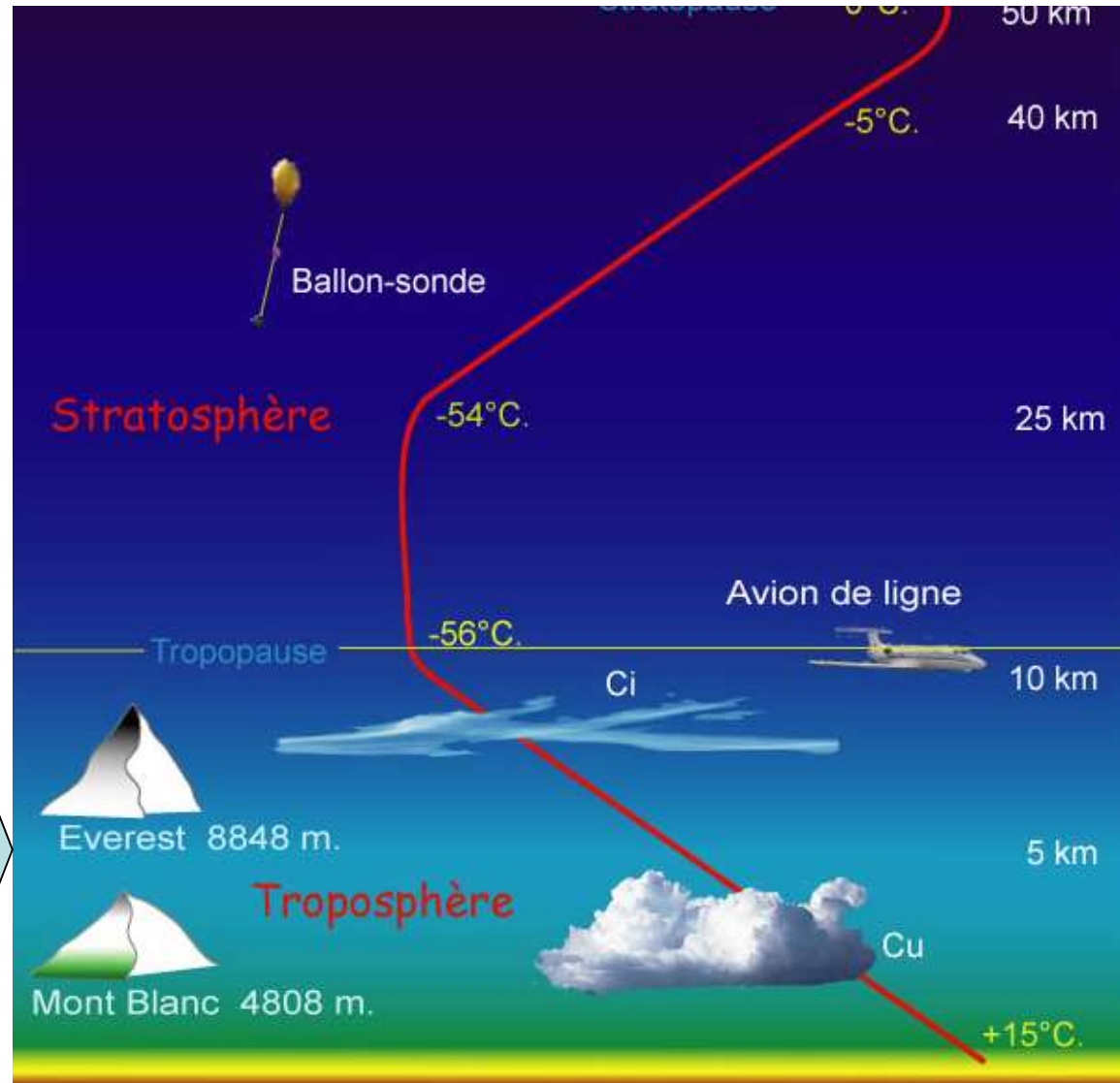
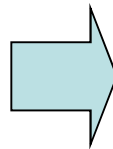


La chimie atmosphérique...



Régions et caractéristiques de l'atmosphère

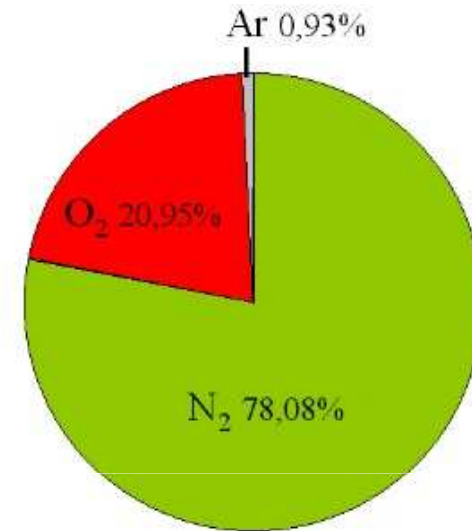
- Multitude de composés chimiques sont présents dans la troposphère



La composition de l'air de la troposphère...

- Les gaz

- O₂, N₂, Ar gaz majoritaires
- H₂O (0.1 - 4%)
- Les gaz traces (ppm voir ppb)
 - Gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, CFC)
 - Ozone O₃
 - Les radicaux (OH, NO, NO₂, NO₃)
 - Composés inorganiques (SO₂, NH₃, HNO₃...)
 - Composés organiques volatils ou semi volatils (COV) naturels ou anthropiques



Réactions complexes
(photochimiques,
hétérogènes..)

La composition de l'air de la troposphère...

- Les aérosols (petites particules solides ou liquides en suspension dans l'atmosphère)

Taille variant de qq nm (10^{-9}m) à presque $100\mu\text{m}$ (10^{-4}m)

Comparaison de la taille des particules fines

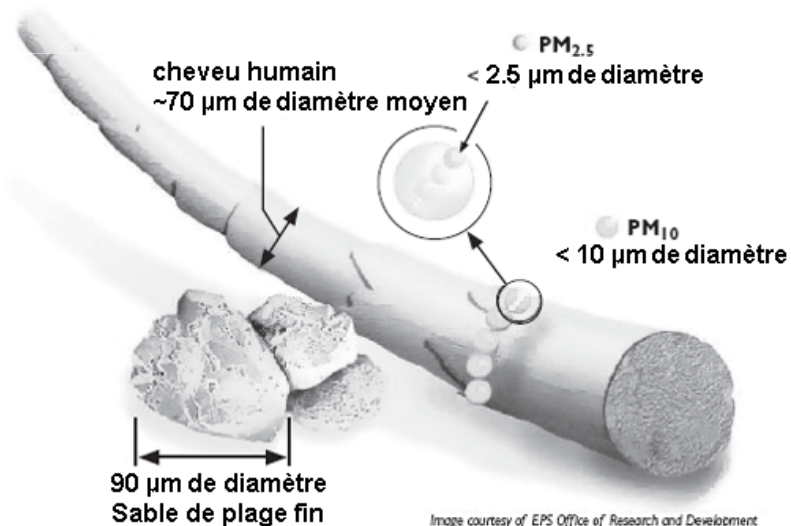


Image courtesy of EPS Office of Research and Development

Source: Environmental Protection Agency. Particulate Matter: Basic Information. March 6, 2007.
Available at <http://www.epa.gov/air/particlepollution/basic.html>. Accessed on February 4, 2008.

Keywords:
aerosol particles - atmospheric
chemistry - carbon - reaction
mechanisms - water



Angewandte
Chemie

Les aérosols, catégories...

- Source

- Naturelle
- Anthropique

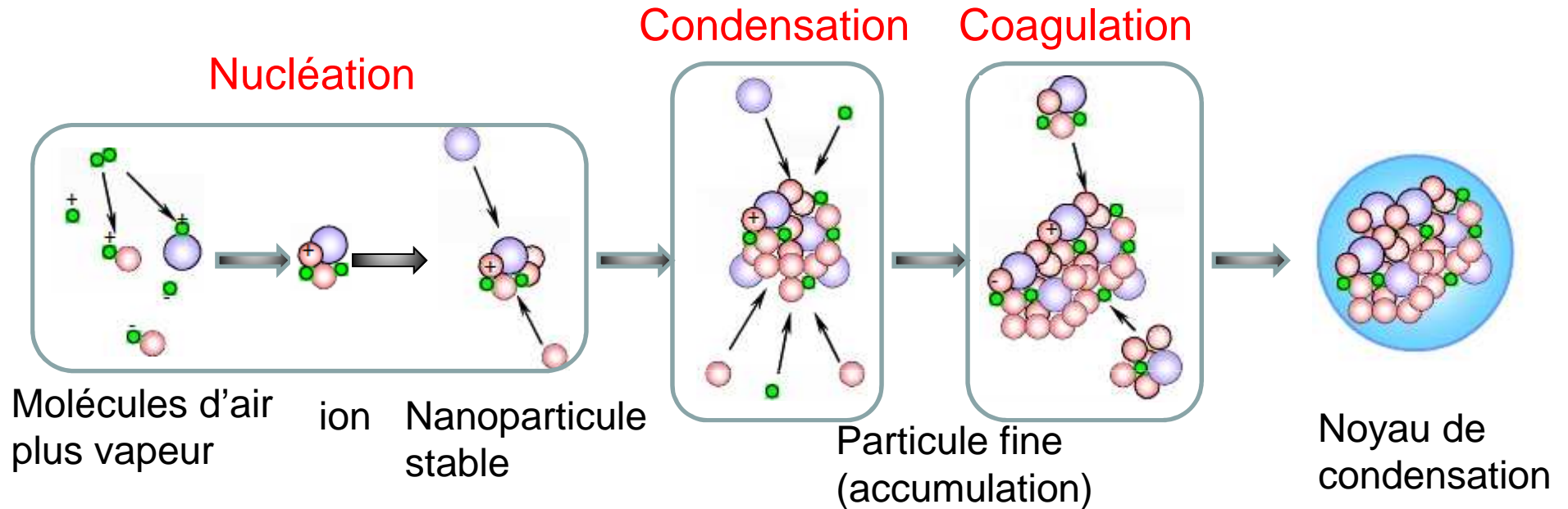
- Processus de formation

- **Aérosols primaires**
 - Ils sont émis directement dans l'atmosphère (abrasion, érosion)
- **Aérosols secondaires**
 - Ils sont formés dans l'atmosphère à partir de précurseurs gazeux (conversion gaz-particules)

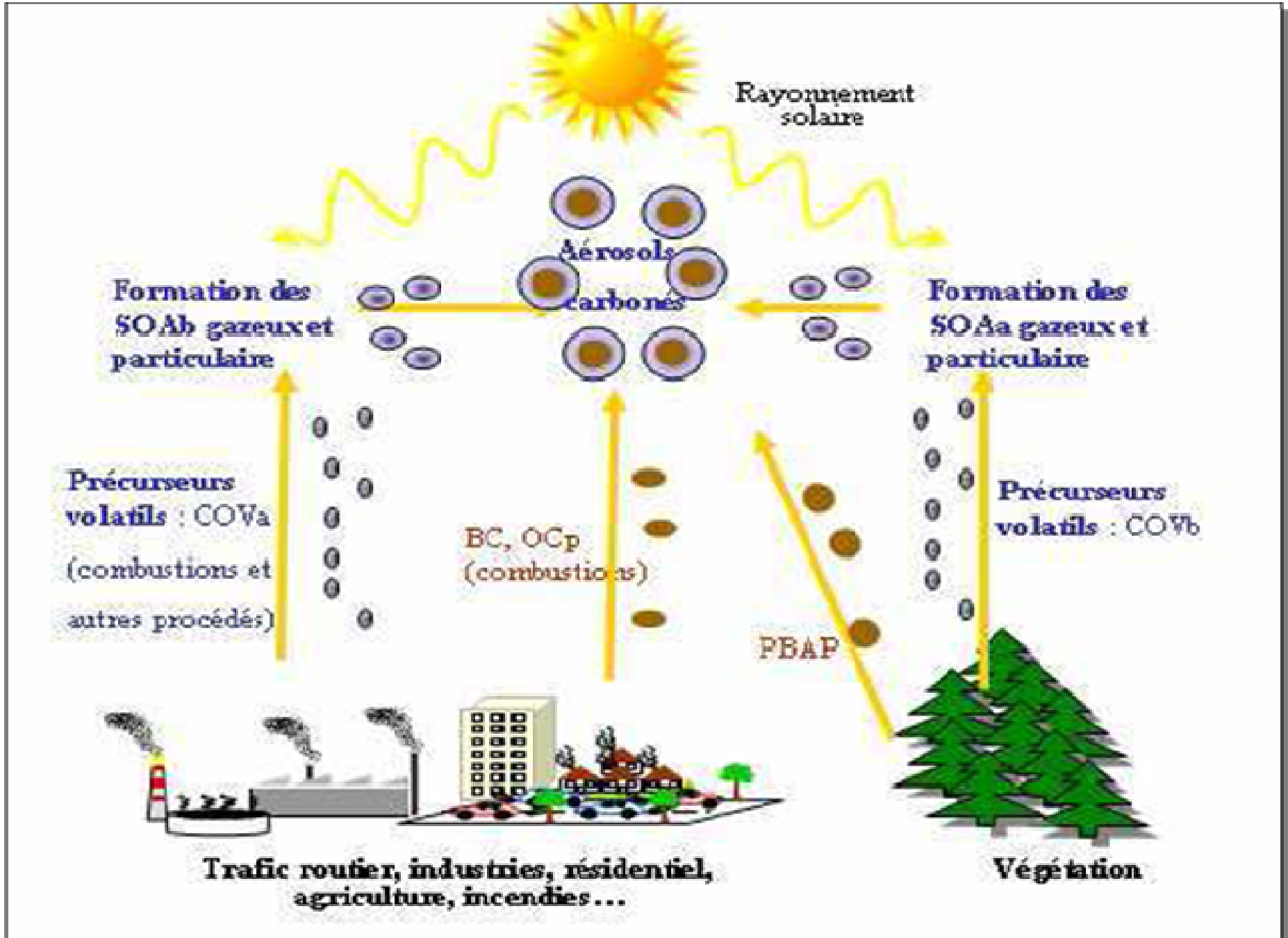
- Composition chimique

- **Aérosol inorganique** (Métaux, ions sulfate, ammonium, sodium)
- **Aérosol organique** (composés carbonés)

Précision sur les aérosols secondaires



- **Nucléation:** formation de cluster qui grossissent jusqu'à une taille détectable $> 3\text{nm}$
- **Condensation:** combinaison de deux phénomènes, l'absorption et l'adsorption
- **Coagulation:** collision entre deux particules



Les aérosols naturels...

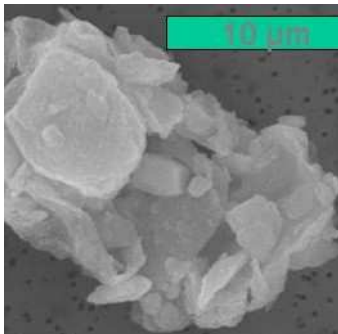
- Origine marine

- **Aérosol primaire essentiellement inorganique**
- Produit par le spray océanique. Les gouttelettes sont projetées dans l'atmosphère (bubbling) et s'évaporent laissant place à des sels marins solides en suspension dans l'atmosphère



Les océans de la planète émettent dans l'atmosphère environ 1,3 milliards de tonnes de particules par an!

A l'échelle planétaire ce type d'aérosol est dominant

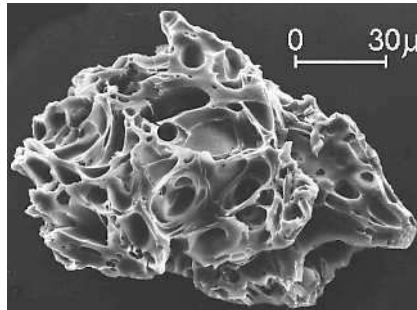


Composition chimique proche de celle de l'eau de mer
(NaCl, nitrates sulfates ..)

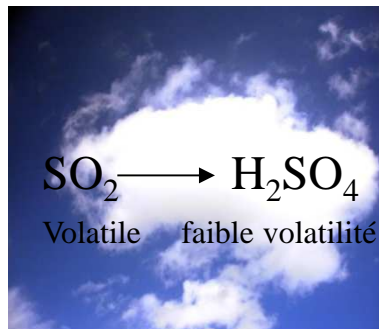
Les aérosols naturels

- Origine volcanique

- Aérosol primaire essentiellement inorganique (composés soufrés et métalliques)



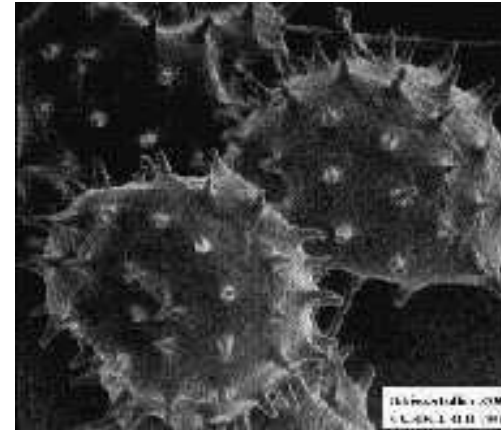
- Aérosol secondaire inorganique à partir du dioxyde de soufre



Les apports troposphériques sont faibles car la force de propulsion verticale est très forte

Les aérosols naturels..

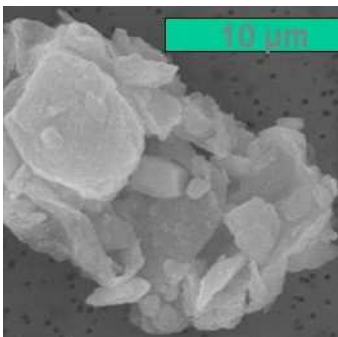
- Origine biogénique
 - **Aérosol essentiellement organique**
 - primaire : pollens, bactéries, virus, abrasion des plantes par le vent
 - Aérosol organique secondaire : conversion gaz-particules de composés produits par l'oxydation de molécules organiques gazeuses émises par les végétaux (terpènes)



Composition chimique
composés organiques à haut
poids moléculaire

Les aérosols naturels

- Origine minérale (crustale)
 - Aérosol primaire essentiellement inorganique
 - Généré par l'érosion éolienne des sols. La quantité d'aérosols injectés dans l'atmosphère est proportionnelle à la vitesse du vent ($>3\text{m/s}$)

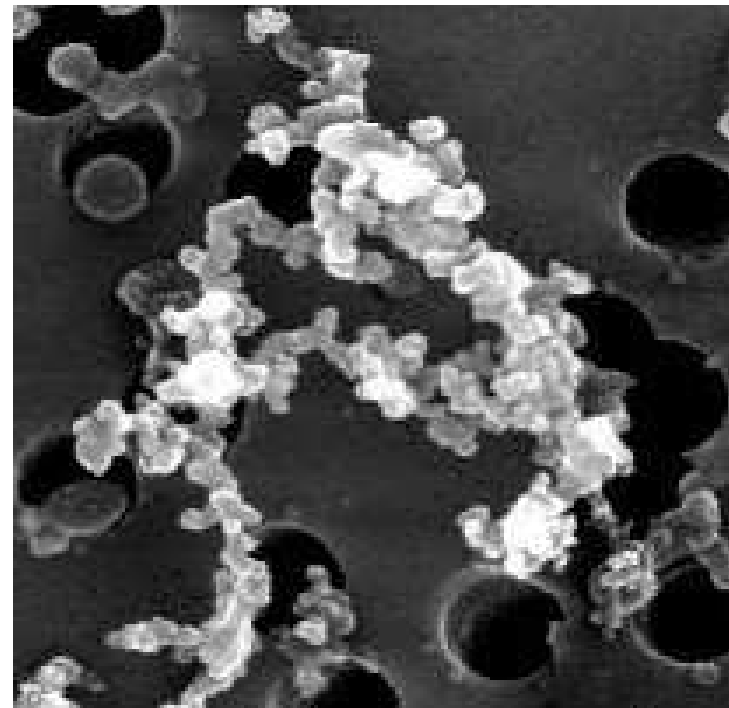


Composition chimique
oxydes métalliques (Fe, Mn) et aluminosilicates (oxydes d'Al et Si)

Environ le tiers des émissions de particules minérales dans le monde proviennent du Sahara.

Les aérosols anthropiques

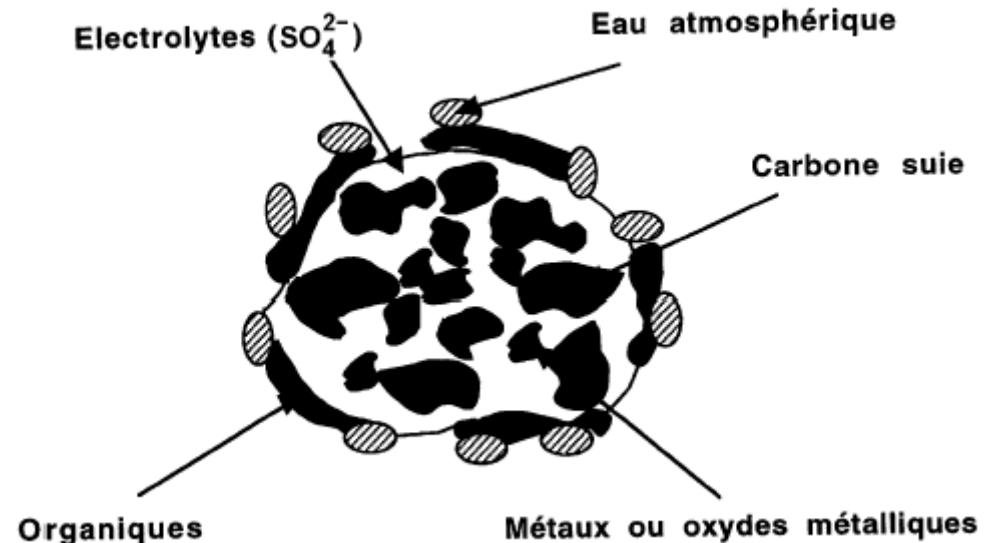
- Aérosol de pollution
 - primaire : (20-30%) débris de pneus, charbon, particules métalliques et hydrocarbures aromatiques (combustion incomplète)
 - secondaire : (70-80%)
Condensation des vapeurs émises par rejets industriels, véhiculaires et la combustion du bois et des combustibles fossiles

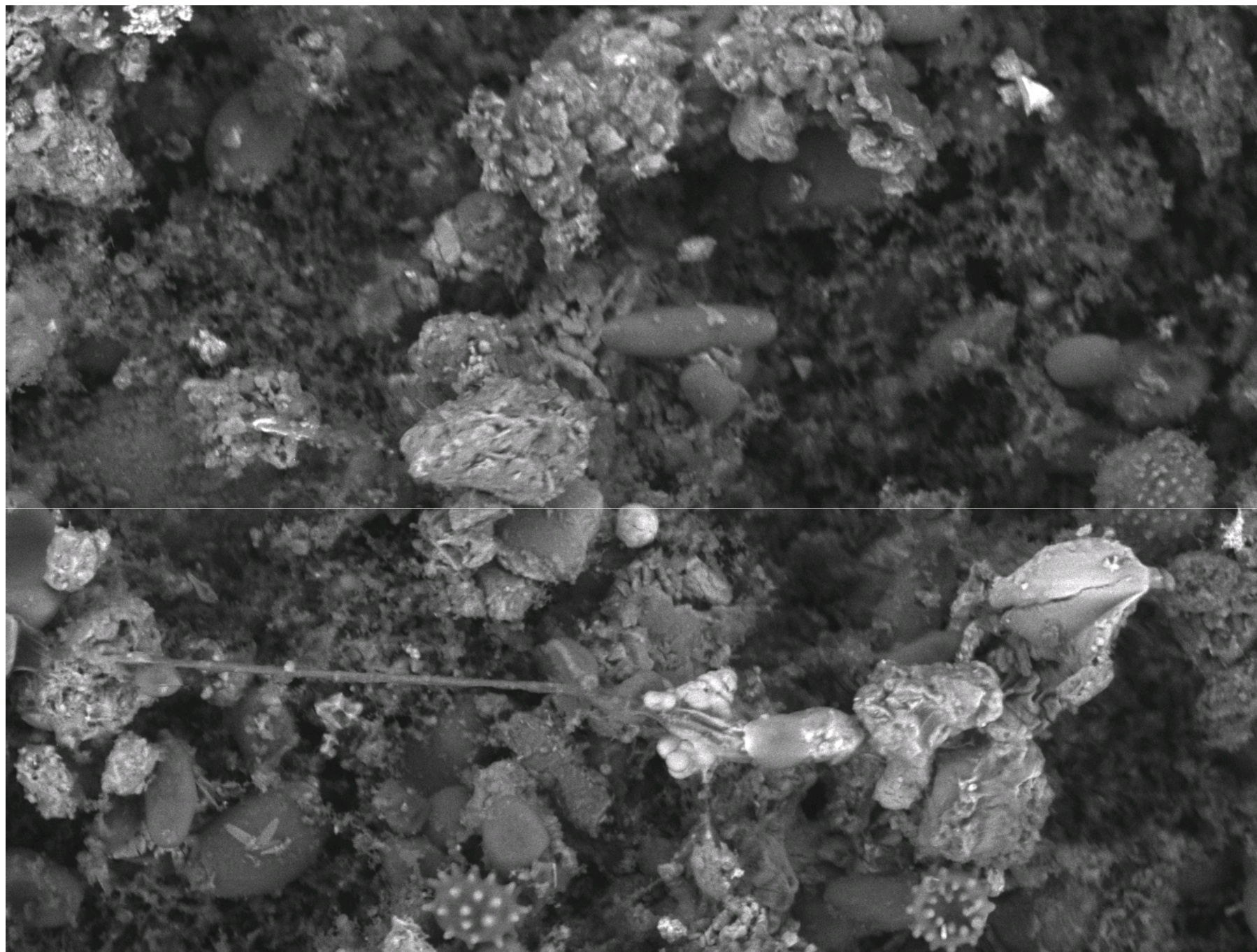


l'aérosol de pollution..une structure complexe

- **Mélange provenant de plusieurs sources**
- fraction inorganique (20-40%) facilement identifiable riche en sulfates et nitrates et oxydes métalliques
- fraction organique (60-80%): quantité importante d'hydrocarbures aromatiques mais aussi une multitude de composés organiques

A ce jour seulement
20% de la matière
organique en
suspension a été
élucidée





CCMA

YAG

7.0kV

X2,200

10 μ m

WD 7.8mm

Les flux d'émission des aérosols

- **masse totale :
2370Tg/an**
- **seulement 17% sont anthropiques mais suffisante pour perturber le climat. De plus c'est évidemment la seule potentiellement toxique**

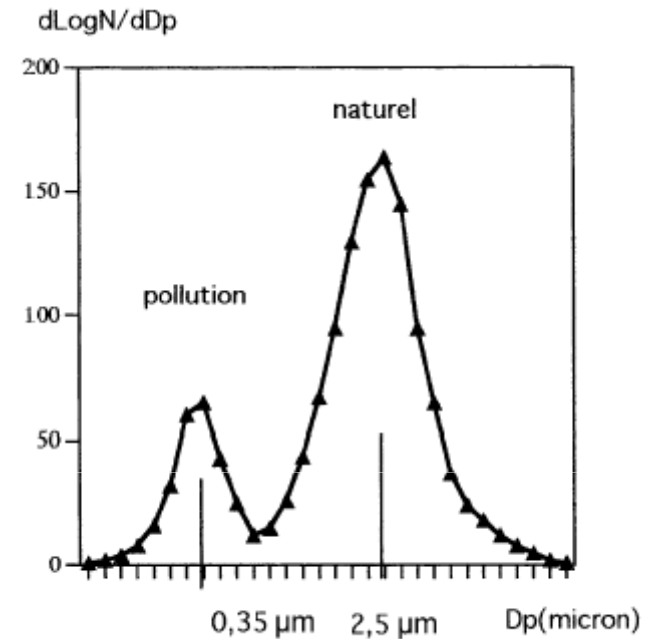
<i>Nature de l'aérosol</i>	<i>Flux global (Tg. an⁻¹)</i>
sels de mer	1000
érosion des roches	500
volcans	25
feux de forêts	35
sulfates naturels	245
sulfates de pollution	220
nitrate naturels	75
nitrate de pollution	40
hydrocarbures (terpènes)	75
hydrocarbures de pollution	15
processus industriels	100

* (1 Tg = 10¹² g = 10⁶ tonnes).

Les distribution des aérosols

- La distribution en taille est souvent bimodale
 - maximum à $3\mu\text{m}$: aérosols marins et crustaux
 - maximum à $0.3\mu\text{m}$: aérosols de conversion gaz-particules

Aérosol	Concentration en masse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentration en nombre cm^{-3}	Taille moyenne μm
urbain	100	30 000	0,10
terrestre	40	5 000	1,20
maritime	10	500	0,56
fond (polaire)	1	25	0,57



La dispersion des aérosols..

- Temps de résidence atmosphérique: 1 semaine
- Les mouvements de convection de la troposphère dispersent les aérosols mais leur transport va dépendre essentiellement de leur taille
- particules $< 0.1\mu\text{m}$ peuvent parcourir de très longues distances et faire le tour de la terre



Depuis 20 ans, on retrouve des aérosols industriels dans les régions polaires



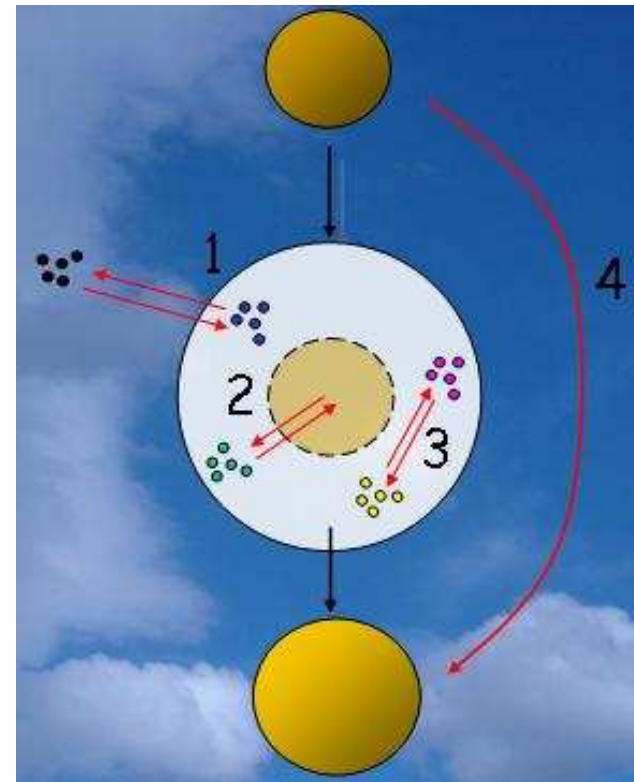
La contamination de l'atmosphère par les aérosols de pollution devient générale

Le devenir des aérosols pendant leur séjour dans l'atmosphère

Processus de coagulation, condensation, réactions photochimiques à la surface



- Les aérosols jouent un rôle important dans la formation des nuages (Noyaux de Condensation Nuageuse (CCN))



L 'élimination des aérosols de l 'atmosphère

- Dépôt sec

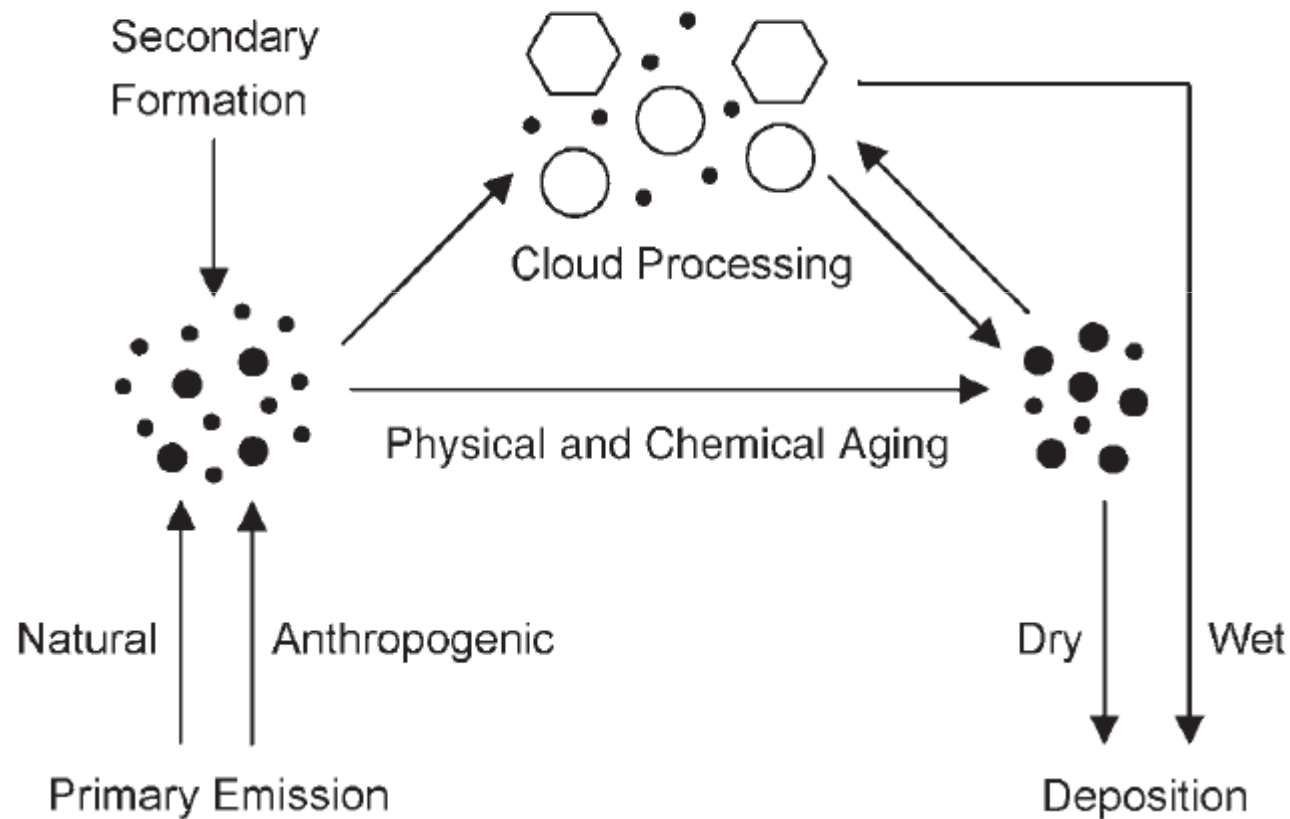
- sédimentation dépend essentiellement de la taille des particules
- impaction (sur la végétation par ex) dépend essentiellement de la vitesse du vent



- Dépôt humide

- Intégration des particules dans les nuages (solubilisation)
- Lessivage des particules par les précipitations

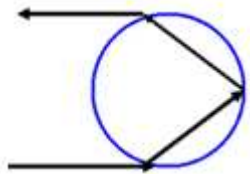
Cycle des aérosols dans l'atmosphère



Impact sur le climat

- Effet direct

- Les aérosols peuvent réduire la quantité d'énergie solaire atteignant le sol
- Grande quantité de particules émises par l'Homme tend à refroidir la température du sol



Particule (0.1 à 2 μm)
grande dispersion due
à une réflexion interne



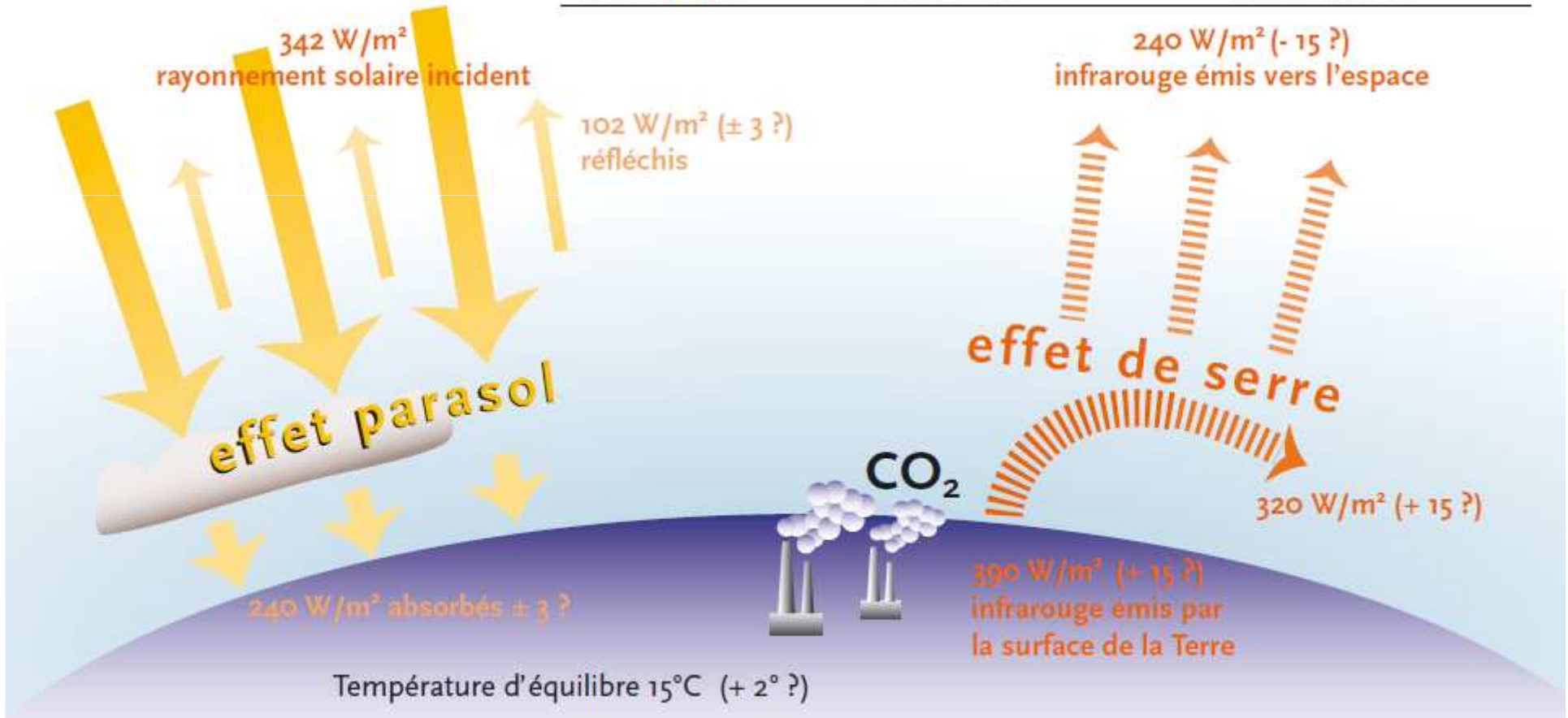
Suie, particule noire
Absorption et augmentation
de la température

**couche d'aérosols au dessus
la chine réduit la quantité de
rayonnement solaire au sol de
10 à 15%!**

Impact sur le climat

- Effet direct

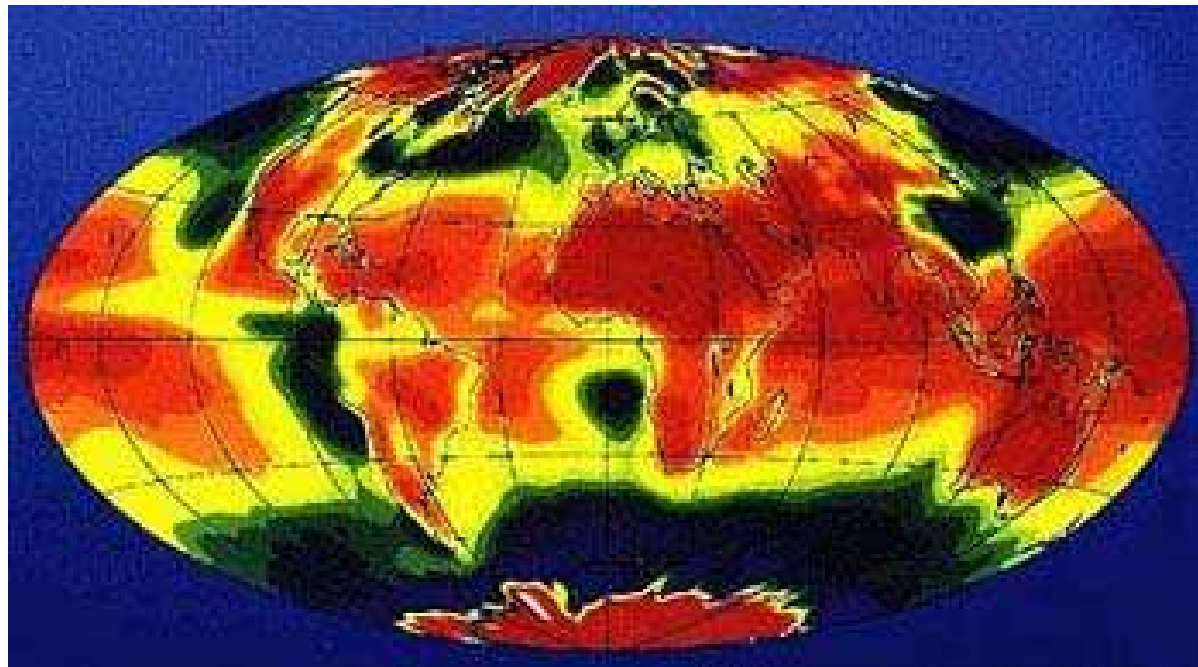
aérosol	rayonnement solaire	rayonnement infrarouge
sulfate	diffusion	-
suie	absorption	absorption
désertique	diffusion	absorption

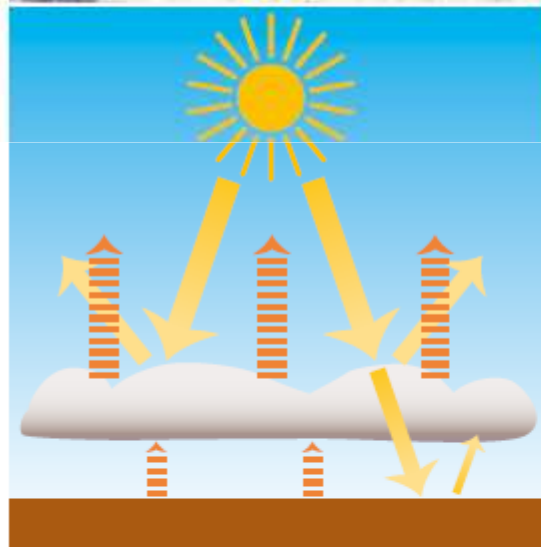


Impact sur le climat

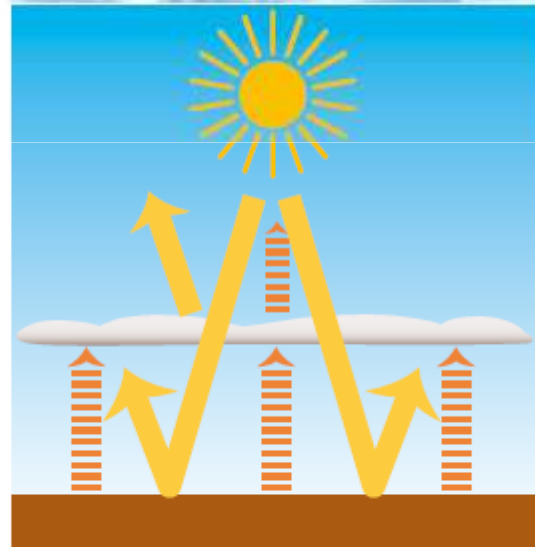
- Effet indirect : Les nuages

- Réchauffement ou refroidissement de la terre?
- Les nuages hauts et fins comme les cirrus contribuent au réchauffement, alors que les nuages bas et épais comme les stratocumulus ont plutôt tendance à refroidir la Terre.





Nuage bas :
fort effet d'albédo,
faible effet infrarouge.



Nuage élevé (cirrus) :
faible effet d'albédo,
fort effet infrarouge.

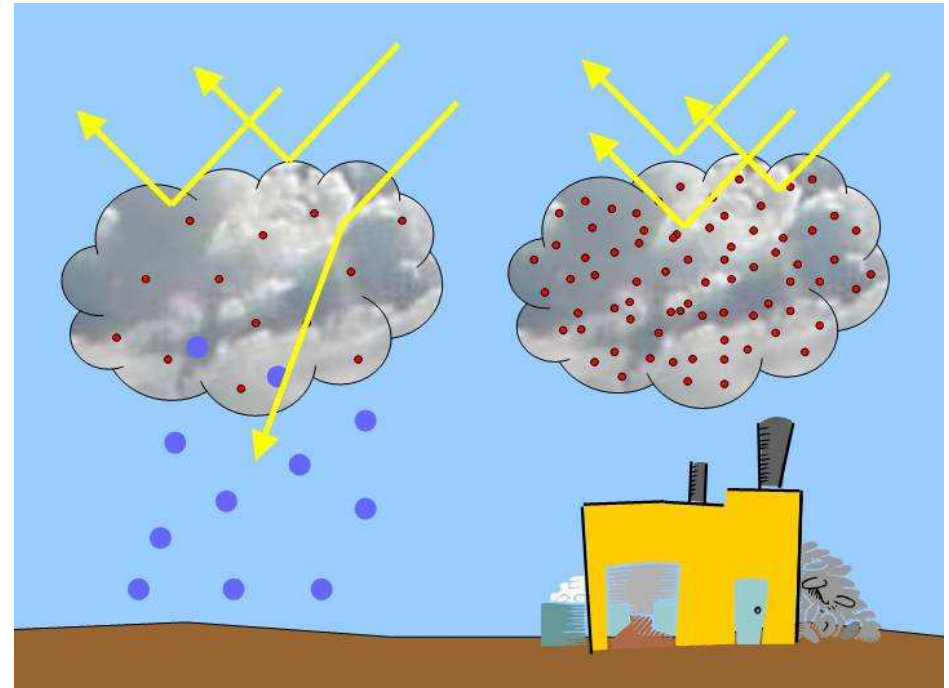


Nuage à grande extension
verticale (cumulo nimbus) :
fort effet d'albédo,
fort effet infrarouge.

Impact sur le climat

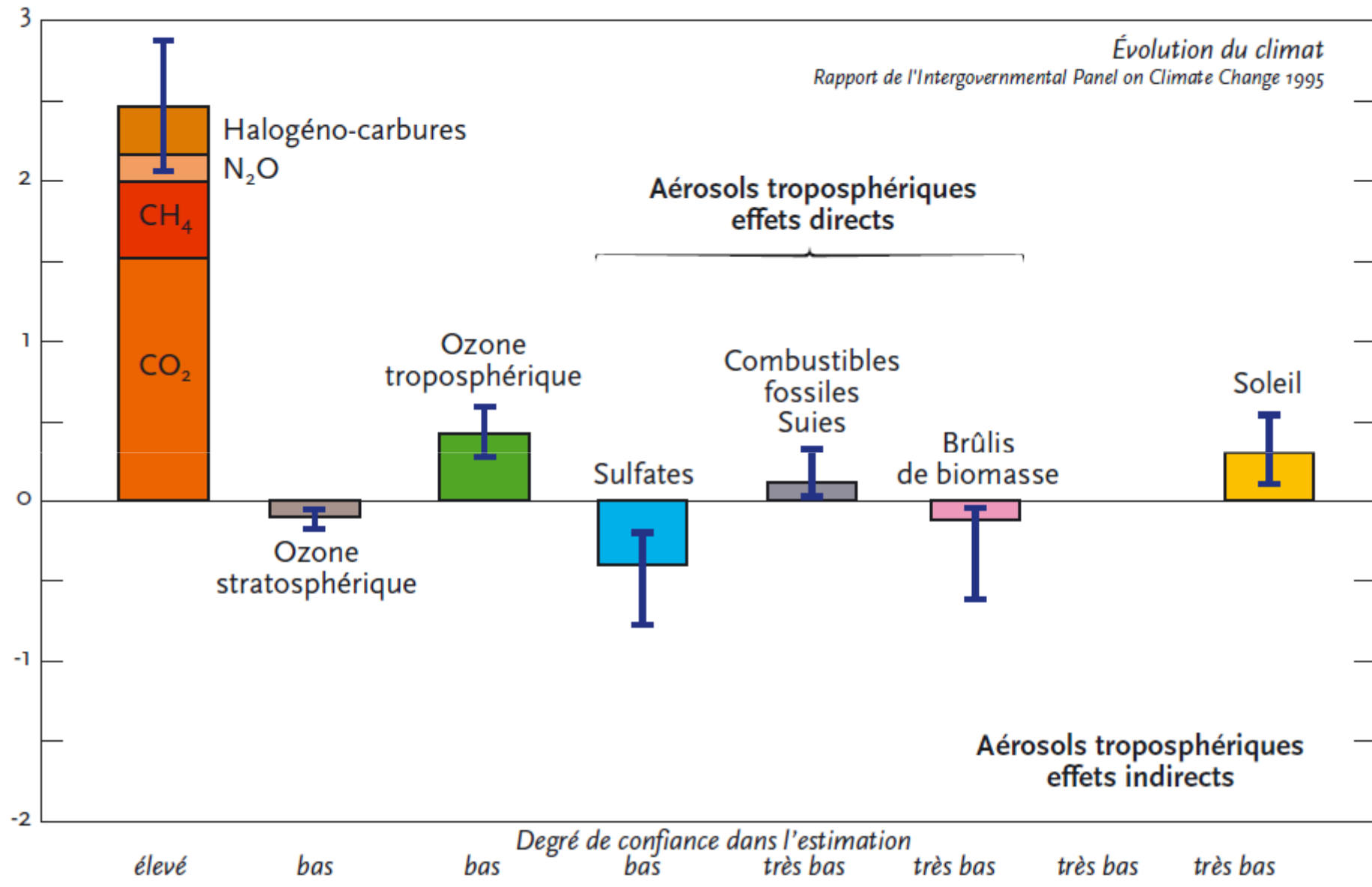
- Effet indirect : Les nuages

- Particules fines émises par l'Homme augmente la quantité de CCN conduisant à la production de gouttelettes nuageuses plus fines
 - Diffusion plus forte de la lumière
 - Augmentation de la masse nuageuse

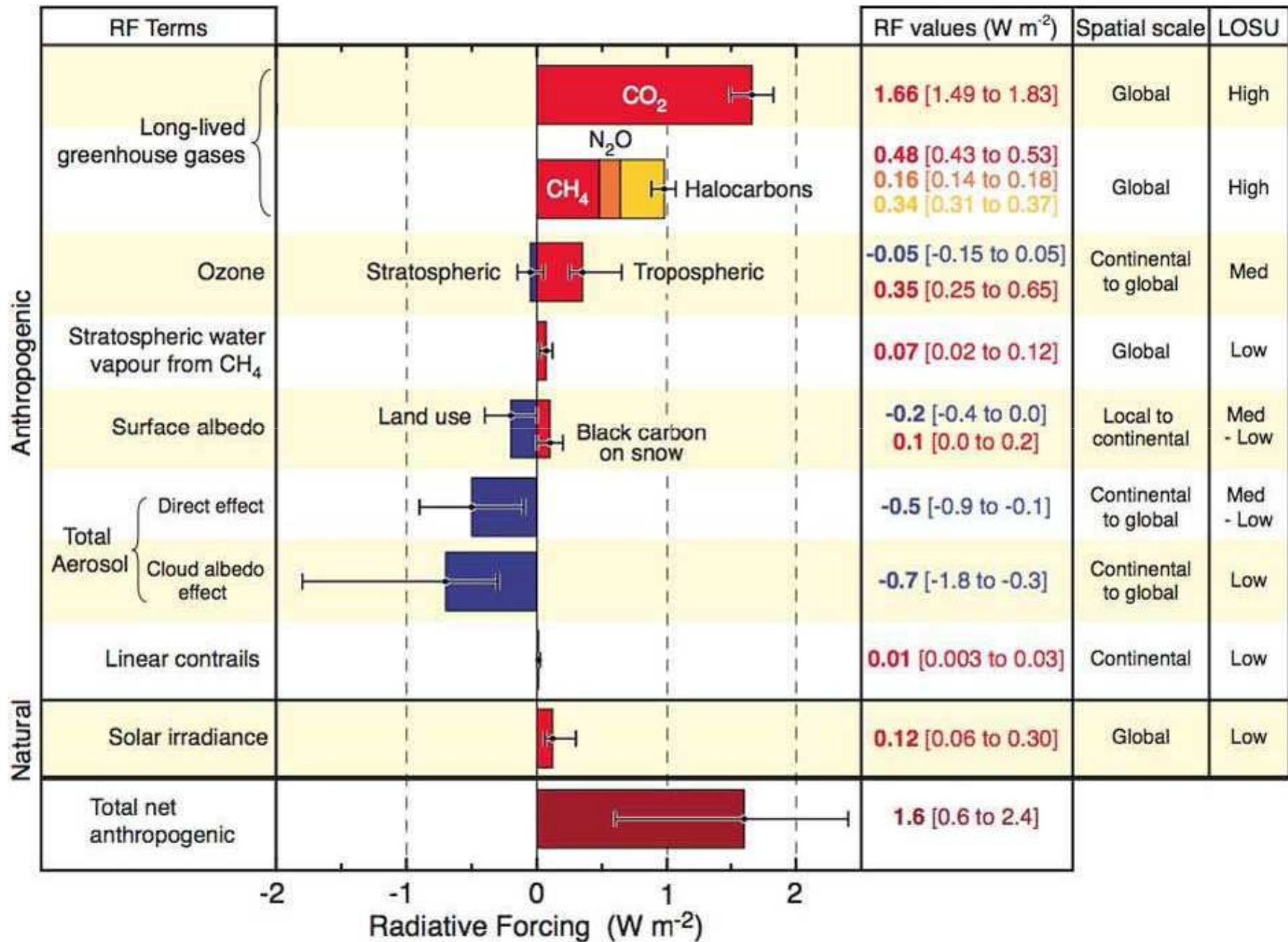


Emissions anthropiques tendent à refroidir le climat

Un des plus grands défis scientifiques du futur est l'estimation de l'impact des particules sur réchauffement climatique



Radiative Forcing Components



Impact sur la visibilité

- Indice de pollution urbaine
 - L'augmentation des fines particules dans l'atmosphère cause une réduction de la visibilité, qui est considérée comme un indicateur de bonne ou mauvaise qualité de l'air.



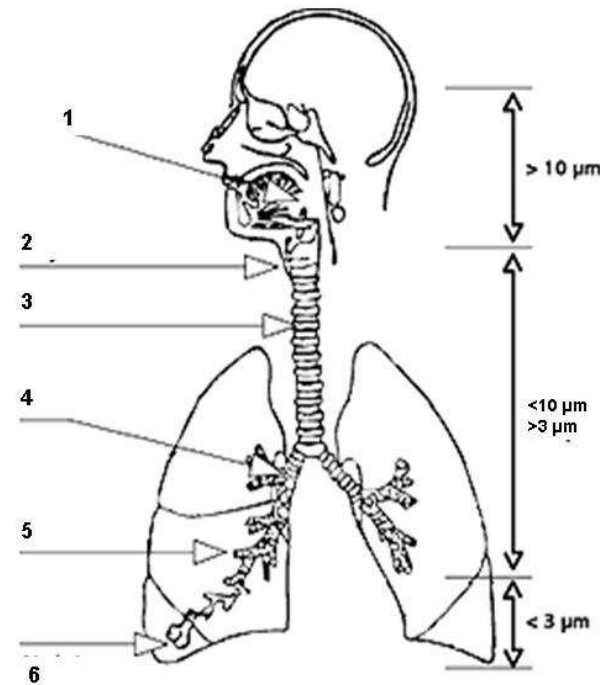
Sans pollution :visibilité 250km



Avec pollution :visibilité 70km

Impact sur la santé

- Les particules sont nocives pour la santé. La toxicité des particules varie suivant leur composition chimique et leur taille
- plus la particule est petite, plus elle va pénétrer profondément dans l'appareil respiratoire
- Conséquences : problèmes respiratoires, des irritations, des inflammations et même des cancers



Les scientifiques ont donc décidé de classer les particules en deux gammes de taille, appelées PM10 et PM2.5

Préleveur de particules

