

émissions naturelles atmosphériques



Réactivité chimique

Dynamique atmosphérique

Émissions et processus à l'interface sol-atmosphère

Gaz réactifs et GES dans l'atmosphère globale

Dynamique atmosphérique

Pollution

Panaches de feux et de Volcans

Variabilité des aérosols

Volcans et climat



Éruption du Calbuco le 22 avril 2015 Chili

Éruption du Sarychev le 12 juin 2009

Îles Kouriles, Russie

VEI	Classification	Hauteur du panache	Volume éjecté	injection troposphérique	injection stratosphérique	Exemple
0	Hawaïen	< 100 m	> 1 000 m ³	Négligeable	non	Kilauea
1	Hawaïen / Strombolien	100 - 1000 m	> 10 000 m ³	Mineure	non	Stromboli
2	Strombolien / Vulcanien	1 - 5 km	> 1 000 000 m ³	Modérée	non	Galeras, 1992
3	Vulcanien	3 - 15 km	> 10 000 000 m ³	Substantielle	Possible	Nevalo del Ruiz, 1985
4	Vulcanien / Plinien	10 - 25 km	> 0.1 km ³	↓	Certaine importante	Eyjafjallajökull, 2010 ; Calbuco, 2015
5	Plinien	> 25 km	> 1 km ³			Vésuve, 79 ; Mont Saint Helens, 1980
6	Plinien / Ultra-Plinien	> 30 km	> 10 km ³	↓	↓	Krakatoa, 1883 ; Pinatubo, 1991
7	Ultra-Plinien	> 35 km	> 100 km ³			Tambora, 1815 ; éruption minocenne (Santorin), 1600 avant JC
8	Ultra-Plinien Supervolcan	> 40 km	> 1 000 km ³			Lac Taupo, 25 500 ans ; Toba, 74 000 ans ; Yellowstone, 600 000 ans

L'éruption la plus puissante des temps modernes

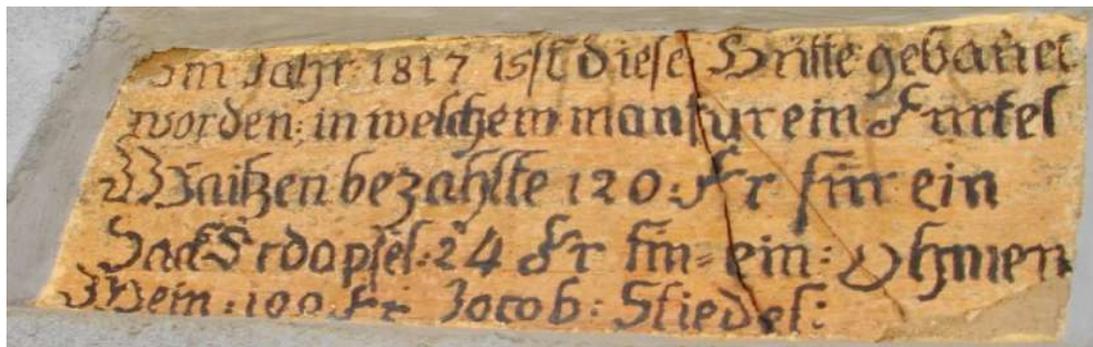
L'éruption du volcan Tambora en Indonésie, 5-15 avril 1815

La plus puissante depuis l'éruption du volcan Samalas (Indonésie) en 1257.
Une colonne éruptive de plus de 43km c'est formée injectant 80 Mt de SO_2
(principalement dans la stratosphère) et 50 km³ de cendres dans l'atmosphère.
De la neige jusqu'en juin aux États-Unis et des pluie diluviennes en Europe
Dernière grande crise de subsistance en Europe, 200 000 morts dans le monde.
5-6 W/m² (sur 343 W/m²) en moins faisant diminuer la température de 1,5°C
1816 : année la plus froide depuis 250 ans.



L'année 1817 fut d'une incroyable cherté

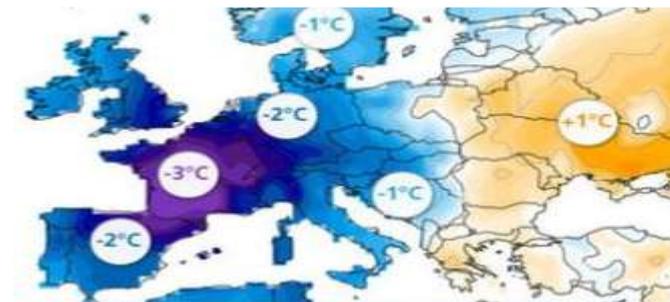
Sur le mur d'une maison à Heiligenstein, en Alsace



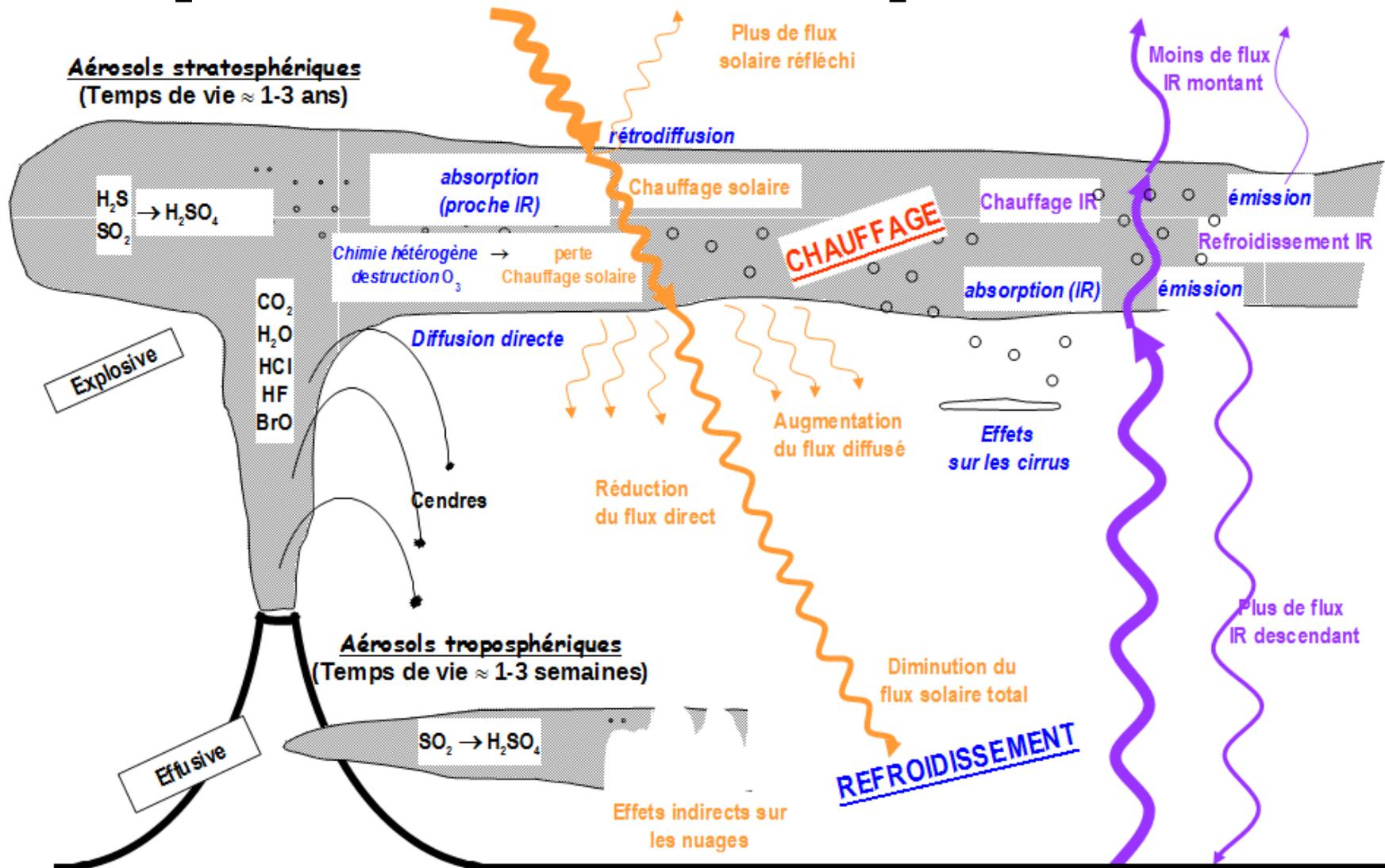
« En l'année 1817 cette chaumière a été construite ; cette année-là on payait 120 francs pour une mesure de froment, 24 francs pour un sac de pommes de terre, 100 francs pour un Ohmen (50 litres) de vin. Jacob Stiedel. »



Baisse des températures été 1816



Impact des émissions volcaniques sur le climat



Mont Pinatubo 13 Juin 1991, Philippines

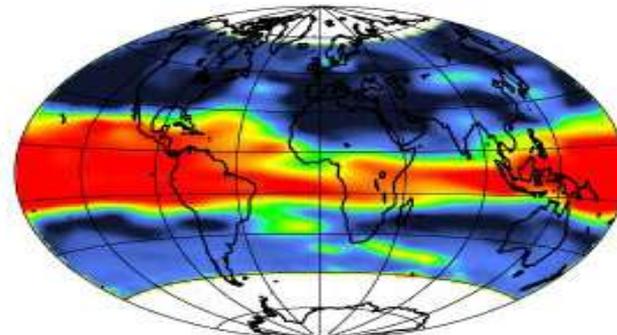


Épaisseur optique, Instrument SAGE II lancé en octobre 1984 à bord du satellite ERBS

SAGE II 1020 nm Optical Depth



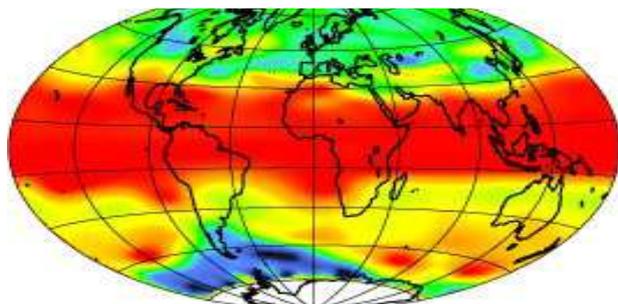
Les 2 mois précédents l'éruption



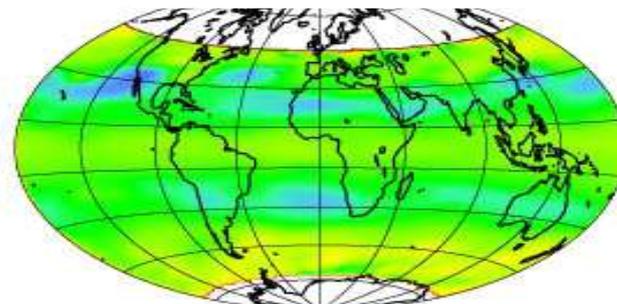
1 mois après l'éruption



Bande équatoriale
d'aérosols sulfatés



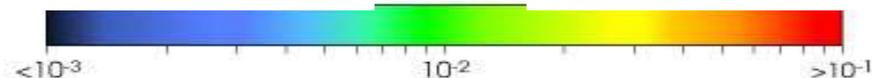
3 mois après l'éruption



18 mois après l'éruption



Couverture globale
d'aérosols sulfatés
après 1 an



La température de surface à diminuer globalement de $0,5^{\circ}\text{C}$.
Retour au niveau de fond seulement 3 ans après l'éruption.

Anomalies de température de 1958 à 2012 comparées à la moyenne 1981-2010

VEI = 5

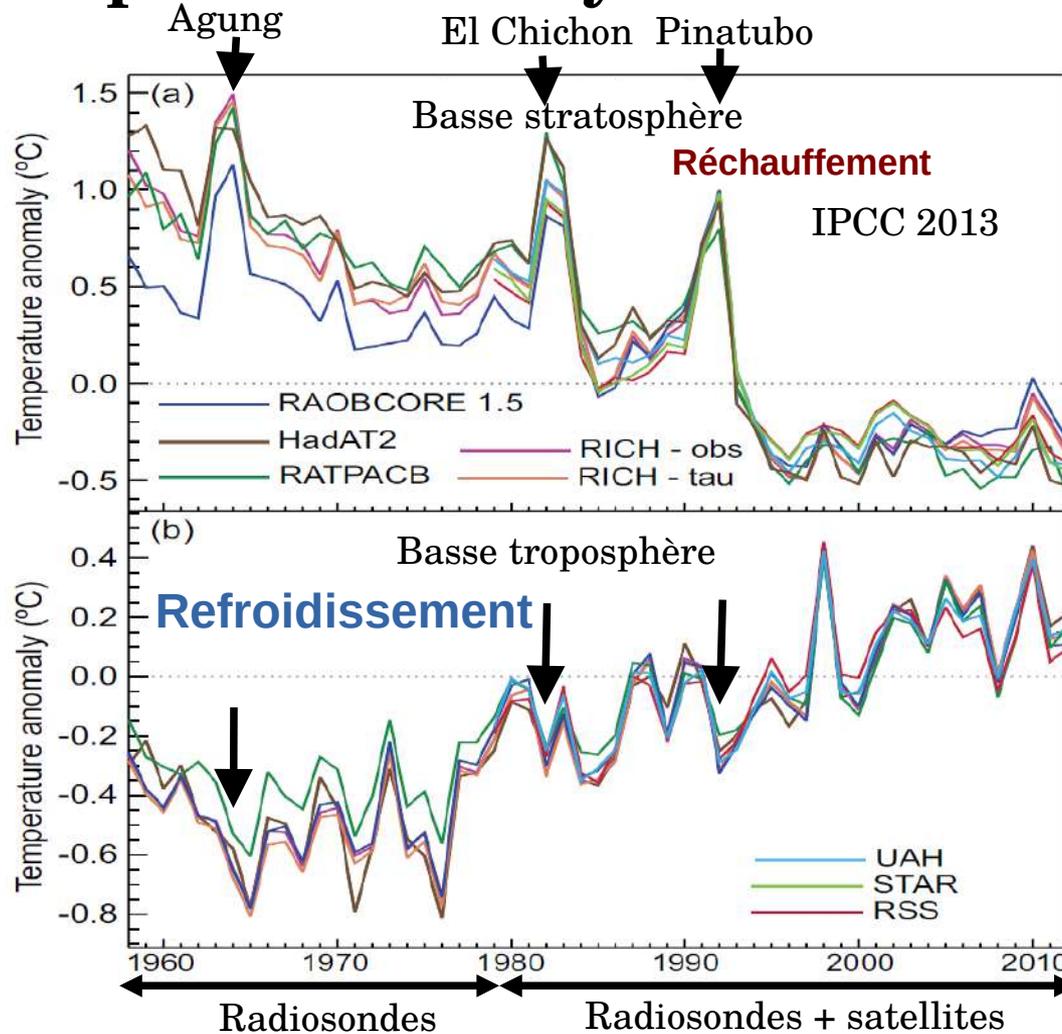


Agung (Indonésie)
18/02/63 au 27/01/64

VEI = 5



El Chichón (Mexique)
28/03/82 au 11/11/82



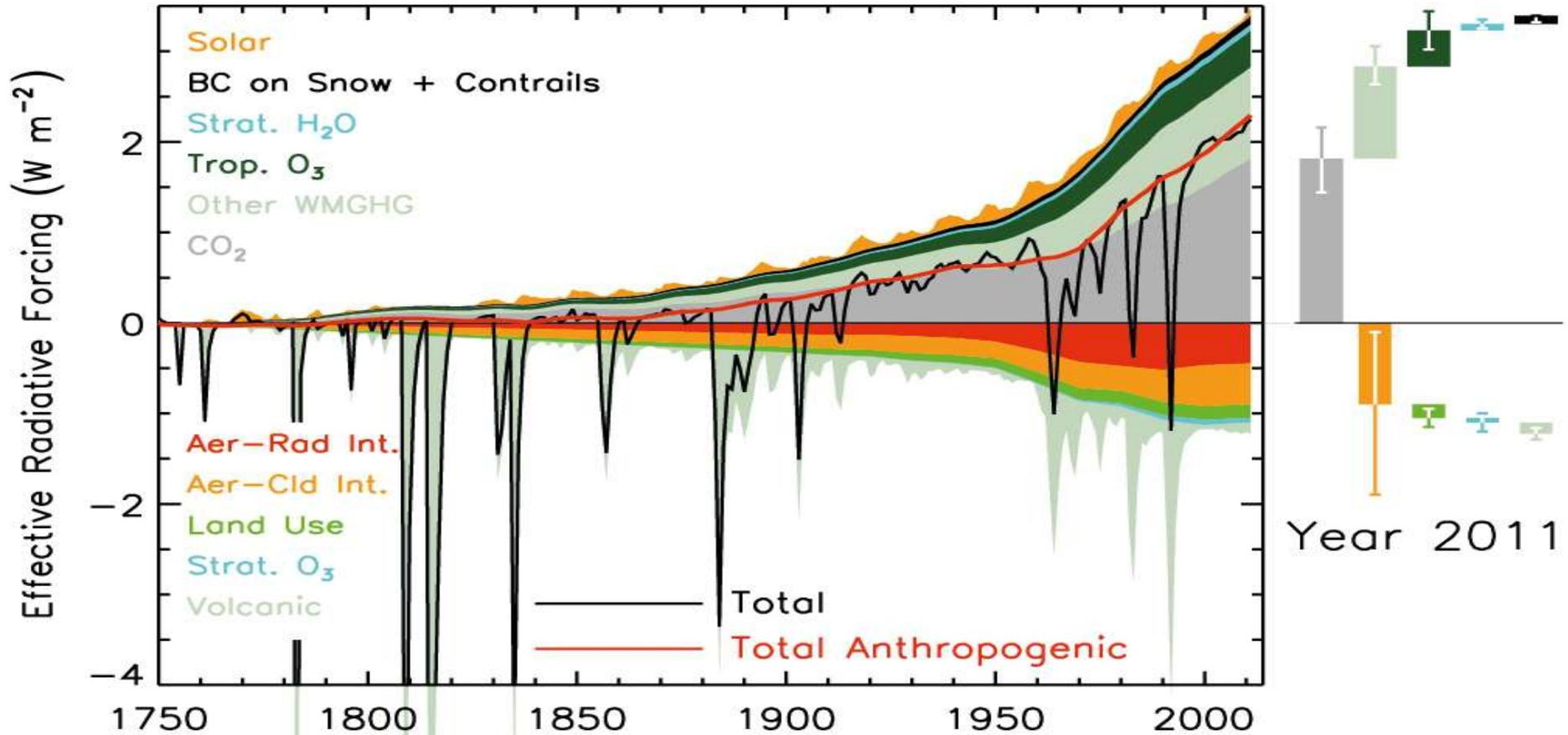
VEI = 6



Pinatubo (Philippines)
12-15/06/91

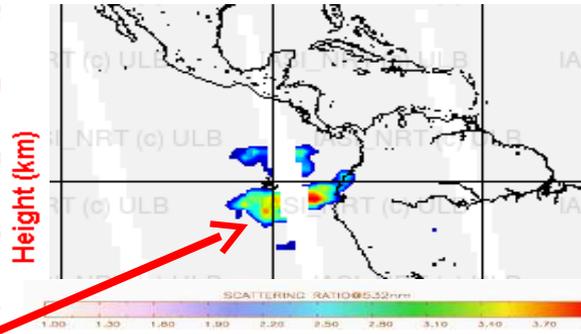
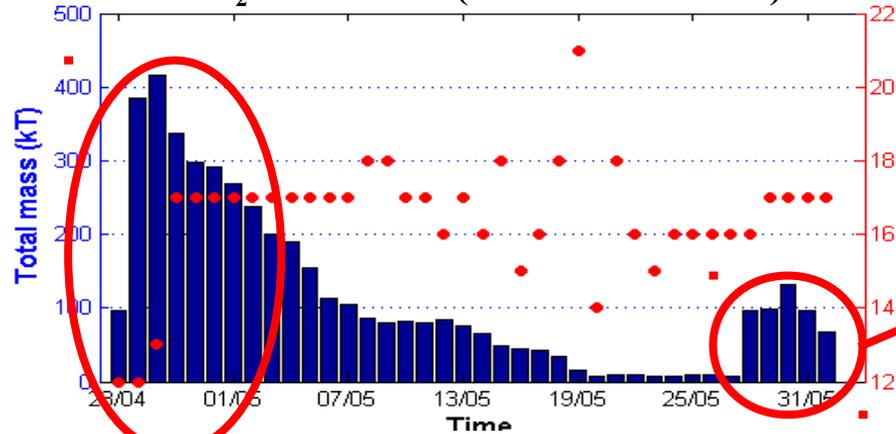
Evolution des températures depuis 1750

Impact des émissions anthropiques et volcaniques



Transport des aérosols volcaniques : Éruption du Calbuco

SO₂ total mass (METOP-A/IASI)



Éruption du volcan Wolf aux Galápagos

Éruption volcanique le 24 Avril 2015 (~ 0.4 Tg of SO₂)



SO₂ injecté lors précédentes éruptions volcaniques modérées :

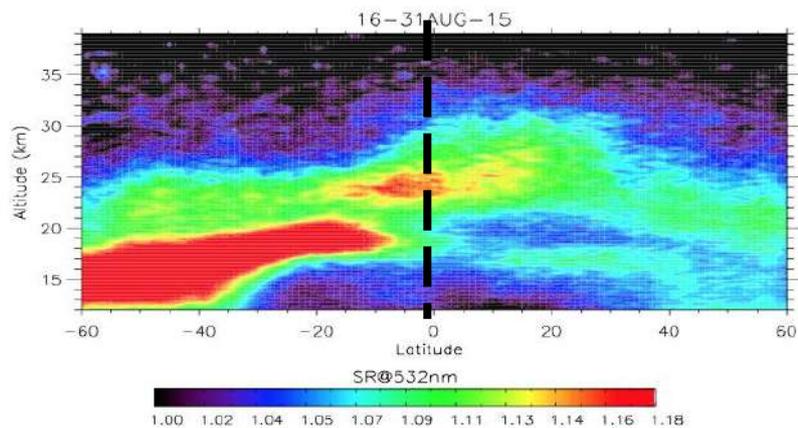
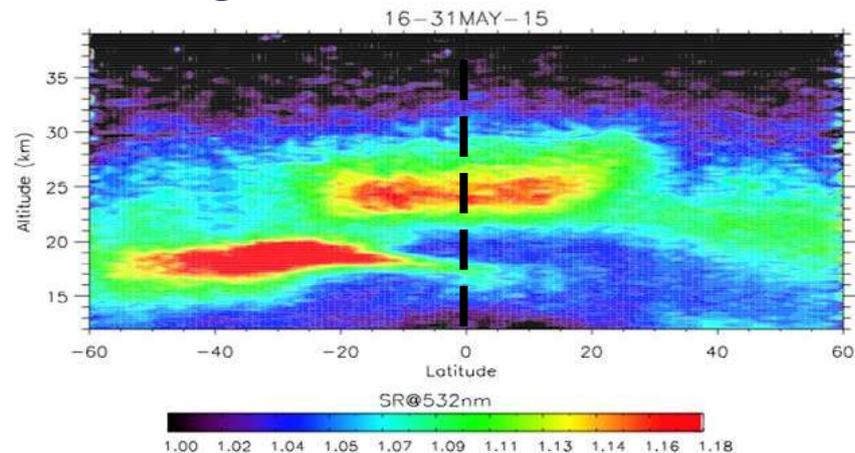
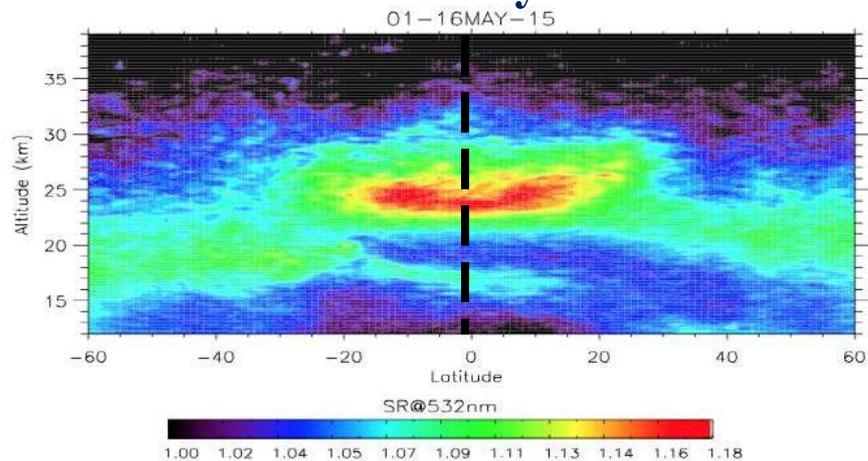
1) **Kasatochi** (2008, Alaska) = **1.5 Tg** (*Bourassa et al., 2010*)

2) **Sarychev** (2009, Iles Kouriles) = **0.9 Tg** (*Clarisse et al., 2012*)

Nabro (2011, Érythrée) = **1.3 Tg** (*Bourassa et al., 2012*)

Transport des aérosols volcaniques : Eruption du Calbuco

Moyenne zonale de SR (CALIOP@532nm)



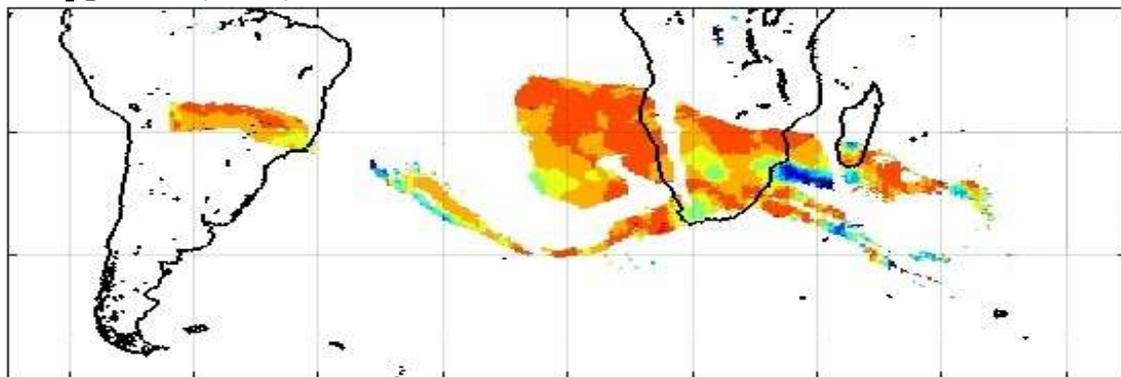
Propagation essentiellement au sein de l'hémisphère sud

Propagation favorisée par une phase d'ouest de la QBO

Aérosols stratosphériques : formation et transport du panache

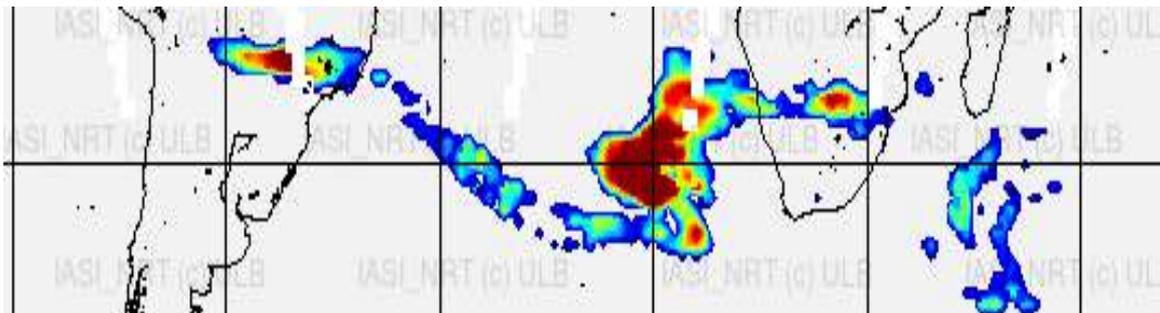
Propagation du panache de SO₂ entre 24 avril et 1 mai principalement entre 16-17 km

SO₂ plume (IASI)



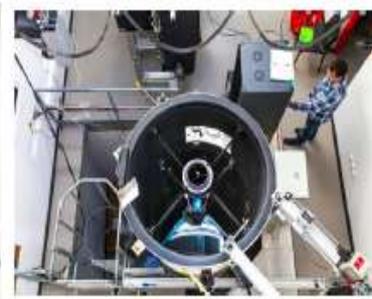
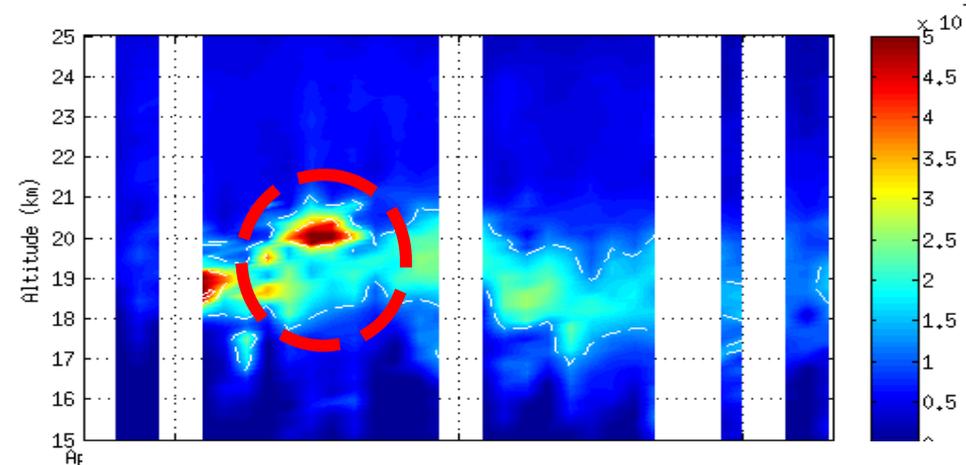
Atténuation du panache de SO₂ dès la mi-mai
Oxydation du SO₂ en aérosols sulfatés dans la haute troposphère-basse stratosphère

CALIOP (BSR 532 nm) entre 15-20 km

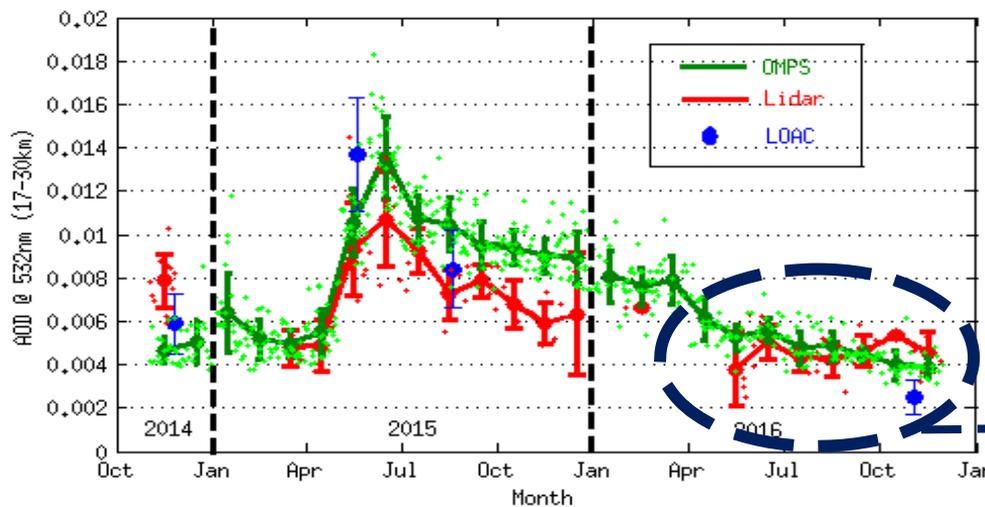


Présence du panache d'aérosols dans le bassin sud-ouest de l'océan Indien dès début mai.

Transport des aérosols volcaniques : éruption du Calbuco



Présence du panache dès début mai entre 19 et 20 km

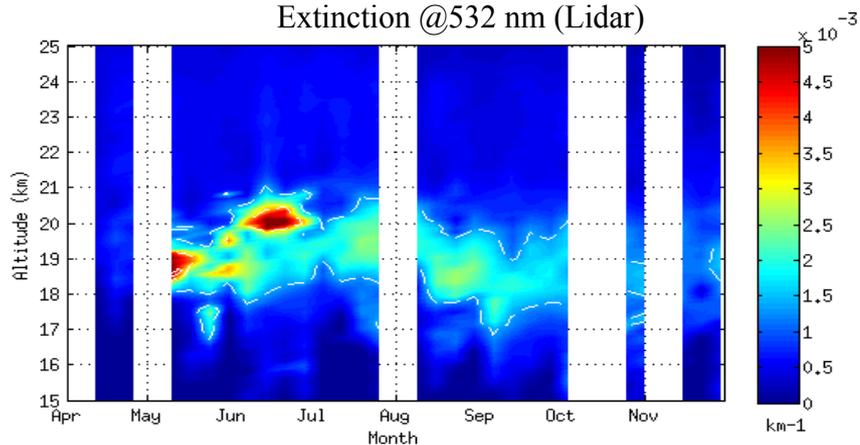


Extinction @532 nm (Lidar)

Retour aux conditions avant éruption à partir de 2016

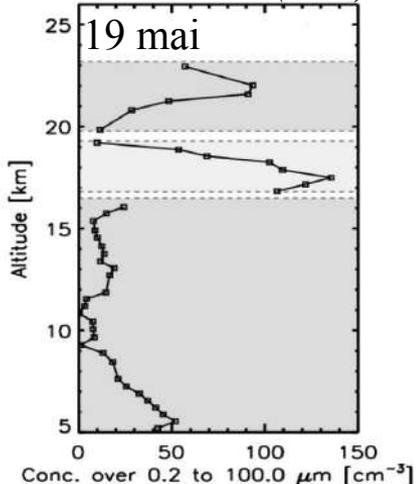
Transport des aérosols volcaniques : Eruption du Calbuco

Extinction @532 nm (Lidar)

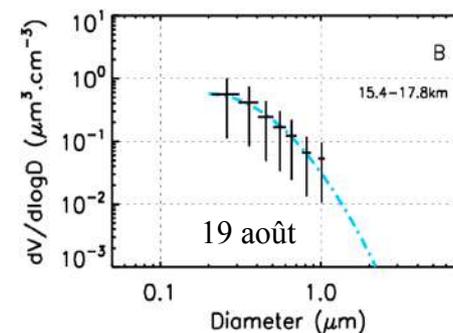
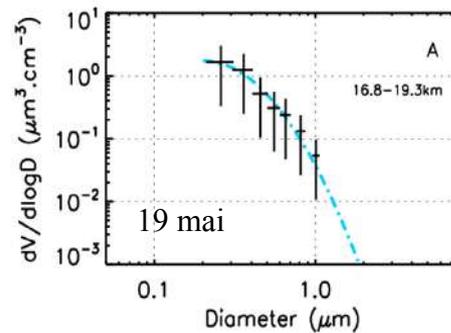
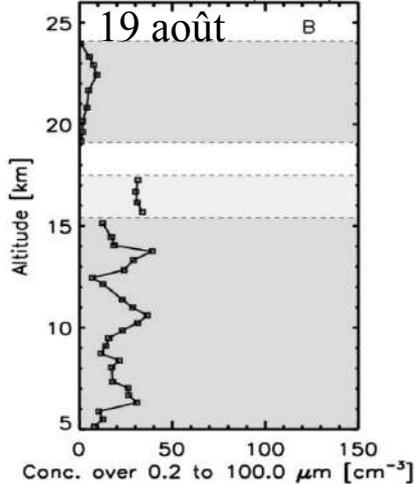


Compteur de particules
19 gammes de tailles
(0,2 à 50 μm)
(Renard et al., 2016)

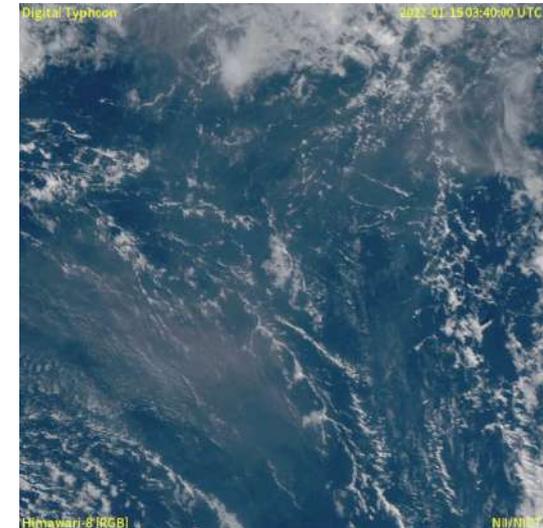
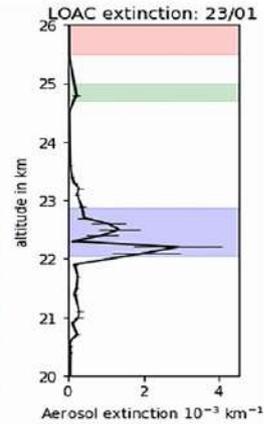
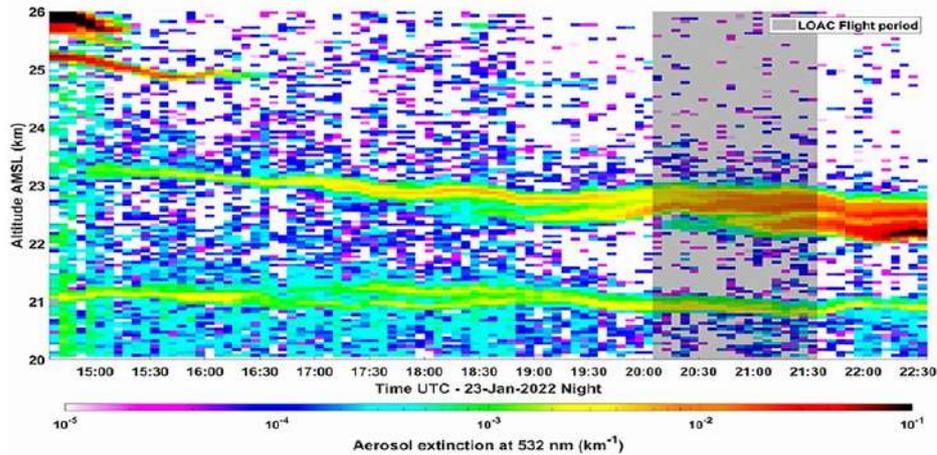
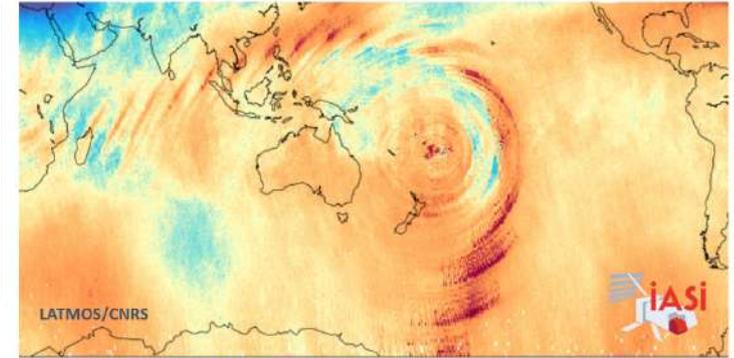
19/05/2015 (LOAC)



19/08/2015 (LOAC)



Eruption du Honga Tonga (Janvier 2022)



Caractérisation des propriétés microphysique du panache volcanique (Kloss et al., 2022)

Feux de forêt : transport intercontinental

Émissions de feux de forêts nord-américain transportées jusqu'en Méditerranée

Campagne Charmex 2014

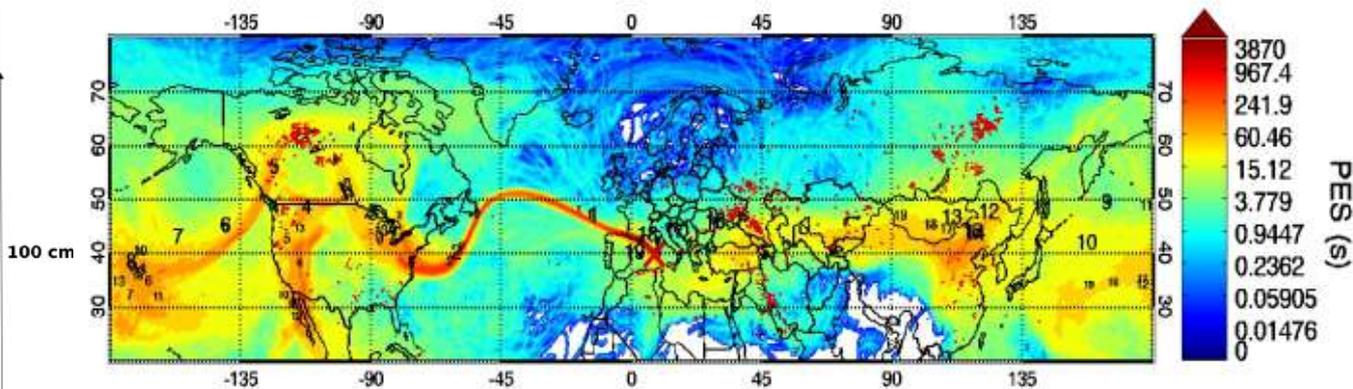
SPIRIT

Masse :
102 kg

100 cm

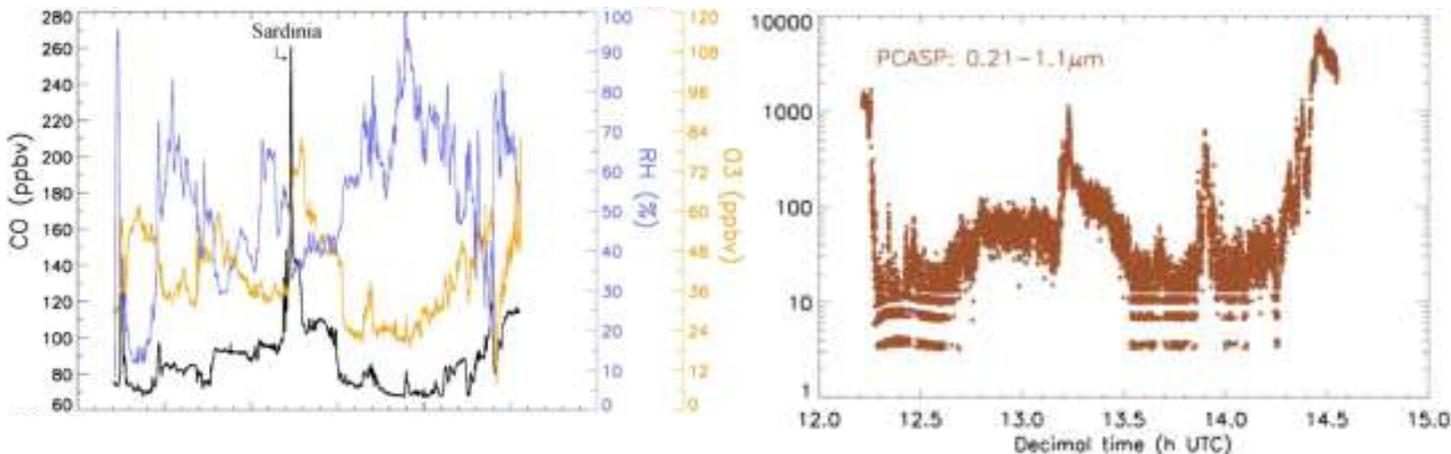
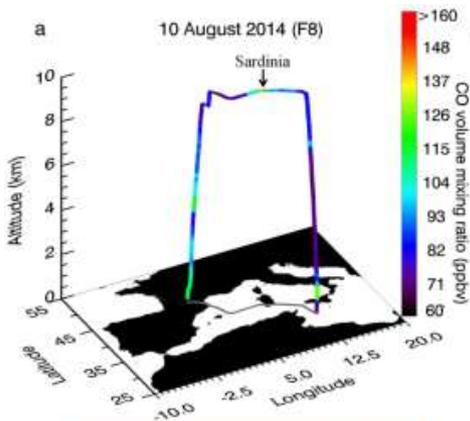
66 cm

56 cm



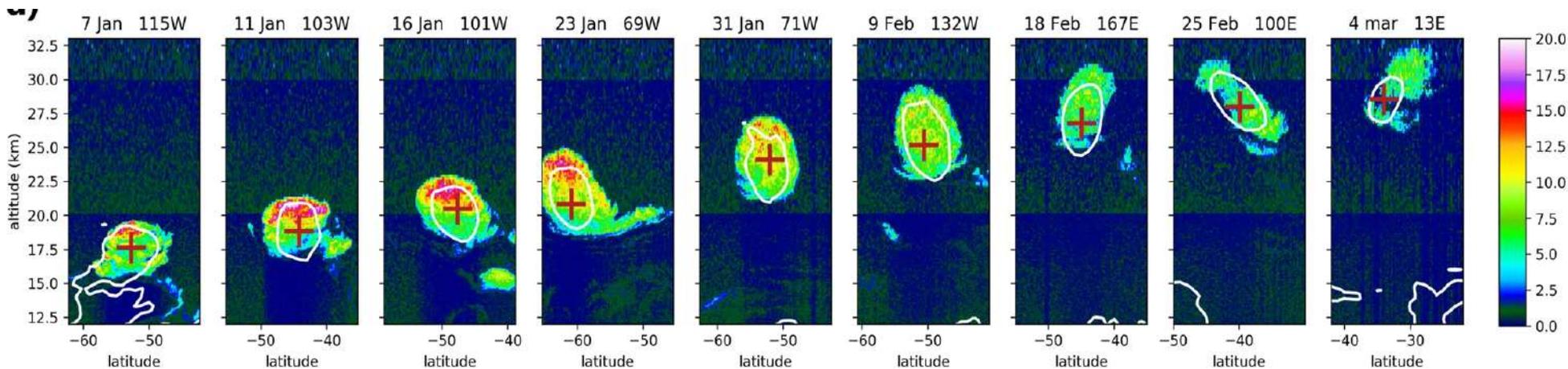
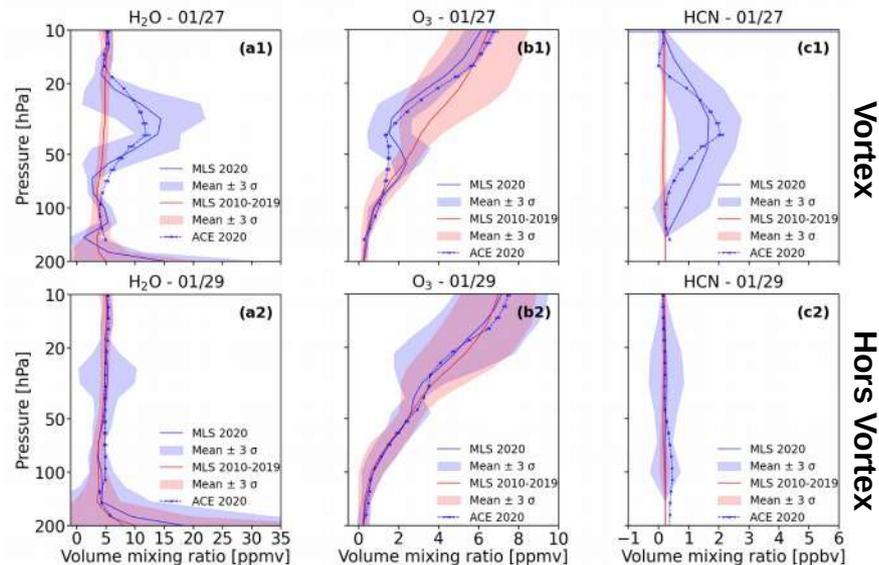
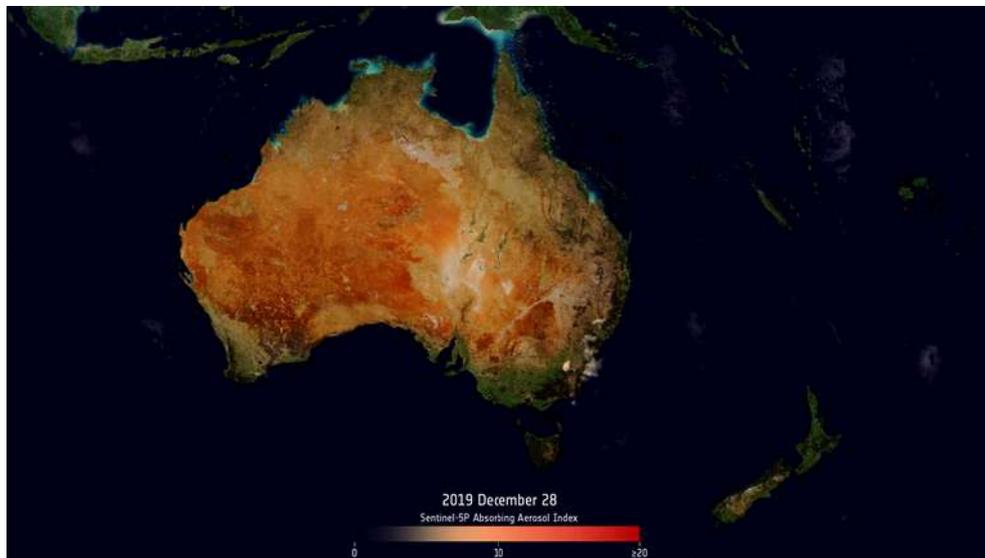
CO, O₃, RH

Aérosols

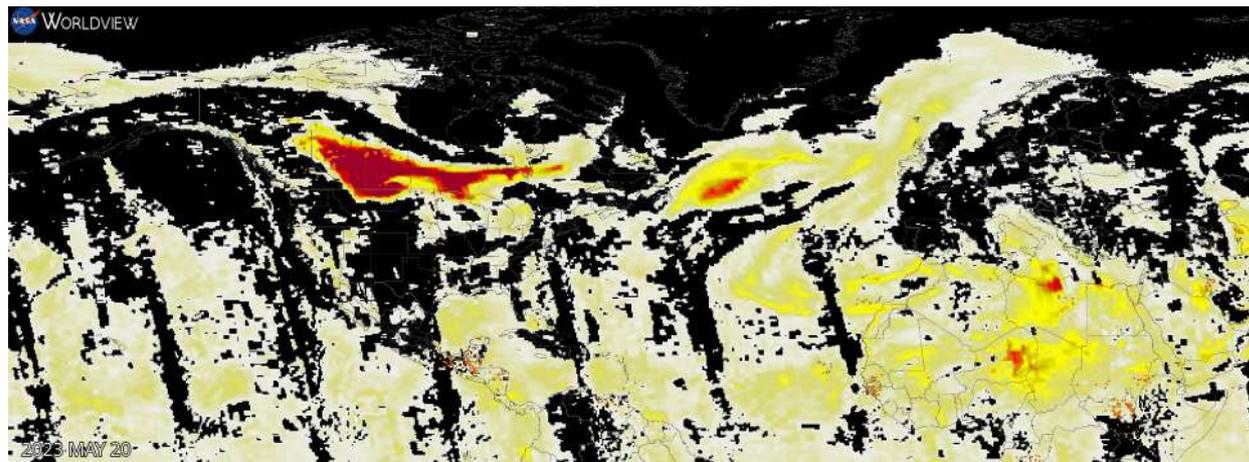


Feux de forêt : formation de vortex de fumée

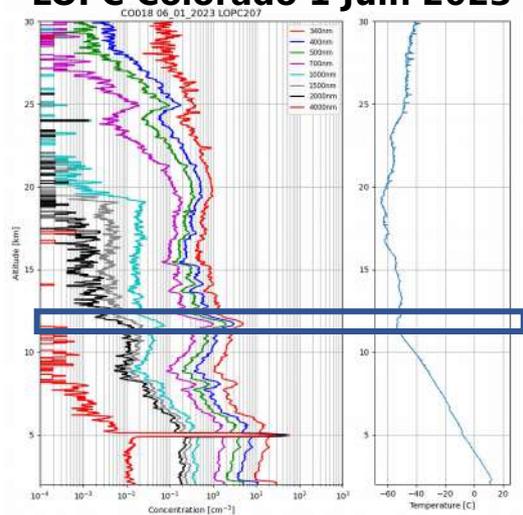
Émissions de feux de forêts australiens décembre 2019 – janvier 2020



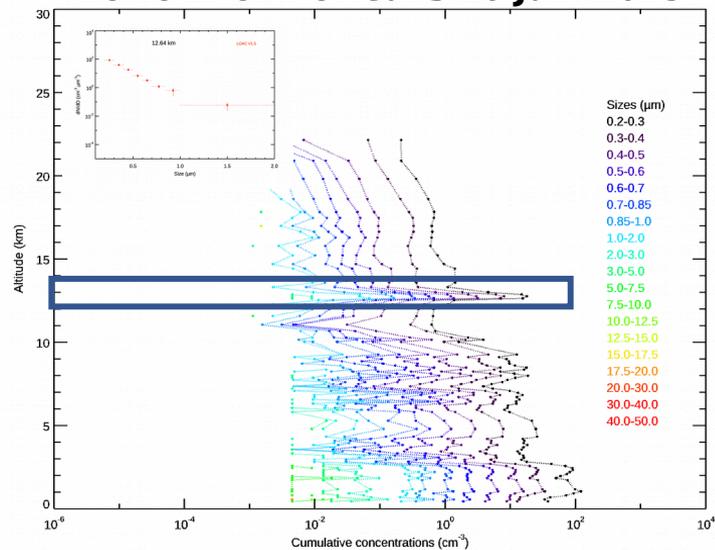
Feux de forêt canadiens juin 2023



LOPC Colorado 1 Juin 2023



LOAC LPC2E Orléans 16 Juin 2023

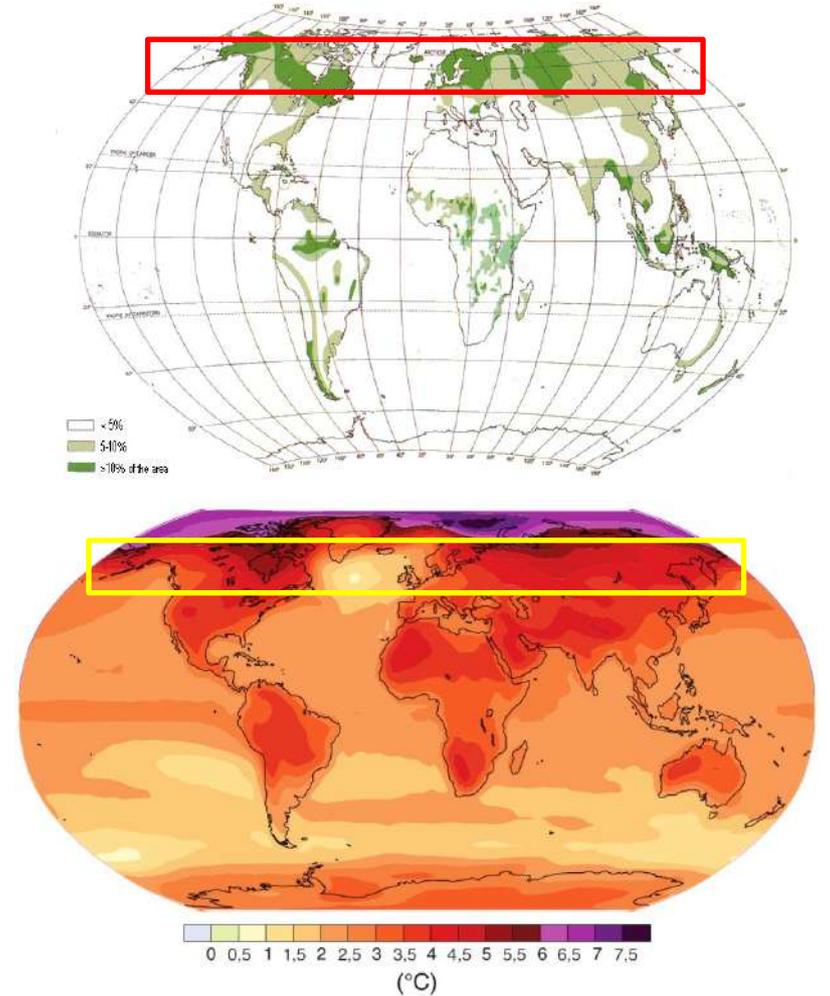
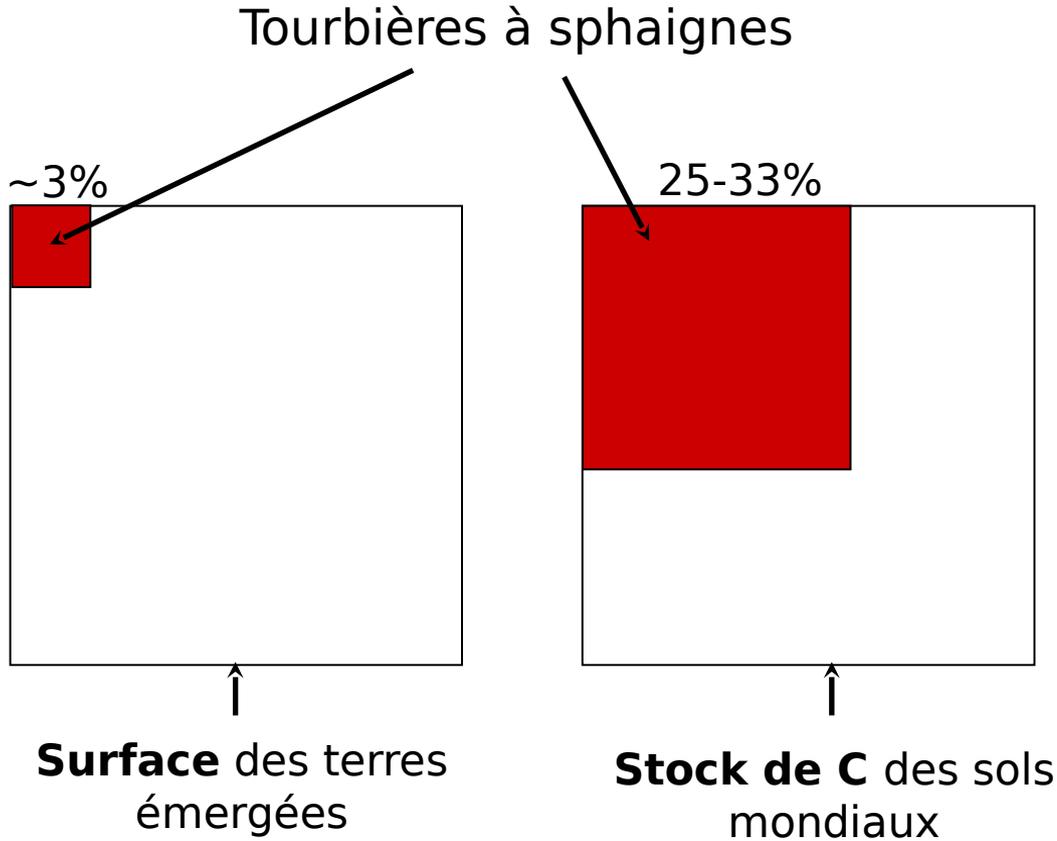




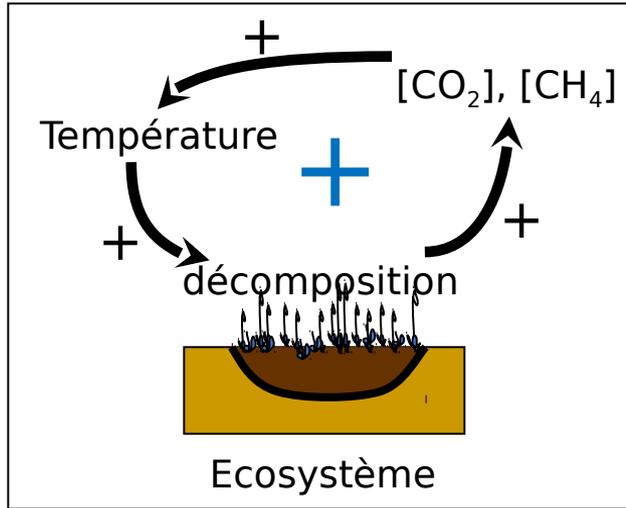
Les tourbières à sphaignes



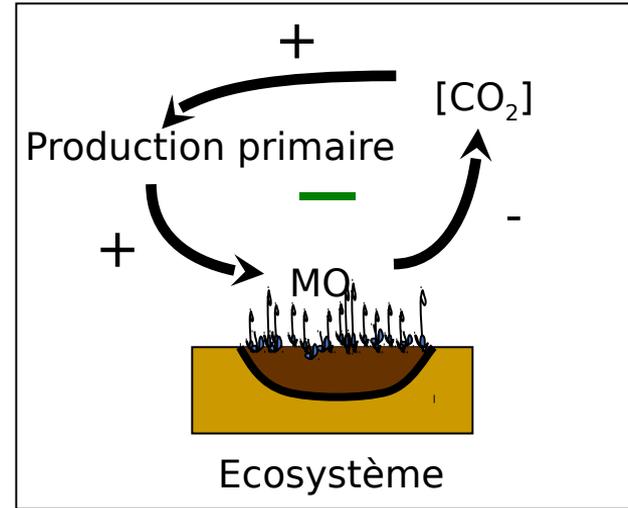
Les tourbières : un réservoir majeur de C à l'échelle globale



Quelle réponse aux perturbations globales et locales?



Amplification



Atténuation

Quelle rétroaction va l'emporter dans les tourbières?

Un puit ou une source de C?

facteurs : température, pluie, hydrologie changement de végétation

Observation – La tourbière de la Guette

Neuvy-Sur-Barangeon, Cher

Instrumentée depuis 2009

Épaisseur de tourbe :
moyenne 60 cm / Max. 1,8m
25 ha, alt = 180 m a.s.l.

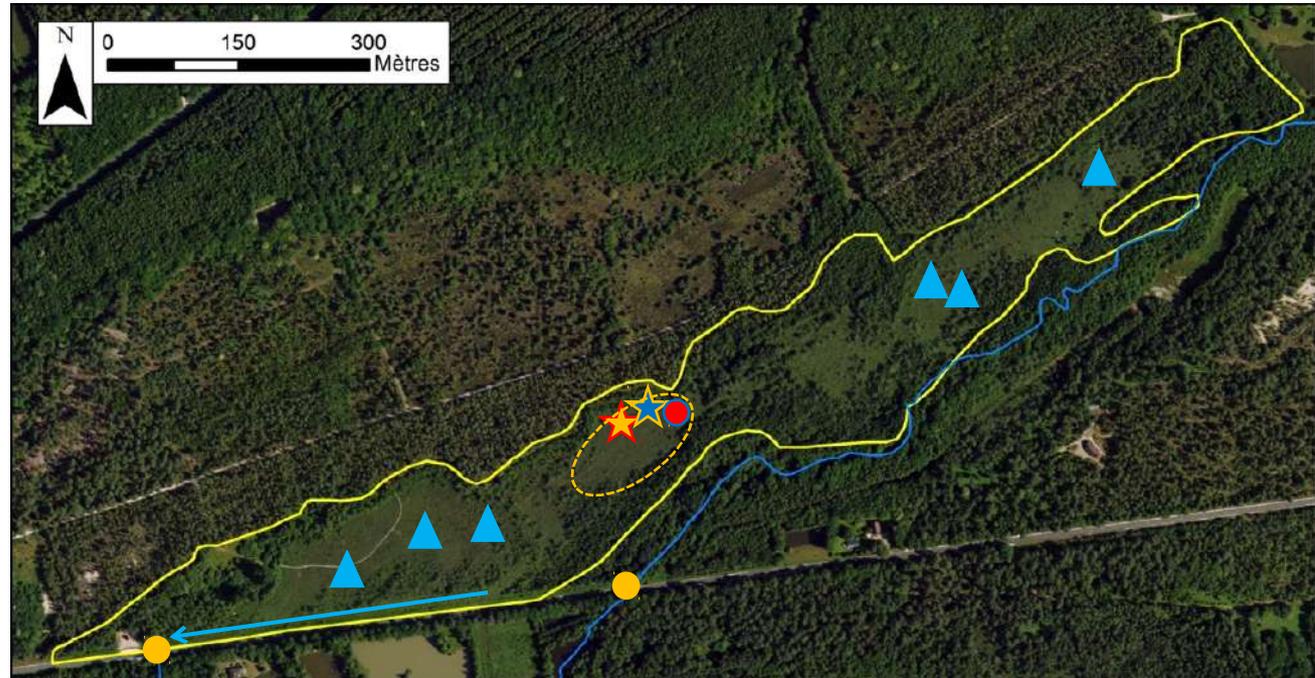
Molinia caerulea, *Erica tetralix*,
Sphagnum spp

Climat tempéré

Température annuelle : 11,7°C

Précipitation : 800mm/an

D926 Assèchement estival



- ▲ Hauteur de nappe
- ★ Stations Météo + sol + rayonnement
- Débit et physico-chimie
- Flux de GES -CO₂ et CH₄

Observation – La tourbière de la Guette

Neuvy-Sur-Barangeon, Cher

Sphaignes

(Bryophyte : pas racines - capitulum)



Sphagnum et Molinia

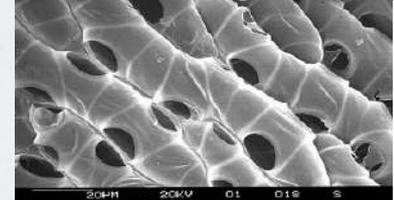


Bouleaux, Molinia et forêt



Feuilles
très
serrées

Cellules hyalines



Sphaignes et
Drosera

Les sphaignes génèrent les conditions favorables à leur propre croissance

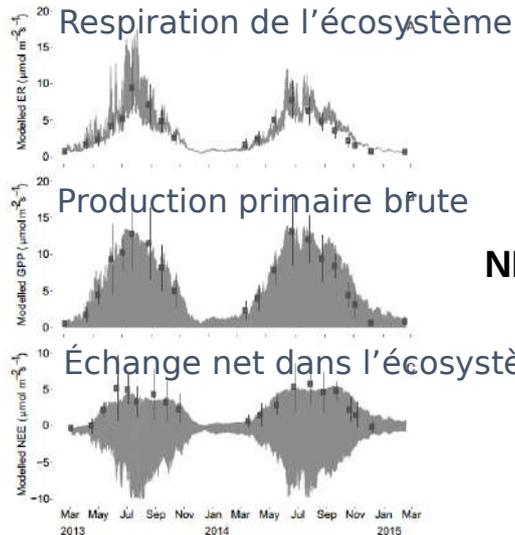
***Sphagnum* spp = espèces ingénieuses**

Observation – La tourbière de la Guette

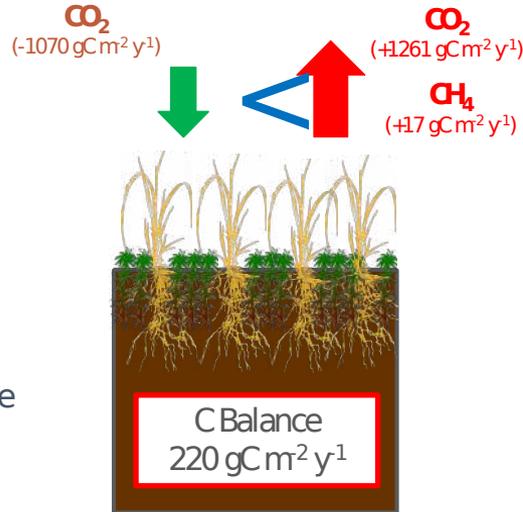
Mesures en chambre

1 à 2 mesures par mois

2013-2014



Bilan des flux de CO₂ et de CH₄



NEE=Production-Respiration

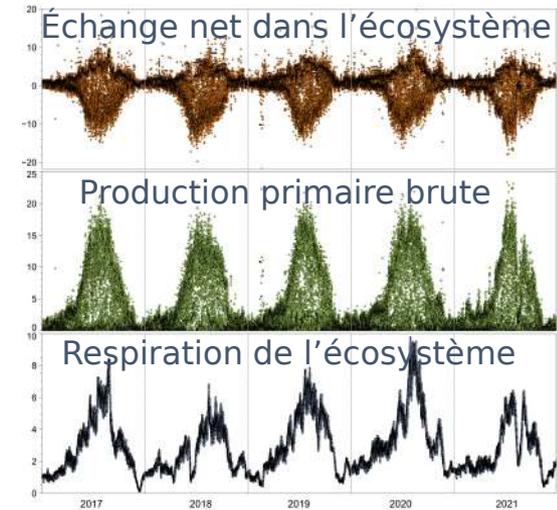
Tour à flux (Eddy covariance)

1 mesure par ½ heure



Depuis 2017

ICOS
INTEGRATED
CARBON
OBSERVATION
SYSTEM

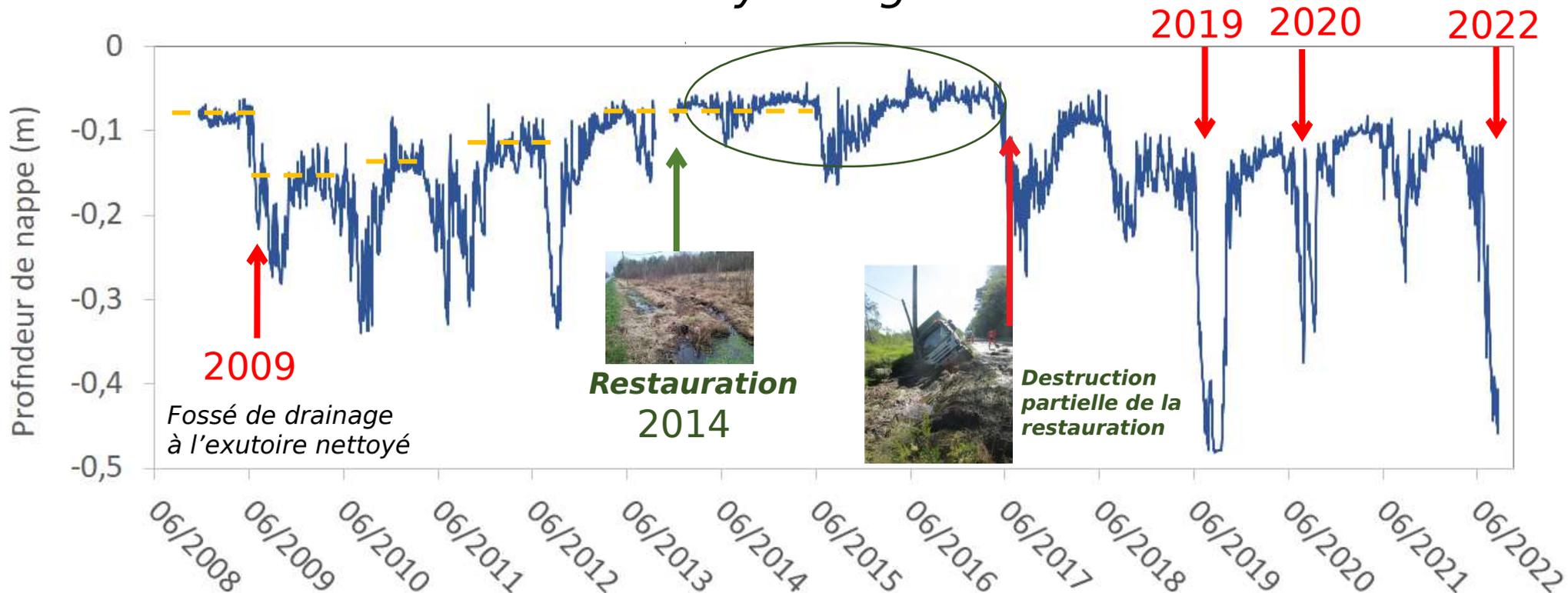


- La tourbière de La Guette agit comme une source de C
- Les émissions de CO₂ et de CH₄ sont contrôlées par le niveau de la nappe

Observation – La tourbière de la Guette

Hydrologie

Sécheresses



Nettoyage fossé : affecte le niveau d'eau hivernal - 5 ans pour récupérer
Effet restauration occulté par les événements extrêmes

Piézomètre

Expérimentation

PESAT

In situ (La Guette)



**CarBioDiv - CarEx
(2015-2021)**



C Control



B Etrépage



S Etrépage + Sphaignes



(2019-2023)



En mésocosme (OSUC)

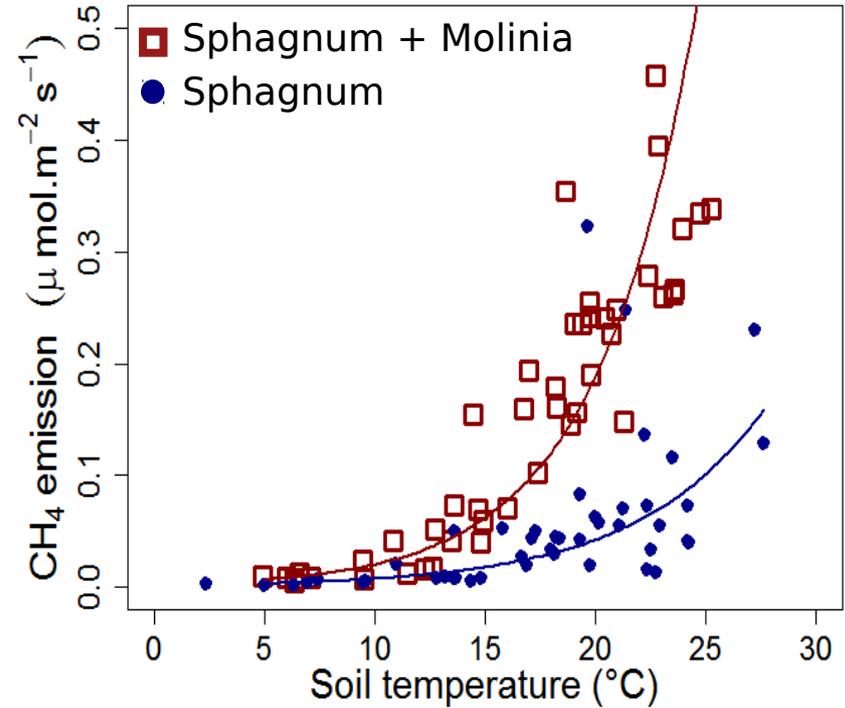
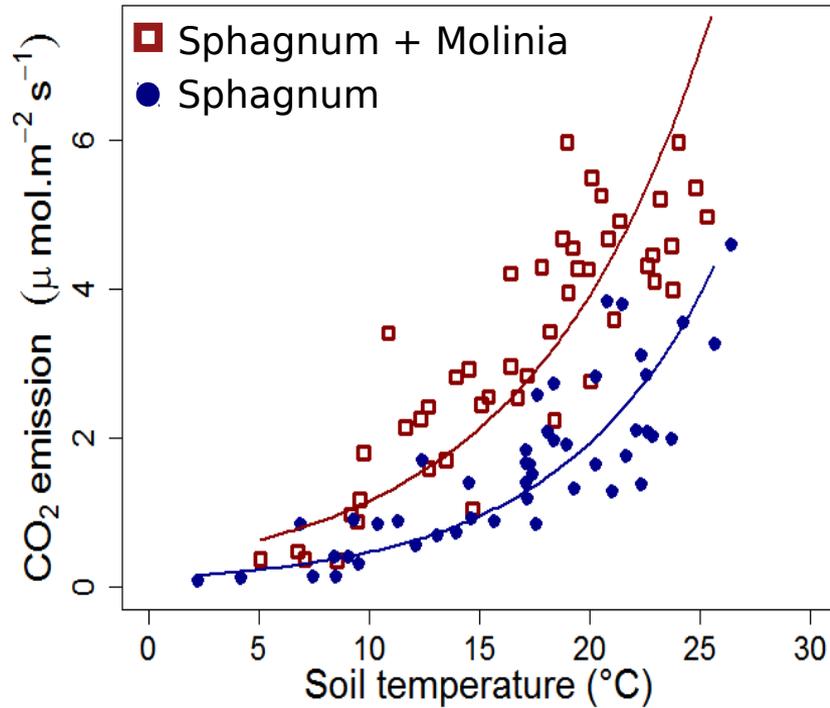


**PIVOTS
2015-2021**



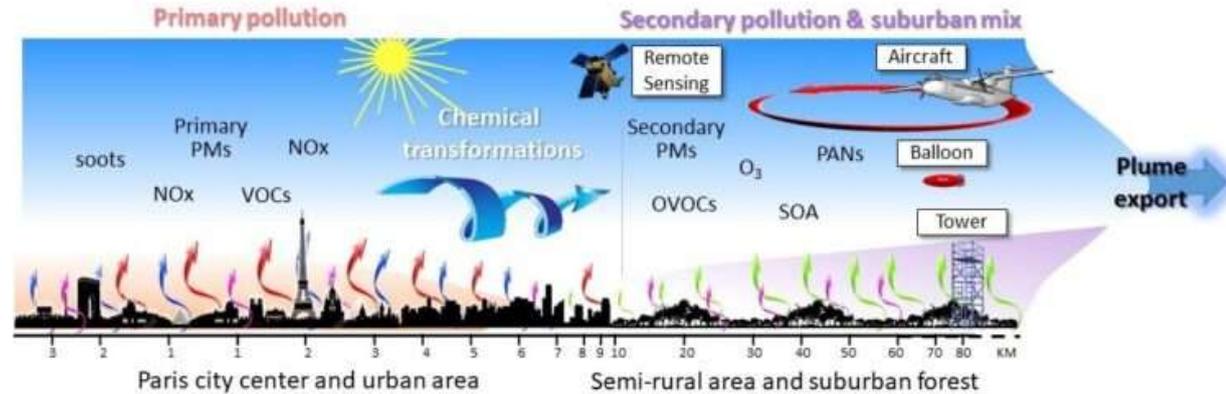
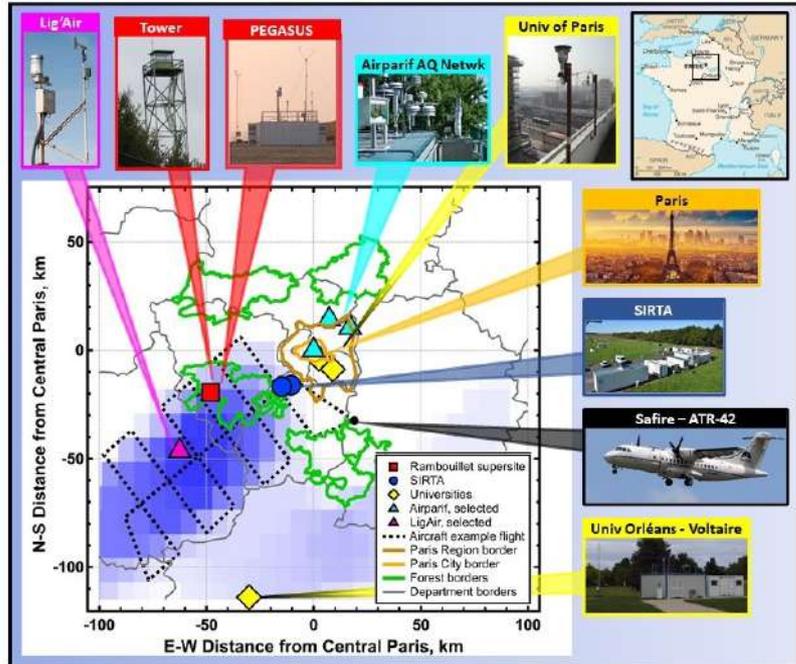
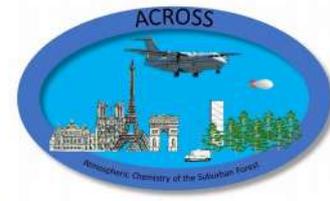
**JUNON
2022-2025**

Sensibilité des flux à la température



Interactions émissions biogéniques / pollution

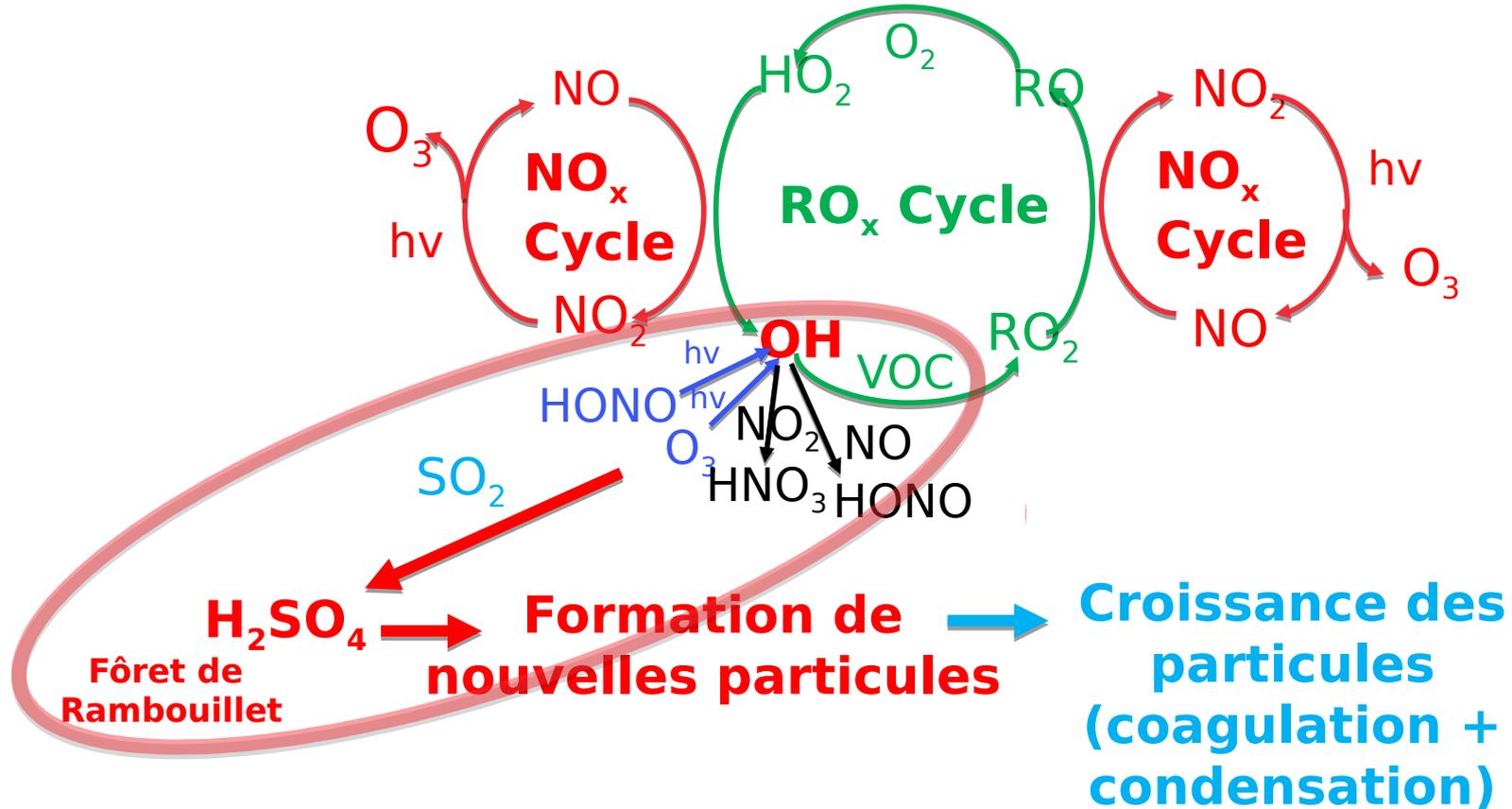
Campagne ACROSS juin 2022



- **Connaître la réactivité chimique et la quantité :**
 - des espèces azotés
 - des radicaux chimiques (OH, HO₂, RO₂, NO₃)
 - du carbone organique
- **Connaître le cycle de vie des aérosols**
- **Savoir modéliser :**
 - la photochimie des espèces gazeuses
 - l'évolution des particules

Interactions émissions biogéniques / pollution

Campagne ACROSS juin 2022



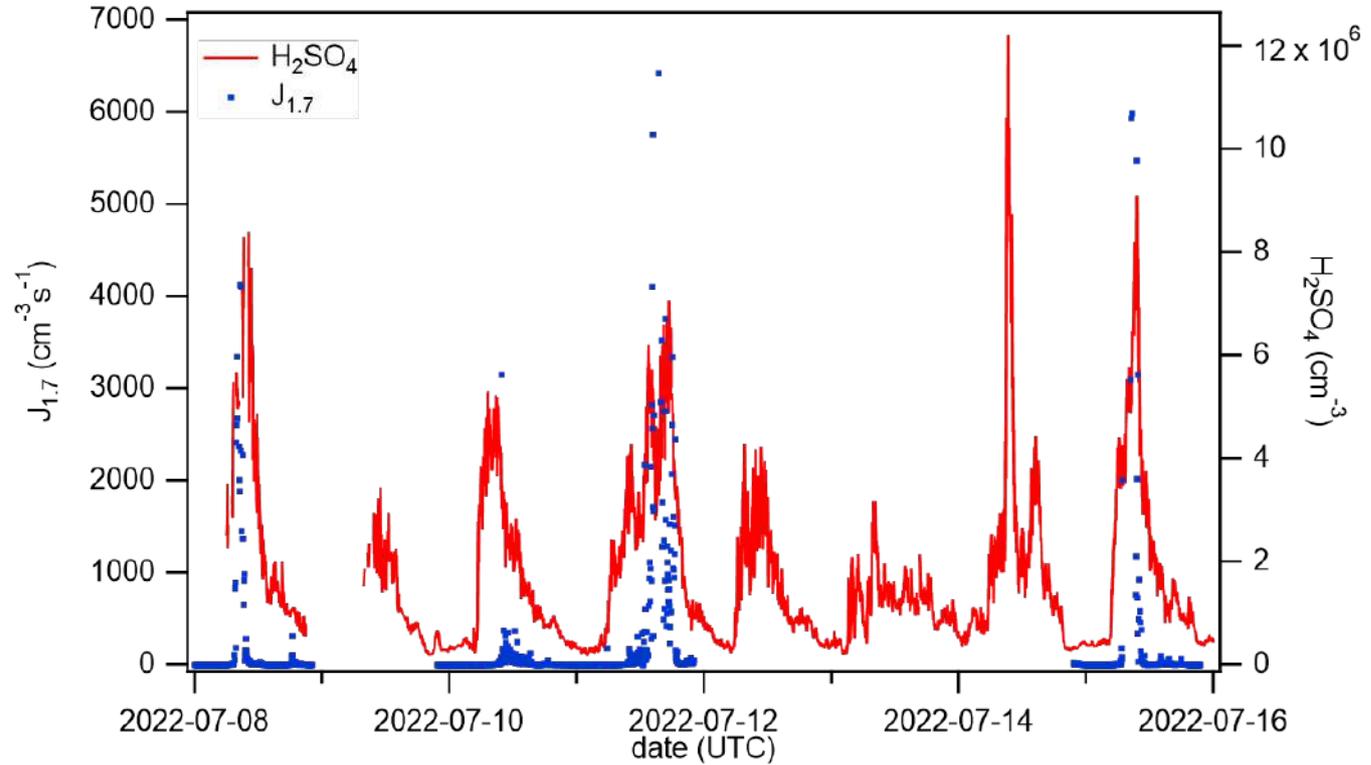
Interactions émissions biogéniques / pollution

Campagne ACROSS juin 2022

instrument **SAMU**
OH, HO₂, RO₂, H₂SO₄



Taux de formation des aérosols



Concentration de H₂SO₄

Décalage temporel entre l'augmentation des particules et de H₂SO₄