

Le 8 décembre 2016, des images d'enfants, figés dans leur cour de récréation, portant un masque chirurgical, rassemblent plus de 240 000 vues sur les réseaux sociaux.



Ce clip video, réalisé par un père de famille alerté par l'intensité de la pollution dans la vallée du Mont Blanc, fait bouger les élus.

À peine un mois plus tard, début janvier 2017, Ségolène Royal, ministre de l'environnement, consent à la mise en place d'une convention "territoire respirable" sur toute la vallée avec notamment l'ouverture de fonds pour favoriser une transition.



Et voilà, la preuve est faite !

Youhou !



Sophie Rabourdin, médecin généraliste.

Notre pays n'est pas un énorme paquebot rouillé conduit par des dirigeants plus ou moins débordés, mais une flotte.



Une flotte de navires vaillants qui, sur un changement de cap peuvent prendre une nouvelle direction.



La démocratie c'est aussi ça. Savoir rappeler, à ceux qui ont tout bien planifié qu'au niveau de l'étrave ça pue le gazole.

Mais pour ce faire, encore faut-il savoir de quoi on parle.



L'Homme est friand de scénarios catastrophes, imaginant sa fin, de préférence dans d'atroces souffrances avec ou sans masque à gaz. Aller droit dans le mur, c'est vendreur.



L'homme a peur de ce qu'il ne connaît pas, de ce qu'il ne maîtrise pas.



Il est temps de comprendre pour imaginer un nouveau scénario.



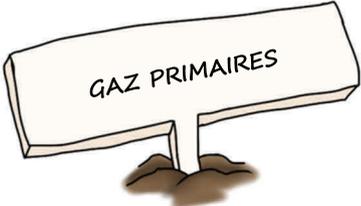
Alors, c'est quoi exactement la pollution de l'air ?

Disons qu'elle pourrait être définie par le dépassement d'un certain seuil d'éléments gazeux ou particulaires contenus dans l'air que l'on respire et jugés nocifs pour la santé.



Thomas Bourdrel, médecin radiologue, président de l'association "Strasbourg respire".

Nous trouvons tout d'abord des éléments gazeux. Certains sont dits primaires et d'autres, naissant à partir des premiers sous l'action de réactions diverses sont dits secondaires.

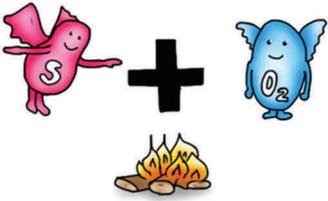


Le dioxyde de soufre (SO2)

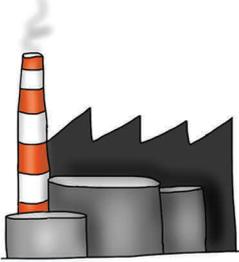


Il est connu pour les smogs ou pluies acides.

Il est produit par réaction chimique ou thermique entre des composés soufrés et de l'oxygène.



Aujourd'hui, il est encore émis lors de la combustion de produits soufrés (charbon, fioul, pétrole), retrouvée notamment dans l'industrie et le transport maritime (paquebots, cargos).



En France les émissions de SO2 ont été diminuées par 10 entre 1960 et 2014.

Les Composés organiques volatils (COV)



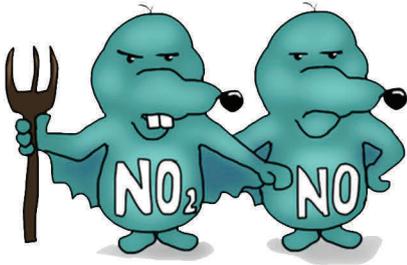
Ils sont issus de la combustion (raffinage du pétrole) ..

.. ou de l'évaporation (solvants, peintures, colles, produits d'entretien).

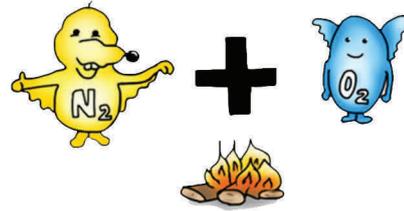


La production de COV a globalement été divisée par 2 depuis 2000.

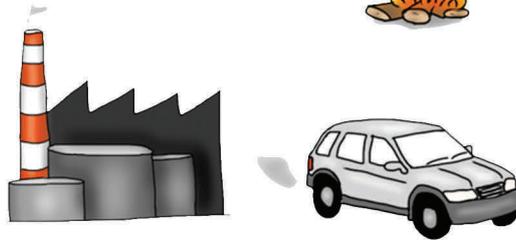
Les oxydes d'azote ($\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$)



Ils se forment par combinaison dans l'air de diazote (N_2) et de dioxygène (O_2), sous l'effet de la combustion, N_2 et O_2 étant des constituants de l'air. Les oxydes d'azote sont au coeur du scandale du Dieseltgate (logiciels truqués minimisant les émissions de gaz polluants lors des tests d'homologation).



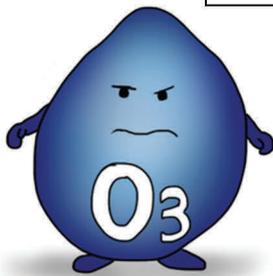
Les principaux émetteurs de NO_x sont le transport routier (surtout les moteurs diesel), les grandes installations de combustion de produits fossiles (pétrole, charbon) et de bois ainsi que les incinérateurs d'ordures ménagères.



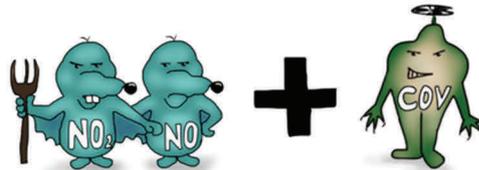
Un gaz secondaire est issu de la transformation dans l'atmosphère de composés gazeux primaires par association.

L'Ozone (O_3)

L'ozone est issu de la réaction entre NO_x et COV ou O_2 , induite par le rayonnement solaire.

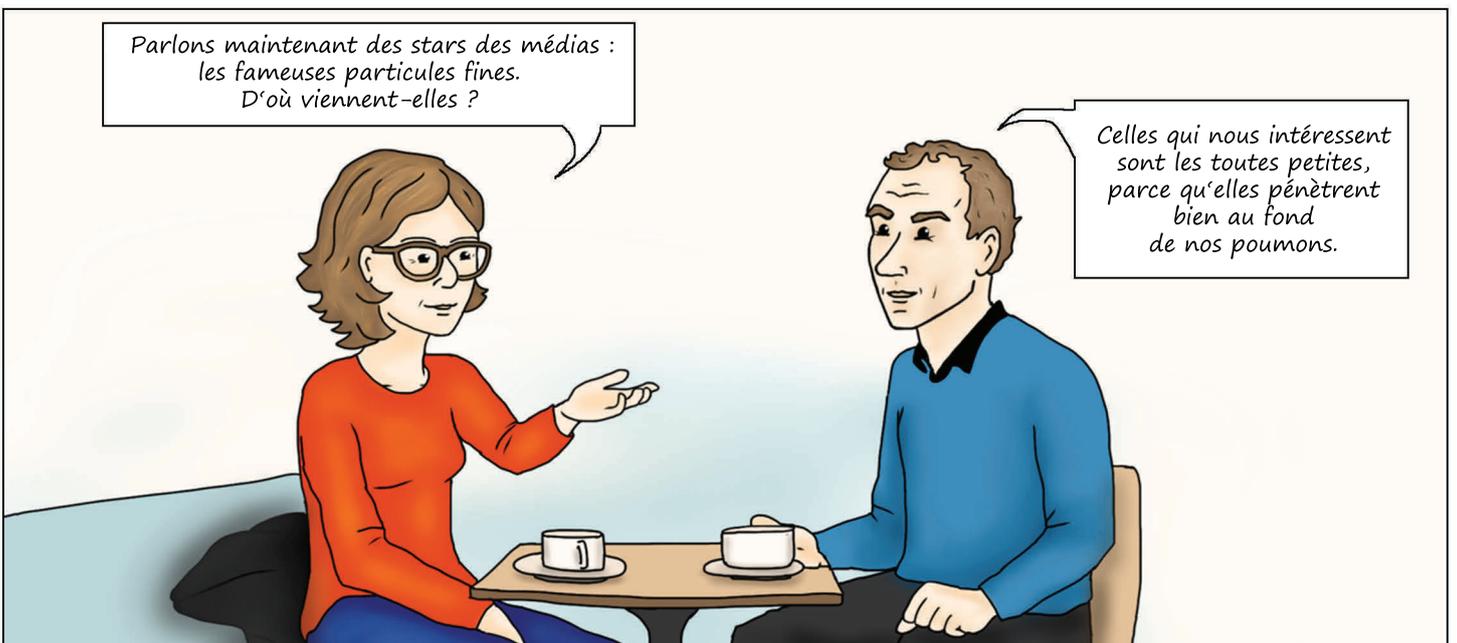


C'est un polluant de l'air mais aussi un gaz à effet de serre.



Parlons maintenant des stars des médias : les fameuses particules fines. D'où viennent-elles ?

Celles qui nous intéressent sont les toutes petites, parce qu'elles pénètrent bien au fond de nos poumons.

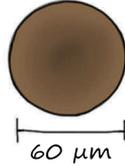


En fonction de leur mécanisme de formation, nous distinguons les particules primaires ou secondaires.

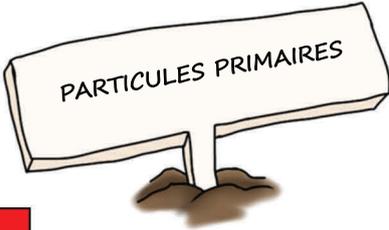


Les particules primaires sont classées par taille et appelées PM pour "particulate matter" : les PM10 ont un diamètre < 10 µm, les PM 2,5 < 2,5 µm et les PM 0,1 < 0,1 µm.

Section d'un cheveu

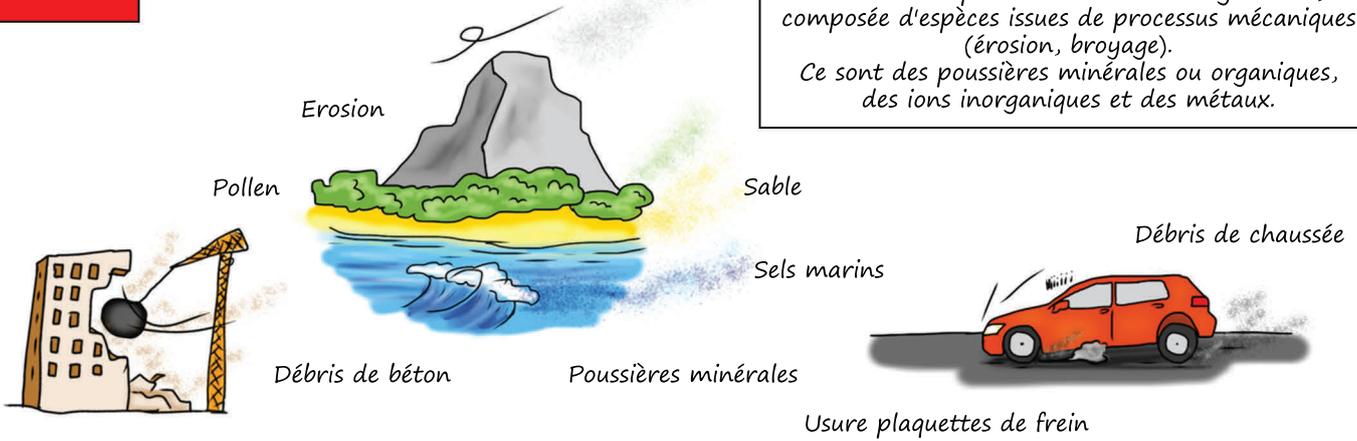


PM10 PM2,5



LES PM10

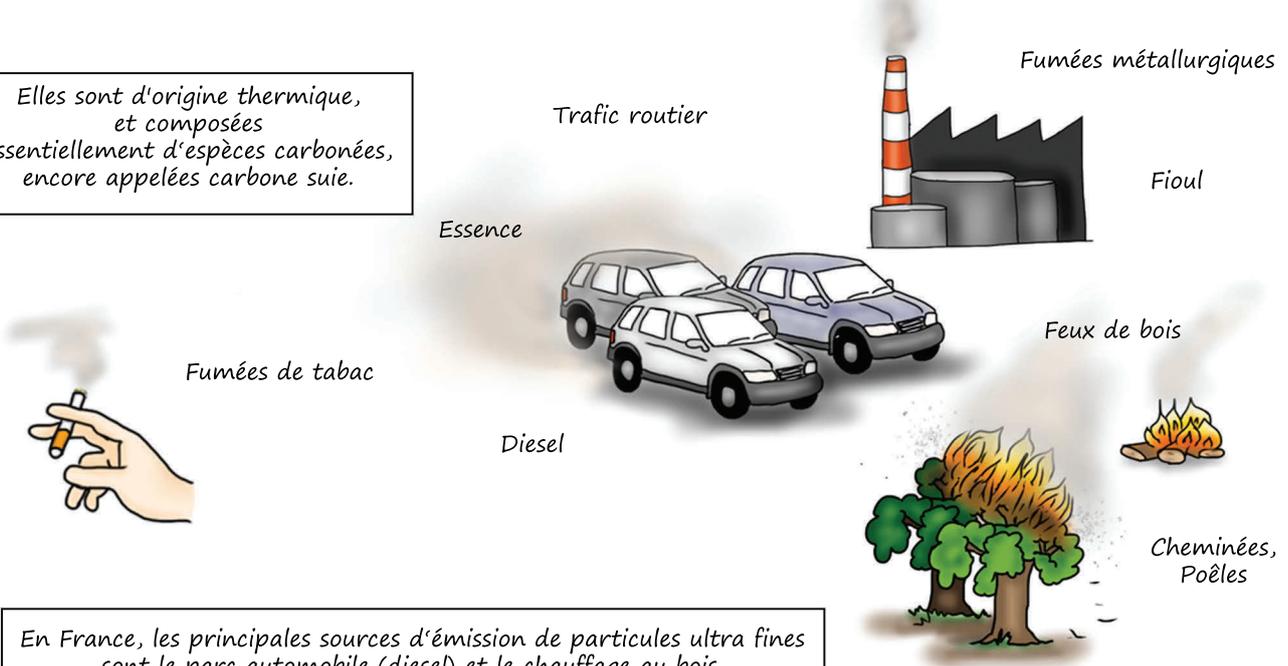
Les PM10 représentent la fraction grossière, composée d'espèces issues de processus mécaniques (érosion, broyage). Ce sont des poussières minérales ou organiques, des ions inorganiques et des métaux.



LES PM2,5 et PM 0,1

Les PM 2,5 et PM 0,1 sont respectivement les particules fines et ultra fines (UFP). Elles sont si fines qu'elles sont insédimentables. Elles voyagent plus et contaminent les plus hautes couches atmosphériques.

Elles sont d'origine thermique, et composées essentiellement d'espèces carbonées, encore appelées carbone suie.

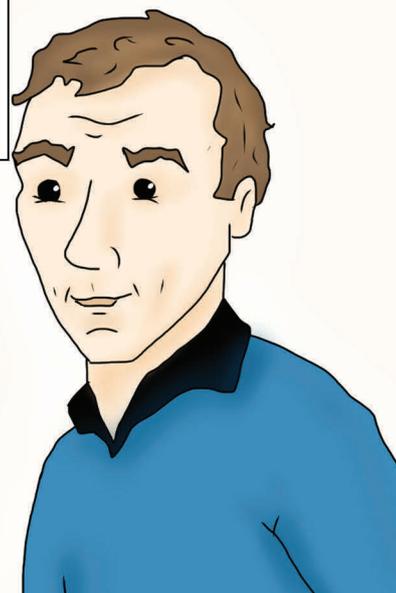


En France, les principales sources d'émission de particules ultra fines sont le parc automobile (diesel) et le chauffage au bois. 90 % des émissions diesel sont des UFP.

Comment se fait-il que les espèces carbonées soient considérées comme les particules les plus nocives alors que le carbone est un constituant essentiel à la vie ?



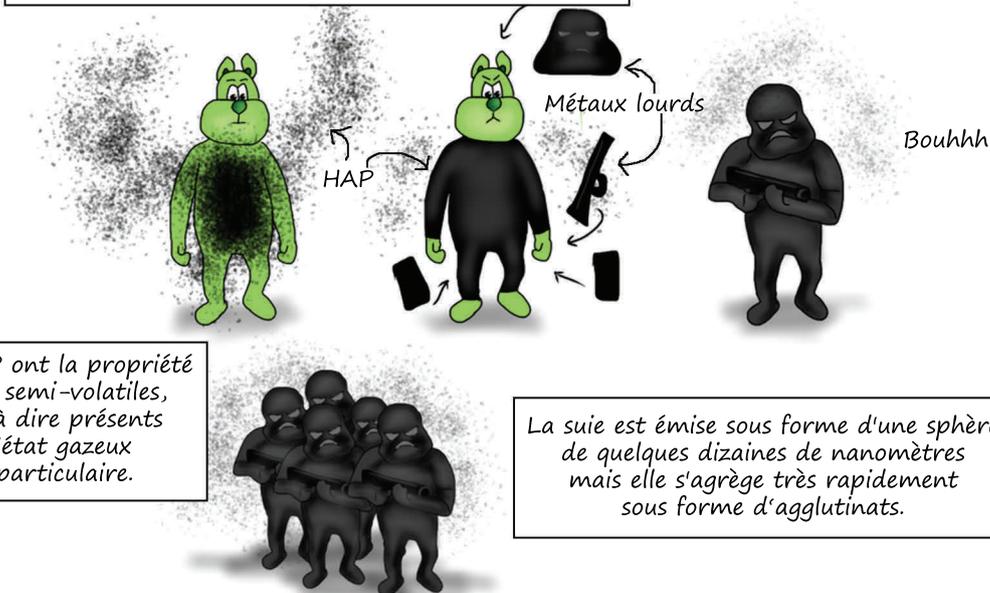
L'atome de carbone seul est effectivement inoffensif. Mais lors de la formation de la suie, il va être associé à d'autres éléments qui lui confèrent son côté obscur.



En effet, les espèces carbonées sont constituées d'une molécule de carbone élémentaire ...

... entourée d'un mélange d'éléments organiques : les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), considérés comme extrêmement cancérigènes ...

... et de métaux lourds.



Les HAP ont la propriété d'être semi-volatiles, c'est à dire présents à l'état gazeux et particulaire.

La suie est émise sous forme d'une sphère de quelques dizaines de nanomètres mais elle s'agrège très rapidement sous forme d'agglutinats.

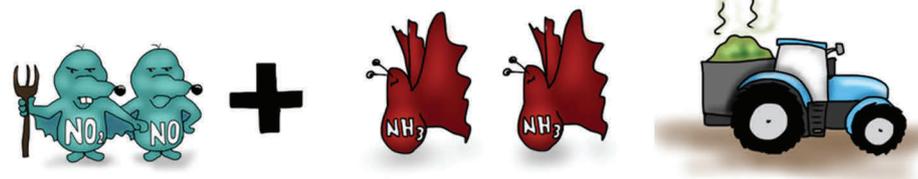
Ces particules ultra fines sont les plus toxiques, de par leur composition et leur taille.



Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Ce sont essentiellement des particules fines (PM 2,5) et des particules de taille comprise entre 2,5 et 10 µm.

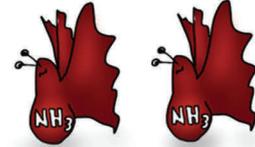
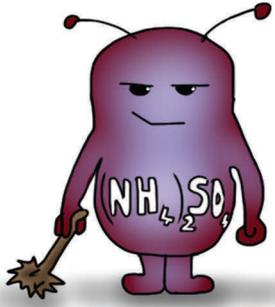
Le nitrate d'ammonium (NH₄NO₃)

Il est issu de réactions entre les oxydes d'azotes (NOx) et l'ammoniac (NH₃) émanant des épandages agricoles (lisiers, fumiers).



Le sulfate d'ammonium ((NH₄)₂SO₄)

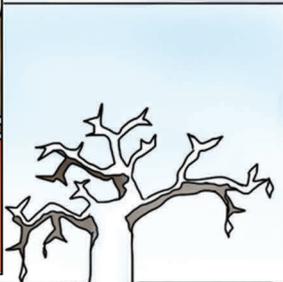
Il est issu de réactions entre le dioxyde de soufre et l'ammoniac.



Bon, ok, il existe donc un sacré paquet de polluants dans l'air mais qu'est-ce qui favorise les pics de pollution ?

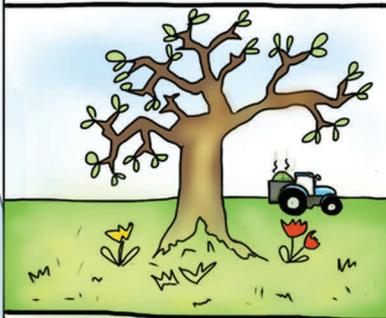
Certaines conditions météorologiques vont favoriser l'accumulation de pollution au niveau local, comme c'était le cas dans la vallée du Mont Blanc.

L'hiver, le sol est froid mais l'air au dessus est encore plus froid. Dans certaines conditions de temps stable et ensoleillé, la masse d'air en altitude va se réchauffer créant une inversion de température (air plus chaud en haut que en bas). Cela forme un couvercle plaquant les masses d'air au sol. La pollution va alors stagner dans la vallée.



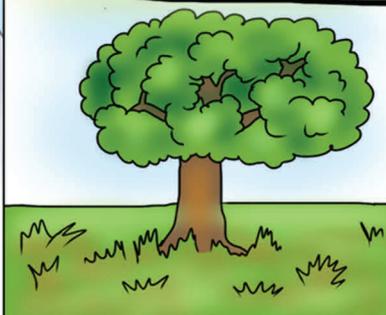
12

L'hiver les particules sont également plus toxiques en raison du froid. Comme nous l'avons vu précédemment, les HAP sont un constituant très dangereux des espèces carbonées. Le froid va favoriser la précipitation des HAP de l'état gazeux vers l'état particulaire qui se fixeront sur les composés carbonés. Or les HAP à l'état particulaire sont bien plus agressifs qu'à l'état gazeux, rendant cette pollution bien plus délétère.



Au printemps, l'épandage d'engrais par les agriculteurs favorise la formation de particules secondaires (nitrate et sulfate d'ammonium).

Certains épisodes de pollution vont provenir de libération de poches formées ailleurs et ramenées par des grands courants.



L'été, le soleil contribue à l'apparition des pics d'ozone.

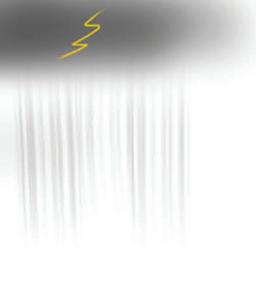
Ces diverses conditions contribuent à la survenue de pics de pollution saisonniers.

Les particules vont influencer le climat.

Elles absorbent la lumière (sensation de brume) et entraînent une modification des nuages.

Les très fines particules vont faire condenser la vapeur d'eau à leur contact, former des gouttelettes et provoquer des précipitations. L'hiver ces pluies peuvent se transformer en neige de pollution.

Elles se déposent sur les glaciers et favorisent la fonte des glaces.



Les précipitations font baisser le taux de particules dans l'air par lavage, ce qui contribue à polluer les sols.



Quels sont les critères d'alerte ?

Les premières normes européennes relatives aux particules PM10 sont fixées par une directive en 1999, transposées en droit français en 2002.

Depuis 2005 les normes ont été durcies pour les PM10. Elles doivent être inférieures à 40 microg/m3 (en moyenne par jour) et ne pas dépasser 50 microg/m3 plus de 35 jours par an.

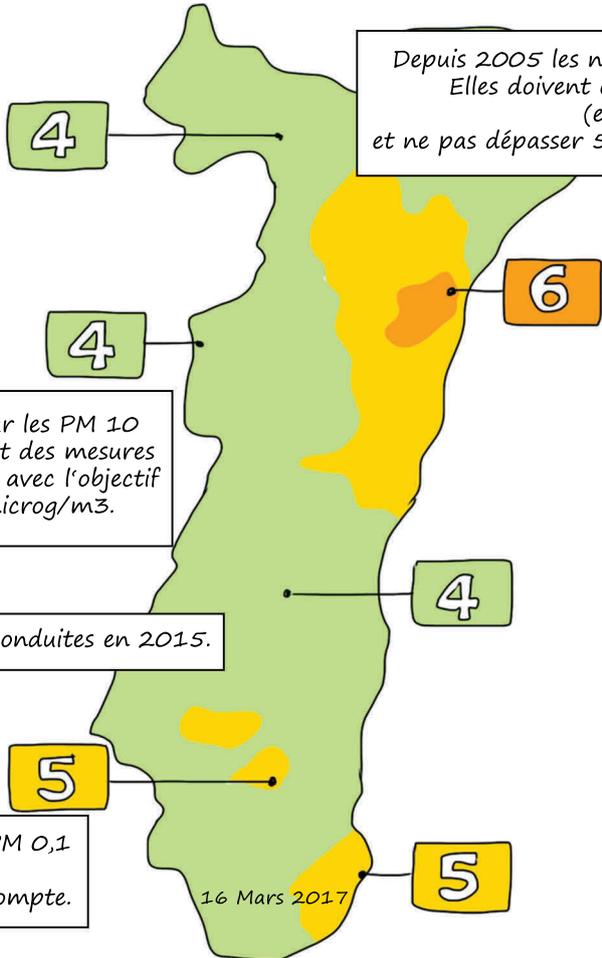
Certains polluants particuliers spécifiques font l'objet de directives européennes ; des métaux : plomb, arsenic, cadmium, nickel et un HAP, considéré comme cancérigène : le benzopyrène.

En 2008 ces normes pour les PM 10 sont reprises et s'y ajoutent des mesures de surveillance des PM 2,5 avec l'objectif d'être inférieur à 25 microg/m3.

Ces normes sont reconduites en 2015.

À l'heure actuelle, les PM 0,1 (les plus nocives) ne sont pas prises en compte.

Ces seuils d'alerte européens sont encore trop élevés par rapport aux seuils préconisés par l'Organisation mondiale de la santé.



QUALITE DE L'AIR ALSACE

très mauvaise	10
	9
mauvaise	8
	7
médiocre	6
	5
moyenne	5
	4
bonne	4
	3
	2
très bonne	1



Bon, ce n'est pas très reluisant cette affaire !

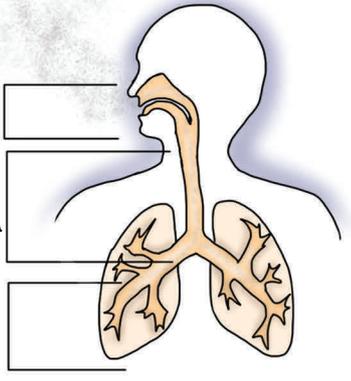
Mais concrètement, en quoi tous ces polluants sont-ils dangereux pour notre santé ?

Pénétration des polluants dans le système respiratoire selon leur diamètre.

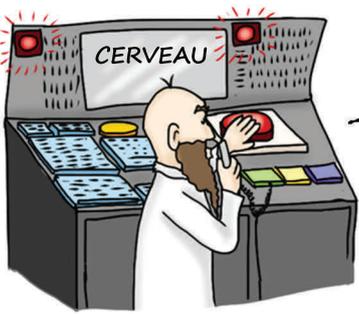
Segment nasopharyngien :
particules > 10 µm
et gaz

Segment trachéobronchique :
particules entre 2,5 et 10 µm
et gaz

Segment pulmonaire :
particules < 2,5 µm
et gaz

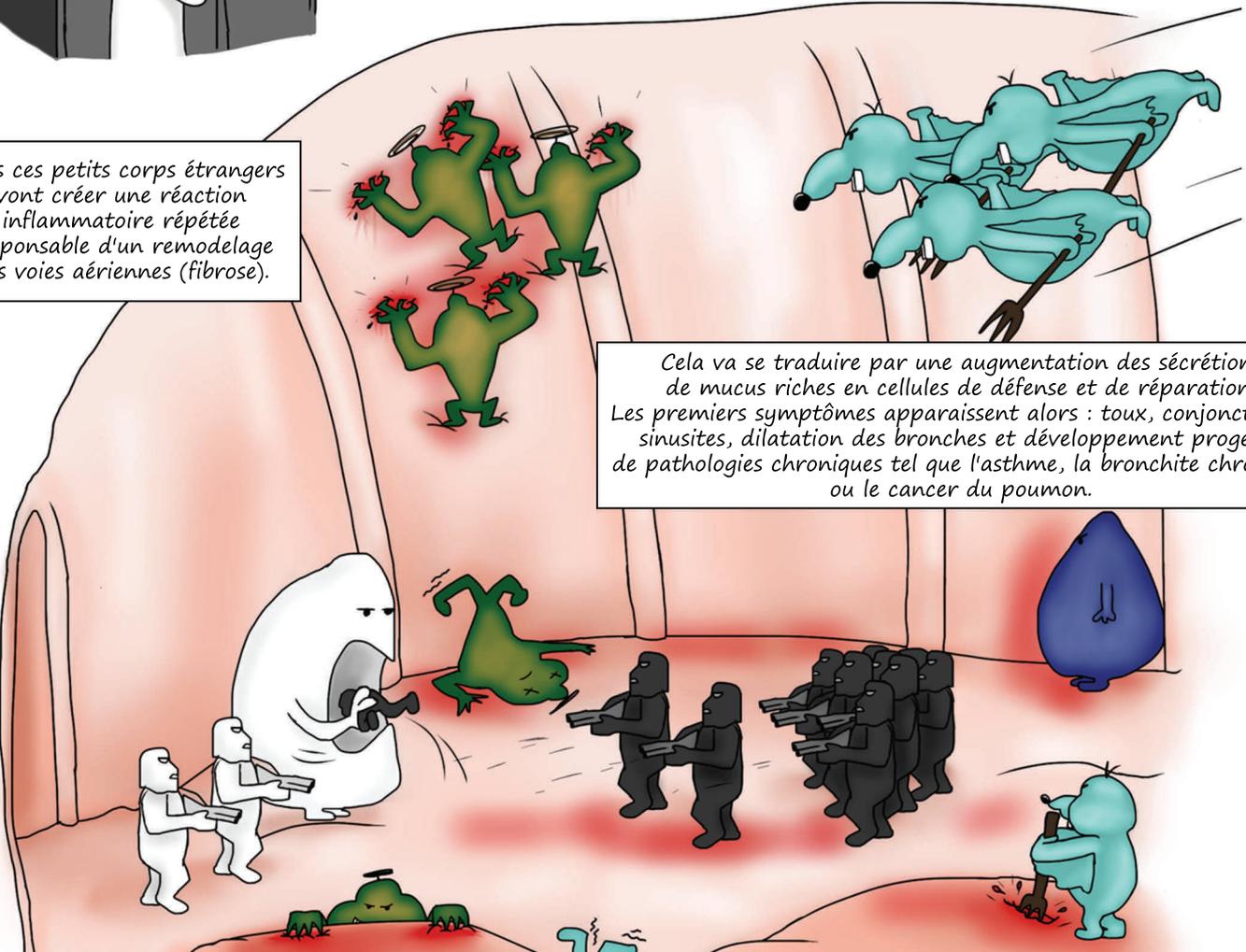


La première réaction au polluant est macroscopique, c'est à dire, à l'échelle de l'organe.



Je déclenche l'état d'urgence. Je répète : état d'alerte maximale. J'ai un retour alarmant des globules blancs de la zone pulmonaire. Je ne sais pas ce que c'est que ce bordel mais il y a du grabuge. Je veux du monde sur zone et que ça saute !

Tous ces petits corps étrangers vont créer une réaction inflammatoire répétée responsable d'un remodelage des voies aériennes (fibrose).



Cela va se traduire par une augmentation des sécrétions de mucus riches en cellules de défense et de réparation. Les premiers symptômes apparaissent alors : toux, conjonctivites, sinusites, dilatation des bronches et développement progressif de pathologies chroniques tel que l'asthme, la bronchite chronique ou le cancer du poumon.

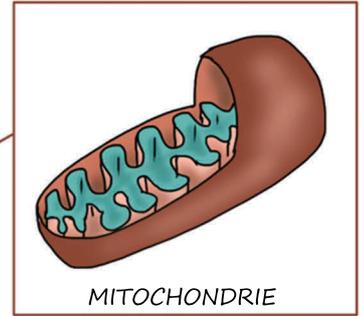
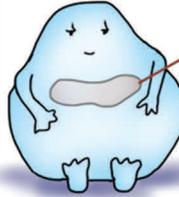
Les UFP peuvent gagner la circulation sanguine et toucher tous les organes. Elles sont retrouvées notamment au niveau du placenta ou du cerveau (pathologies neurodégénératives).



L'autre réaction se joue au niveau cellulaire.
C'est le **stress oxydatif**.

Dans la cellule, les mitochondries produisent de l'énergie grâce à l'oxygène.
Energie indispensable au fonctionnement du corps.
Cette réaction va émettre des déchets appelés radicaux libres.

CELLULE



MITOCHONDRIE

Ceux-ci, en très petite quantité sont éliminés grâce à des anti-oxydants apportés par l'alimentation ou produits par le corps.

ANTI-OXYDANTS :

- vit C : fruits et légumes
- vit E : olives, maïs, noisettes, noix
- beta carotène : carottes, légumes verts

Lors d'un déséquilibre entre oxydants (polluants de l'air) et anti-oxydants un nombre important de radicaux libres est relâché.

Ces derniers deviennent alors toxiques à plusieurs niveaux : ils abîment l'ADN entraînant potentiellement la mort cellulaire mais agissent également à distance en déclenchant des réactions inflammatoires ou endommageant les membranes tissulaires.

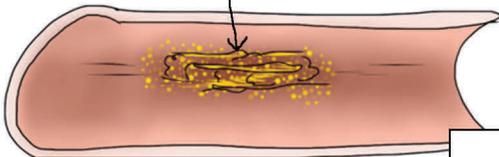
C'est le cas notamment au niveau des vaisseaux sanguins et cela entraîne une dysfonction endothéliale.

Le LDL cholestérol qui se balade dans le sang va alors avoir tendance à s'accumuler dans ces lésions et produire des plaques.

C'est ce que l'on appelle l'athérosclérose.

A terme, ces plaques d'athérome peuvent être responsables d'accidents vasculaires ou d'infarctus.

Athérome



VAISSEAU SANGUIN

Le stress oxydatif est également jugé responsable de l'apparition de troubles du rythme cardiaque et joue un rôle dans la genèse des pathologies respiratoires.

Par ailleurs, certains gènes endommagés par les radicaux libres, ne sont plus en capacité de réguler la réponse inflammatoire allergénique. Il est alors observé une augmentation des sensibilisations vis à vis des allergènes, majorant notamment les allergies aux pollens.

Le stress oxydatif a lieu, quel que soit le seuil de polluants dans l'air et est longtemps asymptomatique, contrairement aux atteintes respiratoires qui se manifestent surtout lors des pics de pollutions.

Ainsi, les maladies mortelles dues à la pollution atmosphérique sont pour les 3/4 des pathologies cardiovasculaires, et pour 1/4 des maladies respiratoires.

Selon un rapport publié par l'Agence européenne pour l'environnement, en 2015, la pollution de l'air continue de causer plus de 524 000 décès prématurés en Europe par an (contre 348 000 sur la base des émissions de l'année 2000).



Je crois que, maintenant, nous avons la connaissance et les cartes en mains.

À nous d'agir ensemble. Mais comment ?

Nous en parlons la prochaine fois ?