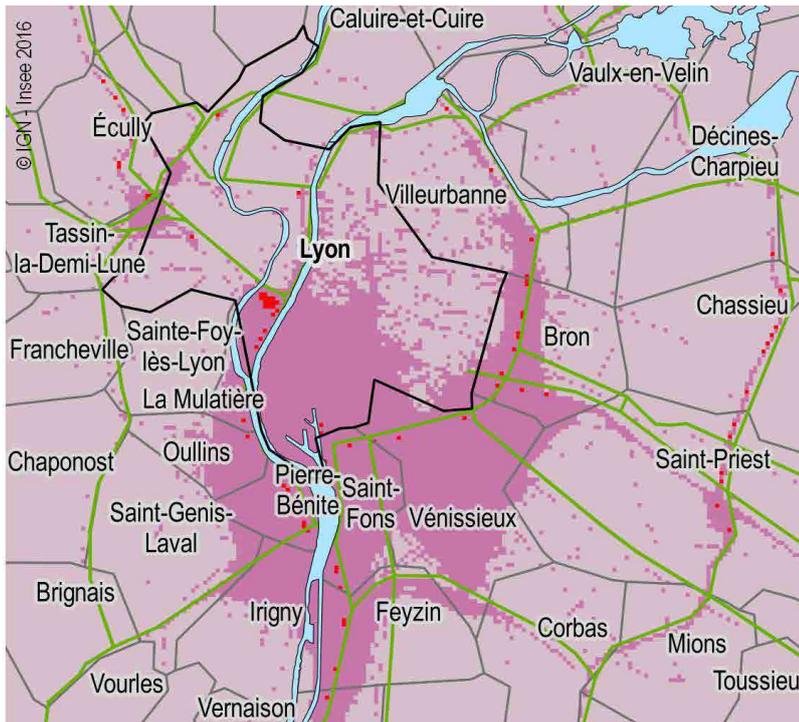
Lecture : à 13 heures, un quart du territoire est exposé à une concentration de PM10 supérieure à 23 µg/m³. Un quart concentre moins de 18 µg/m³.

Sources : Insee, Cerema, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

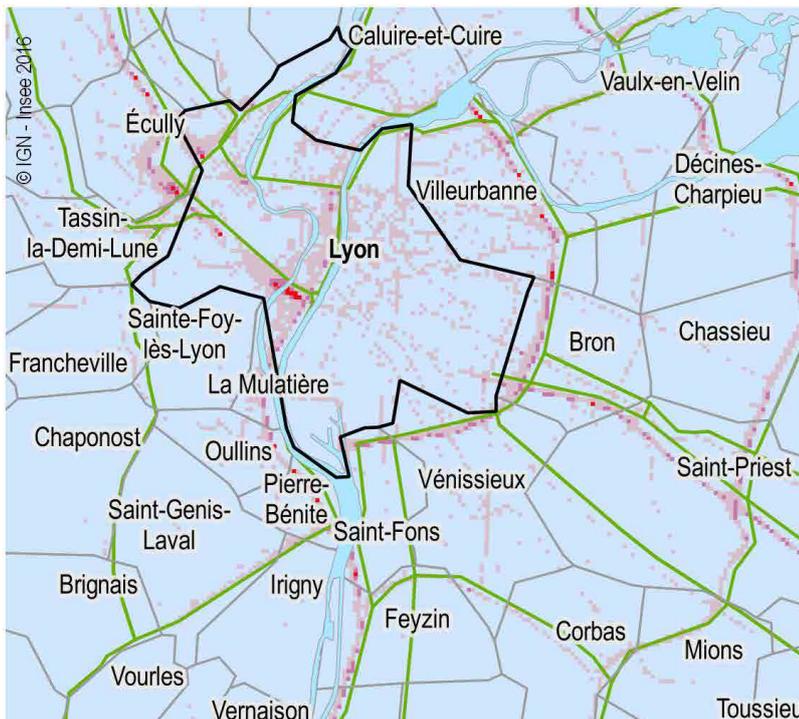


## 2 Plus de PM10 dans le sud et le centre de l'agglomération ainsi que le long des axes routiers

Concentration de PM10 à 10 heures



Concentration de PM10 à 16 heures



Concentrations en PM10 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



Sources : Insee, Cerema, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

pulmonaire, passer dans le sang et atteindre d'autres organes. Il n'y a pas de seuil de concentration en dessous duquel les particules ne sont pas dangereuses pour la santé. La présente étude concerne uniquement l'exposition aux particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns, dites PM10 (encadré).

Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du trafic routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...) et d'activités industrielles diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie).

L'agglomération de Lyon est un territoire sensible à la pollution atmosphérique, avec de très fortes activités humaines, des axes routiers très fréquentés et un tissu industriel important au sud de l'agglomération. C'est une zone urbaine très peuplée, avec 1 350 habitants au  $\text{km}^2$ , la quatrième plus dense de France après Paris, Lille et Strasbourg. La zone d'étude considérée ici est une zone centrée sur la commune de Lyon, comportant l'ensemble des communes limitrophes de Lyon et les communes attenantes à celles-ci (soit 40 communes sur une surface de  $420 \text{ km}^2$ ). C'est la partie la plus dense de l'agglomération, en termes de population résidente, d'emplois et d'autres activités (lieux d'études, de loisirs, hôpitaux...).

### Une concentration maximale en particules fines en milieu de matinée...

L'estimation de l'exposition des habitants de Lyon aux particules fines intègre deux dimensions. L'intensité de la pollution proprement dite, comme par les données de concentration de particules fines dans l'air, est croisée avec la concentration spatiale de la population dans l'espace lyonnais. Ceci permet d'estimer la population potentiellement exposée à certains dépassements de seuil de pollution, en fonction de l'heure de la journée. L'étude menée ici repose sur les mesures effectuées pendant la journée du mercredi 12 janvier 2011. Les émissions de polluants étaient élevées ce jour-là puisque c'était un jour de semaine en hiver. Par ailleurs, les conditions météorologiques étaient plutôt défavorables : peu de vent, pas de précipitations (sources et méthode).

La concentration moyenne en particules PM10 évolue nettement au cours de cette journée (figure 1). Au cours de la nuit, la concentration moyenne ne dépasse guère  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elle s'élève fortement dès 7 heures du matin, notamment sous l'effet des émissions de polluants générées par les déplacements et des conditions météorologiques défavorables, pour atteindre à 10 heures un pic de concentration médian autour de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En début d'après-midi, les concentrations diminuent nettement pour atteindre un seuil de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , avant de remonter un peu autour de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre 15 et 16 heures. En soirée, la concentration baisse à nouveau, autour de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### ... qui concerne surtout le centre et le sud de Lyon

Les niveaux de concentration en particules à Lyon répondent à une géographie précise, liée aux zones densément peuplées et surtout aux espaces situés à proximité des grands axes routiers. Au moment du pic de 10 heures, la totalité de la zone étudiée présente une forte concentration en particules, supérieure à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Un quart du territoire (soit  $100 \text{ km}^2$ ) dépasse  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et certains endroits se situent même au-delà du seuil de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,65 \text{ km}^2$  au total). La plus forte concentration de polluants atmosphériques s'observe au niveau de l'échangeur de Perrache et ses alentours. Mais une large partie du centre et du sud de l'agglomération lyonnaise est également concernée (figure 2). Les quartiers lyonnais les plus exposés sont Confluence, Gerland, Moulin-à-vent et États-Unis. Dans la banlieue sud, il s'agit de Vénissieux, d'une partie de Bron, de Saint-Fons, de Pierre-Bénite et de la moitié ouest de Feyzin.

### 3 Une majorité de la population est exposée à la pollution en milieu de matinée

Concentrations de PM10 et de population au cours de la journée

Concentration de PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nuit (1 heure)		Matin (10 heures)		Midi		Après-midi (16 heures)		Soirée (22 heures)	
	Surface (%)	Population (%)	Surface (%)	Population (%)	Surface (%)	Population (%)	Surface (%)	Population (%)	Surface (%)	Population (%)
moins de 30	100,0	100,0	0,0	0,0	93,2	87,0	84,6	67,0	98,9	98,6
de 30 à 50	0,0	0,0	72,9	57,0	6,5	12,7	14,6	31,7	1,1	1,4
de 50 à 80	0,0	0,0	26,9	42,8	0,3	0,3	0,7	1,2	0,0	0,2
plus de 80	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0

Lecture : à 10 heures du matin, 73 % du territoire lyonnais connaît une concentration en PM10 entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 57 % de la population se trouve alors dans cette zone.

Sources : Insee, Cerema, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

À midi, la baisse générale des concentrations entraîne une réduction de la zone la plus polluée, qui se limite alors à quelques axes de communication très précis (1  $\text{km}^2$  seulement à plus de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). L'échangeur de Perrache, l'autoroute A7, le tronçon est et sud du boulevard périphérique (la départementale D383 se prolongeant dans le boulevard Laurent Bonnevay) constituent autant de zones affectées par des concentrations situées entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

À 16 heures, la zone de concentration à plus de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  s'étend sur 3  $\text{km}^2$ , avec des mesures dépassant localement 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les axes de communication affectés par la pollution aux PM10 sont plus nombreux : autoroutes, boulevards extérieurs, rocade est entre Vaulx-en-Velin et Saint-Priest (nationale RN346), autoroute A42. Une partie de la Presqu'île est également affectée par ces mêmes niveaux de concentration (50-80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### Une concentration de la population dans l'hypercentre de Lyon et dans les zones d'activités

Ces concentrations de particules doivent être mises en regard de la population présente sur le territoire étudié. Celle-ci présente comprend non seulement les personnes qui sont à leur domicile, mais aussi sur leur lieu de travail ou d'études, en ville, dans les transports... Cette population et sa répartition dans la ville évoluent

au cours de la journée. Ainsi, l'ensemble de la zone gagne 14 000 personnes entre la nuit et le jour, en raison de l'arrivée d'actifs qui résident en périphérie de la zone, plus nombreux que ceux qui font le trajet inverse. Cette différence globale est assez faible, la zone d'étude représentant 1 400 000 personnes.

À l'intérieur de la ville de Lyon, les mouvements sont plus importants. Ainsi, la concentration de la population augmente en journée à certains endroits. L'hypercentre de Lyon (Presqu'île, quartier de la Part-Dieu) est surtout concerné, ainsi que les zones d'activités qui sont, par nature, dépourvues de population résidente. La moitié de la population présente sur le territoire d'étude est concentrée sur une zone de 16  $\text{km}^2$  la nuit, et de seulement 13  $\text{km}^2$  le jour.

#### 43 % de la population lyonnaise exposée à la pollution entre 10 et 11 heures

Les polluants étant largement émis par l'activité humaine, ces espaces sont assez logiquement les plus pollués. Ainsi, le mouvement de regroupement de population pendant la journée augmente le phénomène de concentration des particules dans les zones les plus densément peuplées, ce qui provoque une exposition accrue de la population à ces polluants. À midi, la partie de l'agglomération où la concentration de

PM10 dépasse 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ne représente que 7 % de la superficie de la zone d'étude, mais regroupe 13 % de la population présente.

Les effets les plus importants de ce phénomène ont lieu au moment du premier pic de concentration entre 10 et 11 heures. La plupart des actifs sont alors au travail, les élèves et étudiants sont sur leur lieu d'études et une part du reste de la population est en ville, dans les quartiers de commerces et les rues passantes. À ce moment, 43 % des personnes présentes dans la zone urbaine de Lyon sont exposées à des niveaux de pollution aux particules supérieurs à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (figure 3). Cette proportion inclut les personnes qui sont à leur domicile ou sur leur lieu de travail : la qualité de l'air intérieur est liée à celle de l'air extérieur. Cela représente 600 000 personnes dans le quart de l'espace urbain. Il s'agit surtout des Lyonnais qui vivent et travaillent dans le centre de Lyon et à proximité des axes routiers, notamment le quartier des hôpitaux (Lyon et Bron), autour de la porte du Valvert à Écully et du sud du Périphérique, entre Gerland et Saint-Fons. Une petite part de la population lyonnaise est même exposée à des niveaux de pollution en PM10 qui excèdent 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cela représente environ 3 000 personnes, principalement les automobilistes situés sur les grands axes routiers et les personnes qui se trouvent à proximité de l'échangeur de Perrache. ■

#### La surveillance réglementaire de la qualité de l'air

La surveillance réglementaire porte sur les particules de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  (PM10) mais également sur celles de diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2,5). Elle est réalisée en continu par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), telles qu'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. En complément de ces mesures, les AASQA réalisent des modélisations de concentration de polluants sur la base de la connaissance des activités générant des émissions de polluants, des conditions météorologiques et de la qualité de l'air à des échelles spatiales plus larges. Quatre classes de concentrations de PM10 ont été constituées pour faciliter l'analyse de l'exposition des populations : plus de 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , entre 50 et 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et inférieure à 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce sont les seuils d'information et d'alerte retenus par les pouvoirs publics en matière de qualité de l'air. Ces dispositifs sont enclenchés quand les concentrations sont dépassées de manière continue sur une journée, ou en moyenne annuelle.

## Sources et méthode

### Comment est estimée la population présente dans l'agglomération de Lyon à différents créneaux horaires de la journée ?

Ces résultats sont issus d'une collaboration entre l'Insee et le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema).

La population présente et sa répartition dans l'agglomération de Lyon selon différents créneaux horaires est le résultat d'une modélisation. Cette population présente est estimée en considérant l'ensemble des personnes qui y résident, travaillent ou y étudient.

Il s'agit donc de déterminer la population présente habituellement dans la métropole, selon la localisation des activités, la morphologie de la ville (rues passantes), la localisation des lieux de résidence et la propension des personnes à se situer à tel ou tel lieu dans la journée.

La méthode d'estimation de la population infra-journalière se décompose en deux étapes. La première étape consiste à estimer la population présente dans la Métropole de Lyon par créneau horaire. L'enquête Emploi du temps est mobilisée pour modéliser ces comportements : elle permet en effet de connaître avec précision les activités dans une journée des personnes âgées de plus de 15 ans. Pour chaque créneau horaire, la population qui réside ou travaille dans l'espace autour de Lyon est répartie entre les différents lieux de travail, d'études, de résidence ou dans d'autres lieux (loisirs, affaires personnelles, commerce). La propension à fréquenter tel ou tel lieu durant le créneau horaire est déterminée selon les caractéristiques socio-démographiques de la personne (sexe, situation familiale, âge et catégorie socioprofessionnelle).

La population de l'agglomération lyonnaise pour chaque créneau horaire et pour chaque type de lieu, est ensuite ventilée dans des carreaux d'un hectare au moyen de clés de répartition spatiale. L'enquête annuelle du recensement de la population est mobilisée pour répartir la population à domicile par carreau. La ventilation de la population au travail (respectivement aux lieux d'études) se fait principalement par la connaissance de la localisation des entreprises (respectivement des écoles) et des effectifs concernés (sources Clap : Connaissance locale de l'appareil productif et BPE : Base permanente des équipements). Pour la ventilation des équipements sur les autres types de lieux, on distingue les commerces, les restaurants et les hôpitaux. Enfin, la population réputée présente dans d'autres lieux est affectée aux rues les plus passantes.

### Comment sont estimées les concentrations horaires de particules dans l'agglomération de Lyon ?

Les concentrations de PM10 étudiées ont été estimées par Air Rhône-Alpes en 2011, en utilisant deux étapes principales de modélisation. Dans un premier temps, les émissions de polluants sont estimées sur la base des activités de la zone connue (trafics, activités industrielles et domestiques). Dans un second temps, la dispersion des polluants émis et les réactions chimiques ayant cours dans l'atmosphère sont modélisées à une échelle locale pour estimer les concentrations de particules dans l'air, exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les conditions météorologiques et les niveaux de pollution de fond des masses d'air sont intégrées. La pollution de fond est considérée comme constante sur la zone d'étude : elle est issue de la station de Vaulx-en-Velin. La météo est aussi considérée constante sur toute la zone d'étude : elle est issue d'une station de mesures à Bron. Les phénomènes de remise

en suspension de particules n'ont pas été pas modélisés, mais sont partiellement pris en compte au travers des concentrations de fond. Cette modélisation se base sur un découpage géographique en carreaux de 10 mètres de côté. Les estimations de concentration et de population présente sont appariées selon le principe suivant : on affecte à chaque carreau de 100 mètres de côté la concentration de PM10 du carreau de 10 mètres qui se trouve en son centre.

### Pourquoi ce jour-là ?

L'analyse de la dynamique de la pollution et de l'exposition de la population a été conduite sur la journée du mercredi 12 janvier 2011. En effet, les concentrations et les écarts de concentration infra-journalière de cette journée se rapprochent des observations continues de la qualité de l'air de Lyon sur les mois de janvier et février 2016. En période hivernale, les émissions de particules sont plus élevées et les variations horaires sont marquées.

Cependant, la dynamique d'évolution temporelle des concentrations de PM10 dépend aussi de la météorologie. Ainsi, le vent et la pluie favorisent la dispersion, le brassage et le lessivage des polluants, alors que les situations anticycloniques persistantes et sans vent au sol ou des situations d'inversion de températures favorisent l'accumulation de polluants. S'il est possible de déterminer un motif journalier des émissions de polluants anthropiques sur la base de nos rythmes de vie, les conditions météorologiques influencent la qualité de l'air de manière beaucoup plus irrégulière. Ainsi, la modélisation de l'évolution horaire des PM10 du 12 janvier 2011 ne représente que la modélisation de ce jour-là, sans prétention de représenter la réalité d'une journée moyenne.

Insee Auvergne-Rhône-Alpes  
165, rue Garibaldi - BP 3184  
69401 Lyon cedex 03

Directeur de la publication :  
Pascal Oger

Rédactrice en chef :  
Aude Lécroart

ISSN 2495-9588 (imprimé)  
ISSN 2493-0911 (en ligne)  
© Insee 2016

## Pour en savoir plus :

- Bilans semestriels de la qualité de l'air sur <http://www.air-rhonealpes.fr/bilans>
- « Questions Réponses : Air extérieur et santé », Direction générale de la santé, avril 2016

