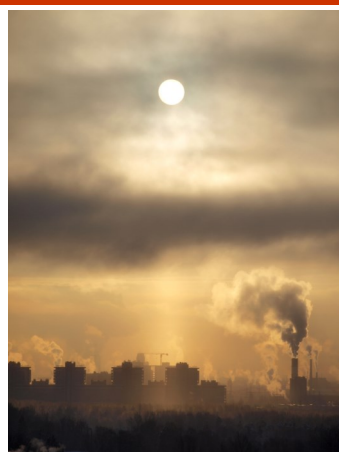


La pollution atmosphérique dans les Pays de la Loire



- Page 2** | Origines de la pollution atmosphérique et organisation de la surveillance dans les Pays de la Loire |
- Page 7** | Les effets de la pollution de l'air sur la santé |
- Page 11** | Exemples d'actions pour réduire les niveaux de polluants dans l'air |
- Page 16** | Impact positif du tramway sur la qualité de l'air à Angers |
- | Le rôle de l'ARS dans le dispositif de gestion des épisodes de pollution de l'air ambiant |
- Page 17** | Les pollinariums sentinelles |
- Page 19** | Pic d'exacerbations d'asthme lors de la survenue d'un orage en période de pollinisation, Nantes, juin 2013 |

| Editorial |

A ce jour, la pollution atmosphérique demeure encore un problème d'actualité : l'OMS estimait en 2012 que 3,7 millions de décès prématurés dans le monde étaient provoqués par la pollution de l'air extérieur [1]. En juin 2012, la pollution liée au diesel était classée comme cancérigène certain pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). L'année suivante, c'est la pollution particulaire et la pollution dans son ensemble qui étaient alors classées cancérigènes.

Même si l'évolution des émissions de polluants dans la région est stable, voire en baisse, la pollution de l'air reste cependant une préoccupation forte pour la population. Cette crainte est illustrée par le baromètre santé-environnement des Pays de la Loire réalisé en 2014, indiquant que 80 % des habitants de la région estiment que « la pollution de l'air à l'extérieur présente un risque pour la santé » [2].

Enfin, la pollution de l'air a un coût : dans son rapport du 8 juillet 2015, la commission d'enquête du Sénat sur le coût économique et financier de la pollution de l'air a indiqué que cette dernière coûterait plusieurs dizaines de milliards d'euros chaque année en France (dépenses de santé, absentéisme, et impacts indirects et non sanitaires notamment) [3].

Ce BVS est un numéro consacré à la thématique de la pollution de l'air extérieur. Il fait intervenir différents partenaires locaux travaillant sur ce sujet. Un point sur les connaissances sur la pollution atmosphérique a été rédigé par l'association en charge de la surveillance de la qualité de l'air dans notre région : Air Pays de la Loire. Les effets sur la santé de la pollution de l'air seront ensuite présentés par la Cire des Pays de la Loire. La Direction

régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) des Pays de la Loire complètera ce BVS en présentant des exemples d'actions pour réduire les niveaux de polluants dans l'air. Ce sujet sera illustré par un encadré d'Air Pays de la Loire présentant l'impact de l'implantation du tramway sur la qualité de l'air dans la ville d'Angers. Ensuite, l'Agence régionale de santé (ARS) des Pays de la Loire présentera les actions qu'elle mène dans le domaine de la qualité de l'air extérieur, dont un focus sur la mise en place des pollinariums sentinelles. Enfin, sera présentée une étude réalisée par la Cire des Pays de la Loire sur le lien entre asthme, orage, pollen et qualité de l'air extérieur.

Bonne lecture !

**Anne-Hélène Liébert, Bruno Hubert, Santé publique France-
Cire des Pays de la Loire**

| Références |

1. Organisation mondiale de la Santé. 7 millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année [En ligne]. Genève: 2014. [modifié le ; cité le 03/05/2016]. Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/>
2. ORS Pays de la Loire. Baromètre santé environnement Pays de la Loire 2014. 2014. 200 p. Disponible: http://www.santepaysdelaloire.com/ors/sites/ors/files/publications/BSE/2014_bse_pdl_rapport.pdf
3. Rapport du Sénat. Pollution de l'air : le coût de l'inaction, rapport fait au nom de la commission d'enquête sur le coût économique et financier de la pollution de l'air. Sénat; 2015. 306 p. Disponible: <http://www.senat.fr/rap/r14-610-1/r14-610-11.pdf>

Origines de la pollution atmosphérique et organisation de la surveillance dans les Pays de la Loire

Marion Guiter¹

¹ Air Pays de la Loire

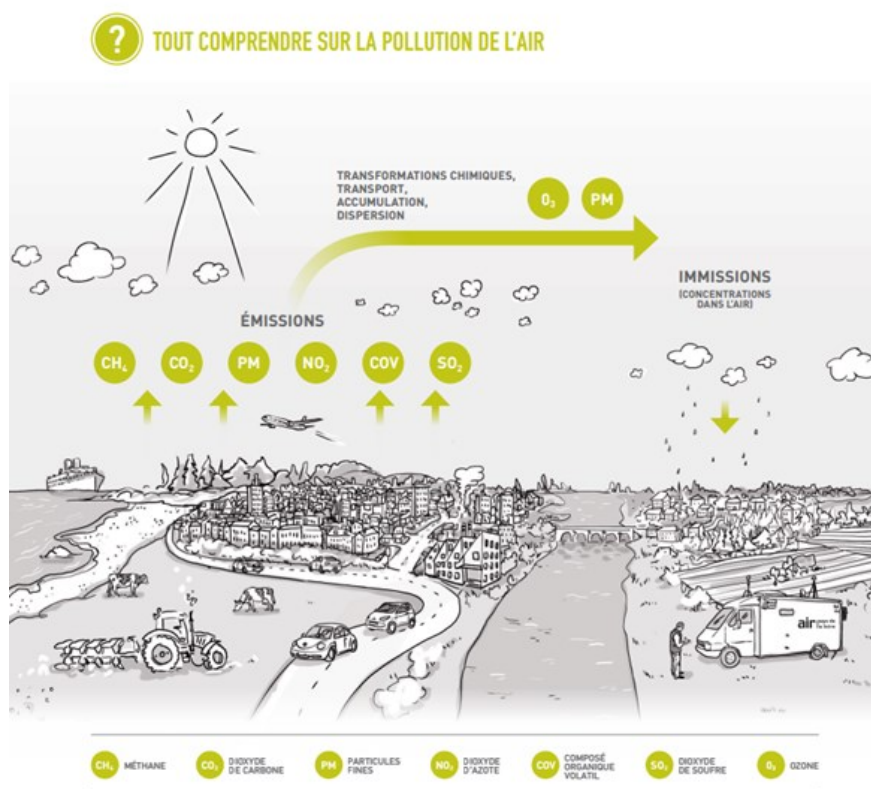
1. Origines de la pollution de l'air

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) de 1996 définit la pollution atmosphérique comme étant « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens et matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives ». Les relations entre les émissions de polluants et leur concentration sont complexes. Les concentrations de polluants dans l'air sont liées au nombre et à la

diversité de leurs sources d'émissions, mais aussi à leur transformation, leur transport, leur dispersion. Les conditions météorologiques, la composition chimique de l'air et la géographie des sites ont une influence importante sur la qualité de l'air (Figure 1).

La pollution peut être anthropique ou naturelle (feux de forêts : particules fines ; volcans : dioxyde de soufre, particules fines ; marais : méthane ; forêts : composés organiques volatils ; érosion : particules fines...).

Figure 1 : Cycle de la pollution de l'air (source : Air Pays de la Loire)



2. Air Pays de la Loire surveille la qualité de l'air de notre région

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère chargé de l'Environnement pour assurer la surveillance de la qualité de l'air pour la région des Pays de la Loire.

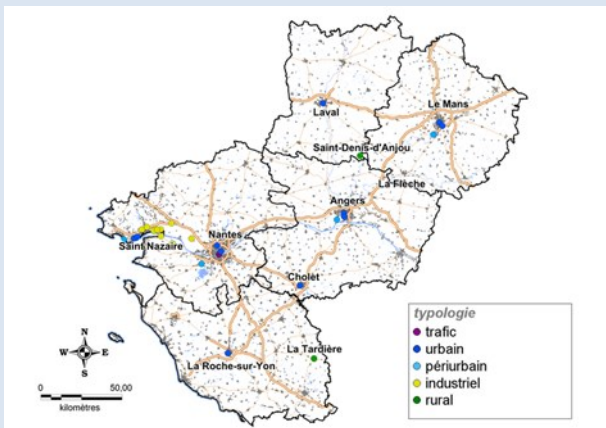
Air Pays de la Loire assure deux missions principales : la surveillance de la qualité de l'air par l'exploitation d'un réseau permanent de mesures fixes et indicatives, la réalisation de campagnes de mesure et l'usage de systèmes de modélisation numérique et l'information du public et des autorités compétentes par la publication fréquente et réactive de tous ses résultats, notamment sur son site www.airpl.org.

Air pays de la Loire réalise également un inventaire régional des émissions de polluants et gaz à effet de serre (BASEMIS®) et des actions de surveillance en air intérieur.

Air Pays de la Loire regroupe de façon équilibrée quatre collèges de partenaires : des services de l'État et des établissements publics, des collectivités territoriales, des entreprises industrielles et des associations de protection de l'environnement, de consommateurs et personnalités qualifiées.

- 80 membres
- 29 sites de mesure
- 67 mesures 24h/24 et 7j/7
- 7 villes pour lesquelles un indice ATMO est prévu chaque jour
- 4 agglomérations pour lesquelles la qualité de l'air est modélisée chaque jour
- 19 jours concernés par un épisode de pollution en Pays de la Loire en 2015

Réseau de surveillance de la qualité de l'air des Pays de la Loire



Station de mesure fixe



Station de mesure mobile (remorque laboratoire à Savenay)



Têtes de prélèvements



3. La qualité de l'air des Pays de la Loire en 2015

En 2015, les 7 principales agglomérations de la région ont présenté un bon indice de qualité de l'air pendant 70 à 82% des jours de l'année. Les indices correspondant à un air de mauvaise qualité sont en baisse depuis 2012 (Figure 2).

Figure 2 : L'indice de qualité de l'air

7 agglomérations	10 niveaux	4 polluants
L'indice de qualité de l'air caractérise quotidiennement de façon simple et globale la pollution atmosphérique de fond des zones urbanisées des 7 principales agglomérations de la région	L'indice est compris entre 1 (très bon) et 10 (très mauvais)	Il est égal au maximum des quatre sous-indices suivants : particules fines PM10, ozone O ₃ , dioxyde d'azote NO ₂ et dioxyde de soufre SO ₂

Selon les agglomérations, 3 à 6 journées avec un air particulièrement dégradé ont été comptabilisées. Ces dégradations ont été constatées au 1^{er} trimestre lors des épisodes de pollution par les particules fines (Figure 3).

D'une manière générale, d'avril à septembre, l'ensoleillement associé à des températures élevées favorise la formation d'ozone à partir de polluants précurseurs (dioxyde d'azote, composés organiques volatils...).

En hiver et au début du printemps, les indices peuvent s'élever plus ponctuellement sous l'effet des particules émises par le chauffage au bois ou la combinaison des émissions routières et agricoles.

Figure 3 : Zoom sur les épisodes de pollution de 2015

Polluant	Période concernée	Ampleur	Seuil dépassé	Spécificités
PM10	Du 30 décembre 2014 au 2 janvier 2015	Une partie de la France	14 procédures d'information, 2 procédures d'alerte	Quantité importante de particules très fines de carbone, issues notamment de la combustion de biomasse
PM10	23 et 24 janvier 2015	Une partie de la France	3 procédures d'information	
PM10	12 et 13 février 2015	Une partie de la France	7 procédures d'information	
PM10	Du 15 au 21 mars 2015	Une partie de l'Europe	17 procédures d'information, 2 procédures d'alerte	Import en provenance de l'est. Présence de nitrate et sulfate d'ammonium (particules très fines), liée aux activités agricoles
ozone	30 juin et 1 ^{er} juillet 2015	Une partie de la France	5 procédures d'information	Période de forte chaleur et ensoleillement propice à la formation d'ozone
SO ₂	29 octobre 2015	Donges	1 procédure d'information	Lié aux activités de la raffinerie de Donges
SO ₂	2 décembre 2015	Donges	1 procédure d'information	

Il est possible de s'inscrire pour recevoir gratuitement les alertes par mail en cas de pollution atmosphérique sur www.airpl.org.

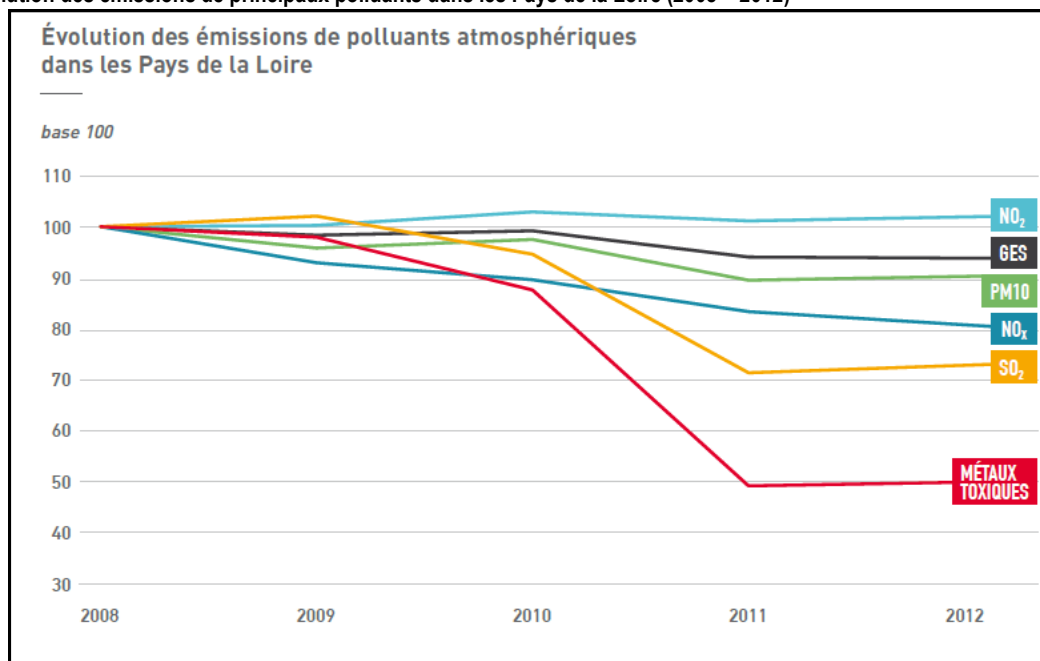
4. Les polluants atmosphériques en Pays de la Loire

Les informations sur les émissions de polluants et gaz à effet de serre* (GES) sont issues de BASEMIS® l'inventaire détaillé des émissions et des données énergétiques de la région des Pays de la Loire. Cet inventaire des polluants atmosphériques, des émissions de GES et des consommations d'énergie porte sur les années 2008 à 2012. Les années 2013 et 2014 seront disponibles en juin 2016. Il est utilisé par plus de 30 collectivités dans la

région pour leurs phases de diagnostic et prospective des plans et schémas (PCAET, PPA, SRCAE...) (Figure 4).

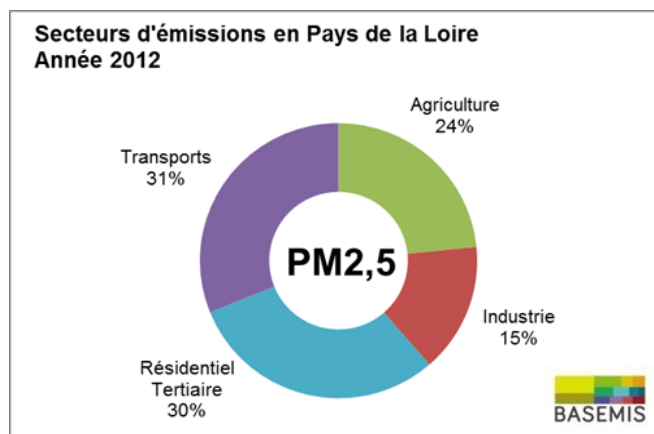
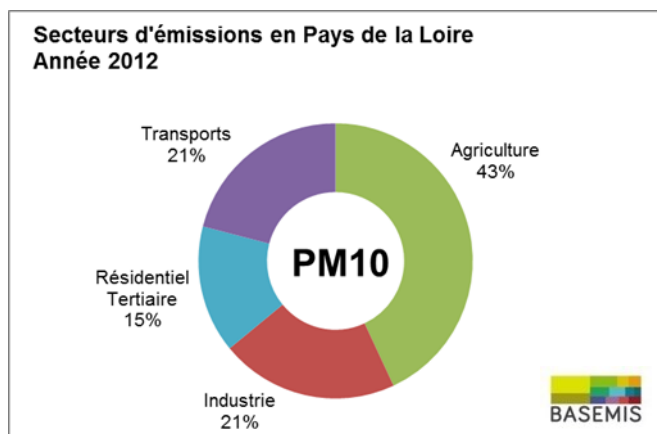
* gaz absorbant une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre. Plus d'une quarantaine de GES ont été recensés, dont le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) ou le méthane.

Figure 4 : Evolution des émissions de principaux polluants dans les Pays de la Loire (2008 – 2012)



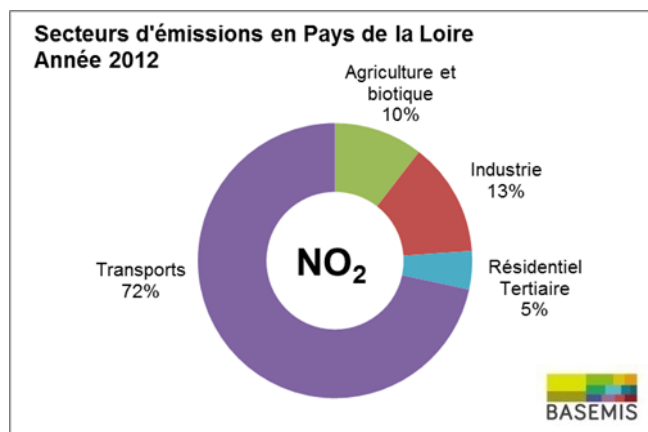
4.1. Particules fines

 quoi ?	 quand ?	 où ?	 effets sur la santé	 effets sur l'environnement
Il s'agit de polluants de nature variée caractérisés par leur taille. Les particules fines PM10 et PM2,5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10 µm et 2,5 µm. Elles sont naturelles ou produites par des activités humaines.	Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps.	Les phénomènes sont généralement de grande envergure (échelle régionale ou nationale). La pollution produite localement s'ajoute alors à une pollution importée d'autres régions.	Selon leur taille, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.	Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes. Impact sur le climat sous forme de carbone suie notamment.



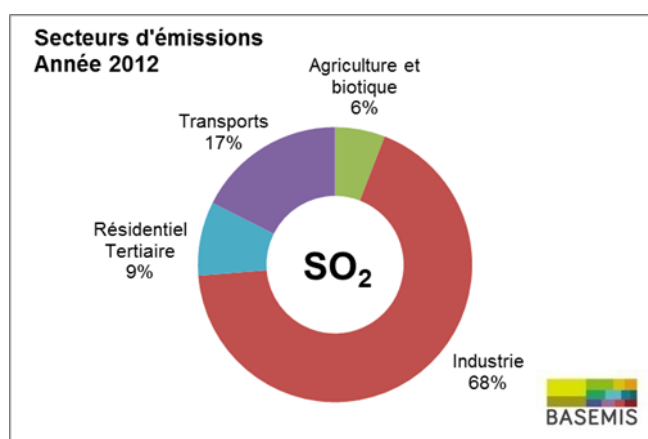
4.2. Oxydes d'azote

 quoi ?	 quand ?	 où ?	 effets sur la santé	 effets sur l'environnement
Le monoxyde d'azote NO se forme par combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphériques lors des combustions. Ce polluant principalement émis par les pots d'échappement se transforme rapidement en dioxyde d'azote.	Les oxydes d'azote présentent en milieu urbain deux pics de pollution aux heures de pointe du matin et du soir. A l'échelle annuelle, la pollution est plus forte en hiver avec des émissions plus importantes et des conditions de dispersion moins favorables.	Les taux d'oxydes d'azote sont généralement plus élevés près des voies de circulation et sous les vents des établissements industriels à rejets importants.	Ce gaz est irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.	Les NO_x participent à la formation des pluies acides. Sous l'effet du soleil, ils favorisent la formation d'ozone et contribuent ainsi indirectement à l'accroissement de l'effet de serre et à l'atteinte de la couche d'ozone.



4.3. Dioxyde de soufre

 quoi ?	 quand ?	 où ?	 effets sur la santé	 effets sur l'environnement
Le dioxyde de soufre provient généralement de la combinaison des impuretés soufrées des combustibles fossiles avec l'oxygène de l'air, lors de leur combustion. Les procédés de raffinage du pétrole rejettent aussi des produits soufrés. Il existe des sources naturelles de dioxyde de soufre (éruptions volcaniques, feux de forêt).	Ponctuellement, en fonction des émissions industrielles, des phénomènes naturels et de la direction des vents.	Les zones sous les vents des établissements industriels émetteurs sont les plus touchées.	Le SO₂ est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Comme tous les polluants, ses effets sont amplifiés par le tabagisme.	Le SO₂ se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.



4.4. Ozone

 quoi ?	 quand ?	 où ?	 effets sur la santé	 effets sur l'environnement
La basse atmosphère contient naturellement peu d'ozone. Toutefois, en atmosphère polluée ce gaz se forme par réaction chimique entre gaz précurseurs (en particulier, dioxyde d'azote, composés organiques volatils...). Ces réactions sont amplifiées par les rayonnements solaires ultraviolets.	Les niveaux moyens en ozone sont les plus élevés au printemps (avril à juin) et les niveaux de pointe sont maximaux en période estivale (juillet et août). Les concentrations sont minimales en début de matinée et maximales en début d'après-midi.	Les concentrations restent faibles près des axes de circulation où certains gaz d'échappement détruisent l'ozone. Il peut présenter des niveaux élevés en milieu urbain éloigné des axes routiers, dans les quartiers périurbains situés sous les vents et en zone rurale. Les zones littorales présentent des niveaux nocturnes et matinaux plus élevés.	L'ozone est un gaz agressif qui pénètre facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires. Ses effets sont très variables selon les individus.	L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (rendement des cultures...) et sur certains matériaux (caoutchouc...). Il contribue également à l'effet de serre.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé

Anne-Hélène Liebert¹, Bruno Hubert¹

¹ Santé publique France-Cire des Pays de la Loire

Nous respirons 10 000 à 15 000 litres d'air par jour, l'oxygène et l'azote sont les principaux composés de l'air (99%), mais ce dernier peut contenir des polluants pouvant avoir un effet néfaste sur la santé. L'épisode de smog survenu à Londres du 5 au 9 décembre 1952 et faisant plusieurs milliers de décès en excès a été un véritable tournant dans la prise de conscience des effets sanitaires de la pollution de l'air [1]. Les actions alors mises en place pour limiter les émissions industrielles et domestiques en Europe d'une part, et la diminution des niveaux de pollution qui en

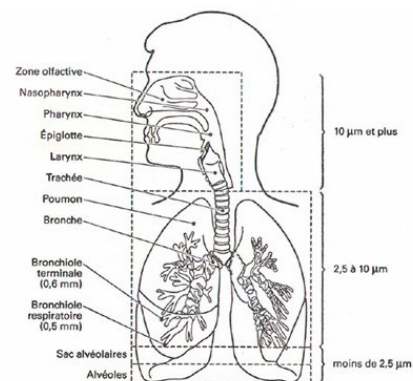
ont découlé d'autre part, étaient cependant insuffisantes. En effet, les nouvelles méthodes épidémiologiques utilisées au début des années 1990 ont montré que même de faibles niveaux de pollution avaient un impact sur la santé. C'est ainsi qu'en France, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) du 30 décembre 1996 imposait dans son article 3, de surveiller non seulement les effets de la pollution de l'air sur l'environnement, mais également les effets sur la santé des populations.

1. Les mécanismes d'action de la pollution de l'air

Les mécanismes d'action de la pollution de l'air sur la santé sont complexes et beaucoup d'entre eux sont encore mal connus. La pénétration des polluants dans les voies respiratoires dépend notamment de leur nature et de leur taille :

- les polluants particulaires iront plus ou moins profondément dans les voies respiratoires en fonction de leur taille : les particules les plus grosses (de taille supérieure à 10 µm) se déposent sur la muqueuse de l'oropharynx et seront dégluties, alors que les particules plus fines (2,5 µm) vont pouvoir se déposer sur l'arbre trachéo-bronchique et atteindre les alvéoles pulmonaires, pour ensuite pouvoir passer par la circulation sanguine vers d'autres organes (Figure 1) ;
- les polluants gazeux (comme le SO₂, le NO₂ ou l'O₃) vont pénétrer plus ou moins l'arbre bronchique selon le type de polluants.

Figure 1 : Schéma relatif à la pénétration des particules dans l'organisme (source : site Internet de l'ANSP)



2. Les effets de la pollution de l'air sur la santé

Une relation causale est désormais admise entre l'exposition à la pollution de l'air et un impact sur la santé. Mais elle fut difficile à mettre en évidence du fait notamment de :

- la diversité des polluants émis dans l'atmosphère, ainsi que leur transformation et leurs interactions réciproques ;
- l'exposition à la pollution de l'air, hétérogène dans le temps et dans l'espace ;
- du caractère multifactoriel des maladies susceptibles d'être liées à la pollution de l'air (la pollution de l'air n'étant que l'un des facteurs parmi d'autres qui contribuent à leur apparition) ;
- ou encore la sensibilité individuelle à la pollution de l'air différente selon les individus (cf. encadré).

La pollution atmosphérique peut ainsi aggraver les symptômes de pathologies (causées ou non par une exposition à la pollution), mais elle peut également contribuer au développement de pathologies chroniques. Cela se traduit donc par une augmentation de la mortalité et de la morbidité, une réduction de l'espérance de vie et un recours accru aux soins.

Schématiquement, les effets de la pollution atmosphérique peuvent se répartir en deux catégories en fonction de la durée d'exposition : les effets à court terme et les effets à long terme.

Des populations plus sensibles que d'autres à la pollution de l'air...

Il existe une grande variabilité individuelle dans la susceptibilité aux polluants. Certaines populations sont plus vulnérables à la pollution que d'autres, comme les :

- jeunes enfants (appareil respiratoire en développement) ;
- personnes âgées (vieillesse des tissus respiratoires et pathologies plus fréquemment associées) ;
- personnes fragilisées par la présence de pathologies chroniques (maladies cardio-vasculaires ou respiratoires, diabète, etc.) ;
- fumeurs (irritation de leur appareil respiratoire par le tabac).

2.1. Les effets à court terme

Les effets à court terme sont des effets observés quelques heures à quelques jours à la suite d'une exposition à la pollution, y compris à des concentrations faibles (exposition aiguë, dite à court terme).

Les effets les moins graves et les plus courants sont la toux, l'essoufflement ou encore l'irritation nasale, oculaire ou de la gorge. Mais des effets plus graves, notamment au niveau respiratoire et cardiovasculaire, peuvent également apparaître et conduire à l'hospitalisation, voire au décès de la personne (ces manifestations graves se limitant généralement aux personnes sensibles et vulnérables, comme les personnes âgées ou les enfants).

Par ailleurs, les études épidémiologiques s'accordent sur un impact à court terme de l'ozone sur la mortalité et les hospitalisations pour causes respiratoires. Elles mettent également en évidence une association entre l'exposition aux PM₁₀ et une augmentation de la mortalité toutes causes et une augmentation des hospitalisations pour causes respiratoires et cardiovasculaires [3]. Une étude, réalisée dans le cadre du Programme de surveillance « Air et Santé » (Psas) et portant sur l'impact à court terme des PM₁₀ sur la mortalité dans 17 villes françaises, a pu montrer un impact sanitaire des PM₁₀ plus important en été que pour les autres saisons [4].

Les études épidémiologiques ont ainsi permis de quantifier ce lien à court terme entre exposition à des niveaux de polluants et leurs effets sur la santé : à titre d'exemple, les travaux du Psas ont pu montrer que l'augmentation de 10 µg/m³ des concentrations d'O₃ ou de PM₁₀ un jour donné se traduisait par une augmentation de 1 à 2 % de la mortalité et de 3 % du nombre d'hospitalisations [5].

2.2. Les effets à long terme

Il s'agit d'effets se développant après une exposition à la pollution de l'air durant plusieurs mois ou années, même à de faibles niveaux de concentrations en polluants (exposition chronique, dite à long terme).

L'exposition à long terme à la pollution de l'air peut ainsi contribuer au développement de pathologies chroniques comme le cancer du poumon, de pathologies cardiovasculaires (troubles du rythme cardiaque par exemple) et respiratoires. Récemment, des études épidémiologiques ont montré que la pollution de l'air pouvait également avoir de possibles effets sur le risque de naissance prématurée, sur le développement neurologique chez l'enfant ou sur la démence chez les personnes âgées.

Parmi les polluants étudiés, les effets des particules sur la santé sont les plus documentés : il a été clairement établi un lien entre l'exposition à long terme aux PM_{2,5} et une augmentation de la mortalité cardio-vasculaire.

En France : le Programme de surveillance « Air et Santé » (Psas) coordonné par l'Agence nationale de santé publique (ANSP, ex-InVS)

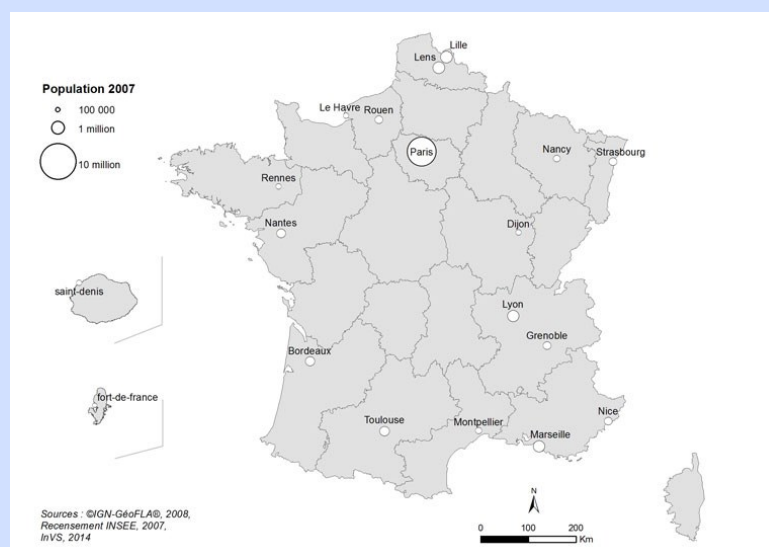
Mis en place en 1997, ce programme de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air, a pour objectif de fournir aux décideurs l'information scientifique la plus pertinente et la plus utile possible.

Différents travaux ont ainsi été menés dans ce cadre pour mieux comprendre les impacts de la pollution atmosphérique : réalisation d'études épidémiologiques pour surveiller et caractériser les effets à court et long termes de la pollution de l'air sur la santé, réalisation d'évaluations quantitatives d'impact sanitaire (EQIS) à l'échelle locale et nationale, ou encore pilotage/participation à des projets européens comme Aphekom ou Apheis. Les nombreux résultats produits dans le cadre de ce programme sont disponibles sur le site de l'ANSP.

Initialement, 9 villes de plus de 100 000 habitants étaient étudiées dans le cadre du Psas. Désormais, il intègre 19 villes : 17 en métropole, dont la ville de Nantes, et 2 villes ultramarines (Figure 2), cette augmentation du nombre de villes permettant une meilleure représentativité du programme en France.

Ce programme est coordonné par l'ANSP et s'appuie sur des partenaires locaux comme les Cellules d'intervention en région (Cire), les Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ou encore les Observatoires régionaux de la santé (ORS).

Figure 2 : Les 19 villes incluses en France dans le programme de surveillance « Air et Santé »



3. Quel est l'impact sanitaire de la pollution de l'air ?

Au niveau européen, une évaluation quantitative d'impact sanitaire (EQIS) menée dans le cadre du projet Aphekom a permis d'apporter des résultats très instructifs [6] :

- si la valeur guide de l'OMS était respectée pour les $PM_{2,5}$ (soit $10 \mu g/m^3$), le gain d'espérance de vie à l'âge de 30 ans pourrait atteindre 22 mois et le bénéfice serait de 31,5 milliards d'euros pour les dépenses de santé et les coûts associés (25 villes étudiées dans 12 pays européens, soit 39 millions d'habitants) ;
- le fait d'habiter à proximité du trafic automobile pourrait être responsable d'environ 15 à 30 % des nouveaux cas d'asthme de l'enfant et de proportions similaires ou plus élevées de pathologies respiratoires et cardiovasculaires chez les adultes de 65 ans et plus (10 villes étudiées) ;
- l'impact de la mise en place de certaines réglementations a été exploré, comme par exemple la réduction des niveaux de soufre dans les carburants permettant de prévenir près de 2 200 décès prématurés (20 villes étudiées).

Le programme européen Clean air for Europe (Cafe) mené par la Commission européenne, avait estimé en 2000 que les particules

$PM_{2,5}$ d'origine anthropique étaient responsables chaque année en France de 42 000 décès prématurés.

En France, plusieurs dizaines d'EQIS ont été réalisées sur les principales zones urbaines. Un bilan de toutes les EQIS menées en France sera publié en 2016. Dans les Pays de la Loire, trois EQIS ont été récemment réalisées par la Cire (en 2010 sur l'agglomération d'Angers [7] et en 2012 sur les agglomérations de Nantes et du Mans [8] et [9]). Ces 3 études étaient inscrites dans le Plan régional santé-environnement 2009-2013 (PRSE 2) des Pays de la Loire.

Par exemple, pour les deux EQIS les plus récentes (Nantes et Le Mans), le fait de diminuer la concentration moyenne annuelle en $PM_{2,5}$ de $5 \mu g/m^3$ conduirait à long terme à :

- reporter près de 100 décès par an, soit un gain d'espérance de vie à 30 ans d'environ 4 mois sur l'agglomération nantaise ;
- reporter près de 50 décès par an, soit un gain d'espérance de vie à 30 ans d'environ 5 mois sur l'agglomération du Mans.

En 2016 : une EQIS réalisée au niveau de la France entière

En juin 2016 ont été publiés les résultats d'une EQIS menée sur la France entière et réalisée dans le cadre du Psas. L'objectif de cette étude était d'étudier l'impact de l'exposition chronique aux particules fines ($PM_{2,5}$) sur la mortalité en France continentale.

Elle transposait la méthode développée à l'échelle des grandes agglomérations pour l'appliquer à toutes les communes métropolitaines (hors Corse), en exploitant le modèle de pollution atmosphérique construit par les AASQA dans le cadre du projet Gazel. Plusieurs scénarii adaptés aux décideurs ont été analysés dans cette étude et des déclinaisons régionales ont fait l'objet de plaquettes spécifiques.

Ces [résultats](#) ont été présentés le 21 juin 2016 à l'ANSP avec une large couverture médiatique. La plaquette régionale présentant les résultats des Pays de la Loire est disponible sur le site Internet de Santé publique France en suivant ce [lien](#).

4. Conclusion

Si le risque individuel de mortalité attribuable à la pollution de l'air peut apparaître faible en comparaison à d'autres facteurs de risque comme le tabagisme, il n'en demeure pas moins que l'impact sanitaire à l'échelle de la population entière est considérable, car toutes les personnes y sont exposées. L'OMS considère d'ailleurs que la pollution atmosphérique est désormais le principal risque environnemental pour la santé dans le monde [10].

Il n'existe pas de seuil protecteur en dessous duquel aucun impact sanitaire n'est observé au niveau de la population. Autrement dit, les effets sanitaires de la pollution de l'air peuvent être observés chez certaines personnes plus sensibles par exemple, même à de faibles niveaux de pollution (c'est-à-dire pour des niveaux ne dépassant pas les seuils fixés par la réglementation et même en l'absence de pics de pollution).

L'impact sanitaire de l'exposition chronique à la pollution de l'air est largement supérieur à celui à court terme : même si les pics de pollution sont très souvent repris dans les médias, c'est l'exposition de tous les jours aux niveaux ordinaires de pollution qui engendre le plus d'effets sanitaires. Ainsi, toute action, même minime, pour lutter contre la pollution atmosphérique est nécessaire pour diminuer de façon quotidienne les sources

d'émission et les niveaux de polluants, et permettre ainsi des effets bénéfiques sur la santé de la population.

Les résultats des études épidémiologiques, toxicologiques et des EQIS notamment sont une avancée importante dans les renseignements qu'elles fournissent sur la compréhension des effets sanitaires de la pollution atmosphérique. Cependant, ils sont certainement sous-estimés, car les études épidémiologiques ne prennent souvent en compte que les indicateurs de santé les plus graves, comme les hospitalisations ou la mortalité (Figure 3).

Figure 3 : Pyramide des effets aigus associés à la pollution de l'air



Source : Direction de la santé publique de Montréal, 2003

Enfin, l'étude sur l'impact à court terme des PM₁₀ sur la mortalité au niveau de 17 villes françaises a mis en évidence des excès de risque relatif plus faibles que ceux trouvés dans les précédents travaux du Psas. Ceci pourrait s'expliquer par l'introduction de nouvelles villes dans cette étude (17 au lieu de 9, permettant une amélioration de la mesure pour étayer les effets sur la santé), mais également par le changement de la méthode de mesure des particules (avec la prise en compte depuis 2007 de la partie volatile des particules) [4]. Ainsi, du fait de l'évolution des connaissances (nouvelles méthodes de mesure des particules, amélioration des méthodes d'analyse, modifications des conditions climatiques, nouvelles sources émettrices, etc.), il

convient de poursuivre la recherche pour obtenir de nouvelles connaissances, par exemple dans les domaines :

- des mécanismes d'action des polluants sur l'organisme humain ;
- de la composition et de la toxicité des particules ;
- des études d'intervention (études mesurant les effets sur la santé à la suite d'actions visant à diminuer la pollution atmosphérique, comme par exemple les actions sur le trafic automobile ou sur le chauffage domestique).

Ceci permettra d'estimer à l'avenir de façon encore plus précise l'impact de la pollution de l'air sur la santé.

Comment étudier les effets sanitaires de la pollution de l'air ?

Il existe différents types d'études selon les éléments de connaissance sur la pollution de l'air que l'on souhaite étudier. Les principales sont présentées dans cet encadré.

1. Les études épidémiologiques

Les études épidémiologiques permettent de quantifier les relations entre l'exposition à la pollution atmosphérique et les effets sur la santé. Selon que l'on étudie les effets à court terme ou à long terme, le type d'études ne sera pas le même.

a. Les effets à court terme

La surveillance de ces effets est réalisée à partir d'études multicentriques (c'est-à-dire incluant plusieurs villes), en analysant des séries temporelles sur plusieurs années. Ces études épidémiologiques visent à établir si une relation statistique existe entre les niveaux quotidiens de pollution (PM, NO₂ ou O₃ notamment) et des indicateurs sanitaires de mortalité ou de morbidité (exemple : nombre quotidien d'hospitalisations pour pathologies cardiovasculaires ou respiratoires). Ces études prennent par ailleurs en compte de nombreux facteurs de confusion (comme les tendances temporelles, la température ou encore les épidémies de grippe).

b. Les effets à long terme

L'étude des relations entre l'exposition chronique à la pollution atmosphérique et la santé nécessite des études plus lourdes et plus longues à mettre en œuvre que celles utilisées pour l'étude des effets à court terme : il s'agit d'études de cohorte (suivi d'un grand nombre d'individus sur plusieurs années).

Beaucoup d'études américaines existent sur les effets à long terme, mais très peu d'études de ce type ont été menées en France. On peut citer par exemple l'étude PAARC, publiée il y a une dizaine d'années, réalisée sur 7 villes françaises. Plus récemment, le projet Gazel-Air, mené par le Psas en partenariat avec l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) et les AASQA, a étudié les données d'une cohorte de plus de 20 000 travailleurs d'EDF-GDF entre 1990 et 2008. L'objectif était de mieux caractériser la relation entre l'exposition chronique à la pollution de l'air et la survenue d'événements de santé (cancer, pathologie cardio-vasculaire, etc.). Elle a permis ainsi de disposer en 2015 de relations « exposition-risque » quantifiant l'impact à long terme des PM_{2,5}.

Enfin, un nouveau projet – le projet Constances-Air – a démarré en France : il s'agit d'une cohorte d'adultes (âgés de 18 à 69 ans) recrutés au sein des centres d'examen de santé de la sécurité sociale.

2. Les études toxicologiques et expérimentales

Ces deux types d'études permettent d'apporter des éléments de connaissance sur les mécanismes d'action des polluants sur l'organisme humain.

3. Les évaluations quantitatives d'impact sanitaire (EQIS)

Les EQIS apportent un éclairage chiffré en quantifiant les impacts sanitaires liés à la pollution atmosphérique au niveau d'une agglomération généralement. Pour cela, elles estiment les bénéfices attendus sur une population donnée (en termes de nombre de cas évitables ou de gain d'espérance de vie en mois) par rapport à un scénario d'amélioration de la qualité de l'air (exemple : diminution de la concentration d'un polluant de 5 µg/m³).

La méthode consiste à appliquer des relations « exposition-risque » issues d'études épidémiologiques sur l'exposition à court et long termes à une situation locale (données sanitaires et données d'expositions environnementales de la zone étudiée), pour quantifier les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique sur cette zone. Pour faciliter cette démarche, un guide méthodologique a été rédigé en 2012 par le Psas [2].

Les EQIS sont un outil indispensable pour sensibiliser les décideurs, les professionnels de la santé et de l'environnement, les médias ou encore le grand public aux effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles permettent également d'aider les acteurs locaux à mettre en place les mesures les plus adaptées pour protéger la santé de la population, à travers notamment les plans locaux et régionaux de gestion de la qualité de l'air (cf. article de la DREAL).

1. Bell ML, Davis DL. Reassessment of the lethal London fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environmental health perspectives*. 2001;109 Suppl 3:389-94.
2. Ung A, Pascal L, Corso M, Chanel O, Declercq C. Comment réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine ? Guide méthodologique. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2013. 47 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/>
3. Pascal L, Declercq C. Evaluation des conséquences sanitaires des pics de pollution atmosphérique. Note de position de l'Institut de veille sanitaire. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2012. 4 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Avis-et-note-de-position/Evaluation-des-consequences-sanitaires-des-pics-de-pollution-atmospherique>
4. Corso M, Pascal M, Wagner V, Blanchard M, Bateau A, Cochet A, et al. Impact à court terme des particules en suspension (PM10) sur la mortalité dans 17 villes françaises, 2007-2010. *Bull Epidemiol Hebd*. 2015(1-2):14-20.
5. Pascal L, Medina S, Pascal M, Corso M, Ung A, Declercq C. Effets sanitaires de la pollution de l'air : bilan de 15 ans de surveillance en France et en Europe. Numéro thématique. *Epidémiologie et pollution atmosphérique urbaine : l'observation au service de l'action*. *Bull Epidemiol Hebd*. 2013(1-2):3-8.
6. Pascal M, Medina S. Résumé des résultats du projet Aphekom 2008-2011. Des clefs pour mieux comprendre les impacts de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Europe. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2016. 6 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/>
7. Belchior E. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine – Unité urbaine d'Angers – Impact à court et à long termes. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2010. 27 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/>
8. Loyer S, Penven F. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération de Nantes, 2007-2009. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2013. 8 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/>
9. Loyer S, Penven F. Évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine dans l'agglomération du Mans, 2007-2009. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2013. 8 p. Disponible: <http://www.invs.sante.fr/>
10. Organisation mondiale de la Santé. 7 millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année [En ligne]. Genève: 2014. [modifié le ; cité le 03/05/2016]. Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/>

Exemples d'actions pour réduire les niveaux de polluants dans l'air

Julien Moreau¹

¹ DREAL Pays de la Loire/MECC

Du fait de la pollution de l'air, la France subit chaque année environ 17 000 décès prématurés d'après une évaluation de l'OMS [1] en 2014 pour les pays européens. Le coût de la pollution de l'air y est évalué à 53 295 millions de dollars (48 milliards d'euros), soit 2,3 % du PIB national. Pour les personnes sensibles (enfants, personnes âgées, fumeurs, malades du cœur ou des poumons), la pollution de l'air peut favoriser, voire aggraver certaines maladies, parfois jusqu'au décès. On pense fréquemment aux pics de pollution, mais l'exposition chronique à des niveaux élevés d'impuretés a aussi des conséquences importantes.

Depuis 1980, la qualité de l'air ambiant fait l'objet d'une réglementation communautaire européenne. Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose en droit français les directives 2008/50/CE (qualité de l'air ambiant et air pur pour l'Europe) et 2004/107/CE (métaux et composés organiques). Plusieurs

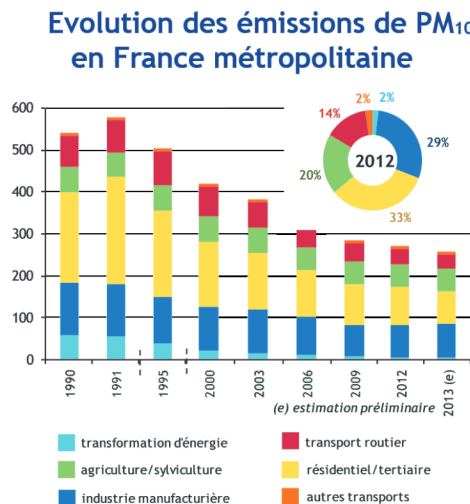
directives européennes fixent des valeurs limites pour les activités industrielles. Un arrêté du 20 août 2014 définit les recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé.

La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (Loi n°96-1236 du 30/12/1996) organise un réseau d'associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) dont le représentant régional est AIR Pays de la Loire (www.airpl.org). Conformément aux directives européennes et à la réglementation française, les villes de plus de 250 000 habitants doivent disposer d'un plan de protection de l'atmosphère (PPA). Il a été adopté pour Nantes - Saint-Nazaire le 13 août 2015 par l'arrêté préfectoral 2015/ICPE/067 [2]. Des arrêtés préfectoraux "gestion des épisodes de pollution atmosphérique" sont adoptés dans chaque département.

1. AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'AIR

Contrairement à certaines idées reçues, la concentration des polluants mesurés dans l'air est en baisse pour la grande majorité des polluants mesurés (Oxydes de soufre, oxydes d'azote, GES, métaux, particules, polluants organiques persistants).

Figure 1 : Evolution des émissions de PM₁₀ en France métropolitaine (Source : Rapport SECTEN 2014, à télécharger sur www.citepa.org)



Les évolutions normatives et réglementaires ont un impact important sur la diminution des pollutions atmosphériques :

- évolution des normes de rejets (installations de combustion, centrales de production d'énergie) ;
- limitation des rejets industriels ;
- émissions des véhicules ;
- modification des conditions de circulation en ville ;
- diminution des consommations d'énergie (combustion) ;
- évolution des pratiques agricoles (diminution des intrants azotés, du travail du sol).

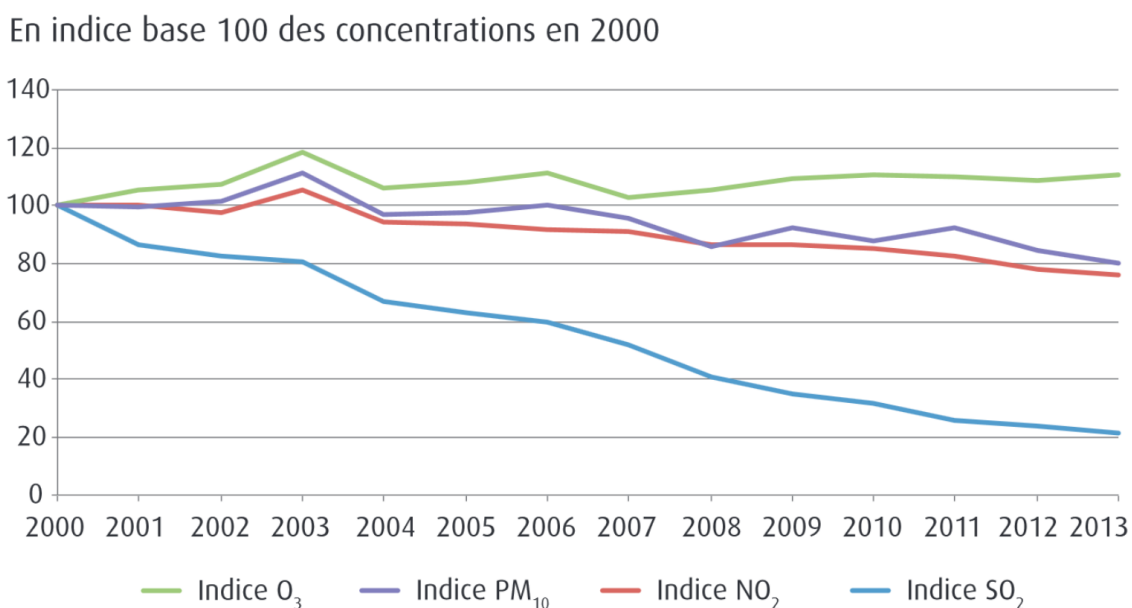
La lutte contre les pics de pollution aux particules exige aussi des efforts pour la réduction générale de leur émission (PM_{2,5}; PM₁₀) et de leurs précurseurs dans l'atmosphère (composés azotés en particulier). Les politiques de prévention rappellent l'interdiction du brûlage à l'air libre et incitent à l'amélioration des cheminées et poêles anciens. Les émissions de composés azotés (ammoniac, protoxyde d'azote) stagnent et ont pour origine l'élevage d'animaux, l'épandage des déjections et des engrais azotés.

Des efforts restent à accomplir dans les secteurs où l'activité est diffuse : le résidentiel et l'agriculture, y compris par des évolutions du comportement des ménages (chauffage performant au bois, évolution du régime alimentaire).

Pour les émissions industrielles, dans les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), les réglementations européennes et nationales sont mises en œuvre sur les sites et contrôlées par la DREAL [3]. Les industriels déclarent leurs émissions réglementées et doivent mettre en place les meilleures technologies disponibles. Des indicateurs et des objectifs sont définis par la réglementation et dans le cadre du PRSE [4]. Leur suivi permet d'évaluer les actions, dont par exemple :

- réduction de 68% des émissions de COV [5] « toxiques » (hors benzène) entre 2007 (126T) et 2012 (40T) ;
- réduction de 75% des émissions déclarées de PCB indicateurs entre 2009 (276g) et 2013 (92g) – émissions non diffuses, 1 seul établissement ;
- réduction de 97% des émissions déclarées de Dioxines-Furannes entre 2007 (3,8g) et 2013 (0,09g) ;
- réduction de plus de 50% des émissions de SO₂ sur les sites de Cordemais (centrale électrique charbon / fuel) et Donges (raffinerie) entre 2007 (15 263T) et 2012 (7 369 T).

Figure 2 : Evolution de la concentration dans l'air de quatre polluants en fond urbain



Source : Géod'Air, avril 2014. Traitements : SOeS, 2014 dans "bilan de la qualité de l'air en France en 2013, Commissariat général au développement Durable, Octobre 2014.

Un exemple industriel : Etude de substitution du dichlorométhane chez BSN Medical

En 2013, le site s'est engagé dans un projet pour substituer le dichlorométhane par un procédé à l'eau. Il a été retenu par l'ADEME dans l'appel à projets national CORTEA 2013 [6] pour l'amélioration de la qualité de l'air extérieur. L'exploitant a entre temps déjà réduit ses émissions en 2013 par la suppression d'équipements à l'origine d'émissions diffuses (batteries de réchauffage) ainsi que le captage par aspiration. L'air chargé de dichlorométhane est traité par adsorption sur charbon actif. Ceci a permis une réduction des émissions annuelles de 12 tonnes en 2013 par rapport à 2012 soit plus de 36%.

La pollution à l'ozone, dans des conditions atmosphériques ensoleillées et après un temps de séjour long des précurseurs dans l'atmosphère, concerne principalement les zones péri-urbaines et rurales. Le nombre de jours de dépassement de seuils est faible chaque année, excepté en 2003 et 2006.

La ville concentre les problématiques de pollution atmosphérique du fait de la densité des activités humaines : circulation, industrie, chauffage. Elle est concernée par tous les polluants atmosphériques : particules, Nox, COV.....

Il y a beaucoup de liens avec les thématiques liées au changement climatique (rejets de CO₂, de méthane, de composés fluorés), qui sont parfois contradictoires (chauffage au gaz "contre" chauffage au bois). La cour des comptes [7] à

récemment évalué sévèrement les résultats des politiques publiques en matière de qualité de l'air et plaidé pour une meilleure articulation avec les thématiques énergie-climat.

Pour les mesures qui concernent un public diffus (particuliers, agriculteurs,...), les leviers d'action favorisent l'évolution des pratiques et des comportements pour deux sources principales de pollution :

- les poussières (chauffage au bois, brûlage à l'air libre, cultures ...);
- les composés azotés (élevage, épandage) pour l'ammoniac et le protoxyde d'azote.

Figure 3 : Emissions de polluants atmosphériques par type d'activité (source : Citépa, inventaire départemental France 2000, mise à jour février 2005 sauf benzène, données 1999)

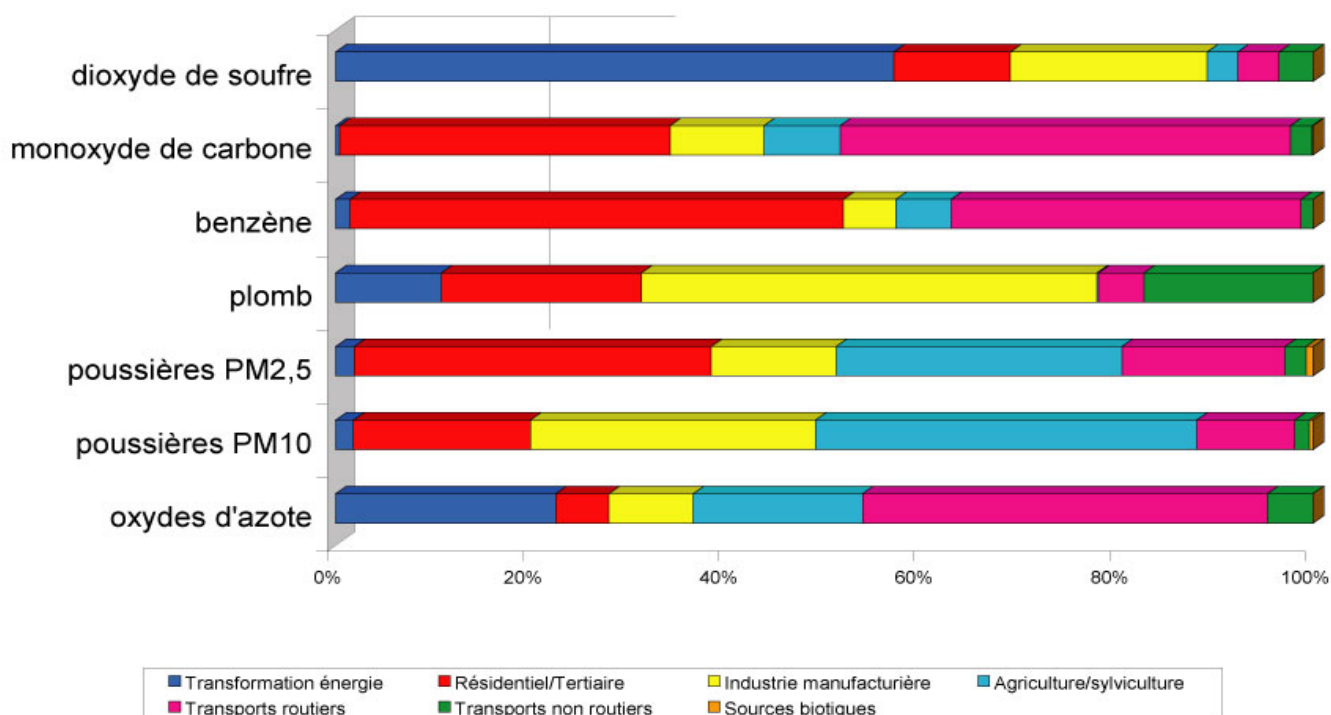


Figure 4 : Pratiques agricoles recommandées pour l'amélioration de la qualité de l'air

LES PRATIQUES RECOMMANDÉES

Catégorie	Pratique utilisable	NH ₃	PM	Opportunités et difficultés
Culture	Travail du sol simplifié.	?	➡	Augmentation de la teneur en matières organiques du sol, émissions de N₂O .
	Couverture du sol en interculture.	?	➡➡	Rejoint les bonnes pratiques agricoles.
	Mieux prendre en compte la météo.	➡	➡	Mise en œuvre délicate. Besoin d'adapter la prévision météo.
Fertilisation	Usage d'engrais nitriques ou urée enrobée.	➡	?	Coût. Stockage des ammonitrates très réglementé.
	Calcul prévisionnel de la dose et fractionnement des apports.	➡		
Bâtiment	Optimisation de l'apport alimentaire.	➡	?	Marges de progrès faibles en élevages porcins et avicoles.
	Augmentation du temps au pâturage.	➡	➡➡	Choix de système de production.
	Dépoussiérage et filtration de l'air.	➡➡	➡➡	Coût et technicité.
Stockage	Couverture des fosses.	➡➡		Rejoint les bonnes pratiques agricoles. Coût et pas toujours possible sur fosse existante.
Épandage	Usage de matériels limitant les émissions NH ₃ (pendillards, injection).	➡	?	Risques d'augmentation des émissions de N₂O et de particules primaires.
	Choix des périodes et dates d'épandage.	➡	➡	Dépend de l'organisation du travail, de la météo et des périodes d'interdiction d'épandage.

Source : synthèse bibliographique Inra sur la contribution de l'agriculture à l'émission de particules vers l'atmosphère

A titre individuel, on encourage les transports en commun. La pratique du vélo [8] sur le trajet domicile-travail est encouragée par une indemnité kilométrique dans la loi de transition énergétique pour la croissance verte. Certaines villes européennes atteignent 30% des trajets effectués à vélo, contre moins de 5% en France. Cette pratique était courante avant 1950 et est vertueuse dans plusieurs domaines :

- la réduction des risques cardio-vasculaires par une pratique sportive modérée et quotidienne ;
- la diminution des émissions de gaz à effet de serre (CO₂), de

polluants divers (poussières, Nox) ;

la réduction des coûts d'investissement et d'entretien du véhicule, des déchets ;

la diminution du temps de trajet, la réduction des embouteillages ;

un gain d'espace alloué à la circulation et au stationnement ;

l'amélioration de la qualité de vie et des interactions sociales.

Un exemple d'action publique : L'aménagement du périphérique Nord de Nantes

Le PPA Nantes-St-Nazaire prévoit dans son action n°4 l'amélioration des conditions de trafic du périphérique nantais. Le projet d'aménagement d'une voie auxiliaire d'entrecroisement sur le périphérique Nord de Nantes (porte de Rennes – porte d'Orvault) a pour objectif de diminuer les épisodes de congestion sur sa portion la plus chargée (>100 000 véh/j). En complément des améliorations des motorisations, une circulation plus fluide améliore la qualité de l'air.

2. LES PICS DE POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Les pics de pollution sont très fortement liés aux conditions météorologiques, du fait d'une accumulation de polluants dans une masse d'air stable en conditions anticycloniques et d'inversion des températures (froid au sol). Elles ont lieu dans la région en hiver (forte activité de combustion) et au printemps (période de forte activité agricole). La modification de nos pratiques collectives, à l'échelle nationale et européenne, dans ces conditions météorologiques précises est une source d'amélioration importante.

Le préfet met en œuvre des moyens en cas de pics pour les 3 polluants fréquents : poussières (PM₁₀), dioxyde d'azote (NO₂), Ozone. La procédure prévoit :

- une alerte de Air Pays de la Loire aux administrations (préfectures, ARS, DREAL) en prévision, la veille du dépassement d'un seuil réglementaire ;

- un seuil d'information-recommandation qui relaie un message de prévention vers des cibles définies en préfecture : hôpitaux, médecins, écoles, journalistes,...et à toute personne qui en fait la demande ;
- un seuil d'alerte qui enclenche des mesures réglementaires (diminution de la vitesse de 20 km/h sur les axes à 2x2 voies, rappel de l'interdiction de brûlage, prévention des émissions de poussières, ...). Il existe d'autres mesures optionnelles, dont la circulation alternée, l'interdiction des sports mécaniques, l'interdiction d'utilisation des foyers peu performants.

Certaines collectivités ont mis en place la gratuité des transports en commun pendant l'épisode national le 14 mars 2014.

Un exemple d'action publique : Accès aux transports en commun de la CARENE

Par décision du conseil communautaire le 29 septembre 2015, la CARENE (Saint-Nazaire agglomération) a choisi d'accompagner l'arrêté préfectoral de Loire-Atlantique en étendant à une journée complète la durée de validité des titres unitaires du réseau STRAN de manière automatique lors des épisodes de pollution atmosphérique.

3. Pour en savoir plus

- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-enjeux-sanitaires-de-la.html>
- Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage, RMT Élevages et Environnement, Guingand N., Aubert, C., Dollé J.-B., 2010
- DREAL Pays de la Loire, mars 2015 : Etat des lieux des rejets industriels dans l'air (<http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/etat-des-lieux-des-rejets-industriels-dans-l-air-a3214.html>)
- DREAL Pays de la Loire, Août 2014, Bilan des actions du PRSE2 : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/bilan-des-actions-du-prse2-r1339.html>
- ADEME, 2012, Les émissions agricoles de particules dans l'air. Etat des lieux et leviers d'action
- AIR pays de la Loire : www.airpl.org
- CITEPA : www.citepa.org – fédération ATMO France : <http://www.atmo-france.org/fr/>
- Rapport SECTEN 2014, à télécharger sur www.citepa.org

I Références

- [1] OMS : Organisation mondiale de la santé. Rapport "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe". A télécharger sur : [http://www.euro.who.int/fr/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us\\$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says](http://www.euro.who.int/fr/media-centre/sections/press-releases/2015/04/air-pollution-costs-european-economies-us$-1.6-trillion-a-year-in-diseases-and-deaths,-new-who-study-says). En savoir plus sur http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/04/30/l-impact-sanitaire-de-la-pollution-de-l-air-coute-chaque-annee-1-400-milliards-d-euros-a-l-europe_4625564_3244.html#BqBhfRCX8uHlRWzm.99.
- [2] <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/adoption-du-ppa-nantes-saint-nazaire-le-13-aout-a2164.html>.
- [3] DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement. Déclaration des émissions polluantes sur : www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php.
- [4] PRSE : Plan régional santé environnement : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/bilan-des-actions-du-prse2-r1339.html>
- [5] COV : Composés organiques volatils cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques avérés ou suspectés (phrases de risques R45, 46, 49, 60, 61, R40 halogénés (ou H340, H350, H350i, H360D, H360F, H341).
- [6] CORTEA : Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Emissions dans l'Air.
- [7] Rapport de la cour des comptes du 21 Janvier 2016 : "Evaluation des politiques publiques de lutte contre la pollution de l'air en France métropolitaine".
- [8] Coordination interministérielle pour le développement de l'usage du vélo, Nov. 2013 : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_IK_nov_2013.pdf

Impact positif du tramway sur la qualité de l'air à Angers

Marion Guiter¹

¹ Air Pays de la Loire

La surveillance de la qualité de l'air dans les villes et l'amélioration de la connaissance de la pollution urbaine constituent aujourd'hui des enjeux essentiels. Les collectivités territoriales souhaitent la mise en œuvre d'outils et d'analyses leur permettant d'évaluer les impacts futurs de leurs politiques en matière de qualité de l'air, afin de les ajuster au mieux.

Dans cette perspective, Air Pays de la Loire a mené en 2012 une étude avec Angers Loire Métropole dont l'objectif était d'évaluer les niveaux de qualité de l'air avant et après la mise en place d'une ligne de tramway et d'isoler l'impact de différents paramètres dans cette évolution : « effet tramway », caractéristiques du parc automobile, pollution de fond ou météorologie.

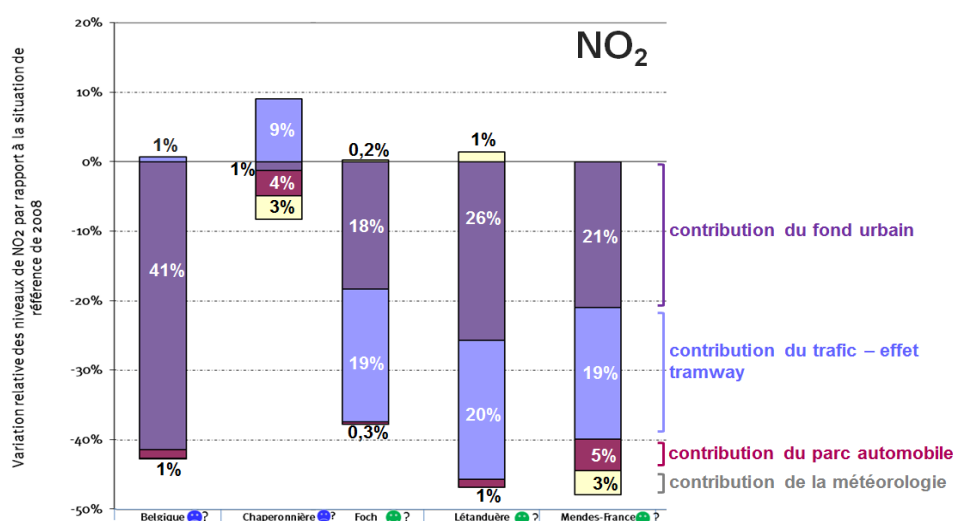
Des mesures de qualité de l'air ont été réalisées au niveau de six axes de circulation en 2008 puis 2012. Trois axes susceptibles d'enregistrer une amélioration de la qualité de l'air en raison du passage du tramway à la place des voitures, et trois autres une dégradation de leur qualité de l'air en raison de reports de circulation.

Les trois axes qui étaient susceptibles a priori d'enregistrer une amélioration – les rues Foch, Letandière et Mendès France – ont constaté l'effet bénéfique attendu. La modélisation statistique réalisée pour les rues Foch et Letandière montre que si les conditions de circulation n'avaient pas été modifiées positivement par la mise en service du tramway, les niveaux de polluants mesurés en 2012, auraient été significativement plus élevés que ceux de 2008. Cet « effet tramway » est confirmé par la modélisation déterministe réalisée pour le dioxyde d'azote, qui montre un effet bénéfique sur la qualité de l'air d'environ 20 %.

Les trois axes qui étaient susceptibles de subir une dégradation de leur qualité de l'air – les rues Chaperonnière, du Mail et de Belgique – ont malgré tout enregistré une amélioration de la qualité de leur air entre 2008 et 2012. Cette baisse des niveaux de pollution est attribuable à la baisse de la pollution urbaine de fond observée entre les deux périodes d'étude.

Ce type d'étude associant des campagnes de mesure couplées à des études de modélisation peut être étendu à d'autres projets urbains permettant ainsi de quantifier l'impact de ces projets sur la qualité de l'air.

*impact de différents paramètres dans l'évolution des niveaux de dioxyde d'azote entre 2008 et 2012
(résultats de la modélisation déterministe)*



Le rôle de l'ARS dans le dispositif de gestion des épisodes de pollution de l'air ambiant

Magalie Hamono¹

¹ ARS Pays de la Loire

L'ARS veille à l'intégration des enjeux sanitaires dans chacun des dispositifs préfectoraux de la région.

A cet effet, elle prépare l'information des personnes vulnérables et sensibles, de la population générale et des professionnels de santé, notamment par la rédaction des recommandations sanitaires.

Elle participe à la gestion des épisodes en :

- surveillant, avec le concours de la Cire, l'impact sanitaire à court terme de l'épisode ;
- contribuant au maintien du fonctionnement du système de santé sur l'ensemble du territoire départemental ou régional, notamment par l'information des professionnels du secteur sanitaire lorsque des mesures de gestion pouvant avoir des conséquences sur leur activité sont mises en œuvre (ex : restrictions de circulation).

Les pollinariums sentinelles

Alain Meunier¹

¹ARS Pays de la Loire

L'immunothérapie est aujourd'hui couramment utilisée pour prévenir la maladie allergique ou diminuer sa progression. L'évaluation de ces traitements montre cependant que leur efficacité dépend des quantités annuelles de pollens inhalables. Pour certains patients, le recours aux soins reste alors inévitable. De plus, pour une efficacité optimale, les traitements doivent être pris suffisamment tôt, voire même avant les premiers symptômes. Dans le cadre d'une prévention par information sur les pollens, une diffusion très précoce de cette information aux patients est donc indispensable. Outre les prises de traitements, ces informations peuvent les conduire à limiter les comportements les plus exposants (ouverture des fenêtres, séjours extérieurs, etc.).

Les réseaux de mesure quantitatifs ne répondaient pas pleinement aux demandes des allergologues à savoir la prévision de l'émission massive de pollens d'une plante donnée pour permettre d'anticiper les traitements ; en cause la technique de mesure par tambour sur une semaine puis lecture, soit des réponses 8 à 10 jours après l'événement. De plus pour les graminées la technique de lecture ne peut différencier une graminée d'une autre (allergisante ou non) et donc une prévision différenciée ne peut être effectuée à la seule lecture des comptes polliniques (risque de surtraitement sur l'ensemble de la présence des pollens de graminées alors que le patient ne serait sensible qu'à une seule espèce).

Le pollinarium sentinelle répond à cette demande des allergologues avec une anticipation de 10 à 15 jours (voire 3 semaines). L'installation d'espèces choisies par les allergologues avec l'aide d'un botaniste dans un lieu donné avec un protocole établi (récolte des espèces, implantation, surveillance, identification de la première émission et de la dernière émission

de pollen d'une espèce ...) permet de s'affranchir des aléas d'observations en pleine nature (même pied observé chaque année, même environnement...) et d'intégrer différents géotypes représentatifs de l'espèce (plants récoltés loin les uns des autres aux quatre coins cardinaux par rapport au site d'implantation du pollinarium).

Une étude épidémiologique d'intervention réalisée en 2007 parue dans "la revue française d'allergologie" en 2010 a montré les effets positifs de cette méthode : le nombre de jours avec symptômes est significativement plus faible chez les sujets alertés par le "pollinarium sentinelle" – 20% en moins sur la période d'étude chez les patients asymptomatiques avant l'intervention.

Depuis l'expérimentation en 2003 un système de recueil et diffusion des données auprès des patients et des professionnels de santé a été créé et est géré par l'AASQA Air Pays de Loire (2). Les données peuvent être accessibles par le site de l'ARS (1) ou en temps réel par abonnement gratuit à une newsletter (3).

La démonstration de l'utilité d'un tel dispositif ayant été faite un réseau est en développement avec à ce jour des pollinariums certifiés à Nantes, Laval, Angers, Saint Nazaire, Vannes, Quimper, Rennes, Limoges, Tarbes ; en cours de certification à Saint Brieuc, Le Havre, La Rochelle, Sainte Feyre et de nombreux projets en cours d'élaboration ou discussion comme La Roche sur Yon, Le Mans, Toulouse, Nancy...

(1) <http://www.ars.paysdelaloire.sante.fr/Pollinarium-sentinelle.164978.0.html>

(2) <http://www.airpl.org/Pollens/pollinariums-sentinelles>

(3) <http://www.alertepollens.org/>



Pollinarium sentinelle de Saint-Nazaire

Aujourd'hui, les newsletters « Alertes pollens ! » sont envoyées pour les villes suivantes :

	Pollinarium de...	Nombre d'inscrits au 16/05/2016	Démarrage des newsletters	Lancement grand public
Pays de la Loire	Nantes	4136	2012	2012
	Laval	754	2013	2013
	Angers	734	2015	2015
	Saint-Nazaire	114	2016	2016 (très récent)
Bretagne	Vannes	249	2015	2016 (très récent)
	Quimper	56	2015	pas de lancement officiel
	Rennes	271	2016	2016 (très récent)
Normandie	Le Havre	31	2016 – depuis mai	-

ALERTE POLLENS !
Saint-Nazaire et sa région

RECEVEZ LA NEWSLETTER
inscriptions sur www.alertepollens.org

un jardin pour anticiper le traitement des allergies aux pollens
le pollinarium sentinelle monte la garde pollinarium sentinelle®

comment ça marche ?

1. Les plantes viennent d'une zone de 20 km autour de Saint-Nazaire et sont placées dans les mêmes conditions que dans la nature.
2. Chaque jour des jardiniers observent les plantes.
3. Quand le premier plant d'une espèce commence à émettre du pollen, l'information est notée.
4. Elle est aussitôt transmise par mail aux personnes inscrites à l'alerte pollens.
5. Elles peuvent commencer leur traitement avant l'apparition des premiers symptômes.
6. Lorsque le dernier plant d'une espèce n'émet plus de pollen, l'information est à nouveau transmise.
7. Les personnes allergiques peuvent arrêter leur traitement.

le pollen

qu'est-ce que c'est ?
• c'est la partie mâle des fleurs
• sa petite taille permet au pollen d'être transporté
• il peut être allergisant

agent provocateur ?
Pour provoquer une réaction, le pollen doit :
• avoir un potentiel allergisant
• être suffisamment petit
• être transporté facilement
• être présent en quantité suffisante dans l'air
• être respiré par une personne sensible

que peut-il provoquer ?
• rhinite (écouls de nez, nez qui coule, éternuements...)
• conjonctivite (larmes, rougeurs)
• gêne respiratoire, toux
• crises d'asthme (respiration difficile et sifflante)

d'éviter !
Ces actions peuvent être déclenchées en cas de pollution atmosphérique. Pour connaître la qualité de l'air en direct : www.airparif.org

APSF air pays de la Loire
ars
Bretagne

Pic d'exacerbations d'asthme lors de la survenue d'un orage en période de pollinisation, Nantes, juin 2013

Noémie Fortin, Bruno Hubert, Santé publique France-Cire des Pays de la Loire

Avec la collaboration des institutions suivantes :

- Association SOS Médecins Nantes
- Urgences du CHU de Nantes
- Air Pays de la Loire
- Pollinarium Sentinelle de Nantes
- Réseau national de surveillance aérobiologique
- Météo-France

1. Introduction

Dans le cadre de la surveillance épidémiologique régionale animée par la Cellule d'intervention en région (Cire) Pays de la Loire [1], une augmentation brutale et importante des

exacerbations d'asthme a été observée à Nantes en juin 2013. Cet article décrit cet épisode et les facteurs environnementaux ayant contribué à ce phénomène.

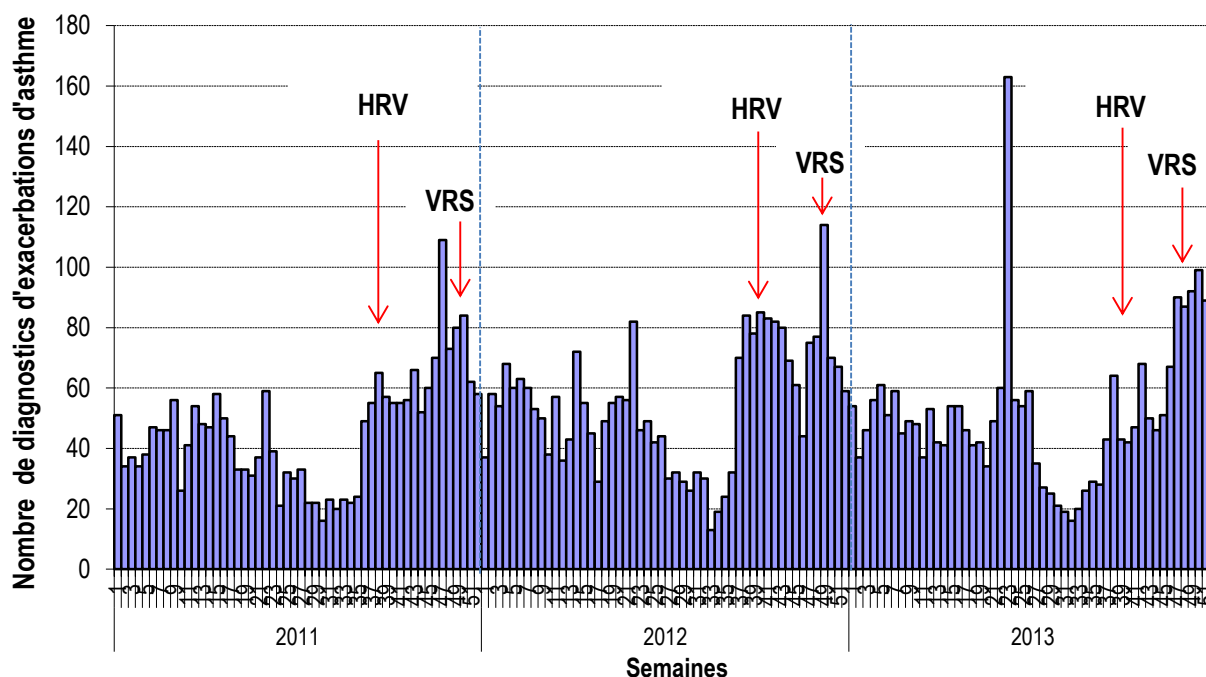
2. Epidémiologie des exacerbations d'asthme

L'asthme est une maladie chronique dont les premières manifestations surviennent le plus souvent pendant l'enfance. La prévalence actuelle de l'asthme est d'environ 9 % chez l'enfant (<15 ans) et de 6 % chez l'adulte [2]. L'asthme est caractérisé par la survenue d'exacerbations déclenchées par différents facteurs : allergènes (acariens, moisissures, pollens...), infections respiratoires (rhinovirus, VRS...) ou irritants respiratoires (pollution de l'air, fumée de tabac...).

Les variations saisonnières de certains facteurs déclenchants expliquent la saisonnalité des consultations pour exacerbations

d'asthme, comme l'illustre les consultations de SOS Médecins Nantes de 2011 à 2013 (figure 1). Une recrudescence des consultations, principalement chez les enfants, est observée en septembre [3, 4] en lien avec la circulation du rhinovirus (HRV) puis en novembre avec la circulation du virus respiratoire syncytial (VRS). L'intensité de ces augmentations est variable selon les années. Les exacerbations d'asthme viro-induit paraissent de plus grande ampleur que les exacerbations liées à la circulation des allergènes au printemps.

Figure 1 : Répartition du nombre hebdomadaire de consultations SOS Médecins pour exacerbations d'asthme, Nantes, 2011-2013



Source : SOS Médecins Nantes - SurSaUD®/Santé publique France

3. Méthodes

Sources de données et indicateurs

SOS Médecins Nantes et les urgences du CHU de Nantes : L'association SOS Médecins Nantes et les urgences du CHU de Nantes participent au dispositif SurSaUD® (Surveillance sanitaire des urgences et des décès) de Santé publique France [1]. Parmi les données transmises quotidiennement à Santé publique France figurent l'âge et le sexe du patient, le diagnostic posé par le médecin, et l'orientation vers une hospitalisation.

Le regroupement syndromique, intitulé « asthme », a été utilisé dans cette analyse. Le codage des pathologies dans les services d'urgences utilise la 10^{ème} classification internationale des maladies (Cim10) permettant d'identifier les diagnostics d'exacerbations d'asthme (codes J45 et J46). Une définition clinique des exacerbations d'asthme a été adoptée en 2012 par les associations SOS Médecins : « Dyspnée expiratoire paroxystique avec sibilants, avec ou sans toux et au-delà du 3^{ème} épisode de bronchiolite depuis la naissance. Sont exclues les poussées de broncho-pneumopathies chroniques obstructives et d'insuffisance cardiaque ».

Pollinarium Sentinelle de Nantes (voir l'article 6 de ce BVS) : Le Pollinarium Sentinelle est un outil de prévention des allergies aux pollens (pollinoses), situé au jardin des plantes de Nantes depuis 2003. Onze espèces herbacées et 8 espèces ligneuses représentatives des espèces allergisantes de l'ouest sont observées quotidiennement, permettant de prévoir les saisons polliniques pour chaque espèce présente. Les observations de l'année en cours sont présentées dans un tableau régulièrement actualisé, disponible sur le site internet d'Air Pays de la Loire.

Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) : Le RNSA est une association loi de 1901, créée en 1996 pour poursuivre les travaux réalisés depuis 1985 par le laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur à Paris. L'objectif principal de ce réseau est d'étudier la concentration de l'air en particules biologiques (pollens et moisissures allergisants relevés à partir de capteurs) pouvant avoir un impact sur le risque allergique pour la population (recueil de données cliniques associées). Le RNSA nous a transmis les concentrations journalières en pollens (graminées) par m³ pour la ville de Nantes sur la période du 1^{er} mai au 30 juin 2013.

Météo-France : Les paramètres météorologiques pour la station Nantes-Bouguenais (située dans l'agglomération nantaise) ont été transmis par Météo France pour la période du 1^{er} au 30 juin 2013 : hauteur de précipitations en millimètre, vitesse moyenne du vent en mètre/seconde, température en degré celsius et durée d'insolation en temps solaire par minute.

Air Pays de la Loire (voir l'article 1 de ce BVS) : L'indice Atmo de l'agglomération nantaise a été analysé sur la période d'étude. Il s'agit d'un indice de qualité de l'air gradué de 1 (très bon) à 10 (très mauvais) qui caractérise la pollution atmosphérique de fond d'une agglomération urbaine. Cet indice correspond au maximum des 4 sous-indices suivants : particules fines (PM10), ozone (O₃), dioxyde d'azote (NO₂) et dioxyde de soufre (SO₂).

Période d'étude : La période d'étude a porté sur les mois de mai à juin 2013, avec une analyse détaillée sur les semaines 23 et 24 correspondant à la période du 3 au 16 juin.

Méthode d'analyse : Une analyse rétrospective a été réalisée à partir des données individuelles des passages aux urgences du CHU de Nantes et de l'association SOS Médecins Nantes sur la période d'étude. Les caractéristiques des cas ont été étudiées en terme d'âge et de taux d'hospitalisation. Cette analyse a été complétée par des données environnementales (les pollens, les conditions climatiques et les polluants). Cette étude a porté sur des données hebdomadaires, quotidiennes et par tranche horaire. Le logiciel Excel® a été utilisé pour l'analyse de ces données.

4. Résultats

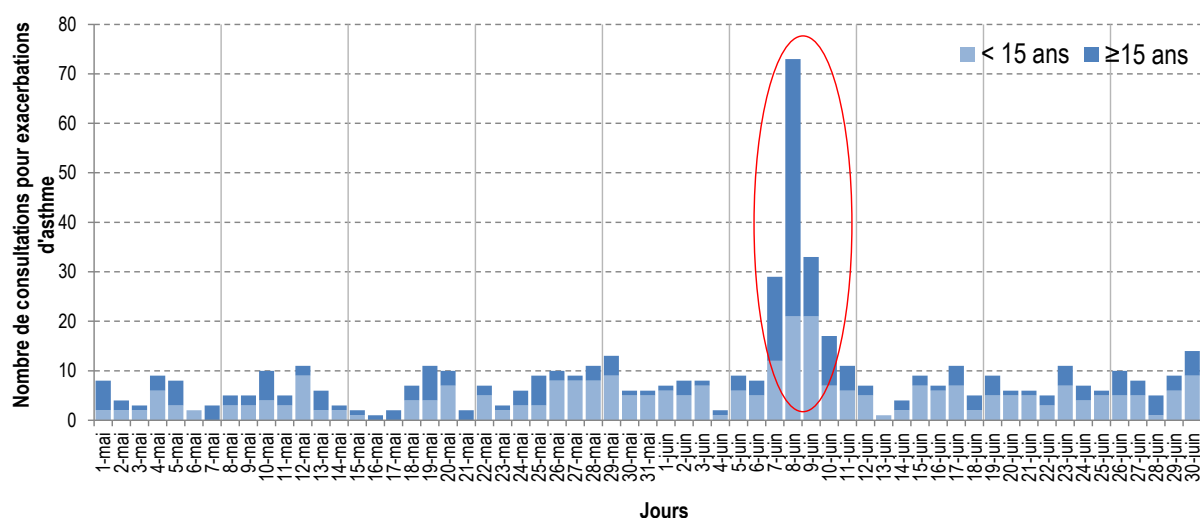
4.1. Analyse de l'augmentation des consultations pour exacerbations d'asthme

A partir du vendredi 7 juin 2013, une augmentation brutale des exacerbations d'asthme a été observée pour les consultations SOS médecins Nantes et les passages aux urgences du CHU de Nantes (figures 2).

Sur une période de 4 jours (du 7 au 10 juin), 152 consultations SOS Médecins pour exacerbations d'asthme ont été enregistrées,

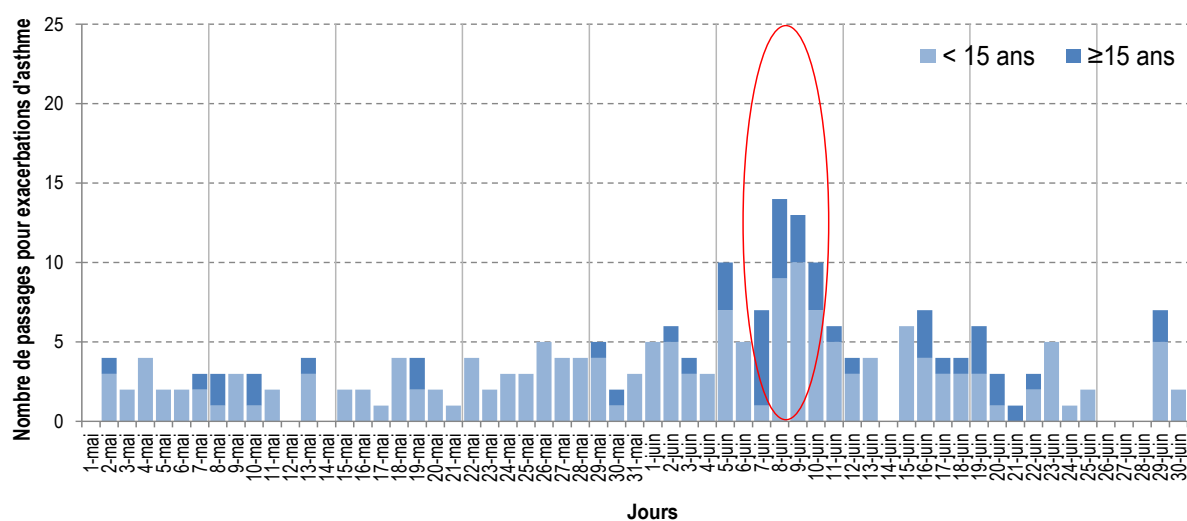
soit 38 patients en moyenne par jour contre 6 au cours du mois de mai 2013. Parmi ces cas, 61 (40 %) concernaient des enfants âgés de moins de 15 ans. Deux des 152 consultations ont été suivies d'une hospitalisation le 8 juin. Au CHU de Nantes, 44 passages pour exacerbations d'asthme ont été enregistrés sur cette période de 4 jours, dont 27 (61 %) concernaient des enfants âgés de moins de 15 ans. Parmi ces passages, 12 (27 %) ont été suivis d'une hospitalisation.

Figure 2a : Répartition du nombre quotidien de consultations SOS Médecins pour exacerbations d'asthme, SOS Médecins Nantes, 1^{er} mai au 30 juin 2013



Source: SOS Médecins Nantes - SurSaUD®/Santé publique France

Figure 2b : Répartition du nombre quotidien de passages aux urgences pour exacerbations d'asthme, CHU de Nantes, 1^{er} mai au 30 juin 2013

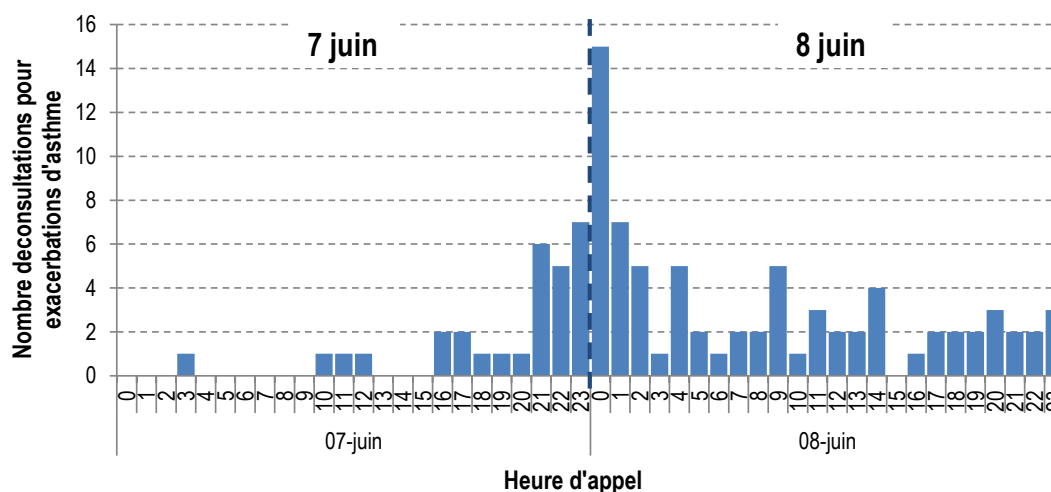


Source: RPU CHU Nantes - SurSaUD®/Santé publique France

L'analyse par heure d'appel à l'association SOS Médecins a montré que l'augmentation des exacerbations d'asthme a débuté

à partir de 21 heures le 7 juin, suivie d'un pic à minuit (figure 3).

Figure 3 : Répartition du nombre de consultations SOS Médecins pour exacerbations d'asthme par jour et heure d'appel, SOS Médecins Nantes, 7-8 juin 2013



Source: SOS Médecins Nantes - SurSaUD®/Santé publique France

4.2. Facteurs environnementaux

Emission de graminées

Le 7 juin, le Pollinarium Sentinelle de la ville de Nantes annonçait le début d'une pollinisation du ray grass (graminées), présent dans les prairies pâturées, sur les bords de route et chemins de campagne et dont la floraison principale est au printemps.

D'autres espèces de graminées (dactyle, flouve, fromental, etc.) avaient également commencé à circuler depuis plusieurs jours.

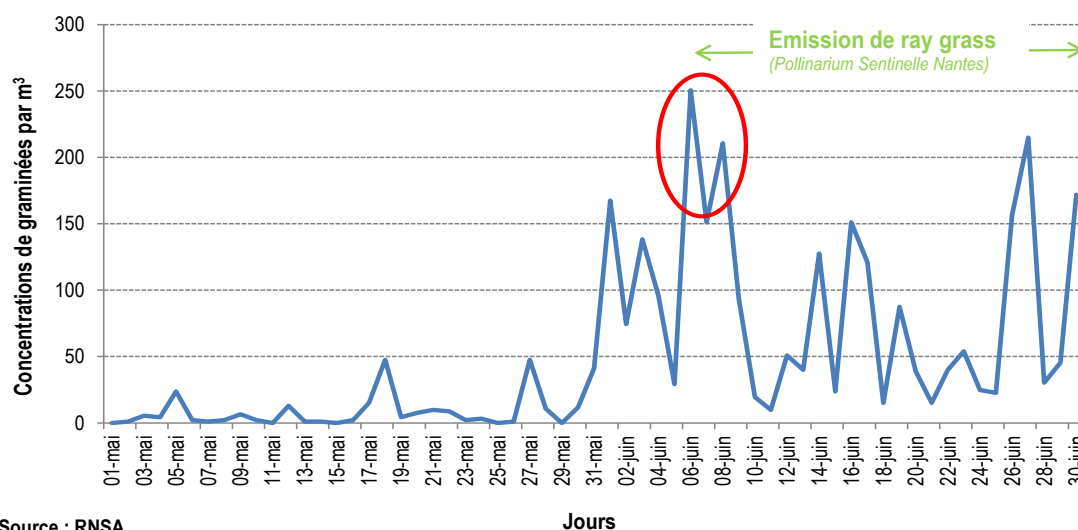
La fin du mois de mai et le début du mois de juin sont les périodes classiquement les plus à risque en terme de pics polliniques de graminées. Les graminées ont un potentiel allergisant très élevé.

A partir du 1^{er} juin, la concentration journalière de graminées a commencé à augmenter sur la ville de Nantes pour atteindre un pic le 6 juin avec 250 graminées par m³, relevé par le RNSA (figure 4).



Lieu : Pollinarium Sentinelle Nantes, juin 2013
Photo Cire des Pays de la Loire

Figure 4 : Répartition temporelle de la concentration journalière de graminées par m³, Nantes, 1^{er} mai au 30 juin 2013



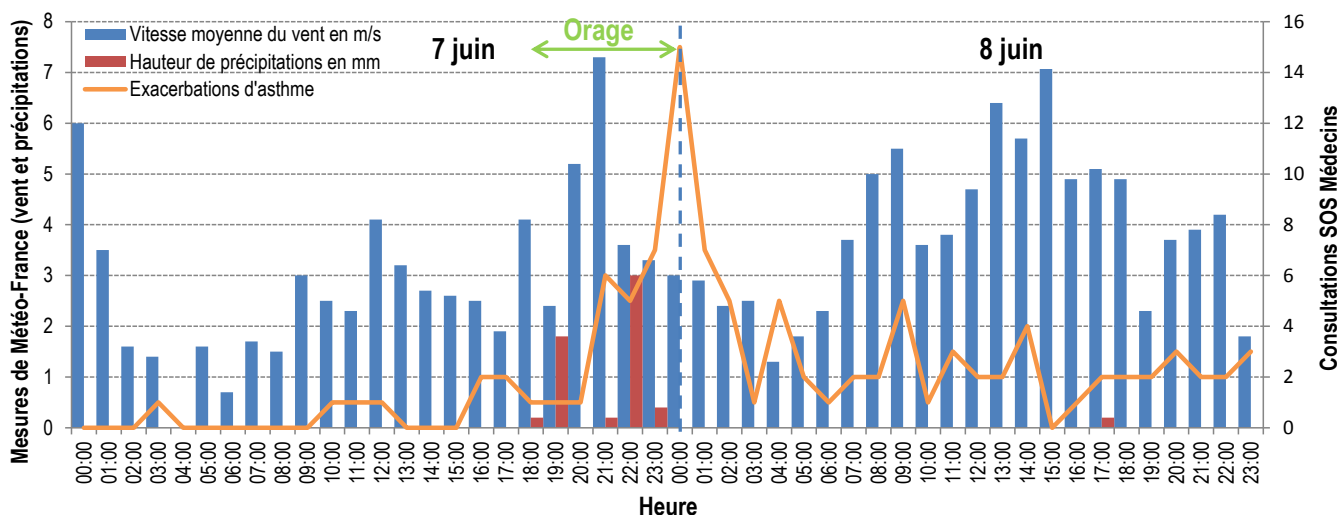
Source : RNSA

Conditions météorologiques

Le 7 juin 2013, un orage a éclaté sur la ville de Nantes en début de soirée (figure 5). Il a été accompagné d'une augmentation de la vitesse moyenne du vent avec un pic à 7 m/s à 21 heures, suivi de précipitations à 22 heures. Le lendemain, le vent était également présent avec une vitesse atteignant plus de 7 m/s

l'après midi. A noter que sur le mois de juin 2013, la vitesse moyenne horaire du vent sur la ville de Nantes a été de 3,3 m/s. La qualité de l'air sur l'agglomération nantaise pendant ces deux jours (7 et 8 juin) a été considérée comme moyenne par Air Pays de la Loire, avec l'ozone comme polluant le plus élevé.

Figure 5 : Répartition temporelle des consultations SOS Médecins pour exacerbations d'asthme, de la vitesse moyenne du vent (en m/s) et de la hauteur des précipitations (en mm) relevées par heure, Nantes, 7 et 8 juin 2013



Source: Station Nantes-Bouguenais - Météo France / SOS Médecins Nantes - SurSaUD®/Santé publique France

5. Discussion

Cette augmentation brutale du nombre de cas d'exacerbations d'asthme a été principalement observée dans l'activité de SOS Médecins, avec un pic hebdomadaire trois fois plus important que le nombre moyen de consultations pour exacerbations d'asthme en 2011-2012. Ce pic de consultations a été rapidement résolutif et les cas ne présentaient pas de sévérité particulière. L'augmentation des consultations SOS médecins pour un motif d'«allergie» a été beaucoup plus modeste. Cependant, ce regroupement syndromique «allergie» est peu spécifique pour mesurer ce phénomène comprenant, en complément des conjonctivites et rhinites allergiques, un nombre important d'urticaire.

Cette augmentation des exacerbations d'asthme a coïncidé avec la survenue d'un orage en début de période d'émission de graminées. Les pollens sont des allergènes bien identifiés comme responsables de la survenue d'exacerbations d'asthme ou de rhinite saisonnière [5]. Ces épisodes débutent habituellement au printemps avec différentes sources successives : arbres puis

plantes allergènes ; les graminées, en particulier le ray-grass, ont un potentiel allergénique très élevé. Une potentialisation est possible lors de la survenue d'un orage [6-8]. Ce phénomène serait lié à l'éclatement de grains de pollens entraînant une libération dans l'air de particules allergéniques de petites tailles pouvant provoquer un bronchospasme chez des sujets sensibilisés à ce pollen. Les rafales de vents survenant pendant ces périodes d'orage diffusent également ces particules et/ou allergènes (courants descendants/ propagation) et contribuent à accentuer le risque d'exposition [9].

Des épisodes similaires ont déjà été décrits en Australie, au Canada et dans plusieurs villes d'Europe [8], notamment à Londres en 1994 [6, 7] et en Ile-de-France [4]. Ce phénomène, peu fréquent, est mal connu des professionnels de santé. Les patients touchés pendant ces épisodes sont principalement des patients atteints de rhinite allergique, certains d'entre eux n'étant pas connus pour être des asthmatiques [4, 8], ce qui rend difficile la prévention de ces épisodes.

Un pic d'asthme à Londres en 1994

En Angleterre, 38 épisodes d'augmentation importante d'exacerbations d'asthme ont été décrits entre 1990 et 1994 dont 12 étaient associés à la survenue d'un orage [8].

L'épisode de Londres en 1994 a fait l'objet de plusieurs articles [6, 7]. Le 24 juin 1994, un orage éclatait à 18 heures à Londres. Il avait été précédé par une augmentation des concentrations aériennes de graminées avec un pic de 258 grains/m³ deux jours auparavant. Suite à cet événement, une augmentation importante des passages aux urgences pour exacerbations d'asthme a été rapportée entraînant un débordement des services d'urgences (640 patients dans 12 services d'urgences dans les 30 heures suivant l'orage). La moitié de ces passages concernaient des patients âgés entre 21 et 40 ans et deux tiers des patients avaient des antécédents de rhinite allergique.

I Références I

- [1] Fortin N, Ollivier R, Hubert B. Le système de Surveillance sanitaire des urgences et des décès (SurSaUD) en Pays de la Loire. Bulletin de veille sanitaire (BVS) InVS-Cire Pays de la Loire. 2014(25):11p.
- [2] Delmas MC, Fuhrman C. L'asthme en France : synthèse des données épidémiologiques descriptives. Rev Mal Respir. 2010;151-9.
- [3] Johnston NW, Johnston SL, Duncan JM, Greene JM, Keadze T, Keith PK, *et al.* The September epidemic of asthma exacerbations in children: a search for etiology. The Journal of allergy and clinical immunology. 2005;115(1):132-8.
- [4] Baffert E, Allo JC, Beaujouan L, Soussan V. Les recours pour asthme dans les services des urgences d'Île-de-France, 2006-2007. Bull Epidemiol Hebd. 2009(1):5-8.
- [5] Taylor PE, Jacobson KW, House JM, Glovsky MM. Links between pollen, atopy and the asthma epidemic. International archives of allergy and immunology. 2007;144(2):162-70.
- [6] Celenza A, Fothergill J, Kupek E, Shaw RJ. Thunderstorm associated asthma: a detailed analysis of environmental factors. BMJ (Clinical research ed). 1996;312(7031):604-7.
- [7] Davidson AC, Emberlin J, Cook AD, Venables KM. A major outbreak of asthma associated with a thunderstorm: experience of accident and emergency departments and patients' characteristics. Thames Regions Accident and Emergency Trainees Association. BMJ (Clinical research ed). 1996;312(7031):601-4.
- [8] Dabrera G, Murray V, Emberlin J, Ayres JG, Collier C, Clewlow Y, *et al.* Thunderstorm asthma: an overview of the evidence base and implications for public health advice. QJM : monthly journal of the Association of Physicians. 2013;106(3):207-17.
- [9] Grundstein A, Samat SE, Klein M, Shepherd M, Naeher L, Mote T, *et al.* Thunderstorm associated asthma in Atlanta, Georgia. Thorax. 2008;63(7):659-60.

Cire des Pays de la Loire
Tél : 02.49.10.43.62 - Fax : 02.49.10.43.92
✉ ars-pdl-cire@ars.sante.fr

Retrouvez ce numéro sur <http://www.santepubliquefrance.fr>

Directeur de la publication : François Bourdillon, Directeur général de Santé publique France
Rédacteur en Chef : Dr Bruno Hubert, responsable de la Cire des Pays de la Loire
Maquettiste : Sophie Hervé, Cire des Pays de la Loire
Comité de rédaction : Equipe de la Cire des Pays de la Loire

Diffusion : Cire des Pays de la Loire - 17 boulevard Gaston Doumergue - CS 56233 - 44262 Nantes cedex 2
<http://www.santepubliquefrance.fr> - <http://ars.paysdelaloire.sante.fr>

La publication d'un article dans le BVS n'empêche pas sa publication par ailleurs. Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) et peuvent être reproduits sans copyright avec citation exacte de la source.