



Modélisation des aérosols et de la chimie  
au CNRM pour CMIP6

*P. Nabat, M. Michou, L. Watson et D. Saint-Martin*

# Quels aérosols pour CMIP ?

CMIP3

Model name		AOGCM				ESM				
		Atmos	Land Surface	Ocean	Sea-Ice	FC	Aerosol	Atmos Chem	Land Carbon	Ocean BGC
BCC-CM1	China					FC				
BCCR-BCM2.0	Norway									
CCSM3	USA									
CGCM3.1(T47)	Canada					FC				
CGCM3.1(T63)										
CNRM-CM3	France									
CSIRO-MK3.0, CSIRO-MK3.5	Australia									
ECHAM5/MPI-OM	Germany									
ECHO-G	D/Korea					FC				
FGOALS-g1.0	China									
GFDL-CM2.0	USA									
GFDL-CM2.1										
GISS-AOM										
GISS-EH	USA									
GISS-ER										
INGV-ECHAM4	Italy									
INM-CM3.0	Russia					FC				
IPSL-CM4	France									
MIROC3.2(hires)	Japan	HT								
MIROC3.2(medres)										
MRI-CGCM2.3.2	Japan					FC				
NCAR-PCM	USA									
UKMO-HadCM3	UK									
UKMO-HadGEM1										

CMIP3 : 4 Interactifs / 1 Semi-Interactif / 19 Clim  
 Au CNRM : Tegen et al. (1997)

CMIP5 : 20 Interactifs / 13 Semi-Interactif / 6 Clim  
 Au CNRM : Szopa et al. (2012)

CMIP6 ?

Au CNRM : climatologie « maison » grâce au schéma d'aérosols interactifs récemment développé

CMIP5

Model name		AOGCM				ESM				
		Atmos	Land Surface	Ocean	Sea-Ice	FC	Aerosol	Atmos Chem	Land Carbon	Ocean BGC
ACCESS1.0, ACCESS1.3	Australia									
BCC-CSM1.1, BCC-CSM1.1(m)	China									
BNU-ESM	China									
CanCM4	Canada									
CanESM2										
CCSM4										
CESM1 (BGC)	USA									
CESM1 (WACCM)		HT								
CESM1 (FASTCHEM)										
CESM1 (CAM5)										
CESM1 (CAM5.1-FV2)	USA									
CMCC-CM, CMCC-CMS	Italy									
CMCC-CESM		HT								
CNRM-CM5	France									
CSIRO-Mk3.6.0	Australia									
EC-EARTH	Europe									
FGOALS-g2	China									
FGOALS-s2										
FIO-ESM v1.0	China									
GFDL-ESM2M, GFDL-ESM2G										
GFDL-CM2.1	USA									
GFDL-CM3		HT								
GISS-E2-R, GISS-E2-H	USA	HT								
GISS-E2-R-CC, GISS-E2-H-CC			HT							
HadGEM2-ES	UK									
HadGEM2-CC		HT								
HadCM3										
HadGEM2-AO	Korea									
INM-CM4	Russia									
IPSL-CM5A-LR / -CM5A-MR / -CM5B-LR	France	HT								
MIROC4h, MIROC5		HT								
MIROC-ESM	Japan	HT								
MIROC-ESM-CHEM		HT								
MPI-ESM-LR / -ESM-MR / -ESM-P	Germany	HT								
MRI-ESM1	Japan	HT								
MRI-CGCM3		HT								
NCEP-CFSv2	USA									
NorESM1-M	Norway									
NorESM1-ME										
GFDL-HIRAM C180 / -HIRAM C360	USA									
MRI-AGCM3.2S / -AGCM3.2H	Japan									

Source : IPCC / Chap. 9 (AR5)



## **TACTIC** : Tropospheric Aerosols for Climate In CNRM-CM

- Adapté du schéma présent dans C-IFS-AER (*Morcrette et al., 2009*), publié avec CNRM-CM (*Michou et al., 2015*) et avec CNRM-RCSM (*Nabat et al., 2015*)
- 12 variables prognostiques  
(dust : 3 bins, sels marins : 3 bins, sulfates, SO<sub>2</sub>, carbone suie (BC) : hydrophiles et hydrophobes, organiques (OM) : hydrophiles et hydrophobes)
- Changement du schéma d'émission de poussières désertiques (*Marticorena et Bergametti, 1995 et Kok, 2011*)
- Inventaires ACCMIP pour les émissions de carbone-suie, matière organique et précurseurs de sulfate (*Lamarque et al., 2010*)
- Interactions avec le schéma de rayonnement (SW et LW)
- Améliorations récentes :
  - Mise en place de diagnostics liés aux aérosols (AOD, SSA, g, AAOD, dépôt sec et humide, extinction, etc.)
  - Nouvelle paramétrisation de l'émission des sels marins (*Grythe et al., 2014*)
  - Prise en compte de la réévaporation des précipitations stratiformes
  - Prise en compte de l'effet indirect des organiques et des sels marins (*Menon et al., 2002*)

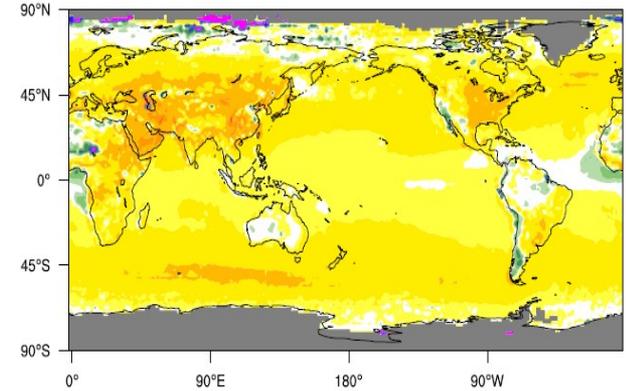
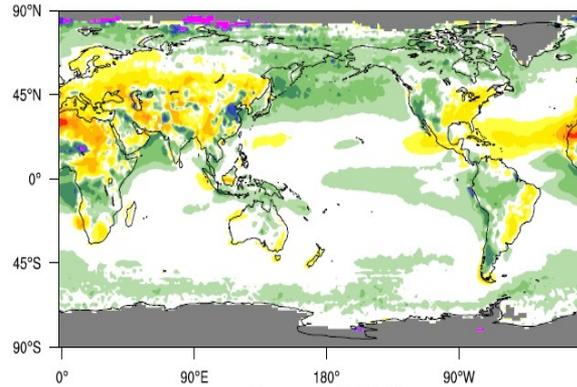
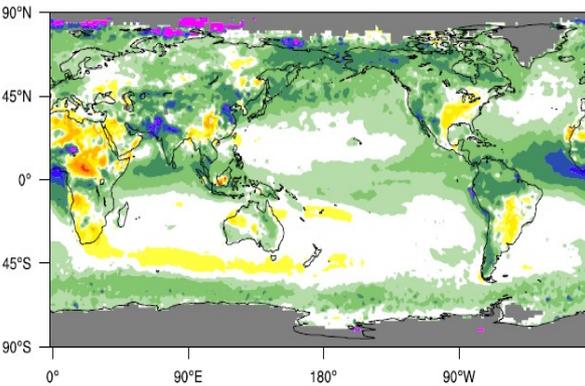
# Évaluation sur une période récente (2003-2012)

Comparaison des AOD aux données satellites (MODIS / MISR)

ARPEGE - MODIS

Szopa - MODIS

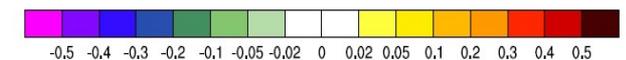
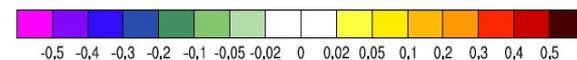
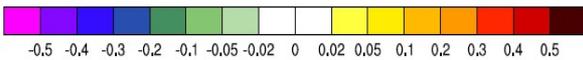
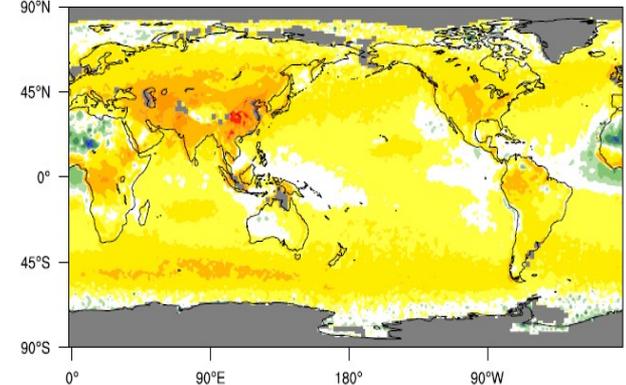
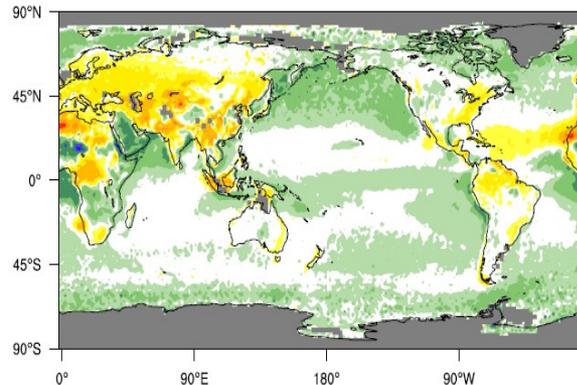
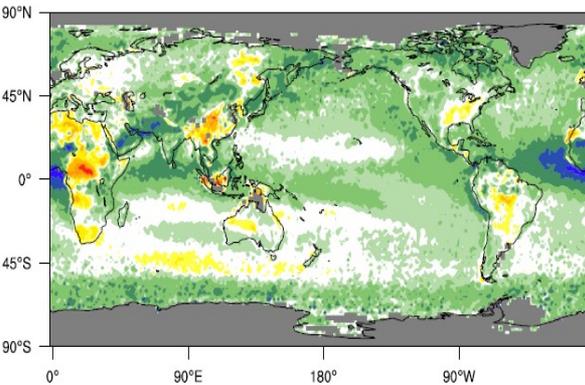
MACC - MODIS



ARPEGE - MISR

Szopa - MISR

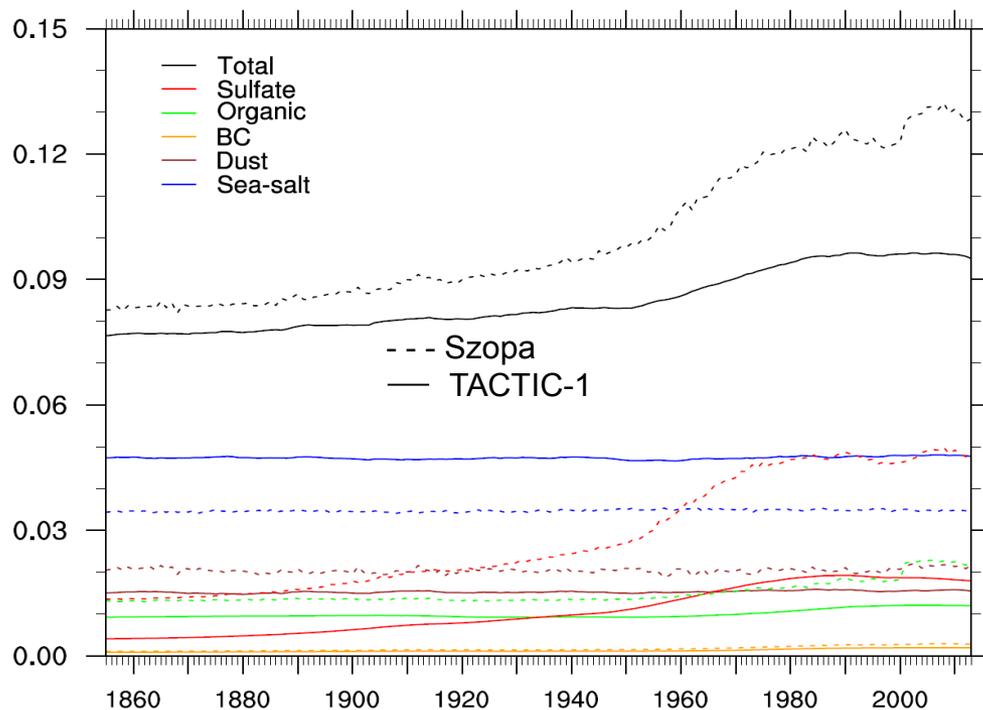
MACC - MISR



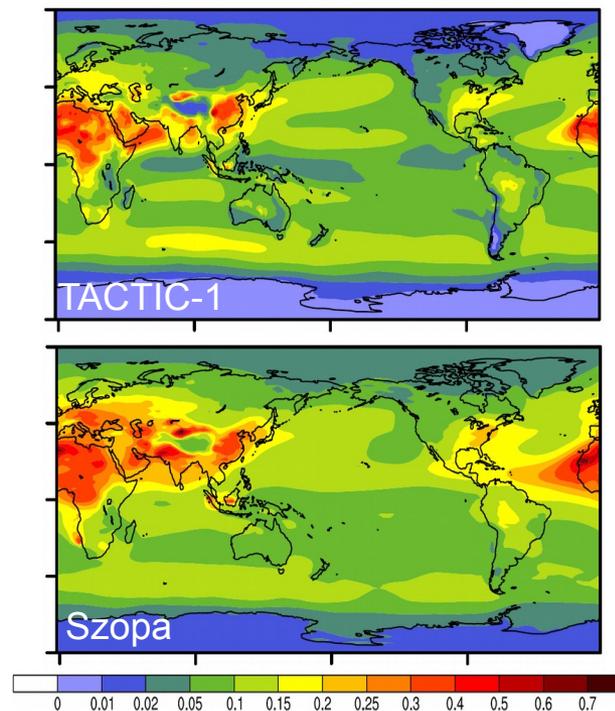
# Construction de la climatologie pour CMIP6 : TACTIC-1

- Objectif : climatologie d'aérosols produite par CNRM-CM (aérosols semi-interactifs pour les runs CMIP6)
- Simulation CNRM-CM 1850-2019 avec :
  - ARPEGE-Climat V6.2.1
  - SST imposées (HadISST\_combined\_ERA20C)
  - GHG : historique (1850-2005) puis RCP8.5
  - Émissions d'aérosols (*Lamarque et al., 2010, CMIP5*) : historique (1850-2000) puis RCP8.5
  - Interactions des aérosols interactifs avec le rayonnement
- Stockage de tous les diagnostics 2D (AerClimv1\_2D) et 3D (AerClimv1\_3D) des aérosols
- Nouvelle version TACTIC-2 à prévoir avec les émissions CMIP6 (2016)

AOD (global average)



AOD 1980-2010



# Bilan radiatif dans des simulations AMIP

OBS

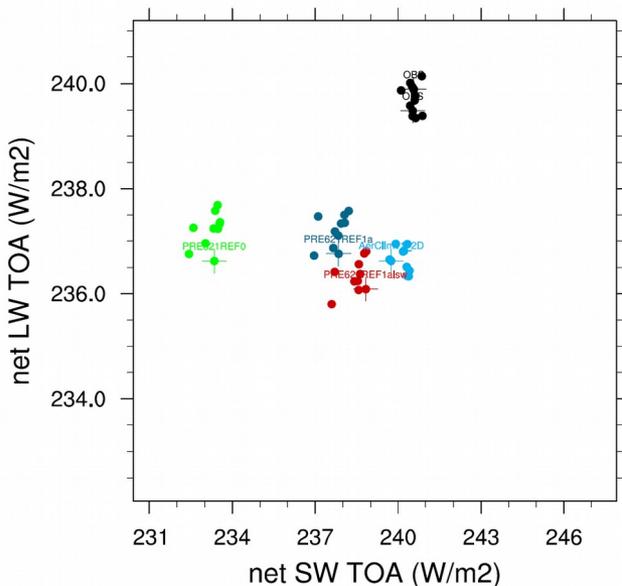
AerClimv1\_2D (aérosols interactifs – 1964/1973)

PRE621REF1alsw (aérosols climatologiques pré-TACTIC-1 – 1979/1988)

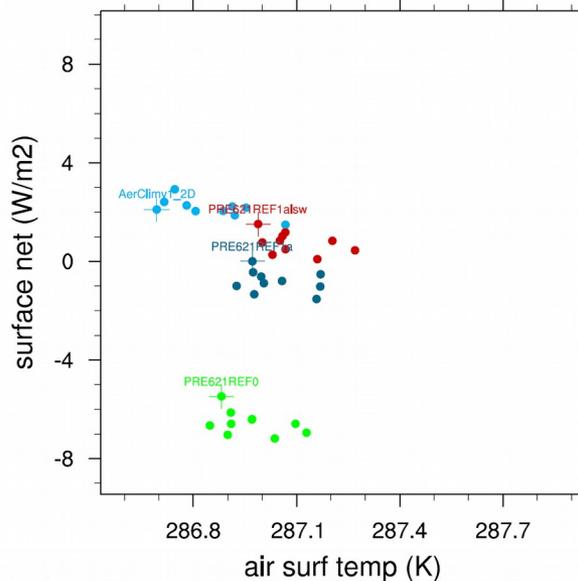
PRE621REF1a (aérosols climatologiques pré-TACTIC-1 – 1979/1988)

PRE621REF0 (aérosols climatologiques Szopa – 1979/1988)

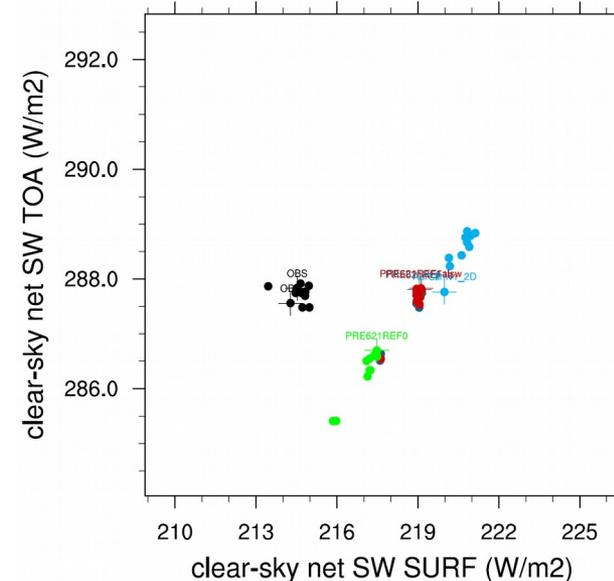
global - global mean



global - global mean



global - global mean



**Pour CMIP6**, le schéma d'aérosols fera partie de CNRM-ESM =  
ARPEGE-Climat + NEMO + SURFEX + GELATO + aérosols + cycle du carbone + chimie strato

## **Travail futur et simulations prévues :**

=> **DECK + run historique**

=> **AerChemMIP :**

- 1 – Contribution des émissions NTCF (aérosols) et ODS (ozone depleting substances) au forçage radiatif global sur la période historique ? => *Tier 1 et 2 (sauf NOx et ozone tropo)*
- 2 – Impact de différents scénarios d'émissions NTCF sur le climat global ? => *Tier 1 aérosols*
- 3 – Quel impact des gaz réactifs sur le forçage de la période historique ? => *Tier 1 CH4*
- 4 – Quantification des rétroactions climatiques liées aux émissions naturelles ? => *Tier 2 et 3 dust, sels marins, feux et DMS*

=> **CRESCENDO (H2020) :**

RT1 : amélioration des processus ESM

=> Task 1.2.3 : couplage biogéochimie-aérosols pour le DMS

=> Task 1.3.1/2/3 : émissions des dust, sels marins et propriétés optiques

=> **MORDICUS (ANR) :**

Tâche 2 : rôle des aérosols dans la variabilité climatique entre 1980 et 2010

=> travail sur l'impact de l'évolution des émissions anthropiques, des propriétés optiques, de la distribution verticale, de l'effet indirect, et de l'interactivité des aérosols

**Le schéma d'aérosols sera aussi utilisé pour Med-CORDEX2 (modèle régional CNRM-RCSM)**