



Les aérosols carbonés dans le système terrestre: Impacts et incertitudes

Maria KANAKIDOU

*Université de Crète, Département de chimie
Héraklion, Crète, Grèce
mariak@uoc.gr*

**Carbones atmosphériques naturels
et anthropiques**

22 Mai 2015

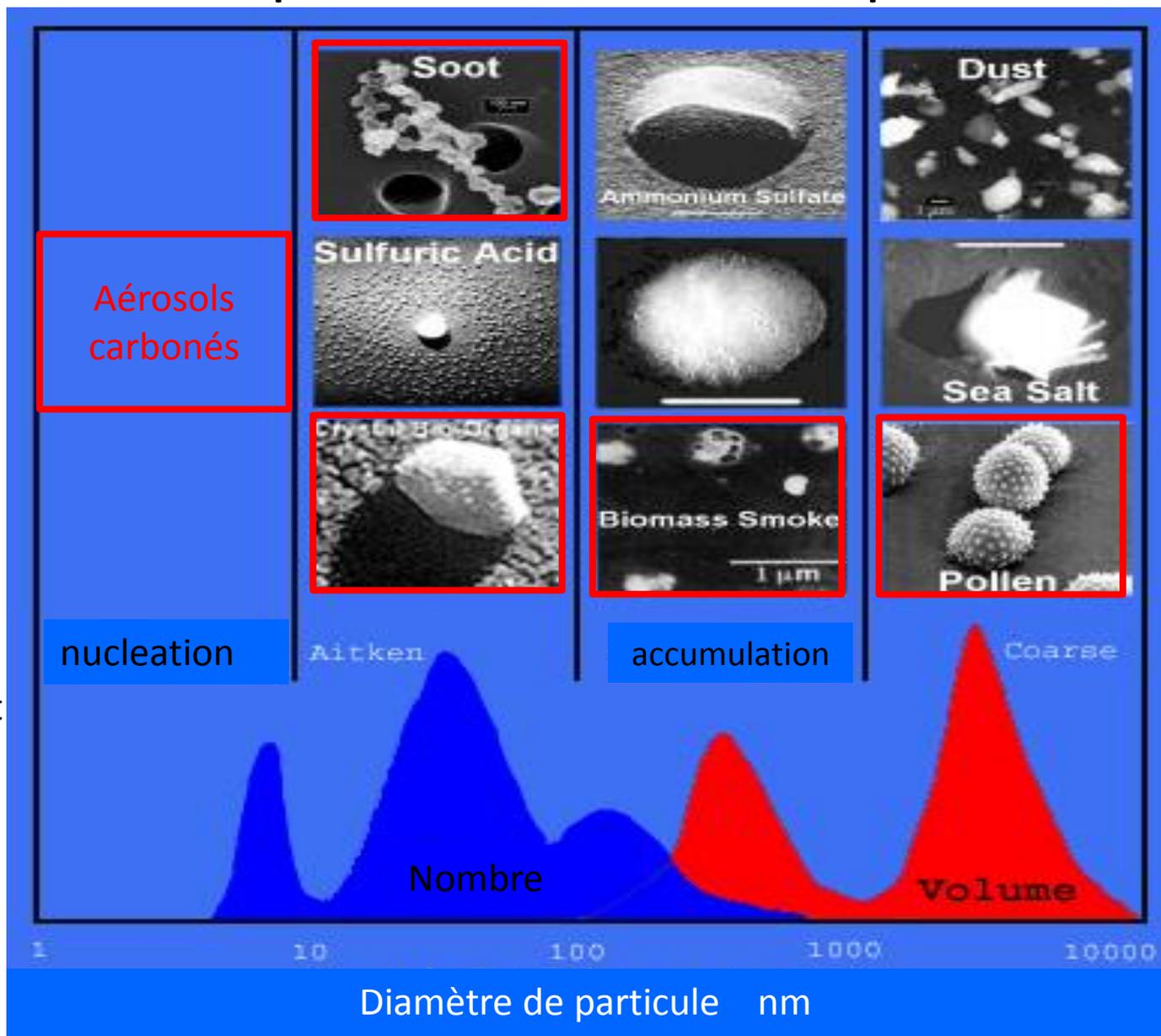


- **Intérêt**
- **Définitions**
- **Composition de l' aérosol**
- **Propriétés**
- **Sources (BC, OC)**
- **Distributions globales (BC, OC)**
- **Impacts climatiques**
- **Impacts sur les nutriments /
écosystèmes**



Aérosols – définition:

Particules solides ou liquides des différentes tailles suspendus dans l'atmosphère

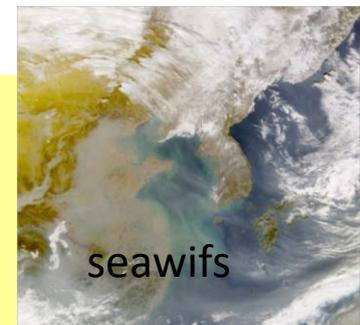


Source:
Brasseur et
al. 1999

IGAC 1st
phase
synthesis
book

Impacts des aérosols

- santé (nuage photochimique)
- Climat + visibilité (radiation, nuages, O₃)
- Ecosystèmes –cycles biogéochimiques (porteurs des nutriments)



Beijing



<http://cnreviews.com/wp-content/uploads/2009/12/beijing-pollution.jpg>

July 2, 2001 – Pittsburgh $PM_{2.5} = 4 \mu g m^{-3}$



July 18, 2001

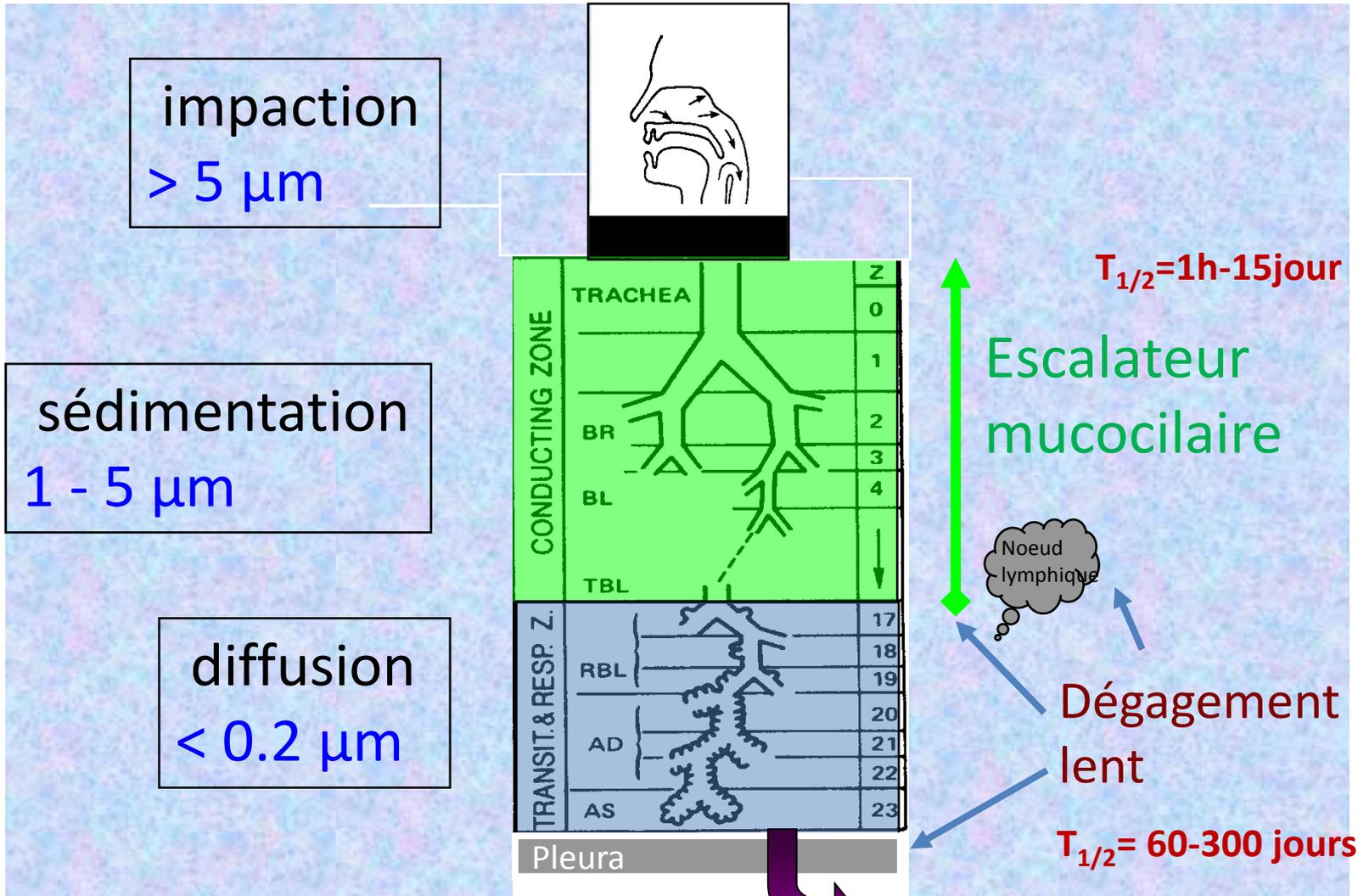
$PM_{2.5} = 45 \mu g m^{-3}$



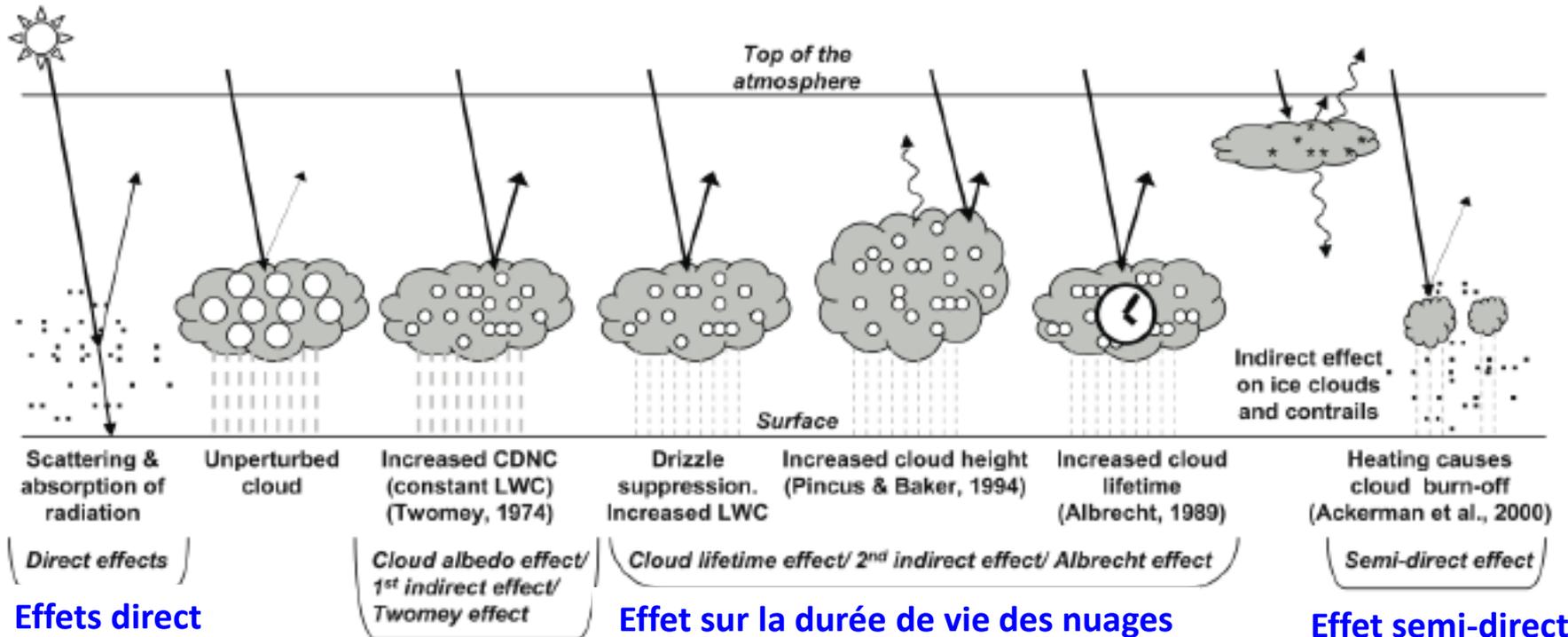
Pandis, OA Workshop, 2003

Impacts sur la santé: dépôt des aérosols & dégagement

Importance de la taille et de la composition



Impact climatique des aérosols



Effets direct

Effet sur l' albédo des nuages

Effet sur la durée de vie des nuages

@ IPCC 2001

Effet semi-direct réchauffant et vaporisant le nuage

Impact du carbone suie sur l' albédo de la surface par déposition sur la neige

Picture: Laura Nielsen for Frontier Scientists
<http://frontierscientists.com/tag/black-carbon/>

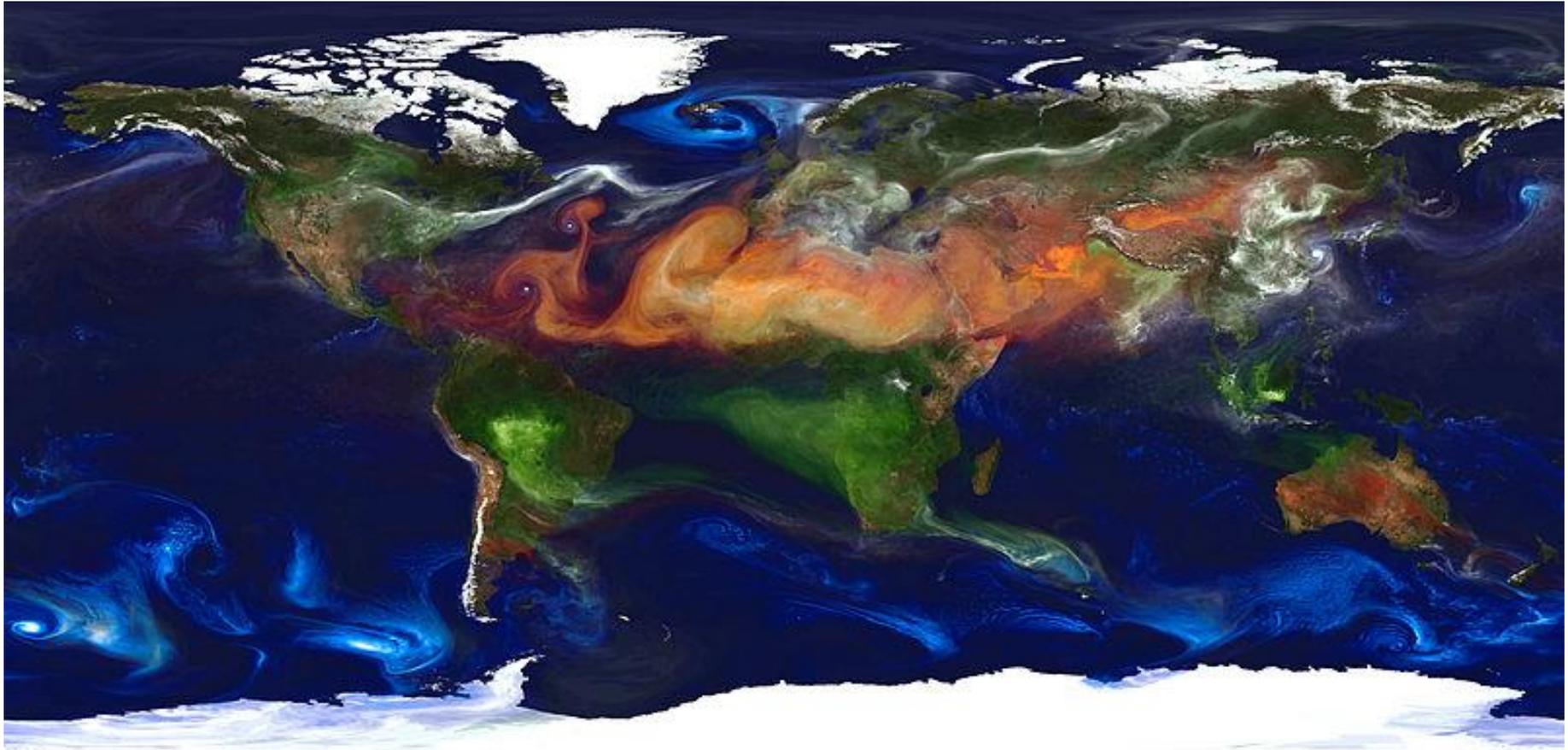


Pour évaluer les impacts des aérosols on doit connaître:

- la **distribution atmosphérique des aérosols** qui dépend de
 - sources (primaires/secondaires)
 - transformation (vieillissement)
 - transport atmosphérique
 - puits (dépôt, lessivage, évaporation, chimie)
- les **propriétés de ces aérosols** (taille, composition chimique, solubilité, hygroscopie, volatilité, propriétés optiques, toxicité)

Il faut aussi évaluer les incertitudes associées

Distribution calculée de différents types d'aérosol à la surface du globe

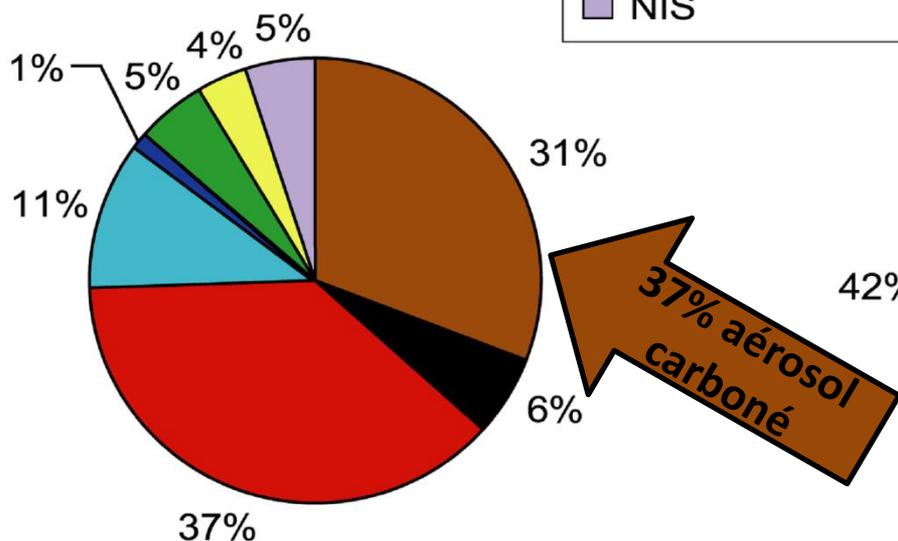


Courtesy NASA, the Image of the Day Gallery
NASA Center for Climate Simulation at Goddard Space Flight Center

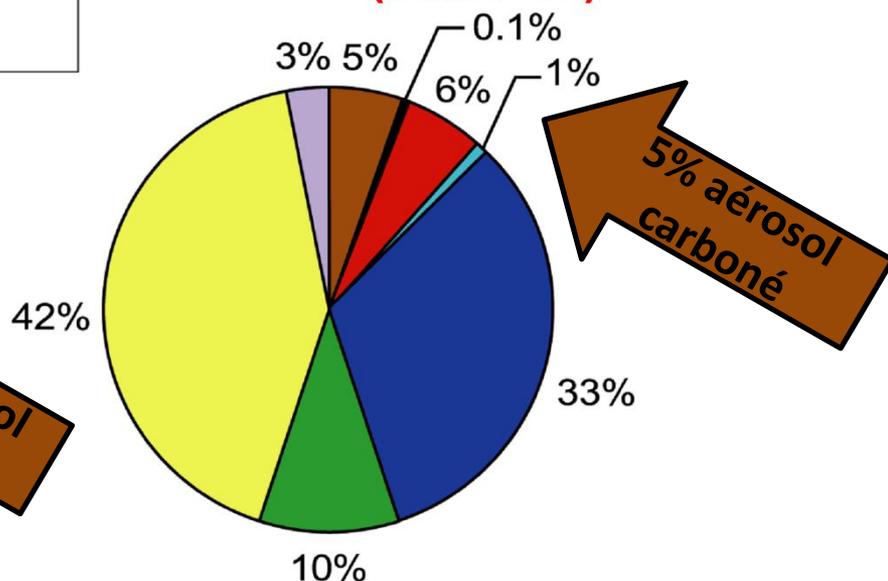
Composition de l'aérosol atmosphérique - Observations à Finokalia, Crète (Grèce)



**Particules fines
<(PM2)**

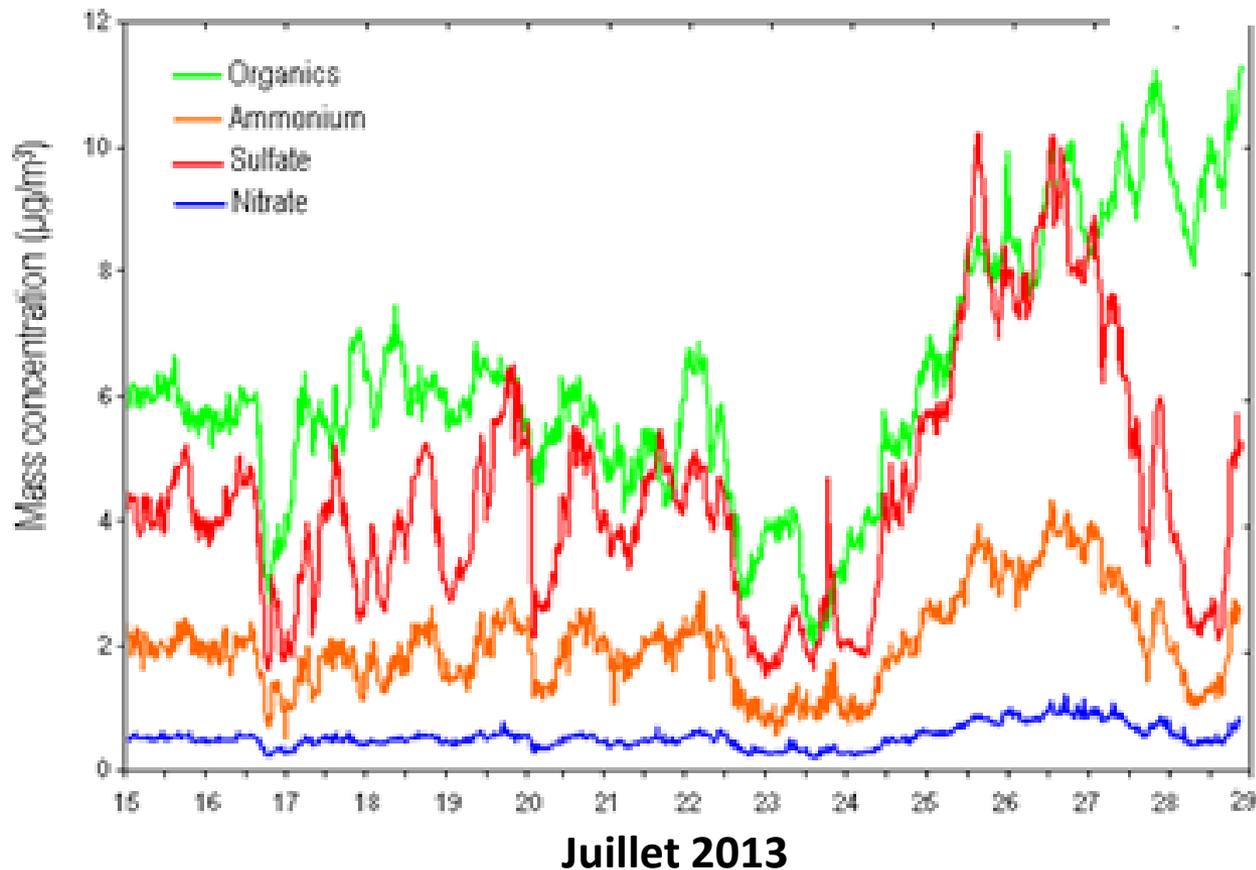


**Grosses Particules
(PM2-10)**



40% de la masse totale sont des particules fines

Composition de l'aérosol atmosphérique PM1- Observations à Finokalia, Crète (Grèce)

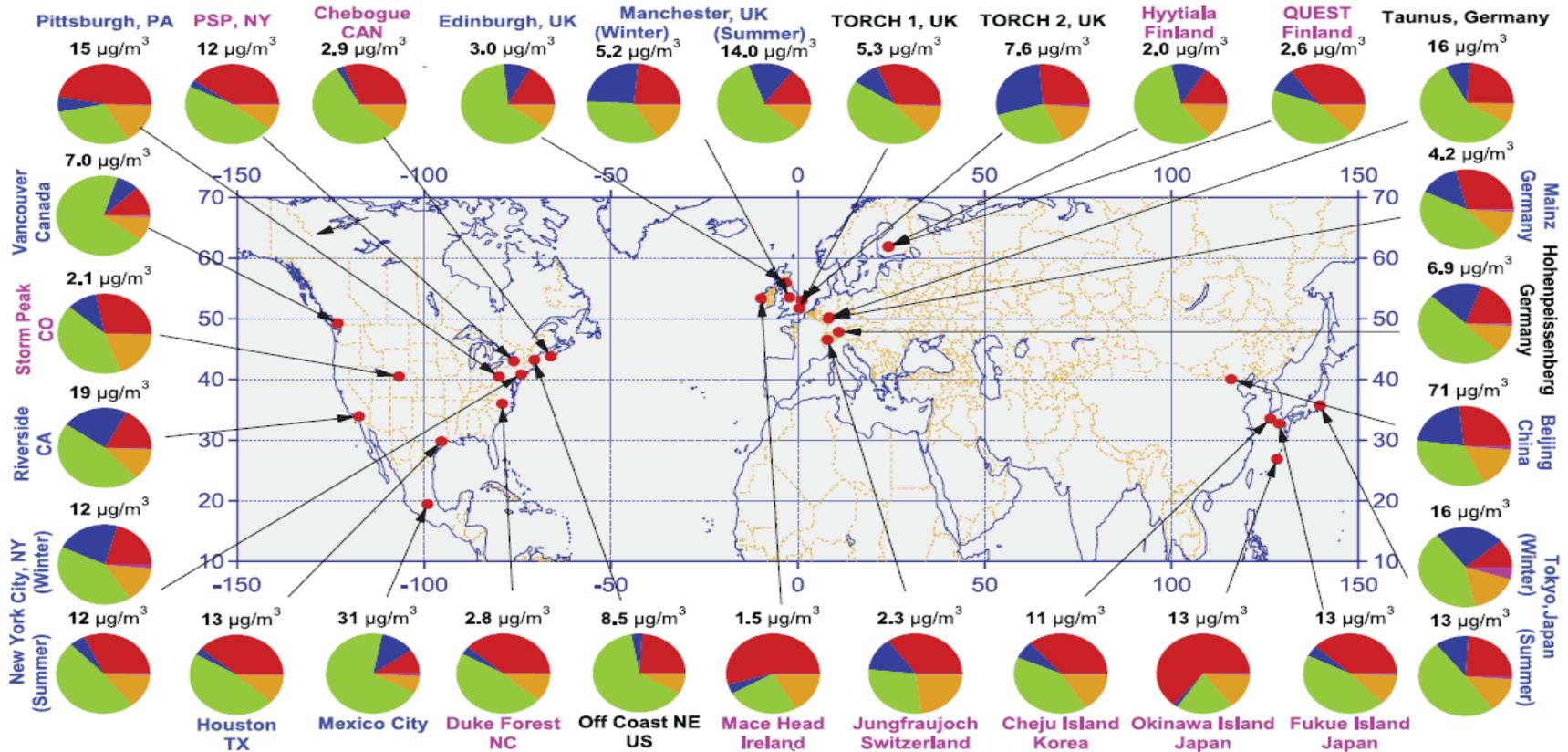


Particules de diamètre inférieure à
1 µm (PM1)- non réfractant

Mihalopoulos et al., données non publiées
mihalo@uoc.gr <http://finokalia.chemistry.uoc.gr>

Composition de l'aérosol atmosphérique observations, fraction fine, non-réfractant

Organiques SO_4^{2-} NO_3^- NH_4^+ Cl^-



Régions urbaines
villes

Régions éloignées/ rurales

Différents types d'aérosols carbonés

Aérosols biogéniques

grains de pollen

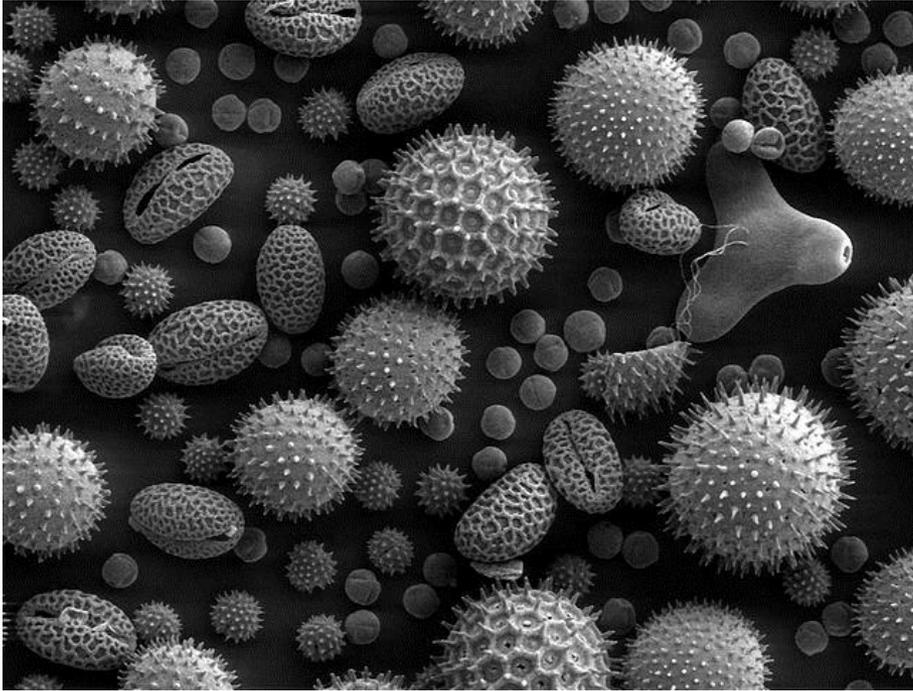
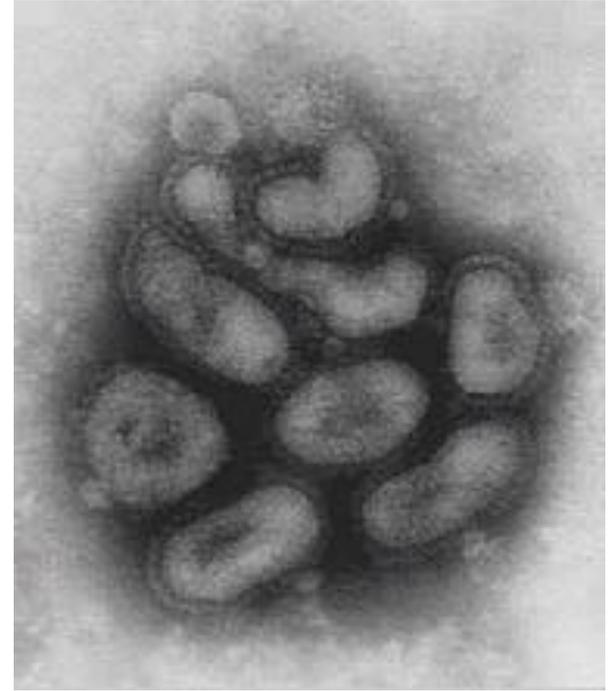


Image obtenue par SEM: microscopie électronique à balayage

http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope#/media/File:Misc_pollen.jpg

virus de la grippe

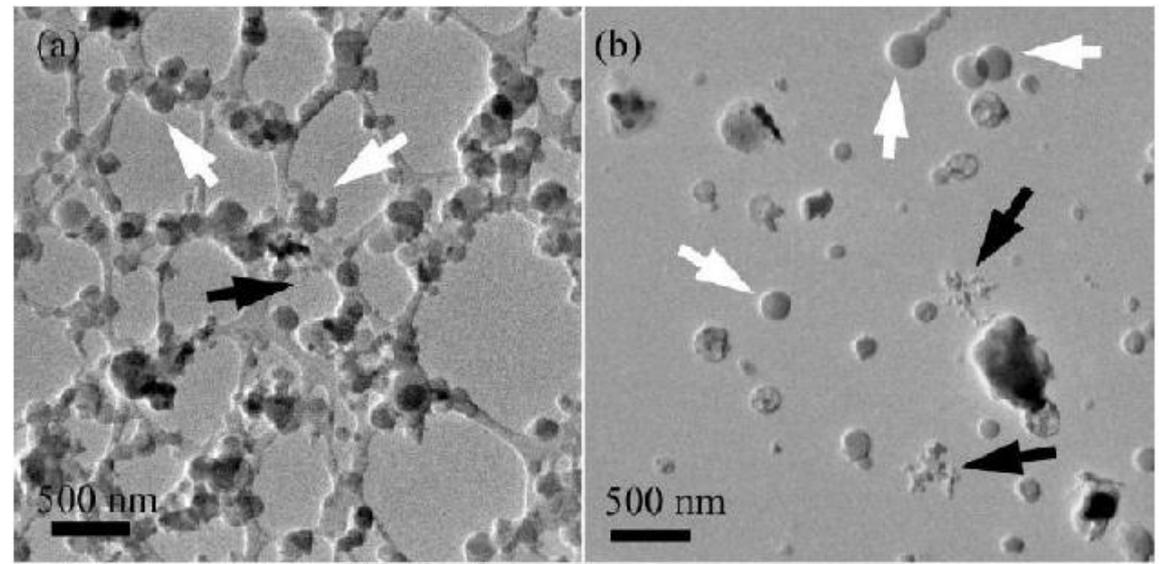


micrographie électronique
Chaque virus ~100 nm longue

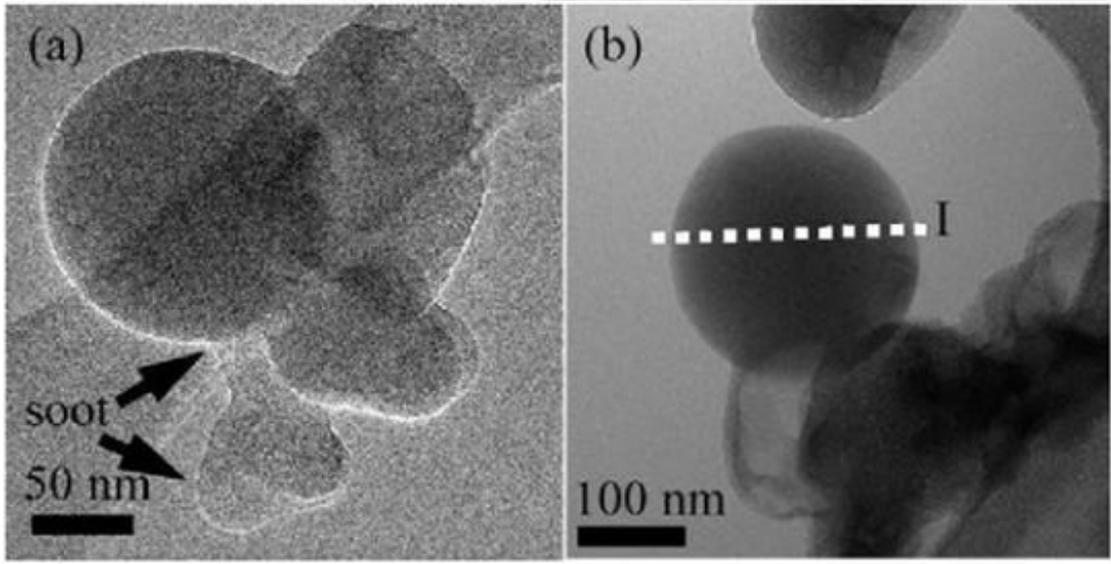
<http://www.ucmp.berkeley.edu/allife/virus.html>

Différents types de carbone ont été observés sur les aérosols atmosphériques

Images obtenues par TEM (microscopie électronique à transmission)



Echantillons d'aérosols atmosphériques collectés à différents altitudes sous le vent à l'Est de l'Asie



➔ Carbone suie (BC)

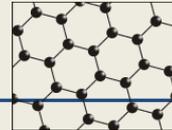
⇒ Carbone organique réfractant (BrC)
Sphère de carbone amorphe

Aérosols Carbonés : catégories principales

réfractivité chimique

classification
thermochimique

structure
moléculaire



classification
optique

Absorption optique

Carbone élémentaire (EC)

couches de graphène
graphitique ou turbostatic

Carbone suie (BC)

Carbone organique
Réfractive (BrC)

composés polycycliques
aromatiques, HULIS, type-
Humique, bio polymères

Carbone organique
coloré (BrC)

Carbone organique
Non Réfractive (OC)

hydrocarbures & dérivés
de faible masse moléculaire

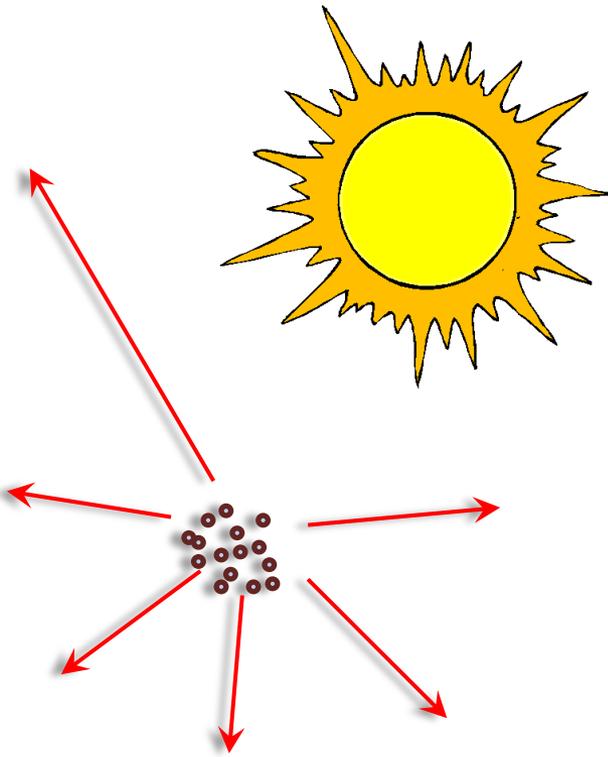
Carbone organique
non coloré (OC)

Sources des aérosols carbonés

- **Combustion (BC,OC)**
 - énergie/ industrie /transport
 - incinération des déchets
 - Combustion - domestique
- **Feux de biomasse (BC,OC)**
- Débris végétaux, pollen, bactéries, microbes, virus (OC)
- Surface de l'océan (OC)
- Oxydation des composés organiques volatiles (biogéniques, anthropogéniques) (OC)



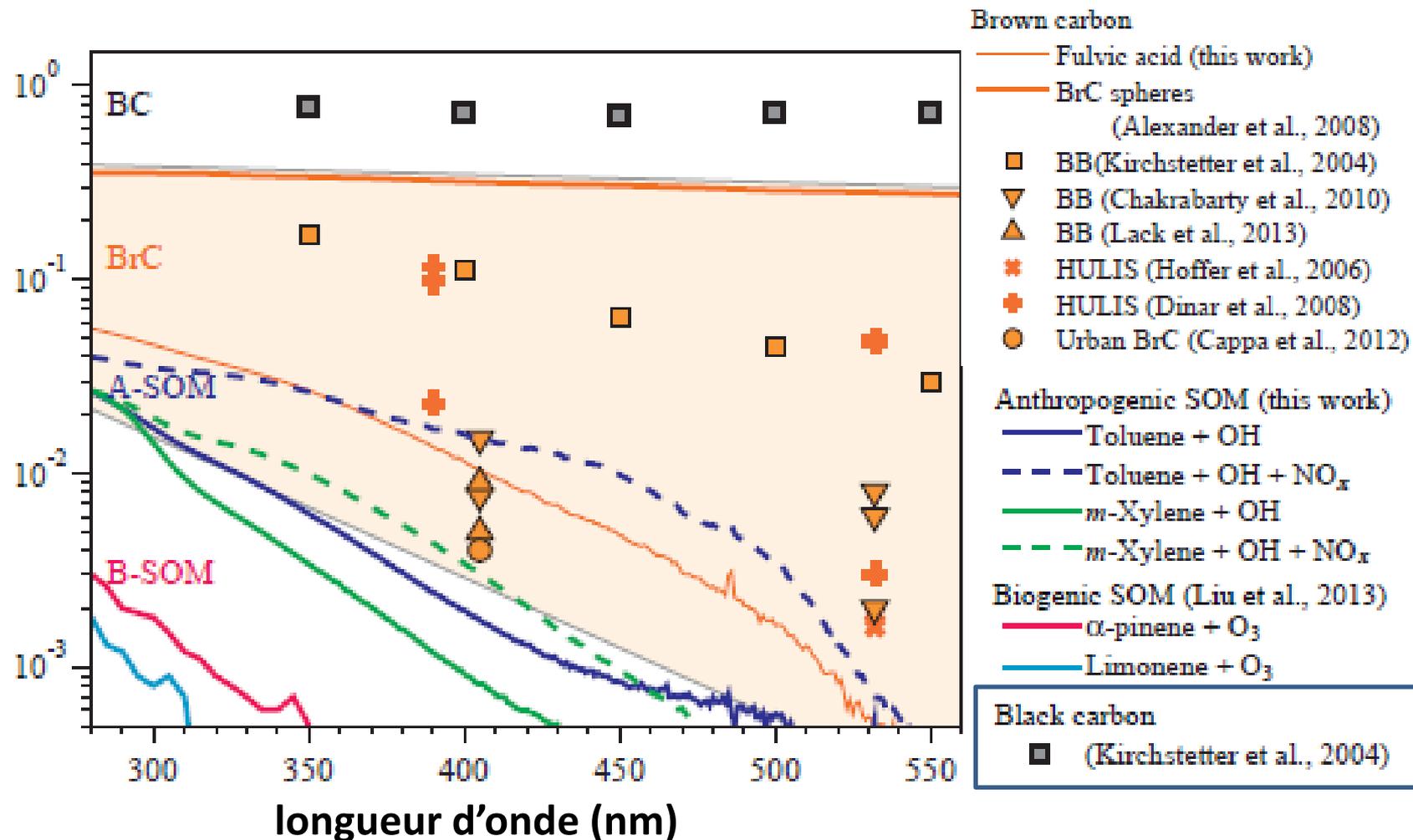
Sources naturelles affectées Par les rétroactions climat/ biosphère /chimie



Comparaison de la propriété absorbante des différents types de matériaux pertinents pour les aérosols atmosphériques.

propriété absorbante

partie imaginaire de l'indice de réfraction



Feux de biomasse : source des aérosols carbonés

Fumée de feux en Grèce en 2000 vue par SeaWiFS



- ✓ **Impact sur la qualité de l'air**
- ✓ **Fertilisation des écosystèmes terrestres et marins**

Source:

SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center, and ORBIMAGE

Feux de biomasse : source des aérosols carbonés

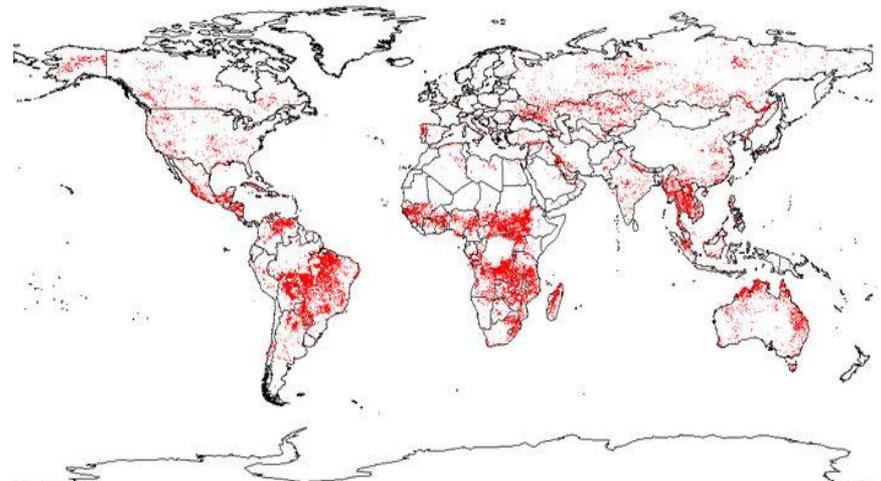
✓ Impact sur la qualité de l'air



Nuage de fumée à la place Syntagma, Athènes, Grèce, Août 2009

Source: wikipedia - Юкaтaн

✓ Vue globale



Détection globale des surfaces chaudes en 2005

Track Scanning Radiometer (ATSR-2) and Envisat's Advanced Along Track Scanning Radiometer (AATSR)

Source: ESA web site



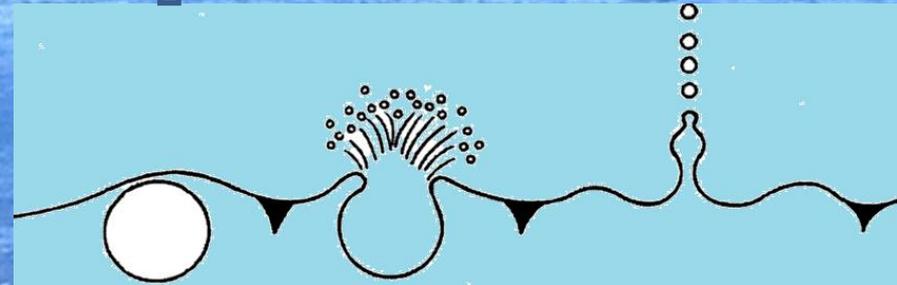
European Space Agency
Agence spatiale européenne

Source marine des aérosols organiques

Contrôlée par la météorologie et la biologie marine



marine

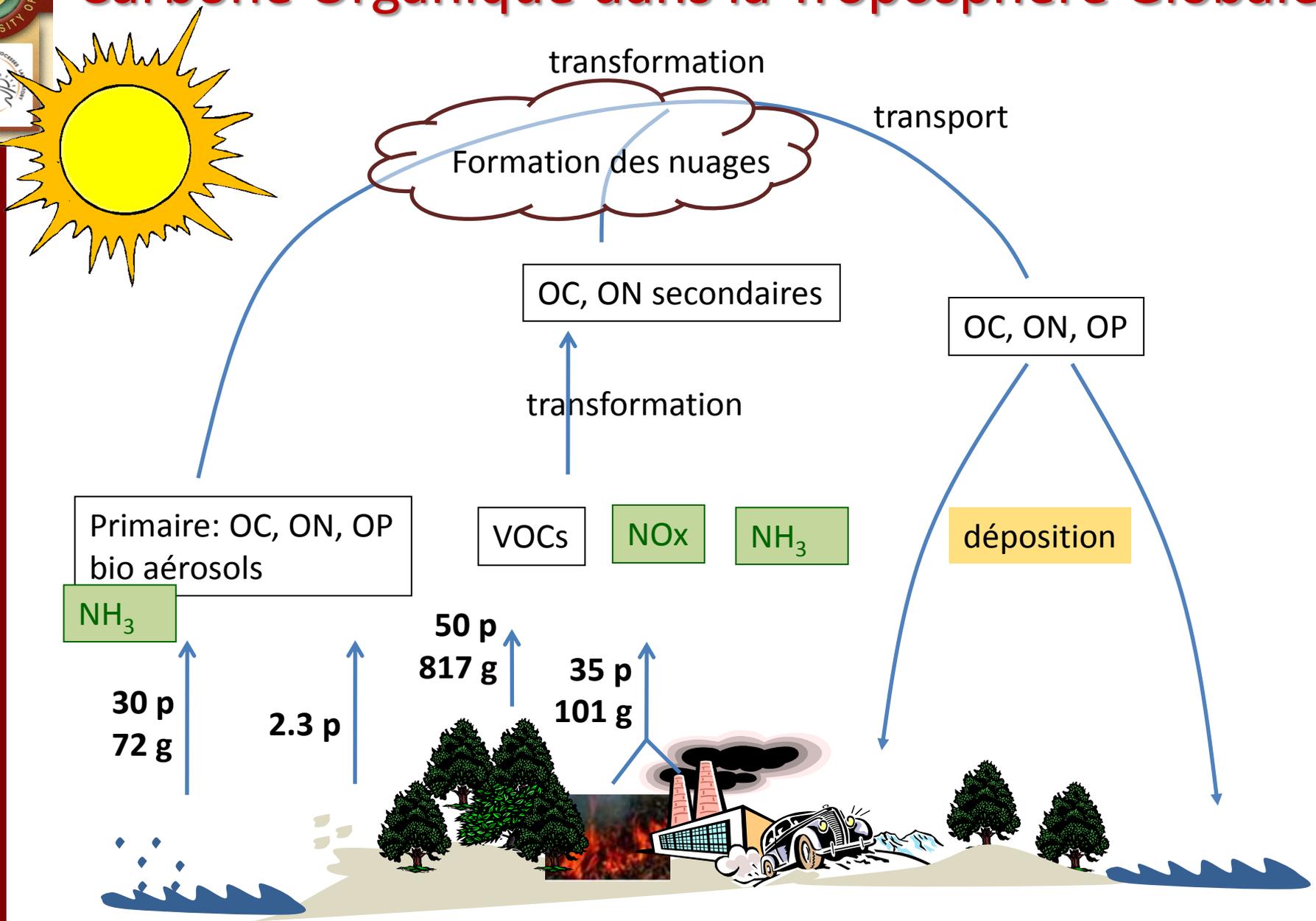


Myriokefalitakis et al *Advances in Meteorology*, 2010;
doi:10.1155/2010/939171, Vignati et al., *AE*, 2009



Carbone Organique dans la Troposphère Globale

Vue intégrée - Bilan atmosphérique

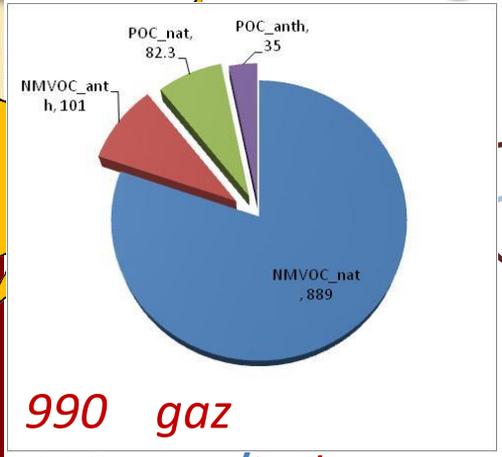


Tg-C/a



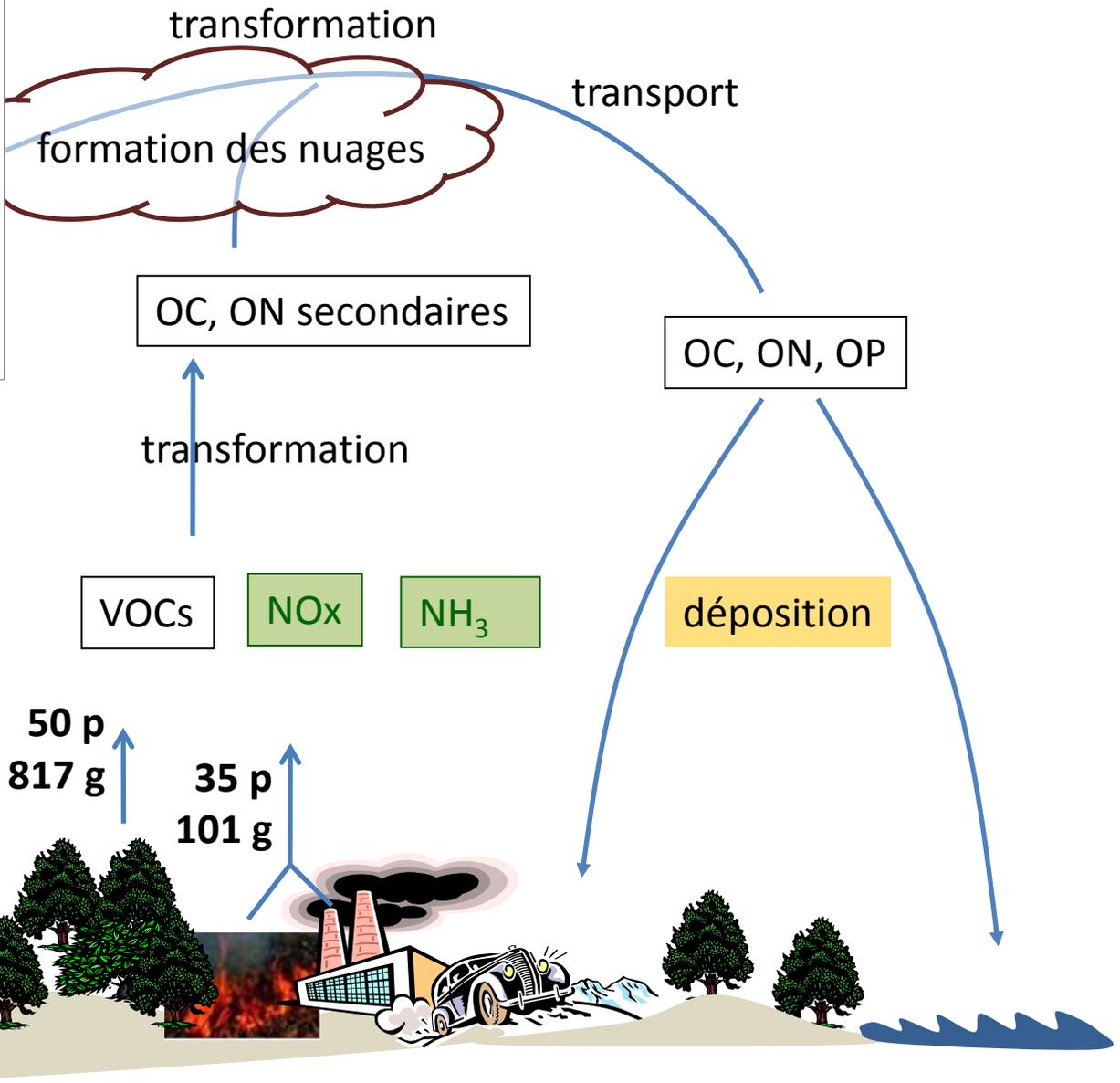
Carbone Organique dans la Troposphère Globale

Concept: lier ON et OP avec OC
Bilan atmosphérique



990 gaz
118 particules

Primaire: OC, ON, OP
bio aérosols

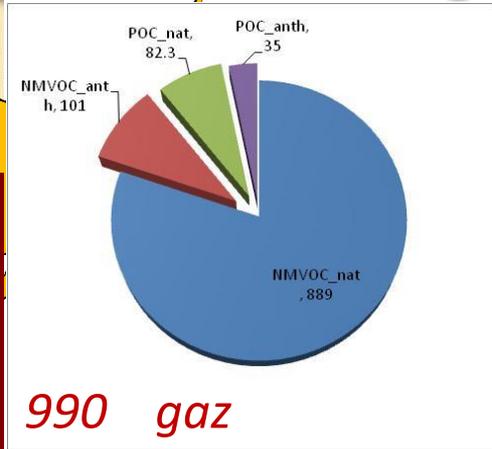


Tg-C/a



Carbone Organique dans la Troposphère Globale

Concept: lier ON et OP avec OC
Bilan atmosphérique



990 gaz
118 particules

transformation

Changements des fractions H:C, O:C, N:C, OM:OC
Volatilité, hygroscopie

transport

OC, ON secondaires

OC, ON, OP

transformation

Primaire: OC, ON, OP
bio aérosols

VOCs

NO_x

NH₃

déposition

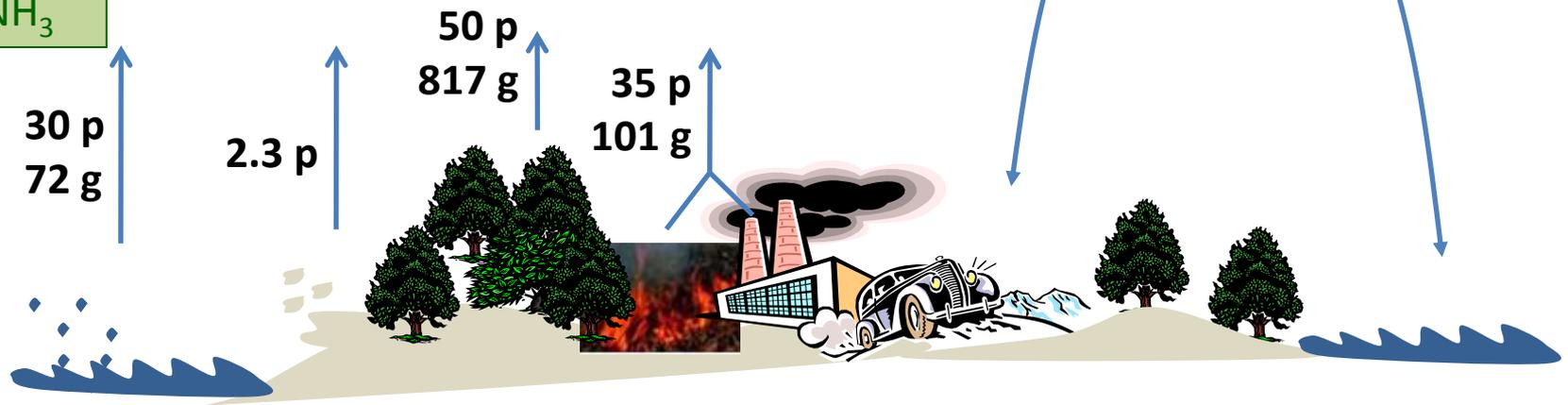
NH₃

30 p
72 g

2.3 p

50 p
817 g

35 p
101 g

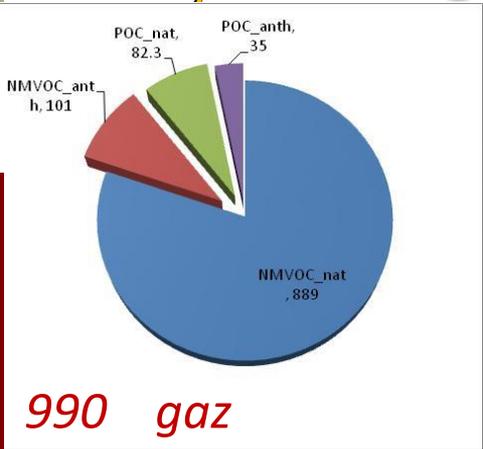


Tg-C/a

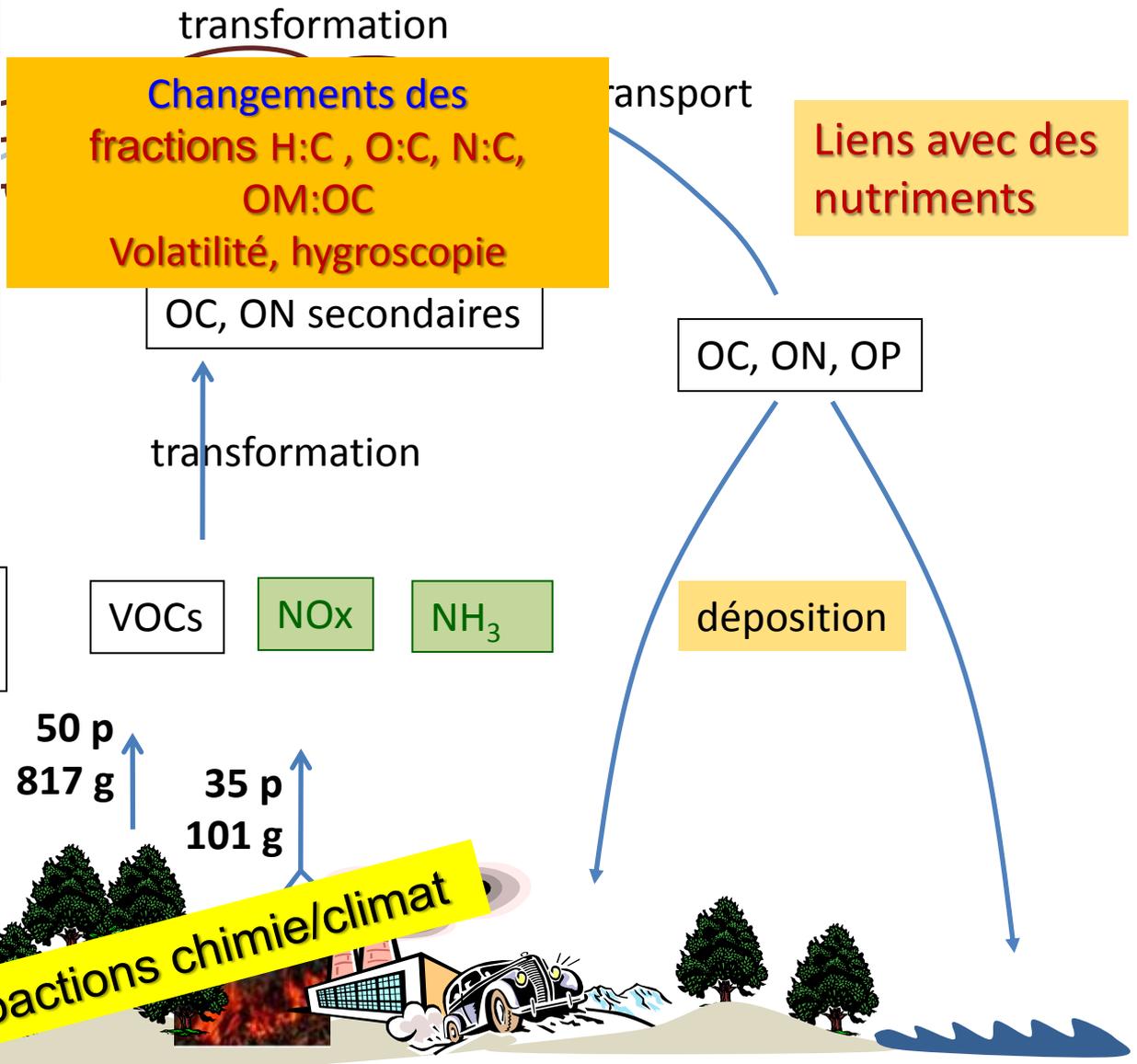


Carbone Organique dans la Troposphère Globale

Concept: lier ON et OP avec OC
Bilan atmosphérique



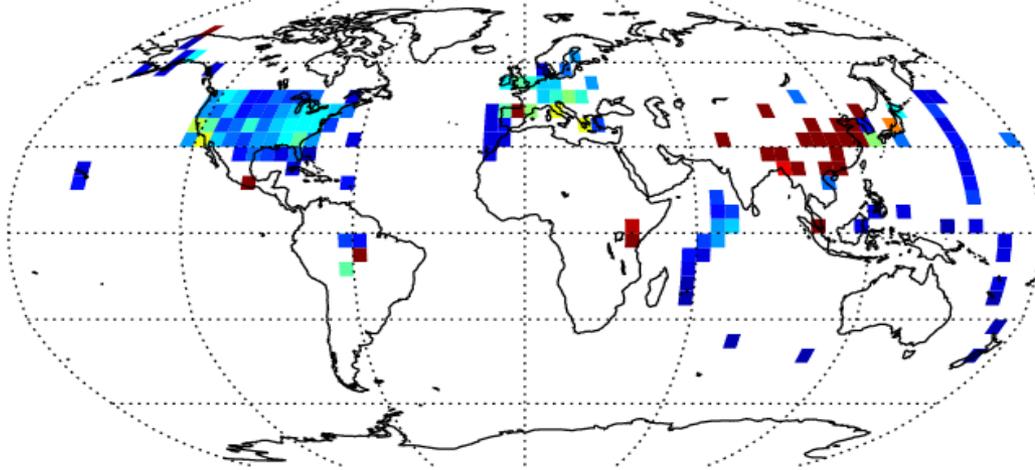
990 gaz
118 particules



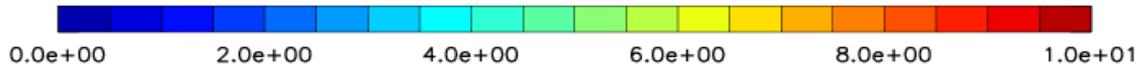
Tg-C/a

Carbone organique en surface

00/0000 all OC measurements (mean, 5x5 grid)

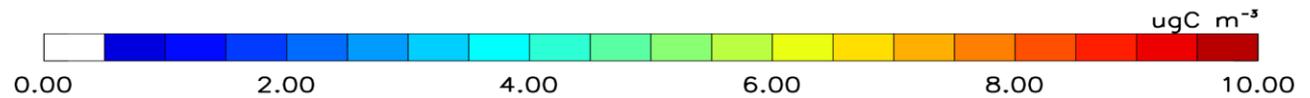
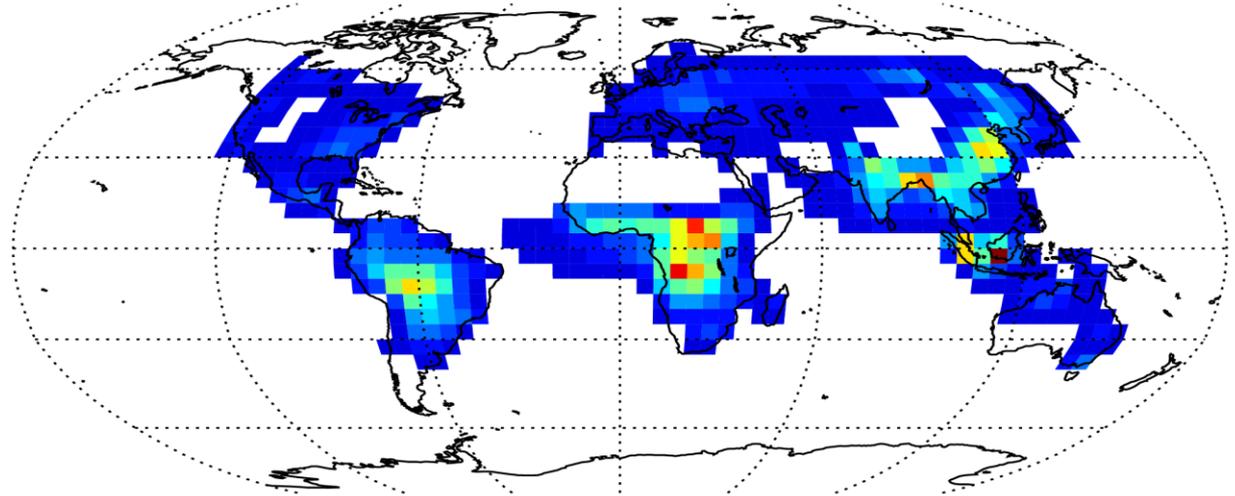


observations



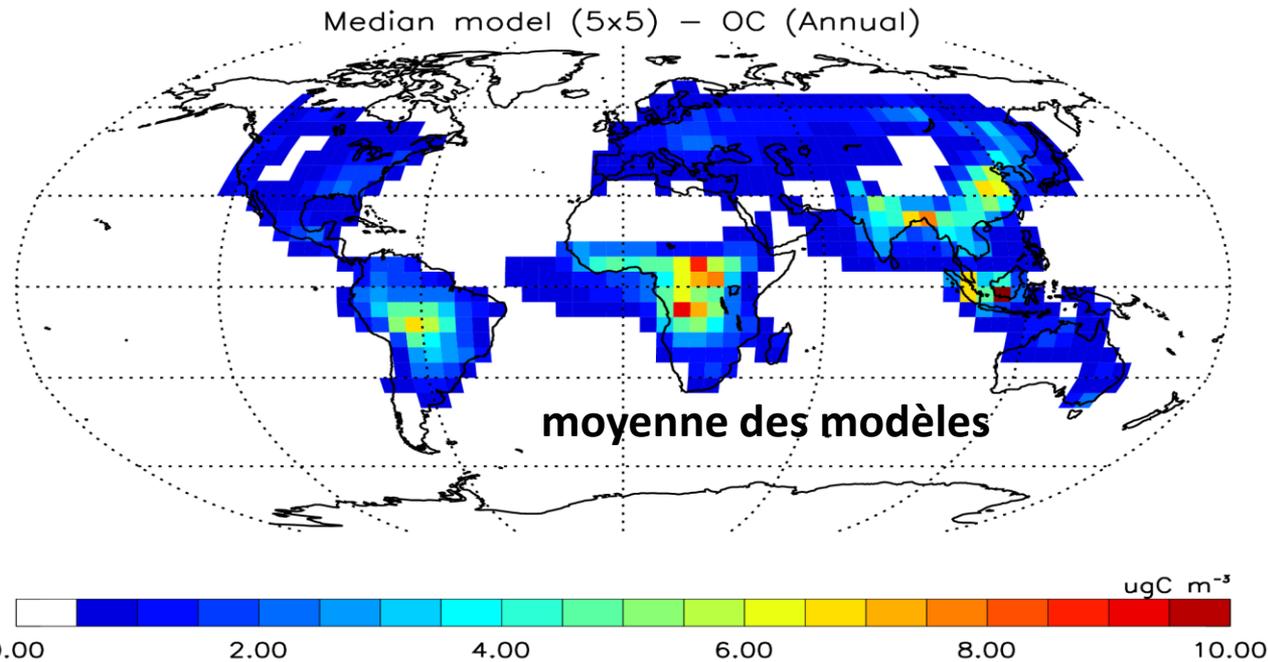
Médiane
de 31
modèles
globaux

Median model (5x5) – OC (Annual)

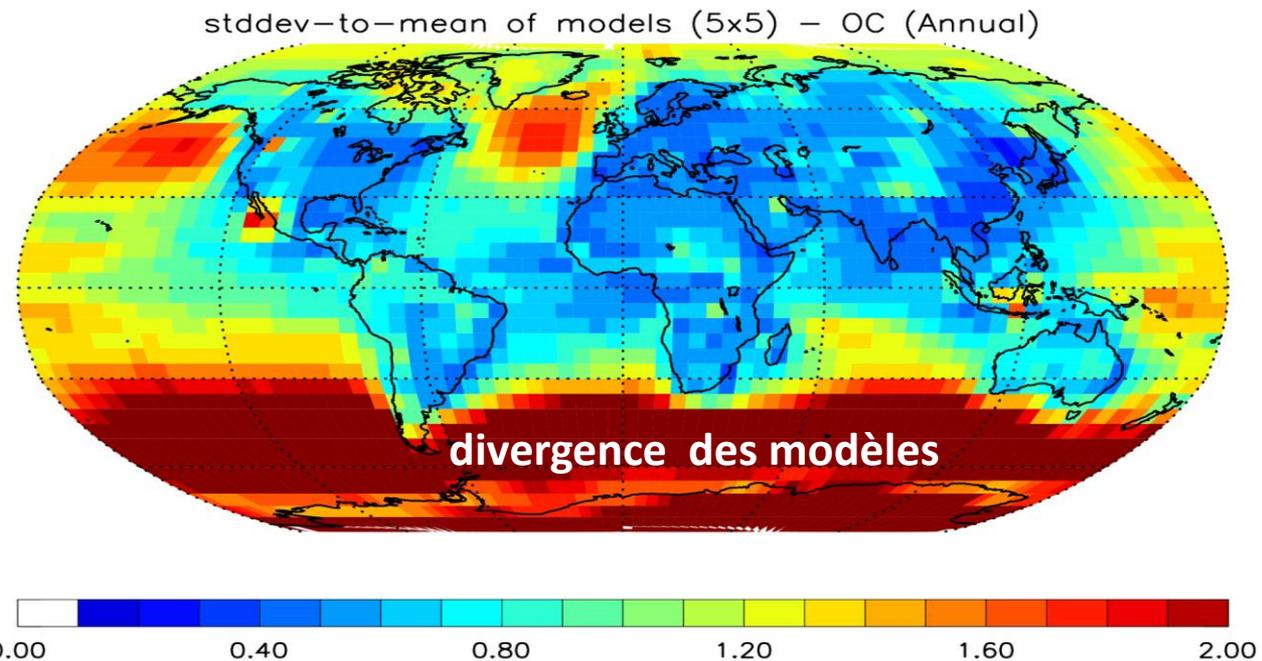


Tsigaridis et al., ACP
14, 10845, 2014

Simulations de OC en surface



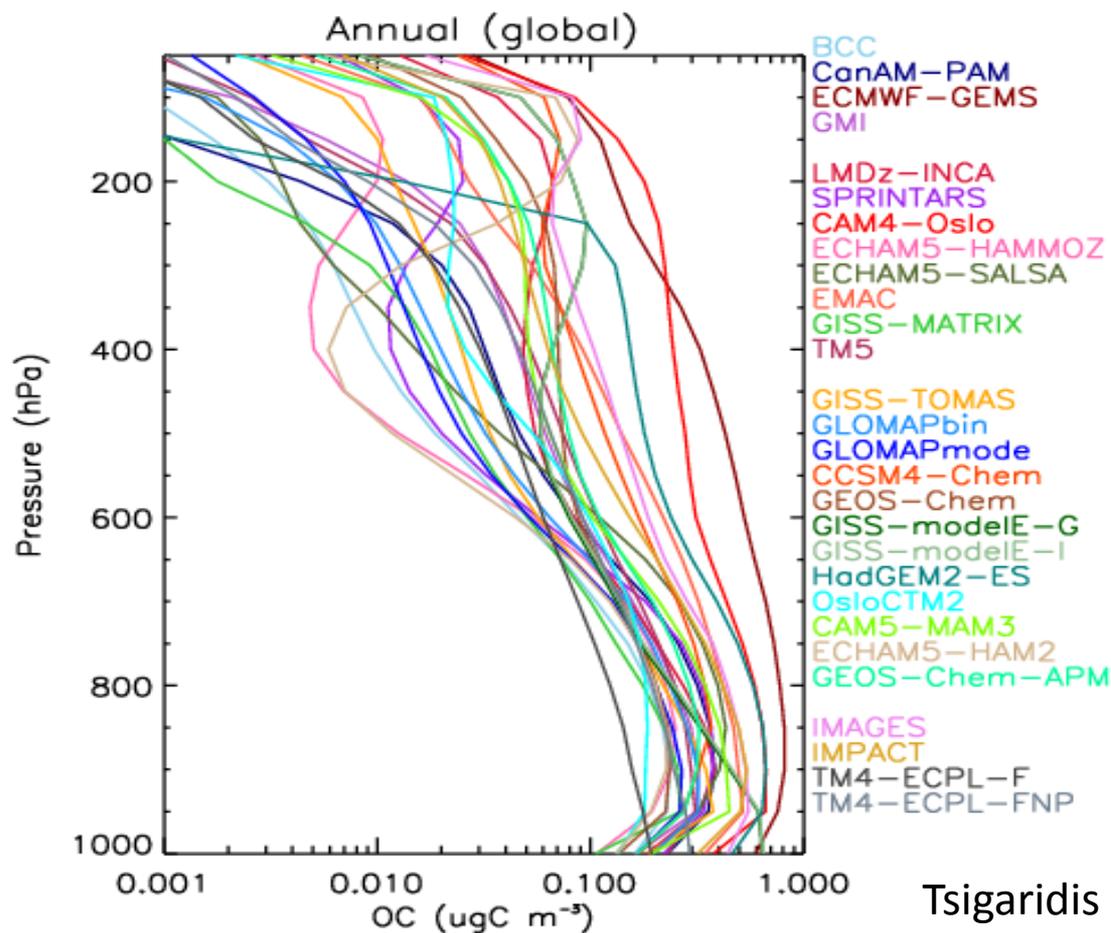
Moyenne
de 31
modèles
globaux



Tsagaridis et al.,
ACP,14, 10845,
2014

Distribution verticale de l'aérosol carbone organique

grande divergence des modèles



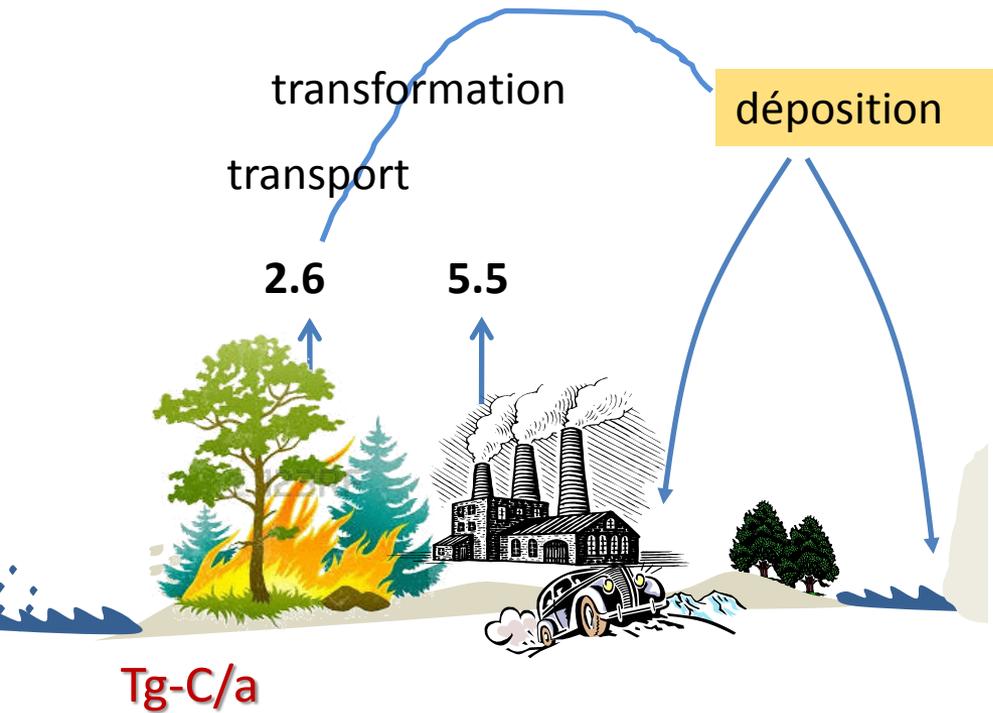
*Parmi les points
faibles des
modèles:
Variation avec la
température*

Message - OC

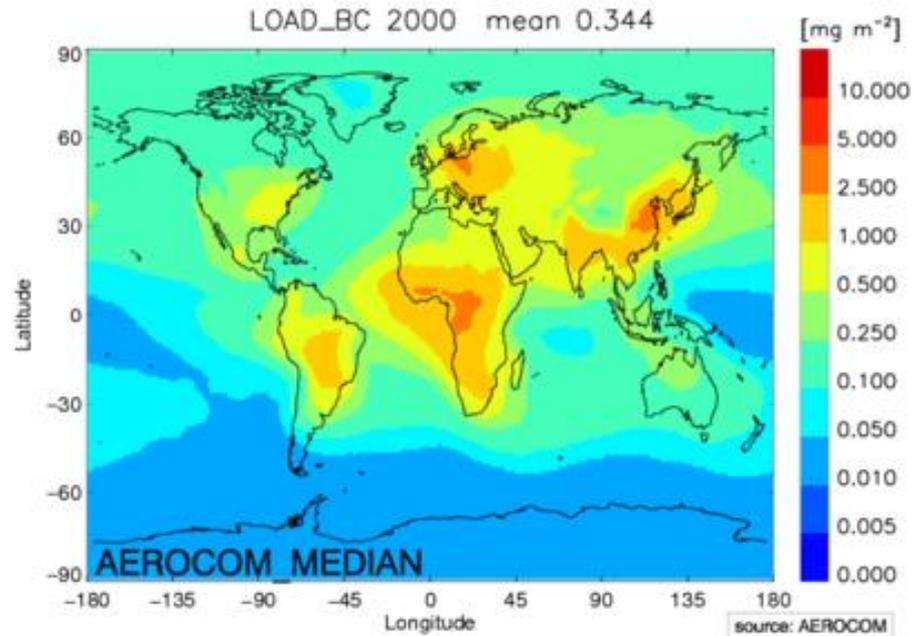
- ✓ Les modèles **sous-estiment** les observations des aérosols carbonés en surface
- ✓ Les modèles montrent une **grande divergence** au dessus des océans et dans la troposphère libre.
- ✓ **Raisons** probables de cette incertitude:
 - ✓ Sources primaires non considérées (marine- OC biogénique)
 - ✓ Chimie multiphasique
 - ✓ Rapport masse/carbone
 - ✓ Dépendance de l' aérosol avec la température
 - ✓ Durée de vie de l' aérosol

Carbone suie dans la troposphère globale

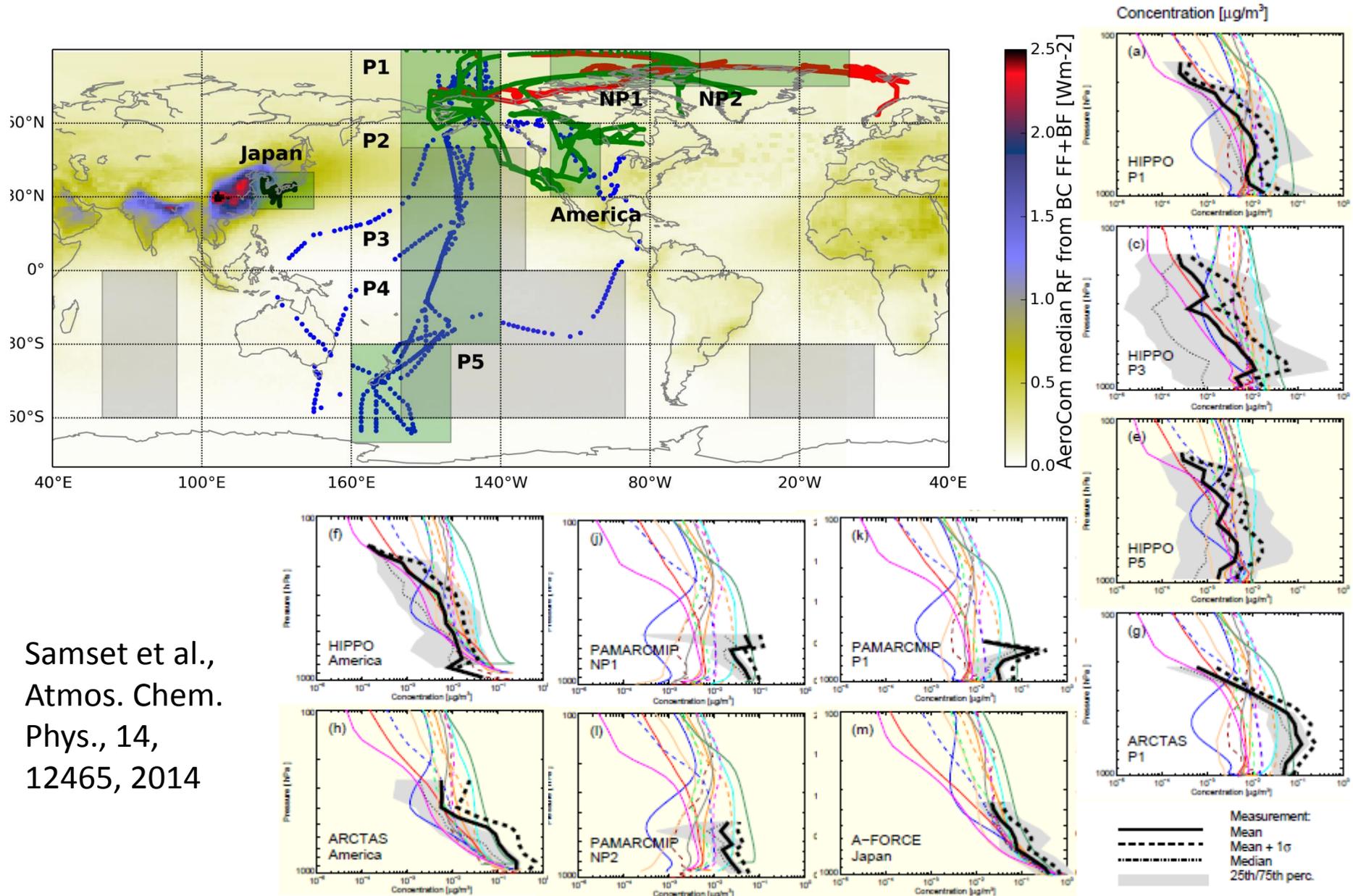
Bilan troposphérique



Colonne troposphérique du carbone suie Moyenne annuelle

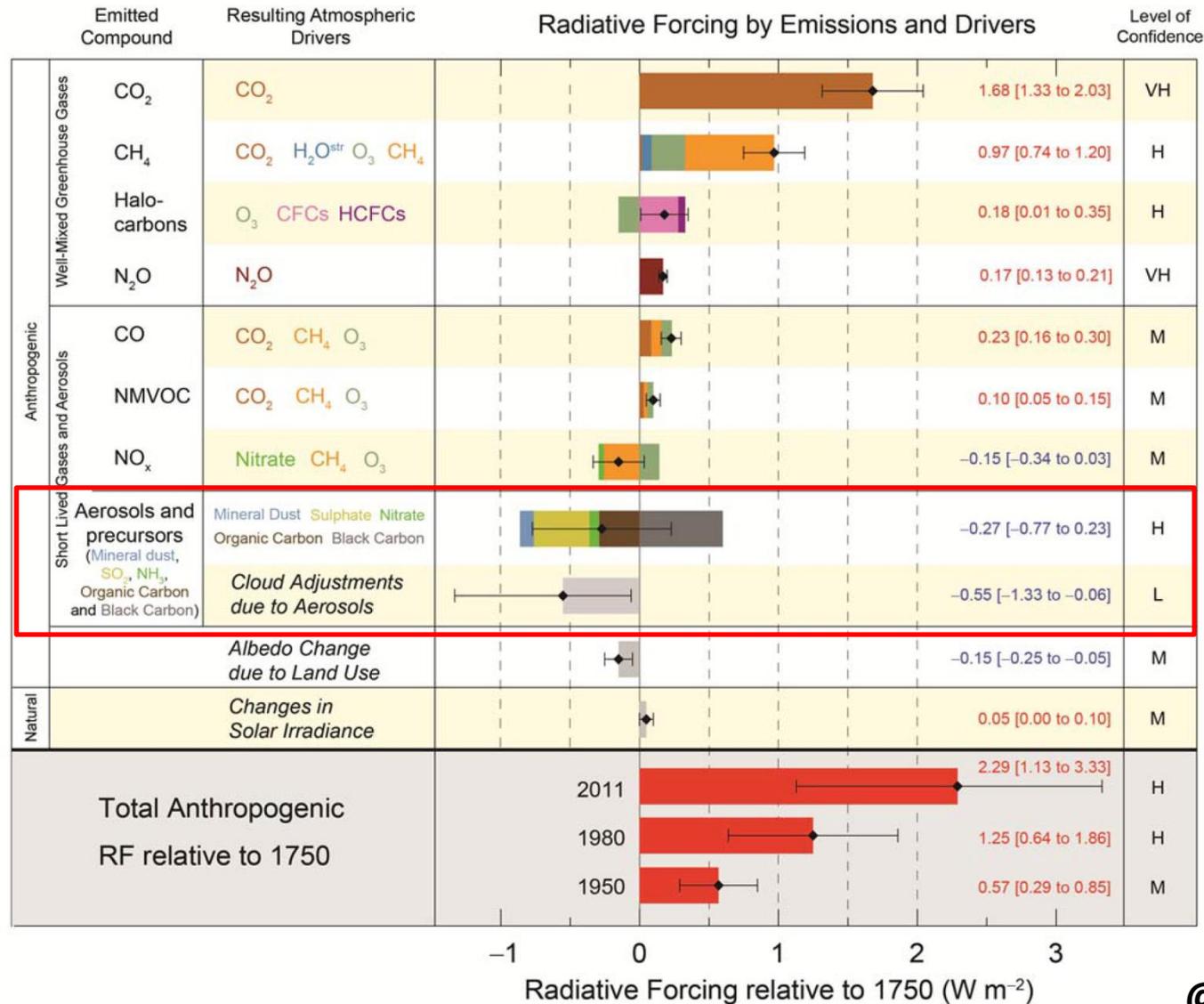


Distribution verticale du BC



Samset et al.,
 Atmos. Chem.
 Phys., 14,
 12465, 2014

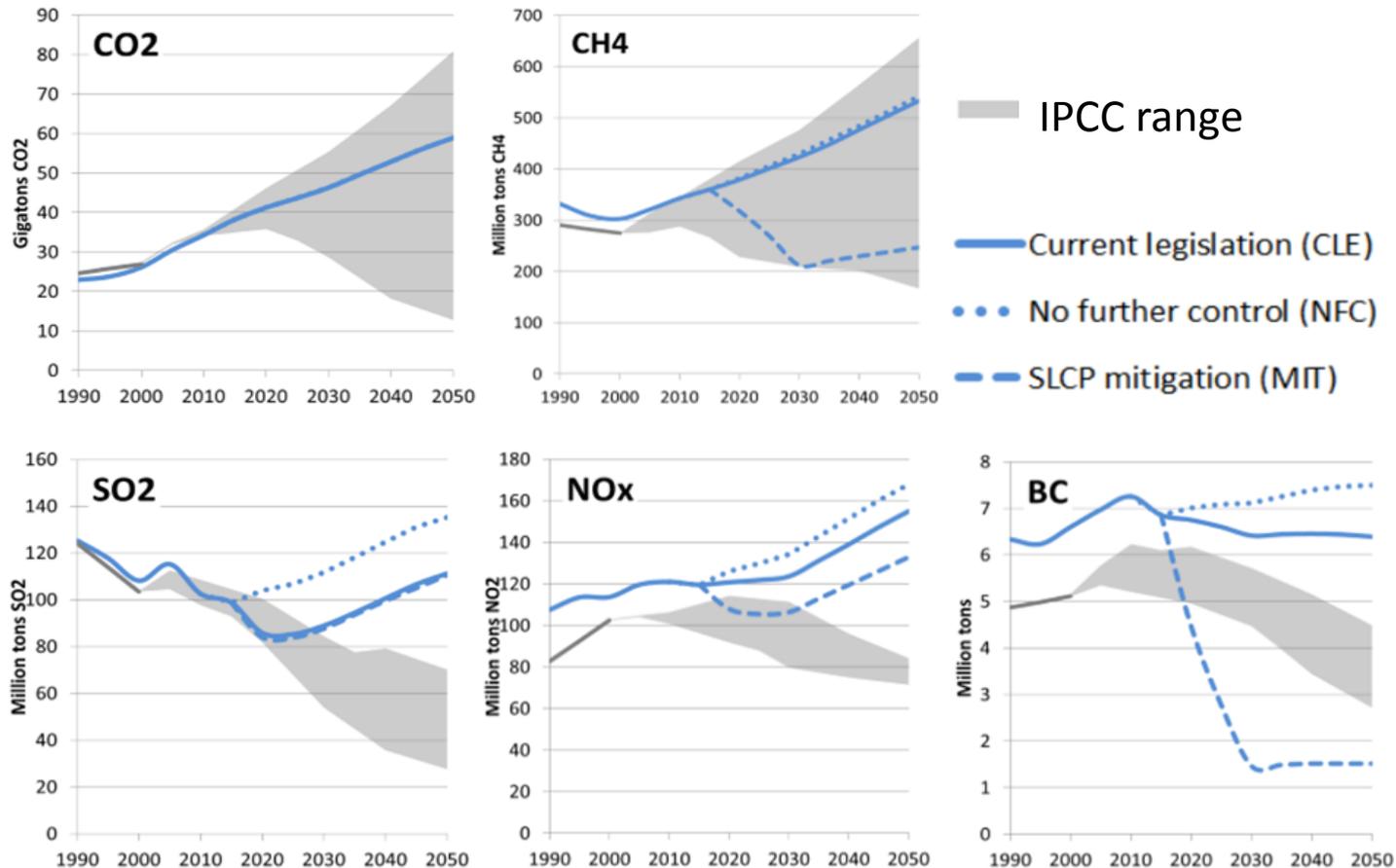
Impact climatique de la composition atmosphérique



Rôle des aérosols

Que peut on faire ?

Passé et futur / actions et incertitudes



Evaluating the Climate and Air Quality Impacts of Short-Lived Pollutants (ECLIPSE)

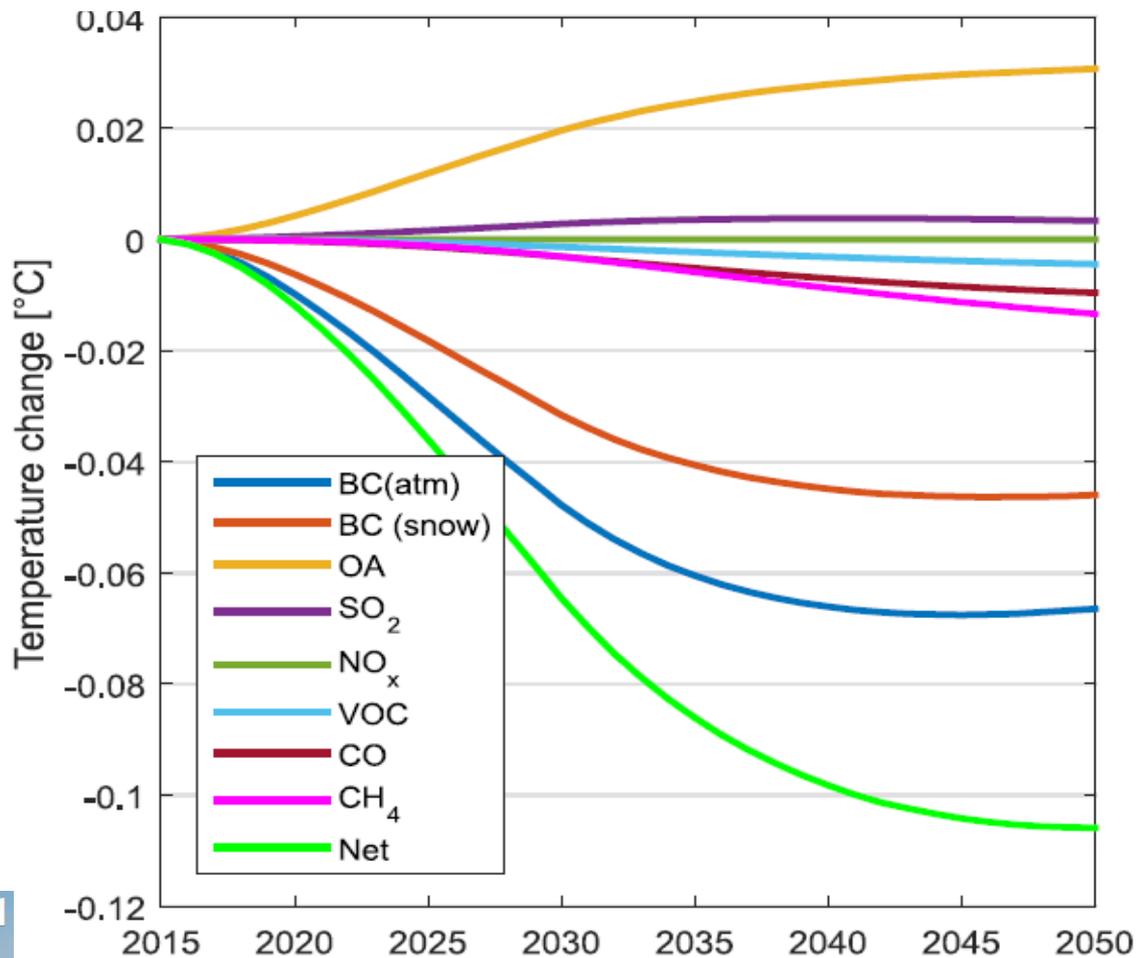
Policy-relevant findings

Stohl A et al., ACPD, 2015

<http://eclipse.nilu.no/>



Effet du changement de combustion résidentielle (chauffage et cuisine) sur le Changement de la température de surface en Arctique



Evaluating the Climate and Air Quality Impacts of Short-Lived Pollutants (ECLIPSE)

Policy-relevant findings

Stohl A et al., ACPD, 2015

<http://eclipse.nilu.no/>



Message: BC/OC climat

- Efforts d'atténuation des sources des aérosols carbonés peuvent améliorer la qualité de l'air mais auront peu d'effet sur le climat.
- Rôle de carbone organique coloré (BrC) très incertain

Impacts sur les cycles biogéochimiques

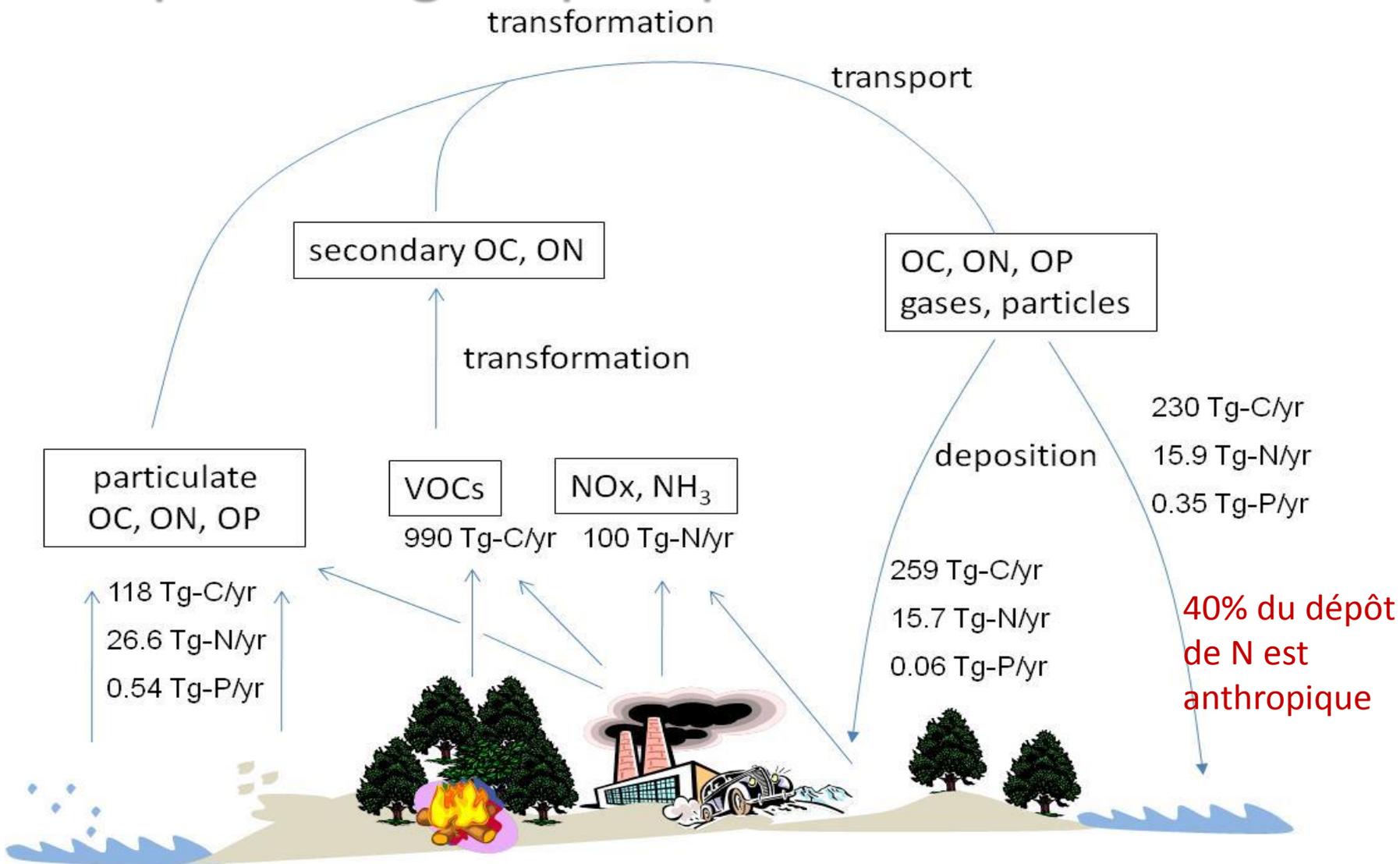
- Carbone organique contient des éléments autres que les C, H, O, e.g. N, Fe, P qui sont des nutriments pour les écosystèmes
- Rôle d'engrais (par dépôt atmosphérique)



Source:

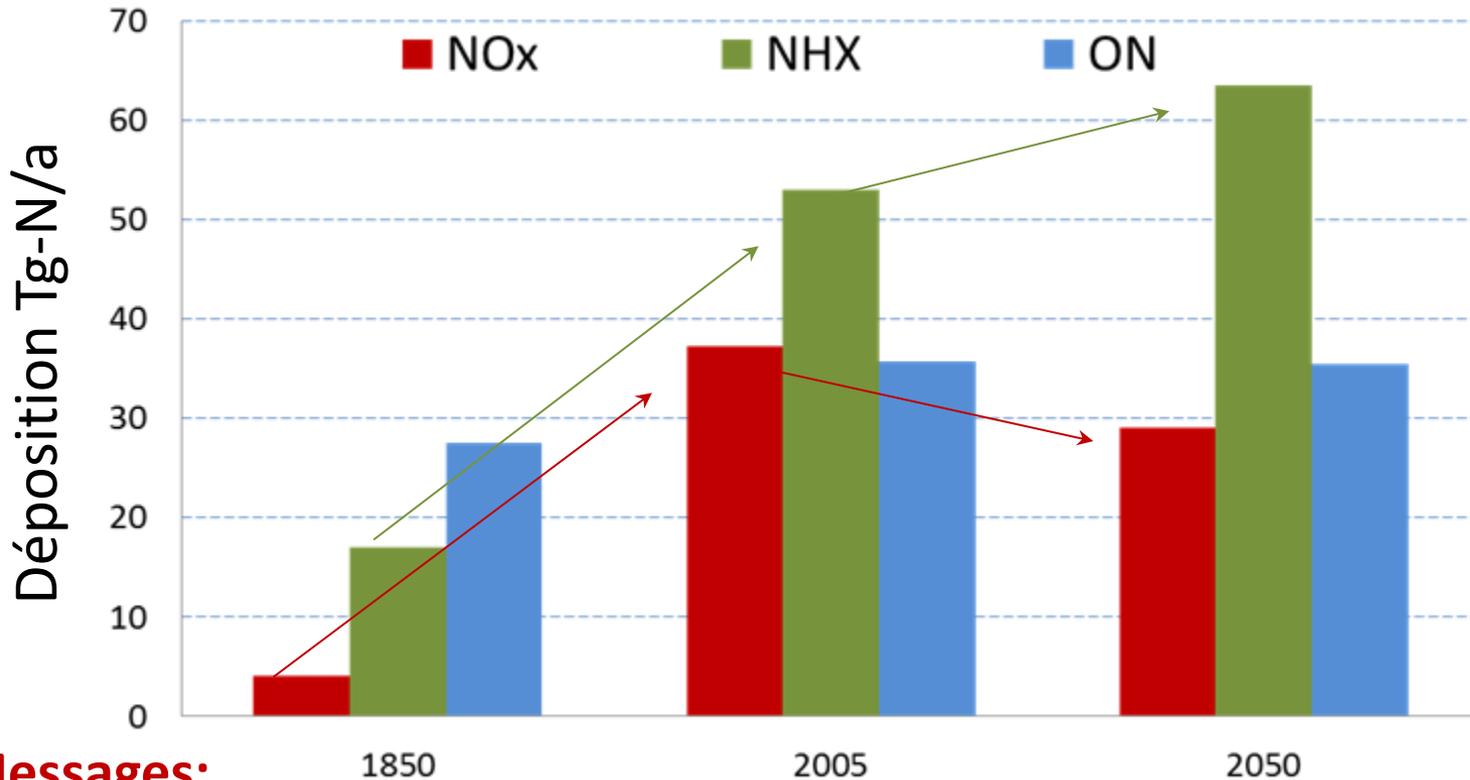
SeaWiFS Project,
NASA/Goddard Space Flight
Center, and ORBIMAGE

Composés organiques porteurs de nutriments



Bilans globaux OC, ON & OP – Présent (Tg-C/a, Tg-N/a, Tg-P/a)

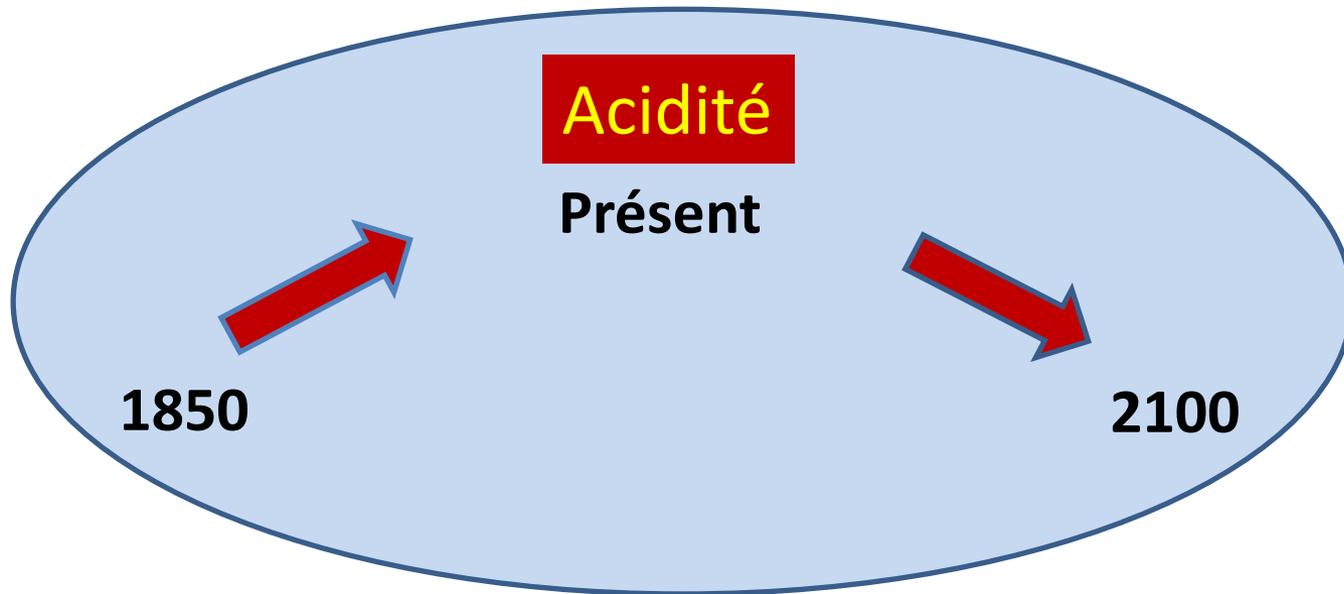
Changements historiques et futures à la déposition atmosphérique de l'azote



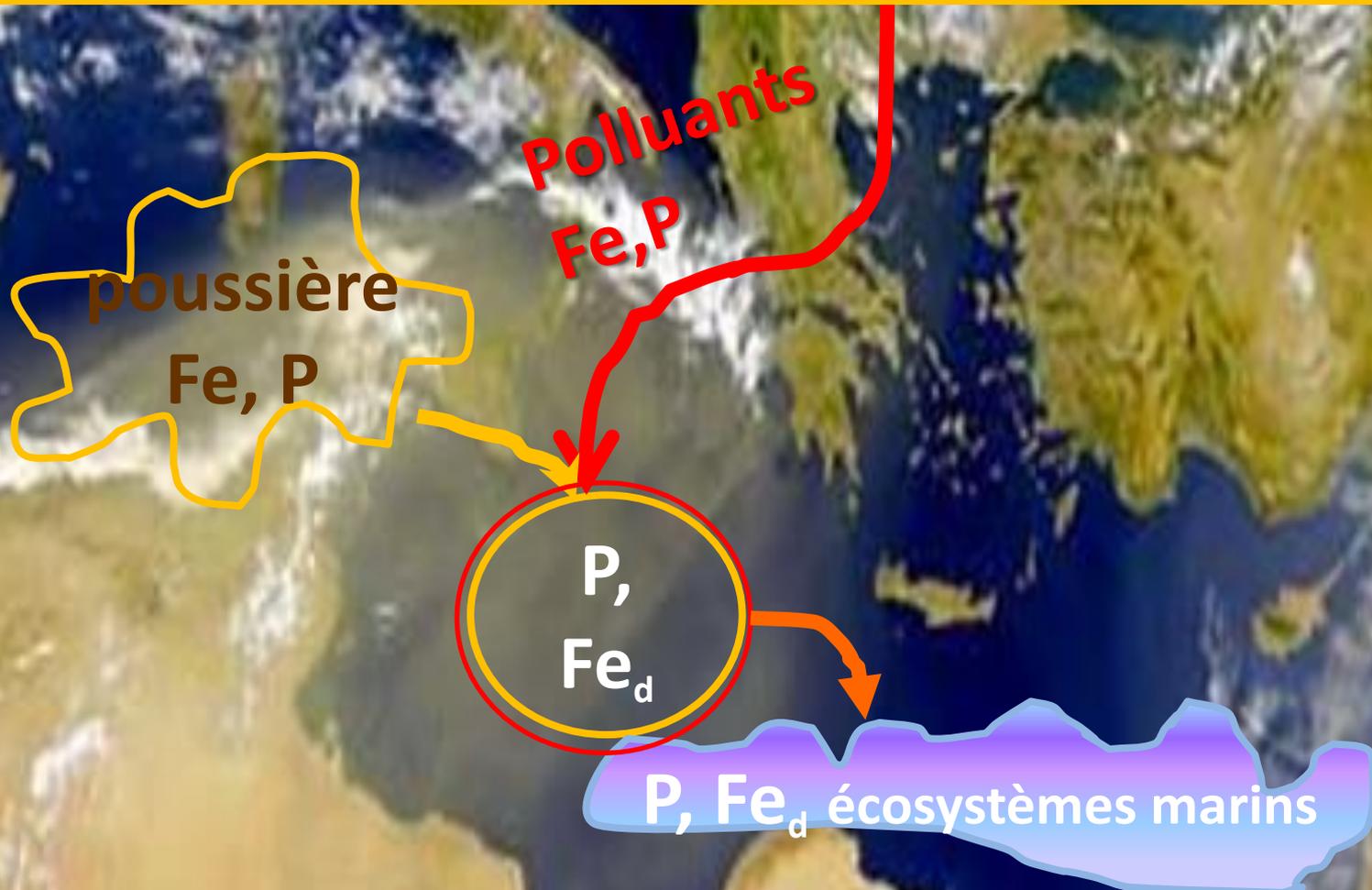
Messages:

- ✓ NHx est plus importante que la déposition de NOx
- ✓ NHx continue à augmenter
- ✓ la déposition de ON deviendra plus important que la déposition de NOx
- ✓ Changement d'acidité atmosphérique

Quel est l'impact des changements de l'acidité aux nutriments?



Interactions des émissions naturelles & anthropogéniques & déposition des nutriments



PANOPLY

Pollution Alters Natural aerosol composition:
implications for Ocean Productivity, cLimate and air quality

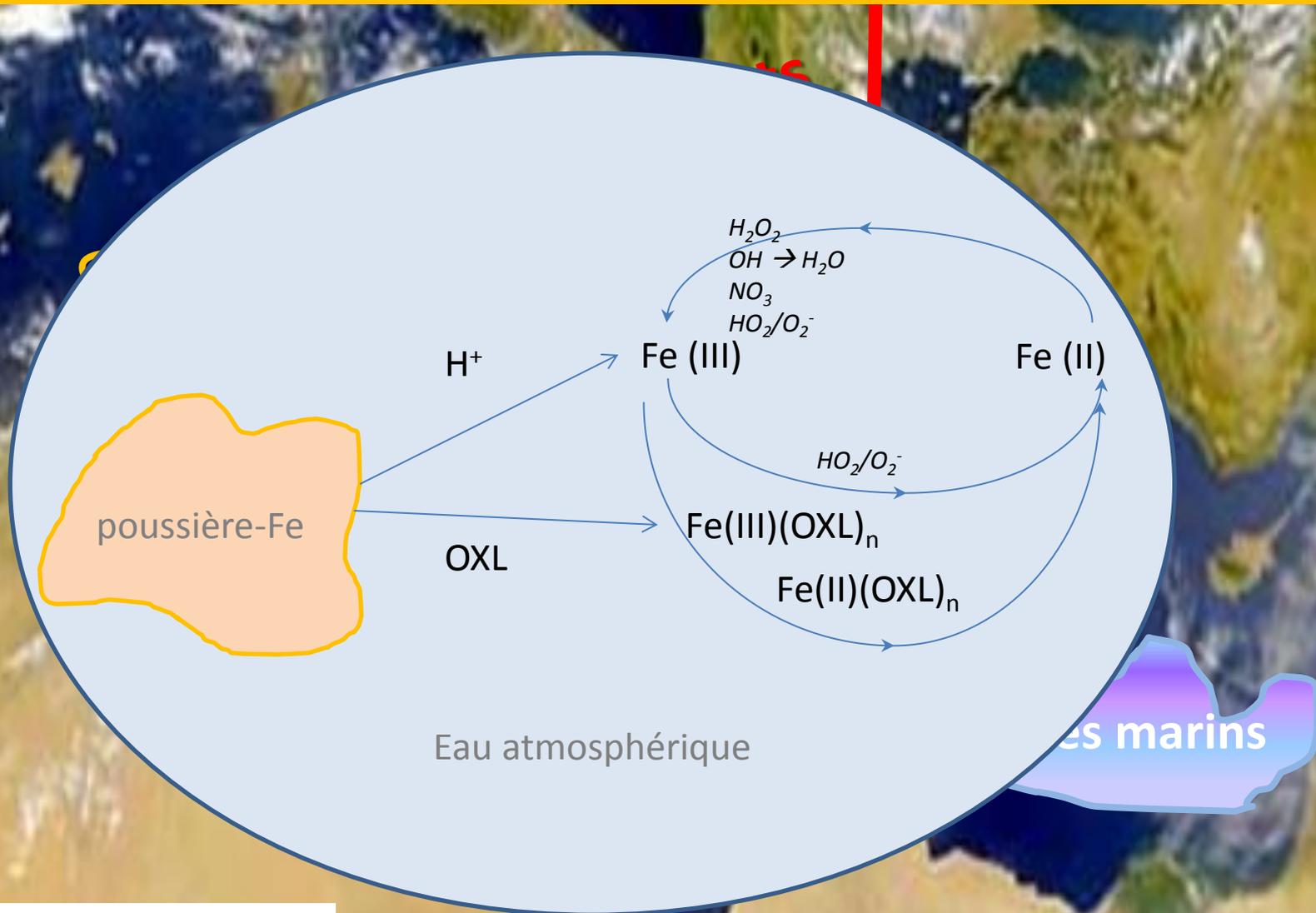
<http://www.chemistry.uoc.gr/panoply/>



OPERATIONAL PROGRAMME
EDUCATION AND LIFELONG LEARNING
Investing in knowledge society
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

NSRF
2007-2013
EUROPEAN SOCIAL FUND
Co-financed by Greece and the European Union

Interactions des émissions naturelles & anthropogéniques & déposition des nutriments



PANOPLY

Pollution Alters Natural aerosol composition:
implications for Ocean Productivity, cLimate and air quality

<http://www.chemistry.uoc.gr/panoply/>



OPERATIONAL PROGRAMME
EDUCATION AND LIFELONG LEARNING
Investing in knowledge society
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

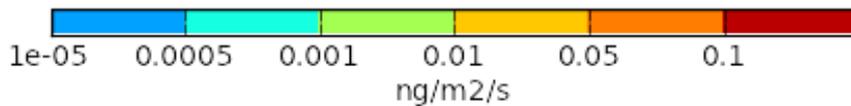
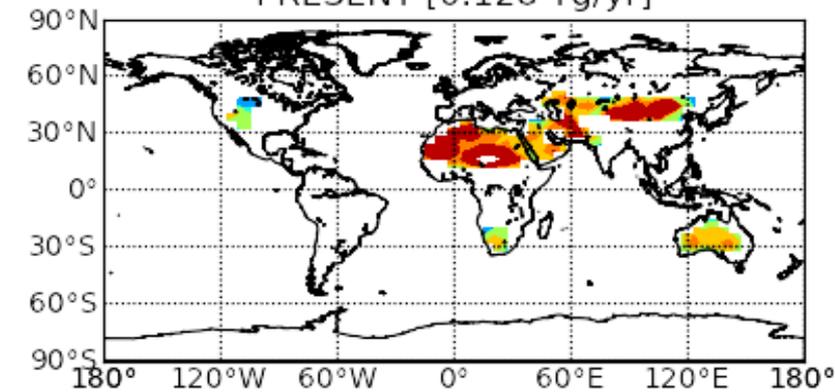


Co-financed by Greece and the European Union

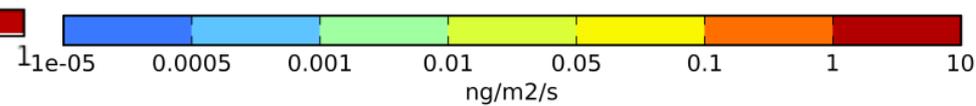
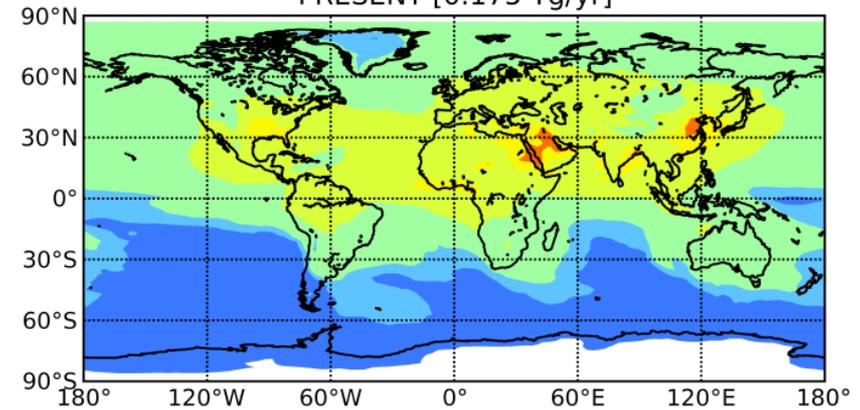
Source désertique du Fe soluble

Poussière désertique - dissolution des minéraux

D_{Fe} Emissions, Annual Mean, Mineral
PRESENT [0.128 Tg/yr]



Total Fe Dissolution, Annual, PRESENT [0.175 Tg/yr]



Source primaire naturelle

Dissolution contrôlée par l'acidité atmosphérique : acides inorganiques et organiques, ligands

Myriokefalitakis et al., Biogeosciences Disc. 12, 3943, 2015

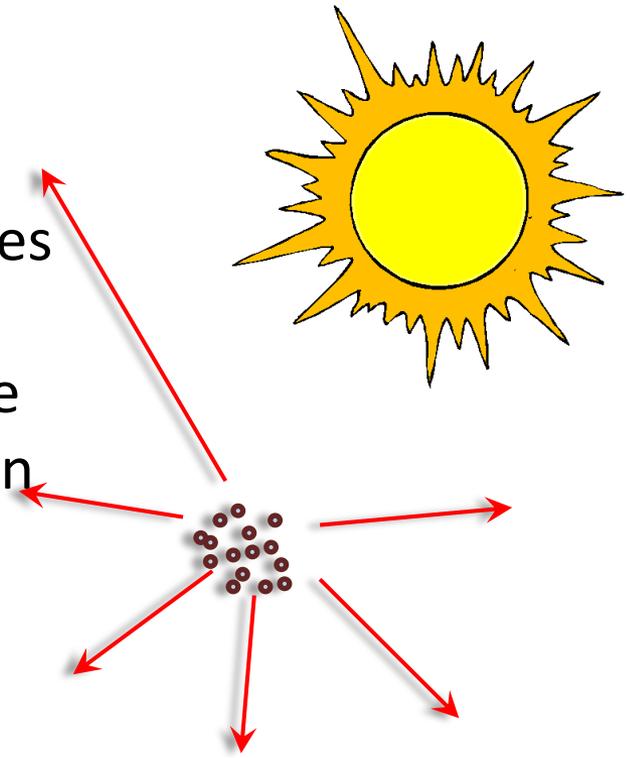
Messages – cycles biogéochimiques

- ✓ Des quantités importantes de **nutriments** sont présentes sous forme **organique** et sur les aérosols.
- ✓ Elles doivent être considérées pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes terrestres.
- ✓ La **déposition atmosphérique des nutriments solubles** sur l'océan **a augmenté** à cause des activités humaines et **sera probablement réduite** dans le future due :
 - ✓ au contrôle des émissions anthropiques
 - ✓ à la réduction de l'acidité atmosphérique
- ✓ Ce changement de **déposition affecte les écosystèmes marins**, la productivité biologique et ainsi **le cycle de carbone** atmosphérique.



Message

Des **rétroactions** existent entre les sources et les impacts des aérosols carbonés, impliquant la **biosphère terrestre et marine** qui doivent être comprises et prises en compte dans l'évaluation des impacts de ces composés



MERCI DE VOTRE ATTENTION



mariak@uoc.gr