

Observation de la pollution depuis l'espace : état des lieux et enjeux pour le futur

G. Dufour, M. Eremenko, J. Cuesta, G. Foret, A.
Cheiney, M. Beekmann



Colloque Adebitech/CNRS – La qualité de l'air pour la santé
22 juin 2015

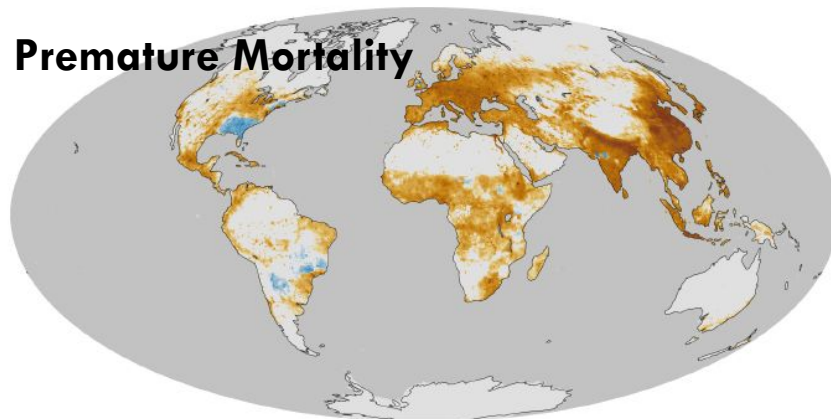


La pollution de l'air: problème sanitaire et environnemental

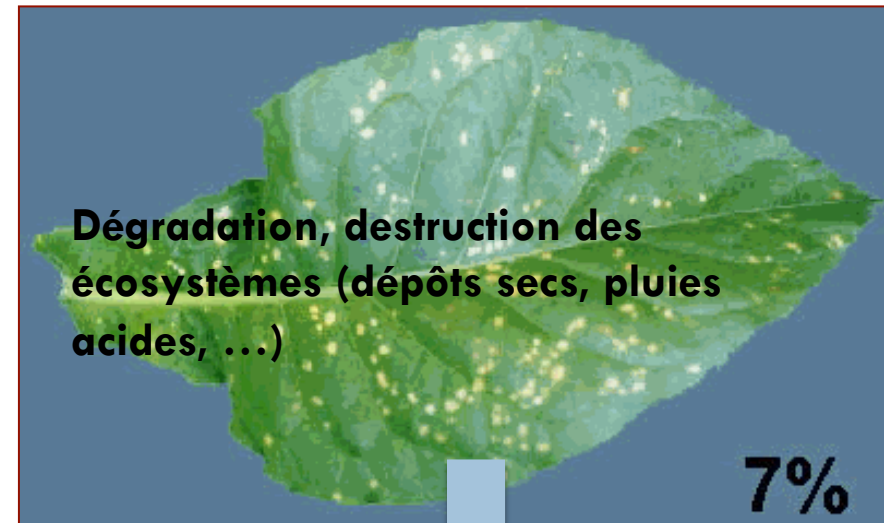
Santé



Premature Mortality

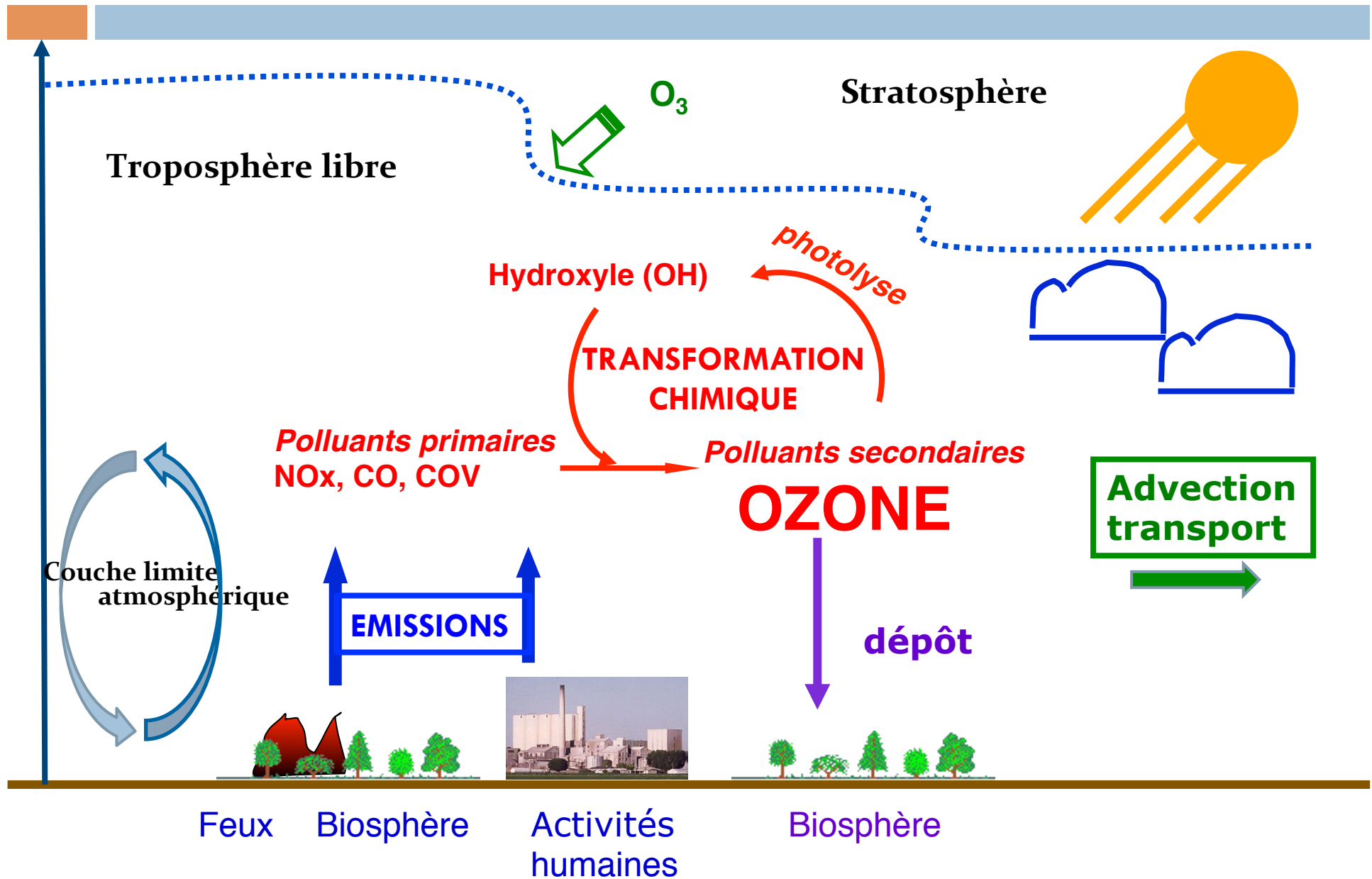


Ecosystèmes



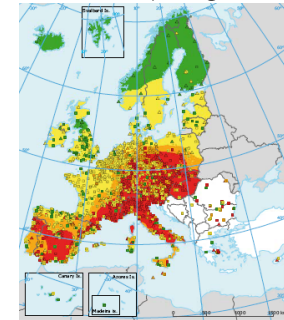
Impact climatique

Les déterminants de la pollution photochimique



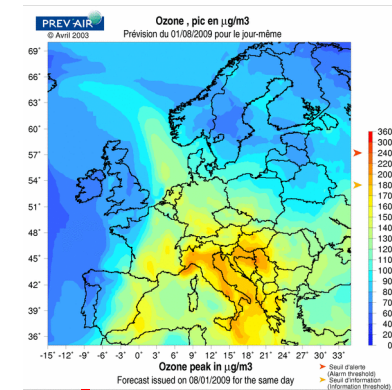
Comment comprendre et surveiller

- Développement de **réseaux de surveillance** (au sol) à l'échelle locale (e.g. Airparif), nationale, européenne (EMEP)



- Développement d'outils (**modèles numériques**) efficaces et adaptés pour décrire et prédire la pollution à différentes échelles

- Anticiper les pics de pollution
- Avertir la population
- Évaluer l'impact des stratégies de prévention



Émergence d'observations d'un nouveau type: les observations satellitaires

Représentation 2D ou 3D de l'atmosphère:

- ✓ Distribution verticale de concentration (**profil**)
- ✓ Quantité intégrée sur la verticale (**colonne**)

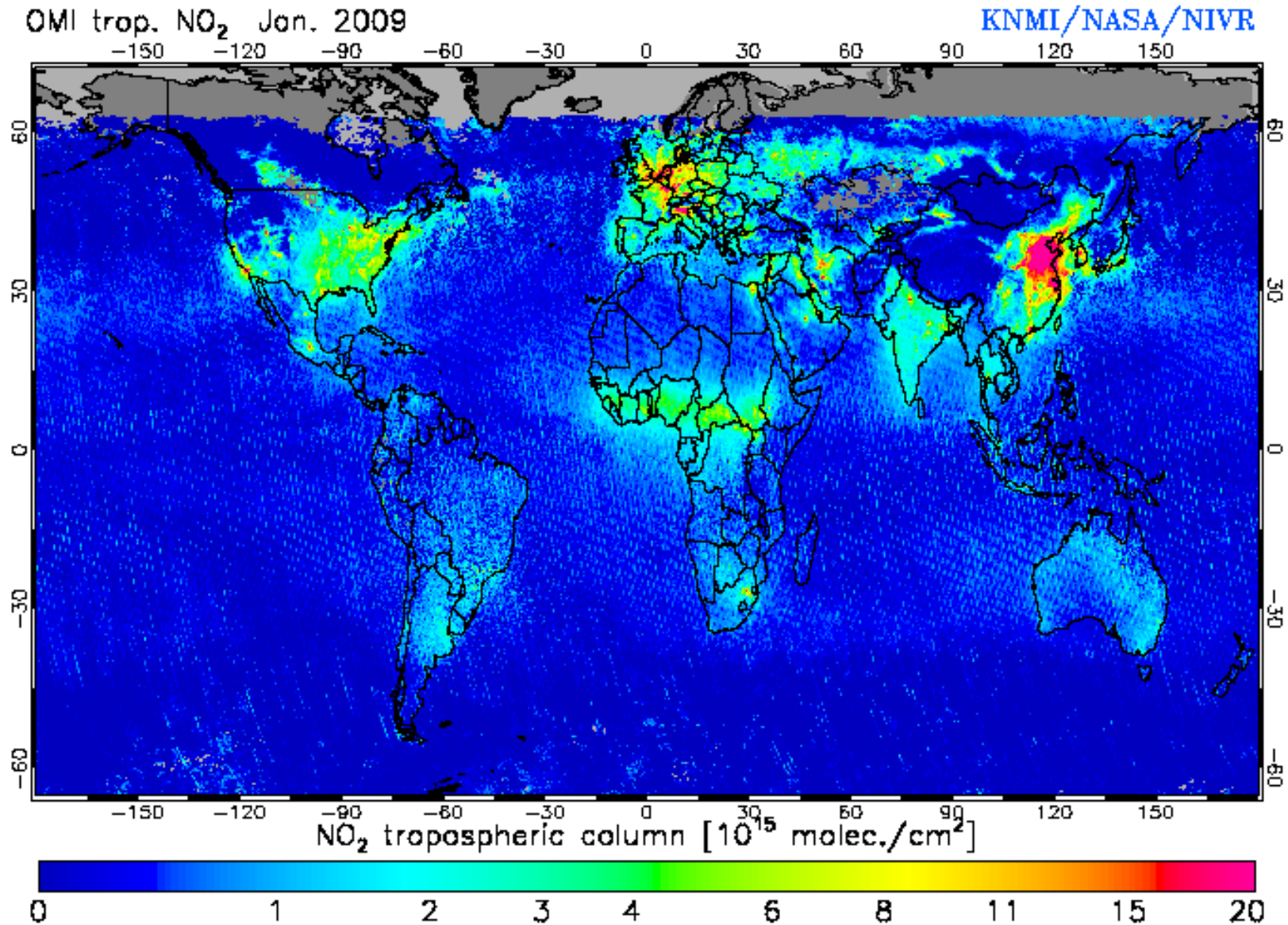
Bref historique de l'observation satellite

- Années 60-70 : colonnes totales d'ozone (TOVS, TOMS)

- 1995 : GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) sur ERS-2 (ESA)
 - ▣ Mesures dans l'**ultraviolet**
 - ▣ Observations de la colonne totale de l'ozone
 - ▣ Observations de la colonne troposphérique de NO₂ (aussi HCHO)

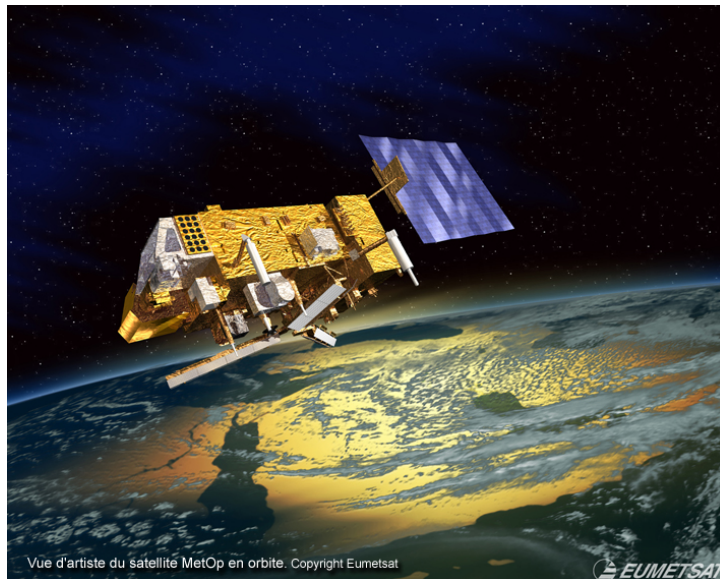
- Depuis ~ 10 ans
 - ▣ Mesures dans l'**ultraviolet** et dans l'**infrarouge**
 - ▣ Observations de l'ozone troposphérique : colonnes et profils

Lien direct avec les émissions: NO₂ troposphérique

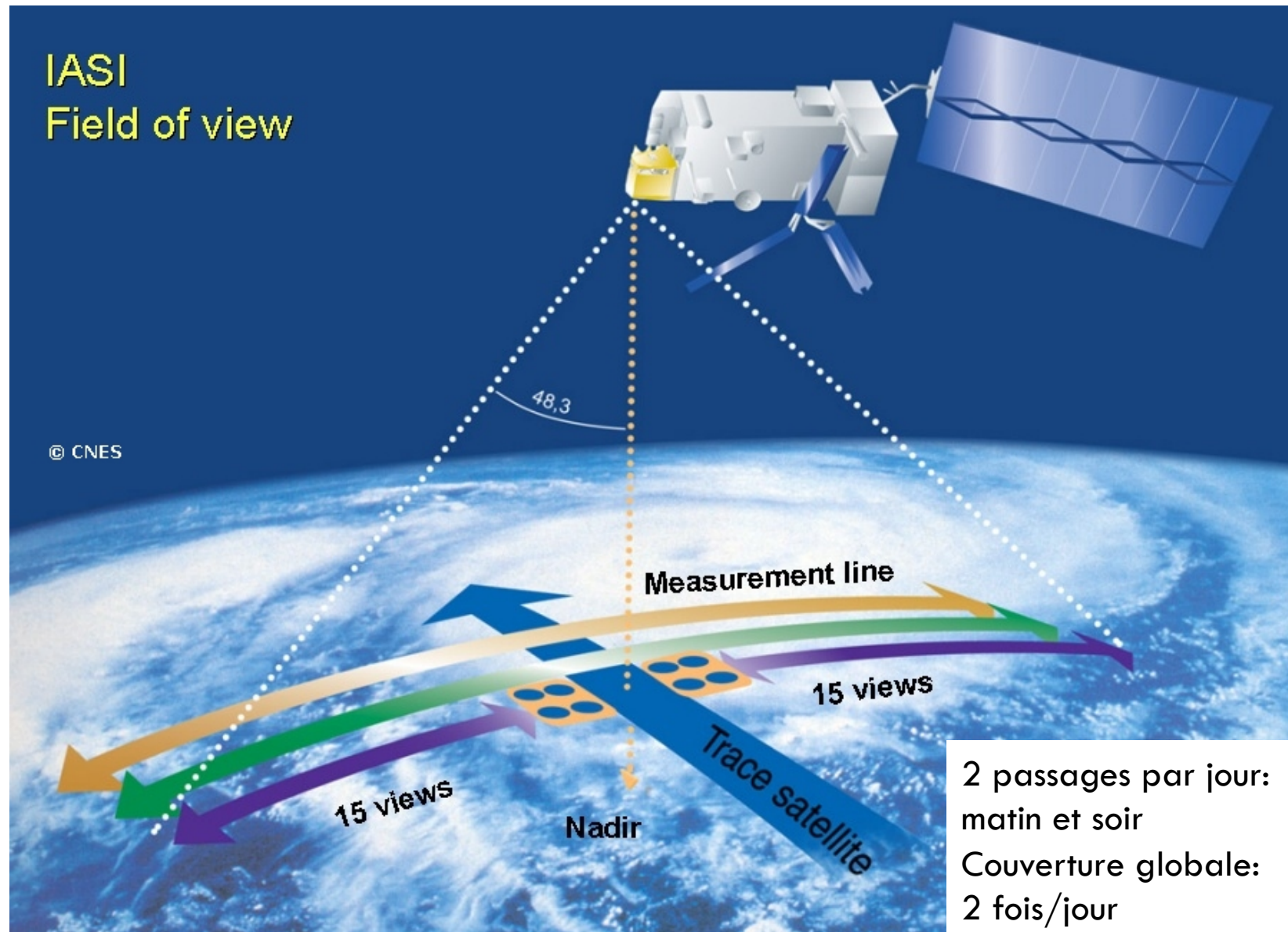


La mission IASI/MetOp

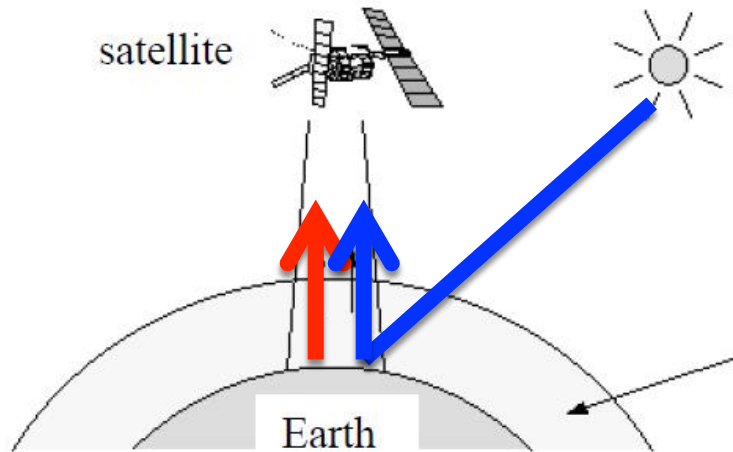
- Mission météorologique à la base (mesure des profils de température et de vapeur d'eau) mais également dédiée à la composition chimique de l'atmosphère
- MetOp-A: octobre 2006; MetOp-B: septembre 2012; MetOp-C: 2017
- **IASI - Infrared Atmospheric Sounding Interferometer**
 - ▣ Bande spectrale : $645\text{-}2760\text{ cm}^{-1}$, Résolution spectrale 0.5 cm^{-1} , Bruit radiométrique $0.2\text{-}0.5\text{ K}$
 - ▣ Résolution spatiale : 4 pixels de 12 km au nadir (champ de vue 50 km)



La géométrie de mesure de IASI



Difficultés pour atteindre la basse troposphère



Signal reçu par le satellite :

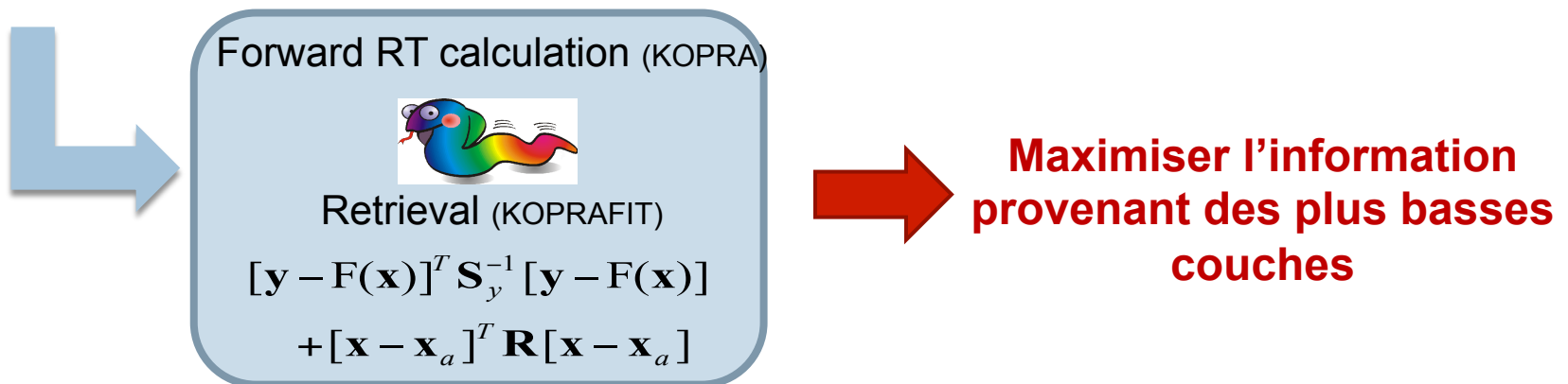
- Radiance – mesure indirecte (absorption, diffusion)
- Signal intégré sur toute l'atmosphère

Physique de la mesure :

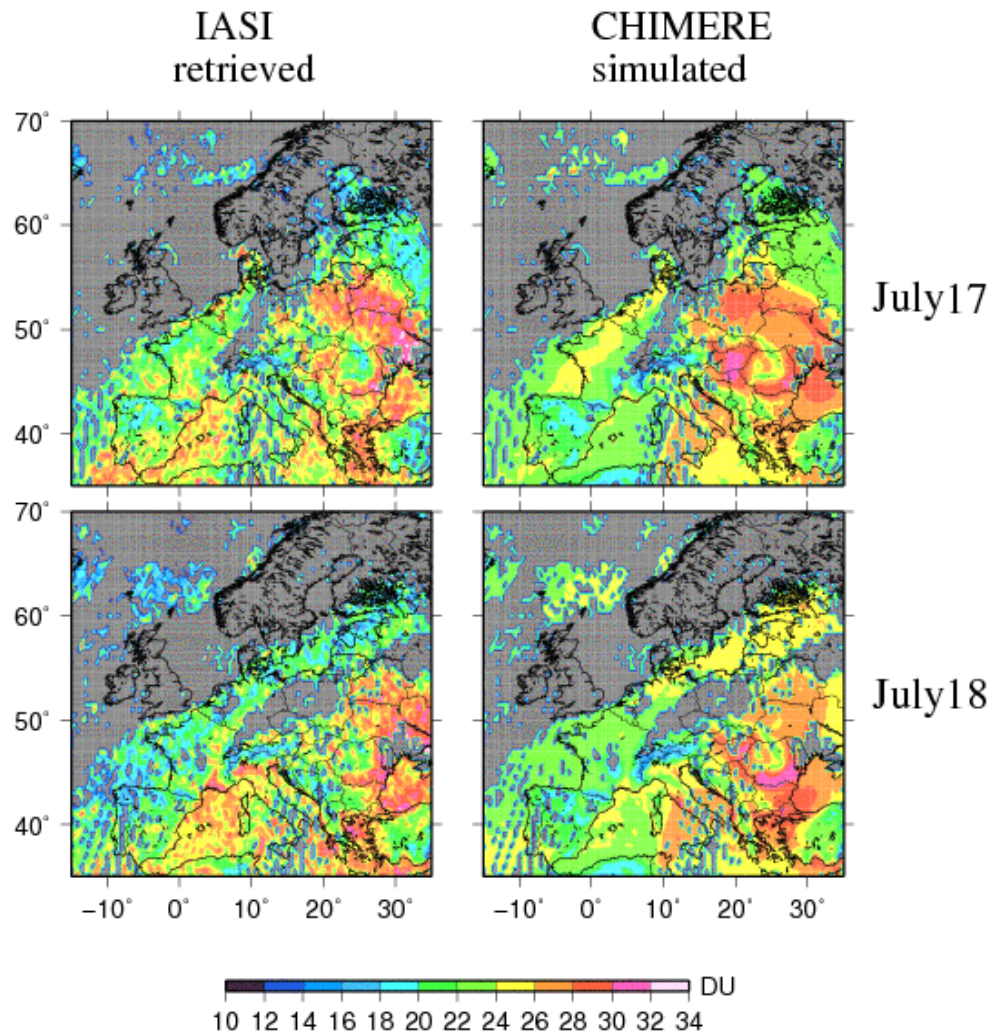
- Faible résolution verticale
- Sensibilité dans la troposphère libre

Question: Peut-on déconvoluer (en partie) l'information sur la verticale et accéder aux basses couches?

Développement de méthodes d'inversion innovantes



Première mesure d'ozone avec IASI pendant la vague de chaleur en Europe de l'Est en juillet 2007



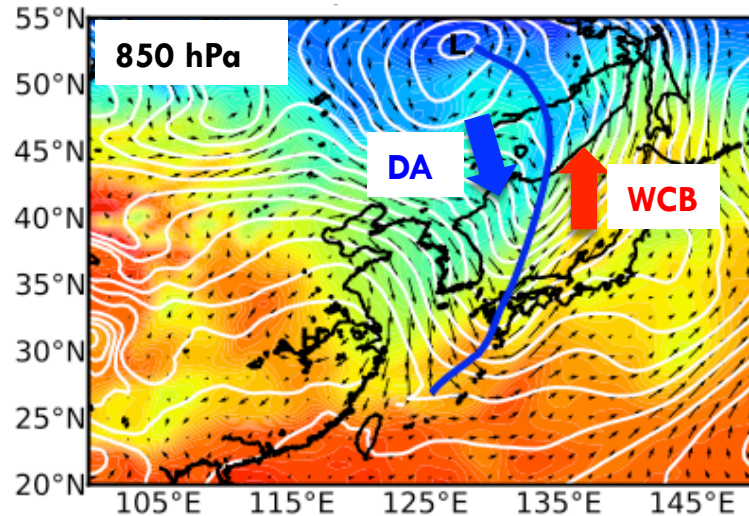
**Première détection
d'un évènement de
pollution depuis
l'espace**

L'accord avec le modèle de qualité de l'air CHIMERE dépend de la hauteur de la couche limite.
→ bon accord sur l'évènement de pollution

Eremenko et al., 2008

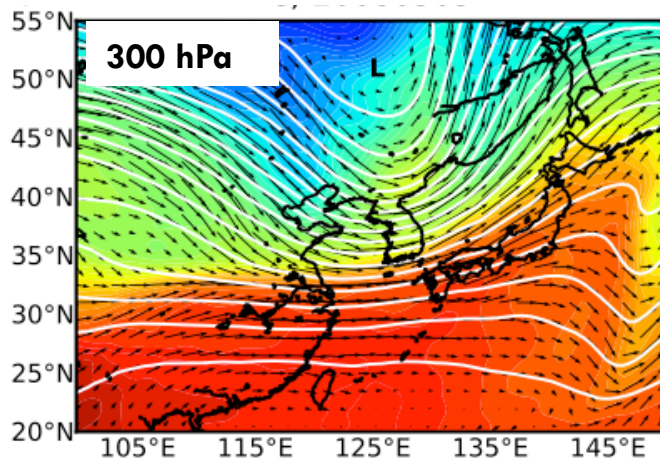
Colonne partielle d'ozone entre la surface et 6 km

Role of midlatitude cyclones on tropospheric ozone



WCB: Warm Conveyor Belt → uplifting of pollutants from the PBL towards the free troposphere

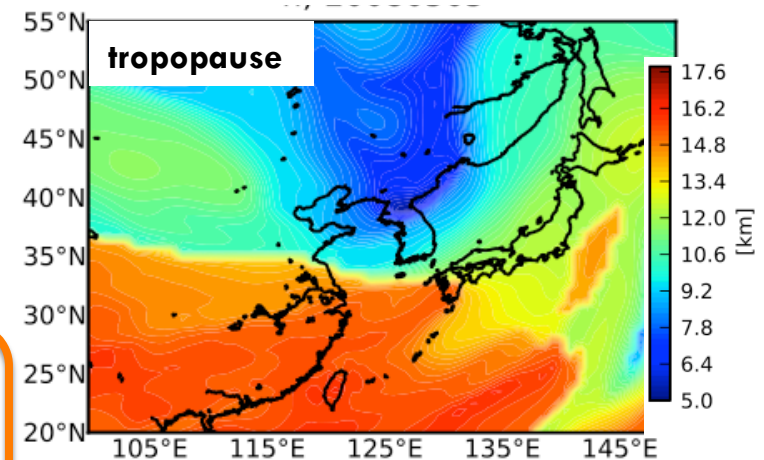
DA: Dry Airstream → downward transport from UTLS towards LT (stratospheric intrusion)



Polar air masses

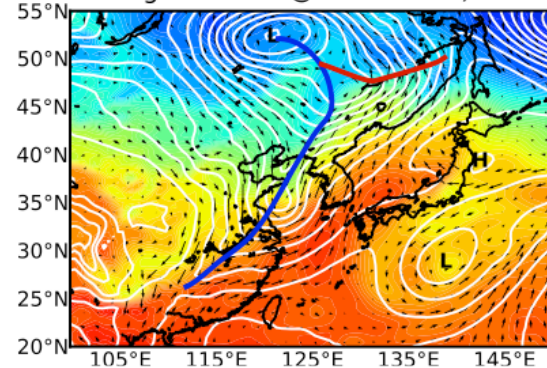
- behind cold front
- northern part
- Low tropopauses

reversible subsiding and ascending ozone transfers affecting LT O_3 columns

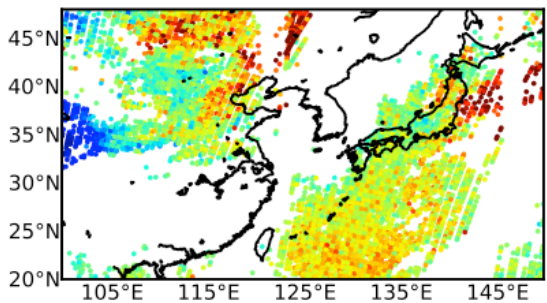


Case study – 4-6 May 2008 (1/2)

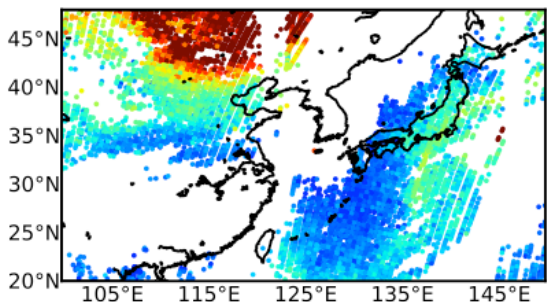
Meteorological fields @ 850hPa - a) 20080504



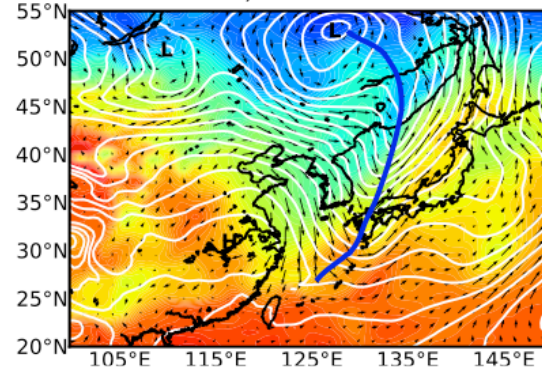
IASI LT O3 - 20080504



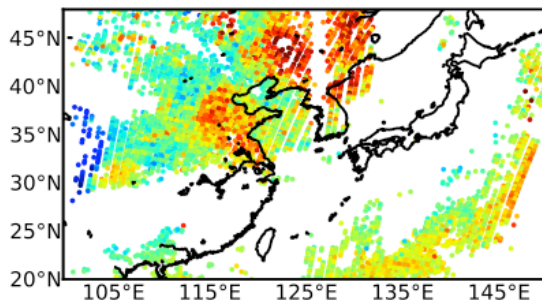
IASI UT O3 - 20080504



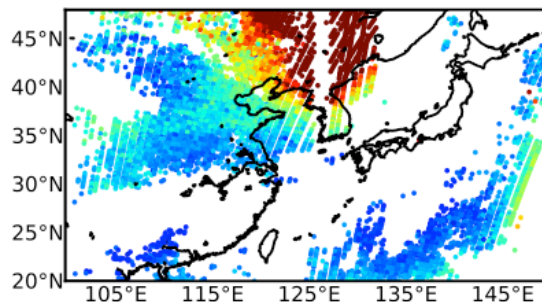
b) 20080505



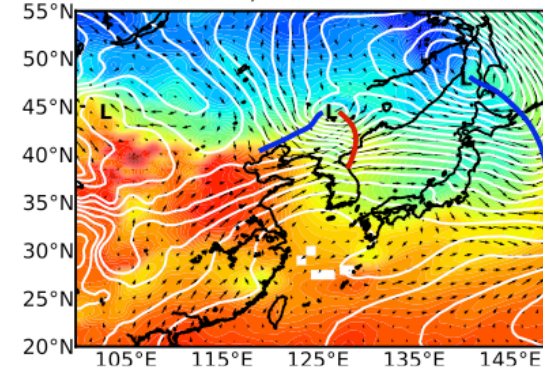
20080505



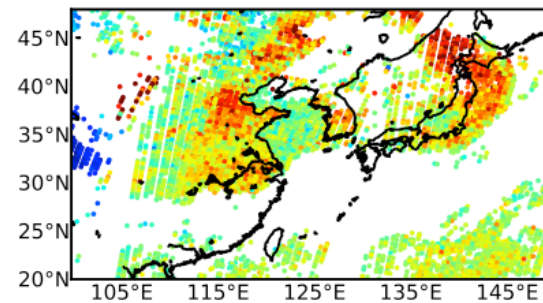
20080505



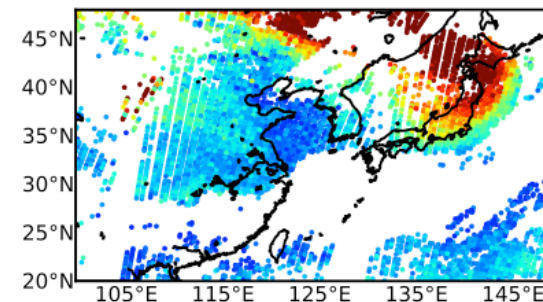
c) 20080506



20080506

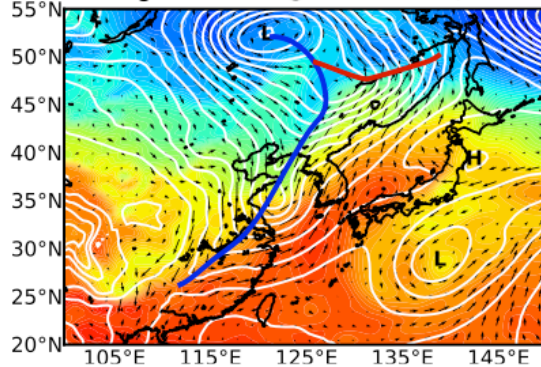


20080506

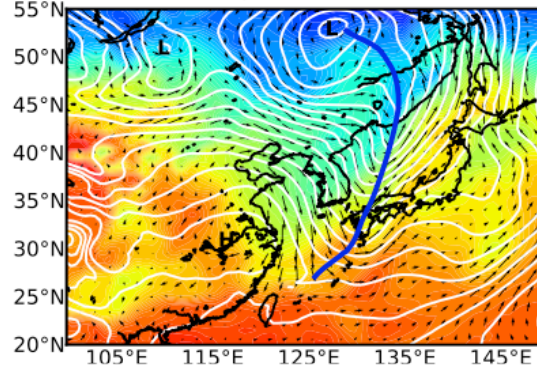


Case study – 4-6 May 2008 (1/2)

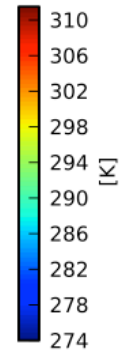
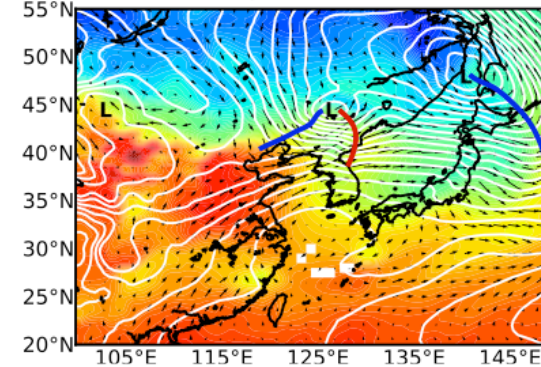
Meteorological fields @ 850hPa - a) 20080504



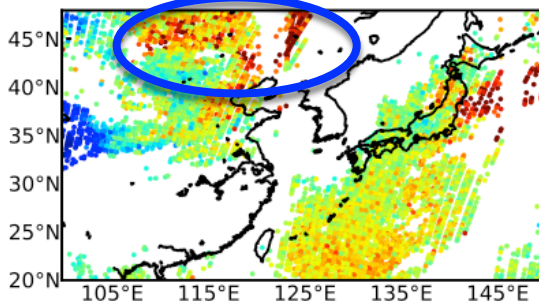
b) 20080505



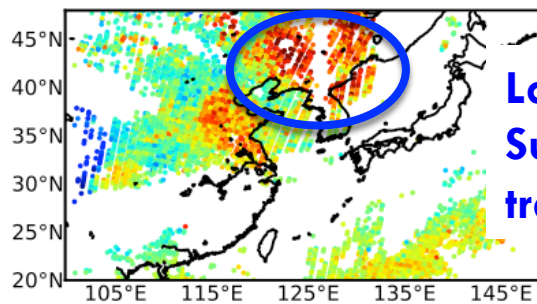
c) 20080506



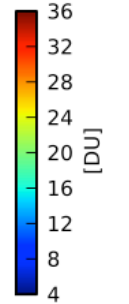
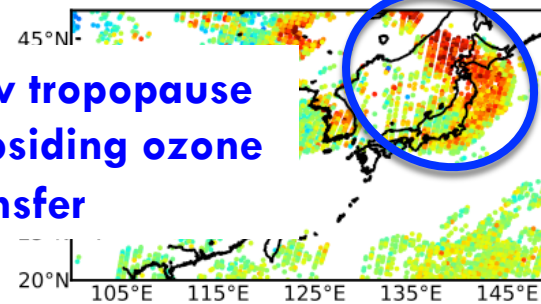
IASI LIT O3 - 20080504



20080505

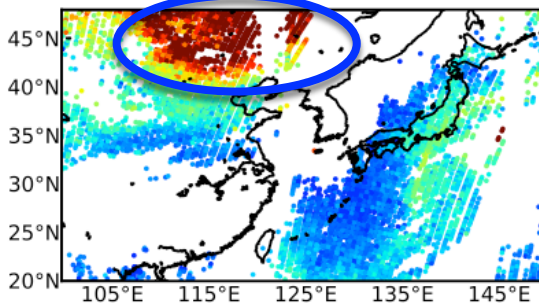


20080506

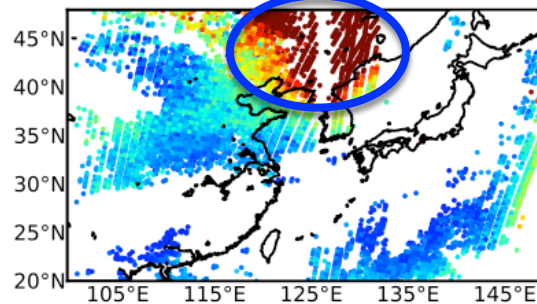


**Low tropopause
Subsiding ozone
transfer**

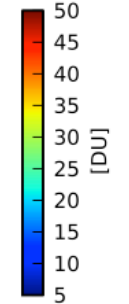
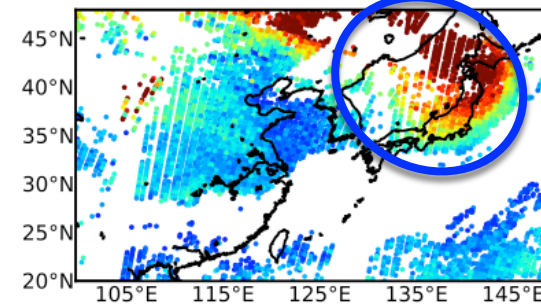
IASI LIT O3 - 20080504



20080505

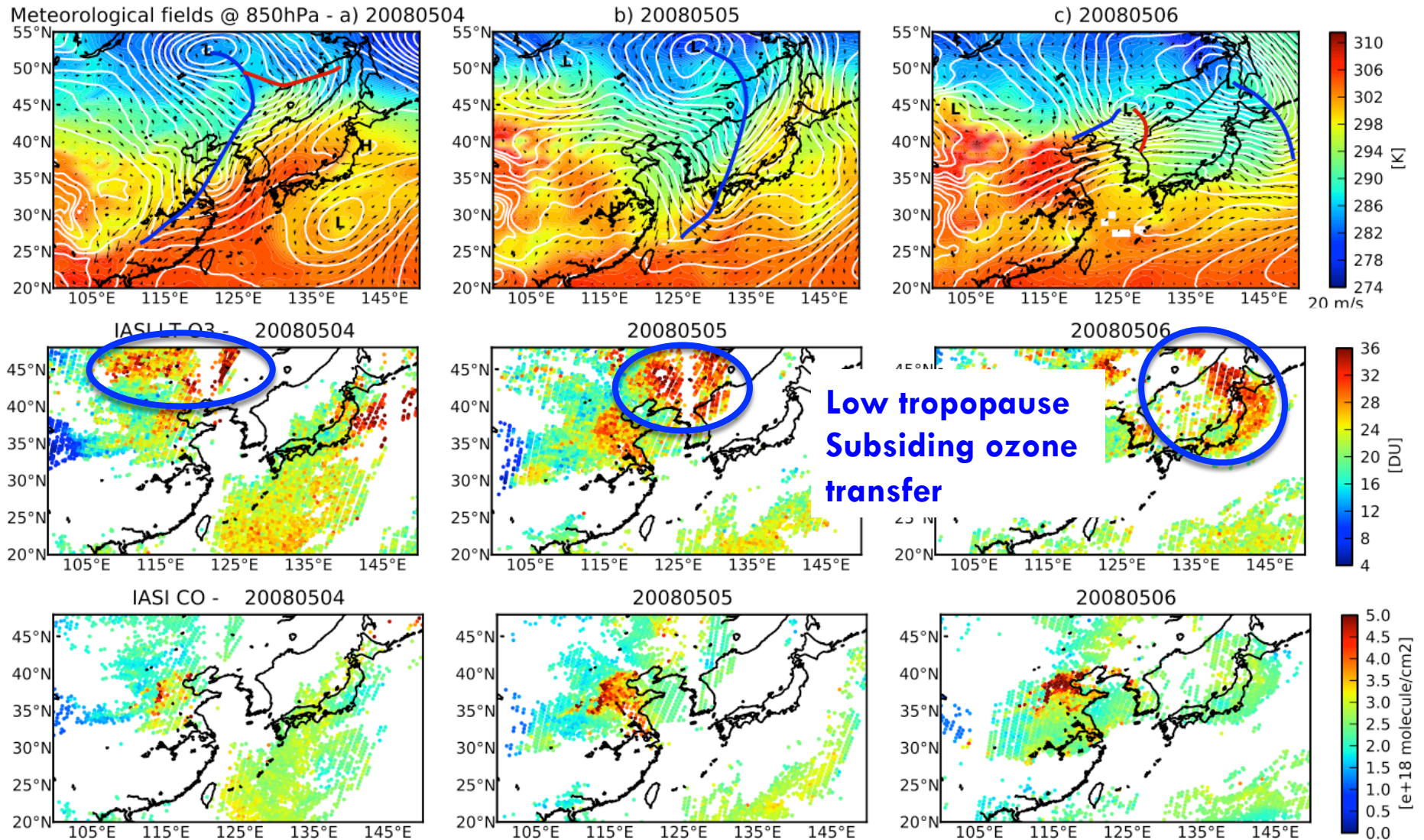


20080506

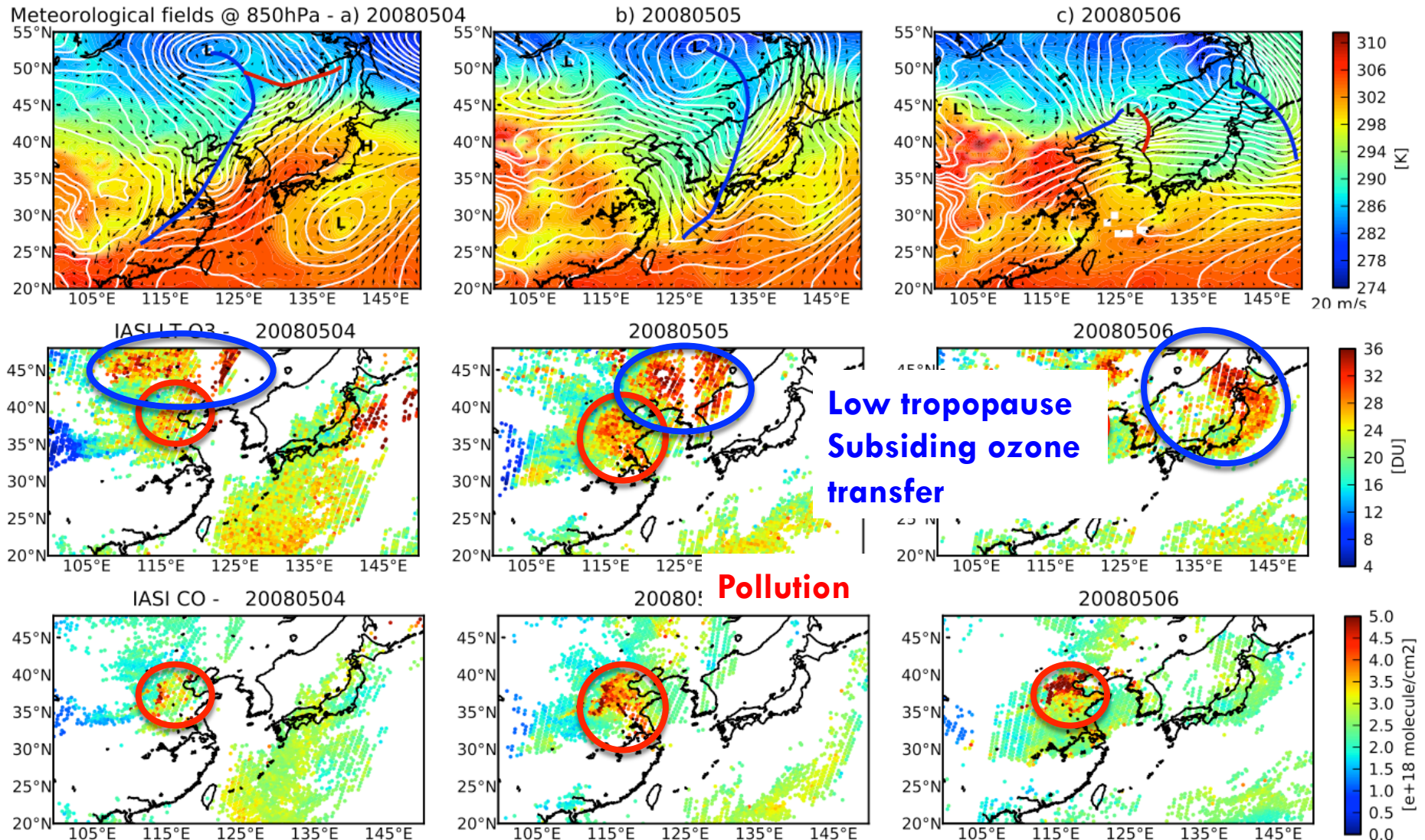


Upper tropospheric O3 columns can be used as a dynamical indicator Dufour et al., ACPD,2015

Case study – 4-6 May 2008 (2/2)

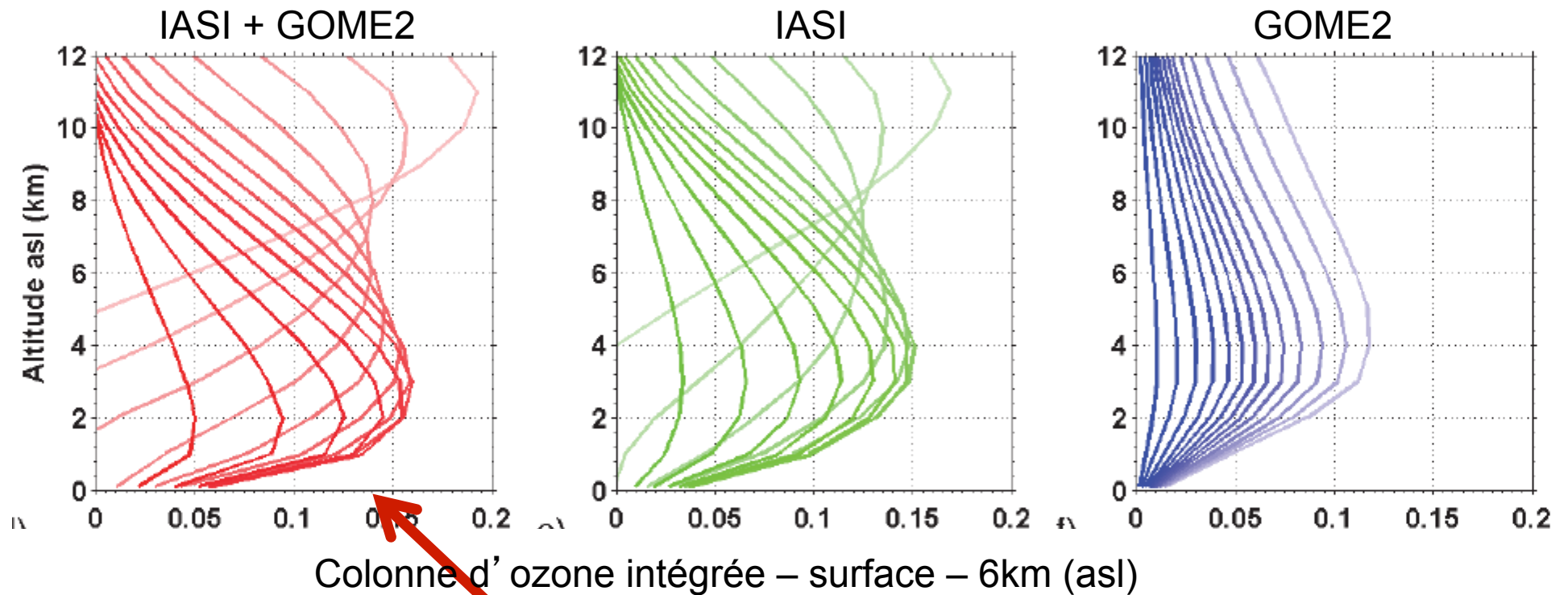


Case study – 4-6 May 2008 (2/2)



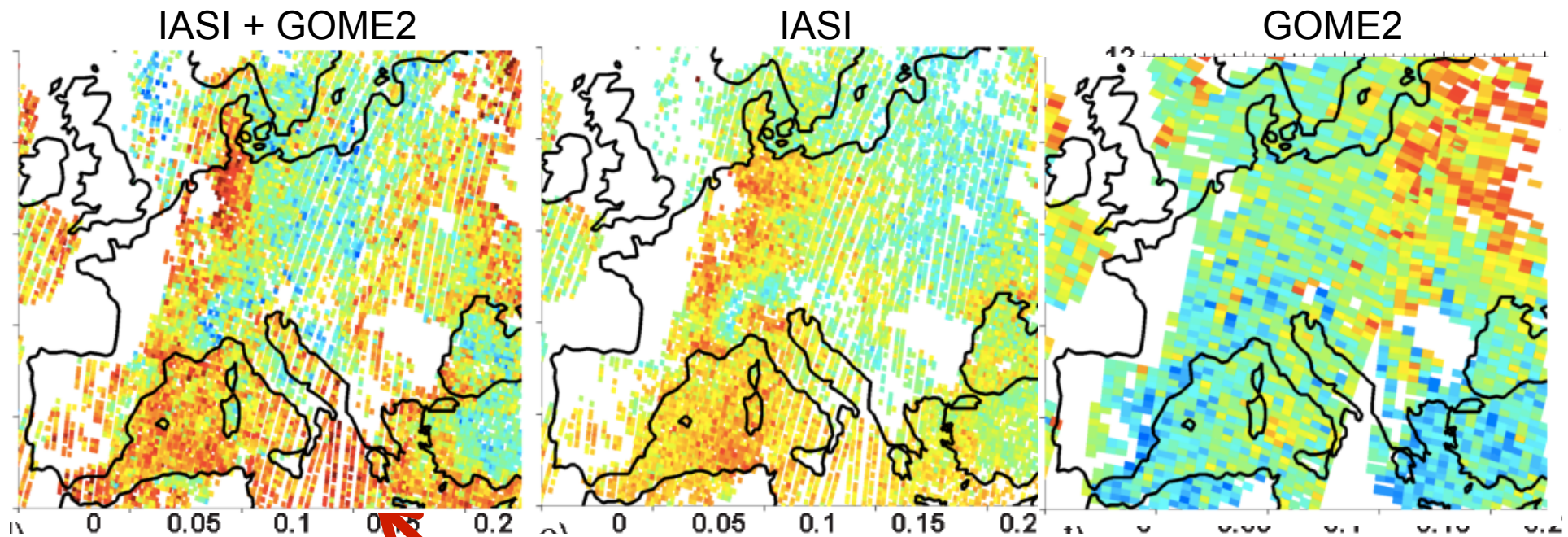
LT O₃ and CO enhancements: pollution indicator

L'avenir : Couplage multispectral



Meilleure sensibilité dans les basses couches

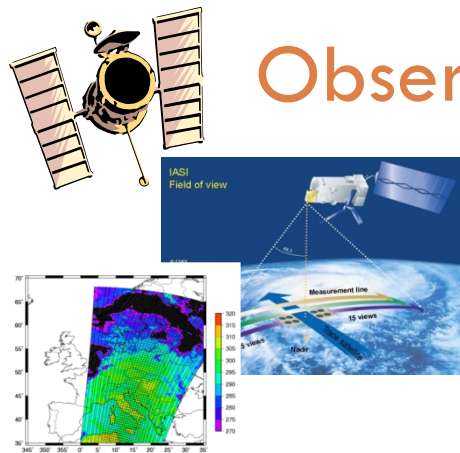
L'avenir : Couplage multispectral



Colonne d'ozone intégrée – surface – 6km (asl)

Meilleure sensibilité dans les basses couches

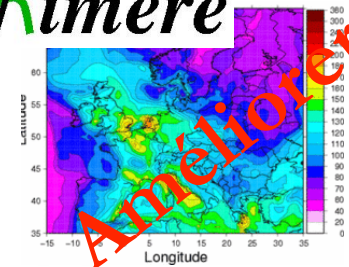
Synergie modèle/observations



Observer

Observation
satellitaire

Simuler
Chimere



Qualité de l'air

de l'échelle continentale à l'échelle régionale

Assimilation

Prévoir

PREVAIR

Améliorer
Copernicus
Europe's eyes on Earth

Mieux connaître les émissions d'ammoniac pour mieux connaître la pollution aux particules

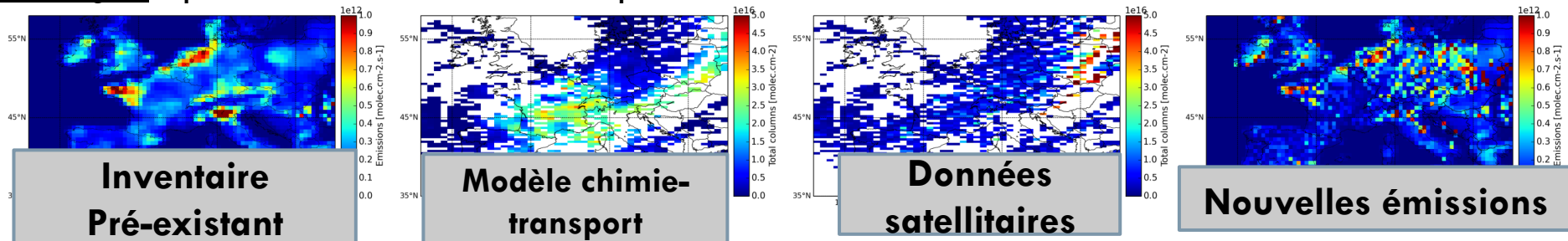
L'une des sources de pollution aux particules

→ les émissions gazeuses de NH_3 (agriculture)

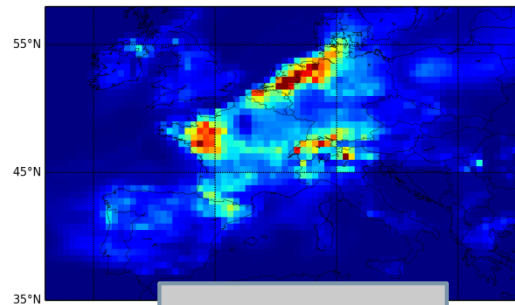


INCERTITUDES (100-300%)

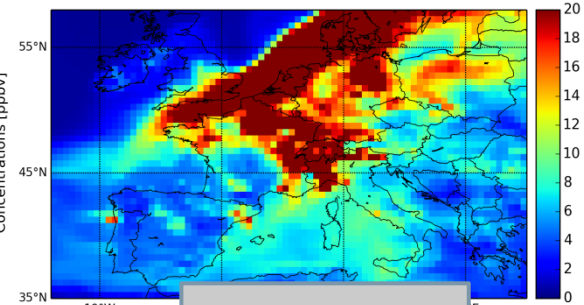
Stratégie : quantification des émissions par assimilation de données satellitaires



Avec inventaire pré-existant



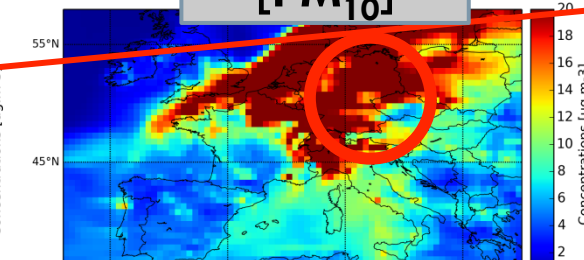
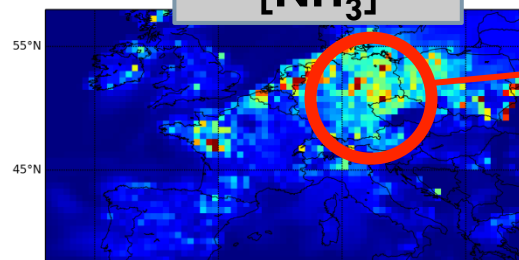
[NH₃]



[PM₁₀]

Meilleur accord avec station de surface en Rép Tchèque

Avec nouvelles émissions



Meilleure représentation des émissions d'ammoniac = meilleure quantification de la contribution aux teneurs en particules

Futures missions spatiales avec application qualité de l'air

□ Europe

- 2016: Sentinel5-Precursor (TROPOMI) – ESA – orbite basse (couverture globale 1 fois/jour)
- 2019: Sentinel5: UVNS + IASI-NG/EPS-SG – ESA/EUMETSAT – orbite basse (couverture globale 1-2 fois/jour)
- 2019: Sentinel4: UVN + IRS/MTG – ESA/EUMETSAT – orbite géostationnaire (couverture Europe 1 fois/heure) – **non dédié à la qualité de l'air**

□ Etats-Unis

- 2017: TEMPO – NASA – orbite géostationnaire (couverture Amérique du Nord 1 fois/heure)

□ Asie

- 2018: GEMS – Corée – orbite géostationnaire (couverture Asie/Pacifique)

□ Besoins pour la surveillance de la qualité de l'air

- Plusieurs bandes spectrales : UV, Vis, IR
- Haute revisite temporelle (constellation de géostationnaires)
- Hautes spécifications instrumentales (résolution spectrale, performance radiométriques)
- Haute résolution spatiale

Acknowledgements

