

Observation et Transport des Aérosols dans l'Océan Indien

UT-LS tropicale

Hassan BENCHERIF

Nelson BEGUE

Valentin DUFLOT

Michael SICARD

Laboratoire de l'Atmosphère et des Cyclones

LACy, UMR 8105



Principales sources des aérosols dans l'océan Indien et dans l'HS

- Feux de biomasse : Afrique australe et Amérique latine (sources primaires du CO)
- Eruptions volcaniques : Hunga Tanga, Calbuco, Kelud, Pinatubo, ...
- Poussières désertiques (Namibie)
- ...

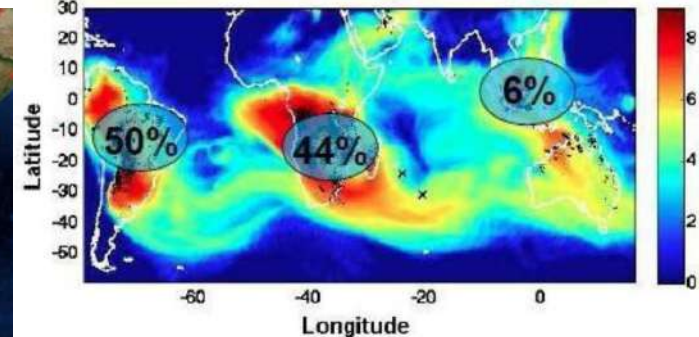
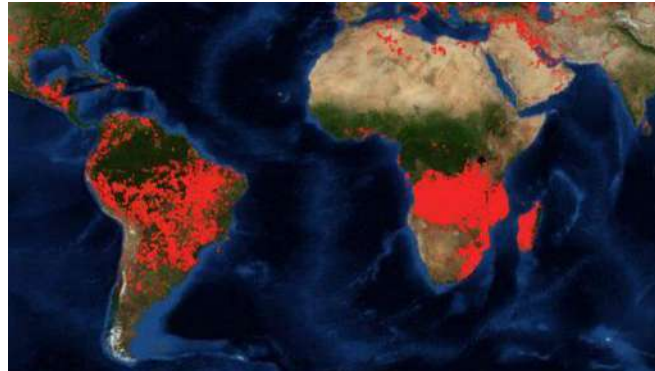
+ d'autres sources

- Émissions océaniques
- Émissions anthropiques : particules fines et polluants



Transport des aérosols vers des régions voisines ou lointaines.

point critique : faible densité des observations dans l'HS



Collaborations dans l'Océan Indien et dans l'HS

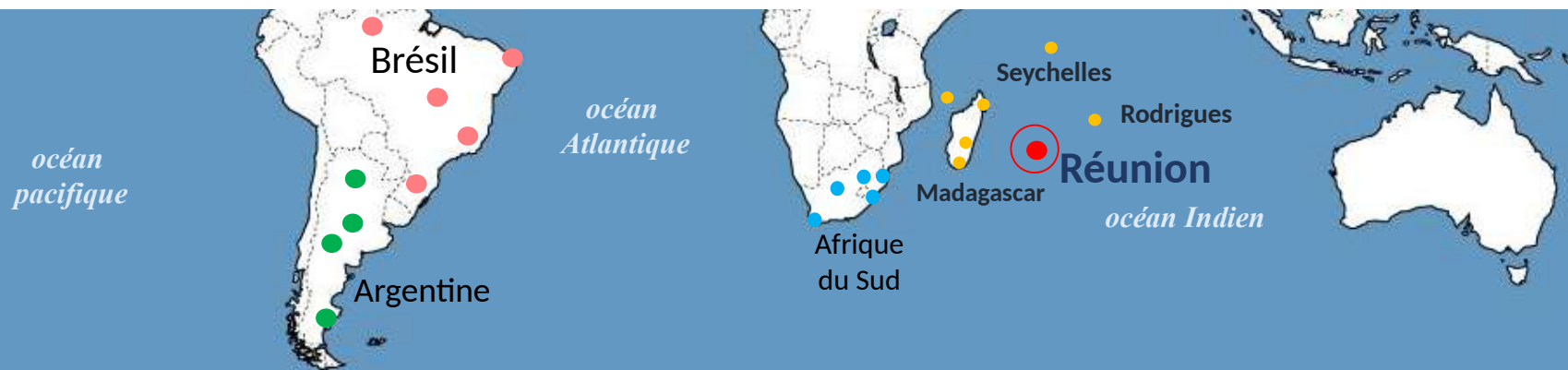
Collaborations avec les pays de la zone océan Indien (depuis 2012)
(Madagascar, Maurice, Seychelles, Comores) réseau UV-indien + aérosol

Collaboration avec l'Afrique du Sud (depuis 1998)
dont l'IRP **ARSAIO** (*Atmospheric Research in Southern Africa and Indian Ocean*) (2023-2027)
réseau de recherche franco sud-africain soutenu par le CNRS et la NRF

Collaboration avec le Brésil depuis 2016
Projet MESO du programme COFECUB (2018-2028)
Projet AEROBI du programme COFECUB (2023-2026)

Collaboration avec l'Argentine depuis 2017
projet DMESH du programme Ecod-Sud (2017-2020)
projet OMAAR / Ecos-Sud (soumis)

Collaborations nationales : LPC2E, LAERO, CNRM, LATMOS



CALIOOP

CALIPSO

Mesures des aérosols dans l'atmosphère



MODIS

Terra & Aqua



LOAC

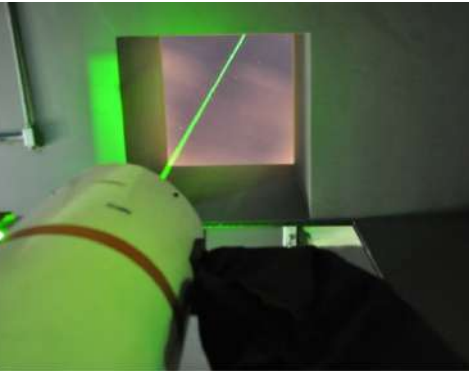


Surface PM sensors

Aerosol Optical Depth
AOD



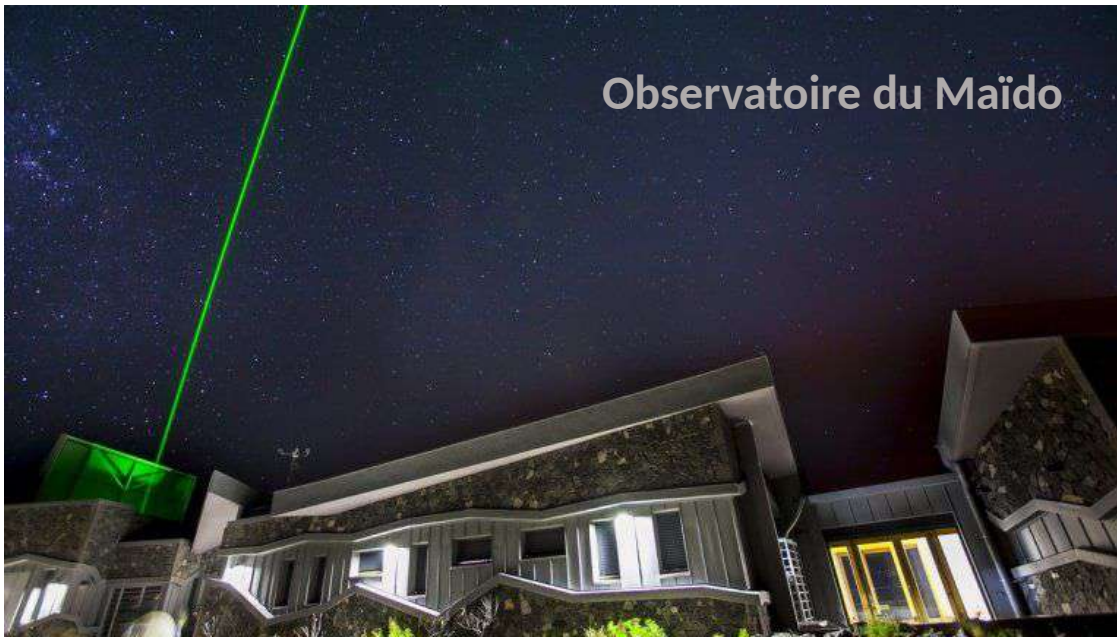
Aerosol profiling
size distributions



Aerosol profiles
Back-scattering



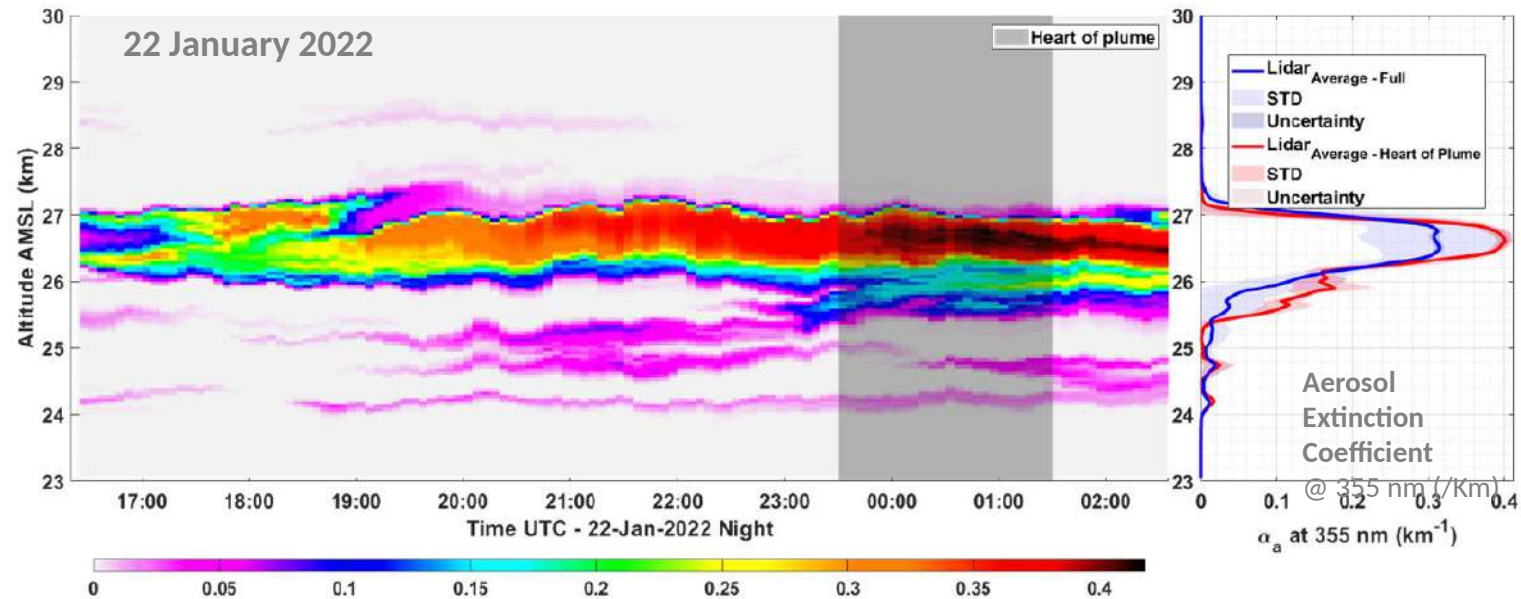
Observatoire du Maïdo



Plusieurs systèmes LiDAR sont opérationnels à l'observatoire du Maïdo à La Réunion :

- LiDAR Rayleigh-Mie (multi- λ)
- LiDAR Raman N₂ & H₂O
- LiDAR DIAL ozone Tropo & Strato
- ...

Ces LiDAR sont destinés à l'observation à long-terme. Ils admettent des performances élevées (résolutions temporelle et spatiales et portée verticale) et offrent plusieurs combinaisons pour restituer des profils d'aérosols troposphériques et stratosphériques.



Le panache Hunga-Tunga observé par LiDAR dans la stratosphère au-dessus de La Réunion (Baron et al., 2022)

Aérosols strato : éruption du Calbuco, Chili (avril 2015)



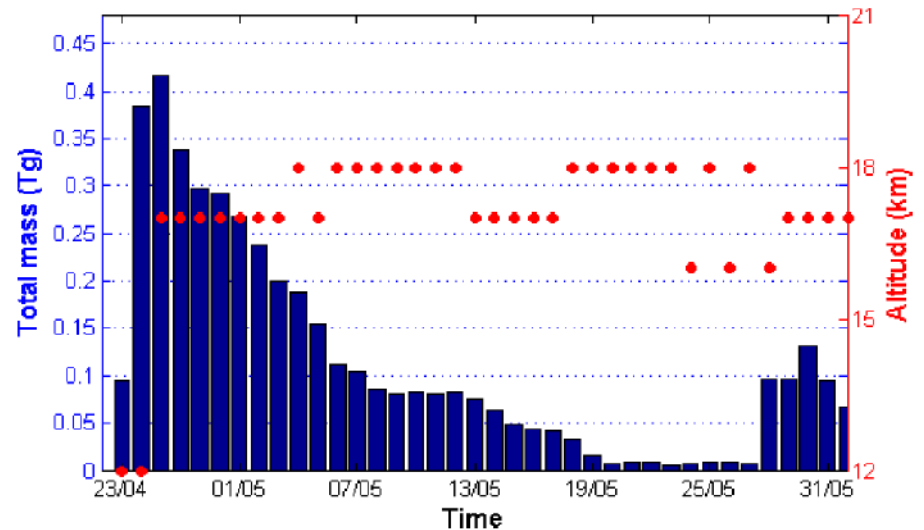
Après 43 ans d'inactivité, le Calbuco, situé dans le sud du Chili, est entré en éruption le 22 avril 2015 : 2 explosions intenses avec des injections jusqu'à la stratosphère.

> cette étude : suivi des distributions et du transport du panache en combinant des observations satellite, des observations sol et modélisation (MIMOSA).

Aérosols strato : formation et transport



Calbuco volcano eruption, 22 April 2015



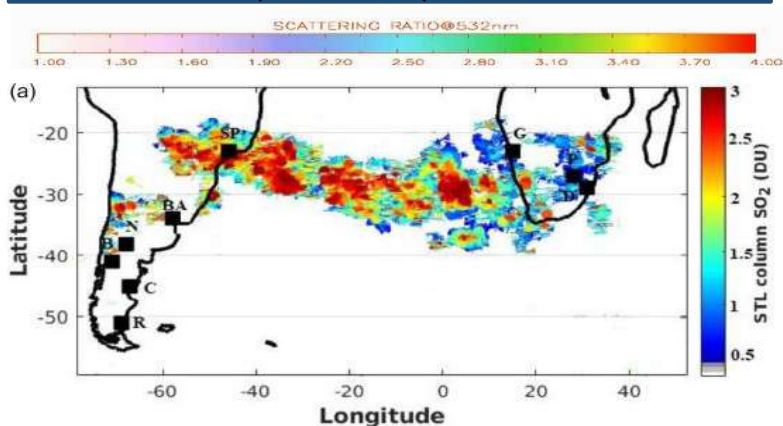
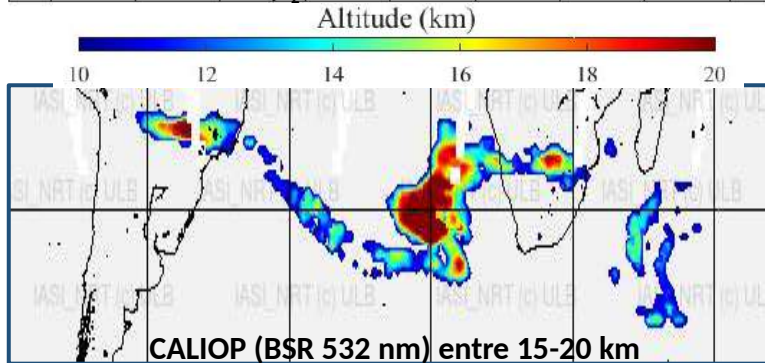
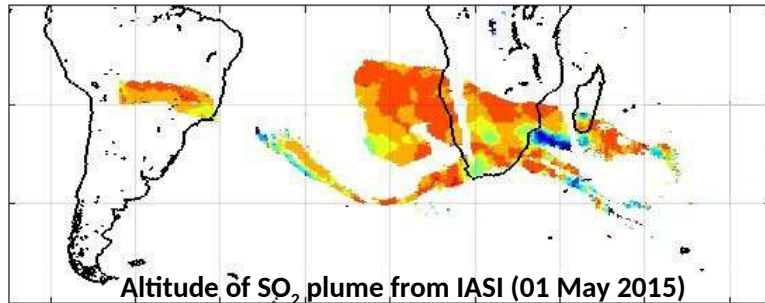
SO₂ total column mass over the SH and altitude of maximum SO₂ mass from IASI from 23 April to 31 May 2015.

- Calbuco (2015, Chili) a injecté ~ 0.4 Tg de SO₂ (Bègue et al., 2017)
- Kasatochi (2008, Alaska) a injecté ~ 1.5 Tg de SO₂ (Bourassa et al., 2010)
- Sarychev (2009, Kuril Is.) a injecté ~ 0.9 Tg de SO₂ (Clarisse et al., 2012)
- Nabro (2011, Eritrea) a injecté ~ 1.3 Tg de SO₂ (Bourassa et al., 2012)

Les éruptions volcaniques modérées, comme le Calbuco, sont récurrentes. Bien qu'elles injectent 10 à 20 fois moins de SO₂ que les éruptions majeures, elles impactent significativement l'UT-LS.

Aérosols strato : formation et transport

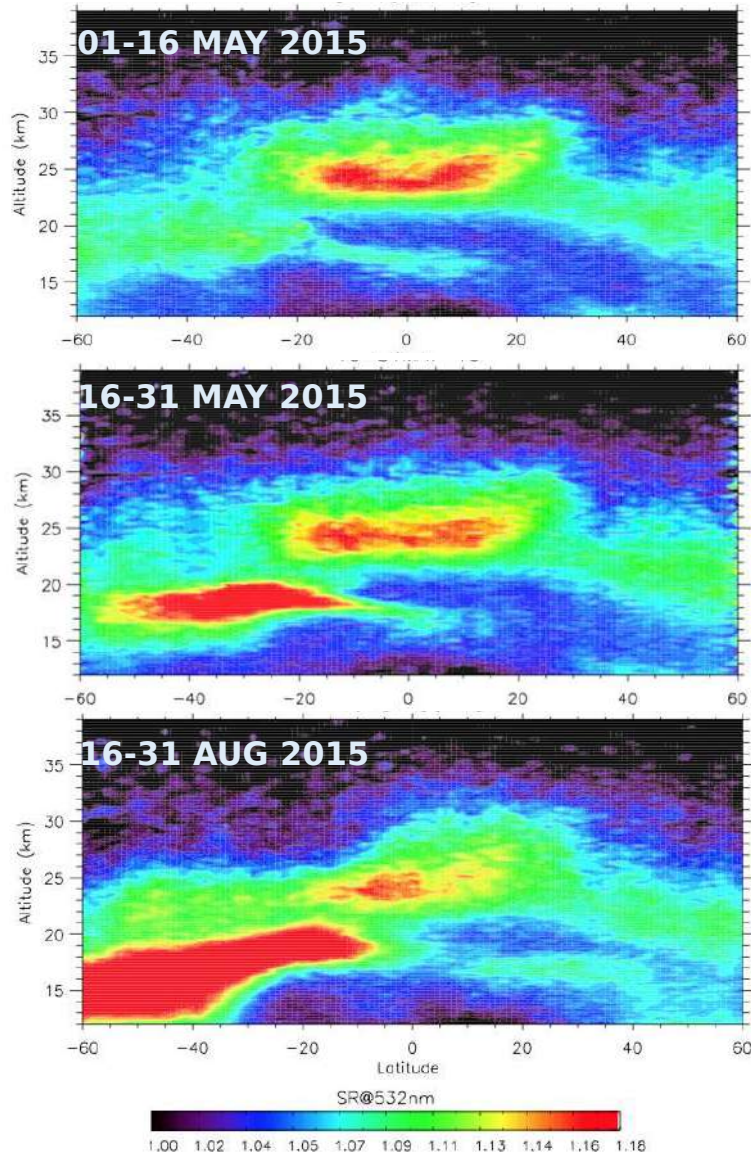
Propagation du panache du 24 avril 2015 au 1er mai 2015



Averaged SO₂ columns in the LS observed by OMI (22 April-1 May 2015)

- Bon accord entre les observations (IASI, CALIOP et OMI) : forme et évolution spatiotemporelle du panache
- injection du panache (SO₂) dans l'UTLS et propagation vers l'est
- Le panache volcanique a atteint l'océan Indien le 1er mai 2015, 8 jours après l'éruption.

Aérosols strato : transport et mélange dans la BS

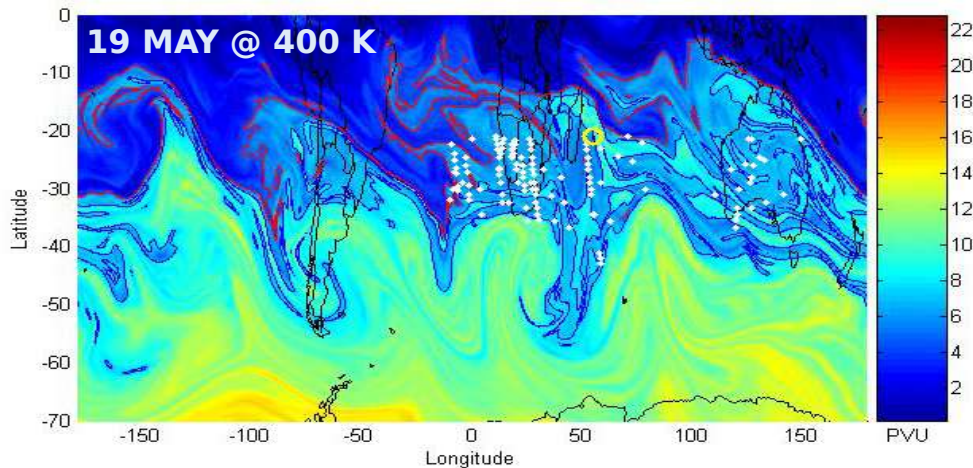
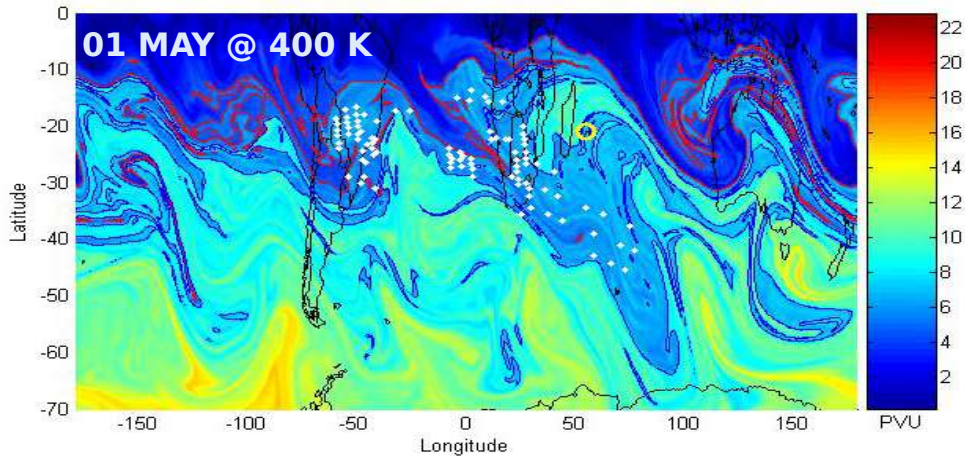


Moyennes zonales du **rapport de diffusion** calculées à partir des profils CALIOP à 532 nm.

Augmentation des aérosols stratosphériques après l'éruption du Calbuco

Panache principalement confiné dans l'HS, avec une propagation vers les régions polaires et du mélange dans la BS au niveau la barrière subtropicale

Aérosols strato : transport et mélange dans la BS



Adverted PV map at the 400K level obtained from the MIMOSA model (a) on 01 May and (b) on 19 May .

The white dots represent the localization of the aerosol plume at $400\text{K} \pm 5\text{K}$ from OMPS observations.

Analyse de la dynamique du transport, utilisation

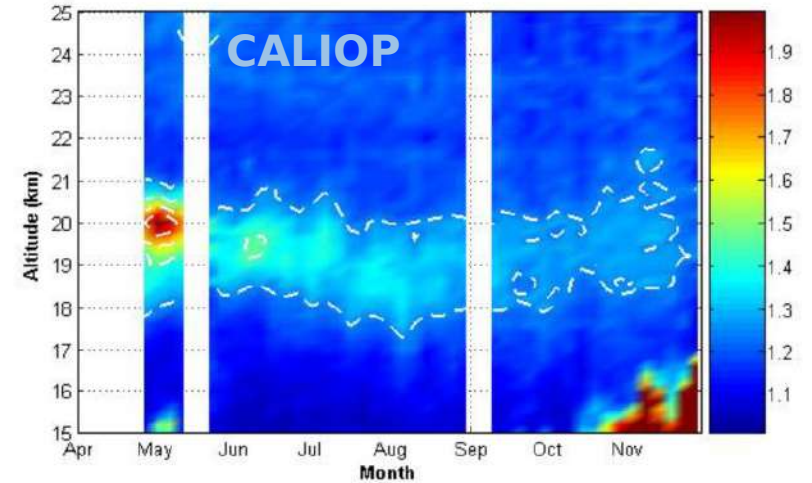
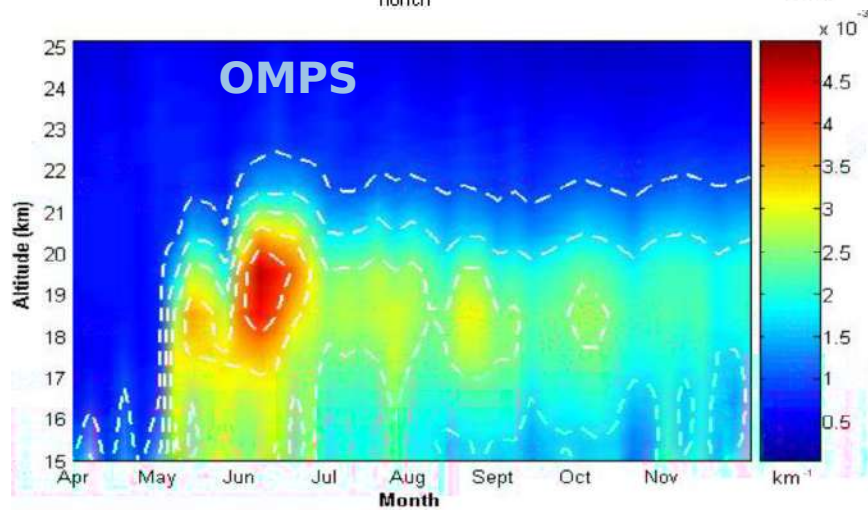
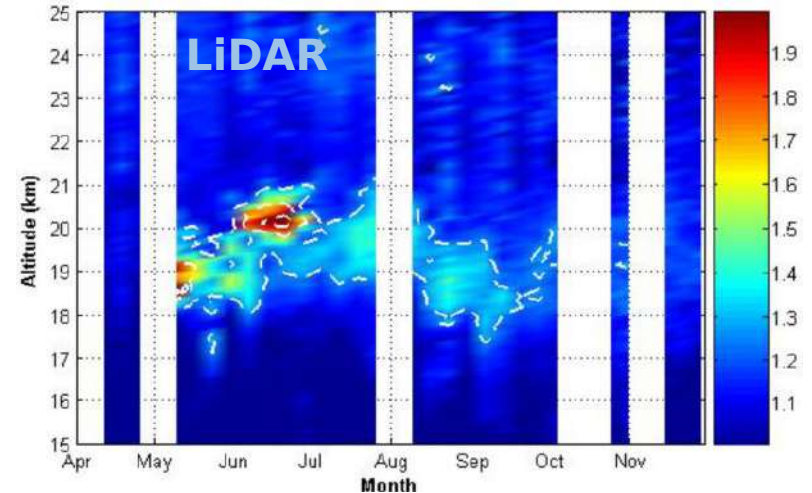
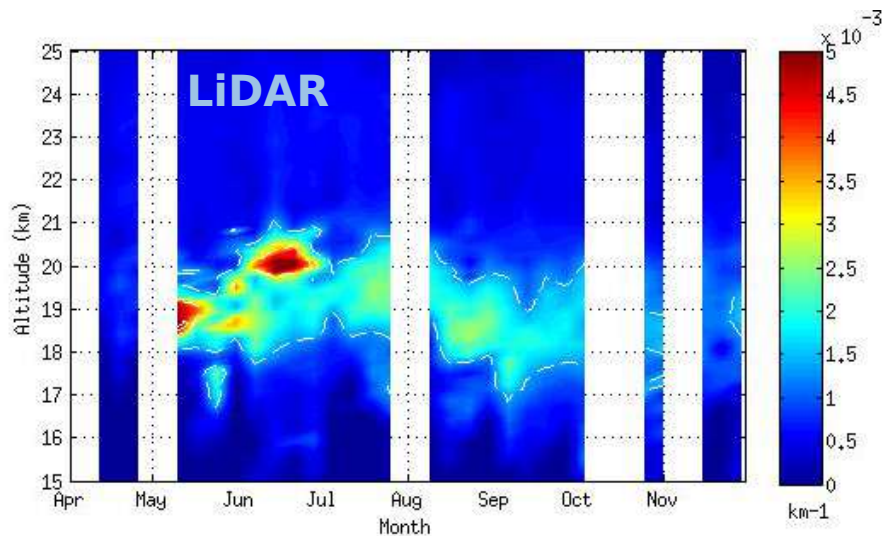
→ du modèle MIMOSA HR et
→ du code DyBaL

– MIMOSA : advection des contours de l'APV (Hauchecorne et al., 2002)

– DyBaL : détection et localisation de la barrière subtropicale :
> maximum du gradient(APV) et
> minimum de diffusivité effective selon formalisme de Nakamura (1996)

Les aérosols dans la BS sont situés dans la zone de mélange et leur transport est contrôlé par les échanges isentropiques (méridiens) et la barrière subtropicale.

Aérosols strato : observations à la Réunion

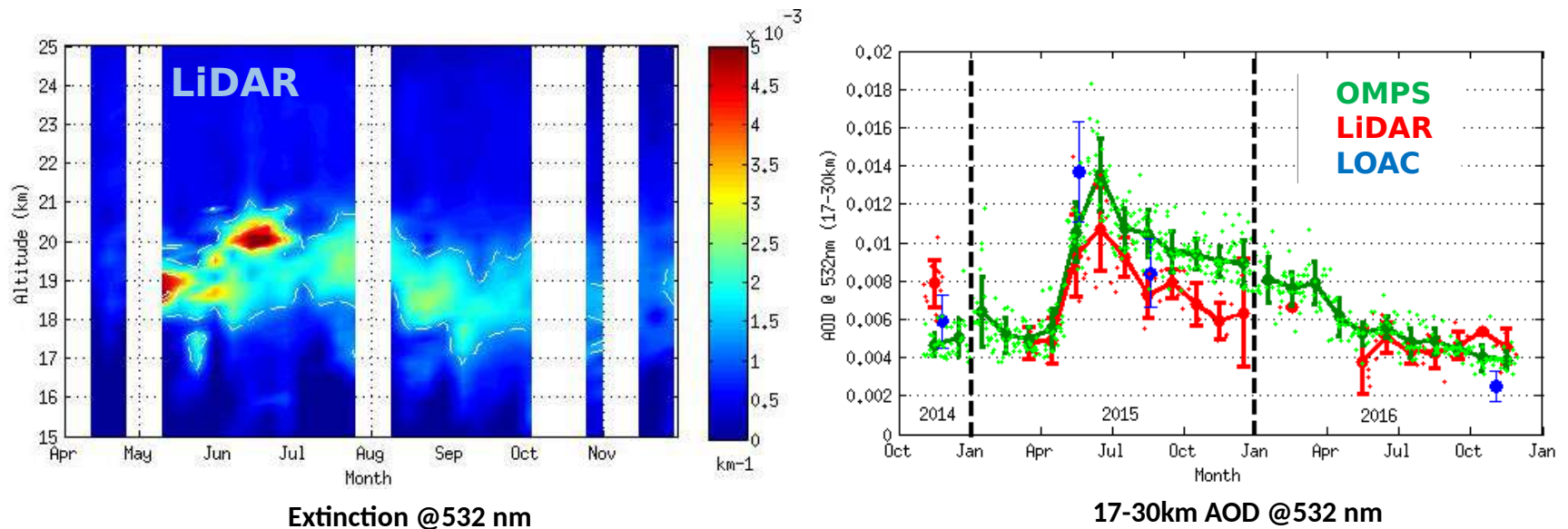


Extinction @532 nm

Rapport de diffusion @532 nm

Le panache Calbuco est arrivé au-dessus de la Réunion début mai dans la BS, entre 18 et 20 km.
Le LiDAR donne un meilleur suivi du panache (meilleures résolutions)

Aérosols strato : observations à la Réunion



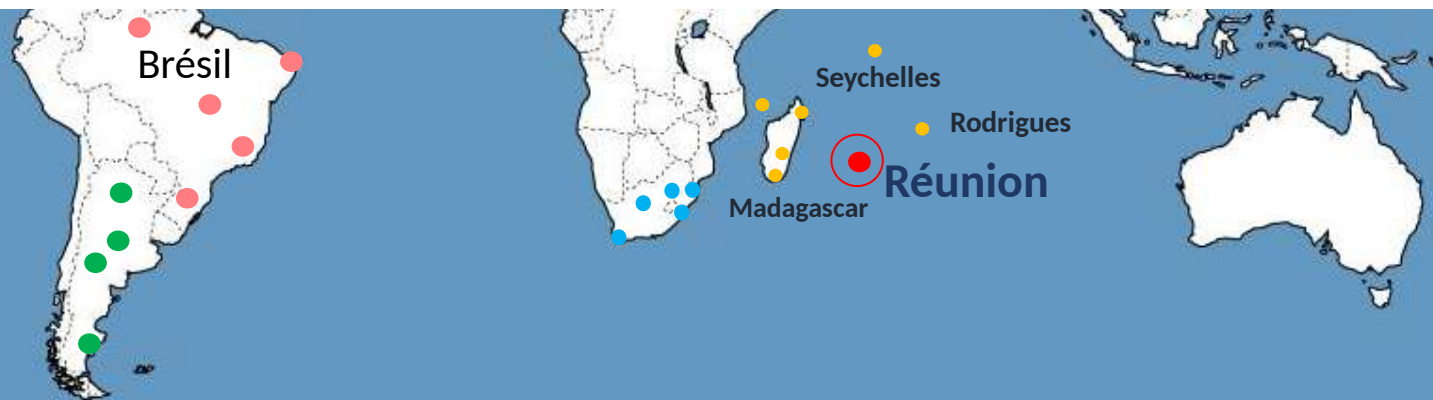
- Un bon accord entre les observations LiDAR, LOAC et OMPS
- Observation du panache du Calbuco au-dessus de la Réunion début mai 2015
- Retour aux conditions d'avant éruption vers avril 2016

pour conclure ...

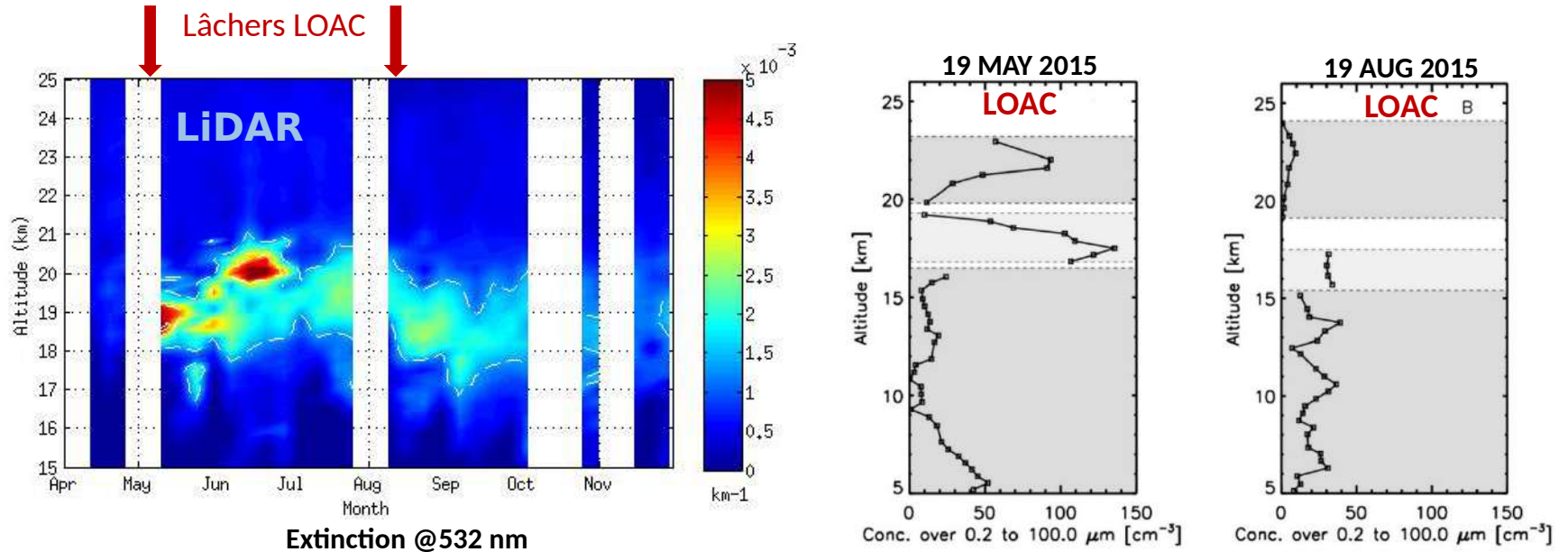
La nature, les quantité et les propriétés optiques des aérosols sont mal connues dans l'UTLS tropicale, du fait notamment de la faible densité des observations, alors que leur impacts sont importants.

La thématique AÉROSOL au LACy est en plein développement, en appui sur 2 atouts :

- des réseaux de collaborations nationales et internationales
 - ARSAIO 2023-2027 Biomass Burning Aerosols in Southern Africa
 - AEROBI 2023-2026 Aerosol over Brazil and Impacts
 - OMAAR Argentine Observations & Modelling of Aerosols over ARgentina
 - un ensemble instrumental performant + ERA Chair 2023-2027 (Michael Sicard)
- REALISTIC : *centre d'excellence de télédétection des aérosols dans l'océan Indien*
- Mobilisation des capacités pour une meilleure connaissance des aérosols et leur transport dans l'HS, notamment les aérosols volcaniques et les aérosols de brulage de



Aérosols strato : observations à la Réunion



- Diminution de l'altitude du panache entre août et septembre : sédimentation
- avec une distribution en taille unimodale, identique à l'éruption Sarychev

Bègue et al. (2017)