

Effets sur l'appareil respiratoire de la pollution atmosphérique

I- Introduction-généralités :

- La pollution atmosphérique est composée d'un mélange complexe d'éléments gazeux, liquides et solides.
 - On distingue :
 - les polluants primaires** :-oxyde d'azote,
 - le dioxyde de soufre
 - et des particules émises par le trafic routier et les industries
 - les polluants secondaires** :- l'ozone
 - particules résultant de la transformation physicochimique des polluants primaires.
 - plusieurs polluants, particulièrement l'ozone et les particules, sont directement responsables d'effets délétères sur la santé respiratoire à la fois lors des pics de pollution et en cas d'exposition chronique.
 - L'exposition chronique aux particules notamment est associée à :
 - augmentation de la mortalité totale
 - de la mortalité par maladie cardiorespiratoire
 - l'incidence des cancers bronchiques
 - une réduction de la croissance pulmonaire chez l'enfant.
 - la pollution atmosphérique exerçait des effets délétères sur la santé humaine et plus particulièrement sur le système respiratoire au cours de la première partie du siècle dernier, suite à des épisodes de pollution atmosphérique inhabituellement sévères ayant entraîné une forte mortalité
- problème de santé publique, même si la nature de la pollution atmosphérique se modifie de décennie en décennie du fait des évolutions des activités humaines polluantes d'une part, et des mesures restrictives mises en place par les autorités politiques d'autre part.
- La pollution photochimique, caractérisée par des concentrations élevées d'ozone durant les périodes de temps chaud ensoleillé a pris une place importante.
 - La pollution atmosphérique qui nous intéresse ici concerne l'atmosphère inférieure ou troposphère.

II- définition de la pollution atmosphérique :

une définition a été proposée par le Conseil de l'Europe en 1967 : « Il y a pollution atmosphérique lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer un effet nuisible compte tenu des connaissances scientifiques du moment ou de créer une nuisance ou un gêne ».

III- Principaux polluants en cause

- Les polluants primaires sont directement issus des sources de pollution principalement industrielle et automobile :
 - les oxydes de carbone
 - des oxydes de soufre
 - des oxydes d'azote
 - des hydrocarbures
 - des composés organiques volatils
 - des particules.

Ces polluants primaires peuvent se transformer en polluants dits secondaires

- polluants secondaires :
 - l'ozone
 - autres photochimiques (nitrates de peroxyacétyle, aldéhydes, cétones, etc.),
 - les aérosols acides (H₂SO₄, HNO₃, etc.).
 - particules secondaires formées à partir de la transformation physicochimique de gaz, (nitrates et de sulfates)

- La formation de polluants secondaires nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air qui les contiennent se déplacent sous l'effet des vents.

Cela explique que les pics de concentration des polluants secondaires sont souvent rencontrés géographiquement à distance des zones d'émission (et de pics de concentration) des polluants primaires.

Dioxyde de soufre (SO₂) :

polluant primaire majeur et la synthèse dans l'atmosphère d'acide sulfurique et de sels de sulfate. provenant des activités industrielles et de chauffage (gazole, fuel, charbons...) .

Particules (PM) :

constituée d'un mélange de particules solides, liquides ou mixtes, qui varient continuellement en taille et en composition chimique. En pratique, on distingue

les particules inhalables, dont la taille inférieure à 10 µm permet leur entrée dans le système respiratoire

les particules fines peuvent pénétrer dans les régions distales du poumon, siège des échanges gazeux ; les

particules ultrafines ou nanoparticules, dont la taille est inférieure à 0,1 µm, favorisent la toxicité biologique, et pourraient traverser la barrière alvéolaire et se disséminer dans l'organisme.

Il existe de multiples sources d'émission des particules,

d'origine naturelle et d'origine humaine : émissions volcaniques, aérosols d'eau de mer, poussières déposées sur le sol et mises en suspension dans l'air par exemple par les vents, feux de forêts, pollens, transports routiers, chauffage domestique, incinération des déchets, fragments de pneus, combustions industrielles, métallurgie, agriculture, activités de bâtiment, combustion de déchets de l'agriculture, etc.

Oxydes d'azote (NO_x) :

substances réactives incluant principalement, le NO et le NO₂, NO₃, N₂O₄, N₂O₅..

résultent de combustions à haute température de combustibles fossiles (charbons, fuel, pétrole...) combustion dans les moteurs des véhicules automobiles et les usines génératrices d'énergie.

La concentration de NO₂ dans les villes se caractérise habituellement par un pic matinal et un pic en fin d'après-midi, résultant du trafic automobile durant les heures de pointe .

Ozone (O₃) :

gaz fortement oxydant et donc hautement réactif, dont la majeure partie provient des activités humaines. L'ozone est en effet un des principaux composants de la pollution photo-oxydante ou smog, caractérisée par un halo brunâtre qui stagne parfois au-dessus des grandes villes en été. L'ozone est un polluant secondaire dont la synthèse résulte de la transformation chimique de l'oxygène au contact d'oxydes d'azote (notamment le NO₂) et d'hydrocarbures, en présence du rayonnement ultraviolet solaire et d'une température élevée

La formation photochimique de l'ozone est donc plus importante lors des journées chaudes et ensoleillées.

Autres polluants :

Il existe de nombreux autres agents polluants, qui semblent exercer un rôle moindre dans les effets délétères de la pollution atmosphérique sur la santé :

le monoxyde de carbone (CO) :

résultant de la combustion incomplète de combustibles contenant du carbone.

Les composés organiques volatils :

issus du carbone, libérés lors de l'évaporation des carburants, et dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles et industriels (utilisation industrielle de peinture, de vernis ou de colle...)

IV-Quelles sont les personnes les plus sensibles à la pollution atmosphérique ?

- les personnes âgées
- les personnes vivant dans des conditions socioéconomiques difficiles
- maladie respiratoire chronique préexistante (asthme, BPCO, insuffisance respiratoire chronique...),
- maladie coronarienne, insuffisance cardiaque
- les enfants, qui en général passent plus de temps à l'extérieur que les adultes.
- les fumeurs sont à risque accru d'événements cardiovasculaires liés à la pollution atmosphérique
- susceptibilité individuelle, possiblement au moins en partie génétique, en particulier sur l'ozone.

V- Méthodes d'étude de la pollution atmosphérique

La mise en évidence des effets délétères de la pollution atmosphérique est rendue difficile du fait de la variabilité de la pollution atmosphérique en composition, en intensité, dans le temps et dans l'espace.

Pour explorer les relations entre pollution atmosphérique et santé respiratoire, il a donc été nécessaire de recourir à un ensemble d'arguments provenant d'études faisant appel à des méthodes différentes. Les effets des agents polluants sur des processus biologiques, tissulaires, cellulaires ou moléculaires

VI- Effets à court terme des pics de pollution atmosphérique :

Les effets du changement d'un jour à l'autre de la qualité de l'air sur l'état de santé de la population, appréciés selon divers indicateurs :

mortalité, consultations en urgence, hospitalisations, absentéisme, symptômes.

Les principales études ont apporté des résultats consistants, ce qui renforce considérablement l'argument causal entre pollution et effets sanitaires.

Exemples :

Le projet APHEA a porté au total sur une population de plus de 43 millions de personnes vivant dans 29 villes européennes (et à Tel-Aviv).

Résultats :

- augmentation journalière de mortalité à 0,6 % pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀
- Chez l'enfant de moins de 14 ans, les admissions hospitalières pour asthme augmentent de 1,2 % par augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀.
- Chez les personnes de plus de 65 ans, les admissions hospitalières augmentent de 1,0 % pour asthme ou (BPCO) et de 0,5 % pour maladies cardiovasculaires par augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀
- augmentation de la mortalité de 2,9 % par augmentation de 50 µg/m³ d'ozone.

Le projet NMMAPS :

50 millions de personnes vivant dans les 20 plus grandes villes des États-Unis.

Résultats :

-chaque augmentation de 10 µg/m³ de la concentration dans l'air de PM10 entraîne une augmentation de mortalité totale de 0,21 % et de 0,31 % pour la mortalité cardiopulmonaire .

-augmentation des admissions hospitalières de 1,5 % pour BPCO et de 1,1 % pour cause cardiovasculaire pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM10

On peut donc considérer que le niveau de pollution atmosphérique est associé dans nos villes à la mortalité à court terme, aux admissions hospitalières, aux consultations dans les services d'urgence et à l'aggravation des symptômes chez les malades atteints de pathologies chroniques, respiratoires et cardiovasculaires.

VII- Effets à long terme de la pollution atmosphérique

plus difficiles à cerner

Il est difficile dans les études à long terme de distinguer les effets aigus des effets chroniques.

Exemples :

- **Le projet « American Cancer Society Study » (ACS) :**

suivi jusqu'à 500 000 adultes résidant dans les 50 États américains.

Résultat :

chaque augmentation de 10 µg/m³ de la concentration moyenne en PM_{2,5} s'accompagne d'une augmentation de 4 % de la mortalité totale, de 6 % de la mortalité cardiopulmonaire, de 8 % de la mortalité par cancer bronchique.

La mortalité est associée le plus fortement aux PM_{2,5}, aux particules de sulfate, et au SO₂. Il y a également une association entre mortalité et niveaux estivaux de concentration d'ozone.

- Dans une cohorte néerlandaise de 5 000 adultes suivis pendant 8 ans, la mortalité est associée de manière plus étroite aux polluants émis par le trafic automobile et a montré que la mortalité cardiopulmonaire dans cette cohorte est le fait de vivre à proximité d'un grand axe routier.

Au total, les études de cohortes et les études cas-témoins démontrent que la pollution atmosphérique, notamment la pollution résultant du trafic automobile, est associée à une augmentation de la mortalité cardiorespiratoire, notamment par cancer bronchique, et à une diminution de la croissance pulmonaire chez l'enfant

VIII- Effets spécifiques des principaux polluants atmosphériques

les effets biologiques de nombreux agents polluants ont souvent des mécanismes communs : stress oxydatif, inflammation, induction d'un état procoagulant, dysfonction du système nerveux autonome... L'ozone, les oxydes d'azote et les particules possèdent en particulier des propriétés oxydantes puissantes contribuant au développement d'une réaction inflammatoire pulmonaire et systémique pouvant expliquer un certain nombre d'effets non respiratoires de certains agents polluants. avec une possibilité d'effet toxique direct par passage sanguin.

polluant	Propriétés	Effets sur l'organisme
SO ₂	gaz incolore très soluble dans l'eau très irritant.	effet irritant sur les conjonctives, les muqueuses et la peau. effet irritant et un bronchoconstricteur sur les voies aériennes. asthmatiques, surtout lors de l'exercice physique

Particules		augmentation de mortalité globale de 0,5 % journalière et la mortalité cardiorespiratoire de 0,70 % réaction inflammatoire dans les voies aériennes, lésions tissulaires induisant des phénomènes de réparation.
NO2	gaz partiellement soluble dans l'eau. propriétés oxydantes inférieures à celles de l'ozone	difficile de distinguer les effets du NO2 de ceux des copolluants produits dans le même temps par les processus de combustion, moins bronchoconstricteur que le SO2 mais pourrait jouer un rôle non négligeable dans les effets délétères de la pollution atmosphérique chez l'asthmatique diminution de la croissance pulmonaire altérer les fonctions des macrophages alvéolaires et des cellules épithéliales, et donc augmente les risques d'infection pulmonaire.
Ozone	agent oxydant extrêmement réactif relativement insoluble.	pénétrer profondément dans le poumon augmentation de la mortalité journalière de 1-2 % les jours où la concentration moyenne d'ozone sur 8 heures atteint 100 µg/m ³ au-dessus du niveau de base (estimé à 70 µg/m ³). Effet pro-inflammatoire avec afflux de neutrophiles dans les espaces aériens ; leur activation entraîne la libération de médiateurs entraînant des lésions dans les tissus avoisinants. Augmentation de la réactivité bronchique.
Particules Diesel		interviennent dans la réaction allergique de plusieurs manières : interaction avec des pneumallergènes, augmentant leur pouvoir allergisant. favorisent la réaction allergique augmenter la synthèse des anticorps de type Ig E effets carcinogéniques à long terme
CO	gaz incolore et inodore qui se fixe sur l'hémoglobine	Interfère ainsi avec l'apport de l'oxygène aux tissus de l'organisme avec une affinité qui est d'environ 250 fois celle de l'oxygène Les malades atteints de cardiopathie ischémique sont ainsi particulièrement sensibles à des élévations même modestes du taux de COHb.

IX- Réduction de l'émission de polluants et effets sanitaires

Pour démontrer l'existence d'un lien causal entre pollution atmosphérique et altération de la santé cardiorespiratoire, il est primordial de s'assurer que l'amélioration de la qualité de l'air s'accompagne d'une amélioration des indicateurs sanitaires.

Par exemple, l'interdiction du chauffage au charbon à Dublin en Irlande s'est accompagnée d'une diminution de la mortalité cardiovasculaire.

D'autres observations d'amélioration des indicateurs sanitaires associée à la diminution de la pollution atmosphérique ont été rapportées en Suisse, dans la vallée de l'Utah ou à Atlanta.

X- Pollution atmosphérique et pathologies pulmonaires spécifiques

Toux chronique

L'exposition à la pollution atmosphérique pourrait être responsable de toux chronique indépendamment d'un effet passant par un asthme ou une BPCO.

Il existe des données convaincantes impliquant les oxydes d'azote et le SO₂.

Asthme

les pics de pollution atmosphérique, notamment à l'ozone, aux oxydes d'azote, aux particules et au SO₂, augmentent les recours en urgence pour crise d'asthme.

existence d'une augmentation modeste de la prévalence de l'asthme induite par l'exposition chronique à la pollution atmosphérique chez l'enfant et chez l'adulte .

Les polluants impliqués dans cet effet sont les particules, dont les particules Diesel

la pollution atmosphérique aggrave l'asthme, augmente le nombre de crises et diminue le degré de contrôle des asthmes sous traitement. Elle exerce un effet adjuvant sur les différents facteurs qui conditionnent la gravité de la maladie.

la pollution atmosphérique locale, liée à la proximité d'une voie de circulation à haut trafic, augmente l'incidence de l'asthme

Bronchopneumopathie chronique obstructive

Comme dans l'asthme, il existe des données robustes associant pics de pollution atmosphérique et exacerbations de BPCO (appréciées sur l'augmentation des symptômes, l'augmentation des admissions hospitalières pour exacerbation et la mortalité associée à la BPCO).

Sont impliqués dans ces effets à court terme le SO₂, le NO₂, l'O₃ et les PM₁₀

6 à 9 % des admissions hospitalières pour exacerbation de BPCO pourraient trouver leur origine dans la pollution atmosphérique.

Pour les études à long terme, on dispose d'études de plus en plus nombreuses qui impliquent l'exposition chronique à la pollution atmosphérique comme cause de la BPCO

XI- Protection contre la pollution atmosphérique

Aux États-Unis et en Europe occidentale, des programmes de réduction des émissions primaires (notamment SO₂, oxydes d'azote, particules, CO) ont été mis en place par les autorités.

Par ailleurs, les progrès technologiques ont considérablement amélioré les performances des moteurs à combustion des véhicules automobiles ; les plus modernes émettent moins d'agents polluants.

Cependant, il persiste de hauts niveaux de pollution atmosphériques dans les grands centres urbains du fait notamment de l'accroissement considérable du trafic routier.

Il importe donc de poursuivre la surveillance de la qualité de l'air et la mise en place de mesures de réduction des émissions polluantes.

Des standards de qualité de l'air ont été publiés par diverses institutions, l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis et l'Union Européenne. Ces standards sont régulièrement revus et actualisés, établis d'après les données scientifiques disponibles sur ces polluants, et réactualisés tous les 5 ans.

Surveillance de la qualité de l'air

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour faire tous l'objet d'une surveillance journalière. Certains d'entre eux ont donc été sélectionnés pour diverses raisons, notamment parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle ou automobile) ou parce qu'ils exercent des effets nuisibles démontrés sur la santé.

Ces polluants sont donc considérés comme des « indicateurs de pollution atmosphérique » et font l'objet d'une réglementation.

Cet indice est déterminé à partir des niveaux de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond urbaines et périurbaines de l'agglomération et prend en compte différents polluants atmosphériques (SO₂, NO₂, O₃ et PM₁₀). C'est donc un chiffre allant de 1 à 10 associé à un qualificatif (de très bon à très mauvais), et largement repris dans les médias et sur les panneaux d'information. En outre, ont été mises en place des procédures d'information et d'alerte du public en cas d'épisode de pollution atmosphérique.

XII- Conseils à nos malades lors des pics de pollution :

- tenir informées les personnes sensibles des alertes de pollution et déterminer si elles ressentent une aggravation de leurs symptômes cliniques les jours de pic de pollution et les 48 heures suivantes
- prévoir des activités physiques où la pollution atmosphérique est moins élevée et diminuer le niveau d'activité physique en cas de taux élevé de pollution atmosphérique
 - En cas de pic de pollution à l'ozone, pratiquer les activités sportives en matinée (avant 12 h) ou éviction
- il est important que les personnes souffrant d'une pathologie cardiorespiratoire chronique (asthmatiques, BPCO, insuffisants respiratoires ou cardiaques) respectent scrupuleusement leur traitement, restent vigilants par rapport à toute aggravation de leur état et n'hésitent pas à consulter leur médecin en cas d'aggravation de leur état clinique.
 - Les patients asthmatiques peuvent avoir recours à un bronchodilatateur inhalé en prévention, garder en permanence à disposition les médicaments adéquats pour soulager rapidement les symptômes., selon les recommandations de leur médecin traitant.
 - Surveillance étroite en cas de pic de pollution (débitmètre de pointe en cas d'asthme par exemple)
- agir sur les sources de pollution intérieures (tabac, gaz, peintures...)

XIII- Conclusion

- La pollution atmosphérique est composée d'un mélange complexe d'éléments gazeux et solides.
- La principale source des agents polluants dans nos villes est la combustion des énergies fossiles, notamment liée au trafic automobile.
- Les données les plus récentes démontrent que le fait de vivre à proximité d'un grand axe routier expose à des effets nocifs sur la santé cardiorespiratoire.
- plusieurs polluants, dont l'ozone et les particules, sont directement responsables d'effets délétères sur la santé respiratoire.
- l'exposition chronique aux particules est associée à une augmentation de la mortalité totale, de la mortalité par maladie respiratoire, notamment le cancer bronchique, mais aussi à une réduction de la croissance pulmonaire chez l'enfant.
- Les effets néfastes des polluants sur la santé existent pour les niveaux couramment observés de pollution atmosphérique dans nos villes, malgré les progrès ces dernières années dans le domaine de la qualité de l'air