

Épisodes de pollution aiguë : quelles réponses sanitaires pour quels enjeux ?

Brigitte NADER

Géographe de la santé, membre associé au Lab'Urba, UPEC

Mots-clés :

dépassement de seuil, persistance, alerte, messages sanitaires, inégalités sociospatiales, effets sanitaires, qualité de l'air, pollution atmosphérique, développement durable

Keywords:

Threshold overrun, persistence, alert, sanitary messages, socio-spatial inequality, sanitary effects, air quality, atmospheric pollution, sustainable development

Les pointes de pollution de 2013 et 2014 s'insèrent dans une évolution législative européenne et nationale concernant les seuils de polluants et les procédures d'alerte à la pollution atmosphérique. Depuis 2014, la notion de persistance a été introduite dans la loi pour enclencher les procédures de précaution et de prévention. Bien que les pointes de pollution ne constituent pas un enjeu de santé publique, elles sont la façade d'une pollution chronique dont les effets sanitaires sont plus importants en termes de santé et de morbidité auxquels s'ajoutent des inégalités sociospatiales d'exposition. Les mesures doivent privilégier le long terme pour diminuer les émissions de polluants et amener la population, dont la prise de conscience est réelle, à modifier ses comportements pour cheminer vers une politique assurant une qualité de l'air pour tous.

Introduction

La disparition de la tour Eiffel sous un voile jaunâtre marqua les esprits lors des derniers épisodes de pollution aiguë qui touchèrent la

France aux mois de décembre 2013 et de mars 2014. Durant ces deux périodes, la concentration des particules PM_{10} a dépassé $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures, seuil au-delà duquel on considère que la santé des habitants est mise en danger. Ce dépassement a alors entraîné des procédures d'information et de recommandation puis une procédure d'alerte auprès des habitants lorsque les valeurs ont été supérieures à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures. Les grandes villes comme Paris et Lyon ont appliqué la gratuité des transports, la réduction de la vitesse des voitures, et pour la première fois depuis 1997, les Franciliens ont vu la circulation alternée pendant un jour au mois de mars. Ces deux « pics » et les mesures d'urgence mises en place ont suscité de nombreux débats en France : le premier est lié au risque sanitaire de tels épisodes qui ont ravivé les inquiétudes des Français, déjà évoquées par le baromètre santé de l'INPES en 2007, et confirmées depuis par plusieurs sondages comme ceux de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), ou encore de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), concernant la pollution et ses effets sanitaires. Le deuxième concerne la succession des pointes de pollution et la réactivité des autorités lors du dernier épisode. Enfin, de tels épisodes font ressurgir les polémiques sur les responsabilités individuelles et collectives de la pollution atmosphérique. Ces pointes, épisodiques et fortement médiatisées, sont la partie la plus visible d'une pollution chronique, qui est un véritable enjeu de santé publique. Ces épisodes nous amènent à revenir sur les seuils et leur dépassement qui provoquent des alertes à la pollution, et les réponses sanitaires qui y sont associées, mais aussi sur les enjeux nombreux de ces épisodes aigus et de la pollution chronique sous-jacente.

Évolution des réponses sanitaires aux épisodes aigus de pollution atmosphérique

La mise en place progressive des normes et seuils en Europe et en France pour les différents polluants

Pour lutter contre la pollution atmosphérique, l'Union européenne et la France ont intégré dans leurs législations des normes et des seuils concernant les principaux polluants tels que l'ozone, les particules en suspension PM_{10} et $PM_{2,5}$, le dioxyde de soufre (SO_2) et les oxydes d'azote (NOX). Ainsi, la Communauté européenne a introduit dans sa législation, dans les années 80, des normes d'émission et des normes de qualité de l'air donnant des objectifs à atteindre sous forme de valeurs limites d'immission pour chaque pays signataire. Ces normes se sont inspirées des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 1987 (Air quality guidelines for Europe, 1987). La France a appliqué en 1996 les directives européennes en promulguant la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 qui intègre pour la première fois une dimension sanitaire liée au principe de précaution. Elle définit entre autres « le droit à respirer un air qui ne nuise pas à la santé ». L'OMS a réactualisé en 2005 ses valeurs dites de qualité et a établi, pour chaque polluant, des seuils à atteindre en spécifiant les risques sanitaires d'après les nombreuses études épidémiologiques internationales. L'Union européenne a modifié en abaissant les normes et seuils des polluants par la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur en Europe. Les directives européennes sont introduites en France dans la loi du 21 octobre 2010 qui modifie la LAURE.

Néanmoins, il existe un décalage entre les normes européennes plus sévères et les normes françaises pour les particules fines et l'oxyde d'azote, ce qui entraîne la France à dépasser régulièrement les seuils autorisés. En effet, le HCSP (Haut Conseil de Santé Publique), dans son rapport de 2012 (HCSP, 2012) sur la pollution par les particules dans l'air ambiant, propose des

valeurs annuelles à atteindre de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $PM_{2,5}$ et 25 pour les PM_{10} en valeur annuelle. Ces seuils restent supérieurs aux seuils proposés par l'OMS qui recommande la valeur guide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur annuelle. Les seuils recommandés en valeur journalière sont de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $PM_{2,5}$ et 50 pour les PM_{10} (entre 25 et 50 pour l'OMS). Le HCSP préconise l'échéance 2015 pour atteindre ces valeurs guides, et 2020 en tant que valeurs impératives à ne pas dépasser. Le bilan de la qualité de l'air de 2013 du ministère du Développement durable et de l'Énergie souligne les dépassements continus des seuils établis pour les polluants comme les PM_{10} , les $PM_{2,5}$ et l'ozone¹. La commission européenne a saisi la cour de justice de l'Union européenne pour contraindre la France à respecter les directives.

Le dépassement de seuil, socle de la définition de l'alerte

Toutes les normes européennes et françaises se fondent ainsi sur la notion de dépassement de seuil pour enclencher des procédures spécifiques en fonction du danger sanitaire encouru. Les valeurs limites et les objectifs de qualité représentent les indicateurs relatifs au « bruit de fond » de la pollution, calculés en moyenne annuelle. Les seuils d'alerte sont quant à eux définis à partir d'indicateurs calculés sur des moyennes horaires ou journalières. Dès que la valeur seuil est dépassée, une procédure d'information auprès du public est lancée, suivie d'une procédure d'alerte, qui ne signifie pas forcément une catastrophe sanitaire. Cette procédure d'alerte a pour origine les plans de préventions industriels des années 70. Elle a été introduite en Europe en 1992 pour l'ozone, et par décret en France le 18 août 1998 concernant la qualité de l'air.

Les directives de 2008 ont entraîné un abaissement des seuils en France, ce qui a conduit automatiquement à une augmentation des procédures d'information et d'alerte. En effet, les seuils d'information et de recommandation et le seuil d'alerte des PM_{10} ont été abaissés respectivement à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au lieu de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par 24 h. Ainsi, dans la région Rhône-Alpes, l'intégration du changement de seuil dès janvier 2011 aurait déclenché 13 fois plus de procédures de recommandation ou d'alerte (Rodriguez, 2012). Ces modifications peuvent faire croire que la pollution est plus importante, et que les pointes de pollution sont nombreuses et plus nocives qu'auparavant. Cette notion de

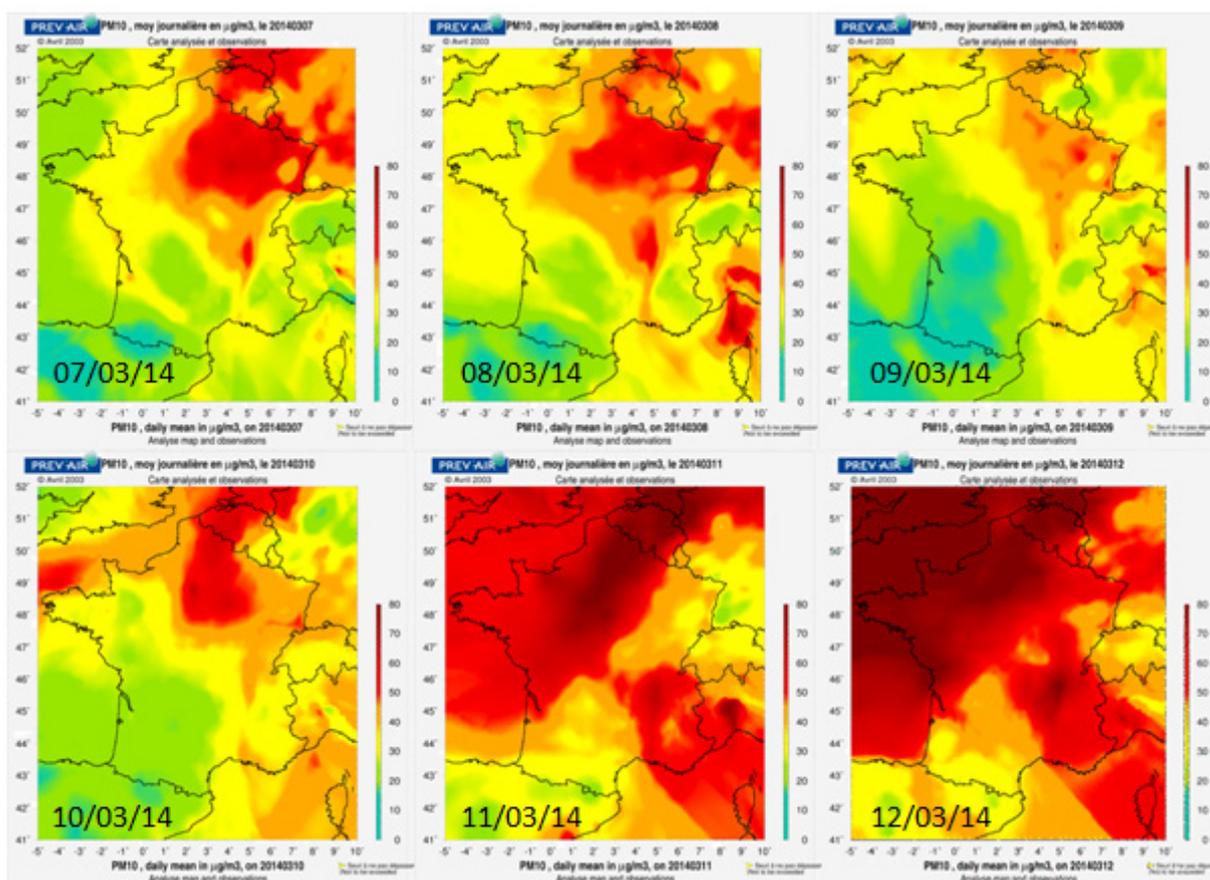


Figure 1.

Évolution des concentrations moyennes journalières de PM₁₀ du 7 au 12 mars 2014. (Source : PREVAIR : www2.prevoir.org/content/analyses-historiques-et-chroniques-de-polluants)

dépassement de seuil interroge car elle n'est en rien une valeur qui permet de protéger la population. En effet, aucune étude ne peut déterminer si un seuil est protecteur ou non. Les valeurs dites de qualité permettent de réduire le risque sanitaire mais ne l'annihilent pas. Le seuil est donc un compromis qui permet d'accepter le risque sanitaire.

Les pics de pollution de 2013 et 2014 et l'accélération législative

L'introduction de la notion de persistance

Lors de ces derniers pics de pollution, cette notion de dépassement de seuil est apparue inappropriée devant la persistance de la pollution atmosphérique. Les pics de décembre 2013 et mars 2014 ont marqué les esprits par le nombre de jours où les seuils des particules PM₁₀ ont été

dépassés et par leur extension géographique. En effet, du 7 au 13 mars, l'ensemble des régions françaises a été affecté, avec une extension et une intensité maximale les 11 et 12 mars, par des concentrations en particules PM₁₀ très élevées (dépassant 80 µg/m³) observées pendant plusieurs jours en Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Haute et Basse-Normandie, Bretagne, dans les Ardennes et dans le couloir Rhodanien, ainsi que des concentrations élevées (dépassant 50 µg/m³) sur quasiment la totalité du territoire national, comme le montre la figure 1².

La durée sur plusieurs jours de la pollution atmosphérique a conduit le gouvernement à redéfinir un épisode de pollution aiguë. L'arrêté du 26 mars 2014 caractérise un épisode de pollution aux particules PM₁₀ « par constat de dépassement du seuil d'information et de recommandation (modélisation intégrant les stations de fond) durant deux jours consécutifs et prévision de dépassement du seuil d'information et de recommandation pour le jour même et le len-

POPULATIONS CIBLES DES MESSAGES	MESSAGES SANITAIRES
<p>Populations vulnérables :</p> <p>Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardio-vasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques.</p> <p>Populations sensibles :</p> <p>Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (par exemple : personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, personnes souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux).</p>	<p>En cas d'épisode de pollution aux polluants suivants : PM₁₀, NO₂, SO₂ : limitez les déplacements sur les grands axes routiers et à leurs abords, aux périodes de pointe (horaires à préciser éventuellement au niveau local). Limitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions), autant en plein air qu'à l'intérieur.</p> <p>En cas d'épisode de pollution à l'O₃ : limitez les sorties durant l'après-midi (ou horaires à adapter selon la situation locale). Limitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) en plein air ; celles à l'intérieur peuvent être maintenues.</p> <p>Dans tous les cas :</p> <p>En cas de symptômes ou d'inquiétude, prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (lorsqu'elle est mise en place).</p>
<p>Population générale</p>	<p>Il n'est pas nécessaire de modifier vos activités habituelles.</p>

Tableau 1.

Message à diffuser lors d'un dépassement nécessitant une information

demain (...). En l'absence de modélisation, un épisode est considéré comme persistant s'il se maintient pendant trois jours consécutifs d'après les mesures des stations de fond ».

La notion de persistance devient ainsi une variable modulant les dispositifs d'alerte. Parallèlement, cet arrêté réorganise le dispositif de gestion des pics de pollution sur le territoire national en décrivant le déroulé du dispositif que l'autorité préfectorale doit suivre. Le 7 juillet, chaque préfet de région a mis en œuvre un arrêté interpréfectoral relatif à la procédure d'information-recommandation et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution visant à réduire cette pollution, conformément aux dispositions des articles L.223-1 et R.223-1 et suivants du Code de l'environnement. Il s'agit ici d'harmoniser, à échelle nationale, le panel des mesures à la disposition des préfetures.

Des messages d'information, de recommandation et d'alertes nationaux

Les messages sanitaires permettent une communication pour prévenir et protéger la population. Ces messages sont issus des recommandations du HCSP élaborées en avril 2000, reprises dans l'arrêté du 11 juin 2003 relatif aux informations à fournir au public en cas de dépassement ou de risque de dépassement des seuils d'information ou de recommandation ou des seuils d'alerte. En octobre 2013, le HCSP a modifié les messages sanitaires visant à protéger les personnes dites sensibles ou vulnérables en cas d'épisode de pollution. Ces nouvelles recommandations ont fait l'objet d'un arrêté le 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé. L'article 1 stipule qu'en cas d'alerte, les informations diffusées au public sont les messages sanitaires

POPULATIONS CIBLES DES MESSAGES	MESSAGES SANITAIRES
<p>Populations vulnérables :</p> <p>Femmes enceintes, nourrissons et jeunes enfants, personnes de plus de 65 ans, personnes souffrant de pathologies cardio-vasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques.</p> <p>Populations sensibles :</p> <p>Personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (par exemple, personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, personnes souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire, infectieux).</p>	<p>En cas d'épisode de pollution aux polluants suivants : PM_{10}, NO_2, SO_2 : évitez les déplacements sur les grands axes routiers et à leurs abords, aux périodes de pointe (horaires à préciser éventuellement au niveau local). Évitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions), autant en plein air qu'à l'intérieur. Reportez les activités qui demandent le plus d'effort.</p> <p>En cas d'épisode de pollution à l'O_3 : évitez les sorties durant l'après-midi (ou horaires à adapter selon la situation locale). Évitez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) en plein air ; celles peu intenses à l'intérieur peuvent être maintenues.</p> <p>Dans tous les cas : En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple, essoufflement, sifflements, palpitations) : - prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (lorsqu'elle est mise en place) ; - privilégiez des sorties plus brèves et celles qui demandent le moins d'effort ; - prenez conseil auprès de votre médecin pour savoir si votre traitement médical doit être adapté le cas échéant.</p>
<p>Population générale</p>	<p>Réduisez les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions). En cas d'épisode de pollution à l'ozone, complétez par : les activités physiques et sportives intenses (dont les compétitions) à l'intérieur peuvent être maintenues. En cas de gêne respiratoire ou cardiaque (par exemple, essoufflement, sifflements, palpitations), prenez conseil auprès de votre pharmacien ou consultez votre médecin ou contactez la permanence sanitaire locale (lorsqu'elle est mise en place).</p>

Tableau 2.

Messages à diffuser en cas d'alerte qui s'adresse à toute la population en ciblant toujours les personnes sensibles et vulnérables

nationaux à adapter en fonction des spécificités régionales et du public visé.

Ces messages se sont particulièrement complexifiés depuis les années 2000, et sont difficilement compréhensibles et applicables par tous. La différence entre personne sensible, vulnérable

et la population générale est critiquable. Cela suppose de s'identifier à un des types de personnes proposées. Pourquoi la population générale doit-elle prendre moins de précautions pendant les périodes d'information et d'alerte ? Ces messages visent à appliquer le principe de précaution, englobant ainsi la population à risque,

pour éviter des effets sanitaires à court terme qui, *a priori*, touchent moins la population générale. Ces messages ne peuvent pas être formulés de la sorte et doivent être simplifiés dans les dispositifs d'alerte préfectoraux lors des épisodes de pollution atmosphérique pour être compris par tous. Les effets sanitaires sont différents en fonction des polluants et de la saisonnalité, les messages doivent donc s'adapter davantage au contexte, à la temporalité et aux territoires.

Gérer la dimension spatiale de l'épisode aigu de pollution atmosphérique

La loi 26 mars 2014 introduit une dimension spatiale à l'épisode de pollution. Elle caractérise un épisode de pollution « soit à partir d'un critère de superficie, dès lors qu'une surface d'au moins 100 km² au total dans une région est concernée, soit à partir d'un critère de population. Pour les départements de plus de 500 000 habitants, lorsqu'au moins 10 % de la population dans le département est concernée. Pour les départements de moins de 500 000 habitants, lorsqu'au moins 50 000 habitants sont concernés. (...) Les situations locales particulières portant sur un territoire plus limité, notamment les vallées encaissées ou mal ventilées, les zones de résidences à proximité

de voiries à fort trafic et les bassins industriels. (...) En l'absence de modélisation de la qualité de l'air, un épisode de pollution peut-être caractérisé par constat d'une mesure de dépassement d'un seuil sur au moins une station de fond. »

La pollution atmosphérique a la particularité de se retrouver à toutes les échelles du territoire selon des intensités qui peuvent se concentrer dans des lieux précis. Certaines situations météorologiques favorisent une plus forte concentration des polluants au sol. En ville, la pollution se concentre à toutes les échelles avec un gradient d'intensité entre, premièrement, les quartiers résidentiels avec peu de trafic qui représentent la pollution urbaine de fond, et deuxièmement, les quartiers proches des grands axes de circulation, où la pollution est dite de proximité. En outre, à une échelle fine, comme celle du quartier ou de la rue, la pollution peut se concentrer localement selon un effet entonnoir, et créer au quotidien des situations de forte exposition à la pollution atmosphérique. Il s'agit bien ici de la pollution de proximité définie par Isabelle Rousset comme étant « une pollution ambiante qui ne résulte pas majoritairement de transferts atmosphériques à longue distance et qui est déterminée par le voisinage de sources d'émissions fixes ou mobiles ». La carte d'Airparif sur la pollution parisienne par les particules fines PM_{2,5} en 2013

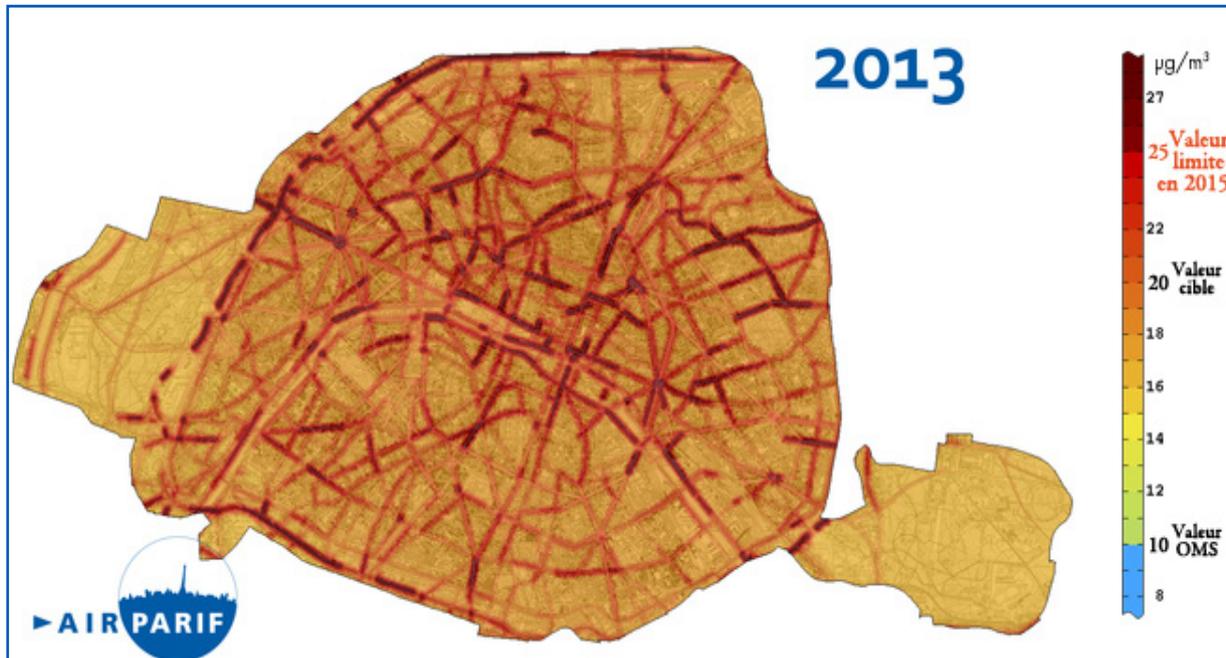


Figure 2.

Carte annuelle de la pollution par les poussières > PM_{2,5} en 2013 à Paris.
 Source AIRPARIF : <http://www.airparif.asso.fr/etat-air/bilan-annuel-cartes>

montre la concentration le long des boulevards et des rues où la circulation automobile est dense (figure 2). Ces espaces sont densément peuplés et la population est donc exposée de façon chronique à la pollution atmosphérique. Les épisodes de pollution apparaissent d'après les mesures des stations de fond, mais dans les grandes villes certaines stations de trafic dépassent les 35 jours autorisés pour les particules fines comme par exemple la station de la porte d'Auteuil avec 63 jours de dépassement en 2013 et 92 pour la station autoroute A1-Saint-Denis. Ces stations sont toutes les deux en bordure d'échangeurs routiers et ont aussi la particularité d'être proches d'espaces densément peuplés. Ainsi, à l'échelle fine, les épisodes de pollutions aigus sont-ils plus nombreux que ceux enregistrés par les stations de fond, la population y étant davantage exposée. Cette complexité spatiale a conduit le HCSP en 2013, à encourager le développement des outils de modélisation à échelle spatiale plus fine en vue de délivrer une information locale sur la pollution.

L'historique des mesures législatives montre que la gestion des pics est complexe car multifactorielle et multiscale. Le principe de précaution sous-jacent aux mesures législatives entraîne une action qui doit davantage privilégier le long terme que le court terme. Le HCSP précise ainsi dans son avis d'octobre 2013 qu'une stratégie jouant uniquement sur l'écrêtement des pointes ne permettra pas de régler les problèmes liés à la pollution chronique.

Des effets sanitaires complexes et multiscales à court terme et à long terme

Effets sanitaires de la pollution atmosphérique : un enjeu de santé publique

Les effets sur la santé de la pollution atmosphérique sont complexes à caractériser. Si l'ensemble de la population est concernée par la qualité de l'air, il existe une grande variabilité dans l'exposition aux polluants atmosphériques, leur nature et leurs effets, la sensibilité des personnes et enfin les conditions de l'exposition. Il est dif-

ficile d'établir la nocivité respective de chaque polluant atmosphérique, car ils sont inhalés sous forme d'un mélange, et leurs effets sont peu spécifiques d'un polluant. Les polluants agissent sur l'appareil respiratoire et sur l'appareil cardio-vasculaire.

L'arrivée de l'épidémiologie environnementale et des nouvelles méthodes prenant en compte l'évaluation quantitative du risque ont permis une évolution majeure de la connaissance des effets sanitaires de la pollution atmosphérique. La parution des premiers résultats de l'étude européenne multicentrique APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach) en 1995, est considérée comme un véritable tournant en ce qui concerne la prise de conscience des pouvoirs publics au sujet des effets sanitaires de la pollution atmosphérique (Festy et Quénel, 2003). Cette étude est à l'origine du développement en Europe des méthodes d'analyse ayant permis de mettre en évidence la persistance d'un impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine à court terme aux niveaux ambiants de pollution mesurés (Pascal *et al.*, 2013). Les résultats de l'étude estiment alors que la pollution serait responsable de 350 décès anticipés pour les villes de Lyon et Paris. Depuis, les études se sont démultipliées et ont privilégié l'étude des effets à long terme de la pollution atmosphérique.

Les effets à court terme

Les effets à court terme surviennent de quelques minutes à plusieurs jours après l'exposition aux polluants. Les symptômes observés sont des irritations nasales, des yeux, de la gorge, des symptômes respiratoires comme la toux, l'hypersécrétion nasale, l'essoufflement et une certaine majoration de crises d'asthmes et d'allergies. Différents indicateurs comme les hospitalisations, l'activité des médecins et des services d'urgences, l'absence au travail pour raisons médicales ou encore le décès permettent de synthétiser les effets sanitaires (Quénel *et al.*, 2003).

Les épisodes de courte durée fragilisent des personnes qualifiées de sensibles ou de vulnérables comme les enfants dont la capacité respiratoire est plus faible, et les personnes souffrant de maladies chroniques. En termes de morbidité, il est difficile d'étudier le rôle à court terme de la pollution sur l'incidence des maladies, mais certaines études comme celle de Pope (Pope,

1996) ont observé une diminution de 50 % des admissions pour affections respiratoires chez les enfants, suite à un arrêt pour fait de grève des émissions d'une usine sidérurgique polluante. D'autres études, comme celle de Jacquemin (Jacquemin *et al.*, 2012) ont montré que les pics ordinaires de pollution atmosphérique aggravent nettement les symptômes des patients asthmatiques et le contrôle de leur maladie. Pour ce qui est de l'exposition chronique, le niveau moyen de pollution locale, lié à la proximité d'une route à haut trafic, favorise une incidence plus élevée de l'asthme chez l'enfant et probablement chez l'adulte (Rochat *et al.*, 2012). En termes de mortalité, les études internationales s'accordent sur un impact significatif de l'ozone et les particules fines ainsi que sur les hospitalisations pour causes respiratoires et cardio-vasculaires (pour les particules) (Larrieu *et al.*, 2007).

Néanmoins, toutes les études montrent que les épisodes aigus de pollution atmosphérique ont moins d'impact qu'une exposition à la pollution chronique. Les pointes de pollution ne constituent pas un enjeu de santé publique contrairement à la pollution chronique. Les informations et recommandations, ainsi que les alertes, sont les outils de stratégies d'évitement destinées à protéger les personnes les plus à risques lors des pointes de pollution. À l'échelle individuelle, ces informations et alertes sont majeures car elles permettent, en partie pour les personnes âgées ou bien pour les nourrissons, de rester dans le logement qui devient un véritable repaire, le lieu sûr, protecteur anti-pollution extérieure. Ce repli intérieur est toutefois paradoxal puisque la pollution intérieure peut y être aussi nocive pour la santé (APPA, 2013), c'est pourquoi il est recommandé d'aérer son logement, y compris en cas de pollution aiguë. Mais ces stratégies d'évitement, officielles ou individuelles, ne permettent pas de lutter contre la pollution chronique et ses effets à long terme.

Les effets à long terme

Les effets sanitaires liés à une exposition chronique aux polluants atmosphériques sont souvent étudiés dans des études de cohortes. En termes de morbidité, une exposition à long terme aux particules entraîne un accroissement des symptômes des voies respiratoires inférieures, des maladies respiratoires obstructives chroniques et une réduction des fonctions pulmonaires chez les enfants et les adultes. En termes de mortalité,

cette exposition chronique diminue significativement l'espérance de vie, augmente les risques de mortalité liés aux maladies cardio-vasculaires et au cancer du poumon. Les études européenne et française permettent d'établir des estimations sur l'espérance de vie. Le CAFE (Clean Air For Europe) estime que 42 000 décès seraient liés à une exposition chronique. L'espérance de vie serait diminuée de 5 à 24 mois en fonction des villes en Europe et de 5,4 mois en moyenne pour des villes comme Marseille, Lille, Lyon ou Paris. L'étude Aphekom3 menée en Europe dans 25 villes européennes a utilisé la méthode d'évaluation d'impact sanitaire (EIS)⁴ classique pour estimer l'impact de la pollution de l'air sur la santé des 39 millions d'habitants. Cette étude estime que selon la ville et son niveau moyen de pollution, si les niveaux moyens annuels de particules fines (PM_{2,5}) étaient ramenés au seuil de 10 microgrammes par mètre-cube (µg/m³) (valeur guide préconisée par l'OMS), le gain d'espérance de vie à l'âge de 30 ans pourrait atteindre 22 mois. En conséquence, le dépassement de la valeur guide préconisée par l'OMS pour les PM_{2,5} se traduit par près de 19 000 décès prématurés chaque année, dont 15 000 causés par des maladies cardio-vasculaires. Les études nord-américaines confirment le lien entre exposition aux particules fines et morbi-mortalité pour des niveaux d'expositions nettement inférieurs aux niveaux observés dans la plupart des villes européennes (Pascal *et al.*, 2013).

En outre, en 2013, Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules issues du diesel comme étant cancérigènes. Les effets des expositions prolongées aux PM_{2,5} montrent une association avec la réduction de l'espérance de vie par une augmentation du risque de développer des maladies chroniques cardio-vasculaires respiratoires, et des cancers (Institut national du cancer, 2013). Le rapport REVIHAAP (REVIEW of Evidence on Health Aspects of Air Pollution) de 2013 de l'OMS pour l'Union européenne, qui a établi une revue de la littérature internationale depuis 2005, a confirmé les effets à court et long termes sur la mortalité et la morbidité, mais a aussi mis en exergue des nouvelles recherches mettant en évidence les effets prénatals, cognitifs, neuro-développementaux, l'artériosclérose ou encore le diabète.

Les estimations des recherches scientifiques doivent inciter plus que jamais les autorités compétentes à agir à long terme pour diminuer les facteurs de risque liés à la pollution atmosphérique.

rique mais prendre aussi en considération les conditions locales de l'exposition à la pollution.

Des effets renforcés par les inégalités sociospatiales de santé

Les personnes sensibles et vulnérables plus affectées par la pollution atmosphérique et ciblées par les mesures sanitaires

Les études épidémiologiques montrent que les personnes les plus fragiles, comme les enfants et les personnes âgées, ou encore les personnes souffrant de maladies chroniques sont plus à même d'être touchées par les effets sanitaires de la pollution atmosphérique. Les messages délivrés lors des pointes de pollution s'adressent en particulier aux personnes dites sensibles et vulnérables. Selon l'arrêté du 20 août 2014, les personnes sensibles sont répertoriées comme étant « personnes se reconnaissant comme sensibles lors des pics de pollution et/ou dont les symptômes apparaissent ou sont amplifiés lors des pics (personnes diabétiques, personnes immunodéprimées, souffrant d'affections neurologiques ou à risque cardiaque, respiratoire ou infectieux). Les personnes vulnérables sont les femmes enceintes, les nourrissons et jeunes enfants, les personnes de 65 ans et plus, personnes souffrant de pathologies cardio-vasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires, personnes asthmatiques. » La vulnérabilité cible ici l'âge des plus jeunes et des plus âgés. En dehors de l'âge, la différence entre vulnérabilité et sensibilité en termes de morbidité est bien plus vague dans la définition. Il s'agit ici d'englober une population très large, dans un principe de précaution.

Cette vulnérabilité s'insère dans un contexte de vieillissement démographique, les personnes de 65 ans et plus sont de plus en plus nombreuses et représenteront en 2030, selon le scénario central de l'INSEE, 31 % de la population française, dont 16 % aura 75 ans et plus. Si la maladie chronique n'est pas le privilège de l'âge, il n'en demeure pas moins que l'arrivée au grand âge favorise son installation et accentue le facteur de risque. Le risque sanitaire a des impacts collatéraux sur la mobilité des personnes âgées et leur qualité de vie mais aussi sur leur perte d'autonomie. Au travers du prisme du vieillisse-

ment, la pollution sanitaire est un enjeu de santé publique.

En outre, cette définition de la vulnérabilité est évidemment à prendre avec précaution car en fonction du cadre de vie, de l'âge, de l'origine sociale et du mode de vie des personnes, la notion de vulnérabilité ou de sensibilité peut en être considérablement modifiée. En effet, les inégalités socio-spatiales influent considérablement sur la santé et entrent en considération dans l'exposition à la pollution atmosphérique.

Des inégalités sociospatiales vis-à-vis de l'exposition à la pollution atmosphérique

Des inégalités sociales de santé existent entre différents groupes de population : les catégories socio-économiques les moins favorisées ont une plus faible espérance de vie et sont en moins bonne santé (Leclerc *et al.*, 2000). La France est marquée par de profondes inégalités sociales de mortalité et de morbidité, supérieures à celles observées dans les autres pays de l'Europe de l'Ouest entre les populations manuelles ou non manuelles (Aïch, 2010). Ces inégalités sociales sont aussi spatiales en fonction du territoire de vie. En 1994, le HCSP a souligné les importantes disparités régionales de l'état de santé en France en utilisant l'indicateur de la mortalité standardisé par âge. Les inégalités sociospatiales se retrouvent à toutes les échelles du territoire en termes de mortalité ou de comportements, comme les ont cartographiées G. Salem et S. Rican (Salem et Rican, 2006). On les retrouve aussi à l'échelle du logement dont on a pu voir les effets, lors de la canicule de 2003, pour les personnes âgées habitant des logements mal ventilés ou insérés dans des îlots de chaleur urbain, ou encore dans les résultats de l'étude Large Analysis and Review of European Housing and Health Status (LARES) de l'OMS, portant sur l'habitat et la santé dans huit villes européennes (2005).

Les recherches actuelles portent sur l'influence des nuisances environnementales, en particulier sur l'exposition à la pollution atmosphérique et sur la plus grande vulnérabilité des populations défavorisées vis-à-vis de l'exposition. Sophie Baudet-Michel et Christina Aschan-Leygonie ont mené une recherche pour comprendre les disparités de santé respiratoire entre plusieurs

viles en France (Baudet-Michel et Aschan-Leygonie, 2014). Les inégalités interurbaines de santé ont été évaluées à l'aide d'un indice standardisé relatif de prescriptions de médicaments pour les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et l'asthme, permettant de comparer les villes entre elles. Des différences majeures sont apparues entre des villes comme Béthune, Lens, Hagondange-Briey, Morlaix ou Saint-Quentin dont l'indice est bien supérieur à la moyenne nationale, ce qui se traduit par des prescriptions une fois et demie plus élevées que la moyenne française. Les prescriptions pour les BPCO sont plus importantes dans les villes où la part de populations sans diplôme est élevée et dans les villes où les concentrations de polluants atmosphériques sont élevées. Cette étude rejoint des études européennes montrant que les personnes les plus défavorisées sont plus exposées à la pollution atmosphérique liée au trafic ou aux émissions industrielles. L'étude Brainard *et al.* (2002) de la ville de Birmingham a montré que les concentrations de NO₂ et en monoxyde de carbone sont plus élevées dans les zones géographiques défavorisées et présentant une proportion plus élevée de « population de couleur ». En revanche, d'autres études montrent à l'inverse que ce sont les populations les plus favorisées qui sont les plus exposées comme à Rome, à Paris ou à Londres. En Angleterre en 2007, McLeod *et al.* (2000) ont étudié la relation entre les concentrations de PM₁₀, de NO₂ et de SO₂ et des indicateurs socio-économiques. Les populations les plus favorisées apparaissaient plus exposées à la pollution de l'air, quel que soit le polluant ou l'indicateur socio-économique considéré. Ces résultats se retrouvent dans l'étude menée par le programme Equit'area⁵ en France, qui associe la concentration des polluants avec un indice de défaveur appliqué à l'échelle de l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique), unité territoriale statistique englobant 2 000 personnes. Pour les agglomérations de Lyon, de Lille et de Marseille, les IRIS les plus défavorisés sont ceux qui sont le plus exposés par rapport aux catégories sociales les plus avantagées. Les agglomérations de Marseille et de Lille montrent un gradient de pollution en lien avec l'indice de défaveur. À Paris, ce sont les IRIS du centre et de l'ouest les plus favorisés qui sont exposés à une pollution due au trafic routier.

Si ces études d'équité environnementale ont des résultats contrastés, elles concordent néanmoins pour démontrer que même lorsque les sujets de milieux sociaux défavorisés résident

dans des secteurs urbains moins affectés par la pollution, les conséquences sanitaires de cette exposition sont plus marquées que pour des milieux plus aisés (Deguen et Zmirou-Navier, 2010). La vulnérabilité est plus importante pour les populations défavorisées qui ont souvent un état de santé plus précaire, un moindre recours au soin, et n'ont pas la possibilité de quitter le quartier où ils habitent pour partir en vacances ou pendant un weekend. La vulnérabilité ici dépasse la notion d'âge ou d'état de santé, et est multifactorielle.

Ces études montrent bien la grande complexité de l'exposition à la pollution atmosphérique où les conditions de vie sont autant à prendre en considération que la complexité de la pollution atmosphérique. Or les alertes sont affectées à un territoire administratif, parfois découpé plus finement en zones d'alertes, mais s'appliquent de manière indifférenciée aux fonds de vallées comme aux sites d'altitude.

Les pointes de pollution : un outil de prise de conscience individuelle et collective

Retour d'expérience sur la gestion de l'épisode de mars 2014

Pour la première fois depuis 1997, la circulation alternée a été mise en place en région parisienne pour lutter contre cet épisode aigu. Bien que cette décision ait été prise un dimanche pour le lundi, le dispositif a été respecté par la très grande majorité des automobilistes. Une étude effectuée par Airparif révèle que la circulation alternée du lundi 12 mars a permis de réduire substantiellement les concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules fines (PM) à proximité du trafic. À l'heure de pointe du soir, la réduction moyenne des concentrations de NO₂ grâce aux mesures mises en place a atteint jusqu'à - 30 % sur le boulevard périphérique parisien (- 10 % de particules fines) et atteint en moyenne - 10 % à proximité du trafic (- 6 % pour les particules fines)⁶. L'Ademe a effectué un sondage auprès des Franciliens sur la circulation alternée du lundi 12 mars 2014⁷. Il en ressort que le dispositif a été

« bien accepté et jugé peu contraignant ». 80 % des automobilistes ou motards interrogés disent l'avoir respecté, et 59 % l'estiment justifié. Plus généralement, explique l'Ademe, « les transports alternatifs sont les solutions considérées comme les plus efficaces contre la pollution : 83 % des sondés plébiscitent la gratuité des transports en commun, 73 % le développement de services de partage de vélos ou d'automobiles, 69 % le covoiturage. Ils sont également 68 % à préconiser un accès restreint voire une interdiction des véhicules les plus polluants en centre-ville. »

Le déroulement de l'épisode du mois de mars a pourtant été l'objet de débats passionnés. Si la circulation alternée a été respectée par les Franciliens, elle a été pourtant critiquée car appliquée trop brutalement et trop tardivement. Les prévisions météorologiques et la notion de persistance devraient permettre à l'avenir de mieux gérer la mise en place de telles mesures. D'autres recommandations, comme l'incitation à prendre un vélo ou à marcher, ont aussi alimenté les débats. En effet, l'exposition à la pollution le long des axes de circulation est tout aussi importante à pied ou à vélo. L'étude de l'ORS Ile de France montre que le risque pour les cyclistes lié à la pollution atmosphérique, exposés aux PM_{2,5}, est plus élevé que le risque d'accidentologie (Praznocy, 2012). Faire du vélo le long des grands axes de circulation entraîne des situations d'hyperventilation pendant lesquelles l'exposition à la pollution est la plus forte : le volume d'air inspiré est plus important et la quantité de polluants inhalés plus importante. Cette exposition serait responsable d'une part des maladies chroniques respiratoires.

Une sensibilité plus importante de la population à la pollution de l'air et aux effets sanitaires mais une faible connaissance d'ensemble

Ces épisodes de pollution aiguë contribuent d'une certaine façon à une prise de conscience individuelle et collective de la pollution chronique. Les Français sont de plus en plus soucieux de la pollution atmosphérique. Déjà le baromètre santé de l'INPES en 2007 mentionnait cette préoccupation. En octobre 2014, le sondage réalisé auprès de 501 Franciliens âgés de 15 ans et plus, par l'IFOP pour Airparif, renforce cette prise de conscience. Pour 53 % des sondés, les conséquences d'une dégradation générale de l'at-

mosphère concernent d'abord la santé et la vie quotidienne, avant la mise en danger des écosystèmes et de la biodiversité (44 %). 70 % d'entre eux considèrent d'ailleurs que réduire la pollution de l'air est également bénéfique pour lutter contre le changement climatique. Le sondage montre aussi que 87 % se sentent concernés par l'environnement. 29 % des Franciliens déclarent avoir consulté un médecin, pour eux ou pour des proches, suite à des troubles liés à la pollution de l'air. Si les effets à court terme ne représentent pas un enjeu de santé publique, ils sont ressentis par la population et entretiennent une inquiétude. Ce sondage est à compléter par l'étude Primequal-Prédit qui étudie la perception de la pollution atmosphérique à l'échelle nationale⁸. Elle montre que 92 % des personnes interrogées ignorent les niveaux de pollution locaux, et qu'au moins 2 Français sur 3 n'ont jamais entendu parler de l'indice Atmo. Il y a donc une différence entre la perception de la pollution atmosphérique et la connaissance au quotidien de la qualité de l'air. L'indice ATMO est déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond, caractéristiques de la pollution générale pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants (il ne prend pas en compte les stations de mesure le long du trafic). Il intègre les principaux polluants atmosphériques, traceurs des activités de transport, urbaines et industrielles comme les poussières, le dioxyde d'azote, l'ozone et le dioxyde de soufre. À chaque niveau correspond un chiffre de 1 à 10, une couleur (vert, orange et rouge) et un qualificatif (de très bon à très mauvais). Sa médiatisation doit être renforcée pour lui donner une meilleure visibilité. Il est plus facile de connaître la météo ou encore l'enneigement des pistes ou la température de la mer que la qualité de l'air. La médiatisation qui accompagne les procédures d'information et d'alerte doit aussi se faire au quotidien. La chaîne France 3, par exemple, a intégré l'indice Atmo dans la météo régionale : cet effort est à étendre lors des météo nationales. Les sites Internet dédiés à la qualité de l'air sont nombreux mais peu connus du grand public, comme la fédération Atmo ou encore le site de Prév'air.

Quelles mesures pour assurer à tous une qualité de l'air durable ?

Des mesures à l'échelle de l'État pour diminuer les émissions

L'État dispose de plans à l'échelle nationale afin de réduire les émissions et d'inciter l'ensemble de la population à modifier son mode de vie. Ces plans existent pour certains depuis la loi de 1996, comme par exemple les plans de déplacements urbains (PDU). Depuis 2010, dans le cadre du Grenelle de l'environnement, le plan particules a comme objectif de réduire de 30 % en 2015 les émissions de particules fines dans tous les secteurs d'activité (domestique, industriel et résidentiel, transports, agriculture). Les plans de protection de l'atmosphère (PPA), déjà présents en 1996, se sont multipliés depuis 2013 : ils définissent les objectifs et les mesures, réglementaires ou portées par les acteurs locaux, permettant de ramener, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des zones où les valeurs limites réglementaires sont dépassées ou risquent de l'être, les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires. La France va mettre en place un Plan de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) en 2015 qui s'appuiera sur les Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) créés par la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010. Le Plan d'urgence de la qualité de l'air (PUCA) doit mettre en place des mesures qui permettent d'améliorer la qualité de l'air : favoriser le covoiturage, favoriser les voitures électriques, créer des leviers pour remplacer le parc des voitures polluantes, développer les transports en commun, instaurer la circulation alternée plus systématiquement en cas de dépassement de seuil, ou encore favoriser la marche et le vélo. Ces plans et mesures constituent le socle du futur Plan National Santé Environnement 3 (PNSE3).

Ces mesures se sont accélérées depuis que la commission européenne a saisi la cour de justice de l'Union européenne, et avec les dernières pointes de pollution. Mais ces mesures, prises en urgence, sont déjà travaillées en amont et sont souvent attendues par les spécialistes. La précipitation de leur mise en application après des

épisodes aigus n'apporte pas de crédibilité. Certaines mesures sont contradictoires, comme, par exemple, la loi interdisant les feux de cheminées à foyer ouvert qui doit s'appliquer le 1^{er} janvier 2015 mais qui a été remise en cause par Ségolène Royal en décembre 2014. Pour que la population adhère aux mesures, celles-ci doivent être cohérentes et anticipées.

Une communication et une éducation pour modifier les comportements individuels

Dans l'étude Primequal, 75 % des personnes interrogées considèrent que la population n'a pas de rôle à jouer dans la lutte contre la pollution atmosphérique. La grande majorité de la population compte réduire son exposition individuelle et sa contribution à la pollution grâce au progrès technologique, mais non en modifiant son mode de vie. Ces constats sont importants car ils montrent encore la dichotomie entre l'action individuelle et l'action collective. Les émissions de polluants ont bien changé depuis les années 50. Aujourd'hui, ce sont principalement le trafic routier, les activités résidentielles et tertiaires qui sont à l'origine de la pollution urbaine. William Dab rappelle que le pollueur, le pollué et le contribuable ne forment qu'une seule et même personne (Dab et Roussel, 2001).

L'alerte apparaît plus que jamais comme une stratégie d'évitement pour prévenir les risques sanitaires. La communication réalisée lors des pointes de pollution permet, d'un côté, de mieux informer la population et d'assurer, de l'autre, le principe de précaution. Cependant, elle n'est pas suffisante pour que les comportements se modifient. Il est donc indispensable que la population puisse adhérer aux mesures en connaissances de cause. L'information doit responsabiliser les habitants, condition nécessaire pour une adhésion et un changement de comportement.

Conclusion

Les épisodes aigus de pollution atmosphérique récents ont apporté des modifications dans les mesures sanitaires : la notion de persistance de l'épisode a été introduite, permettant à l'avenir de déclencher des alertes à la pollution atmosphérique. Ces alertes, exprimant un dépassement de seuil de la concentration des polluants, sont la partie visible de la pollution chronique

qui est un véritable enjeu de santé publique. La pollution atmosphérique est complexe et s'insère à toutes les échelles du territoire, touchant principalement les personnes dites sensibles ou vulnérables d'un point de vue sanitaire mais aussi d'un point de vue économique et social. La gestion des pointes de pollution doit s'intégrer à une politique de long terme qui vise à réduire les émissions durablement et à limiter la pollution chronique. Cela sous-entend une communication à long terme, pour informer sur la qualité de l'air

mais aussi inciter à modifier ses habitudes de vie et ses comportements. L'instauration d'une politique durable de préservation de la qualité de l'air s'insère en parallèle avec la question du réchauffement climatique. Les canicules à venir contribueront à l'augmentation des pointes de pollution. Il est donc important de conjuguer les deux et d'instaurer des politiques qui permettent à long terme de conserver une qualité de l'air saine en ville.

1 Bilan de l'air 2013 : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Publication-du-bilan-2013-de-la.html>

2 www.pév'air.org

3 <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2012/Impact-sanitaire-de-la-pollution-atmospherique-dans-neuf-villes-francaises>

4 Selon l'OMS, l'évaluation d'impact sanitaire (EIS) est « une combinaison de procédures, méthodes et outils utilisés pour évaluer les effets potentiels sur la santé d'une politique, d'un programme ou d'un projet. Utilisant des techniques quantitatives, qualitatives et participatives, l'EIS vise à produire des recommandations pour aider les décideurs et autres parties prenantes à faire des choix sur des solutions et améliorations pour prévenir les maladies et promouvoir activement la protection de la santé ».

5 <http://www.equitarea.org/index.php/fr/>

6 <http://www.airparif.asso.fr/actualite/detail/id/122>

7 <http://www.presse.ademe.fr/2014/05/la-circulation-alternee-pedagogique-et-peu-contraindante.html>

8 <http://www.primequal.fr/files/rapport-final.pdf>

Références

- Aïch, P. (2010). *Les inégalités sociales de santé*. Paris, Économica, 280 p.
- Air quality guidelines for Europe. (1987). Copenhague, Bureau régional de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'Europe, Publications régionales de l'OMS, European Series, n° 23.
- APPA. (2013). L'air intérieur. *Pollution atmosphérique* n° 218. [En ligne] : <http://www.appa.asso.fr/national/Pages/article.php?art=696>
- Baudet-Michel, S. ; Aschan-Leygonie, C. (2014). Les inégalités de santé respiratoire entre les villes. Dimensions socio-économiques et environnementales. *Métropolitiques*. [En ligne] : <http://www.metropolitiques.eu/Les-inegalites-de-sante.html>.
- Brainard, J.S. *et al.* (2002). Modelling environmental equity: access to air quality in Birmingham, England. *Environ Plan A*, n° 34(4), p. 695-716.
- Crouse, D. L. *et al.* (2012). Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Envr Health Perspect*, n° 120 (5), p. 708-714.
- Dab, W., Roussel, I. (2001). *L'air et la ville*, Hachette littérature, 219 p.
- Deguen, S. ; Zmirou-Navier, D. (2010). Expositions environnementales et inégalités sociales de santé, *ADSP*, n° 73, p. 27-28.

- Festy, B. ; Quénel, P. (2003). Pollution atmosphérique et épidémiologie en France : une longue maturation, *Pollution atmosphérique*, numéro spécial, p. 23-29.
- Haut Comité de Santé Publique. (2012). Rapport 2012 sur la pollution par les particules dans l'air ambiant. [En ligne] : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=265>
- Institut national du cancer. (2013). Particules fines, dont diesel, et risque de cancer, collection fiche repère. [En ligne] : <http://www.e-cancer.fr/rss-prevention/8264-fiche-repere-particules-fines-dont-diesel-et-risque-de-cancers>
- INVS. (2012). Impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans neuf villes françaises. [En ligne] : <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2012/Impact-sanitaire-de-la-pollution-atmospherique-dans-neuf-villes-francaises>
- Jacquemin, B. ; Kauffmann, F. ; Pin, I. *et al.* (2012). Air pollution and asthma control in the *Epidemiological study on the Genetics and Environment of Asthma*. *J Epidemiol Community Health*, n° 66, p. 796-802.
- Larrieu, S. *et al.* (2007). Short term effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular diseases in eight french cities: the PSAS program. *Sci Total Environ*, n° 387 (1-3), p. 105-112.
- Leclerc, A. *et al.* (2000). *Les inégalités sociales de santé*, Inserm, Paris, La découverte, 448 p.
- McLeod, H *et al.* (2000). The relationship between socioeconomic indicators and air pollution in England and Wales: implications for environmental justice. *Reg Environ Change*, n° 1(2), pp. 78-85.
- Pascal, L. *et al.* (2013). Effets sanitaires de la pollution de l'air : bilan de 15 ans de surveillance en France et en Europe. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*. INVS, n° 1-2. [En ligne] : <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Pollution-de-l-air-et-effets-sur-la-sante>
- Pope, C.A. (1996). Adverse health effects of air pollutants in a nonsmoking population. *Toxicology*, n° 111, p. 149-155.
- Praznocy, C. (2012). Les bénéfices et les risques de la pratique du vélo. Évaluation en Ile-de-France, ORS. [En ligne] : <http://www.ors-idf.org/index.php/component/content/article/642-les-benefices-et-les-risques-de-la-pratique-du-velo-evaluation-en-ile-de-france>
- Quénel, P. *et al.* (2003). Environnement et santé publique-fondements et pratiques, dans Gérin, M. *et al.* *Qualité de l'air ambiant*. Edisem, p. 291-315.
- Rochat, T. *et al.* (2014). Quel est le rôle de la pollution atmosphérique dans l'asthme ? *Rev Med Suisse*, n° 8, p. 2233-2236. [En ligne] : <http://rms.medhyg.ch/numero-363-page-2233.htm>
- Rodriguez, D. (2012). Une multiplication des alertes à la pollution aux particules fines PM₁₀ : l'air de nos villes serait-il plus pollué ? *Pollution atmosphérique* n° 213-214, Janvier-Juin, p. 11-14.
- Salem, G. ; Rican, S. (2006). *Atlas de la santé en France*, tomes 1 et 2, John Libbey Eurotext.