



**DEVENIR ET IMPACT DES EMISSIONS
D'HALOGENES PAR LES VOLCANS AUX
ECHELLES LOCALE ET REGIONALE**

**Cas d'étude: dégazage de l'Ambrym
avec le modèle méso-échelle CCATT- BRAMS**

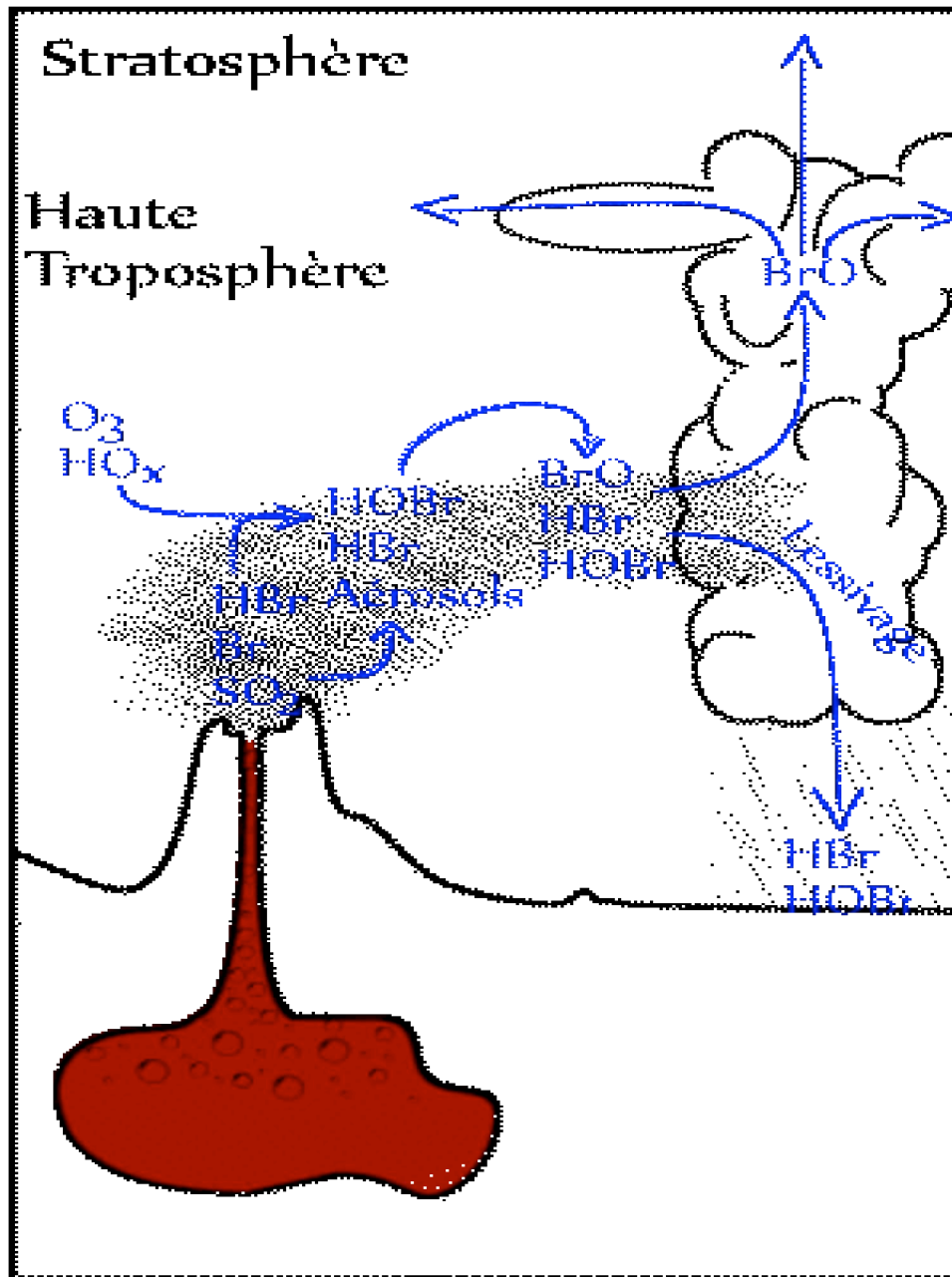
L. Jourdain (LPC2E)

**M. Pirre (LPC2E), V. Marécal (GAME/CNRM), B. Josse
(GAME/CNRM),**

C. Oppenheimer (ISTO)

Centre de calcul en région Centre

Motivations



EMISSIONS D'HALOGENES PAR LES VOLCANS:

STRATOSPHERE

-> Destruction d'ozone stratosphérique

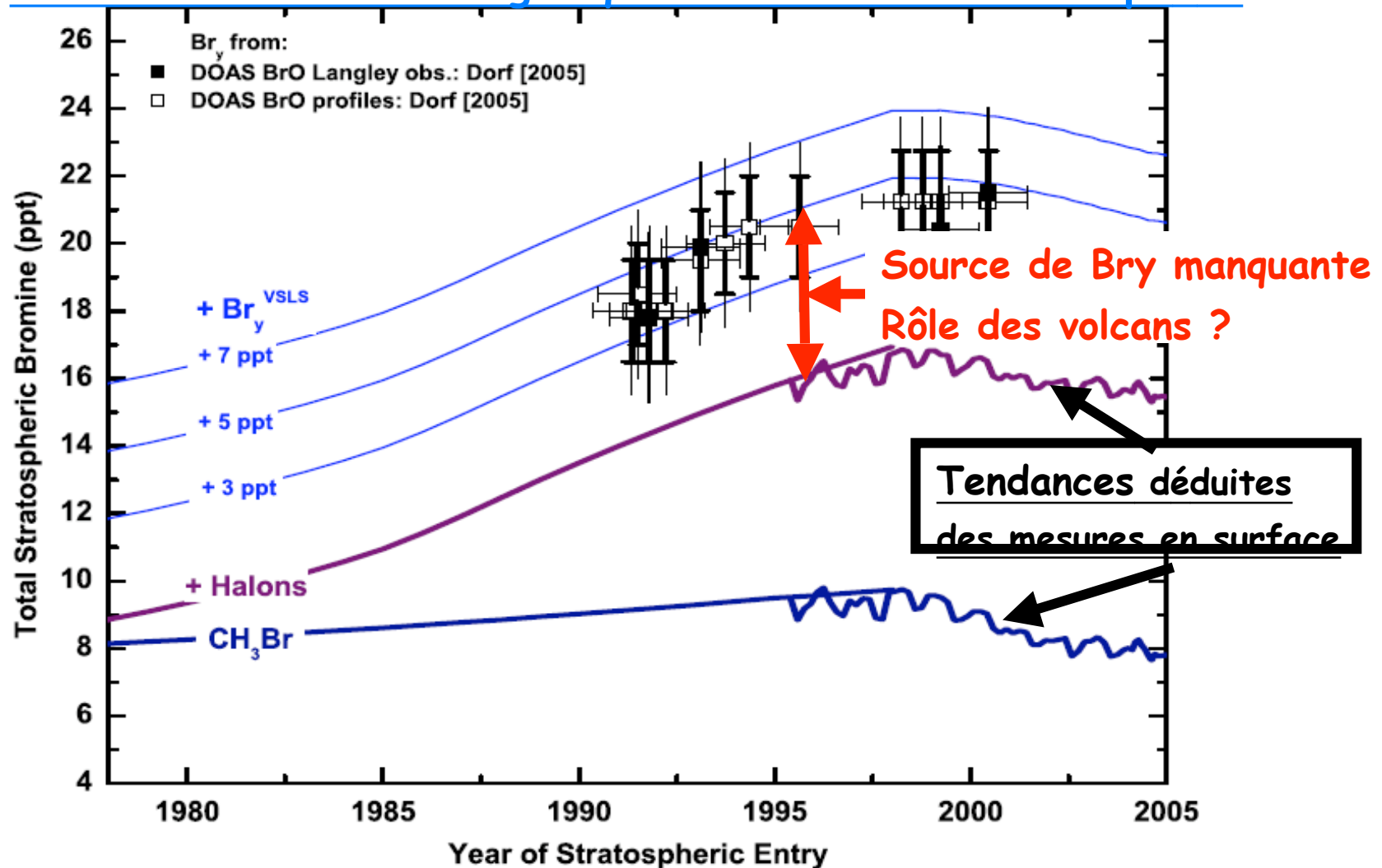
TROPOSPHERE

-> Destruction d'ozone troposphérique

-> augmentation des dépôts acides

Motivations

Evolution du brome inorganique total dans la stratosphère



Objectifs

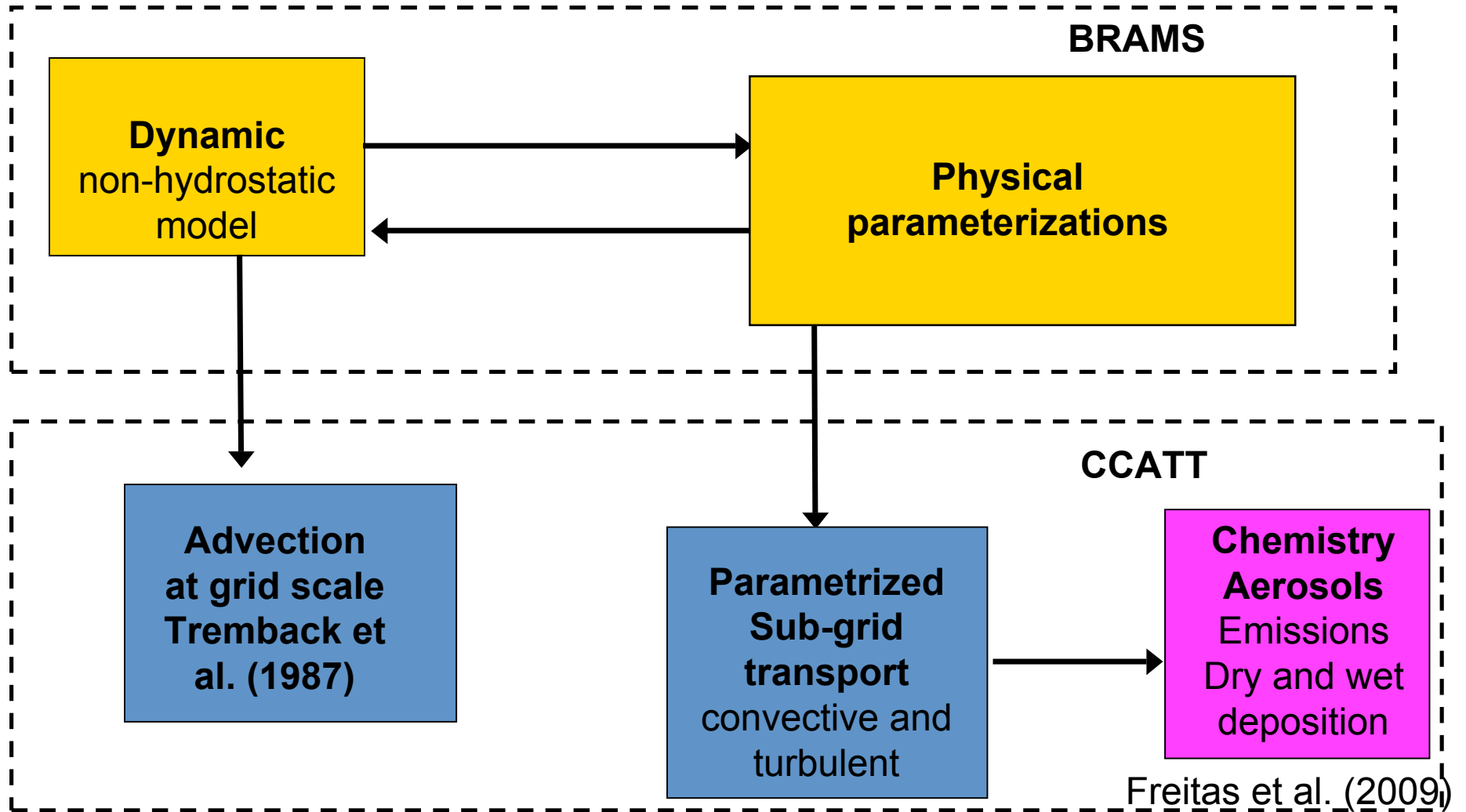
- Etude détaillée des processus de photochimie, de lessivage et de transport des halogènes émis par les volcans.
- Impact des émissions volcaniques d'halogènes sur la chimie atmosphérique à l'échelle locale et globale.

Modèle utilisé:

Le Chemistry-CATT-BRAMS

- **RAMS**: Modèle météorologique non-hydrostatique à aire limitée développé par l'Université du Colorado.
- **BRAMS (Brazilian RAMS)**: Optimisation de ce modèle pour les régions tropicales, développé par le CPTEC/INPE à Sao José dos Campos au Brésil.
- **CATT-BRAMS (Coupled Aerosol and Tracer Transport BRAMS)**: Introduction du transport des aérosols et des espèces chimiques traces, développé par le CPTEC/INPE

CCATT-BRAMS



Partie chimique du modèle

Pré-processeur pour préparer le système de réactions en phase gazeuse (SPACK, Cerea)

Calcul "on line" de la photodissociation des espèces chimiques.
Prise en compte de la présence des nuages

Production de NO_x par les éclairs

Dépôt sec au sol des espèces chimiques

Interaction gaz-eau liquide: transport en phase liquide, lessivage, hydrolyse, réactions hétérogènes

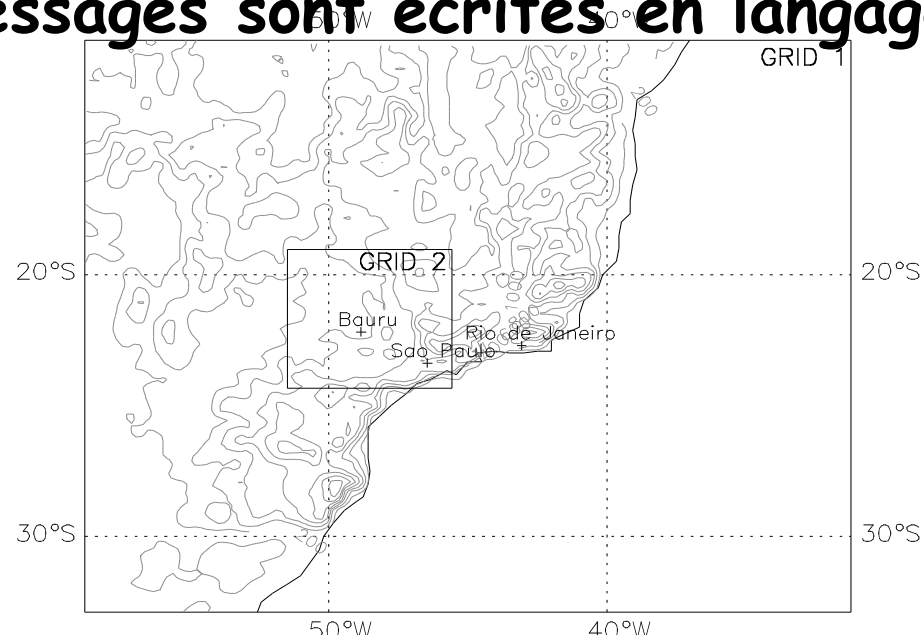
Interaction gaz-glace: en développement

GRILLES ET DOMAINES DU MODELE

Possibilité de grilles imbriquées

Le domaine est découpé en sous-domaines. Chaque sous-domaine est exécuté sur un processeur.

A chaque pas de temps les nœuds échangent l'information avec les limites du sous-domaine. Les bibliothèques de passage des messages sont écrites en langage C



Caractéristiques numériques

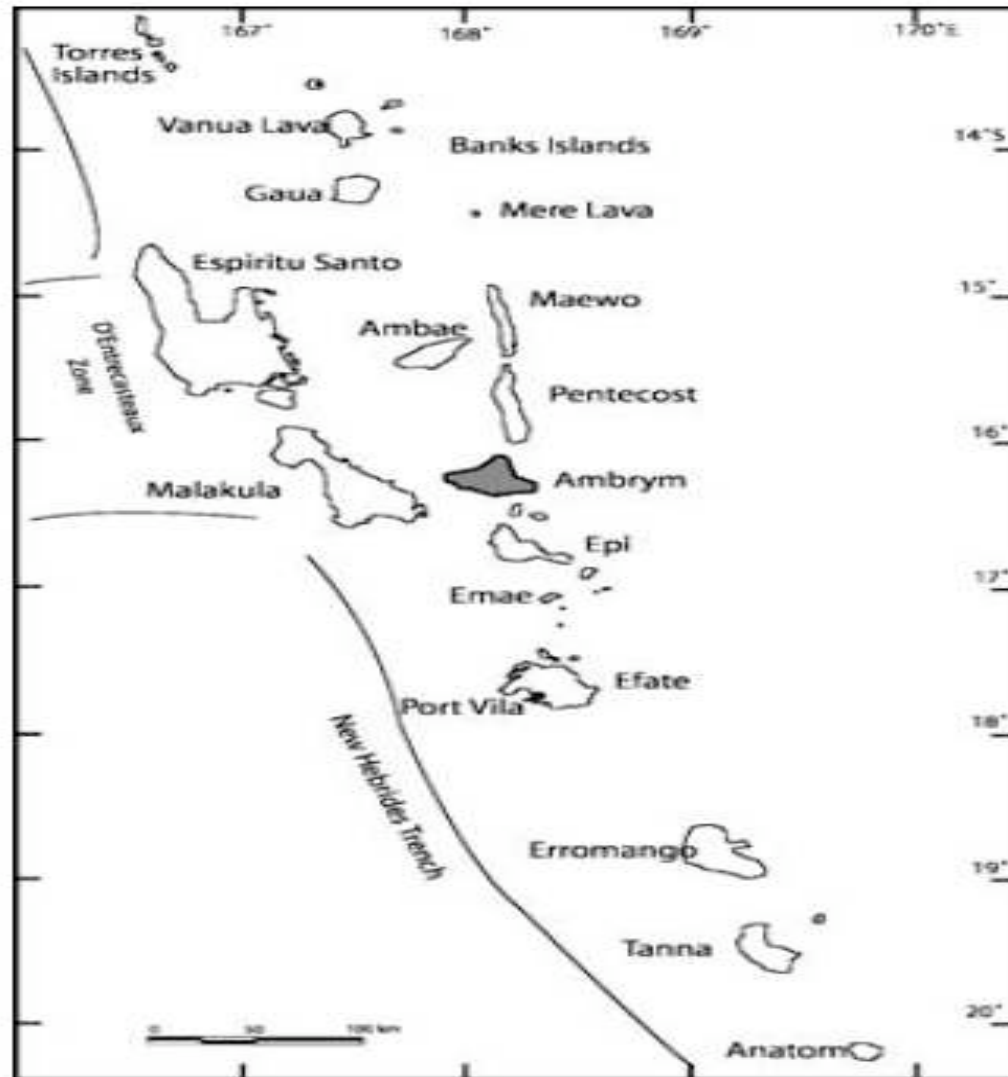
- Modèle en fortran 90
- Modèle parallélisé en MPI (Message Passing Interface)
- Le BRAMS est optimisé pour une utilisation opérationnelle.

Case studies of Ambrym degassing



12 january 2005

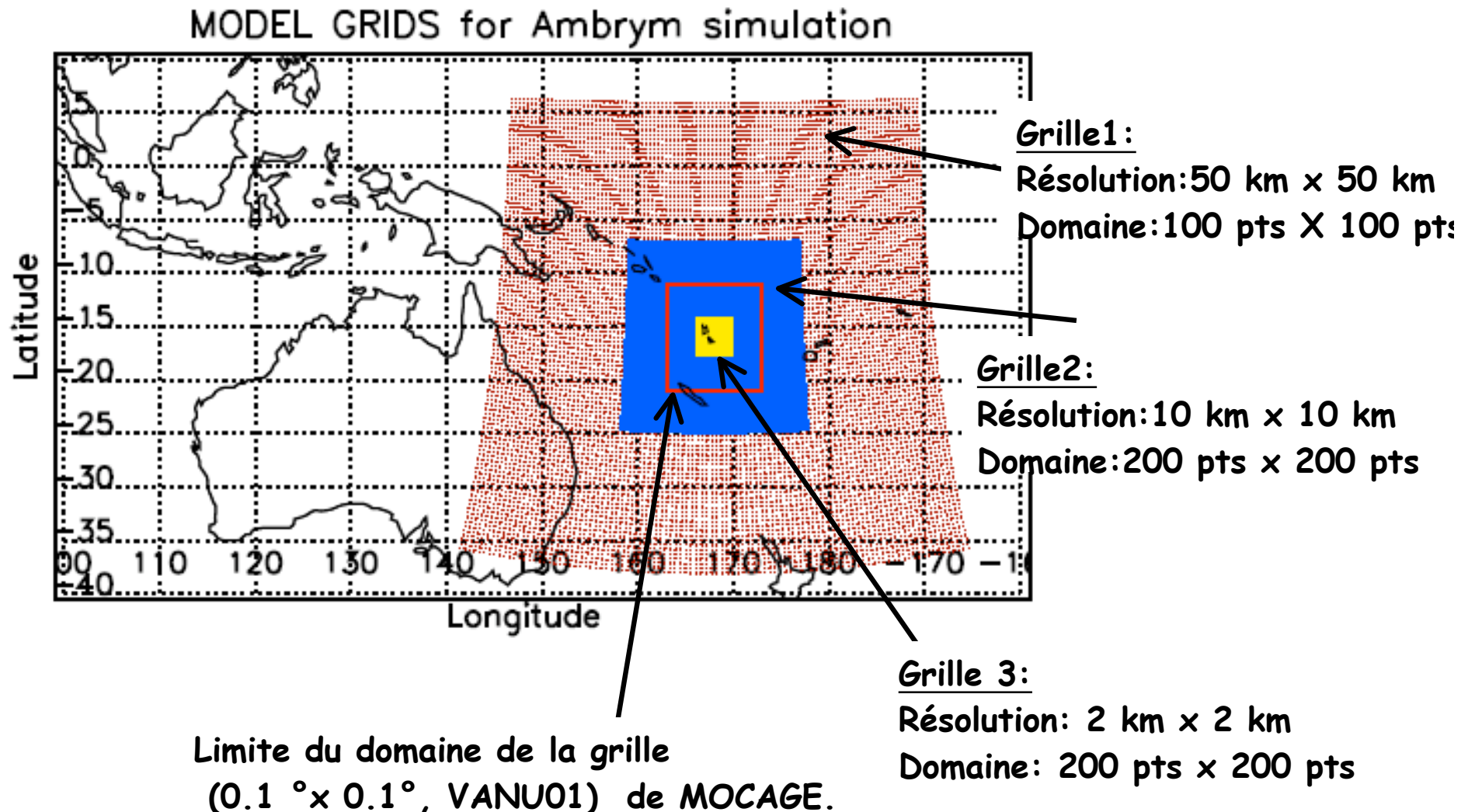
Ambrym



Archipel du Vanuatu

Model Development

INITIALISATION AND FORCING at the boundaries with the global model MOCAGE and ECMWF:



Model Development

CHEMISTRY

- Introduction of the halogen chemistry in the CCATT-BRAMS model.

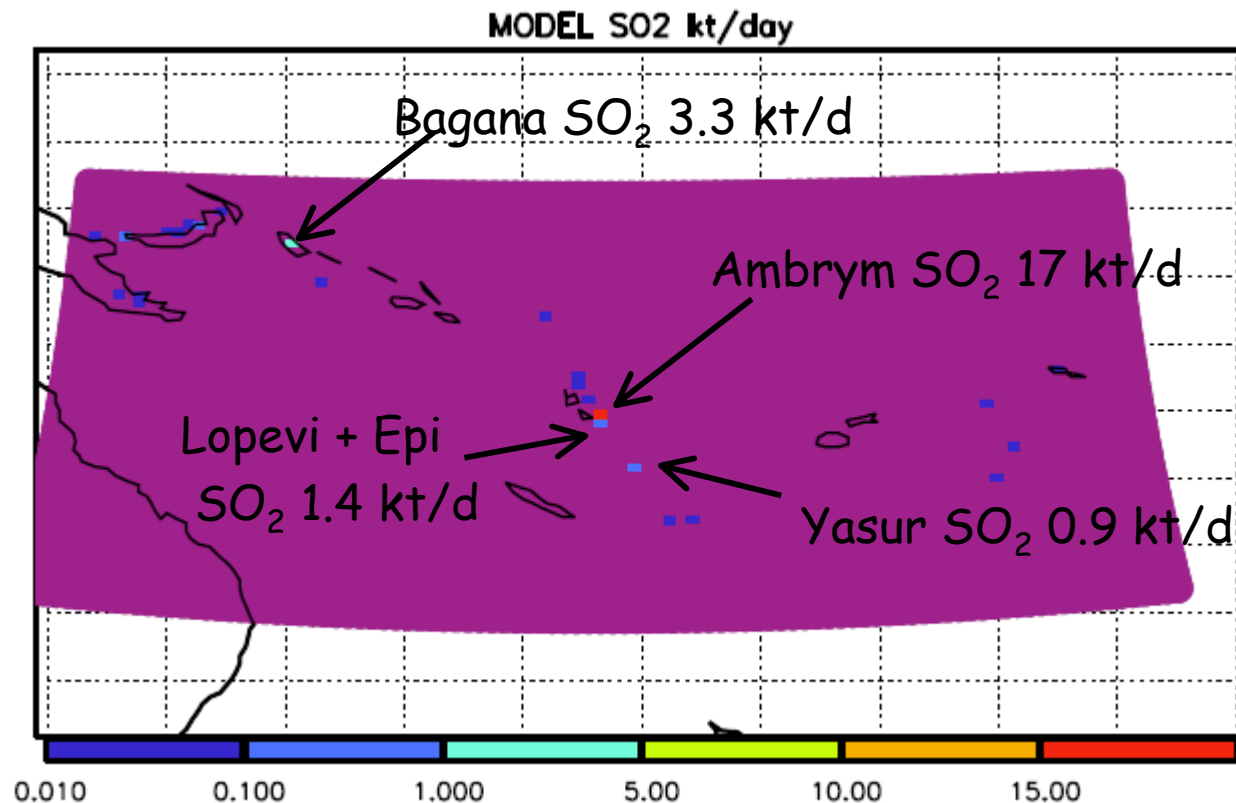
- We have added additional species and reactions
-> autocatalytic BrO formation by heterogeneous reactions on sulfate aerosol in volcanic plumes ("bromine explosion").



Model Development

EMISSIONS of SO₂, HBr and HCl in CCATT-BRAMS :

- SO₂ based on the AEROCOM database + increase for Ambrym to match estimations of Bani et al. (2009)
0.8kt/d -> 17 kt/d



Model Development

EMISSIONS of SO₂, HBr and HCl in CCATT-BRAMS :

- HBr and HCl emissions with the ratios provided by B. Scaillet (ISTO)

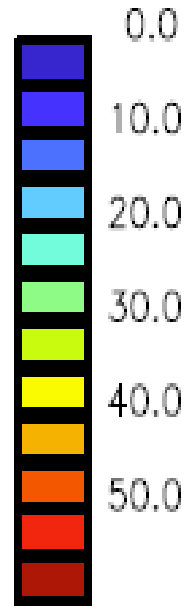
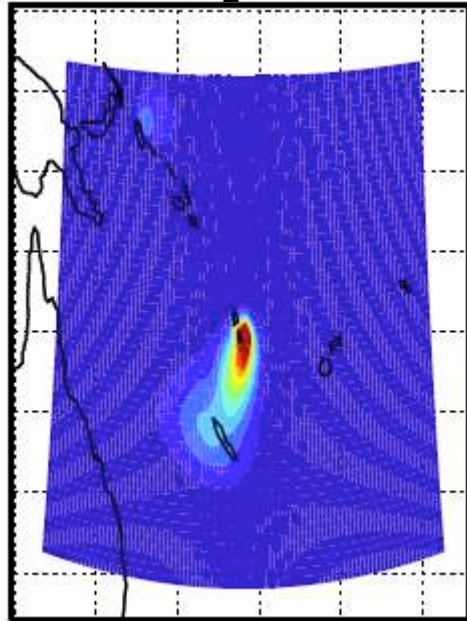
$$\text{HBr}/\text{SO}_2 = 5e-04 \quad \rightarrow \quad 11 \text{ t/d}$$

$$\text{HCl}/\text{SO}_2 = 0.237 \quad \rightarrow \quad 2\text{kt/d}$$

Aerosols:

- Scaling of the surface aerosols area using SO₂ concentrations during plume dilution (based on experiments and Roberts et al. 2009)

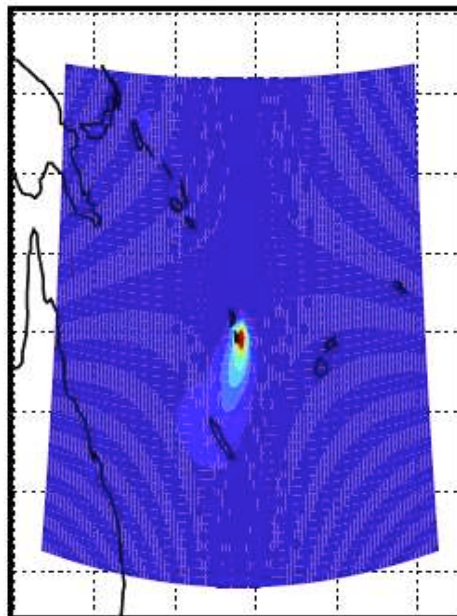
SO₂ (ppbv)



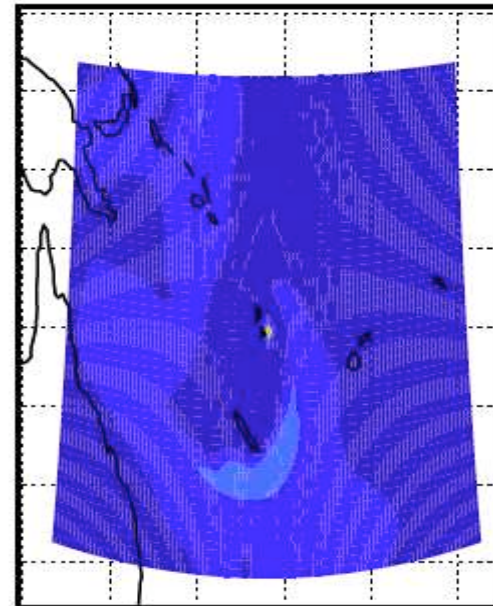
CCATT-BRAMS simulations
Snapshot at 12/01/05 6h UT

875 hPa

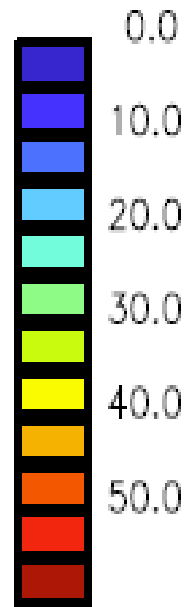
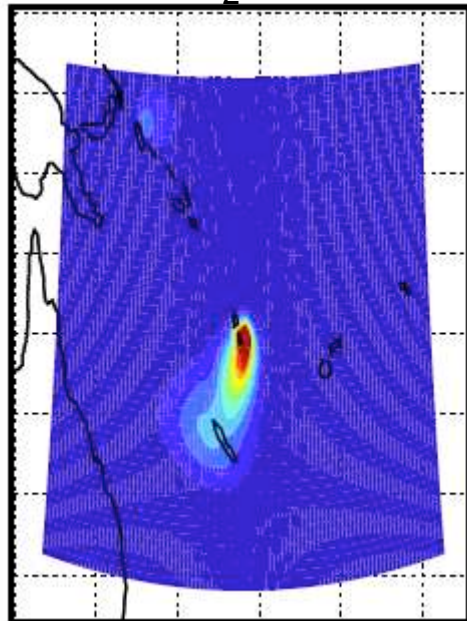
HCl (ppbv)



HBr (pptv)



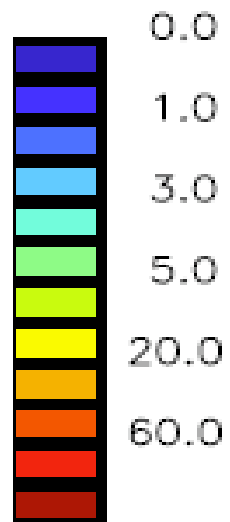
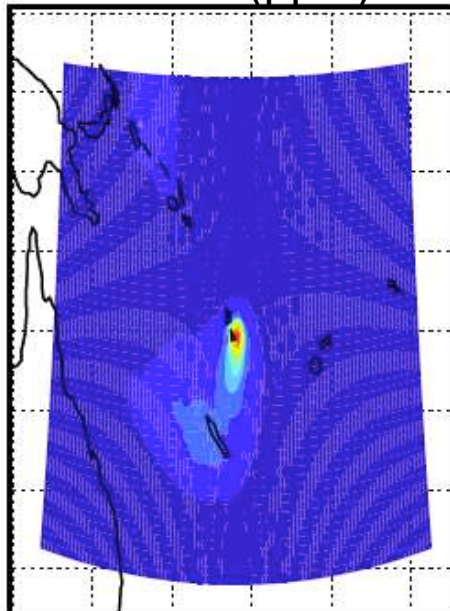
SO₂ (ppbv)



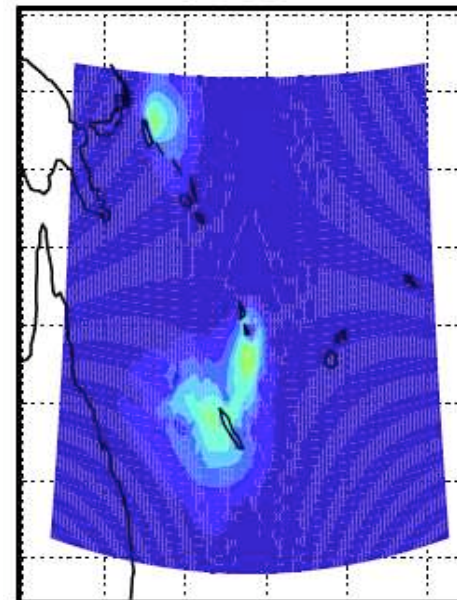
CCATT-BRAMS simulations
Snapshot at 12/01/05 6h UT

875 hPa

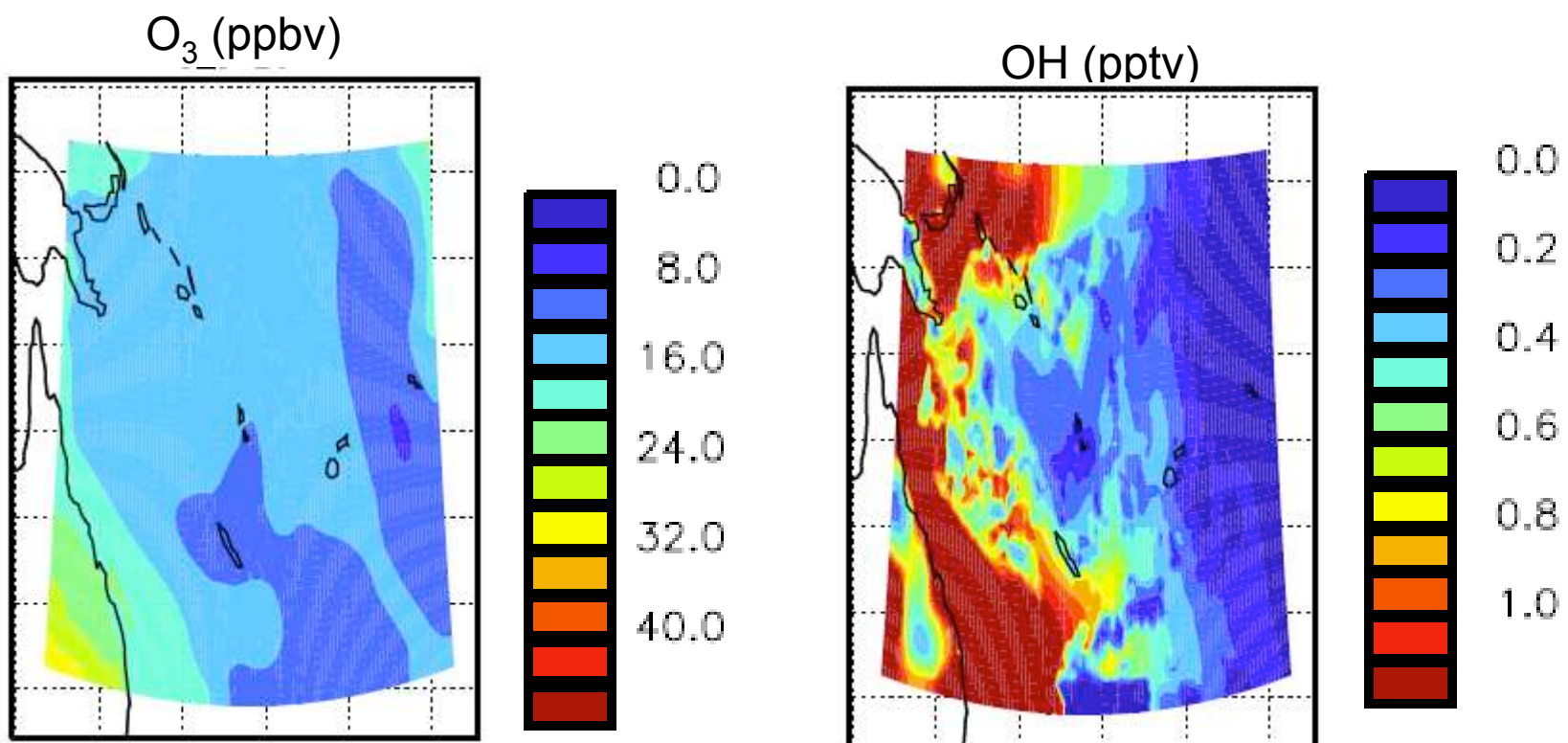
BrO (pptv)



ClO (pptv)

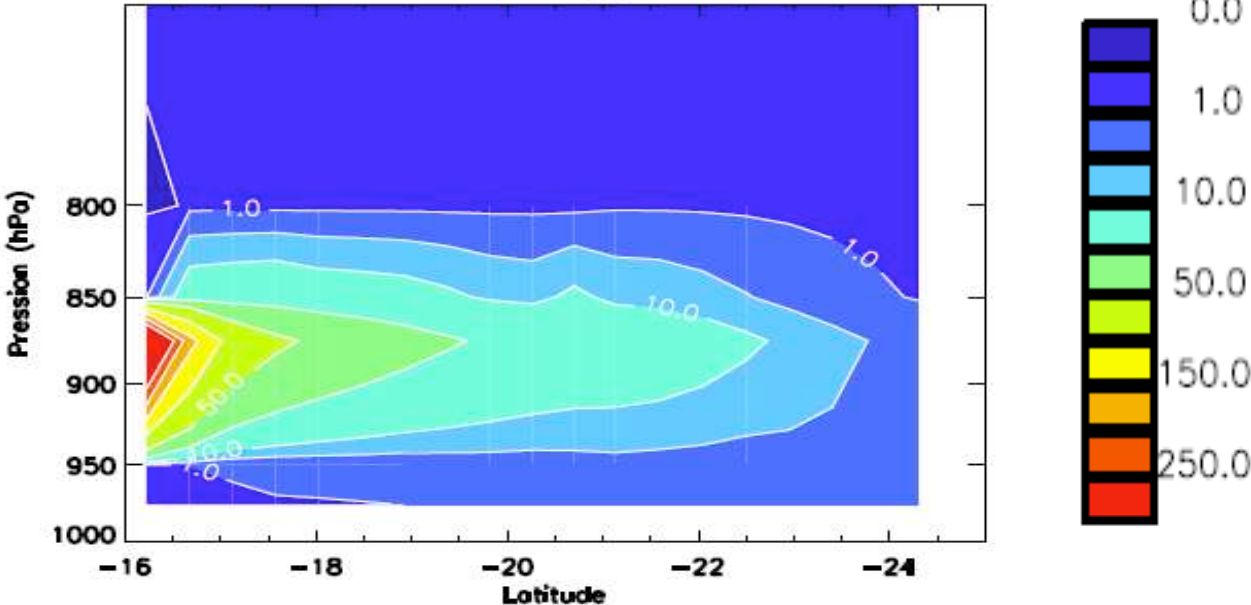


Snapshot at 12/01/05 6h UT

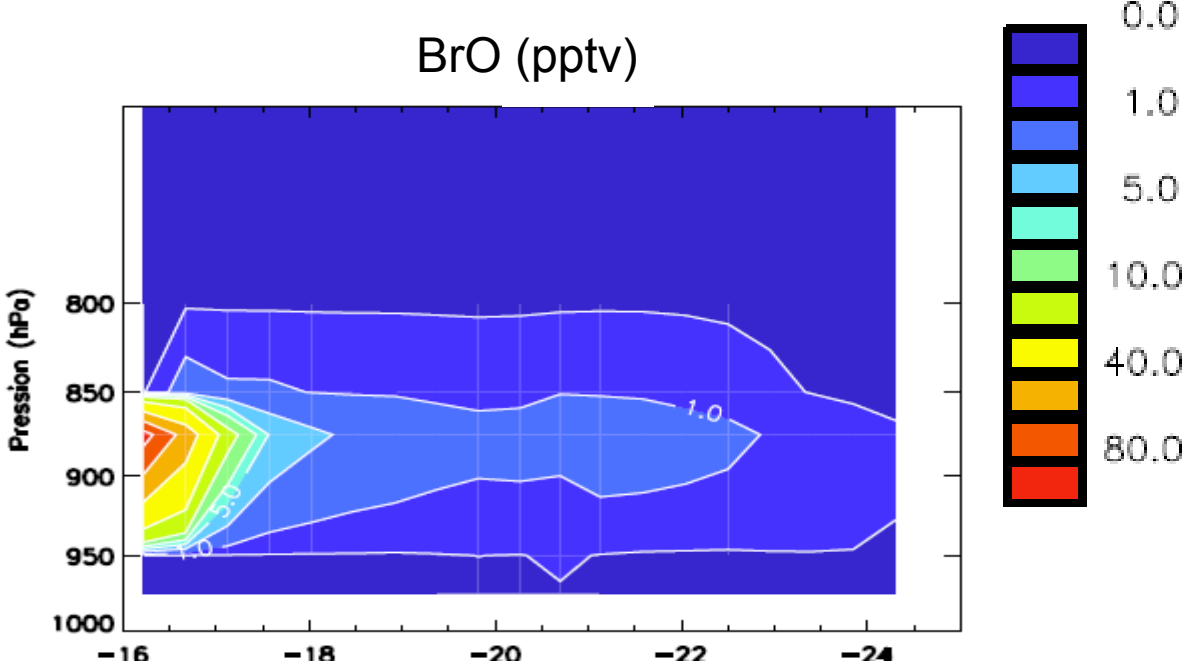


Snapshot at 12/01/05 6h UT

SO2 (ppbv)

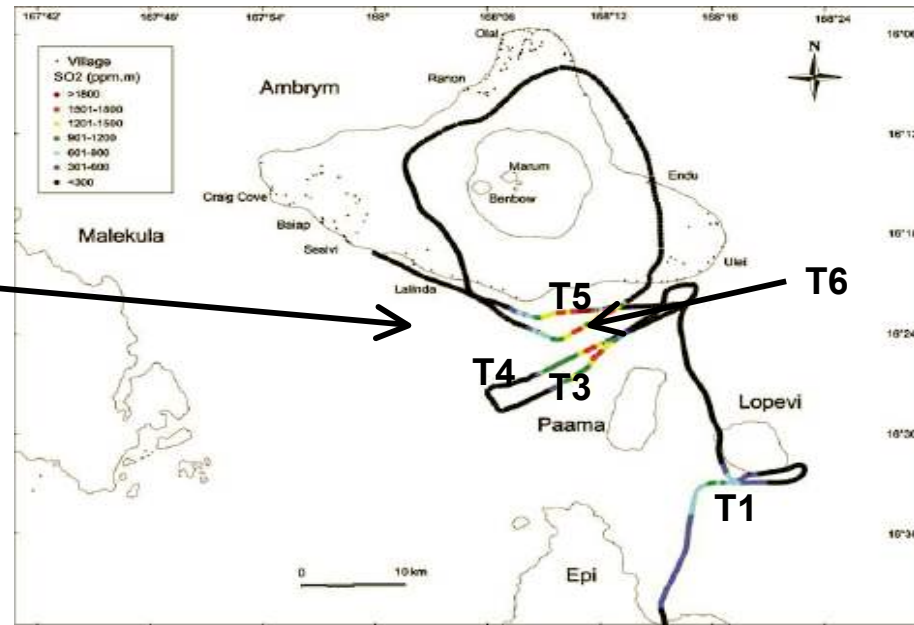


BrO (pptv)

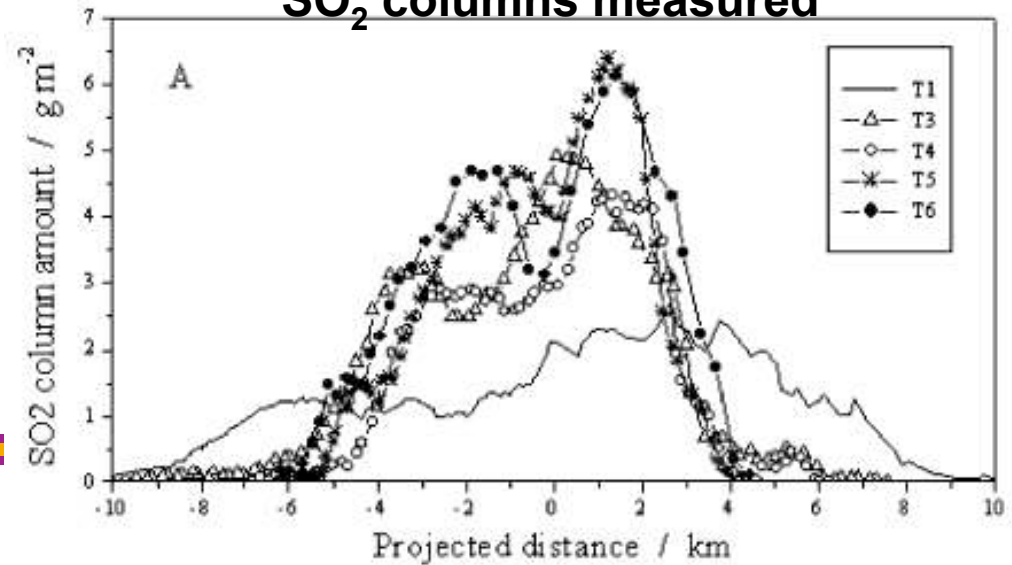


Comparison with measurements

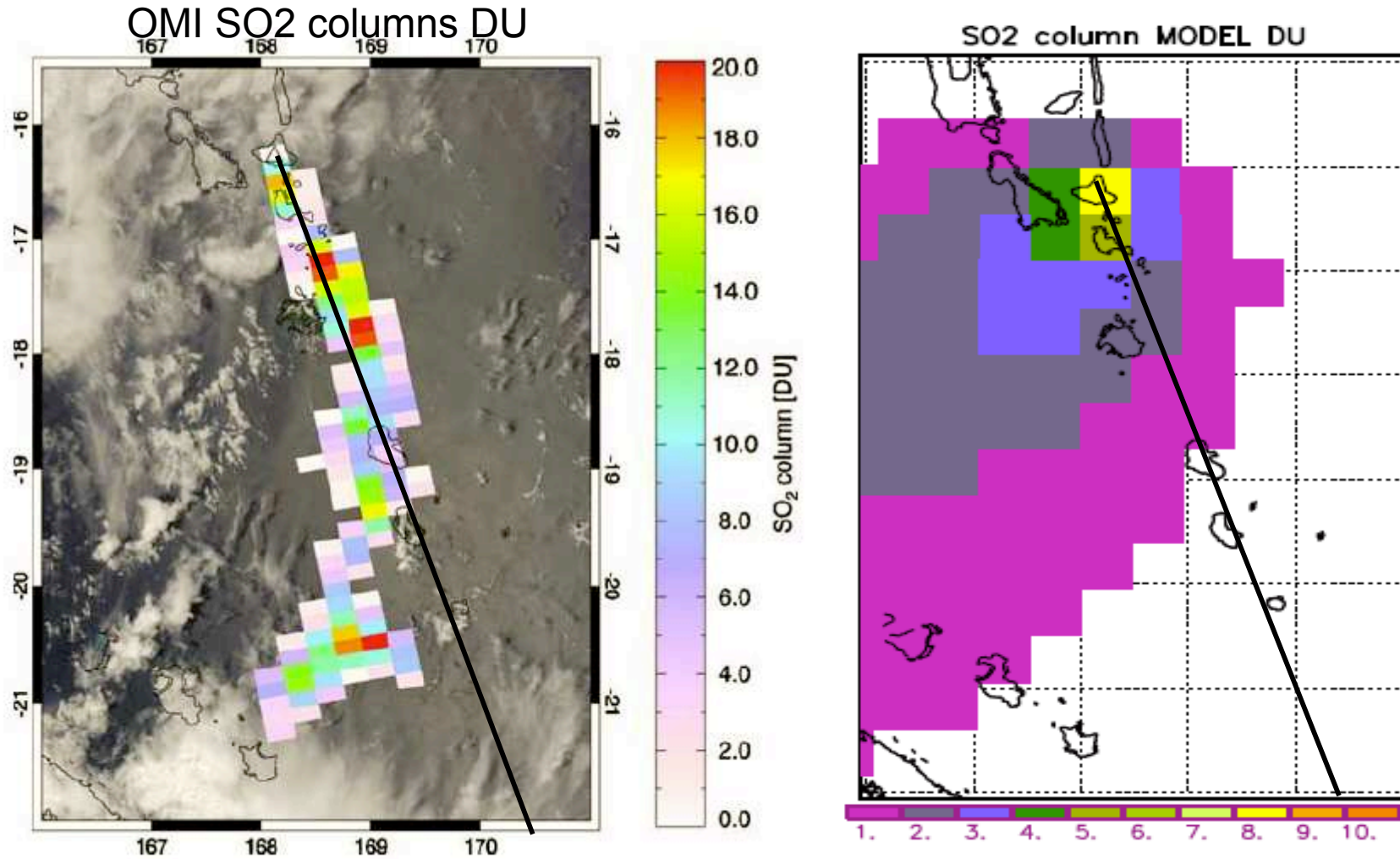
SO₂ column MODEL gm⁻²



SO₂ columns measured



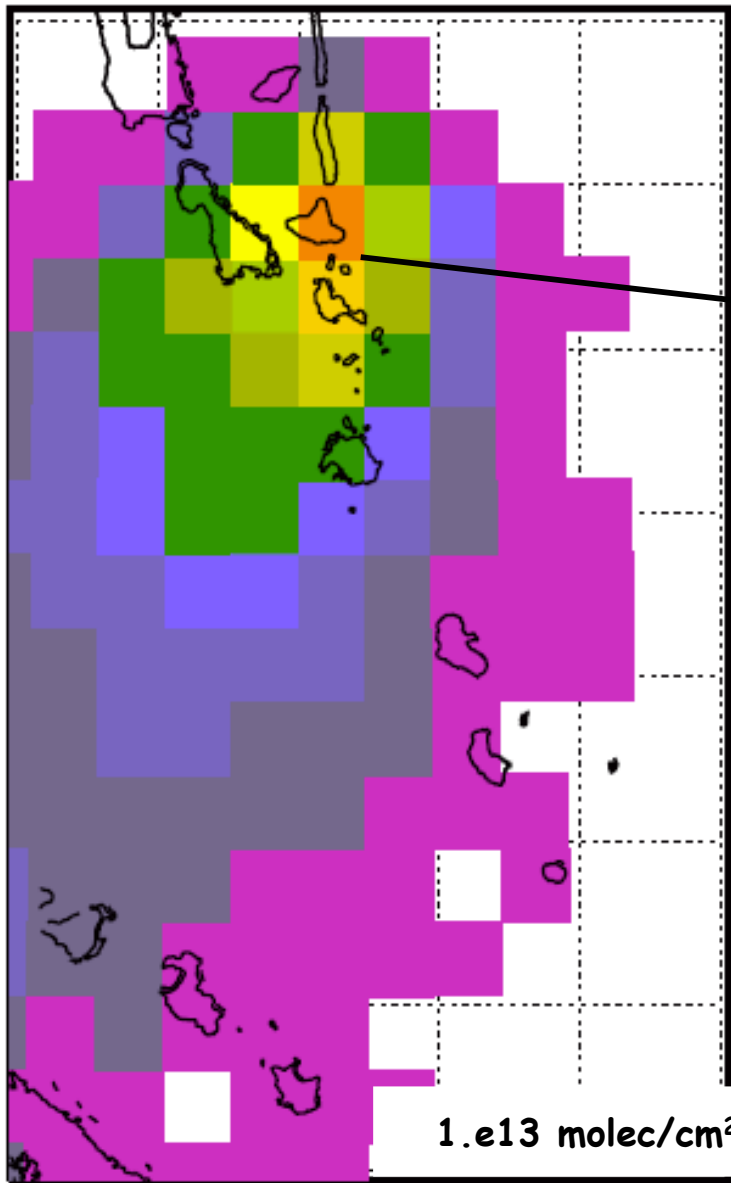
Comparison with measurements



12/01/2005

6h UT

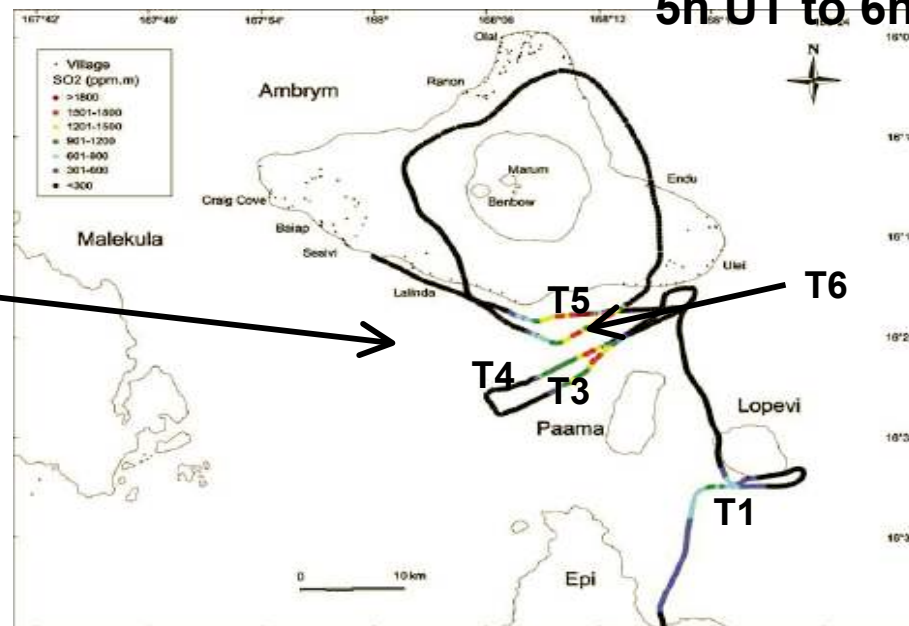
BrO column MODEL DU



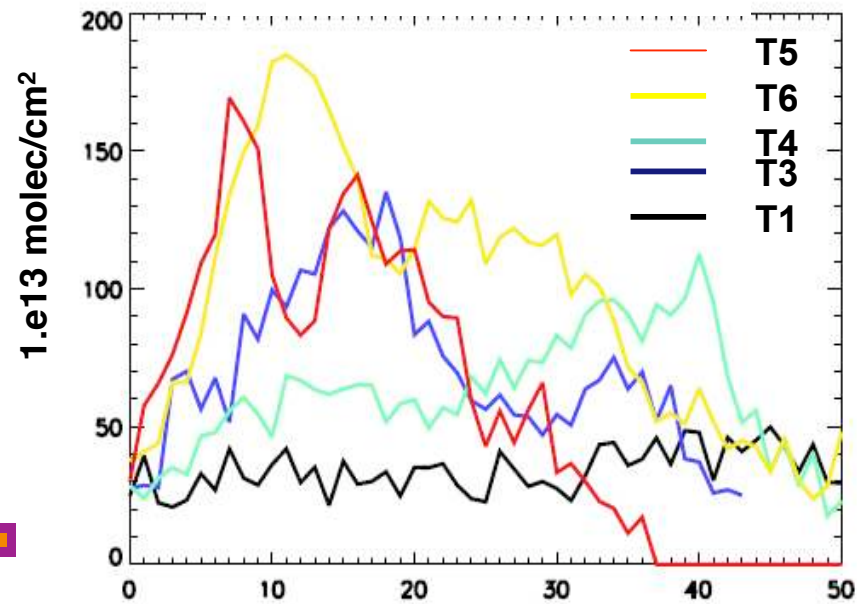
0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5

12/01/2005

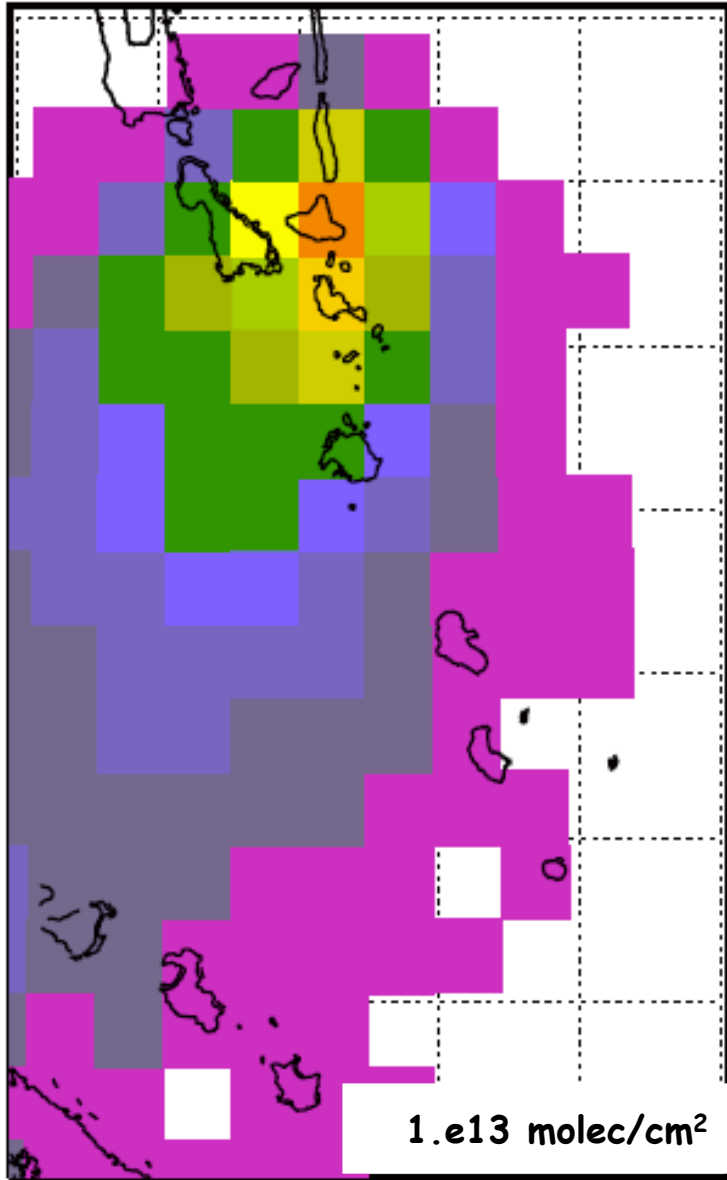
5h UT to 6h UT



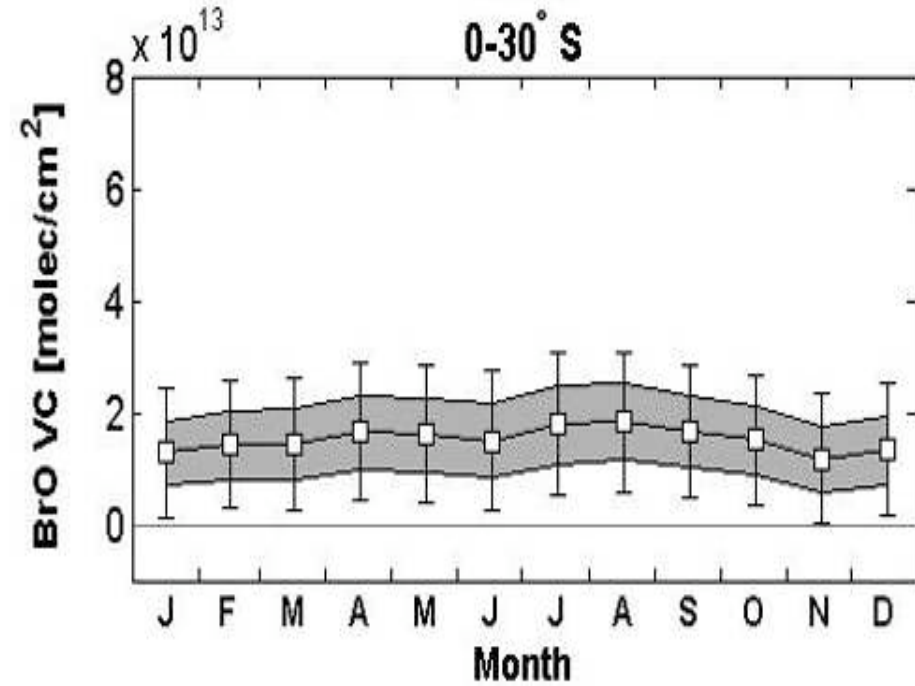
BrO columns measured



BrO column MODEL DU



Background BrO columns from satellite



Conclusions

We reproduce some of the observations :

- Enhanced BrO and ClO in plumes
- O₃ destruction
- OH depletion

Limitations by the resolution :

- Values of BrO and SO₂ underestimated
- Direction of the plume
- Increase of BrO/SO₂ with distance from crater ?

Perspective

- Processes studies:

- Degradation pathways of gaz source HBr and HCl
- Transport pathways
- Influence of the meteorological

- Impact studies:

- Comparison between simulations with and without halogen emission from volcanoes and the full simulations
 - tropospheric ozone depletion
 - enhancement of acid deposition
 - CH₄ depletion ($\text{CH}_4 + \text{Cl} \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3$)