

NARCM :

Northern Aerosol

Regional Climate Model

Lubos Spacek

bureau 525

tél : 412-7273

<Lubos.Spacek@ec.gc.ca>

Table des matières

Le but du projet NARCM

- ▷ *créer un modèle régional avec la chimie et microphysique des aérosols*
- ▷ *effectuer les simulations climatiques en Arctique pour identifier le rôle des émissions anthropique en Arctique*
- ▷ *implanter le code dans le modèle global*

Description du modèle

Test du modèle

- ▷ *contre les observation terrestres*
- ▷ *contre les observation satellitaires*

Discussion (météorologie et chimie)

Expérience finale (pas encore réalisée)

Conclusion

Description

La base de NARCM est le Modèle Régional du Climat

- Dynamique
 - ▷ *semi-lagrangien semi-implicite*
 - ▷ *advection de traceurs*
- Physique
 - ▷ *Version CGCM II.*
 - ▷ *condensation, transport convectif d'aérosols, processus de surface*

Chimie et microphysique étaient à développer

- *lessivage, nucléation, condensation, coagulation*
- *chimie dans les nuages et dans l'air clair*
- *processus nuageux et de surface*

Participants

- UQAM, Sherbrooke, McGill, Dalhousie
- SMC, CRESTech - Lidar Laboratory, Center for Research in Earth and Space Technology

Description

advection de traceurs

- **dans la version d'origine** il existait un traceur - eau liquide, généraliser le code à n traceurs

condensation

- **Lohmann, U. and E. Roeckner**, Design and performance of a new cloud microphysics scheme developed for the ECHAM general circulation model, *Clim. Dyn.* 12, 557-572, 1996. (concentration de sulphates pour calculer tr03)
 - ▷ *tr01 eau liquide*
 - ▷ *tr02 cristaux de glace*
 - ▷ *tr03 concentration de particules nuageuses*
 - ▷ *tr04 nébulosité*

transport convectif de traceurs

- **convection** basée sur CAPE développée à CCCma (généralisée pour n traceurs)

processus de surface

- **CLASS** (Canadian Land Surface Scheme) très difficile, numériquement instable exigeant compiler tout le modèle à l'aide de **-r8 -i4**

Description

modèle colonne

- a servi pour développer de nouveaux paramétrages
- il a fonctionné au début avec les tendances dynamiques extraites du modèle global
- plus tard avec les observations

tailles d'aérosols

- 8 sections 0.01, 0.019, 0.037, 0.073, 0.14, 0.27, 0.53, 1.03 μm
- 12 sections plus tard 0.005, 0.01, 0.02, . . . , 10.24, 20.48 μm

espèces (5)

- particles (60)
 - ▷ *sel de mer, sulphates, suie, poussière, organiques*
- gaz (5)
 - ▷ *H₂S, DMS, SO₂, H₂SO₄, H₂O₂*
- nuage (4)
 - ▷ *gouttelettes, cristaux, noyaux, nébulosité*
 - ▷ *en tout 69 traceurs*

Aérosols

- ▷ *sont représentés par un mélange internal*
- ▷ *les paramétrages tiennent compte des tailles de particules*
- ▷ *les tendances de masse peuvent être exprimée*

$$\frac{\partial C_{ip}}{\partial t} = \frac{\partial C_{ip}^{dyn}}{\partial t} + \frac{\partial C_{ip}^{src}}{\partial t} + \frac{\partial C_{ip}^{cla}}{\partial t} + \frac{\partial C_{ip}^{dry}}{\partial t} + \frac{\partial C_{ip}^{icl}}{\partial t} + \frac{\partial C_{ip}^{bcl}}{\partial t}$$

- ▷ *i représente le diamètre sec, p le typ d'aérosol*
- ▷ *les dimensions réelles de particules dépendent de l'humidité ambiante*

Test du modèle

Version sulphates et sel de mer

- le premier plus grand test a été lancée quand le cycle du soufre complet a été réalisé
- une base de données d'observations terrestres a été crée dans la première phase
 - ▷ *pour faire des comparaisons directes aux observations (concentration, spectrum, etc.)*
- dans la deuxième étape les données satellitaires LITE (Lidar In-space Technology Experiment), un instrument canadien a fait des observation au bord de la navette NASA
- en parallèle avec COSAM (Comparison of Sulphate Aerosol Models), le budget du soufre sur la Côte Est de l'Amérique du Nord a été calculé
 - ▷ *backscattering coefficient a été calculé dans le modèle et extrait des observations*
- les source des polluants les plus précises que possible étaient nécessaires

sources

The GEIA 1985 1-B inventory *Benkovitz et al.*, 1996

- anthropique SO_2 et SO_4^{2-}
- natural DMS et H_2S

NCAR Mozart model *Brasseur et al.*, 1998

- O_3 , H_2O_2 valeurs moyennes quotidiennes
- OH and NO_3 valeurs moyennes quotidiennes redistribuées selon l'angle zénithal du Soleil

modification

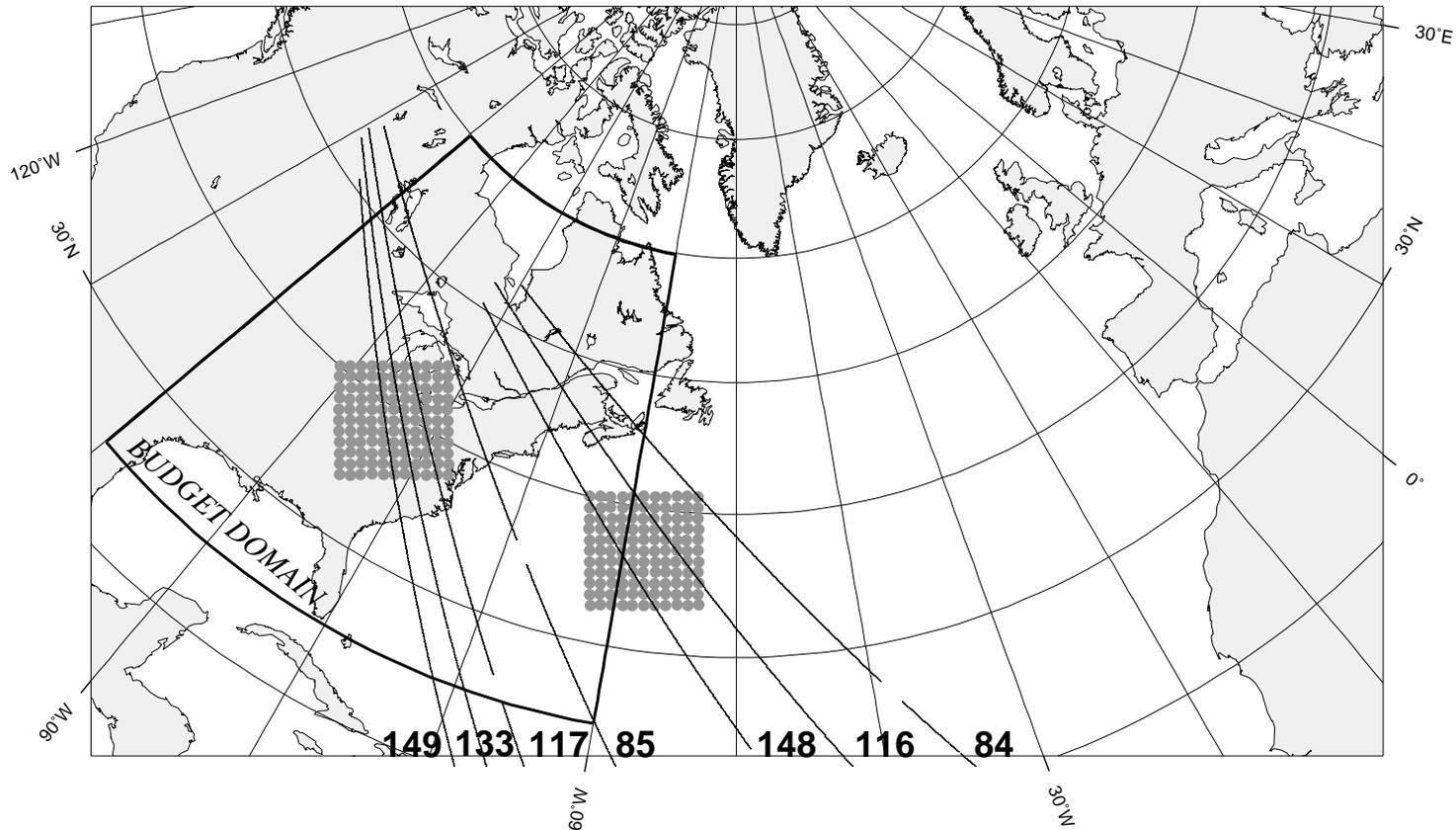
- de taux d'émissions s'est avérée nécessaire ces données proviennent de Atmospheric Aerosol Research Inc., Mississauga

sources

Region	State/Province	1994/1985
1	AL,FL,GA,SC	0.97
2	MN,WI,IA,IL,MO,AR,LA,MS	0.80
3	MI,IN,OH,PA,NY,MD,DE,NJ,DC,VA,NC,KY,TN	0.97
4	MA,ME,CT,RI,VT,NH	0.70
5	NB	0.98
6	NS,PE	0.96
7	NF	1.29
8	PQ	0.63
9	ON	0.42

Scale factors used to adjust the GEIA 1985 1-B inventory

Configuration



grille : 120 x 70 x 22

début : 7 sep 1994 00Z

orbites satellitaires

centre : (50N,50W)

$\Delta t = 1200$ s

fin : 20 sep 1994 00Z

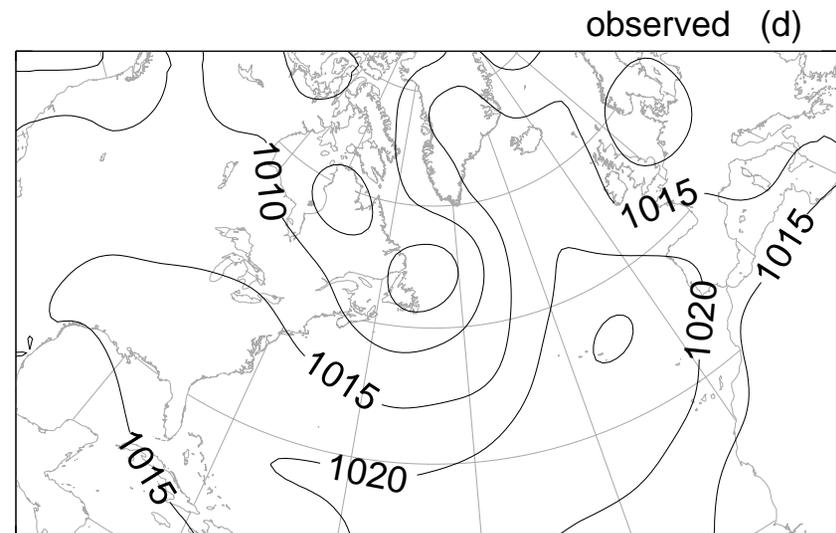
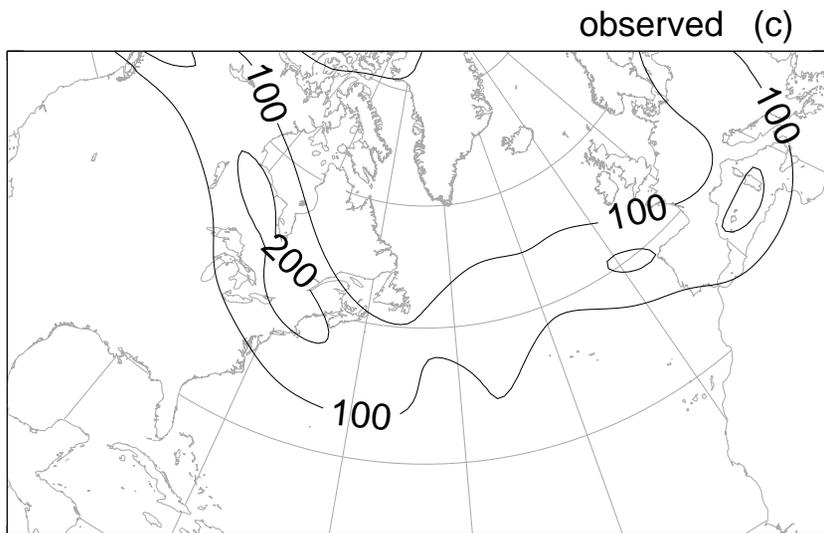
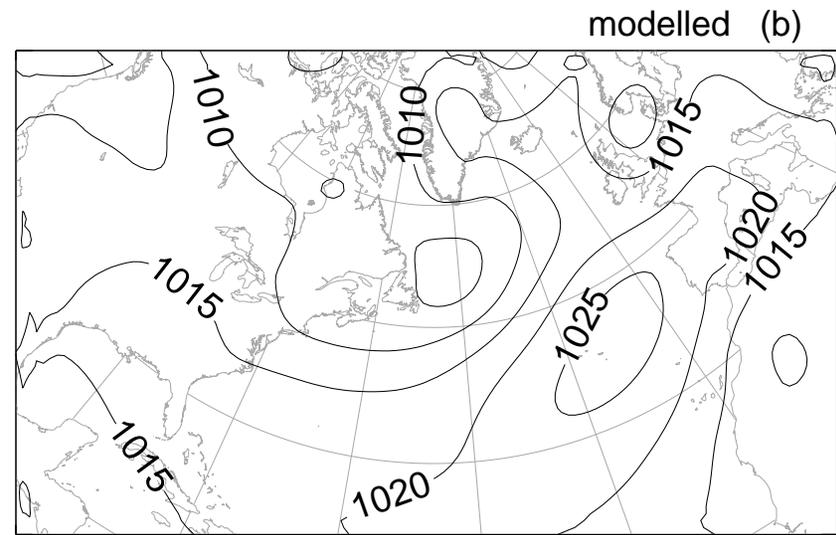
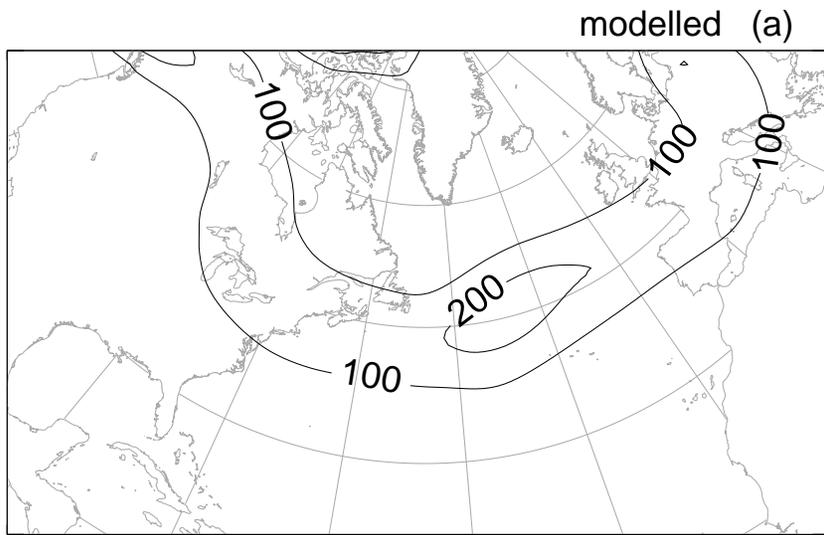
domaine du budget

$h = 100$ km

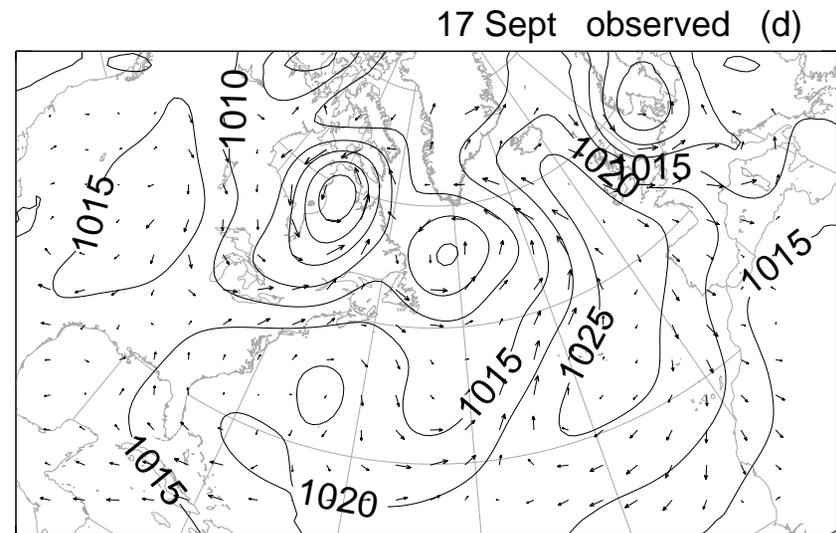
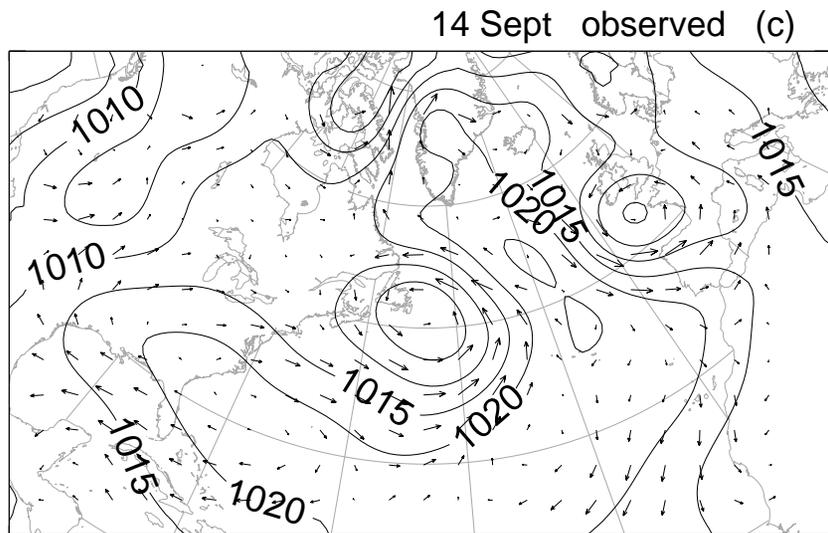
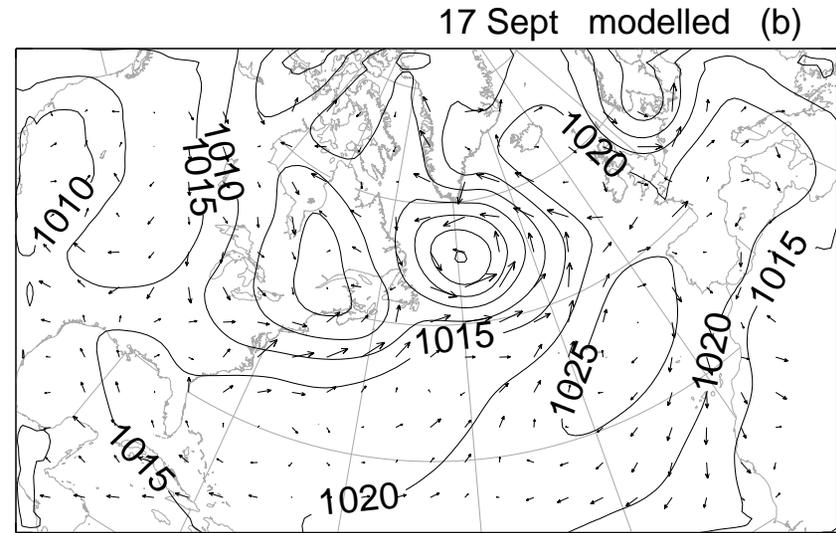
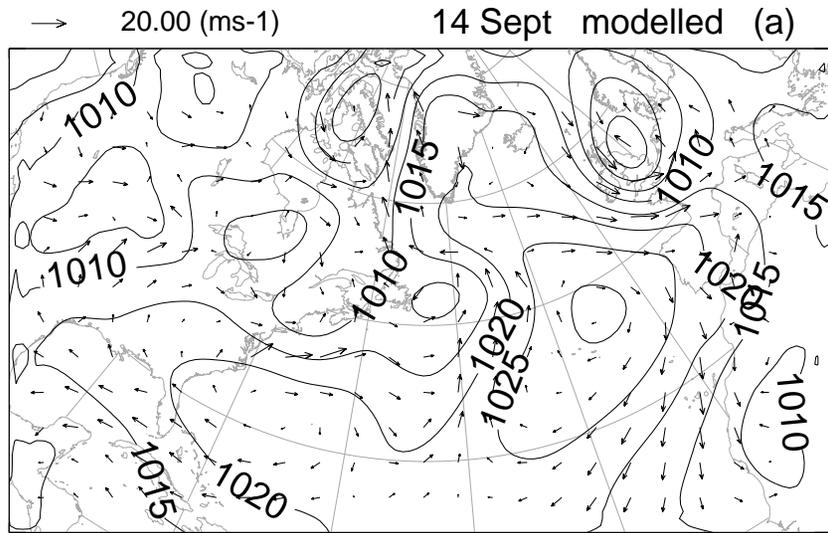
cible : 13-19, 14, 17

2 carré (spectre)

*Mean kinetic energy (J/kg) at 500 hPa and mean sea level pressure (hPa)
13-19 September 1994, (a,b) modelled, (c,d) observed*

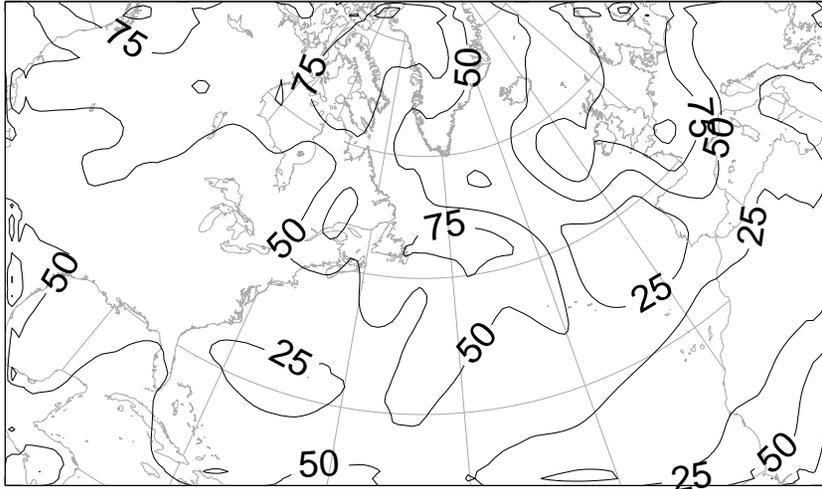


*Analyzed mean sea level pressure (hPa) and wind speed (m/s)
for 14 and 17 September 1994 at 00Z, (a,b) modelled, (c,d) observed*

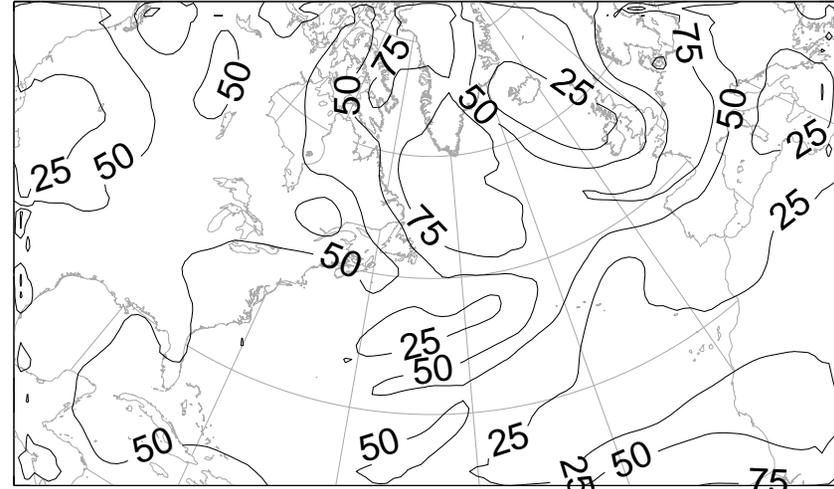


*Relative humidity (%) at 850 hPa for 14 and 17 September 1994 at 00Z,
(a,b) modelled, (c,d) observed*

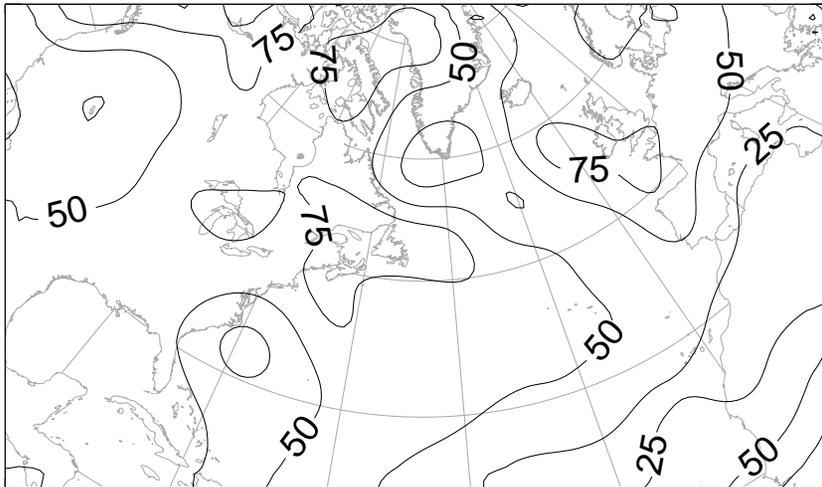
14 Sept modelled (a)



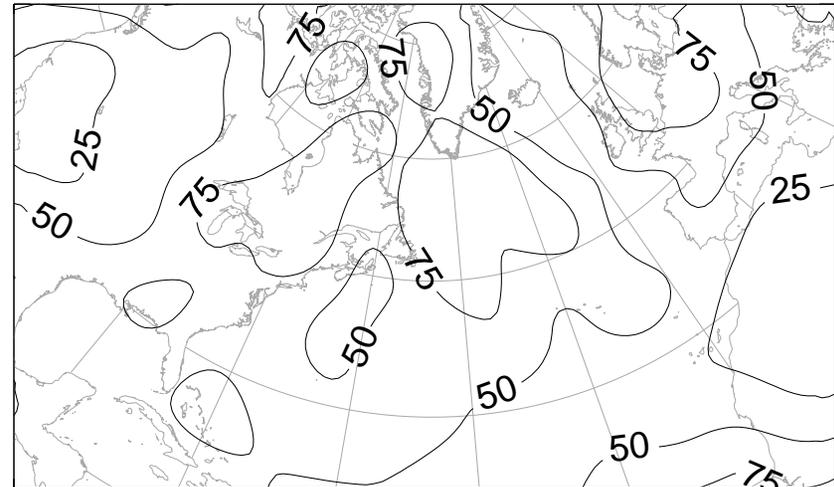
17 Sept modelled (b)



14 Sept observed (c)

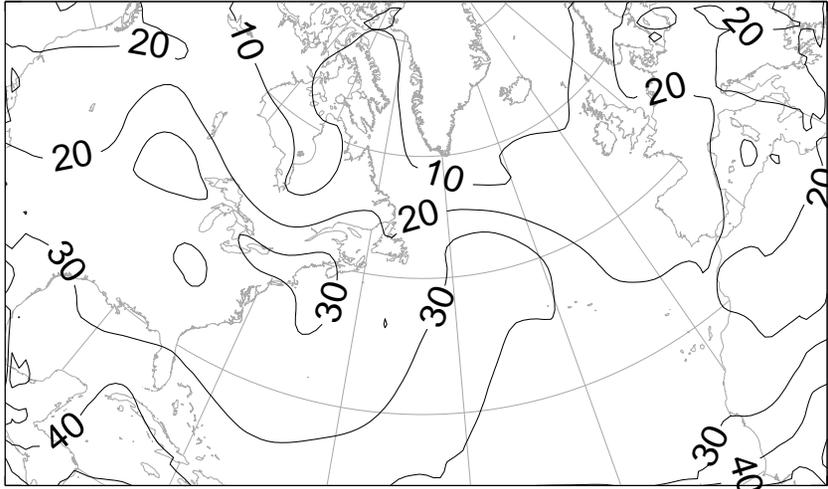


17 Sept observed (d)

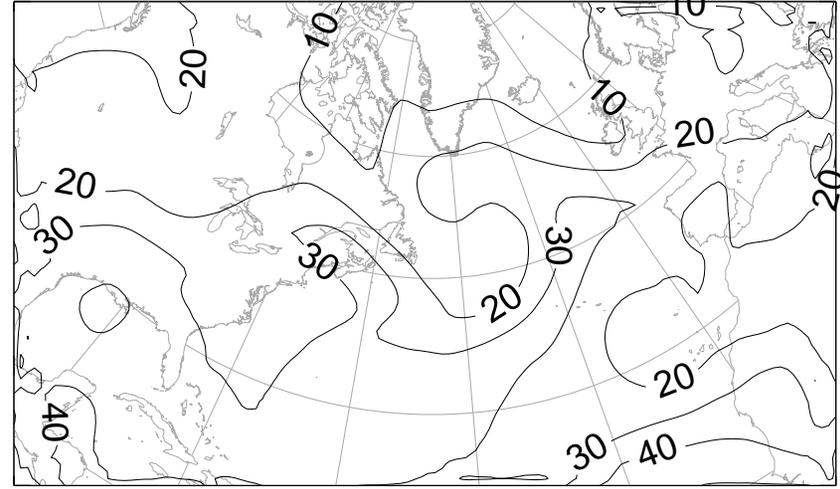


*Precipitable water (mm) for 14 and 17 September 1994 at 00Z,
(a,b) modelled, (c,d) observed*

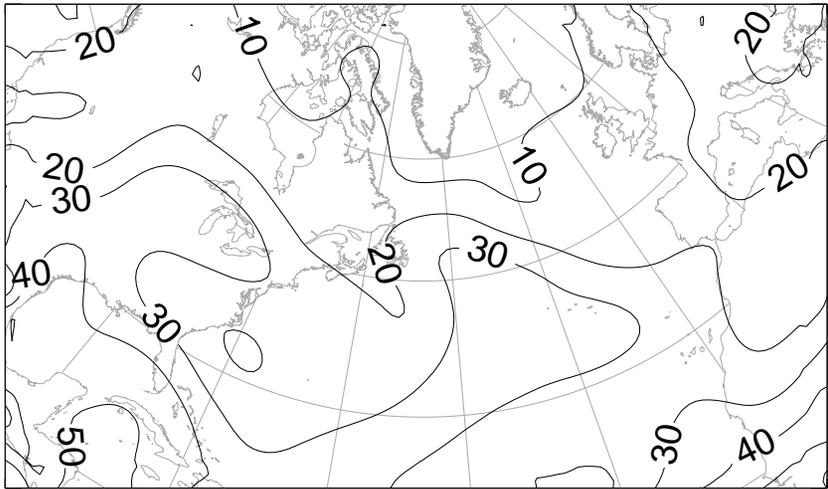
14 Sept modelled (a)



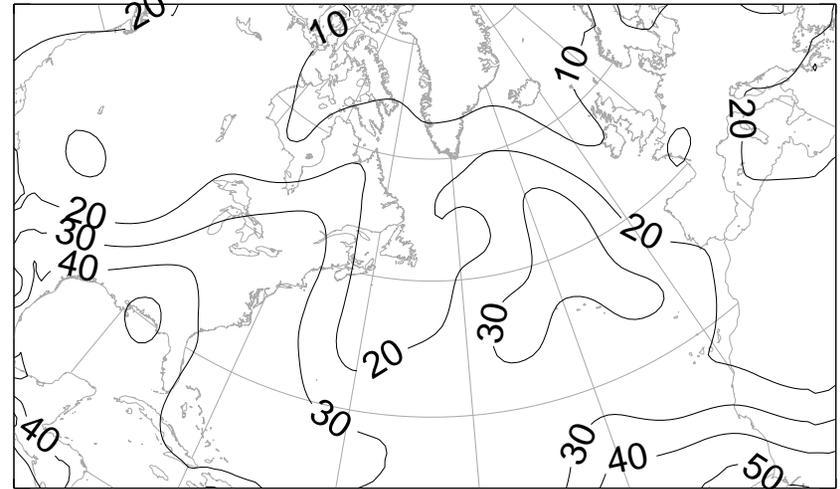
17 Sept modelled (b)



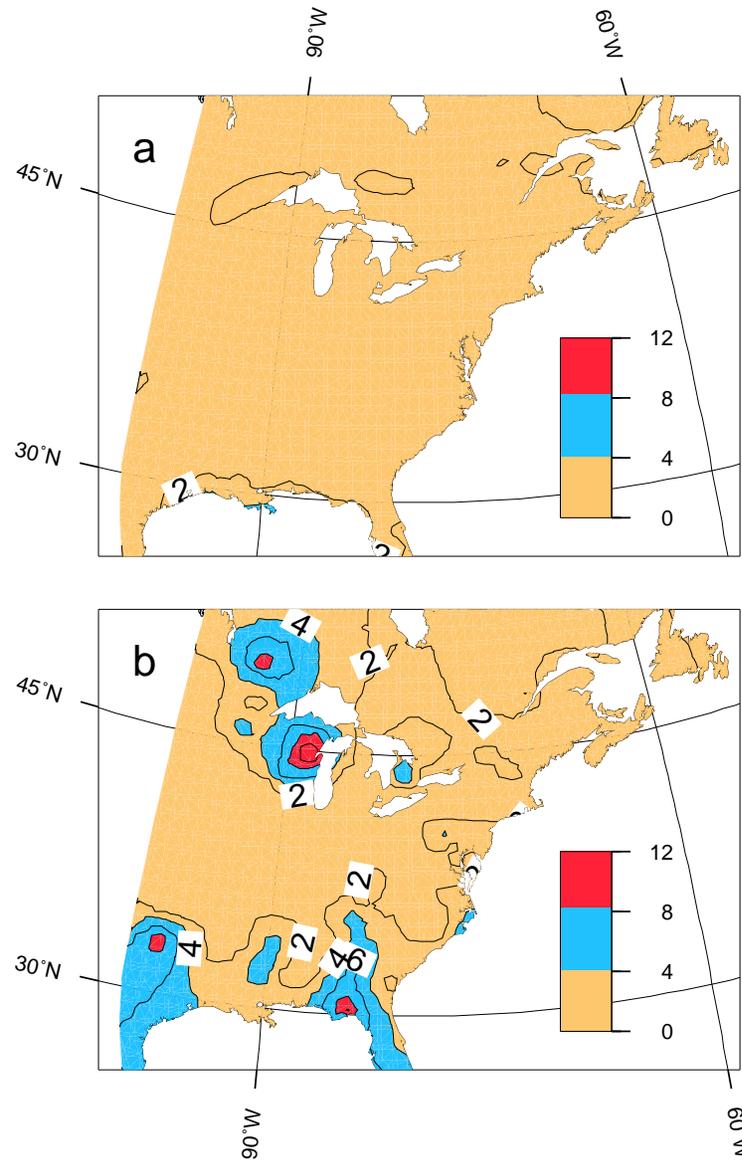
14 Sept observed (c)



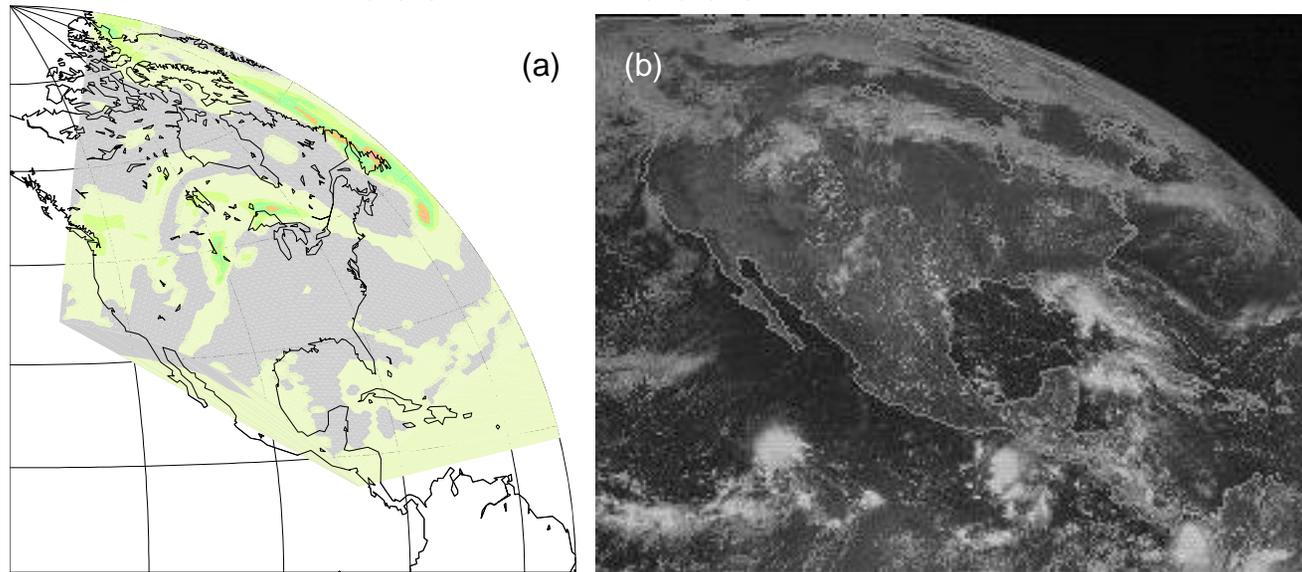
17 Sept observed (d)



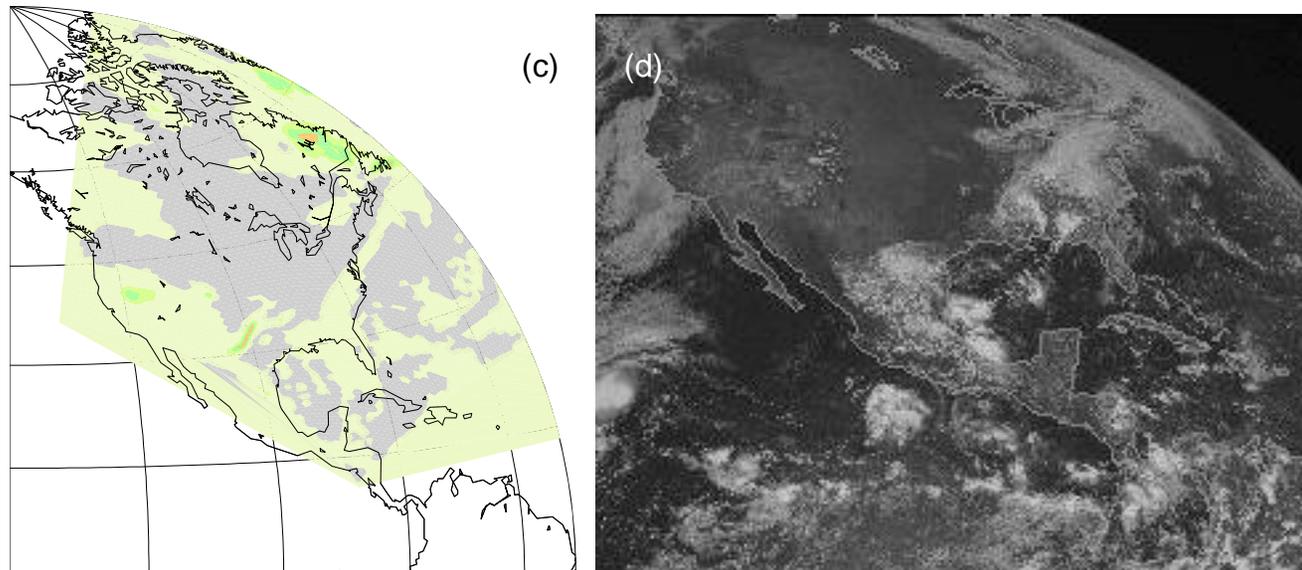
*Total precipitation amount (mm) for 13-19 September 1994,
(a) modelled, (b) observed*



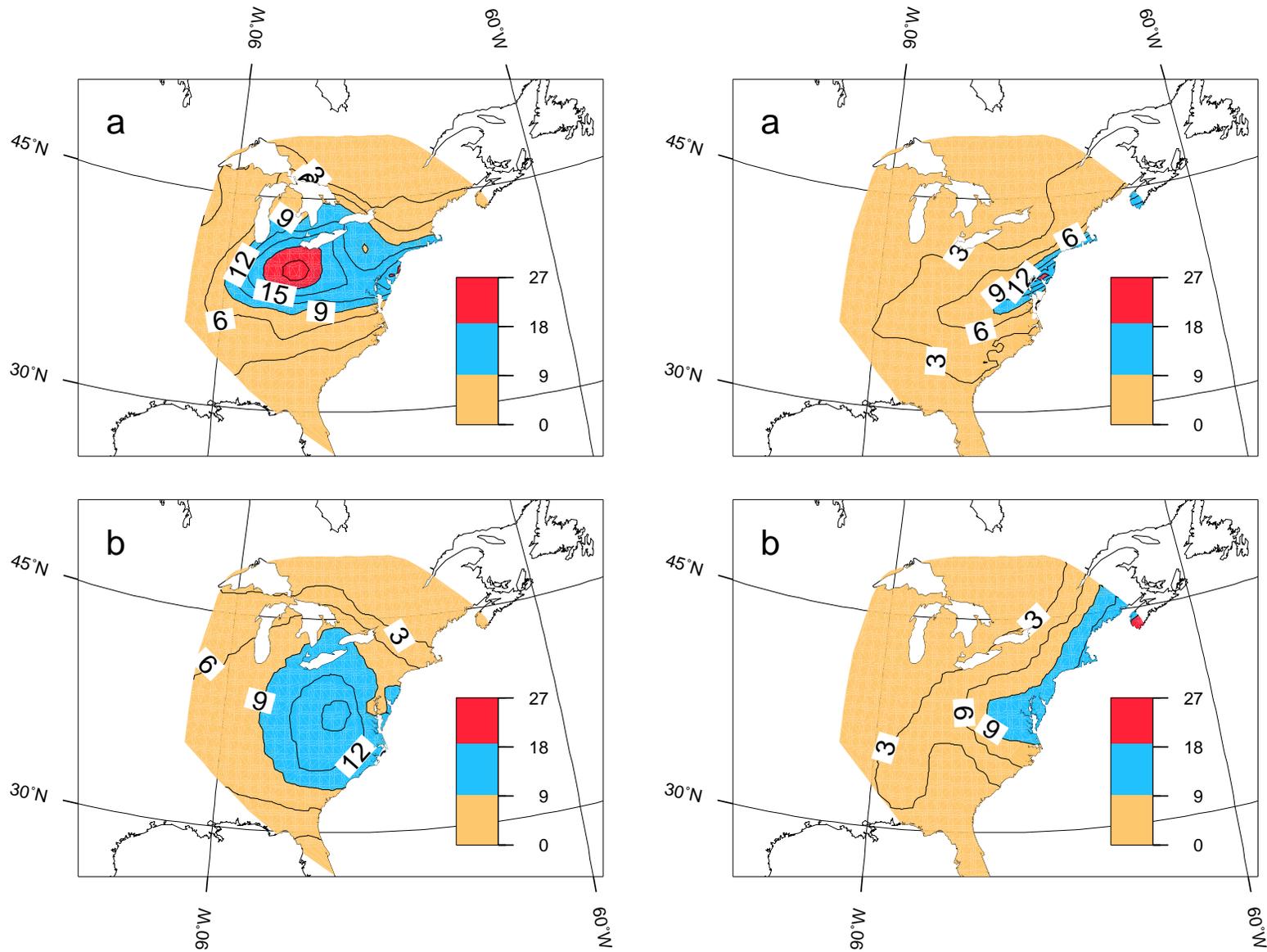
*Cloudiness for 14 and 17 September 1994 at 18Z
(a,c) modelled, (b,d) observed*



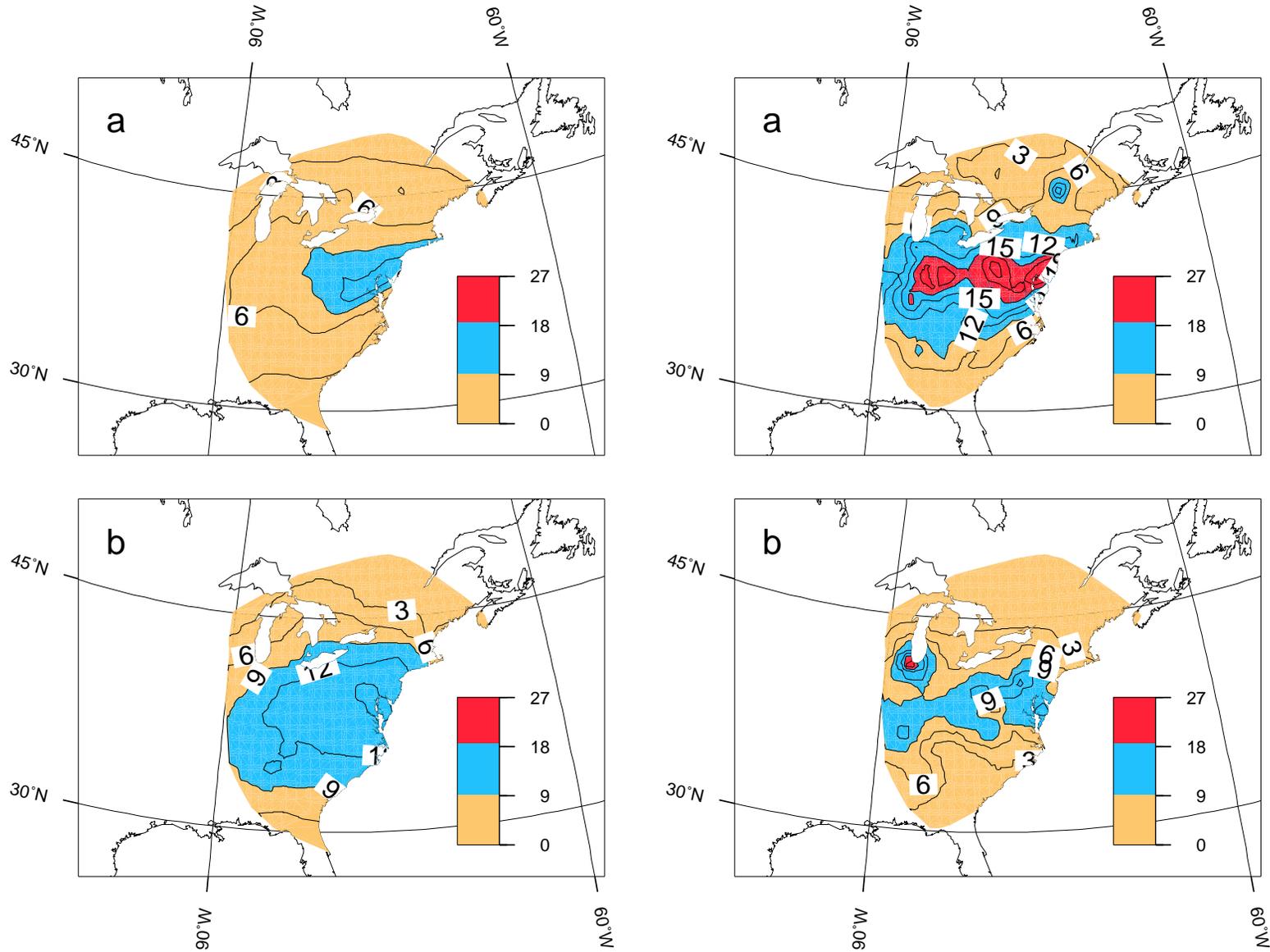
17 September 1994



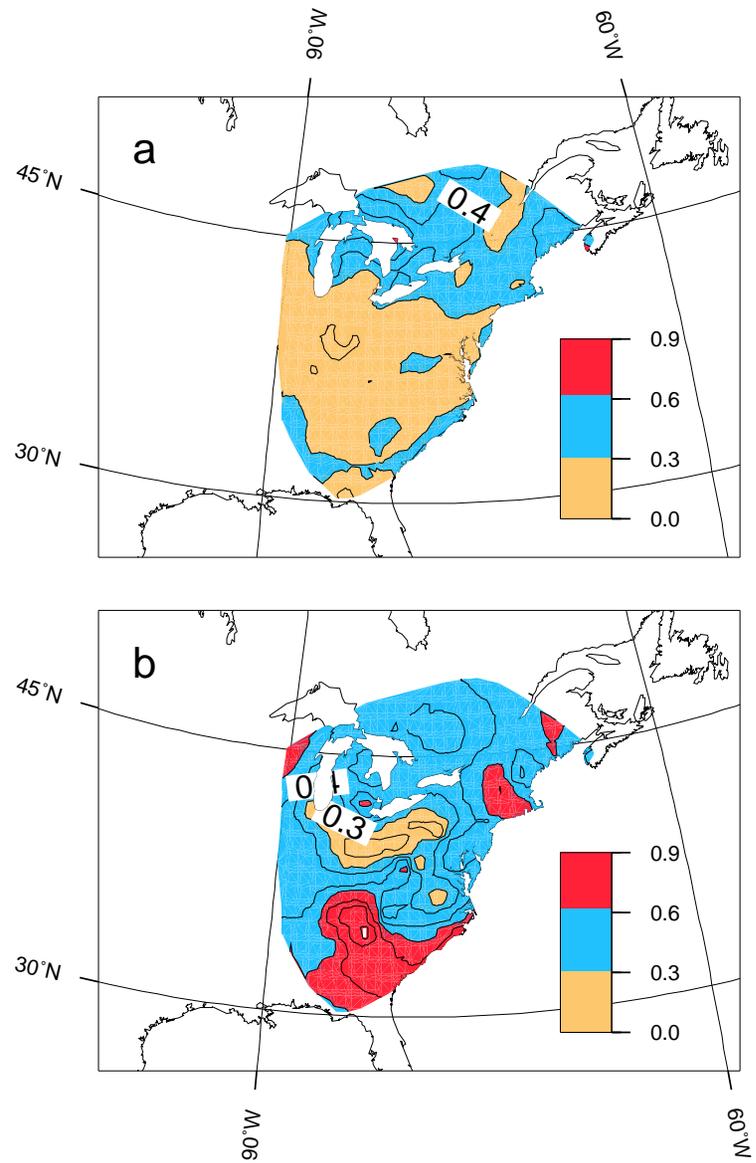
Daily mean SO_4^{2-} surface level concentration ($\mu g/m^3$) for 14 and 17 September 1994,
 (a) modelled, (b) observed



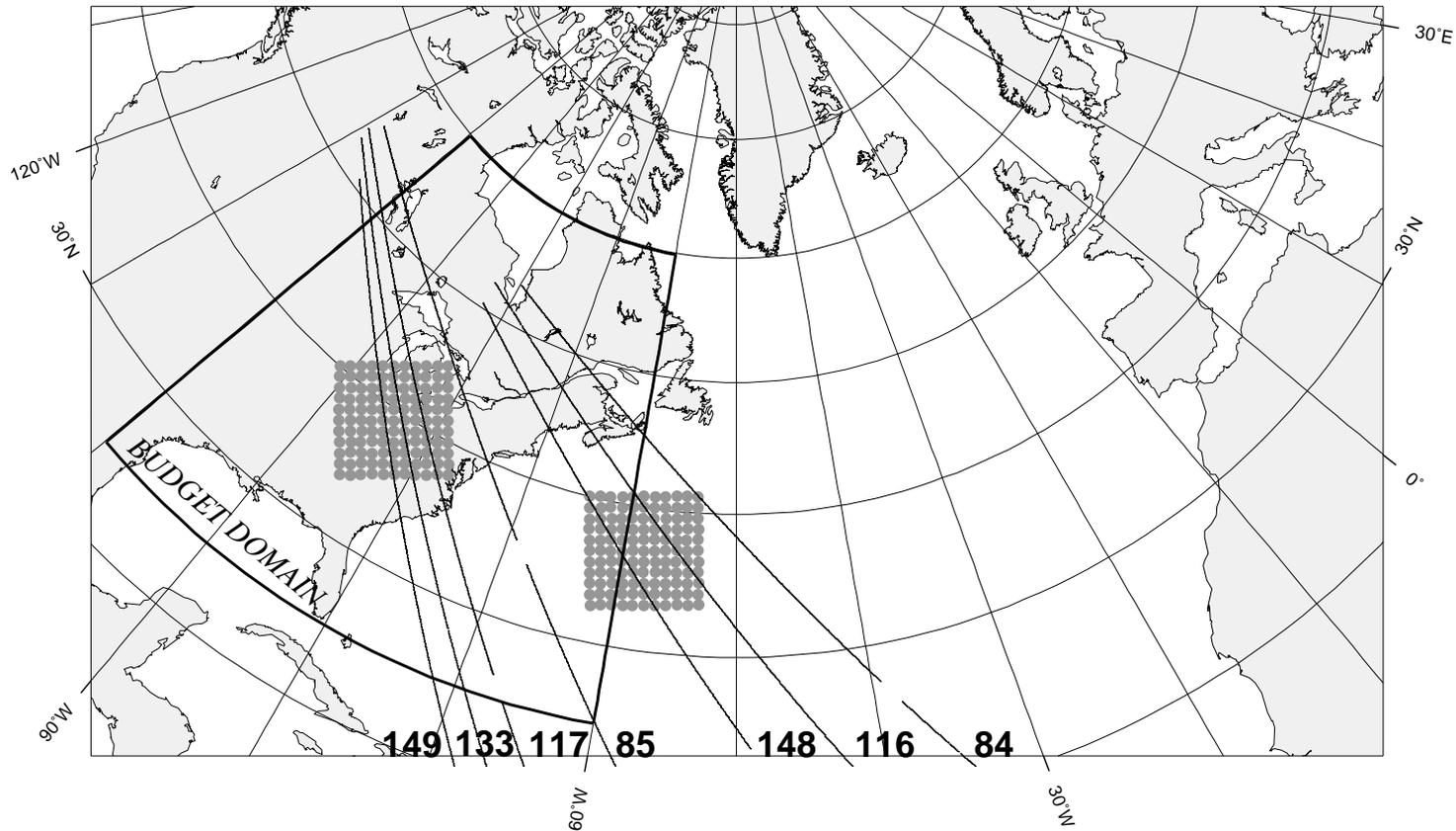
*Weekly mean SO_4^{2-} and SO_2 surface level concentration ($\mu g/m^3$)
13-19 September 1994, (a) modelled, (b) observed*



*Mean SO_4^{2-}/SO_x concentration ratio 13-19 September 1994,
(a) modelled, (b) observed*



Configuration



grille : 120 x 70 x 22

début : 7 sep 1994 00Z

orbites satellitaires

centre : (50N,50W)

$\Delta t = 1200$ s

fin : 20 sep 1994 00Z

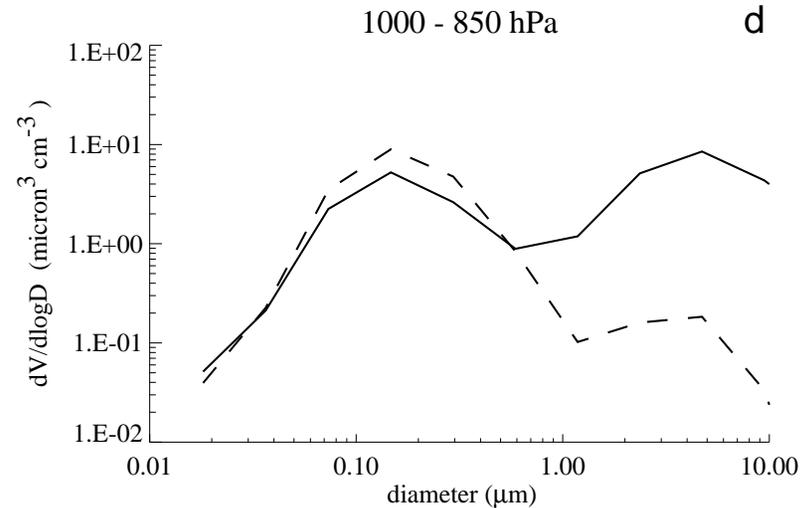
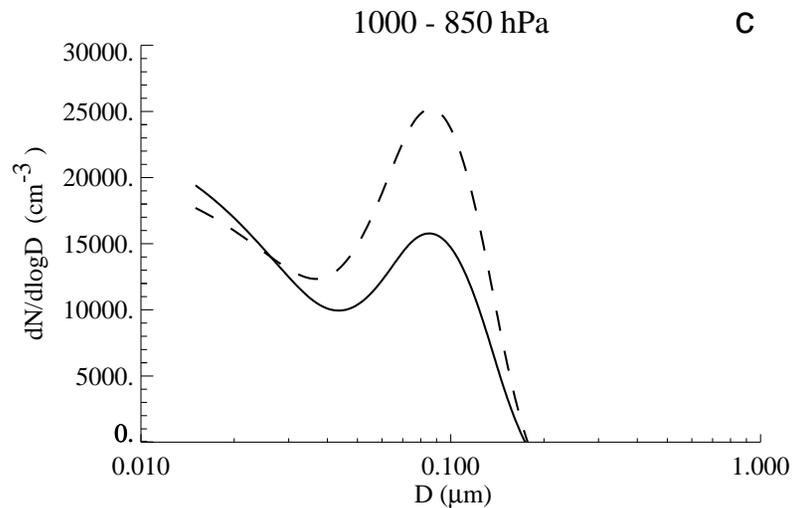
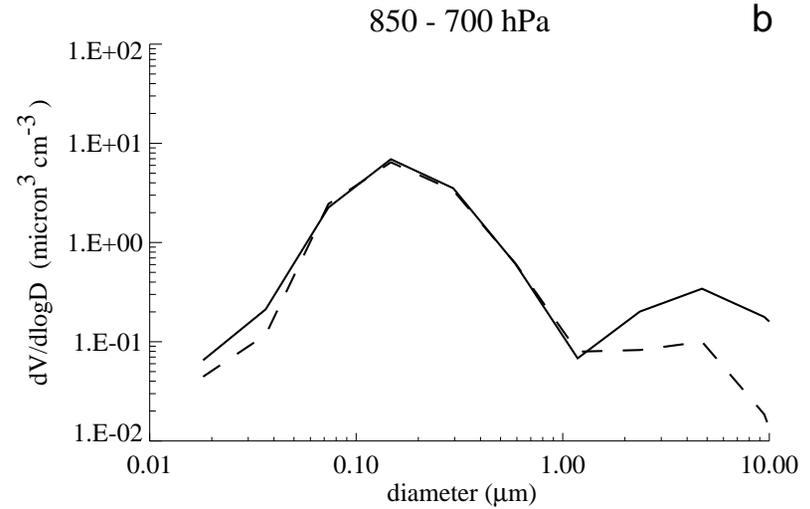
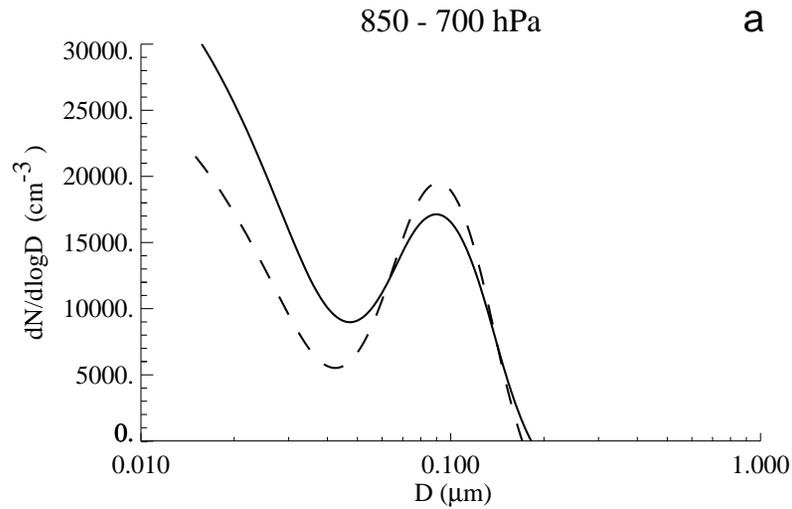
domaine du budget

$h = 100$ km

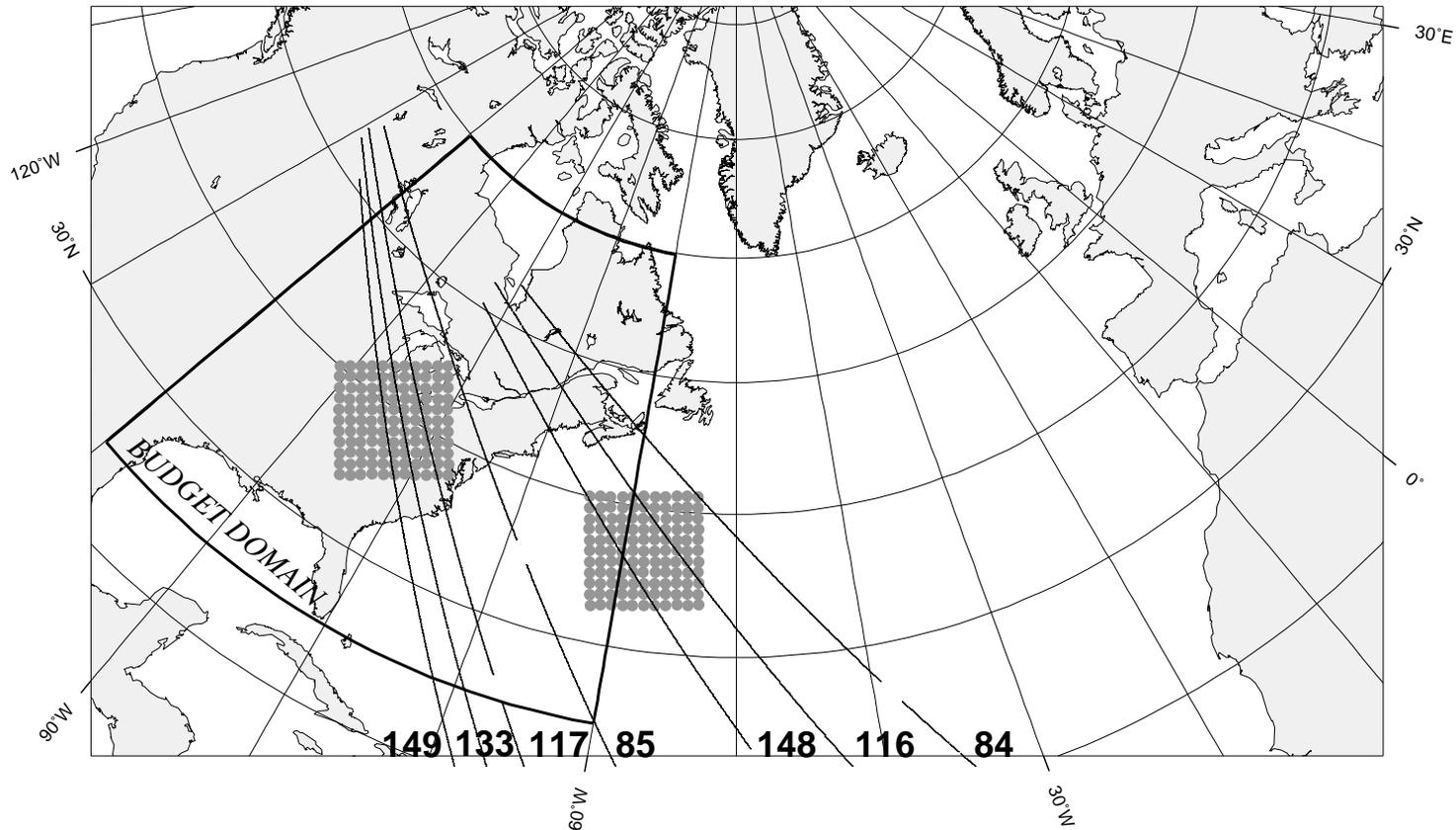
cible : 13-19, 14, 17

2 carré (spectre)

Comparison of weekly mean volume (b,d) and number size (a,c) distributions for west Atlantic (full line) and US Midwest (dashed line) all at 30%.



Configuration



grille : 120 x 70 x 22

début : 7 sep 1994 00Z

orbites satellitaires

centre : (50N,50W)

$\Delta t = 1200$ s

fin : 20 sep 1994 00Z

domaine du budget

h = 100 km

cible : 13-19, 14, 17

2 carré (spectre)

Budget Component [10^8 moles]	SO_4^{2-}	SO_2
	from the surface to 2.5 km	
1. Emissions	0.81	52.48
2. Dry D.Mass	-1.92	-12.49
3. Wet D.Mass	-6.28	-0.01
4. Clear-Air	17.47	-17.47
5. In-Cloud	4.15	-4.15
6. Hor. Export	-11.64	-11.03
7. Ver. Export	-5.65	-9.91
8. Layer Mass	8.43	14.60
9. Lifetime (days)	2.32	1.86
10.Sources	22.44	52.48
11.Sinks	-25.49	-55.06
12.Balance	-3.05	-2.58
13.Mass difference	-3.49	-2.27
14.Net imbalance	-0.44	0.31
	from 2.5 km to the top of the model	
1. Emissions	0.00	2.71
2. Dry D.Mass	-0.18	0.00
3. Wet D.Mass	-9.09	-0.04
4. Clear-Air	2.23	-2.23
5. In-Cloud	4.36	-4.36
6. Hor. Export	-7.14	-7.92
7. Ver. Export	5.65	9.91
8. Layer Mass	2.93	3.02
9. Lifetime (days)	1.25	1.45
10.Sources	12.25	12.62
11.Sinks	-16.40	-14.55
12.Balance	-4.16	-1.93
13.Mass difference	-1.20	-0.55
14.Net imbalance	2.96	1.39
	from the surface to the top of the model	
15. Net imbalance	2.52	1.51

Discussion

situation météorologique

- en général anticyclonique permettant l'accumulation de soufre sur la Côte Est
 - ▷ *le modèle a simulé correctement le passage du front froid*
 - ▷ *le modèle était trop sec (l'initialisation)*
- sous-estimation des sulphates (35%), surestimation de SO₂ (88%)
 - ▷ *moins d'humidité \implies moins de nuages*
 - ▷ *moins d'humidité \implies moins de précipitations*
 - ▷ *\implies faible oxidations dans les nuages*
- spectre déplacé vers les petites particules
 - ▷ *manque d'humidité*
 - ▷ *manque d'autres types d'aérosols*
 - ▷ *manque de transport de l'extérieur*
- le budget de soufre
 - ▷ *schéma SL donne des résultats satisfaisants*

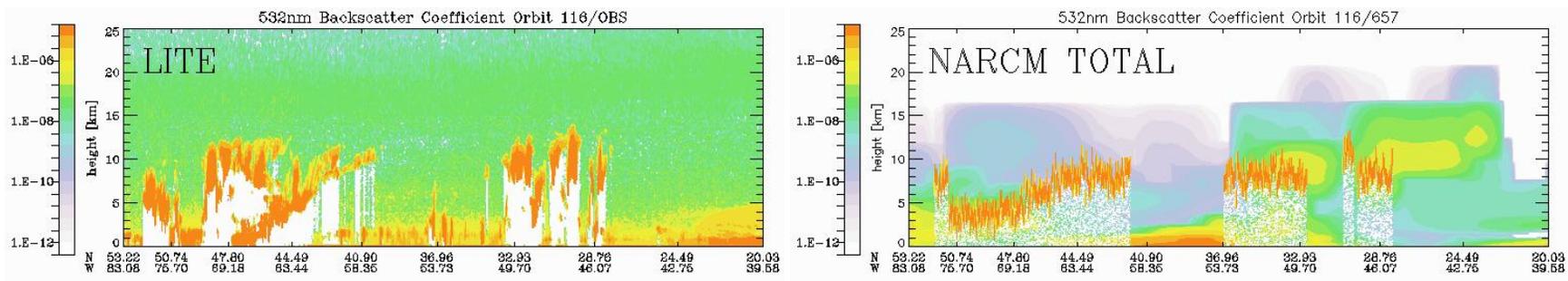
Discussion

Peut-on faire mieux ?

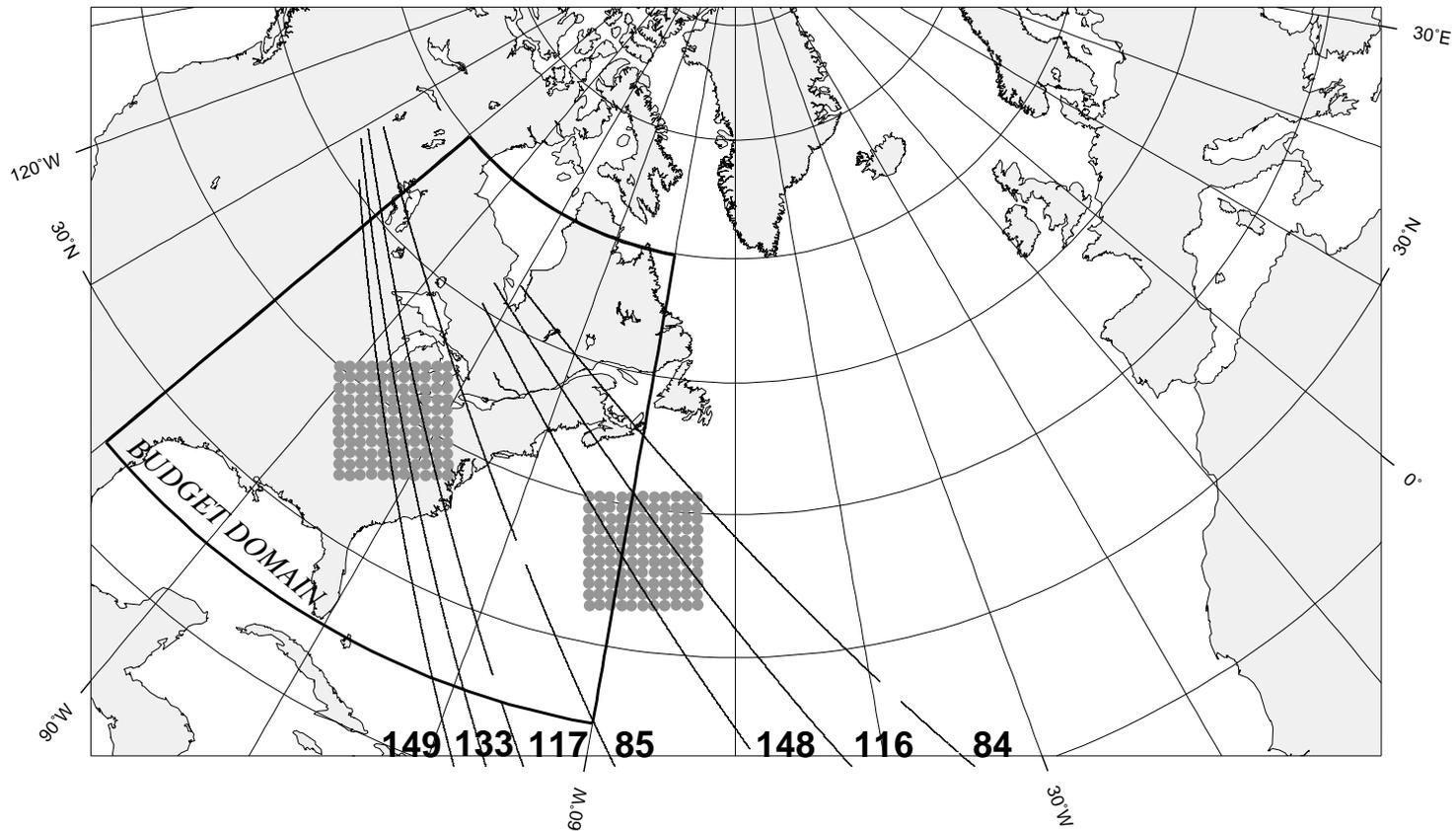
- on peut
 - ▷ *pilotage spectral - appliquer les onde longues à l'intérieur du domaine*
 - ▷ *une initialisation plus réaliste des champs géophysiques que par la climatologie*

On ne s'est pas laissé décourager et nous avons continué avec les observations satellitaires

- même si les résultats terrestres n'étaient pas satisfaisants les comparaisons satellitaires ont dévoilé beaucoup de choses
 - ▷ *backscattering coefficient*



Configuration

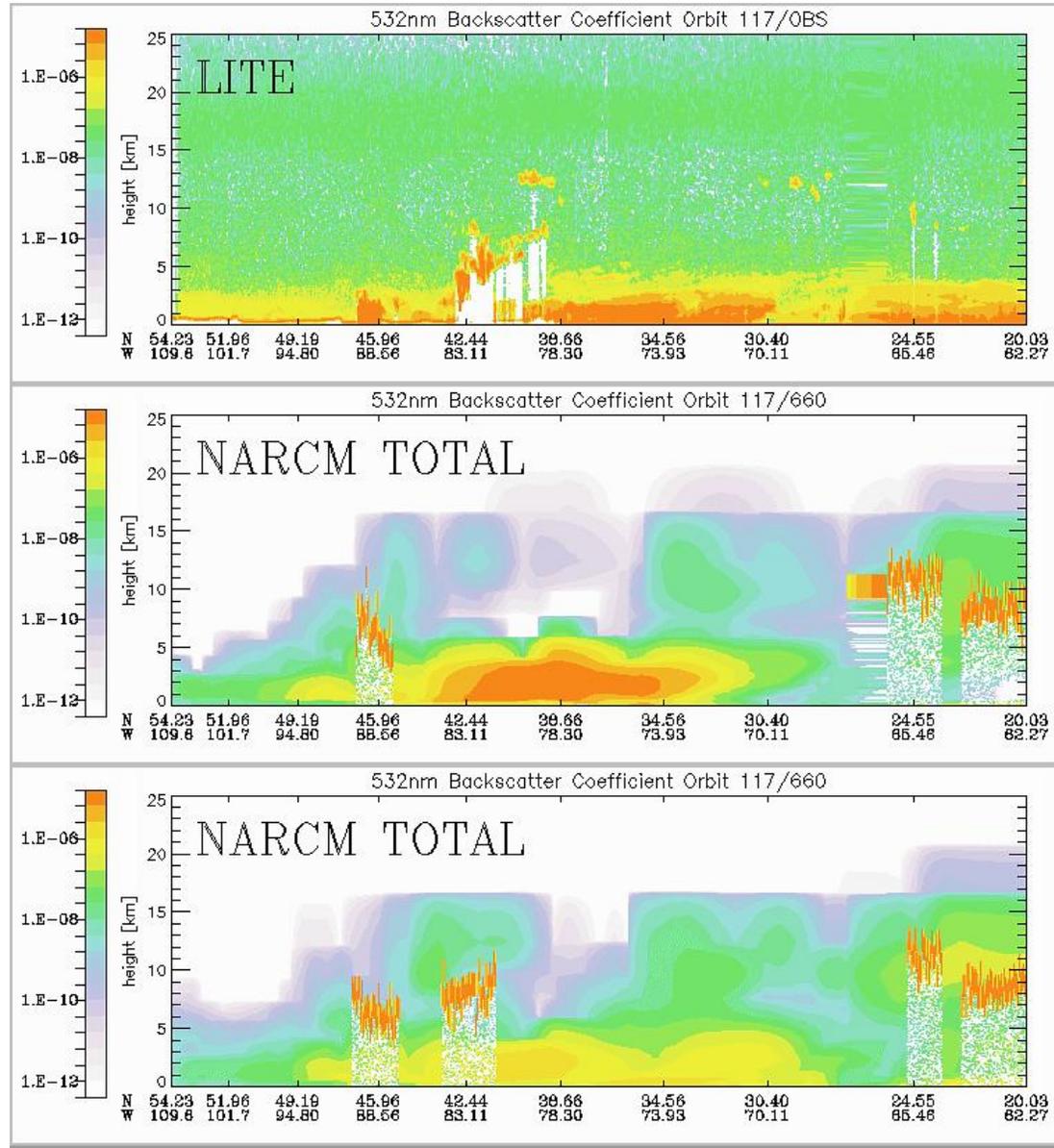


grille : 120 x 70 x 22
début : 7 sep 1994 00Z
orbites satellitaires

centre : (50N,50W)
 $\Delta t = 1200$ s
fin : 20 sep 1994 00Z
domaine du budget

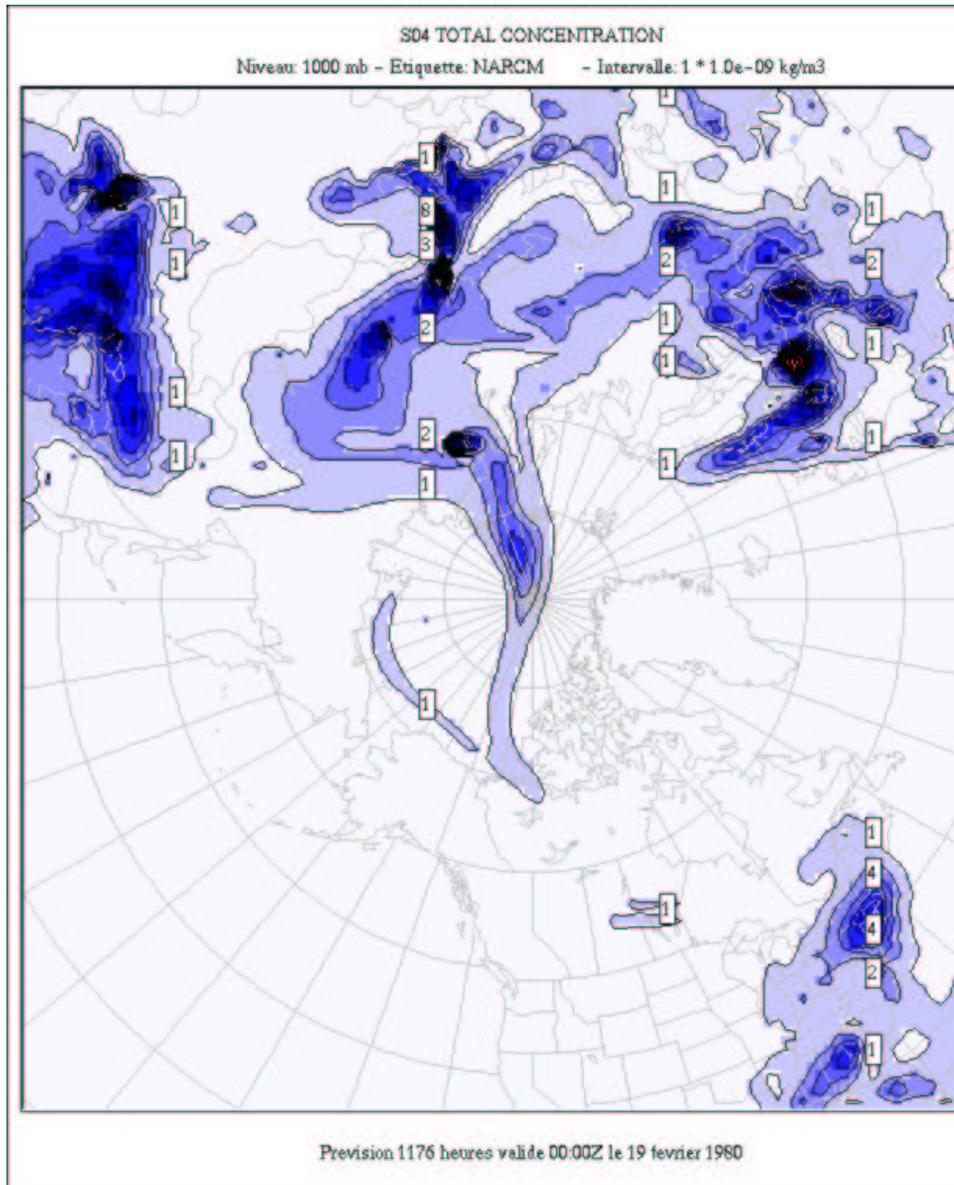
h = 100 km
cible : 13-19, 14, 17
2 carré (spectre)

LITE



Le but final de NARCM - 3 à 5 ans dans l'Arctique

Simulation du 1.9.1979 - 30.4.1980 avec une version du modèle simplifiée. Seulement les sulphates. On voit bien se produire l'événement qui s'appelle **Arctic Haze**



(en guise de) Conclusion

Question 1

- Jusqu'à où peut-on aller dans la diversité des processus qui gèrent la chimie et micro-physique des aérosols ?
 - ▷ *chaque nouvelle espèce et réaction augmentent considérablement les calculs*
 - ▷ *expérience hémisphérique seulement avec la version la plus simple*
 - ▷ *LITE avec 2 types d'aérosols (7 Gb, 8 heures = 30 min)*
 - ▷ *LITE avec 5 types d'aérosols (après l'optimisation, 13 Gb, 8 heures = 30 min)*
 - ▷ *refaire les comparaison - impossible*

Question 2

- Est-il bon d'exiger beaucoup d'espèces ?
 - ▷ *non*
 - ▷ *Description du modèle et comparaison avec les observation terrestre (refusé, peu d'espèces)*
 - ▷ *Comparaison avec les données satellitaires (accepté à cause de son originalité mais non publié aussi à cause de peu d'espèces)*