

# Pollution Atmosphérique



© Grand Lyon

*caractéristiques, origines, conséquences*

# Plan

**Principaux polluants et/ou gaz à effet de serre (GES)**

**Sources d'émission, à l'intérieur et à l'extérieur**

**Effets sur la santé et sur l'environnement**

**Réglementation européenne et valeurs limites**

**Contribution du transport routier, le diesel seul responsable?**

**Normes euro : ma belle auto pollue t'elle?**

**Vitesse et pollution, puissance et couple, voiture électrique**

**Conclusions**

# Pollution : définition et caractéristiques

- Introduction par l'homme\*, (ou émission par la nature), 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 matériels,
  - à provoquer des nuisances olfactives excessives.
- \*Def<sup>on</sup> de la loi LAURE Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie 30 dec 1996

# Pollution : caractéristiques

- La pollution de l'air nous concerne aussi bien à l'intérieur des espaces fermés: maison, bureau, courses...(80à 85% d'1 journée de 24h dans des lieux confinés) qu'à l'extérieur.
- A l'intérieur elle est essentiellement d'origine anthropique (produite par l'homme)  
tandis qu'à l'extérieur elle est :
  - d'origine naturelle  
volcans, foudre, marais, érosion éolienne, inondations, pollens, végétaux, embruns marins, radon...
  - et anthropique : installations de combustion (énergie chauffage) et d'incinération, installations industrielles, agriculture, transports aériens, maritimes, terrestres...

# Influence météorologique

- **Le vent**, facteur de dispersion mais aussi de déplacement de la pollution dans des zones où elle n'a pas été émise (ozone en montagne)
- **Le soleil**, contribue à la formation d'ozone à partir des précurseurs comme les COV et les NOx
- **La pluie**, permet le lessivage des oxydes d'azote et l'entraînement des particules en suspension, (pollution des sols et des eaux) mais se transforme en pluies acides
- **La température** (plus froide en altitude) favorise la dispersion des polluants (plus chauds) qui s'élèvent mais attention au **phénomène d'inversion de température** qui agit comme un couvercle de marmite et accumule les polluants.

# Composition de l'atmosphère

- **Azote  $N_2$  : 78,08%**
- **Oxygène  $O_2$  : 20,93%**
- **Argon Ar : 0,93%**
- **Dioxyde de carbone = gaz carbonique  $CO_2$  : 0,0396% (GES)**
- **méthane  $CH_4$  : 0,0001824% (GES)** (Source GIEC 2014)
- **protoxyde d'azote  $N_2O$  : 0,000326 (GES)**

*① Selon l'activité déployée un adulte respire un volume de 15 à 20 m<sup>3</sup> d'air par jour Soit 19 à 26 kg d'air !*

## Composition de l'air sec

$$1 \text{ ppm} = 10^{-6}$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1.000.000}$$

$$1\% = 10.000 \text{ ppm}$$

$$0,1\% = 1.000 \text{ ppm}$$

$$0,01\% = 100 \text{ ppm}$$

\* *Gaz radioactif*

☑ *GES non répertorié dans protocole de Kyoto*

Nom	Formule	Proportion
Diazote	N <sub>2</sub>	78,08 %mol <sup>1</sup>
Dioxygène	O <sub>2</sub>	20,95 %mol <sup>1</sup>
Argon	Ar	0,934 %mol <sup>1</sup>
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	0,04 %mol (400 ppmv)
Néon	Ne	18,18 ppmv <sup>1</sup>
Hélium	He	5,24 ppmv <sup>1</sup>
Monoxyde d'azote	NO	5 ppmv <sup>1</sup>
Krypton	Kr	1,14 ppmv <sup>1</sup>
Méthane	CH <sub>4</sub>	1,7 ppmv
Dihydrogène	H <sub>2</sub>	0,5 ppmv <sup>1</sup>
Protoxyde d'azote	N <sub>2</sub> O	0,5 ppmv <sup>1</sup>
Xénon	Xe	0,087 ppmv <sup>1</sup>
Dioxyde d'azote	NO <sub>2</sub>	0,02 ppmv <sup>1</sup>
Ozone (GES) ☑	O <sub>3</sub>	0–0,01 ppmv <sup>1</sup>
Radon *	Rn	6,0×10 <sup>-14</sup> ppmv <sup>1</sup>

# Origine des polluants intérieurs

Outre la pollution extérieure qui pénètre, en fonction du lieu d'implantation (proximité usines, routes)... il y a :

les matériaux de construction, de décoration, et d'ameublement, revêtements de sols...

- les occupants, leurs activités et leurs comportements : combustion, ménage, tabagisme, aération, entretien, bricolage
- Ils peuvent être de nature physique, chimique ou biologique



# Principaux Polluants à l'intérieur des habitations

- le CO ou monoxyde de carbone très dangereux mortel à 0,15% (1500ppm)
- les NOx (gazinière) : Oxydes d'azote tels NO, NO<sub>2</sub>
- les HAP: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (benzène, toluène, acétone, essence de térébenthine, essence C et F , kerdane ...)
- les COV: Composés Organiques Volatils (colles, peinture, solvants ...)
- les poussières et acariens, les champignons , virus et bactéries
- les aldéhydes : acroléine, benzo a pyrène, (viande cuite au barbecue) et en particulier le formaldéhyde (aldéhyde formique ou méthanal)

# Les COV

- On appelle **Composés Organiques Volatils**, les substances organiques dont le point d'ébullition est compris entre 100°C et 240°C.
- Ils ont la propriété d'émettre des **gaz et vapeurs à température ambiante** qui se propagent ainsi, depuis leur point d'émission dans toute l'habitation.
- Ils sont présents dans les produits de construction, de décoration, de textiles, de mobilier, de peinture, vernis, colles, lasures, de nettoyage et d'entretien ménager, de désodorisants, de blocs WC, d'hygiène corporel: lotions, déodorants, parfums...
- On retrouve en particulier le **formaldéhyde** dans les panneaux de bois de particules contrecollés et agglomérés, les mousses isolantes, les colles, les moquettes textiles, les produits de bricolage.
- Enfin la cuisson des aliments produit aussi des COV (combustion) et à l'extérieur ce sont **des précurseurs de l'ozone**

ameublement (bois collés)

**air extérieur**

*pollution locale (gaz d'échappement, activités industrielles ou agricoles)*

**activités humaines**

*bricolage*

**occupation des locaux**

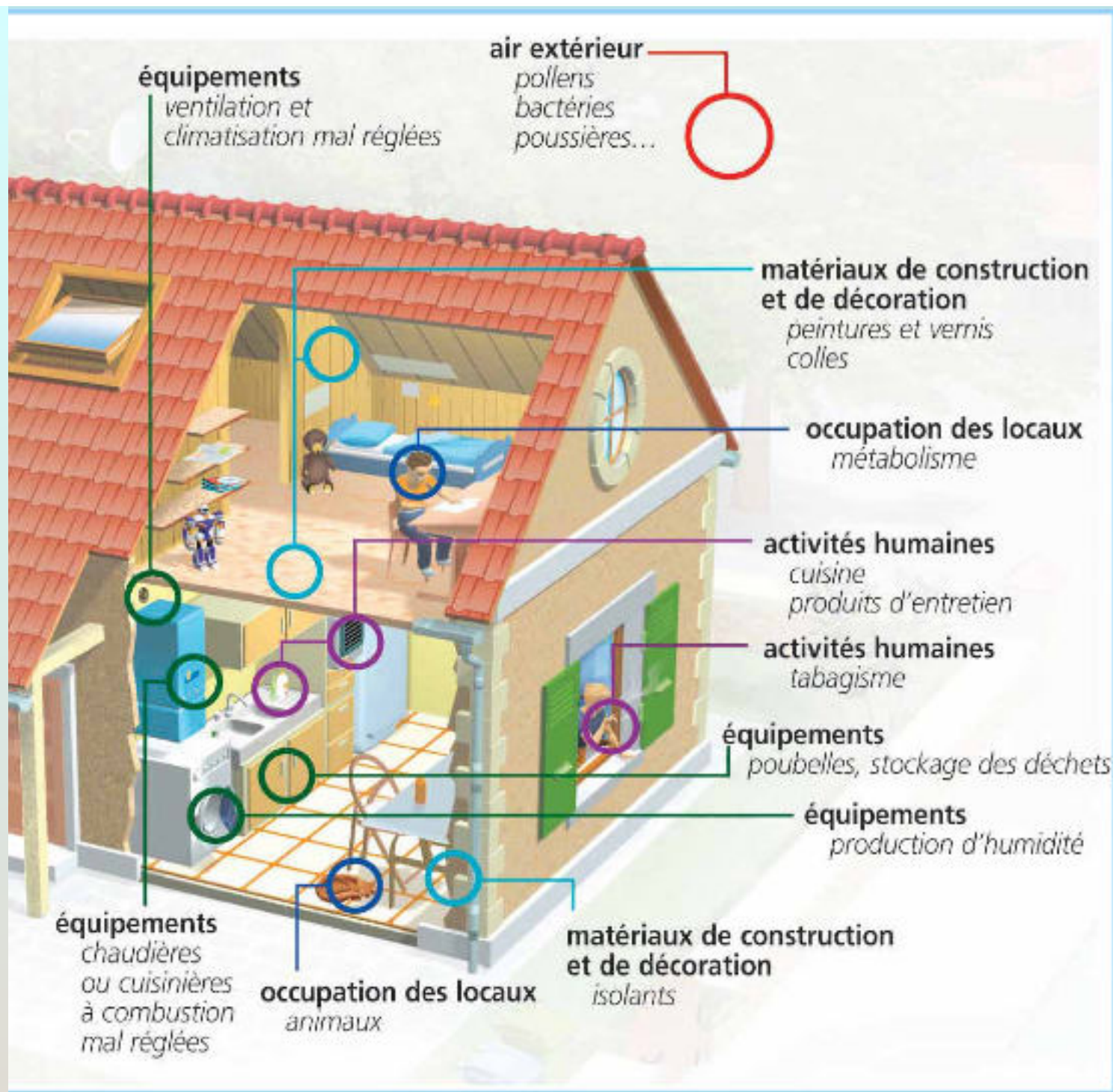
*plantes (allergènes, engrais, pesticides)*

**sol**

*émanations naturelles (radon)  
sols contaminés*

**activités humaines**

*techniques d'entretien*



# L'étiquetage environnemental

- Le **décret 2011-321 du 23 mars 2011**, impose depuis le 1er septembre 2013 un étiquetage des émissions en substances volatiles (COV) des produits de construction et de décoration par des lettres :
- de **A+** peu émissif à **B** ou **C** (fortement émissif)
- Il s'agit des **formaldéhydes**, acétaldéhyde, toluène tetrachloréthylène, xylènes, triméthylbenzène, dichlorobenzène, ethylbenzène, 2-butoxyéthanol, et du styrène.
- cet étiquetage est **auto déclaratif** et ne suppose aucune étude environnementale ou biologique.
- Il existe une réglementation dans les ERP crèches, écoles ...
- ... *JPM/DEA 7 déc. 2015*

# Surveillance dans les ERP

Dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) le décret n° 2011-1728 du 2 déc. 2011 impose une surveillance de la qualité de l'air intérieur pour les propriétaires ou exploitants d'ERP accueillant des populations sensibles ou exposées sur de longues périodes comme les crèches, les écoles, les ets. pour handicapés, et les ets.pénitentiaires pour mineurs.

doit être réalisée avant 2015 pour l'accueil des enfants de moins de 6 ans et les maternelles

avant 2018 pour les classes élémentaire

avant 2020 pour les accueils de loisirs et le second degré

+ mesure du perchloréthylène si contiguïté avec inst. nettoyy à sec.

*Un peu de Chimie ? Ou de la cuisine?*

*équations et assemblage des atomes en molécules*

*Quelle différence entre le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote ?*

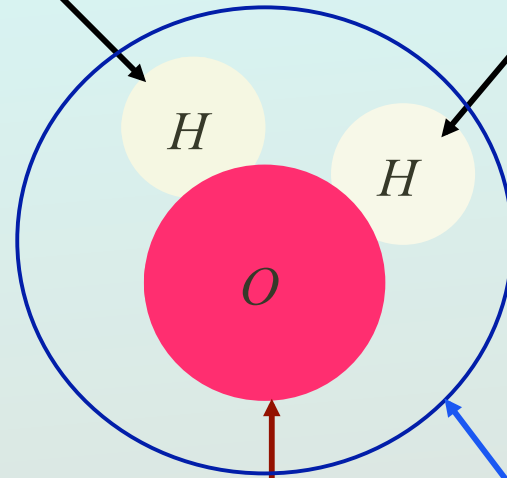
*C'est quoi l'ozone?*

*Pourquoi le symbole N veut dire azote  
quelle est la formule de l'eau?*

• Une molécule est constituée par l'assemblage d'atomes : exemple l'eau  $H_2O$

*1 Atome d'Hydrogène*

*1 Atome d'Hydrogène*




*1 Atome d'oxygène*

*Molécule d'eau  $H_2O$*



# Constitution des molécules, équations chimiques

- $O + O = O_2$  dioxygène
  - $N + N = N_2$  diazote
  - $H + H = H_2$  dihydrogène
- }   $O_2 + O = O_3 = \text{OZONE}$
- } gaz diatomiques
- $C + 1/2 O_2 = CO$  monoxyde de carbone
  - $C + O_2 = CO_2$  gaz carbonique ou dioxyde de carbone (GES)
  - $N + 1/2 O_2 = NO$  monoxyde d'azote
  - $N + O_2 = NO_2$  dioxyde d'azote et  $NO_2 + NO_2 = N_2O_4$
- }  $NO_x$
- $N_2 + 1/2 O_2 = N_2O$  protoxyde d'azote ou gaz hilarant et anesthésique

## Gazinière et CO

- Combustion avec l'oxygène de l'air

- Butane:  $C_4H_{10} + 13/2 O_2 = 4 CO_2^* + 5 H_2O + Q$  calories

Il a fallu faire réagir 13 atomes d'oxygène soit 6,5 molécules pour oxyder (brûler) une molécule de butane

- s'il manquait 1 seul atome d'oxygène, la combustion serait incomplète et produirait du monoxyde de carbone CO (quand la flamme du brûleur devient jaune), gaz dangereux

- $C_4H_{10} + 12/2 O_2 = 3CO_2 + CO + 5 H_2O + Q$  calories

- \* *GES = Gaz à Effet de Serre*

## *Les Polluants extérieurs*

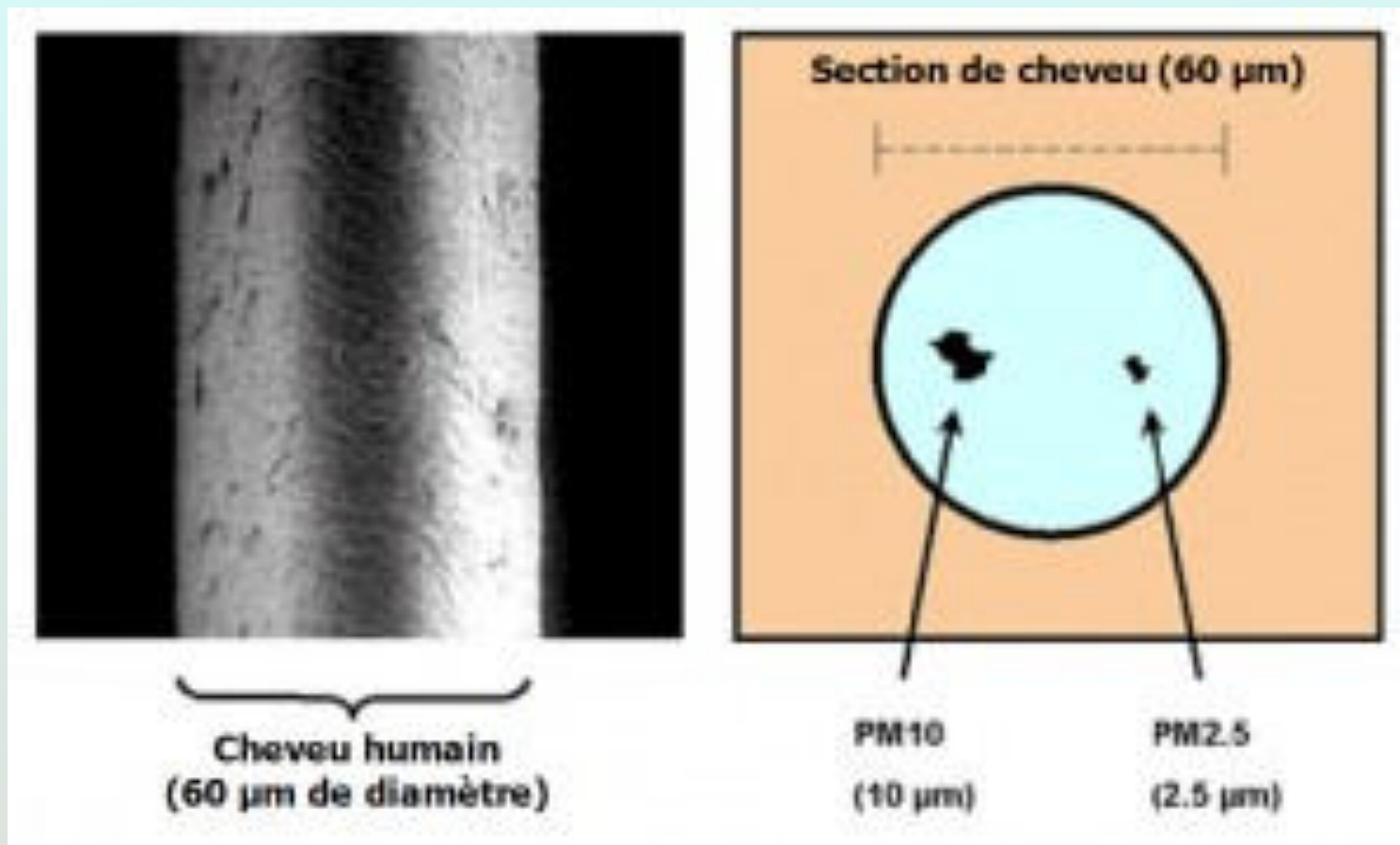
*L'histoire de la surveillance de l'air en Rhône-Alpes a commencé il y a plus de 40ans avec la mesure des concentrations en acides. Depuis, le nombre de polluants surveillés n'a cessé de s'accroître conformément aux directives européennes.*



## Polluants principaux de l'air extérieur

- Les 4 principaux polluants :
- Le dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  ou anhydride sulfureux
- Les  $\text{NO}_x$ :  $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$  en équilibre svt. avec  $\text{N}_2\text{O}_4$
- Les particules fines PM 10 et PM 2,5 inférieures respectivement à  $10 \mu\text{m}$  et à  $2,5 \mu\text{m}$
- L'Ozone  $\text{O}_3$
- Mais de nombreuses autres substances sont également surveillées et mesurées.

## Taille des particules fines



# Polluants principaux air extérieur

Polluant	Principale source
dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Industrie lourde
oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) dont le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Transports
ozone (O <sub>3</sub> )	Industrie chimique
particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM <sub>10</sub> )	Chauffage urbain, industrie lourde, transports, agriculture
particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM <sub>2,5</sub> )	Chauffage urbain
monoxyde de carbone (CO)	Chauffage urbain, industrie lourde
benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Chauffage urbain, transports
arsenic (As)	Industrie lourde
cadmium (Cd)	Industrie lourde
nickel (Ni)	Industrie lourde
plomb (Pb)	Industrie lourde, transports
hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), principalement le benzo[a]pyrène (B[a]P)	Chauffage urbain

## Autres polluants extérieurs surveillés

- Le monoxyde de carbone CO
- Les métaux lourds ( Zn, As, Cd, Cr, Ni, Pb)
- Les composés organiques volatils (COV)
- Le benzène C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>
- Les aldéhydes dont le formaldéhyde classé cancérigène depuis juin 2004 par le CIRC (Lyon)
- Les dioxines et furanes
- Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)
- Les pesticides
- Les pollens

## Le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>

- C'est un Polluant essentiellement industriel.
- Il est aussi dénommé : anhydride sulfureux
- Centrales thermiques, installations de combustion
- Automobile, unités de chauffage collectif
- C'est un irritant des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires supérieures il agit en synergie avec les particules fines et peut altérer la fonction respiratoire chez les asthmatiques et les jeunes enfants
- Avec l'humidité de l'air il se transforme en acide sulfurique : pluies acides et dégradation des matériaux



## Les NO<sub>x</sub>: NO et NO<sub>2</sub>

- Dus à la combustion à hte. température de carburants et combustibles fossiles. Les sources principales sont les **véhicules** et les **installations de combustion**. (également gazinières chauffe-eau et chaudières gaz)
- la pollution associée aux particules : couleur orangée.
- **le pot catalytique** a diminué l'émission des véhicules à essence et diesel, équipés désormais de systèmes plus efficaces qu'en 1993, mais le nb de voitures a augmenté.

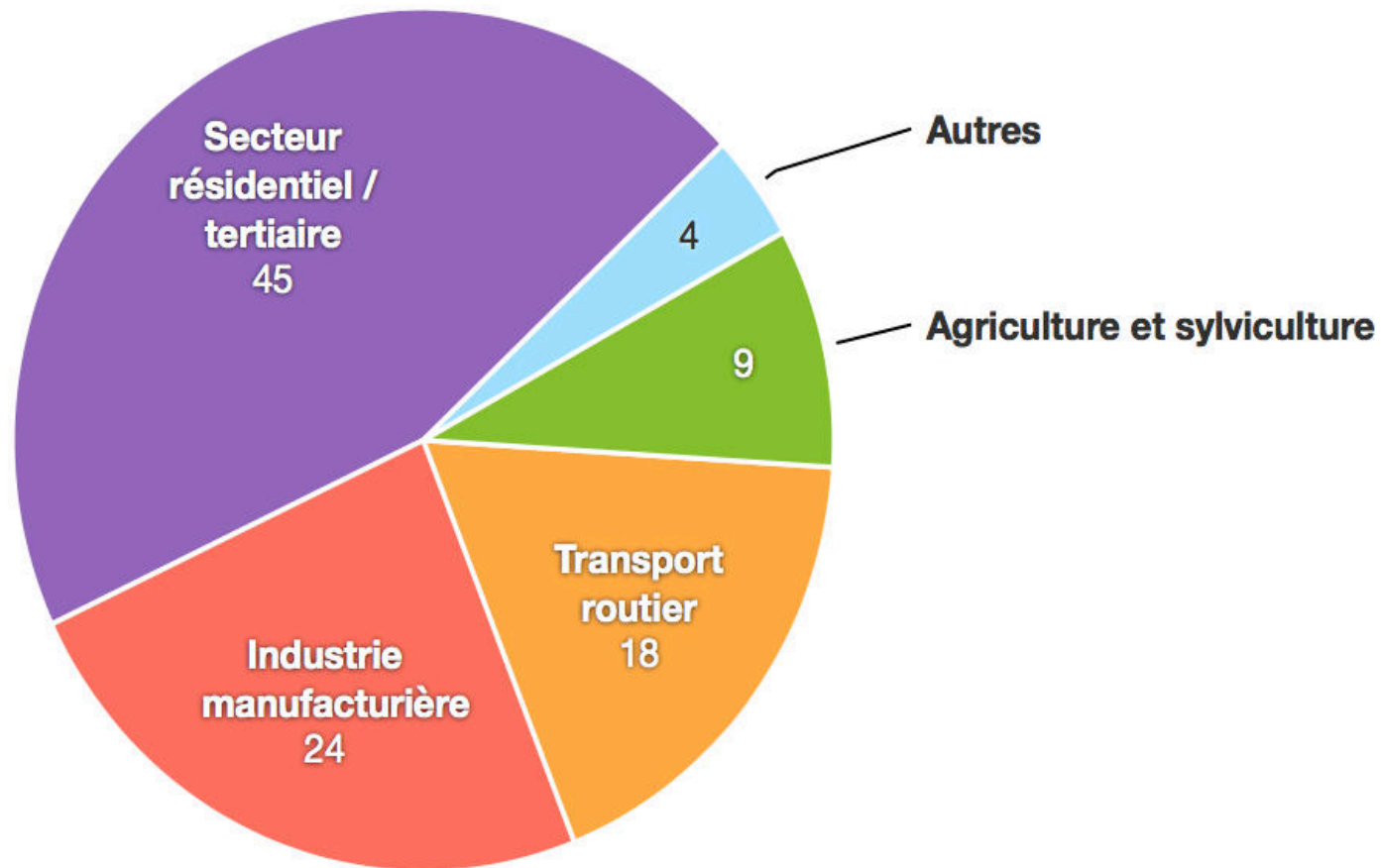
Les NO<sub>x</sub> sont des **irritants pour les yeux et les voies respiratoires**

- Ils favorisent les crises d'asthme et les infections pulmonaires chez les jeunes enfants..
- Enfin pour l'environnement ce sont **des précurseurs de l'ozone** sous l'action des UV et ils participent aux pluies acides ( HNO<sub>3</sub>)

## Les particules fines : PM10 et PM 2,5

- Ces poussières en suspension proviennent essentiellement :
- de la combustion à des fins énergétiques, de différents matériaux: bois, charbon, pétrole ...
- De l'industrie: sidérurgie, chaufferies, incinération, cimenteries...
- Du transport routier : imbrulés, suies et surtout **l'usure mécanique des pièces en frottement** : garnitures des plaquettes de frein, embrayage, mécanique, pneumatiques, revêtement routier qui constituent 41% des PM10 émises par le transport.

## Répartition en pourcentage des émissions de particules par secteur d'activité



Created with [Datawrapper](#)  
JPM/DEA 7 déc. 2015

Source: [Citepa](#), [Get t](#)  
27

Pour inverser la situation, Sébastien Vray réclame avant tout une meilleure

## Les particules fines : PM10 et PM 2,5

- Le freinage à lui seul est responsable de 20% de l'ensemble des particules émises par le trafic routier
- Un scenic ou C4 picasso émet 30 mg de particules PM10 par km (22 mg plaq. Av et 8 mg plaq.Ar)
- Idem pour les voitures électriques de même poids
- L'INSA de Lyon : usure des plaq. de freins = 20t/an reg lyon
- pour 533 milliards de veh.légers.km = 16.000 t/an en France

## Particules fines: les fausses bonnes idées

Le fait de freiner le débit des véhicules par les bus qui s'arrêtent en pleine voie entraîne sur 10 km une augmentation du temps de trajet de 40% et un surcroît de pollution de l'ordre de 20% (freinages, arrêts et redémarrages) idem pour la consommation donc augmentation du CO2 et des NOX et des PF

- le chauffage domestique au bois, des cheminées, poêles et foyers ouverts et fermés, reste un grand producteur de particules fines:
- 33% dus au résidentiel en PM<sub>10</sub> et 48% pour PM<sub>2,5</sub>
- 7,4 M de Français se chauffent au bois (résid principale)
- 50% l'utilisent comme chauff. principal.
- Rh.Alpes 1<sup>er</sup> consommateur : 7,4 Mstères /an = 4 millions de t

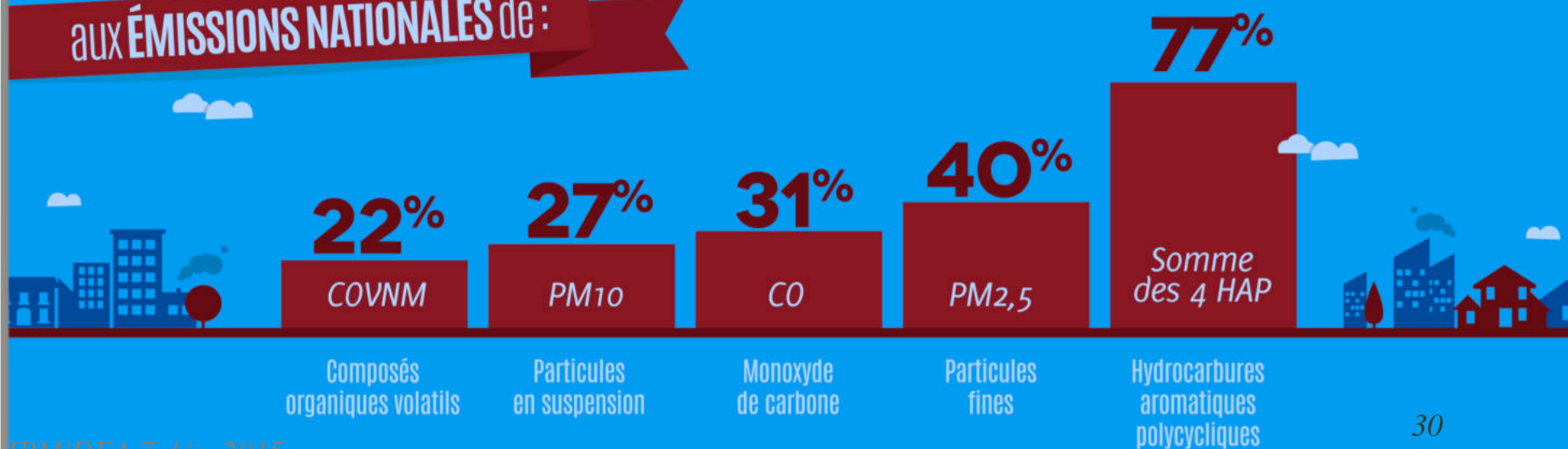
# Les impacts

sur la qualité de l'air

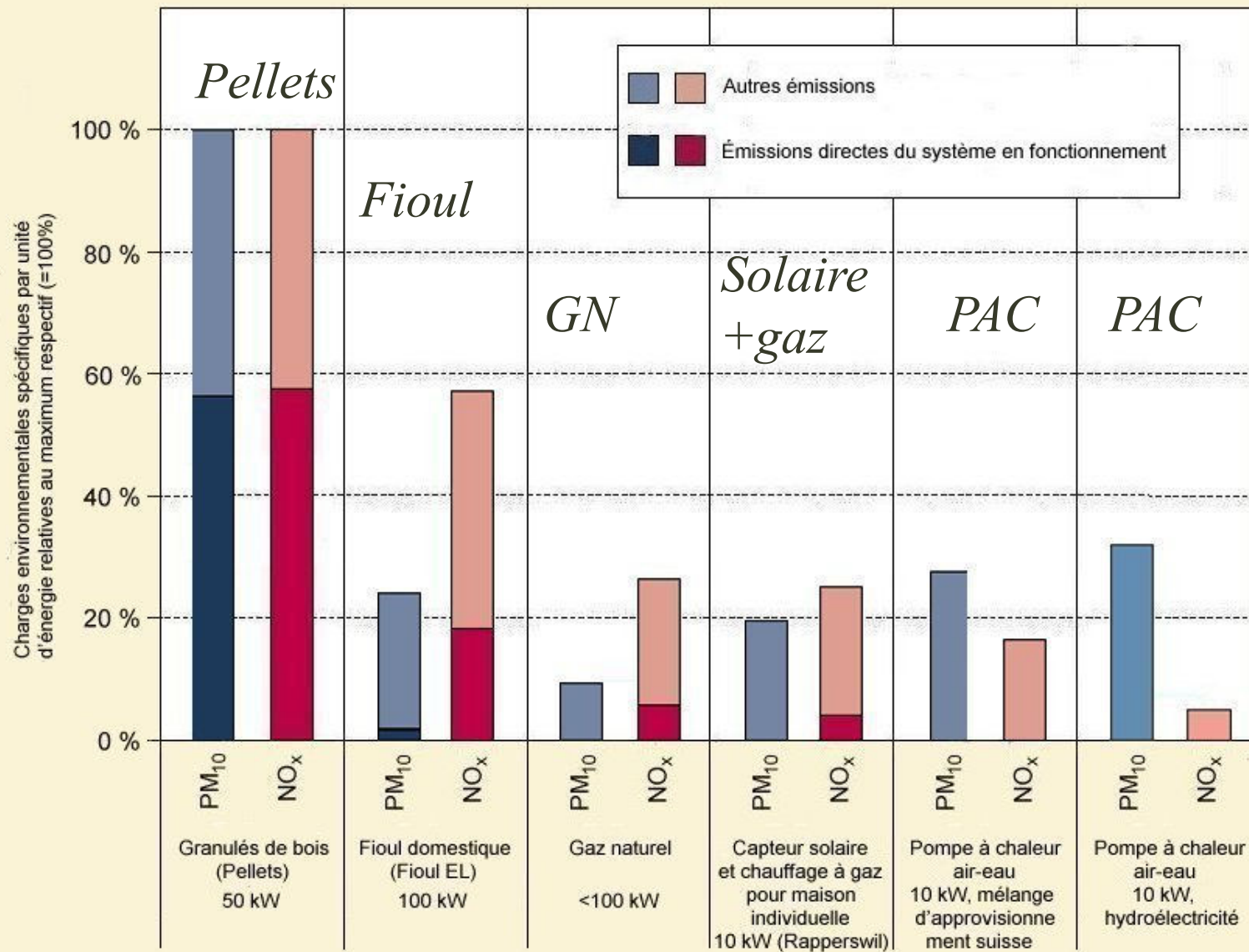
Le chauffage au bois est **UNE SOURCE IMPORTANTE** de polluants atmosphériques.

**97%** DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS DÛS À LA COMBUSTION DU BOIS VIENNENT DU CHAUFFAGE DOMESTIQUE, le reste se répartissant entre le secteur industriel, agricole et collectif

Le bois énergie contribue aux **ÉMISSIONS NATIONALES** de :



# Émissions de particules PM10 et d'oxydes d'azote (NOx) de systèmes de chauffage actuels



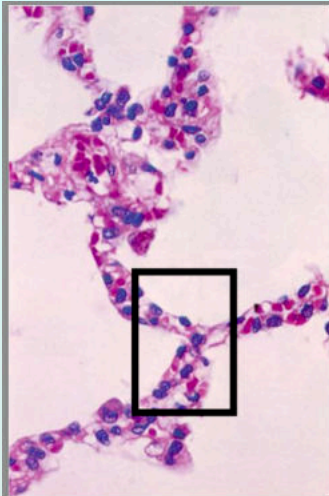
D'après le document : Energie-Spiegel Nr. 11/Juni 2004 de l'Institut Paul Scherrer (PSI) - Suisse

## Particules fines

- Plus elles sont petites (**PM 2,5  $\mu\text{m}$** ) plus elles pénètrent profondément dans l'arbre pulmonaire (bronchioles) provoquant irritation et altération de la fonction respiratoire.
- Certaines peuvent être mutagènes et cancérigènes selon leur origine et leur caractéristique chimique.
- Sur l'environnement elles dégradent les bâtiments et monuments, induisant un coût d'entretien et de restauration au niveau européen de **9 milliards d'euros/an**.



# Bronchioles



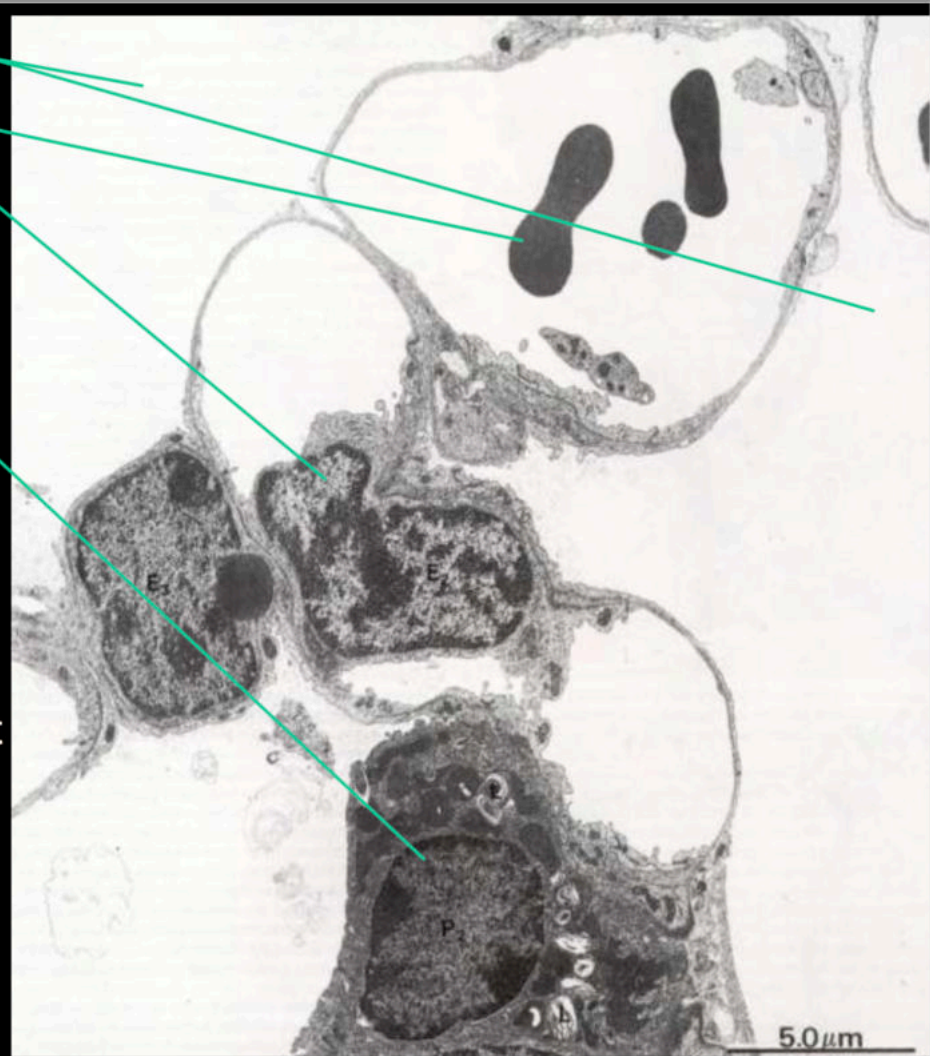
Espace alvéolaire

Globule rouge

Cell. endothéliale

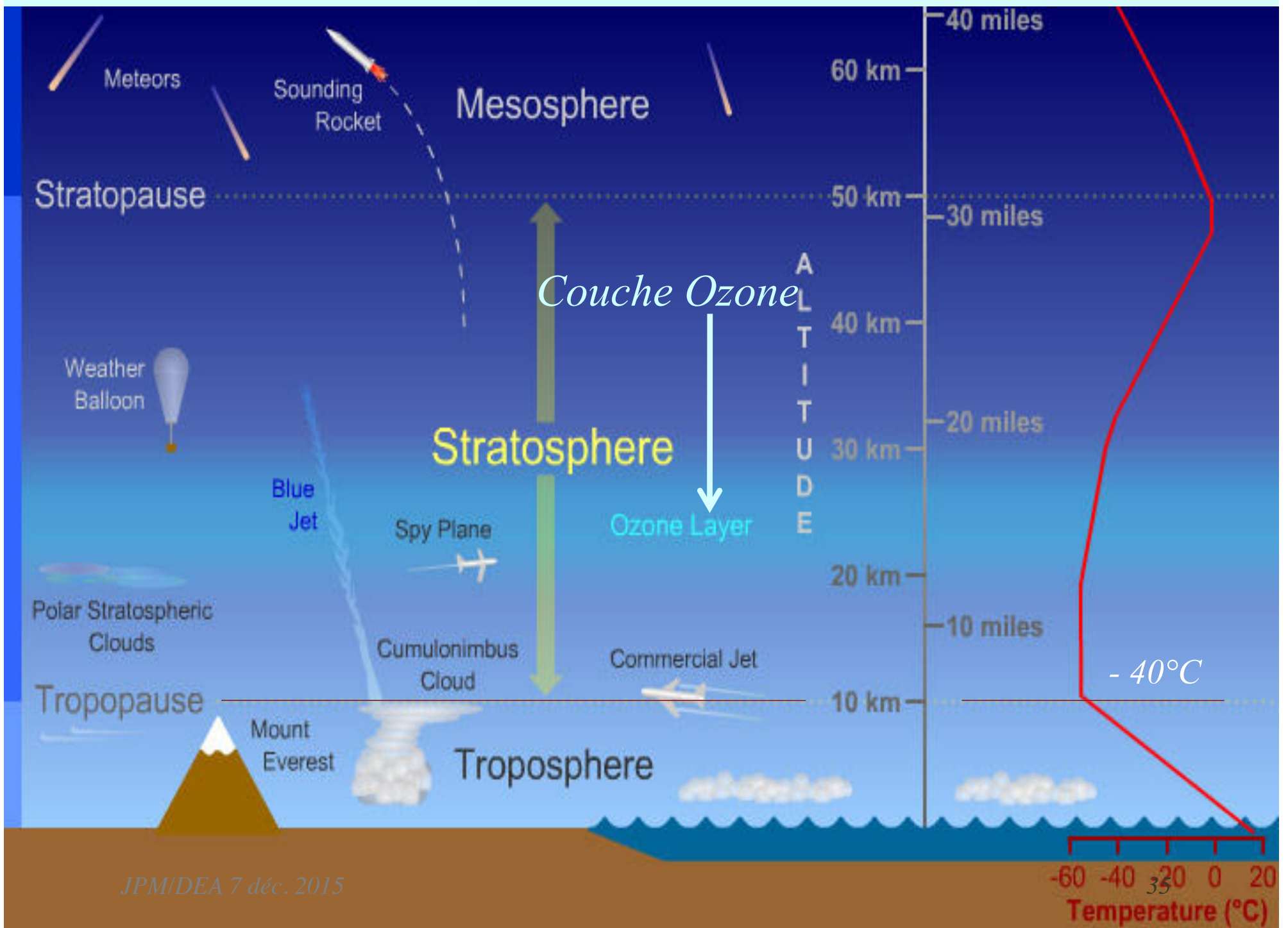
Pneumocyte II

- La microscopie électronique révèle la finesse des structures des cloisons alvéolaires. Les capillaires contenant des globules rouges sont délimités par le fin cytoplasme des cellules endothéliales. Un pneumocyte II à cytoplasme vacuolaire repose sur la surface alvéolaire.



# L'ozone O<sub>3</sub>

- Il n'est pas présent dans les gaz d'échappement mais se forme à partir de « précurseurs » que sont les COV et les NOx, sous l'action des UV du soleil.
- il ne faut pas confondre cet ozone, néfaste, produit dans la troposphère, couche basse de notre atmosphère, (0-10 km)
- avec celui situé dans la stratosphère (10 à 60 km d'alt.) qui constitue la fameuse couche d'ozone, un filtre naturel protégeant la vie terrestre des effets nocifs des UV.



## Effets de l'ozone

C'est un gaz irritant provoquant toux, essoufflements, irritations nasales et oculaires, augmentant la sensibilité aux pollens.

Sur l'environnement :

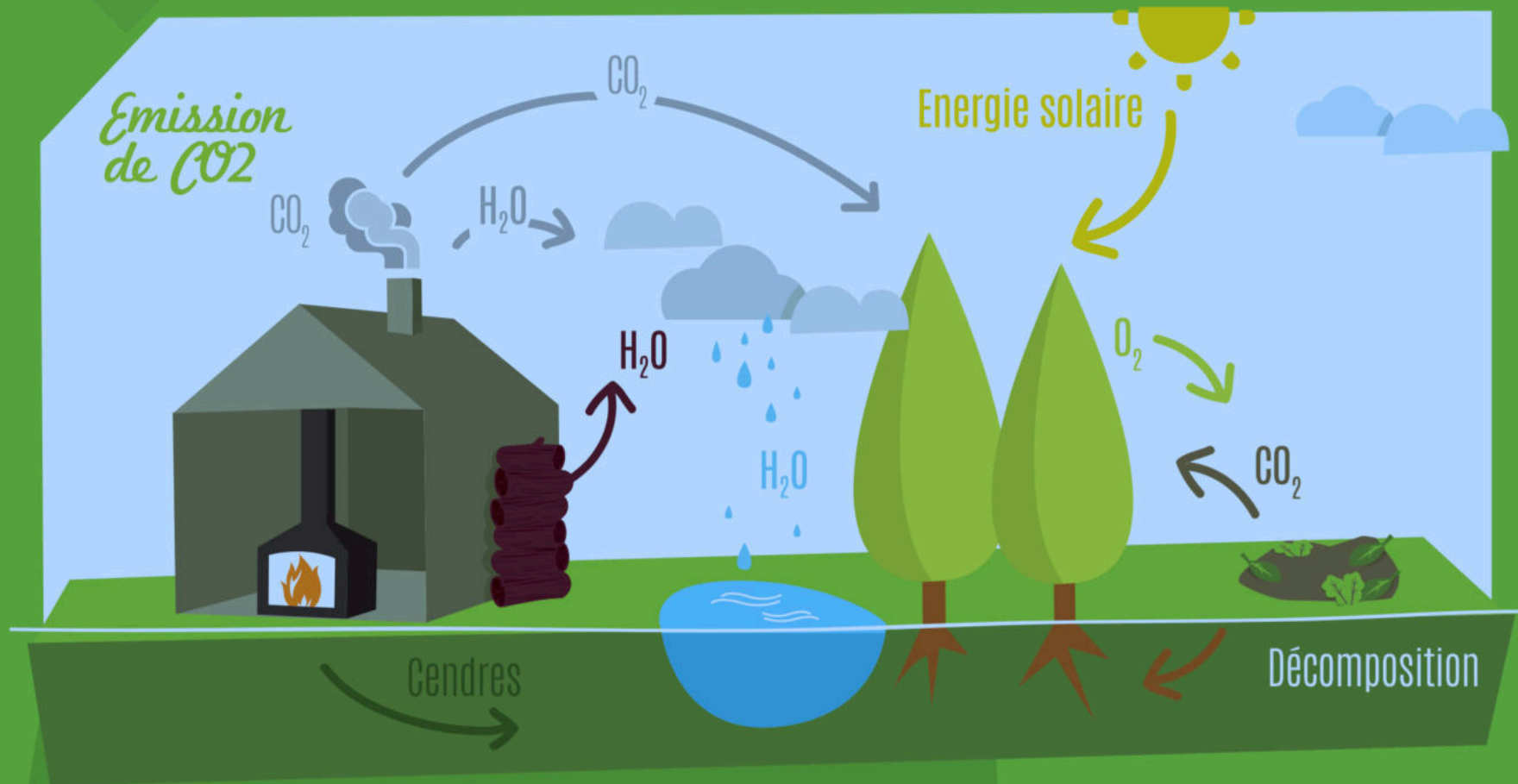
Il perturbe la croissance des végétaux entraînant une baisse de rendement, et des nécroses foliaires.

Il contribue aux pluies acides, et à la dégradation de matériaux (caoutchouc)

## Le bois une formule de chauffage écologique ?

- **OUI** : Dans le cadre du développement durable **et en théorie** le bois est neutre sur le plan carbone puisqu'il restitue le CO<sub>2</sub> qu'il a emmagasiné lors de la photosynthèse. **Il ne participe donc pas ou peu à l'effet de serre.**
- Il est également la source de nombreux emplois sur le plan économique.
- **NON** : Mais attention, il ne faut pas que la consommation dépasse la production c'est-à-dire la capacité des arbres à devenir adultes (50 ans minimum pour le chêne) avant d'être abattus. Pb de déforestation dans certains pays. **En France la production est supérieure à l'exploitation.**
- Par contre il produit des Particules fines (PM 2,5), surtout en foyer ouvert, et divers gaz toxiques : CO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O...

# Bilan neutre



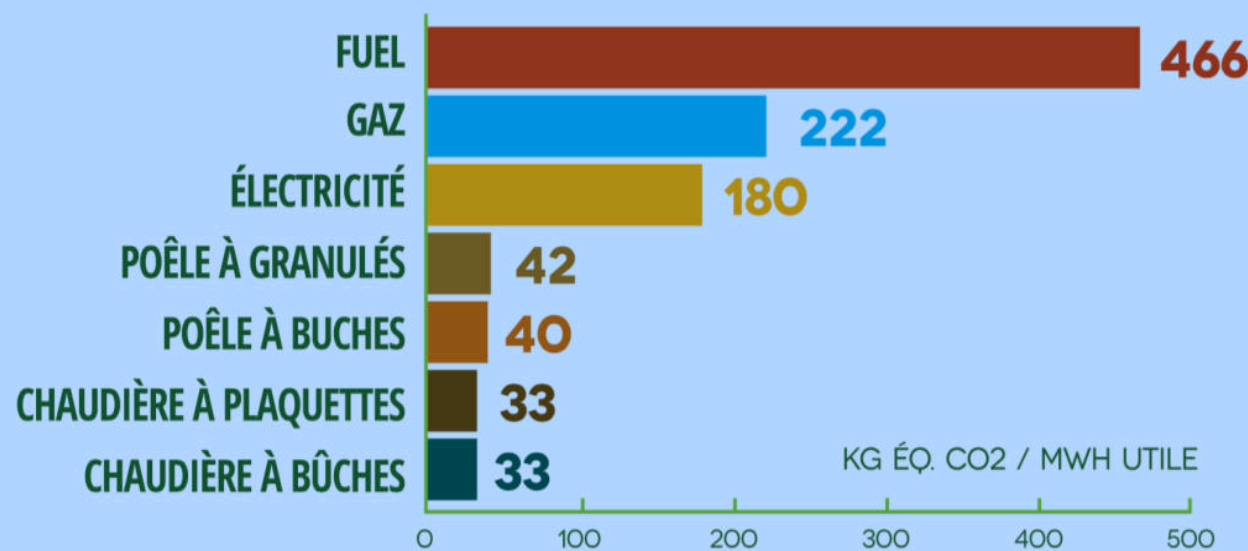
Le  $\text{CO}_2$  émis lors de la combustion du bois est recyclé lors de la croissance des végétaux, celui-ci étant absorbé par les feuilles. La combustion du bois produit ainsi peu de gaz à effet de serre. Le bois-énergie ne participe donc pas aux changements climatiques.

*De plus, si l'arbre n'est pas brûlé mais se décompose naturellement, il émet sensiblement la même quantité de gaz à effet de serre que lors de sa combustion.*

# Les émissions de gaz à effet de serre

## du chauffage domestique, collectif et industriel

Quel que soit le combustible biomasse utilisé (bûches, granulés, plaquettes, écorces, sciure...) les émissions de gaz à effet de serre du bois-énergie sont nettement réduites par comparaison aux autres sources d'énergie.



BILAN DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

# Surveillance de la qualité de l'air par les pouvoirs publics

- A partir de **directives européennes** (directive 2008/50 CE du 21/05/08) transposées en lois (grenelle I et II de l'environnement), décrets et arrêtés,
- des dispositions de surveillance et de mesurage au niveau national et aussi régional sont élaborées pour respecter des **valeurs limites** et des **valeurs cibles**. (Voir documents CE et ministère écologie)
- La région Rh Alpes bénéficie de 4 **PPA** (Plans de Protection de l'Atmosphère) régis par l'arr.interpréfectoral du 1er déc. 2014.



# Surveillance de la qualité de l'air par les pouvoirs publics

- En particulier **certaines valeurs maximales**, intégrées sur une période d'une heure, une journée ou en moyenne annuelle
- **doivent être respectées, durant un certain nb de jours, pour 12 catégories de polluants:**

NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>,  
benzène, benzo-a-pyrène  
et métaux lourds (Pb, As, Cd, Ni)

## B. Valeurs limites

Période de calcul de la moyenne	Valeur limite	Marge de dépassement	Date à laquelle la valeur limite doit être respectée
<b>Anhydride sulfureux</b>			
Une heure	350 µg/m <sup>3</sup> , à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile	150 µg/m <sup>3</sup> (43 %)	(1)
Un jour	125 µg/m <sup>3</sup> , à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile	Néant	(1)
<b>Dioxyde d'azote</b>			
Une heure	200 µg/m <sup>3</sup> , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile	50 % le 19 juillet 1999, diminuant le 1er janvier 2001, puis tous les douze mois par tranches annuelles égales, pour atteindre 0 % au 1er janvier 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010
Année civile	40 µg/m <sup>3</sup>	50 % le 19 juillet 1999, diminuant le 1er janvier 2001 puis tous les douze mois par tranches annuelles égales, pour atteindre 0 % au 1er janvier 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010
<b>Benzène</b>			
Année civile	5 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup> (100 %) le 13 décembre 2000, diminuant le 1er janvier 2006 puis tous les douze mois de 1 µg/m <sup>3</sup> , pour atteindre 0 % au 1er janvier 2010	1 <sup>er</sup> janvier 2010
<b>Monoxyde de carbone</b>			
Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (2)	10 mg/m <sup>3</sup>	60 %	— (1)
<b>Plomb</b>			
Année civile	0,5 µg/m <sup>3</sup> (3)	100 %	— (3)
<b>PM10</b>			
Un jour	50 µg/m <sup>3</sup> , à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile	50 %	— (1)
Année civile	40 µg/m <sup>3</sup>	20 %	— (1)

(1) En vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005.

(2) Le maximum journalier de la concentration moyenne sur 8 heures est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur 8 heures, calculées à partir des données horaires actualisées et toutes les heures. Chaque moyenne sur 8 heures ainsi calculée est

# Surveillance de la qualité de l'air par les pouvoirs publics

- A partir de deux niveaux seuils susceptibles d'être dépassés , le préfet organise la diffusion de messages :
- **de recommandation et d'information** à destination de groupes pour lesquels une exposition de courte durée à ce seuil présente des risques pour la santé ex:  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour ozone
- **d'alerte** lorsque l'exposition de courte durée à ce niveau présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou un risque de dégradation de l'environnement ex:  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'ozone

Seuil définissant les niveaux de dispositifs préfectoraux en cas d'épisode de pollution

	Niveau information	Niveaux d'alerte		
		Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
<b>NO<sub>2</sub></b>	200 µg/m <sup>3</sup> /h 1j constat ou prévi.	400 µg/m <sup>3</sup> /3h 1j constat ou prévi. <u>OU</u> 200 µg/m <sup>3</sup> /h 3j constat j-1 + prévi. j + prévi. j+1	400 µg/m <sup>3</sup> /h 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	400 µg/m <sup>3</sup> /h 6j constat j-1 + constat j-2 + constat j-3 + constat j-4 + prévi. j + prévi. j+1
<b>O<sub>3</sub></b>	180 µg/m <sup>3</sup> /h 1j constat ou prévi.	240 µg/m <sup>3</sup> /3h 1j (constat ou prévi.) <u>OU</u> 180 µg/m <sup>3</sup> /h 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	300 µg/m <sup>3</sup> /3h 1j (constat ou prévi.) <u>OU</u> 240 µg/m <sup>3</sup> /h 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	360 µg/m <sup>3</sup> /h 1j (constat ou prévi.) <u>OU</u> 240 µg/m <sup>3</sup> /h 6j constat j-1 + constat j-2 + constat j-3 + constat j-4 + prévi. j + prévi. j+1
<b>PM<sub>10</sub></b>	50 µg/m <sup>3</sup> /j 1j constat ou prévi.	80 µg/m <sup>3</sup> /j 1j constat ou prévi. <u>OU</u> 50 µg/m <sup>3</sup> /j 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	80 µg/m <sup>3</sup> /j 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	80 µg/m <sup>3</sup> /j 6j constat j-1 + constat j-2 + constat j-3 + constat j-4 + prévi. j + prévi. j+1
<b>SO<sub>2</sub></b>	300 µg/m <sup>3</sup> /h 1j constat ou prévi.	500 µg/m <sup>3</sup> /3h 1j constat ou prévi. <u>OU</u> 300 µg/m <sup>3</sup> /h 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	500 µg/m <sup>3</sup> /h 4j constat j-1 + constat j-2 + prévi. j + prévi. j+1	500 µg/m <sup>3</sup> /h 6j constat j-1 + constat j-2 + constat j-3 + constat j-4 + prévi. j + prévi. j+1

# règlementation

- Le troisième [PNSE](#) (2015 – 2019)<sup>42</sup> témoigne de la volonté du gouvernement de réduire autant que possible et de façon la plus efficace les impacts des facteurs environnementaux sur la santé afin de permettre à chacun de vivre dans un environnement favorable à la santé. Il s'articule autour de 4 grandes catégories d'enjeux : des enjeux de santé prioritaires ; des enjeux de connaissance des expositions et de leurs effets ; des enjeux pour la recherche en santé environnement ; des enjeux pour les actions territoriales, l'information, la communication, et la formation. L'action n°49 du 3ème Plan National Santé Environnement 2015 – 2019 demande la mise en œuvre du plan national de la qualité de l'air intérieur (PQAI) annoncé par le gouvernement le [13 octobre 2013](#)<sup>42</sup>. Le PQAI comprend 26 actions regroupées en 5 thématiques : informer le grand public et les acteurs relais ; développer l'étiquetage des produits émetteurs de polluants ; dans la filière du bâtiment, développer les actions incitatives et préparer les évolutions réglementaires en lien avec la réglementation thermique ; progresser sur le terrain vis-à-vis de pollutions spécifiques ; améliorer les connaissances. L'intervention des Conseillers en Environnement Intérieur (CEI) auprès des personnes atteintes de pathologies liées ou susceptibles d'être aggravées par la qualité de l'air intérieur fait l'objet d'une évaluation dans le cadre d'un projet hospitalier de recherche clinique (PHRC).

### Nombre de jours d'activations d'un dispositif préfectoral d'information ou d'alerte en cas d'épisode de pollution - Année 2014

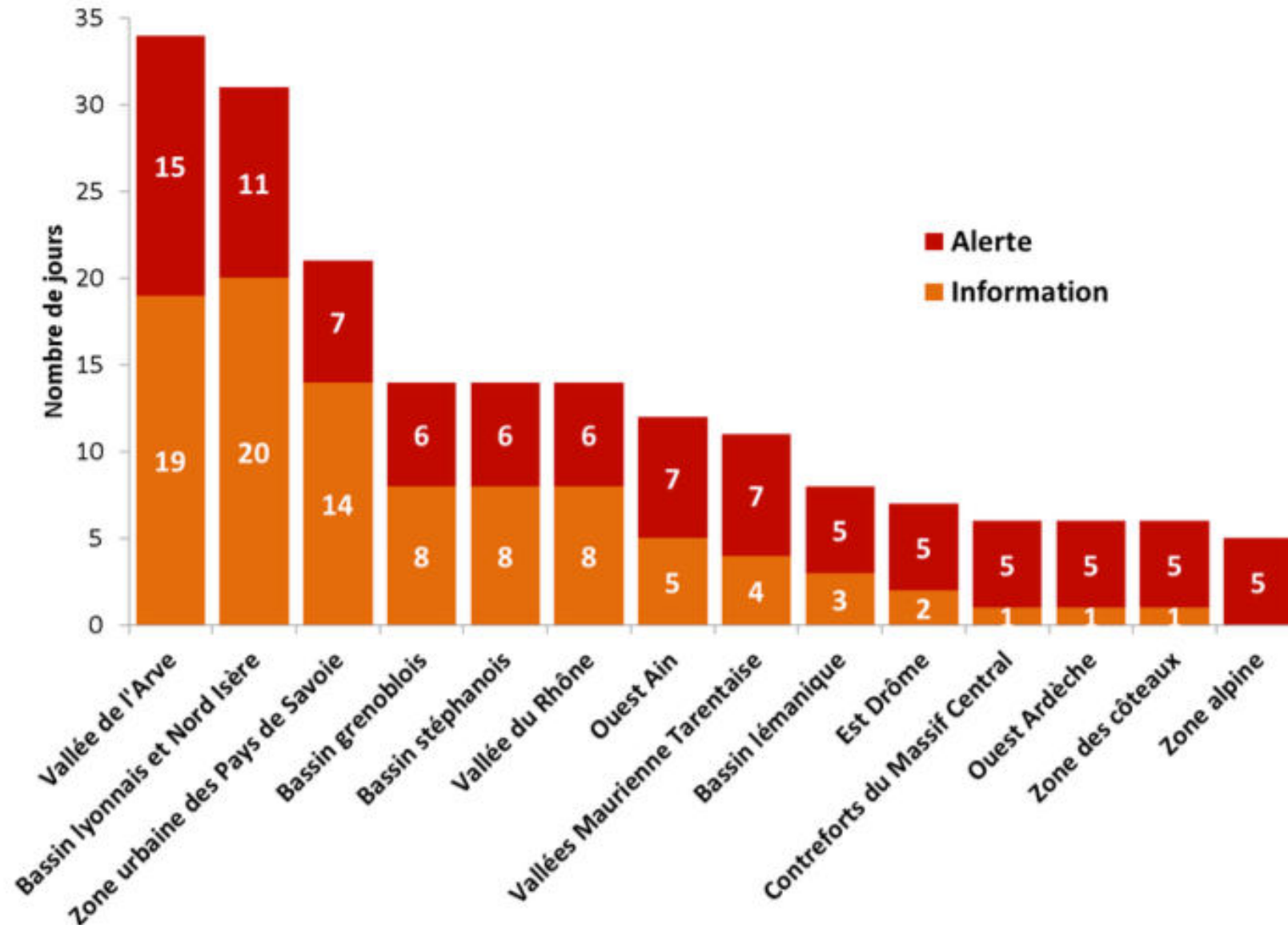
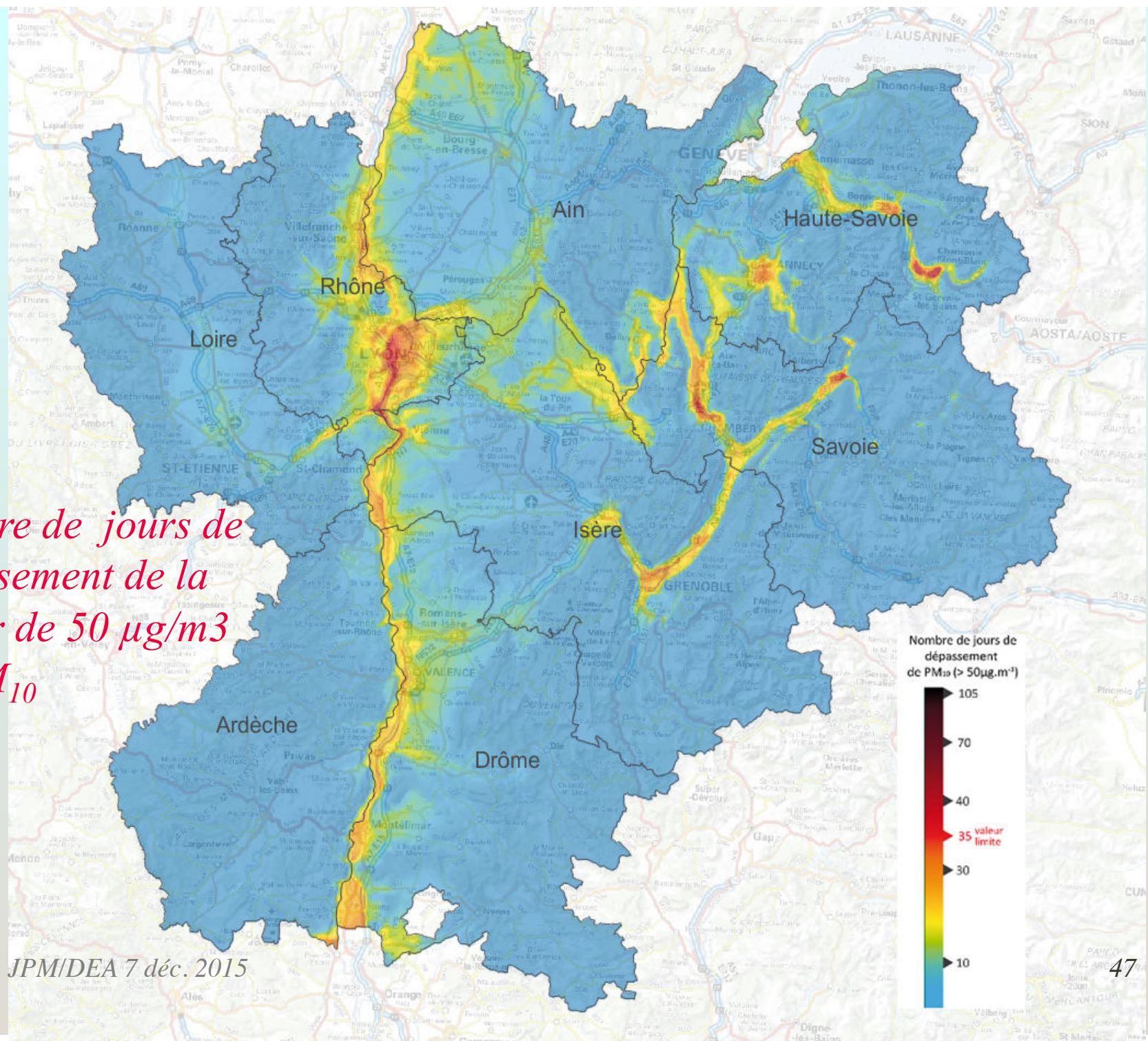


FIGURE 3 - NOMBRE DE JOURS D'ACTIVATION D'UN DISPOSITIF PREFECTORAL D'INFORMATION OU D'ALERTE EN 2014 – TOUTES ZONES REGION RHONE-ALPES

*Nombre de jours de  
dépassement de la  
valeur de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
de  $\text{PM}_{10}$*

JPM/DEA 7 déc. 2015



# Pollution sur Sallanches





# Surveillance de la qualité de l'air

- Elle est effectuée par un ensemble de structures agréées type loi 1901
- AASQA (Associat. Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air), fédérées au sein de l'ATMO

L'arrêté du 22 juillet 2004 définit un indice de la qualité de l'air dit « indice » ATMO pour les agglomérations > 100.000 hab.

et IQA Indice Qualité de l'Air simplifié <100.000 h.

Cet indice est déterminé par le maximum d'un ensemble de sous-indices relatifs à 4 polluants :

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM<sub>10</sub>

indice	qualificatif
1 2	très bon
3 4	bon
5	moyen
6 7	médiocre
8 9	mauvais
10	très mauvais

## Effets des polluants sur la santé

- La pollution se concentre majoritairement dans les villes, mais les polluants peuvent se retrouver entraînés à des centaines de km. Ex. ozone qui se forme en déb. d'après-midi sous les UV
- L'exposition aux polluants de l'air se fait par l'entremise des organes respiratoires, par l'ingestion (métaux lourds) et aussi la peau
- Elle peut engendrer selon les concentrations, des troubles immédiats ou entraîner à plus long terme des pathologies chroniques et des graves maladies
- La qualité de l'air constitue un enjeu de santé publique majeur sa dégradation entraîne des conséquences économiques

## Effets de la pollution sur la santé

- C'est la cause principale de décès prématurés dans l'UE
- En 2010 la Ce estime à 400.000 décès prématurés :
  - 379.000 dus aux particule fines
  - 26.500 dus à l'ozone
- La CE évalue les **dommages économiques à 23 Mds d'euros** :
  - Perte de productivité de travail : 15 Mds
  - Coût des soins sanitaires : 4 Mds
  - Perte des rendements des cultures : 3 Mds
  - Dégradation des bâtiments : 1 Md

# Effets des polluants sur la santé

- La pollution de l'air a été classée cancérogène par le CIRC en 2013. Les personnes plus vulnérables sont les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées et les professionnels.

Les polluants peuvent provoquer la diminutions des capacités respiratoires et aggraver des pathologies déjà existantes.

- Chez les enfants toux, irritations , bronchites, bronchiolites... le nombre de cas d'asthme a doublé en 10 ans et 10% des enfants sont concernés.
- L'inhalation de particules fines induit des problèmes cardiovasculaires et endocriniens, la baisse de la fertilité chez les hommes, une augmentation de la mortalité intra-utérine et des naissances prématurées.

## Principaux effets des polluants de l'air extérieur les plus courants

Principaux risques à long terme	
Particules fines	Aggravation des maladies respiratoires et cardio-vasculaires Fibroses des poumons et de la plèvre, cancers
Ozone	Diminution des rendements agricoles, sylvicoles, piscicoles
Pluies acides et pollution azotée	Dégradation des écosystèmes, érosion de la biodiversité Perturbation de la fertilité des sols
Monoxyde de carbone (CO)	Dépression, aggravation des maladies cardiovasculaires
Composés Organiques Volatils (COV) dont benzène	Suspicion de toxicité pour la reproduction Risques avérés de cancers
Métaux lourds plomb, mercure, arsenic, cadmium, nickel, cuivre	Toxicité pour le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires Contamination des sols et des aliments Perturbation de l'équilibre biologique des organismes

JPM/DEA 7 déc. 2015

53

Source : Ademe .fr

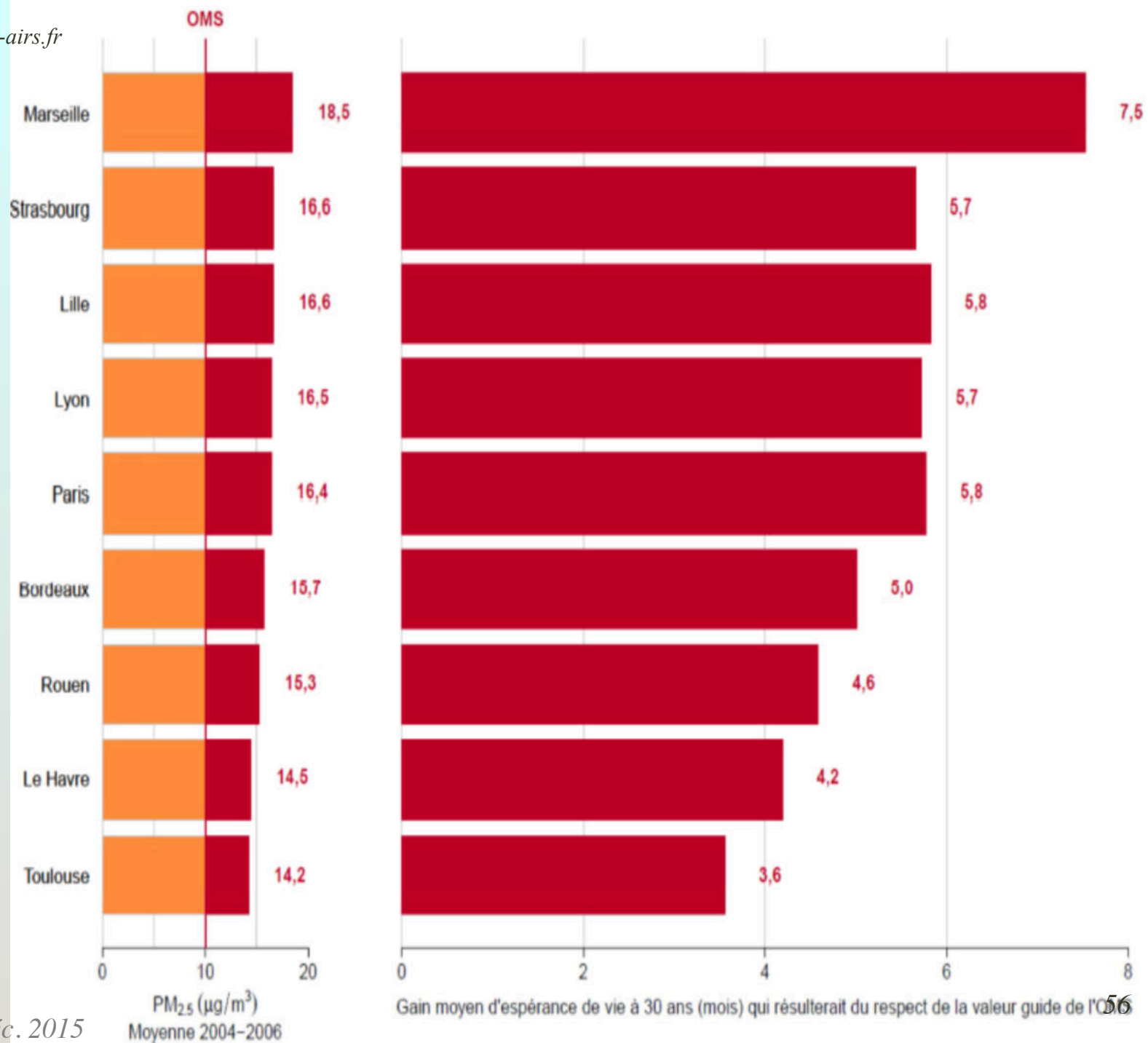
Principaux risques à court terme	
Composés gazeux courants	
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Irritation des bronches aggrave les crises des asthmatiques
Ozone (O <sub>3</sub> )	Irritation de la gorge, des yeux, des bronches, gêne respiratoire, aggrave les crises des asthmatiques Dégâts foliaires, perturbation de la photosynthèse, impacts sur la qualité des végétaux commercialisés Oxydation des matériaux
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	Inflammation des bronches, essoufflement, toux Dégradation du bâti
Composés Organiques Volatils (COV)	Troubles respiratoires, irritation des yeux, du nez, de la gorge, réactions allergiques
Monoxyde de carbone (CO)	Troubles respiratoires, asphyxie Gaz mortel à forte dose
Particules fines	
(dont pollens)	Accroissement de la sensibilité aux allergènes, allergies Effets dépendants des polluants qu'elles transportent Salissures des bâtiments
Polluants biologiques	
Légionelles	Troubles respiratoires (légionellose), risques de décès
Pollens	Asthme, rhinites...

## Santé- Morbidité

L'étude sanitaire **CAFE** (Clean Air For Europe) sur 25 pays lancé par la CE, estimait qu'en France 42.000 décès prématurés correspondant à une perte d'espérance de vie de 8,2 mois, étaient imputable au  $PM_{2,5}$

Le programme **APHEKOM** coordonné par l'INVS, (Inst. Nat de veille sanit.) portait sur 25 villes dont 9 françaises. Elle montre le gain d'espérance de vie à 30 ans qui résulterait **si la valeur OMS de  $10 \mu g/m^3$  en  $PM_{2,5}$  était respectée.**

Pour Lyon ce bénéfice serait de 5,7 mois d'espérance de vie





## Effets sur la santé :Pollens

- Plus de 20% des français souffrent d'allergie respiratoire.
- L'ambroisie, les graminées, l'armoise et des arbres comme le bouleau, le cyprès, le frêne produisent des pollens très allergisants.
- Le Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) informe la population sur le risque d'allergie par des bulletins.
- Des villes comme Nantes, Rennes, Tarbes, à l'aide de « pollinarium sentinelle », sorte de jardins où sont cultivés des espèces allergisantes, permettent de prévoir les saisons polliniques. Les personnes sensibles peuvent ainsi se soigner à bon escient.

## Effets sur la santé / axes routiers

- L'étude APHEKOM portant sur 25 villes européennes montre que sur les 50% des habitants de ces villes vivant à proximité d'un axe routier assez fréquenté les effets de la pollution induisent :
- 15% des cas d'asthme chez les moins de 15ans
- 23% des bronchites chroniques
- 25% des maladies cardiovasculaires chez les plus de 65 ans

*source : Air Rhône-Alpes*

## Effets sur l'environnement

- Réduction de la photosynthèse chez les végétaux : ralentissement de croissance, taches sur les feuilles, sensibilité aux maladies augmentée, réduction des rendements agricoles.
- Les dépôts azotés formés par les polluants émis dans l'air menacent la biodiversité en fonction du caractère nitrophile ou pas de la plante et eutrophisation des écosystèmes ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NO}_x$ )
- Les  $\text{NO}_2$  et  $\text{SO}_2$  s'acidifient avec l'humidité (acide nitrique et sulfurique) et forment des dépôts ou des pluies acides qui décomposent la chlorophylle et perturbent l'absorption des sels minéraux (perte de fertilité des sols).

## Effets sur l'environnement

- Les pluies acides dépassent largement les zones d'émission de polluants (les Vosges en France).
- Celles qui ont affecté les pays scandinaves provenaient de pays industrialisés plus au sud dont la France.
- l'ozone participe à l'effet de serre et au réchauffement climatique. Il peut aussi perturber le métabolisme des plantes et réduire leur croissance.
- Les molécules fluorocarbonées, CFC, PFC, HFC, gaz utilisés dans les systèmes de réfrigération, contribuent à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique qui nous protège des UV



*Jaunissement des aiguilles de conifères dû aux pluies acides.*

## Effets sur l'environnement

- La pollution de l'air **salit** (suies, particules) **et dégrade** (dépôts et pluies acides à partir de  $\text{NO}_2$  et  $\text{SO}_2$ ) les matériaux et les monuments (acide nitrique  $\text{HNO}_3$ , acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Formation de croûtes noires et attaque des pierres calcaires par dissolution du calcium.

- Ces attaques du patrimoine bâti et des biens personnels sont parfois irréversibles si pris trop tard et nécessitent de coûteux travaux d'entretien et de ravalement, ayant une répercussion économique sur le budget de l'état et des particuliers.

## Gaz a effet de serre

- Ce sont les 6 visés par le protocole de Kyoto déc. 1997 :

- Le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$

- Le méthane  $\text{CH}_4$

- Le protoxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}$

- L'hexafluorure de soufre  $\text{SF}_6$

- Les hydrofluorocarbures HFC

- Les perfluorocarbures PFC

*Il manque l'ozone !*

**Responsables du trou dans  
la couche d'ozone**

- Ils ont des durées de vies de 10 ans à 1000ans

- La vapeur d'eau, GES essentiel n'est pas pris en compte car l'activité humaine ne modifie pas sa concentration.

# Gaz à effet de serre conséquences économiques et environnementales

- Les gaz à effet de serre sont à l'origine du **forçage radiatif**
- de l'ordre de **155 W/m<sup>2</sup>**, permettant à la terre de gagner 30°C:
- 20°C par la vapeur d'eau et 10°C par le CO<sub>2</sub> (GIEC)
- Sans cet effet de serre la température serait de -15°C

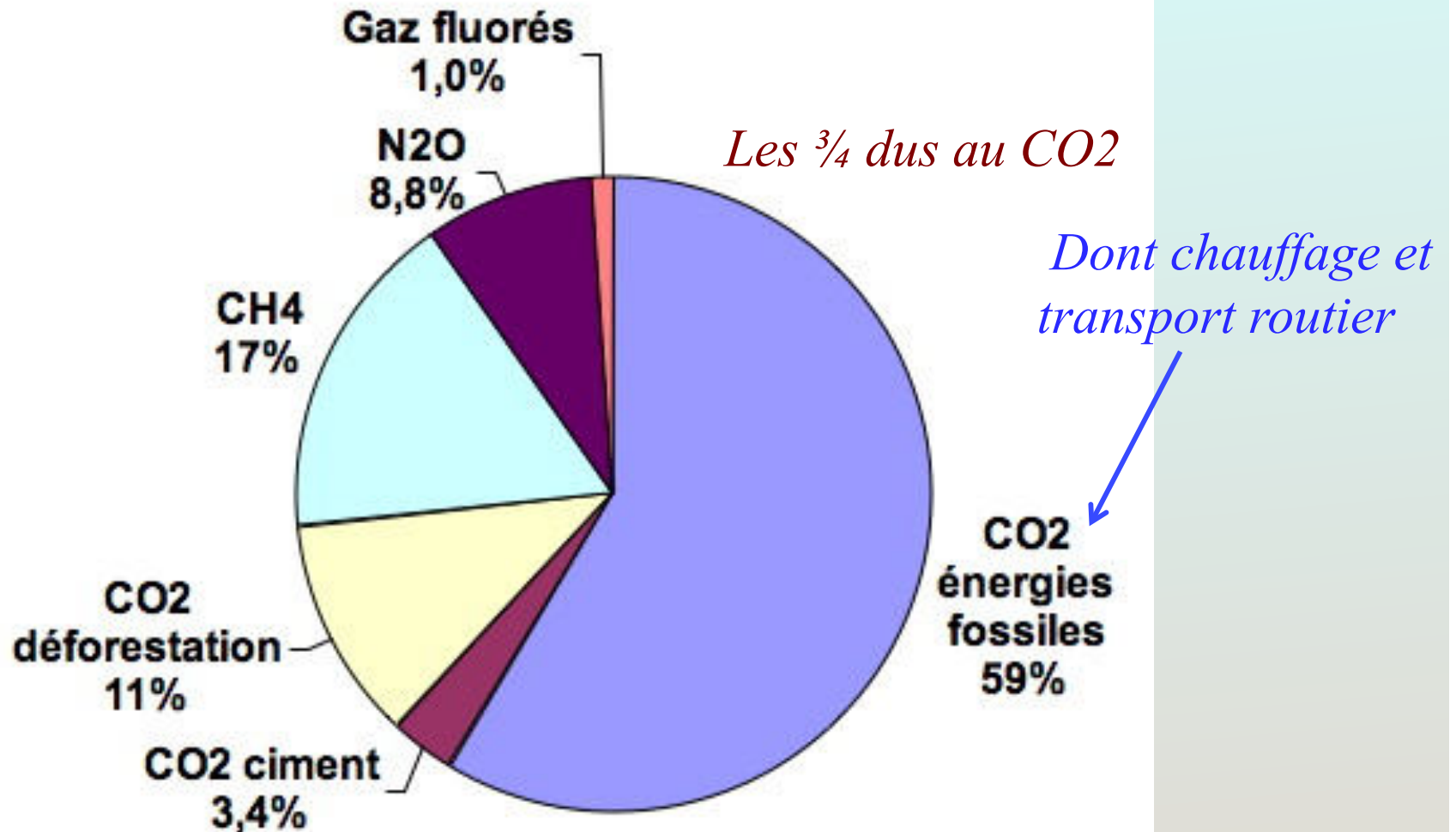
ce sont ceux d'origine anthropique qui à 90% de certitude, seraient responsables de 55% de l'effet de serre additionnel

Ils proviennent des combustibles fossiles et de la combustion du bois et de la déforestation

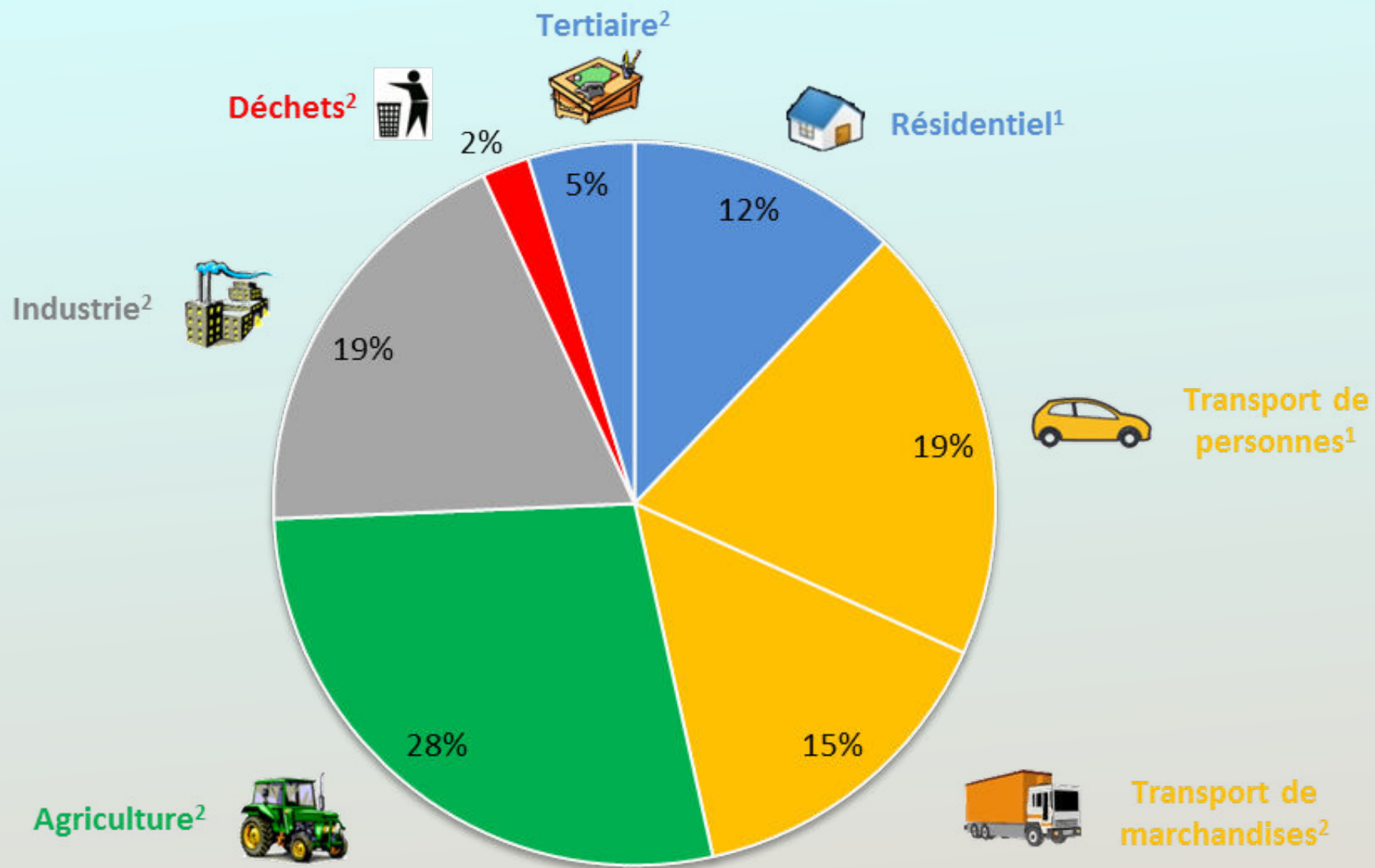
- **Toute activité et fabrication de produits et matériaux entraîne une empreinte carbone**



# Origines Gaz effet de serre autres que la vapeur d'eau



# Gaz à effet de serre



## Dernières valeurs PRG du GIEC

Tableau 2 : PRG de certains composés selon le 5<sup>e</sup> rapport d'évaluation du GIEC [GIEC 2014]

Polluants	Durée de vie PRG selon horizon retenu		
	années	20 ans	100 ans
CO <sub>2</sub>	variable	1	1
CH <sub>4</sub>	12	84	28
N <sub>2</sub> O	121	264	265
NF <sub>3</sub>	500	12 800	16 100
SF <sub>6</sub>	3 200	17 500	23 500
CF <sub>4</sub> (perfluorométhane)	50 000	4 880	6 630
HFC-22	12	5 280	1 760

*NOTA : Le trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>) est utilisé dans la fabrication des semi-conducteurs, des panneaux solaires de nouvelle génération, des téléviseurs à écran plat, d'écrans tactiles, de processeurs électroniques.*

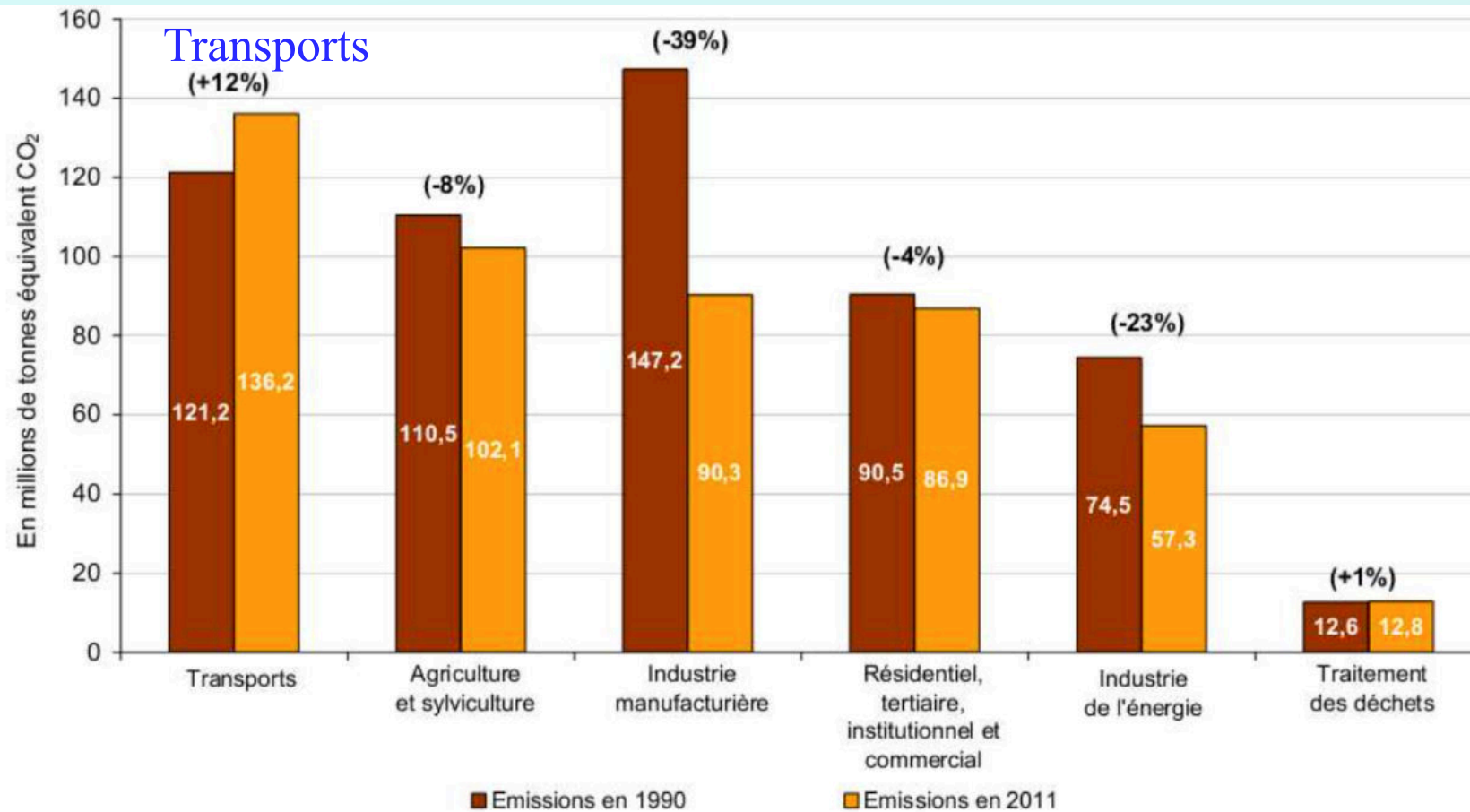
# Gaz à effet de serre Pouvoir de Réchauffement Global et Proportionnel: PRG et PRP

leur Pouvoir de Réchauffement Global, PRG, est différent  
la valeur de celui du CO<sub>2</sub> est pris comme ref = 1

GAZ	PRG	Abondance en %	PRP	PRP <sub>G</sub> /PRP <sub>CO<sub>2</sub></sub>
CO <sub>2</sub>	1	0,04	0,04	1
Vapeur d'eau	8	1	8	200
Méthane	28	0,000182	5,1.10 <sup>-3</sup>	0,127
N <sub>2</sub> O	265	0,0000326	8,64.10 <sup>-3</sup>	0,216
SF <sub>6</sub>	23500	7.10 <sup>-10</sup>	1,64.10 <sup>-5</sup>	4,1.10 <sup>-4</sup>

*Exple: 1kg émis de méthane équivaut à 25 kg de CO<sub>2</sub>*

# Emission des gaz à effet de serre



Champ : Métropole et outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion, St-Barthélémy, St-Martin).

Note : Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à l'évolution des émissions entre 1990 et 2011.

Source : Citepa, inventaire CCNUCC, février 2013.

# Agriculture et pollution

- La production de  $N_2O$ , ou protoxyde d'azote, est dû à l'épandage d'engrais azotés. C'est un GES dont le pouvoir de réchauffement global (PRG) est 270 fois plus élevé que celui du  $CO_2$
- Le méthane est émis par la digestion des ruminants, la fermentation anaérobie des lisiers et fumiers ainsi que les rizières. Son PRG sur 20 ans est 84 fois celui du  $CO_2$  et 28 fois sur 100 ans.
- Il contribuerait pour 18% au réchauffement climatique
- Contre 34% au transport !!

## Gaz à effet de serre conséquences environnementales et économiques

- L'effet du réchauffement pourrait avoir plusieurs conséquences
- graves :
  - fonte des glaces de la calotte polaire + augment T°C de l'eau =
  - **Élévation du niveau des mers** : E, S, et SW de l'Asie
  - Émanation de CH<sub>4</sub> dans la toundra (GES)
  - **Acidification des océans** \*
  - Rendement de la pêche augmentée dans le nord et **disparition de la biodiversité dans le sud**
  - Prolifération des méduses pêche difficile et disparate
  - **Diminution rendement rizières et céréales, prix agricoles augmentés**

## GES : conséquences

- Navigation fluviale pouvant être perturbée
- Disponibilité en eau pouvant affecter les centrales thermiques et nucléaires
- **déplacement des zones de culture** : champagne en Angleterre?
- **Augmentation coût des assurances**
- **Risque de tension sociale accrue** dans les pays à faible revenu
- **Poches de pauvreté entraînant des migrations massives**
- **Conflits militaires** à cause de l'eau
- **Perturbation de la croissance économique** pays émergents
- **Facture sanitaire élevée** dans les régions pauvres
- Une hausse de 2°C entraînerait **perte de 0,2 à 2% du produit économique brut mondial** (GIEC 2013)



## Pollution des véhicules: origines

- Les 4 polluants émis par les véhicules et réglementés par les normes euro (sauf CO<sub>2</sub> qui n'affecte pas la santé mais est un GES) sont :

Les particules fines PM<sub>10</sub> : moteurs diesel et essence à inj.directe (sans oublier les non règlementés issus des freins, embrayage, pneus, revêtement routier) seuils en masse PM<sub>10</sub> et en nombre : PN

- Les NO<sub>x</sub> : moteurs diesel et essence à inj.directe
- Le CO<sub>2</sub> : moteurs diesel et essence (lié au bonus malus)
- Le CO : moteurs diesel et essence
- HC et HCNM: Hydrocarbures et HC non méthaniques imbrûlés: surtout moteurs ess carbu et inj. ind.



## Pollution routière

- Emission de particules secondaires (non réglementées) à partir de précurseurs :
- Les  $\text{NO}_x$  : moteurs diesel et essence  $\longrightarrow$  nitrate d'ammonium  
particulaire  $\text{NH}_3$  après échappement
- Les  $\text{COV}$  dont les hydrocarbures (essence surtout) imbrulés donnent des aérosols organiques secondaires qui se forment après l'échappement
- 61% du parc est en diesel : soit 19,4 millions de véhicules  
avantage d'émission de  $\text{CO}_2$  réduite, mais 2/3 sans FAP

# Pollution routière

- Émission de particules primaires à l'échappement :
- 57% véhicules particuliers anciens
- 27% utilitaires légers
- 16% poids lourds

Les véhicules essence (VE) anciens émettent peu de particules  
= identique aux diesels équipés de FAP de dernière génération  
et peu de Nox

Les VEss à injection directe génèrent des particules fines  
conduisant dès 2011 la norme EURO 5 à les réglementer

**Le problème du motoriste : diminuer CO2 augmente NOx et PF**

# Normes EURO

<b>Norme</b>	<b>Mise en service des véhicules</b>	<b>Homologation des nouveaux types</b>
Euro 1	1 <sup>er</sup> janvier 1993	1 <sup>er</sup> juillet 1992
Euro 2	1 <sup>er</sup> juillet 1996	1 <sup>er</sup> janvier 1996
Euro 3	1 <sup>er</sup> janvier 2001	1 <sup>er</sup> janvier 2000
Euro 4	1 <sup>er</sup> janvier 2006	1 <sup>er</sup> janvier 2005
Euro 5	1 <sup>er</sup> janvier 2011	1 <sup>er</sup> septembre 2009
Euro 6b	1 <sup>er</sup> septembre 2015	1 <sup>er</sup> septembre 2014

**Euro 6 c 1<sup>er</sup> septembre 2017**

# Véhicules diesel

Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6b
<b><u>Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)</u></b>	-	-	500	250	180	80
<b>Monoxyde de carbone (CO)</b>	2720	1000	640	500	500	500
<b>Hydrocarbures (HC)</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)</b>	-	-	-	-	-	-
<b>HC + NO<sub>x</sub></b>	970	900	560	300	230	170
<b>Particules (PM)</b>	140	100	50	25	5	5
<b>Particules (PN) (#/km)</b>	-	-	-	-	6×10 <sup>11</sup>	6×10 <sup>11</sup>
Toutes les valeurs sauf PN sont exprimées en mg/km.(standard = g/km)						

*600 milliards de particules /km*



# ❖ Véhicules essence et au gaz GNL et GPL

Norme	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 <sup>5</sup>	Euro 6b <sup>6</sup>
Oxydes d'azote (NOx)	-	-	150	80	60	60
Monoxyde de carbone (CO)	2720	2200	2200	1000	1000	1000
Hydrocarbures (HC)	-	-	200	100	100	100
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	-	-	-	-	68	68
HC + NO <sub>x</sub>	-	-	-	-	-	-
Particules (PM)	-	-	-	-	5 <sup>*1</sup>	4,5 <sup>*1</sup>
Particules (PN) (#/km)	-	-	-	-	-	6×10 <sup>12</sup> <sup>*2</sup>

Toutes les valeurs sauf PN sont exprimées en mg/km.

1. ↑ <sup>a et b</sup> Uniquement pour les voitures à essence à injection directe fonctionnant en mélange pauvre (combustion stratifiée).
2. ↑ Le règlement n° 459/2012 autorise les voitures à essence à injection directe à émettre 6×10<sup>12</sup> particules jusqu'en 2017 ; au delà elles seront limitées à 6×10<sup>11</sup> comme les véhicules Diesel.

*Jusqu'en 2017  
10 fois plus que pour le diesel !*

*6000  
Milliards /km*

## Norme euro 6 B

- Pour les Diesel, les seuils demeurent identiques à ceux de la norme Euro 5 (1er janvier 2011), à savoir une limitation en masse à 5 mg/km et une limitation en nombre à  $6 \times 10^{11}$ .
- Pour les moteurs essence, si la masse autorisée est inférieure, avec 4,5 g/km, **le nombre de particules qui peuvent être émises est quant à lui dix fois plus élevé**, avec un seuil fixé à  $6 \times 10^{12}$  par kilomètre.
- De quoi autoriser les moteurs essence, en particulier à injection directe, à rejeter en plus grand nombre des **particules très fines, les plus nocives pour la santé**.
- **En 2017 elles devront donc disposer d'un FAP**

# Les cycles de conduite des normes EURO

Les émissions de polluants sont mesurées durant un cycle de conduite normalisé défini en 1973, appelé **NEDC** (new European Driving Cycle) qui dure 20 minutes sur banc.

Il comprend une première phase de conduite typée «ville» suivi d'une phase de conduite plus rapide typée «route» mais sans aucune phase d'accélération franche ni dépasser 120 km/h.

La vitesse moyenne durant ce cycle est de 33 km/h avec 24% du cycle en temps d'arrêt

les particules sont mesurées moteur froid. (ce qui favorise le piège à NOx plus ancien et moins efficace, au détriment du SCR )



## Les cycles de conduite des normes EURO

*Le cycle **NEDC**,, devrait être remplacé en 2017 dans le cadre de la norme Euro 6c, par le cycle **WLTP** ( **World wide harmonized Light vehicles Test Procedure**) conçu pour être le plus proche possible des conditions d'utilisation réelles.*

*On observe que ce cycle augmente la vitesse moyenne (pointes à 130 km/h) du cycle d'homologation et diminue les phases d'arrêt (12,6%) destinées à modéliser les parcours urbains..*

*Il est complété par un test en conditions réelles le **RDE** (Real Driving Cycle) sur circuit (empêchant ainsi la triche VW)*

*La mesure du pic d'émission ne devra pas dépasser 1,6 fois la valeur seuil défini dans le protocole puis 1,2*

# Fonctionnement du Filtre à Particules : FAP avec SCR

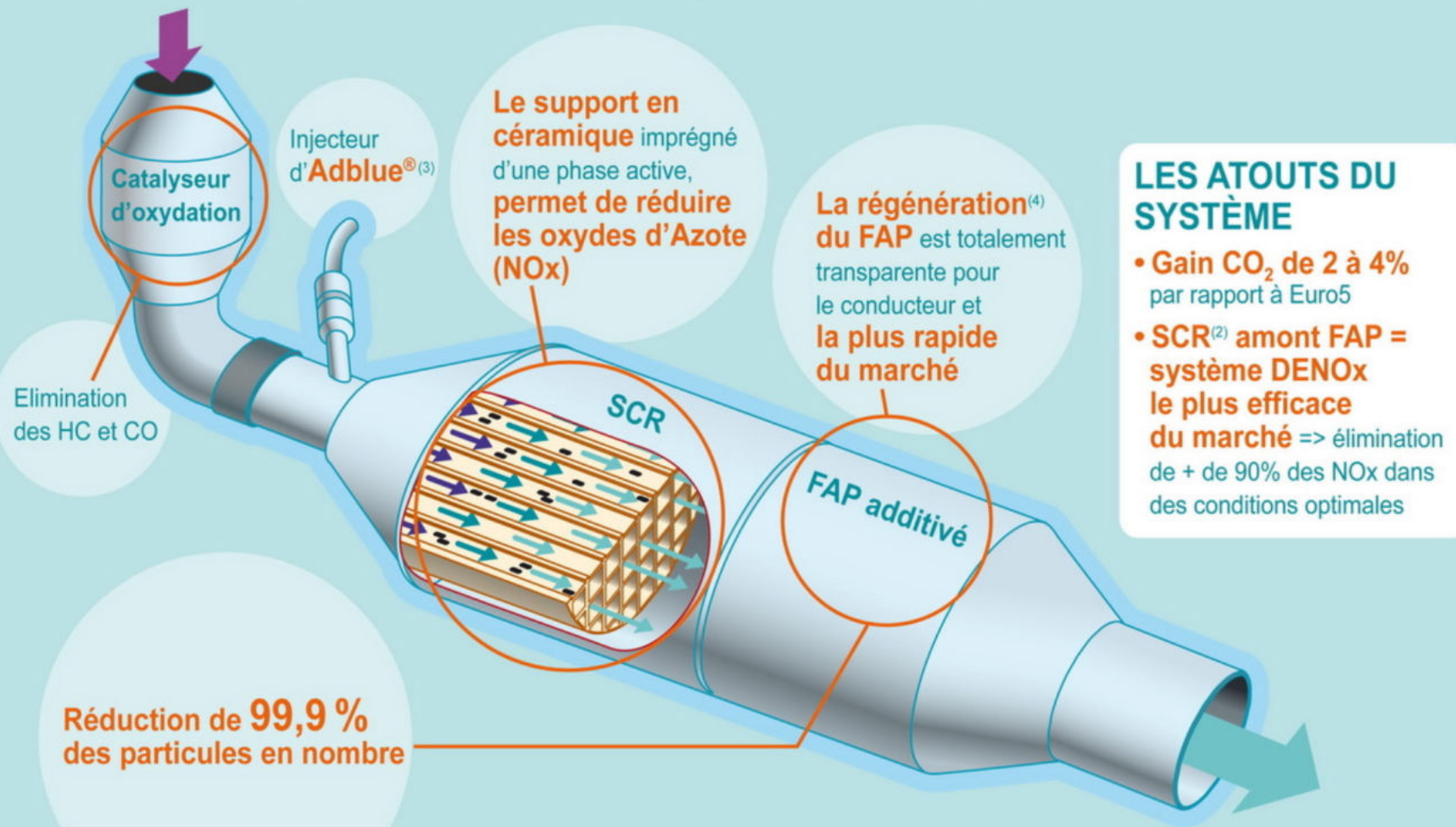
- Il y a deux sortes de FAP : le système SCR avec « Adblue » et celui avec piège à NOx

Constitué d'une section catalytique pour CO et HC, d'un système SCR (Réduction Catalytique Sélective) pour les NOx et d'un filtre pour les Particules Fines.

- **La section SCR** en céramique réduit les NOx par ajout d'urée l'élimination est > à 90%  $\longrightarrow$   $N_2 + H_2O$
- Un filtre à carbure de silicium **retient 99,9% des particules fines** de taille < 23 nm soit  $0,023\mu m$  donc bien  $\ll$  à  $PM_{2,5}$
- la régénération est faite automatiquement **à hte température** par modification de l'injection combinée à un additif favorisant la combustion des suies.

# LIGNE D'ECHAPPEMENT EURO6<sup>(1)</sup> DIESEL

Respect de la norme et avantage concurrentiel en consommation



(1) Norme Euro6 (application NT : 09/2014) - (2) Selective Catalytic Reduction - (3) Adblue<sup>®</sup> : produit commercial contenant 32,5% d'urée et 67,5% d'eau, source de réduction des NOx pour la SCR - (4) Combustion des suies stockées dans le filtre à particules

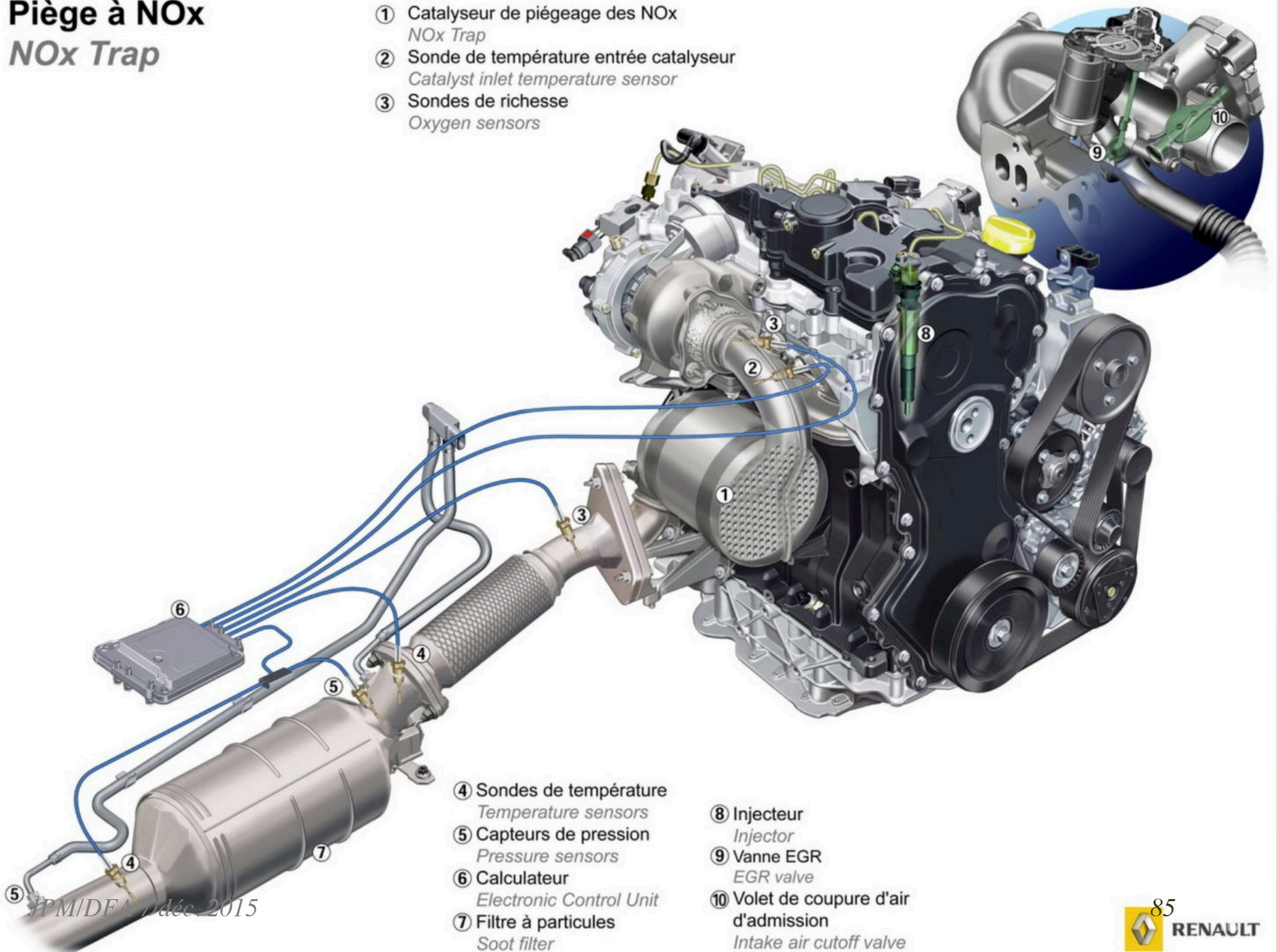


## Fonctionnement du FAP piège à NOx

- Le Fap est constitué d'un piège à Nox qui comprend un catalyseur 3 voies suivi d'un filtre à particules
- Il fonctionne à plus basse température que le SCR.
- CO, HC, Nox avec une réaction du CO sur les Nox
- Nox + CO donne azote + gaz carbonique
- Ce procédé semble moins efficace que le système PSA et ne permettrait pas d'atteindre la valeur NOx de 60mg/km pour les VE et 80 mg/km pour les VD dans les conditions réelles d'usage. (31 mg aux USA)

# Piège à NOx NOx Trap

- ① Catalyseur de piégeage des NOx  
*NOx Trap*
- ② Sonde de température entrée catalyseur  
*Catalyst inlet temperature sensor*
- ③ Sondes de richesse  
*Oxygen sensors*



- ④ Sondes de température  
*Temperature sensors*
- ⑤ Capteurs de pression  
*Pressure sensors*
- ⑥ Calculateur  
*Electronic Control Unit*
- ⑦ Filtre à particules  
*Soot filter*

- ⑧ Injecteur  
*Injector*
- ⑨ Vanne EGR  
*EGR valve*
- ⑩ Volet de coupure d'air  
d'admission  
*Intake air cutoff valve*

⑤ JPM/DEA / déc. 2015

## Quelques fausses bonnes idées ?

- Réduire de 110 km/h à 90 km/h la vitesse sur les autoroutes urbaines pour diminuer la pollution Vrai ou faux?

Imaginons un train de voitures (long. 4,2 m) séparées par la distance réglementaire de 2s, telle que le formule le code de la route, sur une distance de 10km , sur une seule file.

Remarquons que cette interdistance s'amenuise avec la diminution de vitesse. (tableau diapo 77)

Sur cette portion de 10km le nombre de voiture est donc plus grand si elle roulent à 90 km/h qu'à 110km/h, mais elle consomment 17% de moins en théorie en fonction du régime moteur moindre\*

Calculons la consommation de carburant :

*\* Sauf si cela oblige à enclencher le rapport inférieur de la B. de vitesse*

Vitesse km/h	Distance parcourue en m/s	Interdistance de sécurité sur 2 secondes	Interdistance réelle constatée Ordre de grandeur
50	14	28	15
70	19,5	39	25
90	25	50	30
110	30,6	61	40
130	36,1	72	50

Un train de 10 voitures séparées de 9 interdistances occupe à 110 km/h :  
 $42 + (9 \times 61) = 591\text{m}$ , et seulement  $42 + (9 \times 50) = 492\text{ m}$  à 90 km/h  
Ainsi à 110 km/h sur une portion de 10km il y a 169 voitures  
Et à 90 km/h sur la portion de 10 km on dénombre 203 voitures

Conso à 110 km/h : 6l/100 km et à 90 km/h : 5l/100km

Conso totale de ces véhicules sur ces 10 km :

à 110 km/h :  $0,6 \times 169 = 101,4$  litres

à 90 km/h :  $0,5 \times 203 = 101,5$  litres

- Donc aucune amélioration sur l'émission de CO<sub>2</sub>
- Par contre le fait de diminuer le régime conduit le moteur à fonctionner avec une combustion en mélange plus pauvre
- (plus d'air et moins de carburant)

ce qui favorise la production des particules fines et des NOx particulièrement pour les « diesel » et désormais pour les « essence » modernes à injection directe (200 bars)

- Peugeot Pure tech 1,2 VTI, Renault Mégane 1,2 TCE Honda, Ford Focus ecoboost 1,0, Hyundai i40 1,6 GDI...
- En faisant le même calcul et en adoptant des interdistances plus réelles (40 m à 110 et 30 m à 90) on découvre que rouler à 90 km/h conduit pour 321 voit. à **156 litres sur 10 km**
- Tandis qu'à 110km/h pour 249 voit. : **seulement 149,4 litres**

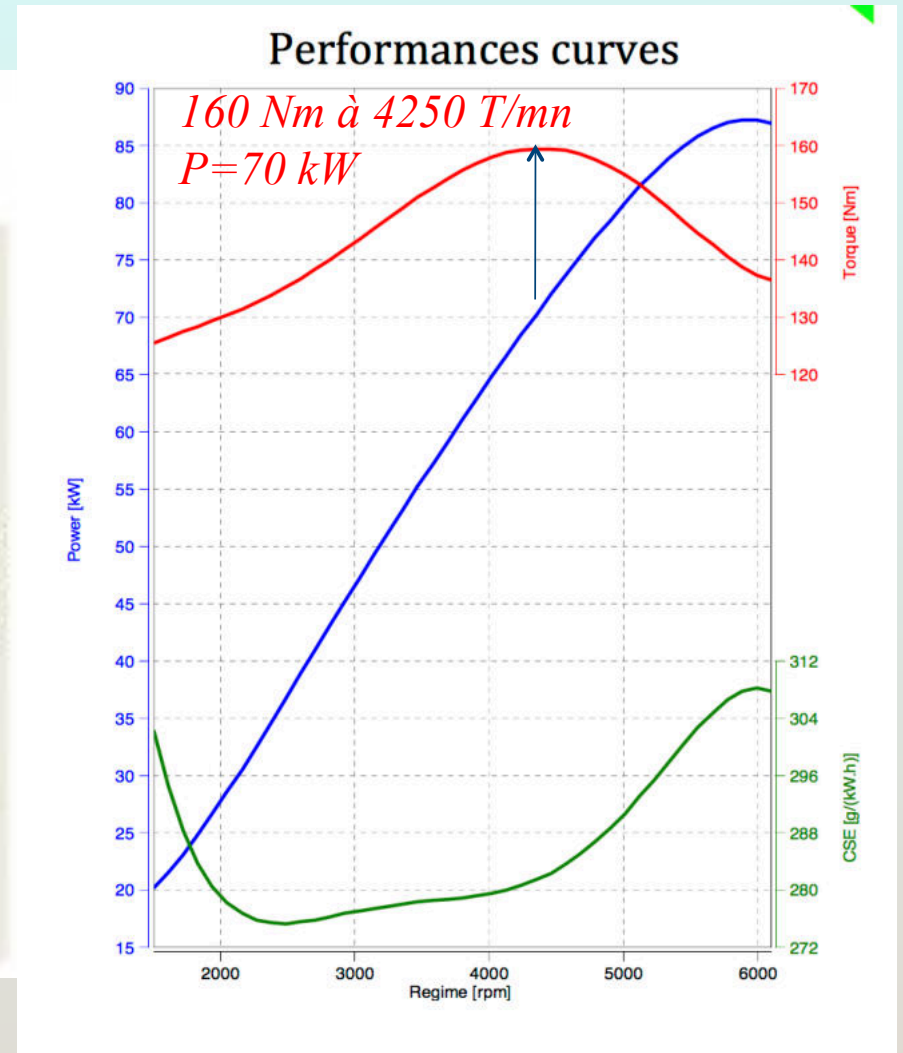
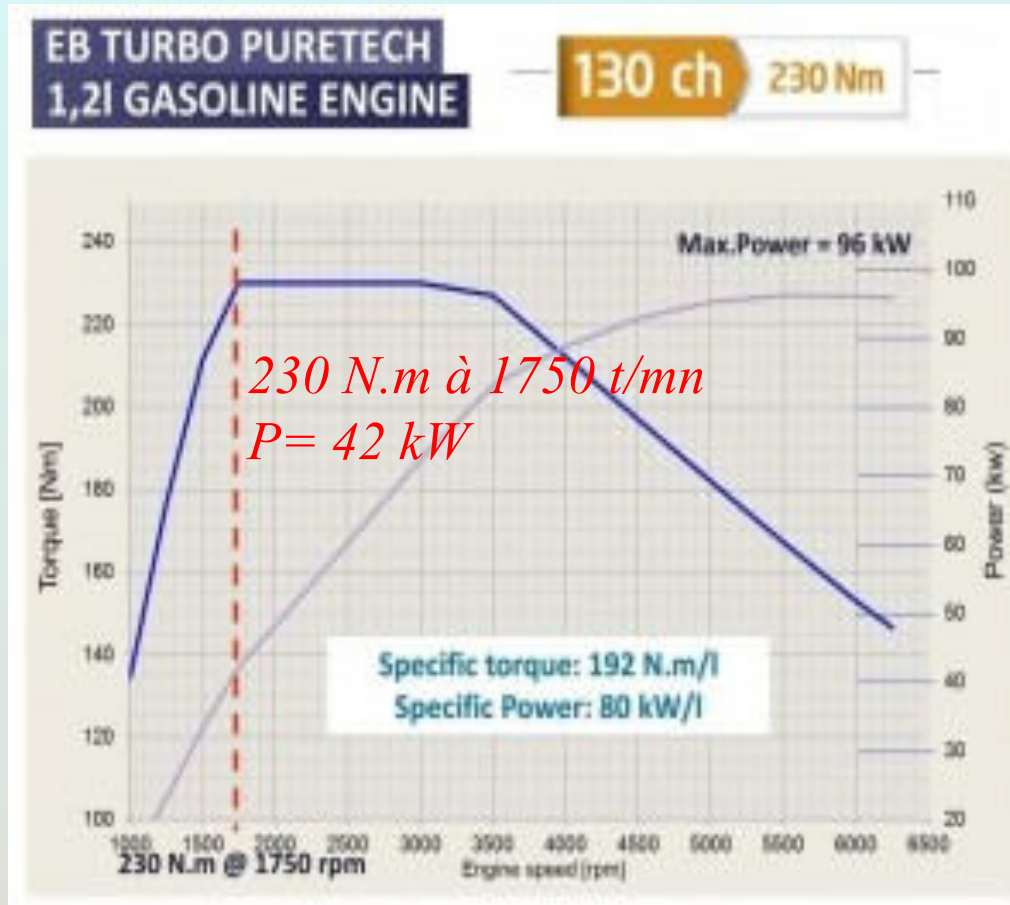


- S'il n'y a aucun gain notable sur la pollution , il faut noter
- cependant deux points positifs à la réduction de la vitesse :
- L'augmentation de la fluidité de la circulation
- Les conséquences moins graves d'un accident pour les occupants des véhicules :  $E_c = \frac{1}{2} m V_2$
- en effet l'énergie cinétique étant % au carré de la vitesse, diminuer celle-ci de 20km/h conduit à baisser de 33% l'énergie cinétique de la masse des occupants.

# Couple et puissance

1,6 VTI inj indirecte 88 kW 120 ch

$$P = C \cdot \omega \text{ en } N.m \cdot rads$$



## Mettre les centre ville à 30 km/h

- Le SETRA (Service d'Etudes sur le Transport, les Routes et leurs Aménagements) dans une récente étude sur cette mesure, établit clairement que c'est une hérésie sur le plan de la pollution :
- **Les émissions moyennes du parc augmenteraient de 33%** soit une surconsommation de 2litres pour un véhicule consommant 6L/100
- Une catastrophe pour les diesels : doublement des PF et des NO<sub>x</sub>
- Encrassement de la vanne EGR et du FAP qui ne peut plus se régénérer du fait de la trop faible température des gaz d'échappement à 30 km/h = pannes
- d'où tentation (taxis) de faire « défaper » !!

## Limitation à 30 km/h une question épineuse !

- En effet si passer de 50 à 30 km/h augmente notablement la pollution, cette mesure permet cependant, et de nombreuses études le montrent, de préserver la vie des piétons, des cycliste et motocyclistes
- C'est donc un choix de société
- Mais ne vaut-il pas mieux sauver des vies et essayer d'améliorer par des techniques ou par l'usage de la voiture électrique la pollution des centre villes?

# La voiture électrique

- La voiture électrique n'émet **pas de CO<sub>2</sub> au moment de l'utilisation** ce qui lui donne une image amplement reprise dans les médias de **véhicule écologique « zéro émission »**

Cependant il faut considérer son fonctionnement et sa fabrication (acier et plastique) et celle surtout de ses batteries (le lithium est toxique et dangereux)

Selon l'Ademe « du puits à la roue » :

Le bilan carbone serait de 126 g CO<sub>2</sub>/km pour le véhicule électrique alors que les moteurs thermiques génèrent 130 g CO<sub>2</sub>/km en 2010 et 95 g/km en 2020. Ce bilan est souvent contesté .

Le fonctionnement par contre ne produit pas ou peu de NO<sub>x</sub> et de particules fines **si la source de courant est décarbonée !**

# Véhicule électrique

- Mêmes conclusions pour l'étude britannique commandée par le Low Carbon Vehicle Partnership et également publiée en juin 2011 qui conclut qu'une voiture électrique de taille moyenne produira sur sa durée de vie 23.1 tonnes de CO<sub>2</sub> contre 24 tonnes pour une voiture conventionnelle à moteur à explosion.
- Simplement le problème aura été déplacé, le CO<sub>2</sub> ayant été émis ailleurs que sur le lieu de son utilisation.
- Ces résultats dépendent de l'origine du courant de recharge, produit soit à partir d'une source carbonée comme le charbon ou le fioul soit par le nucléaire et les énergies renouvelables

## Véhicule électrique bilan carbone recharge

- Grâce au nucléaire le mix moyen de la production électrique de la France équivaut à seulement 85g de CO<sub>2</sub>/kW.h
- Europe : 400 g/kW.h    Chine : 850g/kW.h    Inde : 875 g/kW.h
- la consommation d'un V.élec = 0,1 à 0,25 kW.h par km  
Sur 10.000km par an : 1000 à 2500 kW.h
- correspondant à un équivalent CO<sub>2</sub> pour 10.000 km de :
- 85 kg à 213kg CO<sub>2</sub> en France (2,55 t min. pour 300.000km)
- 400 à 1000 kg en Europe
- 850 à 2125 kg en Chine
- 875 à 2188 kg en Inde

## Véhicule électrique bilan recharge batteries

- Pour la France, si on remplaçait la moitié des véhicules à moteur thermique (soit  $\frac{1}{2}$  de 32 millions) par des V électr. il faudrait, selon la puissance du véhicule, (0,10 à 0,25 kW.h/km) un surplus de production électrique de :
  - **$16.10^6$  à  $40.10^6$  MW.h/an**
  - Correspondant à :
  - : 4.000 à 10.000 éoliennes de 2MW (4000 MW.h/an)
  - 16.000 à 40.000 ha de cellules photovoltaïque à raison de 10 m<sup>2</sup> pour 1kWc installé (qui produit 1000 kW.h par an)
  - 2 à 5 tranches nucléaires de 1.100 MW ( $7,7. 10^6$  MW.h/an)



## Récapitulatif charge véhicule électrique

Conso en kWh/km	kWh pour 10000 km	kWh pour 16 millions de véhic.	Equivalent en nombre d'éoliennes 2MW	Surface équivalente cellules photovoltaïques en ha	Equivalent en tranche nucléaire de 1100 MW
0,10	1000	16 milliards	4000	16000	2
0,15	1500	24 milliards	6000	24000	3
0,20	2000	32 milliards	8000	32000	4
0,25	2500	40 milliards	10000	40000	5

# conclusions

- La pollution atmosphérique, reconnue **cancérogène** par le CIRC est un **un enjeu de santé publique** :
- Cancers, déficience respiratoire, maladies cardiovasculaires
- La pollution chronique **diminue l'espérance de vie de 6-8 Mois**
- L'industrie, le résidentiel, le tertiaire, le chauffage, l'incinération des déchets, l'agriculture, sont des contributeurs
- La pollution à l'intérieur des habitations **semble méconnue** de ceux qui la subissent, d'autant plus qu'elle est **peu réglementée**.

# Conclusions

- En hiver le chauffage au bois responsable majeur avec chauffage collectif et circulation, de la pollution aux PF mais pas ou peu de l'effet de serre
- En été c'est le transport routier avec les NO<sub>x</sub>, l'ozone et les PF
- Les pollens et les pesticides contribuent à accroître l'effet allergène
- Diminution des rendements agricoles, perturbation des écosystèmes, acidification et **eutrophisation** sont les conséquences essentielles de la pollution sur l'environnement
- Dommages économiques dus à la perte de productivité et aux coûts de santé

## conclusions

- Les gaz à effet de serre d'origine anthropique participent avec une presque certitude ( 90%) au réchauffement constaté.
- Ils sont émis par la combustion de l'énergie fossile (pétrole, charbon, uranium) et par l'industrie ( transformation de matières premières) donc par notre mode de vie.
- La pollution automobile est un des facteurs importants mais pas le seul
- Les véhicules diesel récents sont plus limités en PF que les véhicules essence récents à inject. directe
- Les diesel grâce aux système de piégeage des NOx par SCR ont fortement diminué la production de ce polluant.

# Conclusions

- Les limitations de vitesse n'ont pas toujours les effets simplistes escomptés sur la pollution et sur la production de CO<sub>2</sub>, mais un effet bénéfique sur la gravité des accidents.
- L'image donnée de la voiture électrique écologique ou « zéro émission » doit être examinée objectivement en fonction de l'origine carbonée ou pas du courant de recharge.
- Elle produit aussi une empreinte carbone identique aux moteurs thermiques si on prend en compte sa fabrication et celle de la batterie, de son remplacement et de sa recharge.
- Les conséquences sociales et économiques du réchauffement climatique peuvent être graves. A nous de les prévenir et de préparer des solutions ?

# Et les autres pollutions ?

- Les plastiques et les substances chimiques issus de notre mode de vie moderne, contaminent l'eau de nos rivières et fleuves.
- Les mers et océans sont les réceptacles finals de ces déchets qui constituent des continents de débris (les Gyres du pacifique) provoquant la mort des espèces vivantes et l'appauvrissement de notre écosystème.

# ❁ Méduses ou ... sacs plastiques ?



*Albatros dans les iles Midway pacifique*





## Pollution en chine : colère ou désespoir?





# Références

- ADEME [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- Air Rhône Alpes : [www.air-rhonealpes.fr](http://www.air-rhonealpes.fr)
- CITEPA Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique. [www.citepa.org](http://www.citepa.org)
- SETRA Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements [www.setra.fr](http://www.setra.fr)
- WIKIPEDIA
- Site de Jean-Marc JANKOVICI [www.manicore.com](http://www.manicore.com)
- L'Usine Nouvelle, le Monde, le Figaro, Auto-Plus
- Moteurs PSA
- Directives européennes sur la qualité de l'air ( 2008, 2015)  
[www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)



*Merci de votre attention*