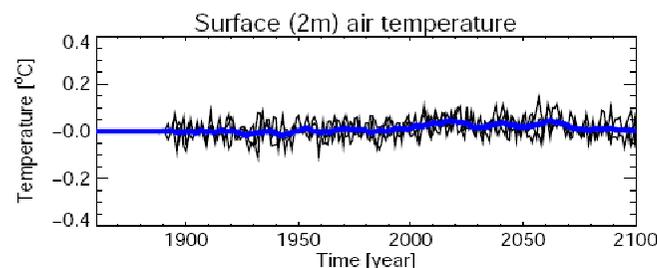
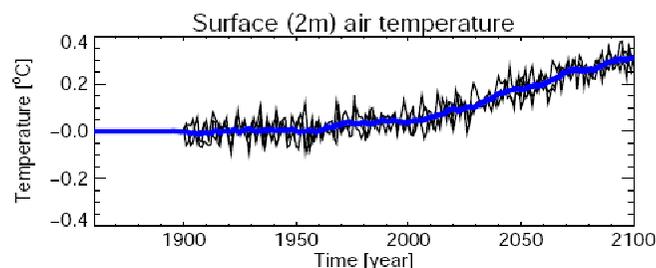


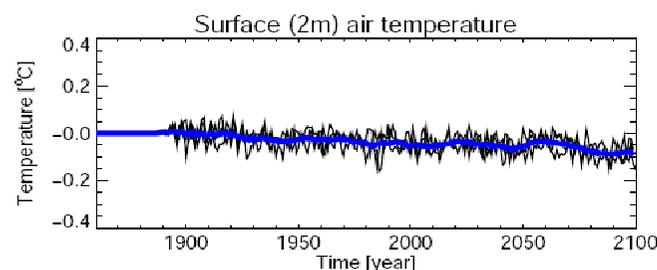
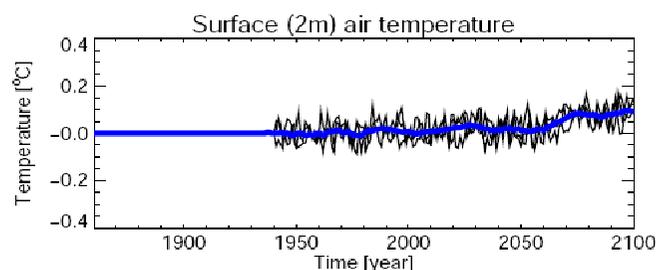


# **Simulations avec CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique : application au projet ITAAC**

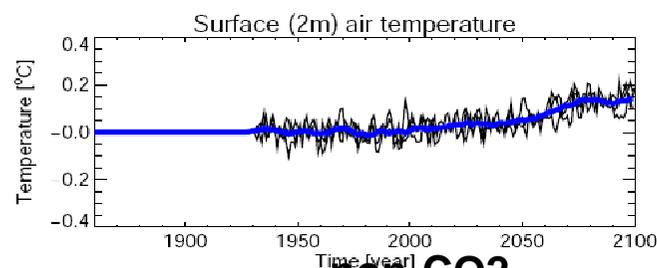
# impact sur $T_{2m}$ par mode de transport



< terr.



< mar.



< aer.

**CO2**

**non-CO2**

D. J. L. Olivié, D. Cariolle, H. Teyssède, D. Salas, A. Voldoire, H. Clark, D. Saint-Martin, M. Michou, F. Karcher, Y. Balkanski, M. Gauss, O. Dessens, B. Koffi, and R. Sausen: Modeling the climate impact of road transport, maritime shipping and aviation over the period 1860–2100 with an AOGCM. ACPD,2011

<http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/11/19769/2011/acpd-11-19769-2011.html>

**impact positif du transport aérien, dominé par l'impact du non-CO2 jusqu'en 2100**



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

# Plan

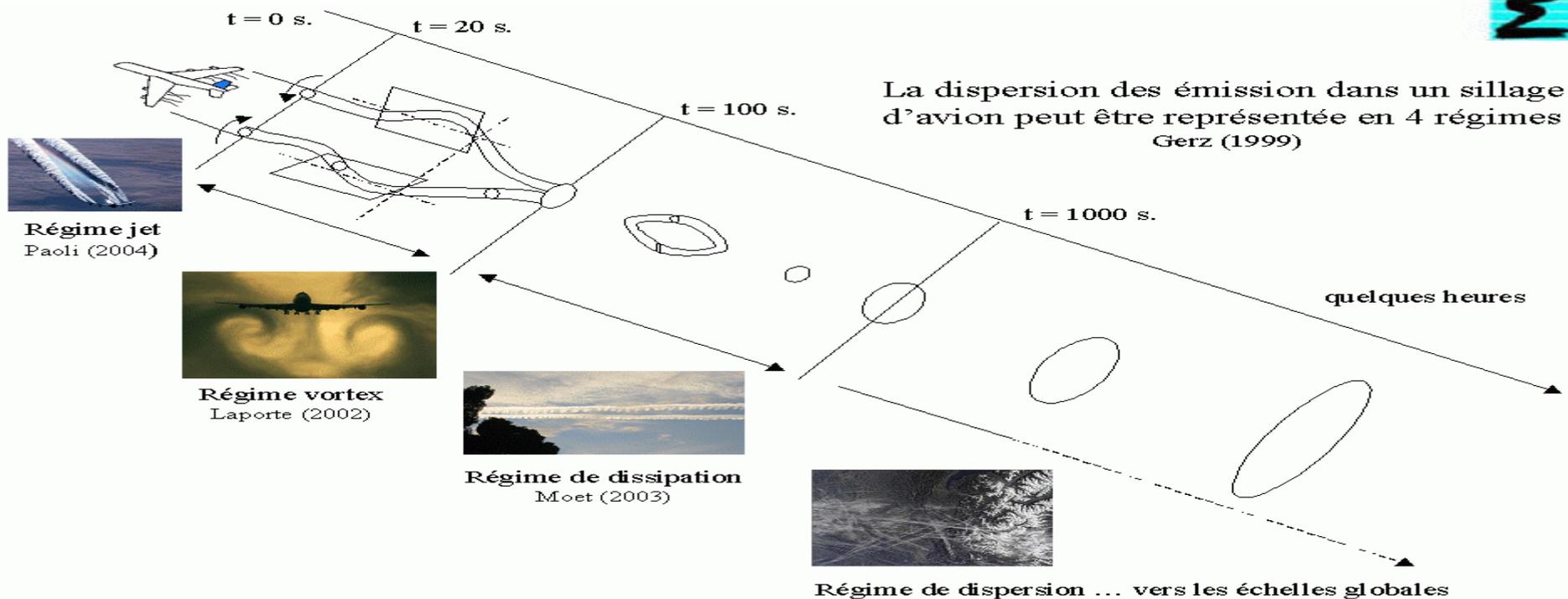
- Le programme ITAAC
- Le modèle couplé océan-atmosphère CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique
  - Description de la chimie stratosphérique
  - Configuration pour l'étude d'impact de l'aviation
- Simulations : description et résultats
- Conclusions

# Plan

- Le programme ITAAC
- ≡ Le modèle couplé océan-atmosphère CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique
  - Description de la chimie stratosphérique
  - Configuration pour l'étude d'impact de l'aviation
- ≡ Simulations : description et résultats
- ≡ Conclusions

# Le programme ITAAC

- Programme du RTRA coordonné par D. Cariolle (CERFACS) de 2009 à 2013
- Vise à étudier l'impact du trafic aérien des échelles allant du jet en sortie de réacteur jusqu'à l'échelle globale pour l'impact climatique



# Plan

- ≡ Le programme ITAAC
- Le modèle couplé océan-atmosphère CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique
  - Description de la chimie stratosphérique
  - Configuration pour l'étude d'impact de l'aviation
- ≡ Simulations : description et résultats
- ≡ Conclusions

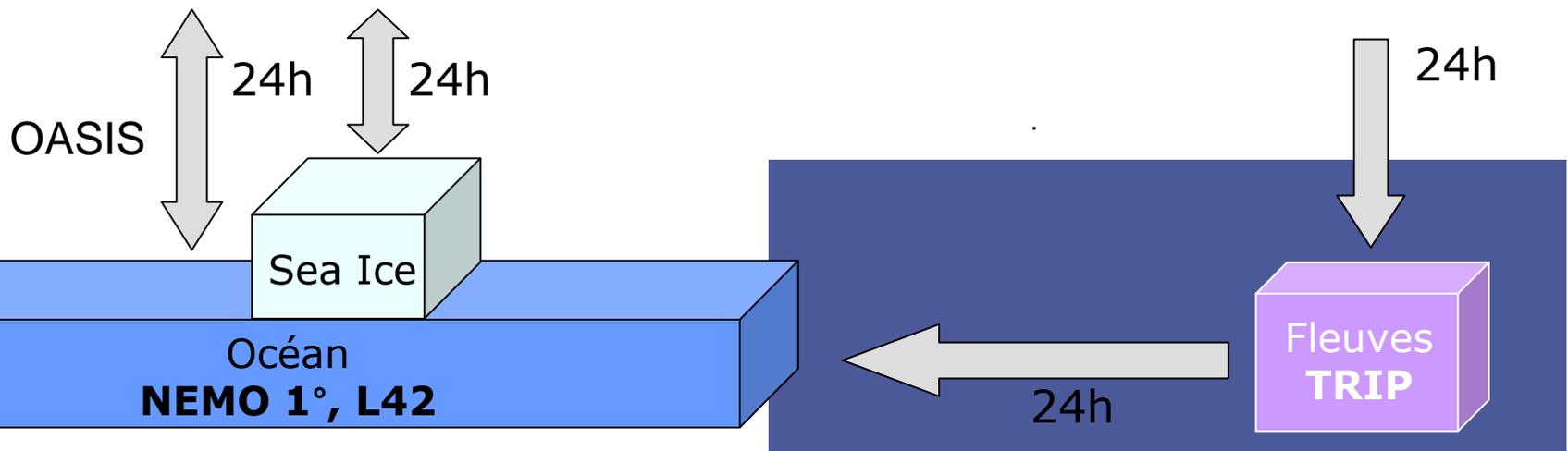
# CNRM-CM5 (collab. Cerfacs)

Données  
Aérosols  
GES

Voltaire *et al*,  
The CNRM-CM5.1 global climate model:  
Description and basic evaluation  
Clim. Dyn. 2012  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00382-011-1259-y>

Atmosphère  
ARPEGE-Climat, T127 L31

Modèle de surface SURFEX



# CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique

Données  
Aérosols  
GES

CNRM-CCM : Michou *et al.*,  
A new version of the CNRM Chemistry-Climate  
Model, CNRM-CCM: description and improvements  
from the CCMVal2 simulations

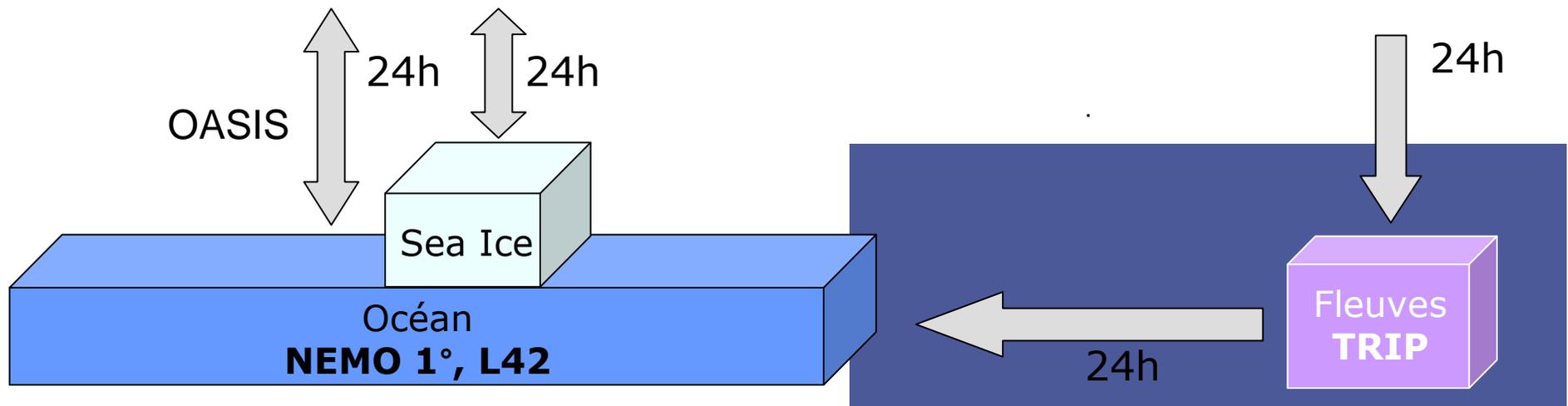
GMD, 2011

doi:10.5194/gmd-4-873-2011

Chimie stratosphérique

ARPEGE-Climat, T63 L60

Modèle de surface SURFEX



# Adaptation à la problématique du transport aérien

Production de  $\text{NO}_x$  par les éclairs

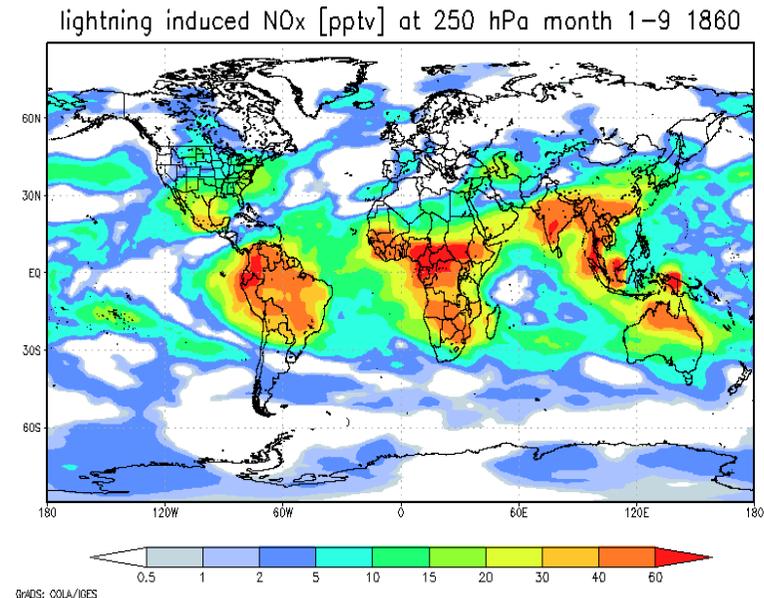
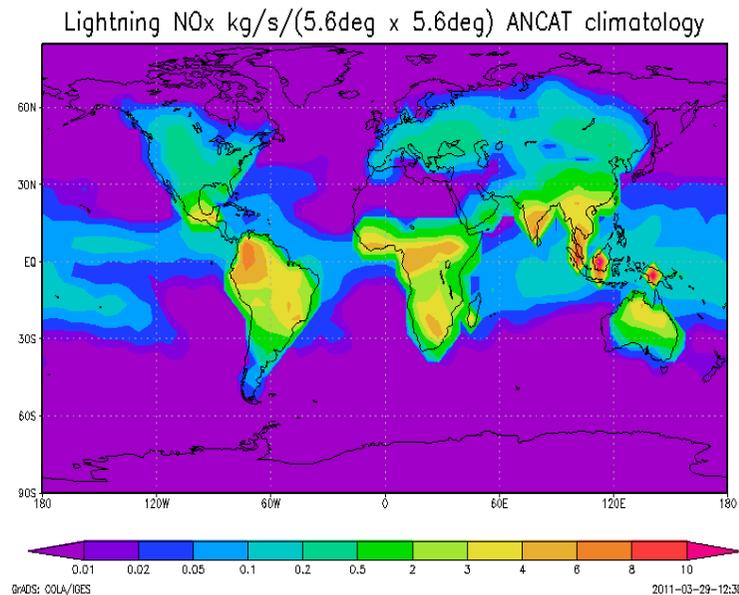
Emissions (3D, source QUANTIFY)

Représentation des émissions (impacts chimique et radiatif)



# Emissions de NO<sub>x</sub> par les éclairs

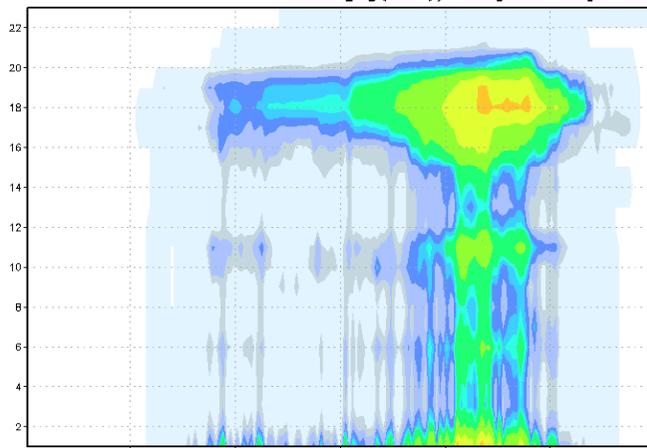
- Source de NO<sub>x</sub> comparable à celle de l'aviation
- Climatologie ANCAT, sur une base mensuelle pour l'année 1992, de résolution de 5.6° x 5.6°
- Pour les autres années, application d'une augmentation de 10% du contenu total par augmentation de 1K de la température globale (Schumann et Huntrieser, ACP, 2007)



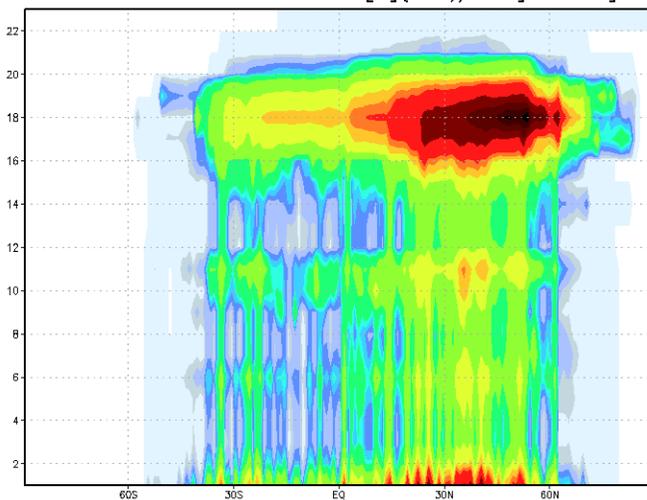
# Emissions par le trafic aérien (1/2) consommation en fuel

2000

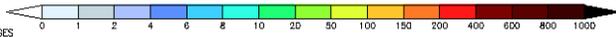
Aviation fuel for 2000 [Tg(fuel)/1deg x 1lev]



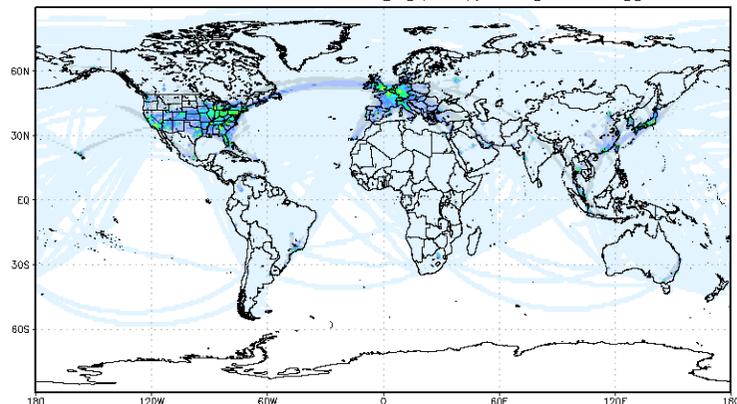
Aviation fuel for 2100 A1i [Tg(fuel)/1deg x 1lev]



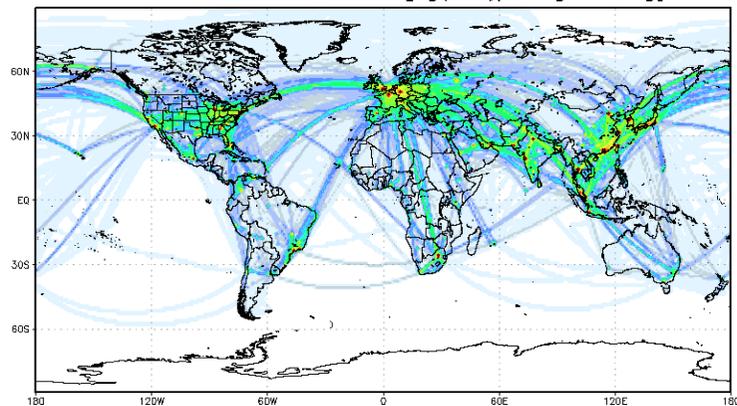
GrADS: COLA/IGES



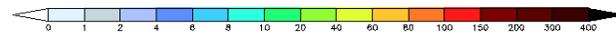
Aviation fuel for 2000 [Tg(fuel)/1deg x 1deg]



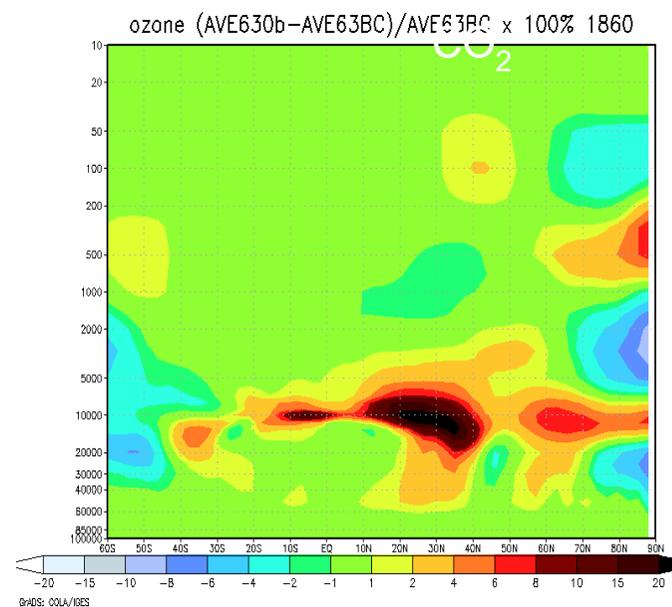
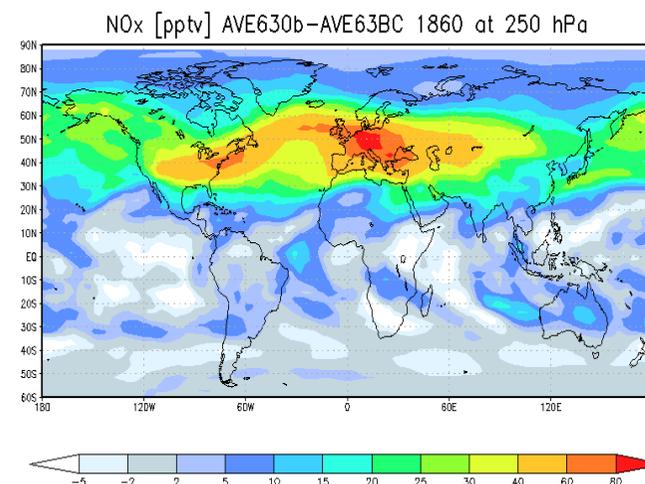
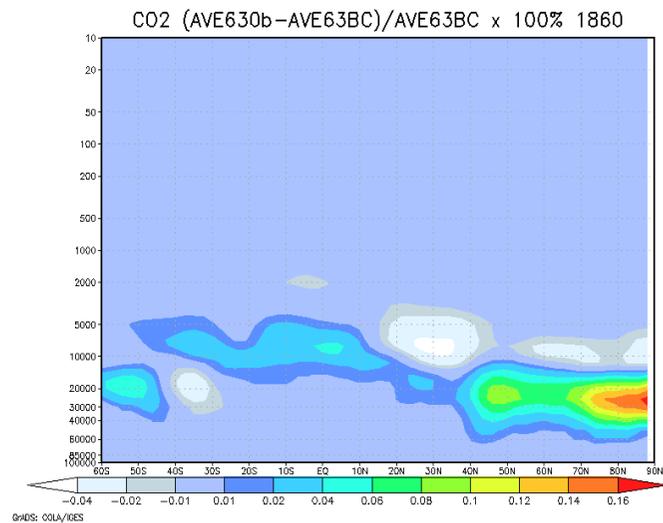
Aviation fuel for 2100 A1i [Tg(fuel)/1deg x 1deg]



GrADS: COLA/IGES



# Emissions par le trafic aérien (2/2)

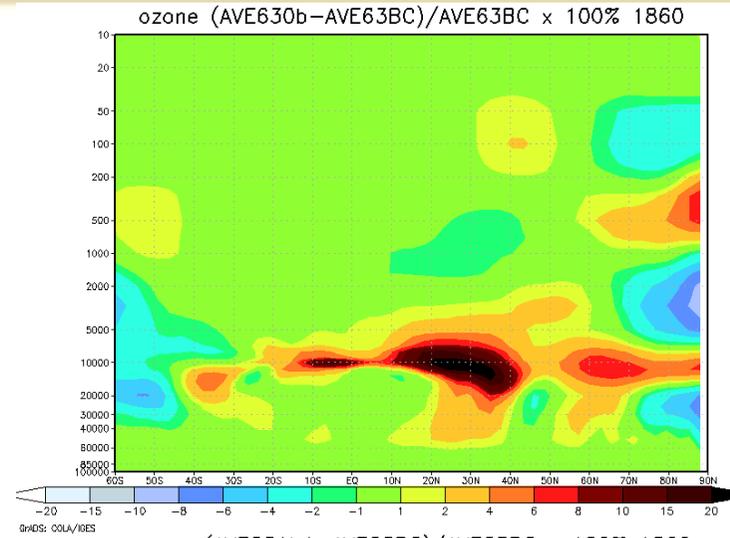
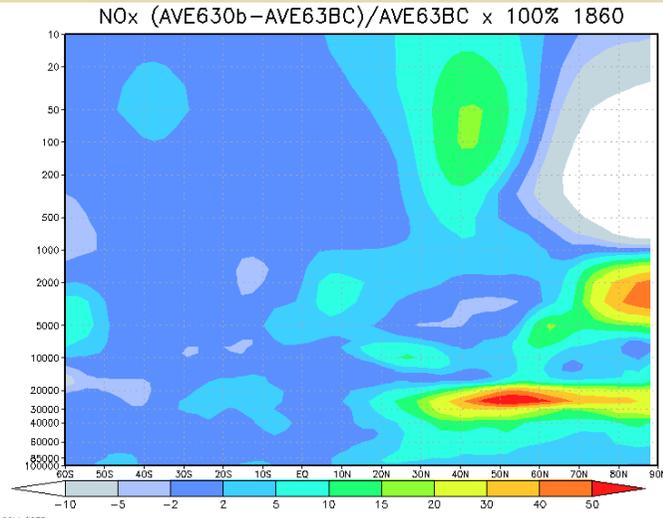


## Paramétrisation chimique du sillage (1/2)

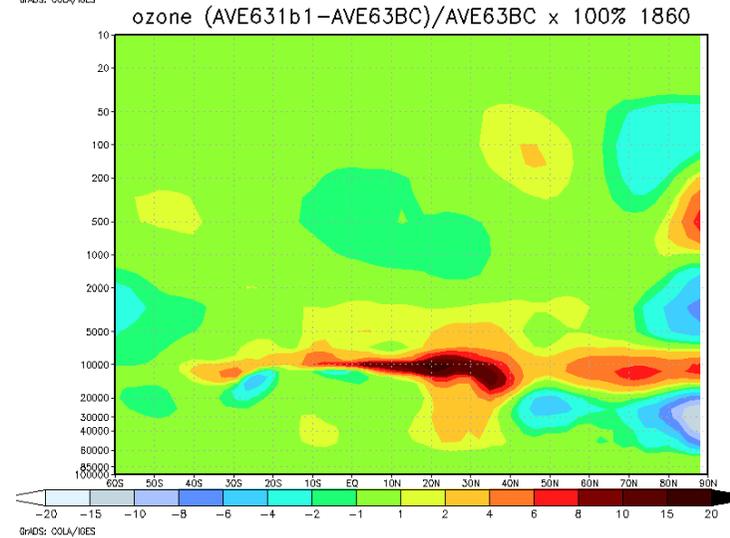
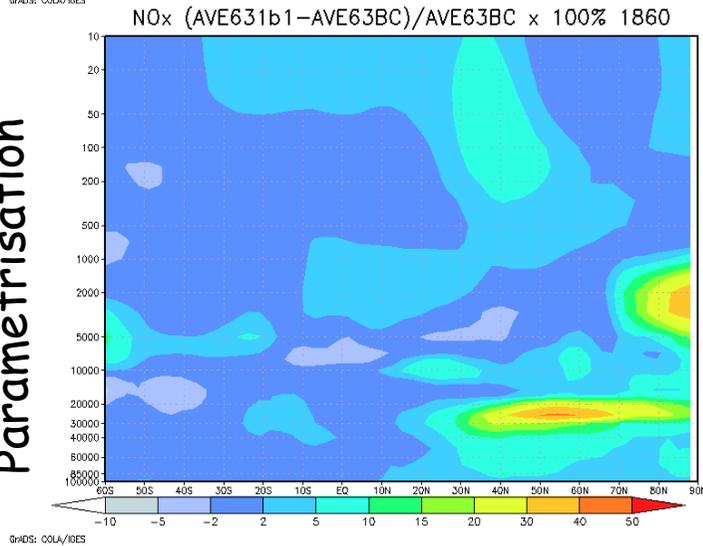
- Problème de la représentation du sillage d'un avion dans la maille d'un modèle global
- Non-linéarités chimiques durant la phase de dispersion des émissions de NO<sub>x</sub>
- Méthode des vitesses de réactions chimiques effectives (Cariolle et al., JGR, 2009)
- Introduction d'un traceur "fuel" (exhaust) avec un temps de vie, reproduisant la quantité de matière dans le sillage
- Modulation de l'impact des NO<sub>x</sub> dus aux avions sur la chimie de l'ozone

# Paramétrisation chimique du sillage (2/2)

injection classique



Paramétrisation



## paramétrisation des traînées de condensation (1/2)

- **Traînées de condensation et cirrus induits** (CIC pour Contrail Induced Cloudiness)
- Introduction d'un traceur avec temps de vie  $\tau$
- Hypothèse de condensation de la vapeur d'eau quand  $T < -40^{\circ}\text{C}$  et  $\text{RH} > 80\%$
- Rapport de mélange des nuages de glace à grand échelle est perturbé par

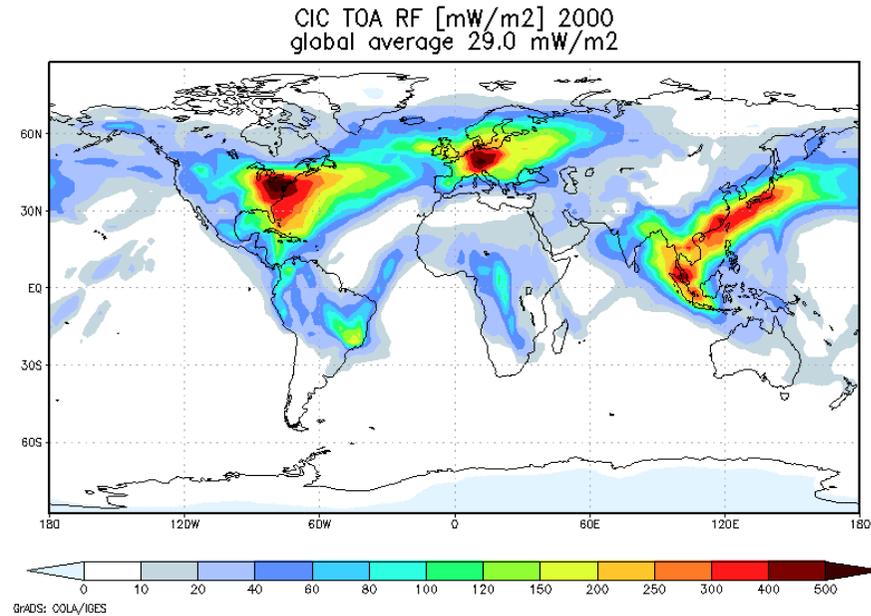
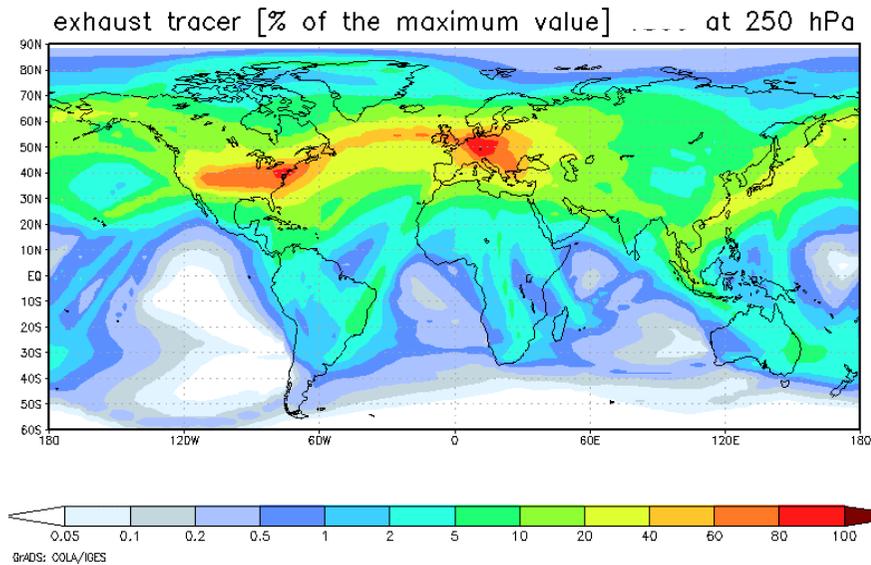
$$\text{constant} \times C_{\text{tracer}}$$

avec *constante* calibrée pour obtenir le forçage radiatif au sommet de l'atmosphère pour les CIC en 2000-2005, e.g.  $31 \text{ mW/m}^2$  (Burkhardt et Karcher, 2011)



# paramétrisation des traînées de condensation (2/2)

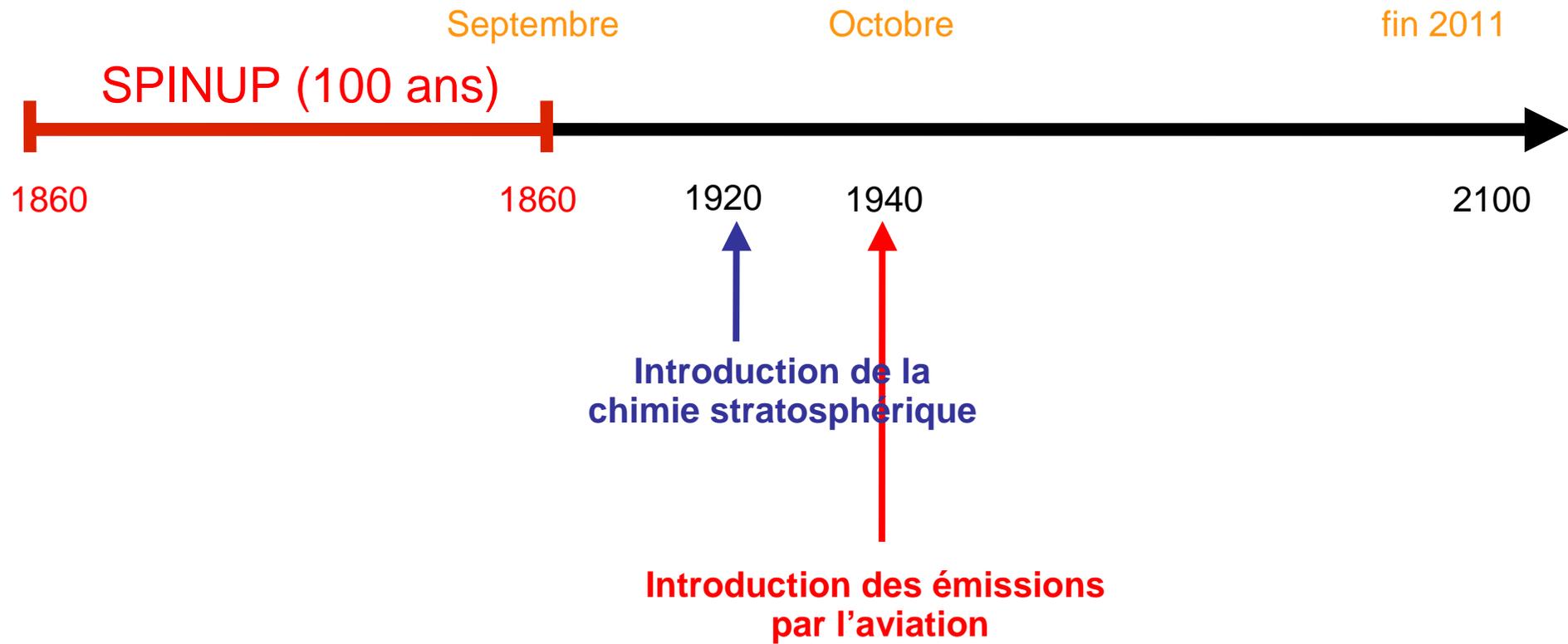
## Contrail Induced Cloudiness



# Plan

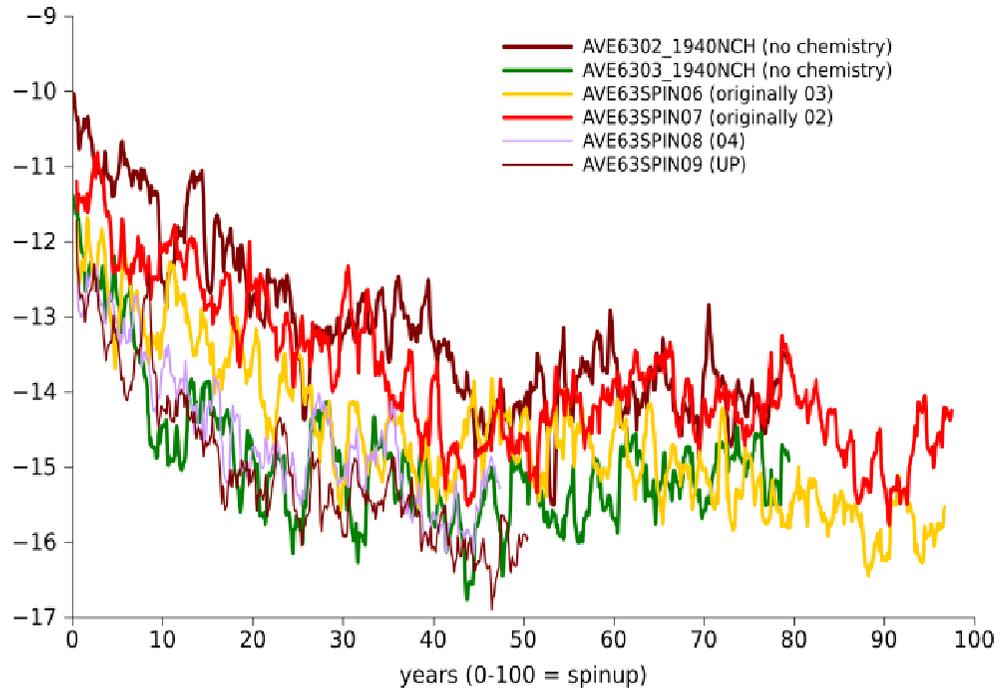
- ≡ Le programme ITAAC
- ≡ Le modèle couplé océan-atmosphère CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique
  - Description de la chimie stratosphérique
  - Configuration pour l'étude d'impact de l'aviation
- Simulations : description et résultats
- ≡ Conclusions

# Simulations

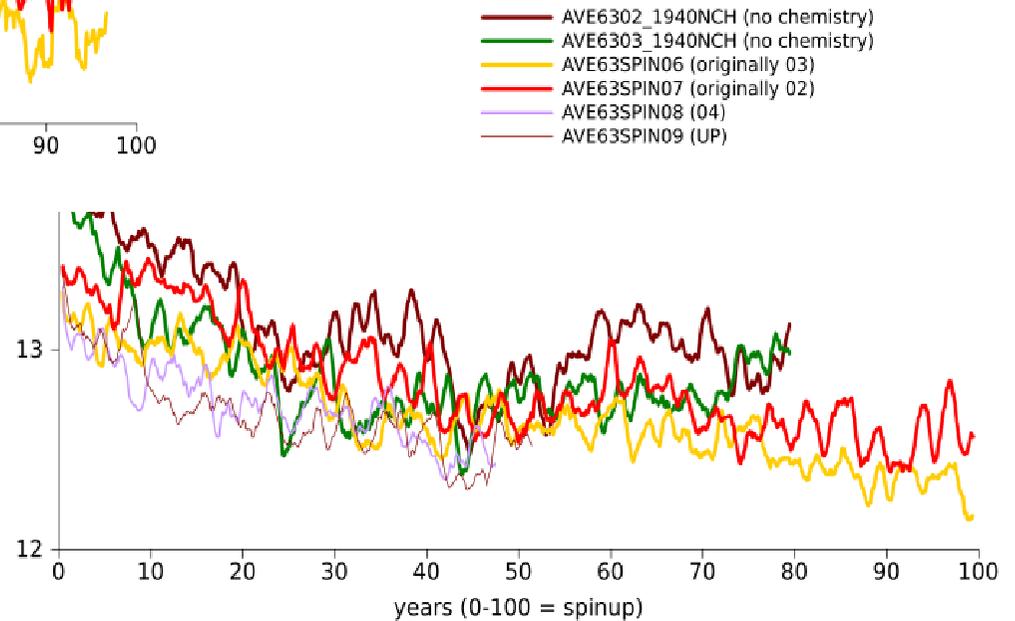


# Spinups - temperature

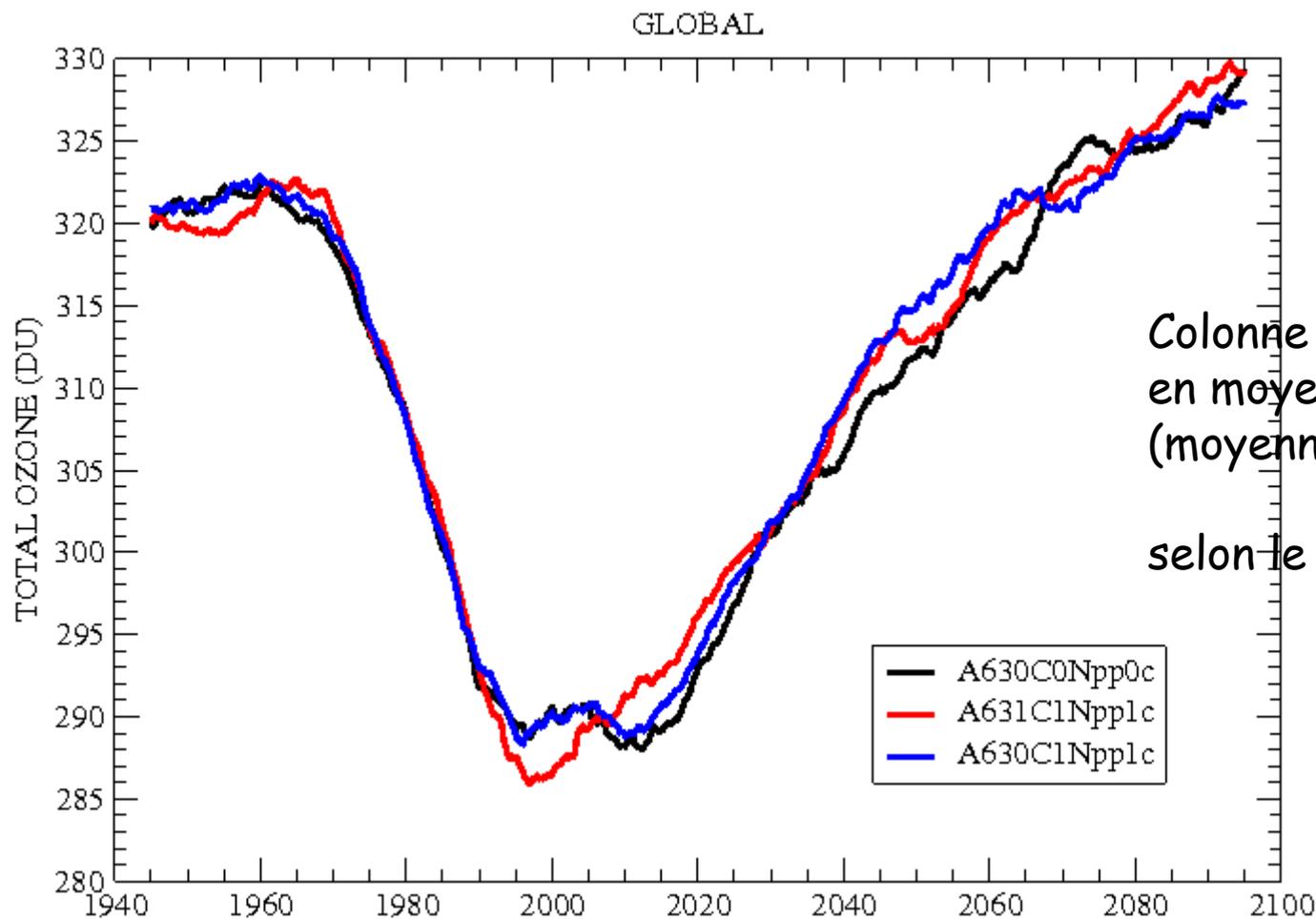
2 m temperature [degC] North Pole



2 m global temperature [degC]



# CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique



Colonne d'ozone (Dobsons)  
en moyenne globale  
(moyenne glissante sur 10 ans)  
selon le scénario RCP4.5

## Conclusions

Version de CNRM-CM5 avec chimie stratosphérique développée pour l'étude l'impact des avions sur l'atmosphère

Réalisation des simulations : premiers résultats prometteurs

Simulations d'ensemble à terminer

Analyse à réaliser