

NuagIR/TICFIRE au cœur la mission AOS de la NASA et AVENIR de l'ASC pour l'observation fine des nuages et des précipitations

J.-P. Blanchet

ESCER Centre, UQAM

Présentation au CentrEau
18 janvier 2024

Plan:

- ESCER : Centre pour l'Étude et la Simulation du Climat à l'Échelle Régionale
- Génération d'air polaire comme source de variabilité climatique.
- Observation du cycle hydrologique de l'atmosphère.

Bienvenue au Centre ESCER

Centre pour l'Étude et la Simulation du Climat à l'Échelle Régionale



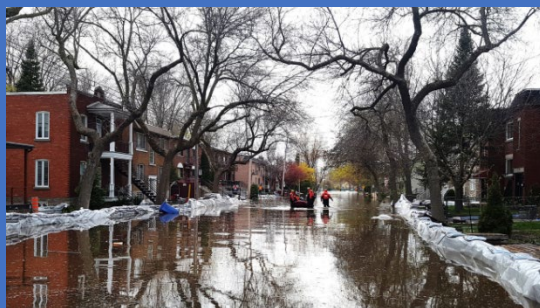


CENTRE ESCER
POUR L'ÉTUDE ET LA SIMULATION DU CLIMAT
À L'ÉCHELLE RÉGIONALE

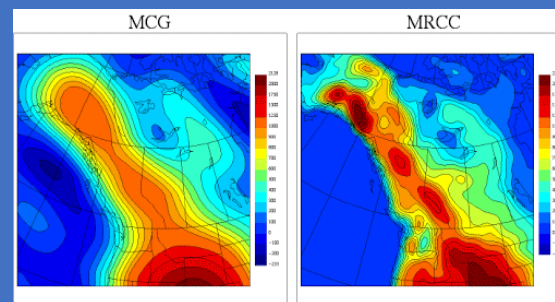
*Pour une vision intégrée
des changements climatiques et de leurs impacts*

UQÀM

RIISQ



MRCC



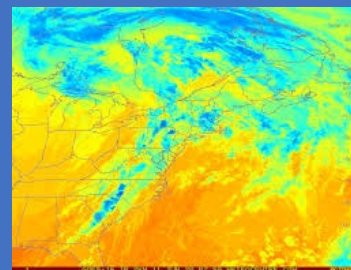
FIRR - TICFIRE



Précipitations hivernales



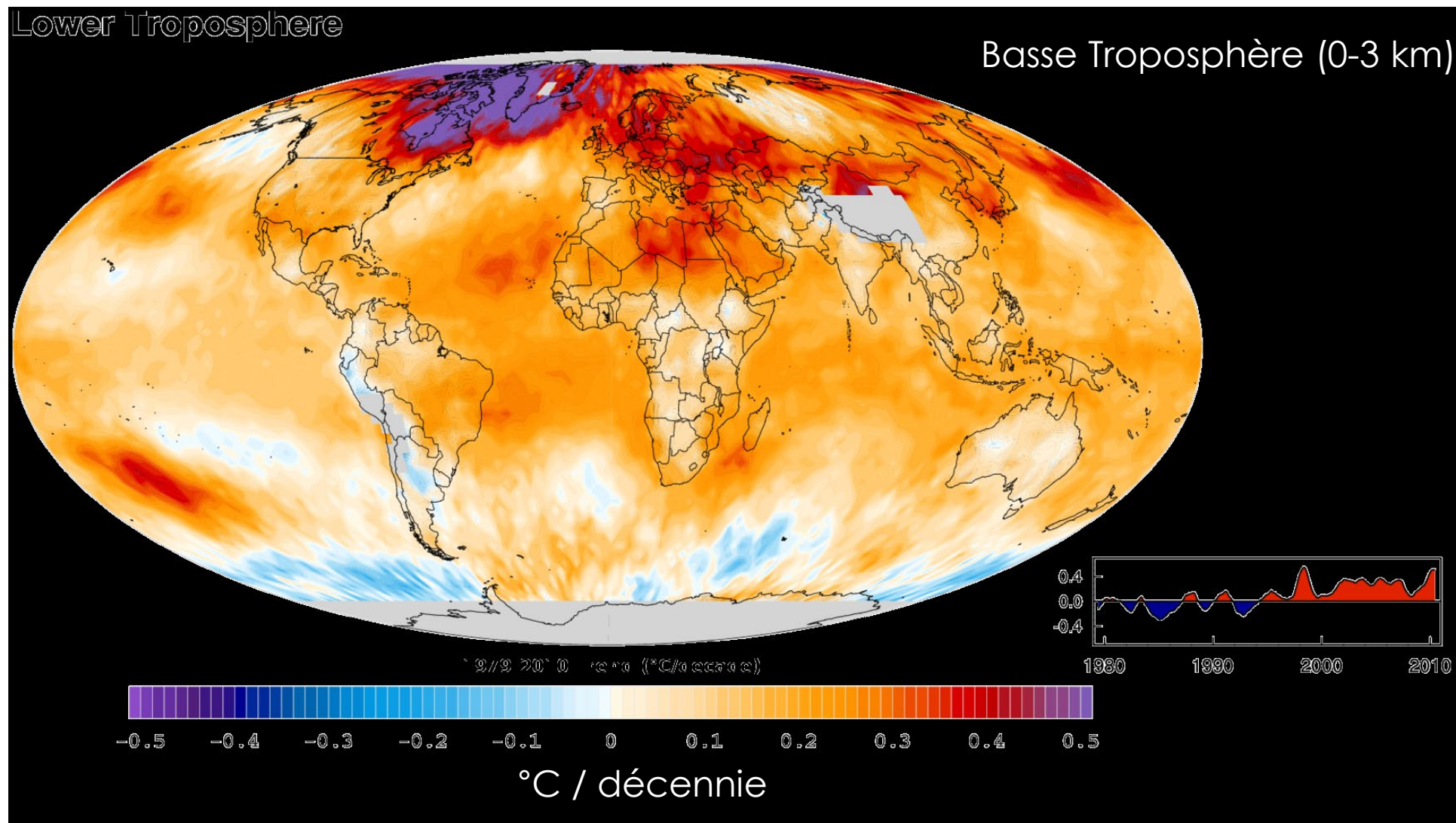
Centre Météo UQAM-Montréal
meteocentre.com



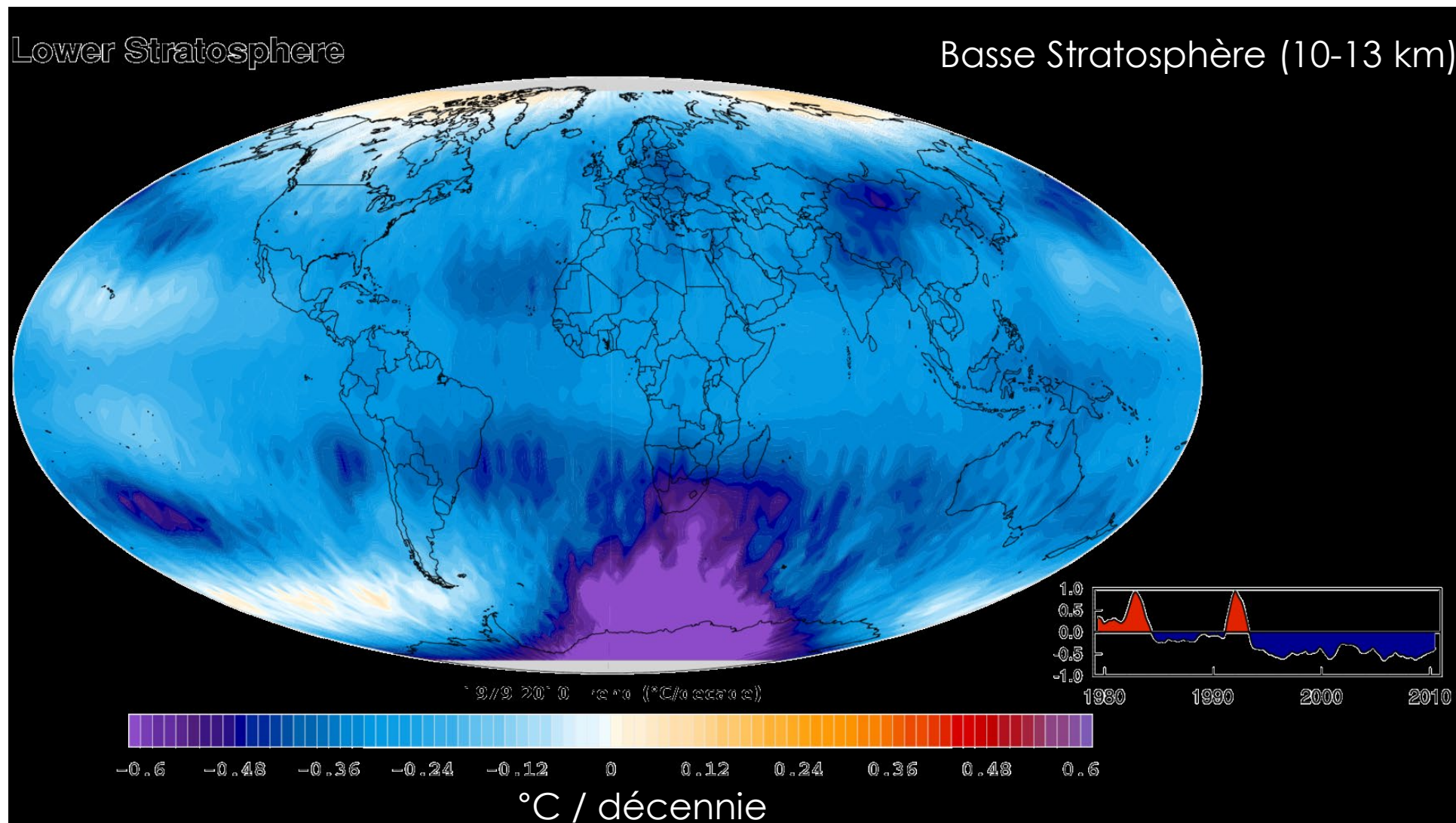
Impacts & environnement



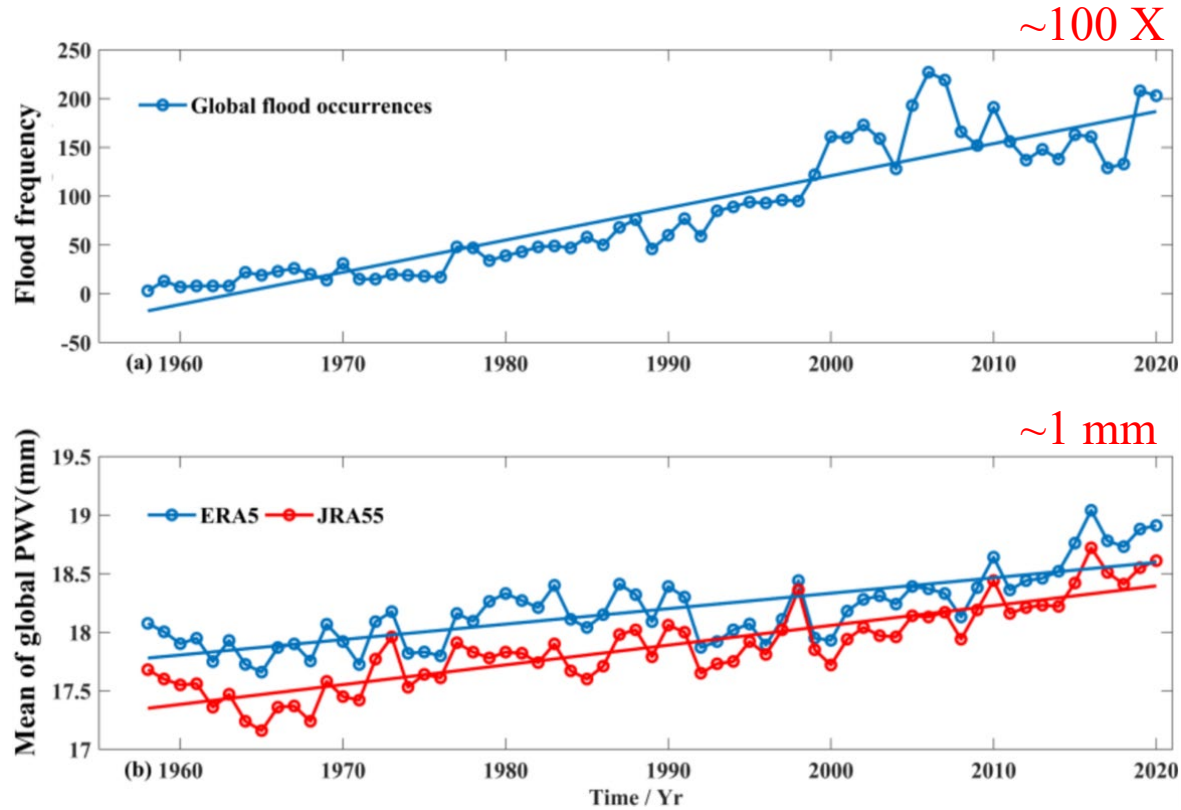
Tendance de la température 1979-2010



Tendance de la température 1979-2010



Tendance de l'eau précipitable et les inondations

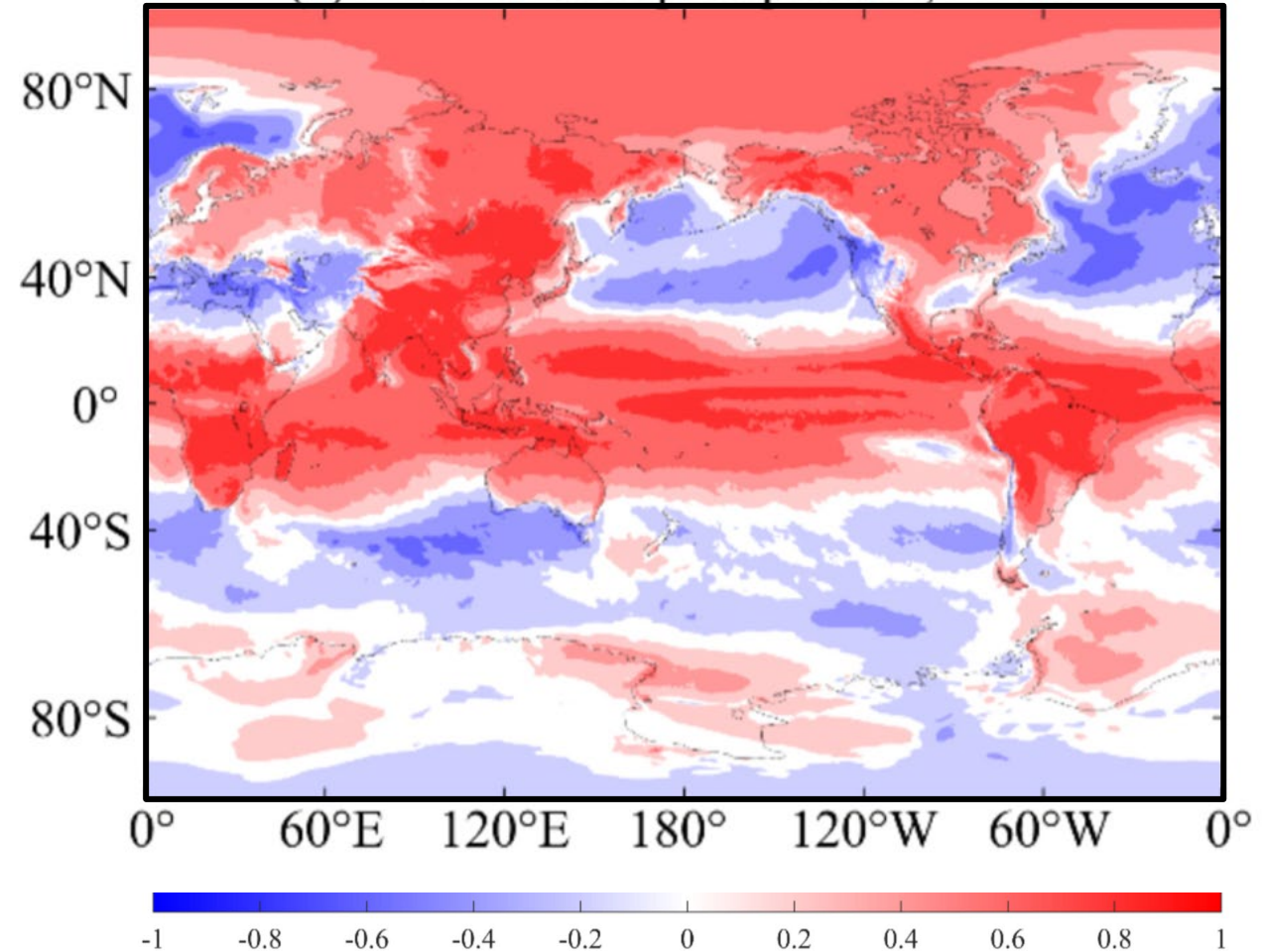


ERA5: Réanalyse du ECMWF (version 5)

JRA55: Réanalyse japonaise sur 55 ans

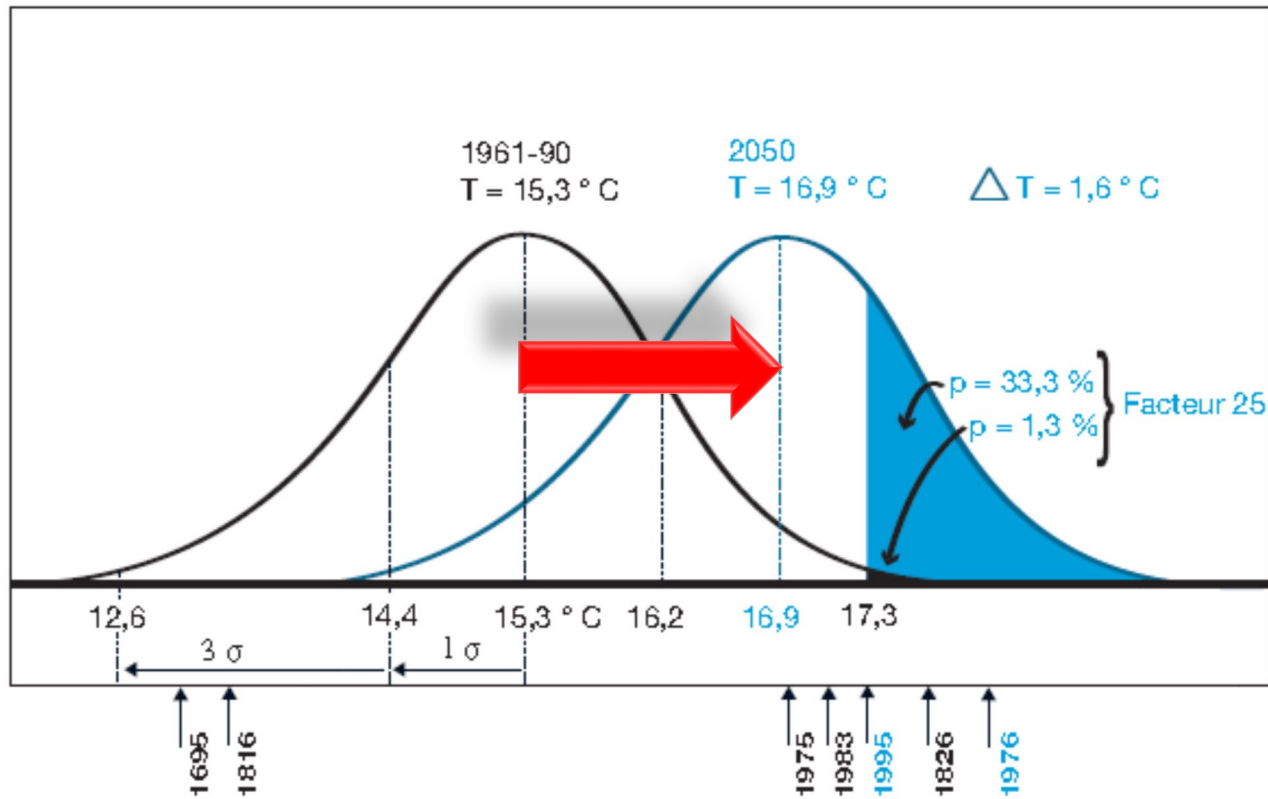
Tendance annuelle d'inondations et moyenne mondiale de la vapeur d'eau précipitable (PWV)

(a) PWV vs total precipitation, ERA5



Corrélation entre la vapeur d'eau précipitable (PWV) et les précipitations totales.

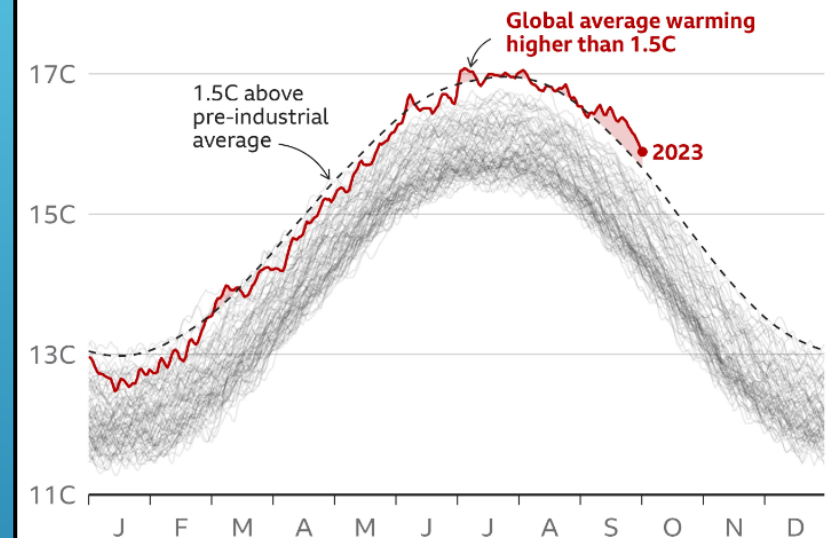
IMPLICATIONS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE



Source : Climate Change Impacts UK 1996.

Record number of days breaking 1.5C in 2023

Daily global average air temperature, 1940-2023



Note: Temperature data for 2 October 2023 is preliminary. Each line represents a year. Pre-industrial average calculated from 1850-1900 levels.

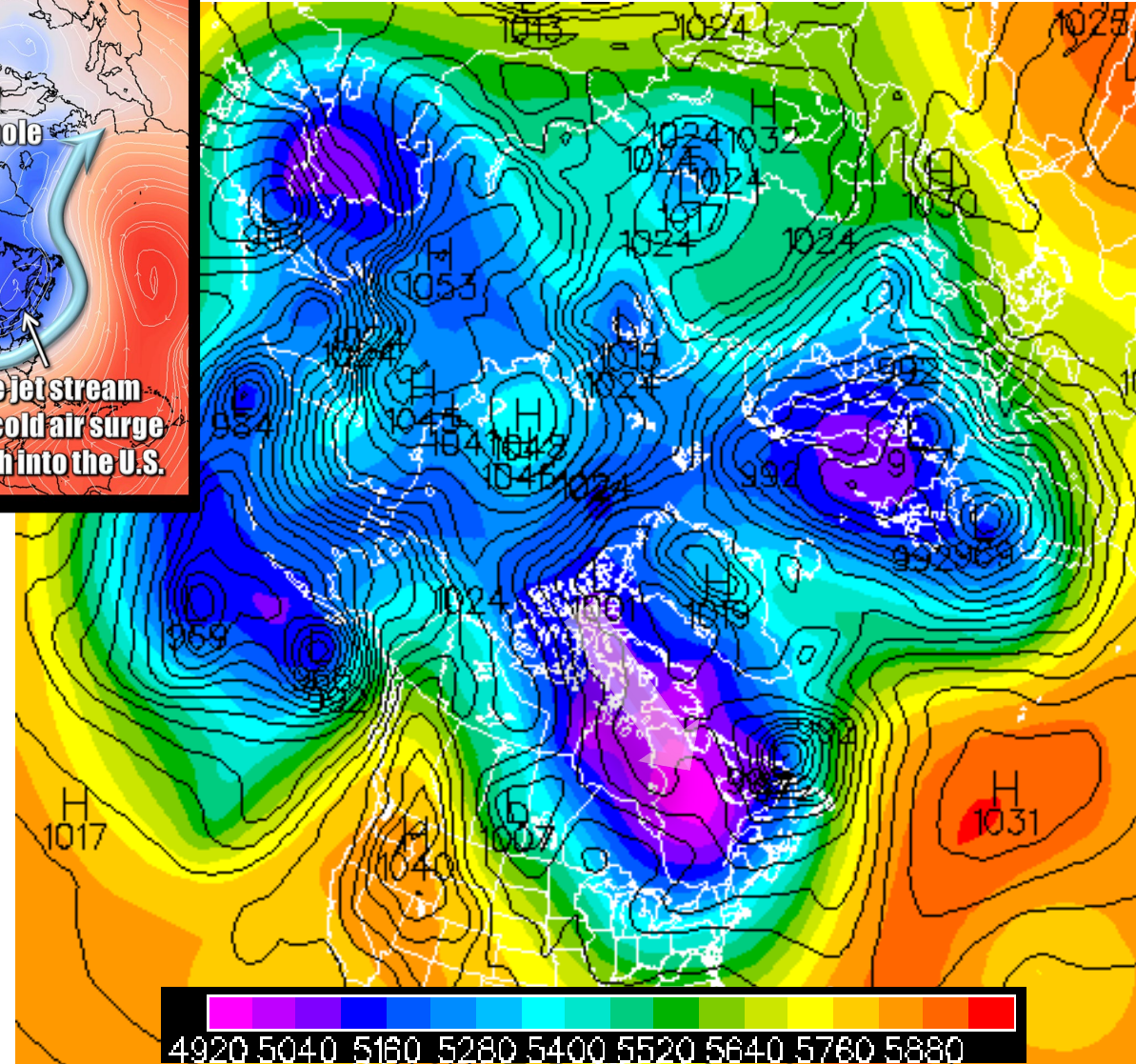
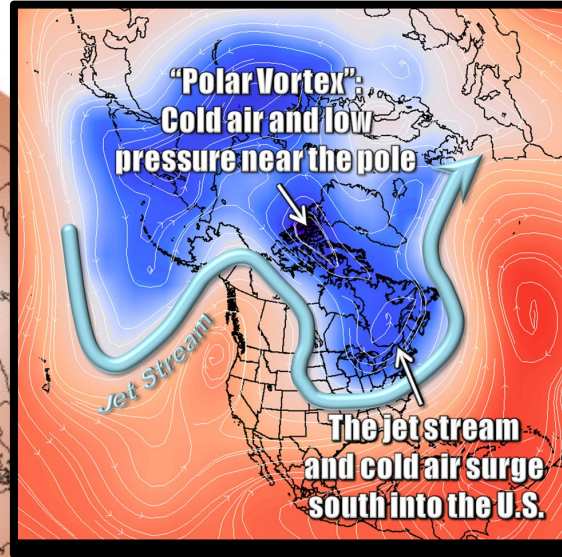
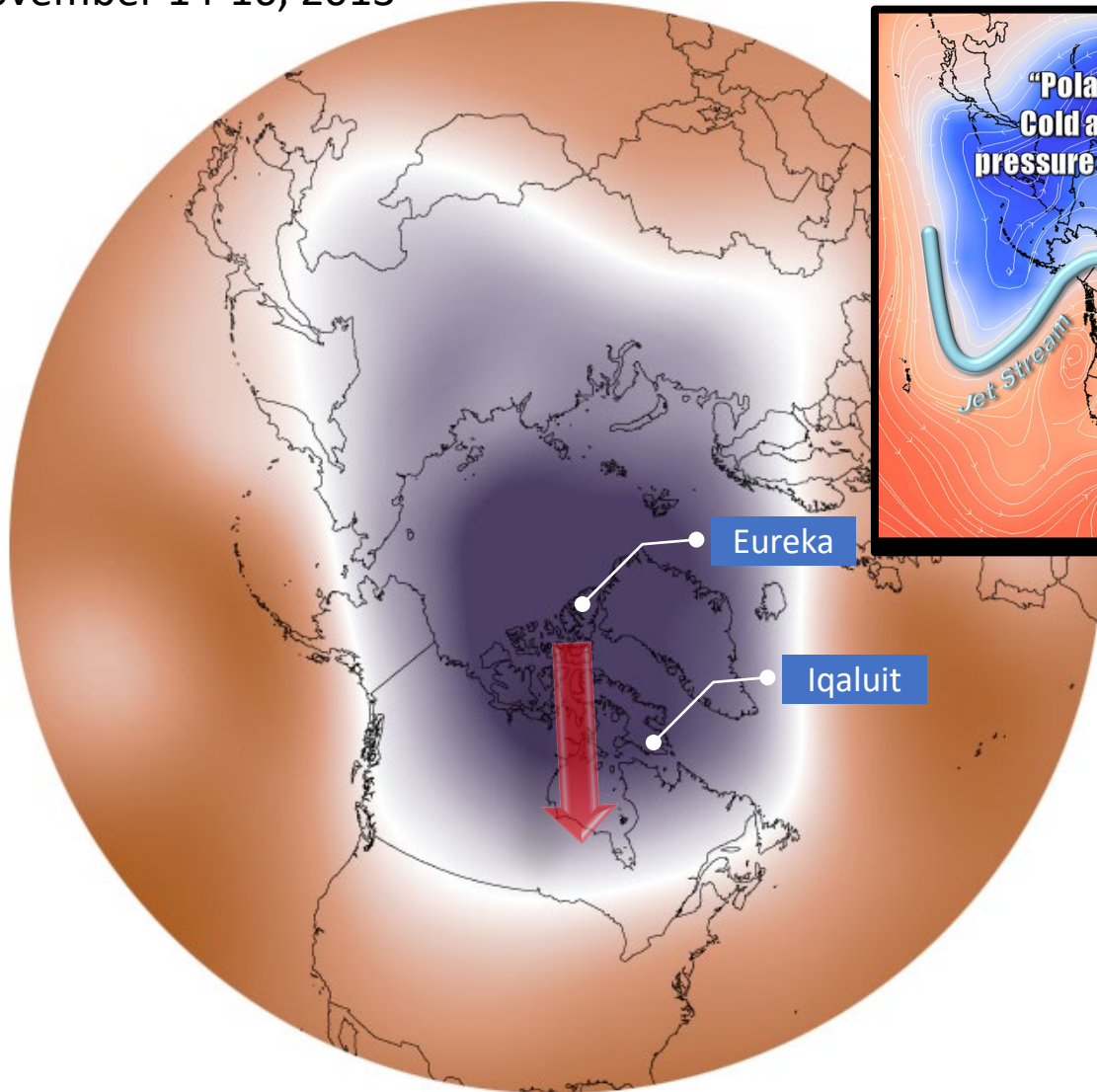
Source: ERA5, C3S/ECMWF

Réf.: <https://www.bbc.com/news/science-environment-66857354>

Le vortex polaire

November 14-16, 2013

11 décembre 2017 12Z



Geopotential Thickness [m] ~ Mean Temperature & Surface Pressure [hPa] (black lines)

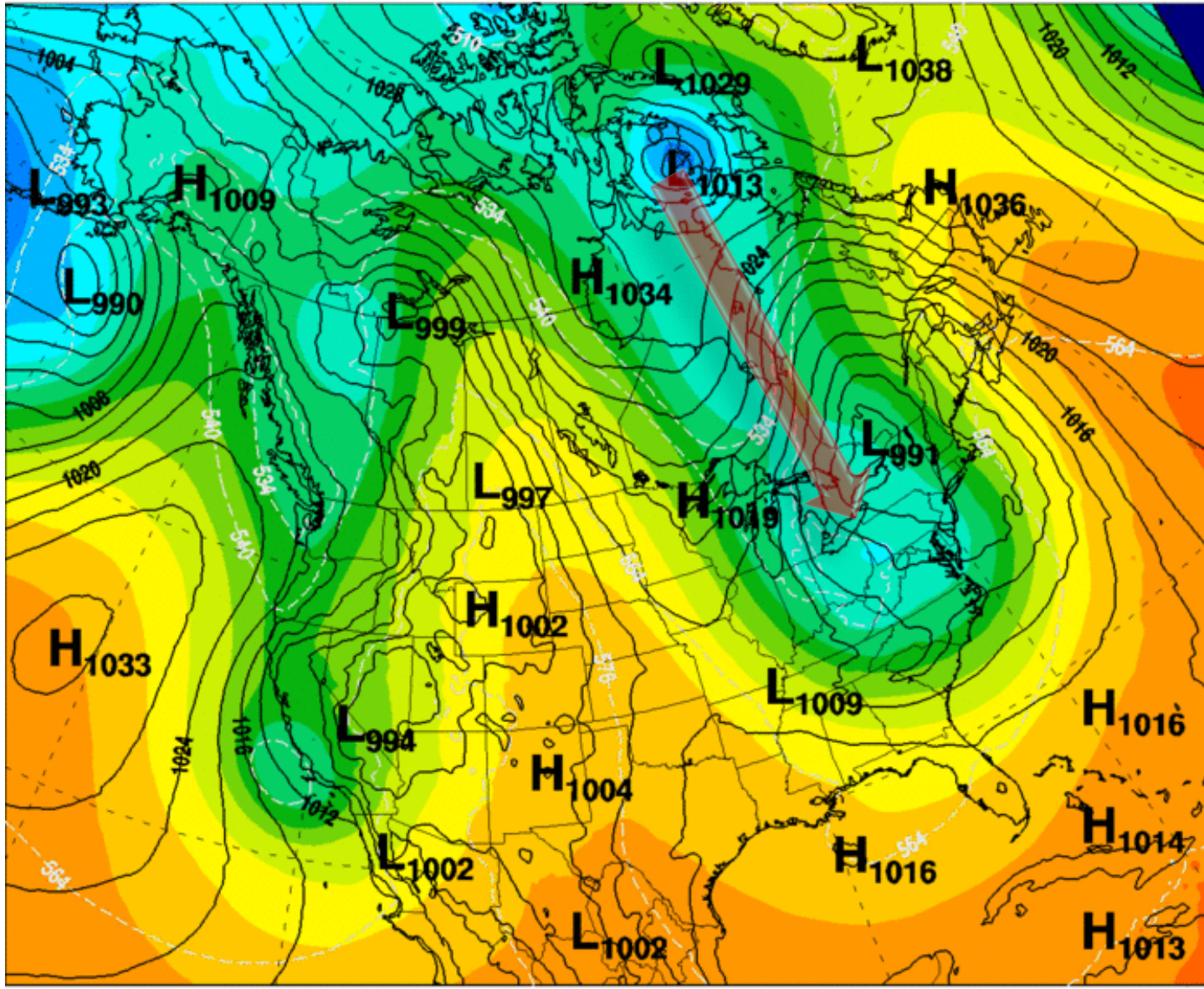
More typical, compact configuration
November 14-16, 2013

500-mb geopotential height (meters)

NOAA Climate.gov

https://en.wikipedia.org/wiki/Early_2014_North_American_cold_wave

— Mean Sea Level Pressure (hPa)
 - - - 1000-500 hPa Thickness (dam)
 500-hPa Heights (dam)

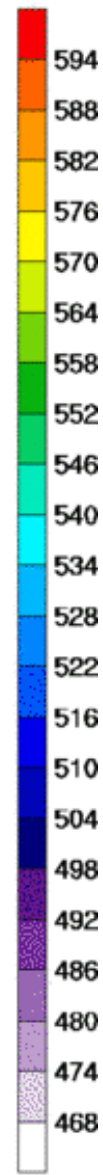


48-h Fcst Valid on Sun May 7 00:00:00 2017, Initialized on Fri May 5 00:00:00 2017
 CMC-RDPS data provided by Environment Canada - <http://meteocentre.com/>

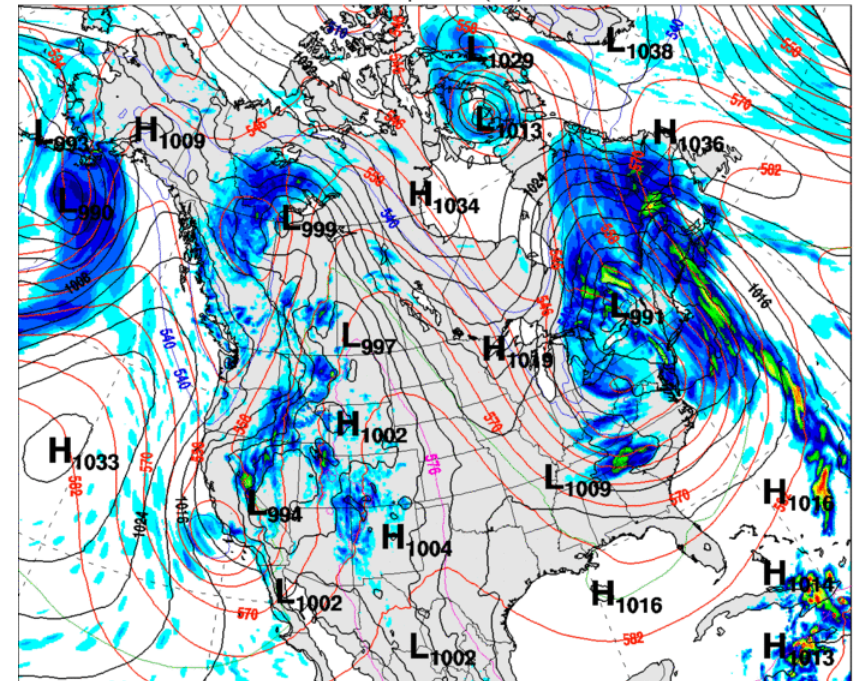
Inondation à Gatineau – 6 mai 2017



<https://www.youtube.com/watch?v=cowdnRzhpXw>



— Mean Sea Level Pressure (hPa)
 - - - 1000-500 hPa Thickness (dam)
 500-hPa Heights (dam)
 3h Precip. Accum. (mm)

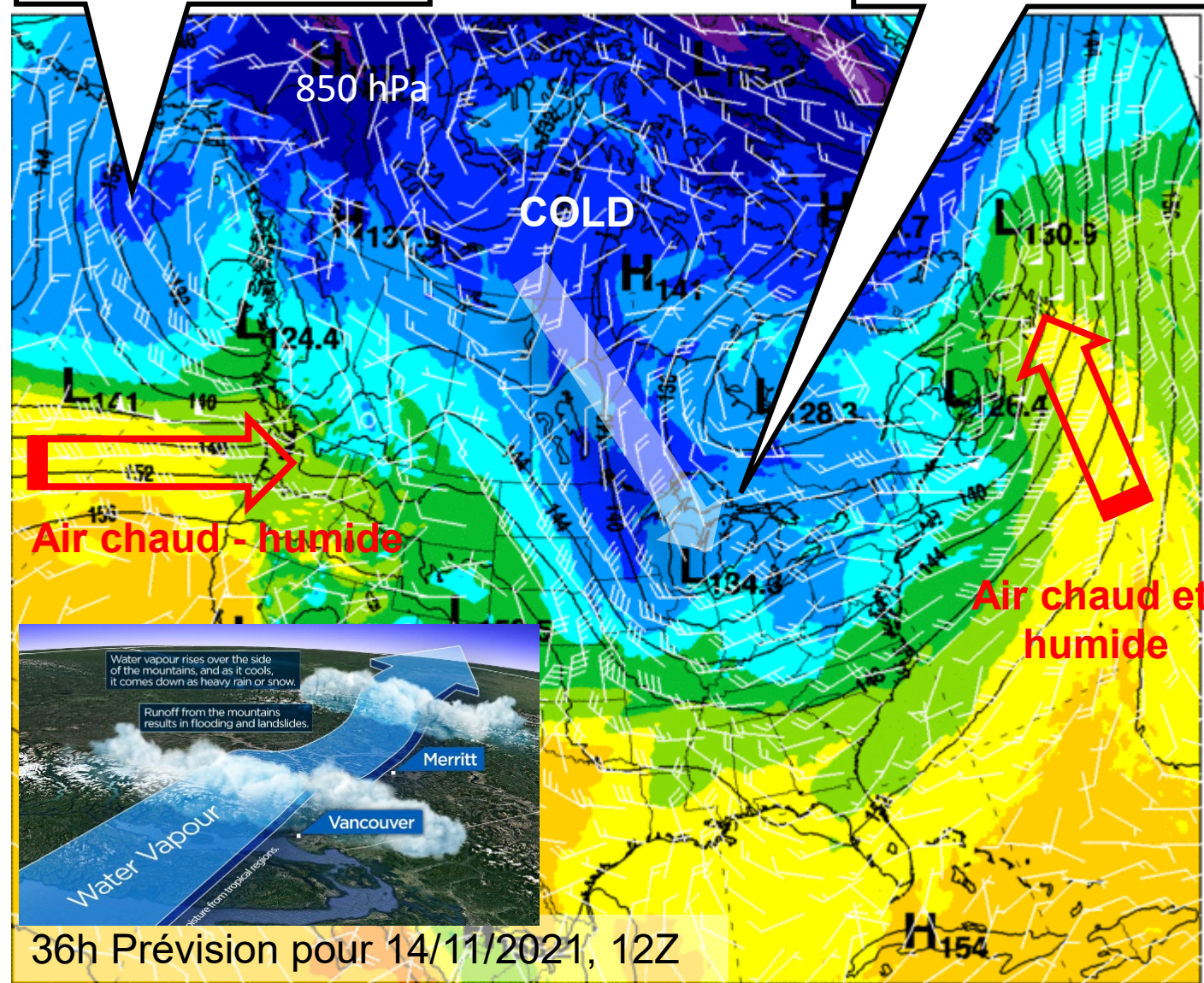


48-h Fcst Valid on Sun May 7 00:00:00 2017, Initialized on Fri May 5 00:00:00 2017
 CMC-RDPS data provided by Environment Canada - <http://meteocentre.com/>

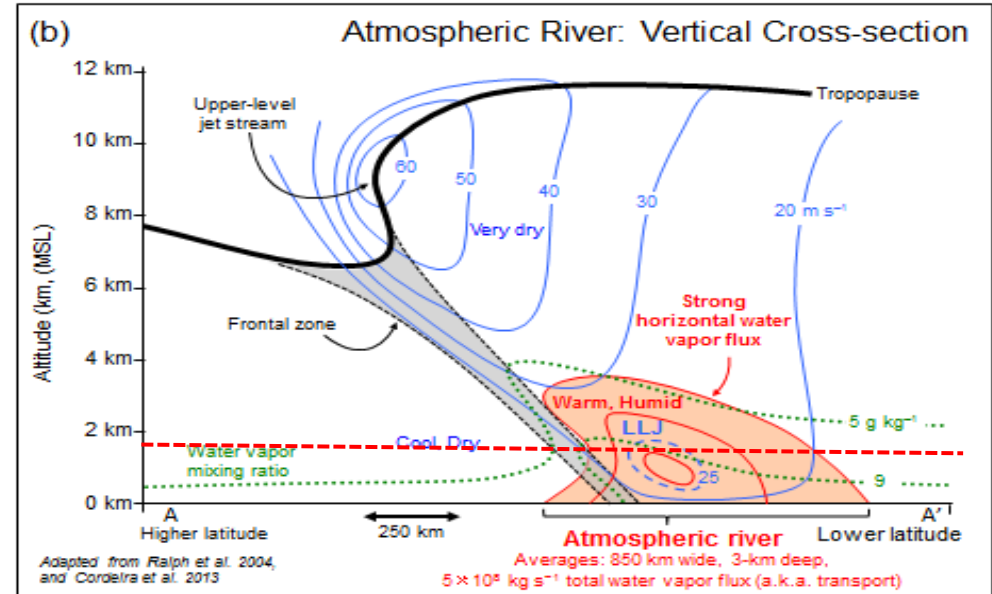
Invasion d'air polaire

850-hPa Wind Barbs (knots)
850-hPa Heights (dam)
850-hPa Temperature (deg C)

Invasion d'air polaire



Rivière atmosphérique – 11 nov 2021



36h Prévision pour 14/11/2021, 12Z

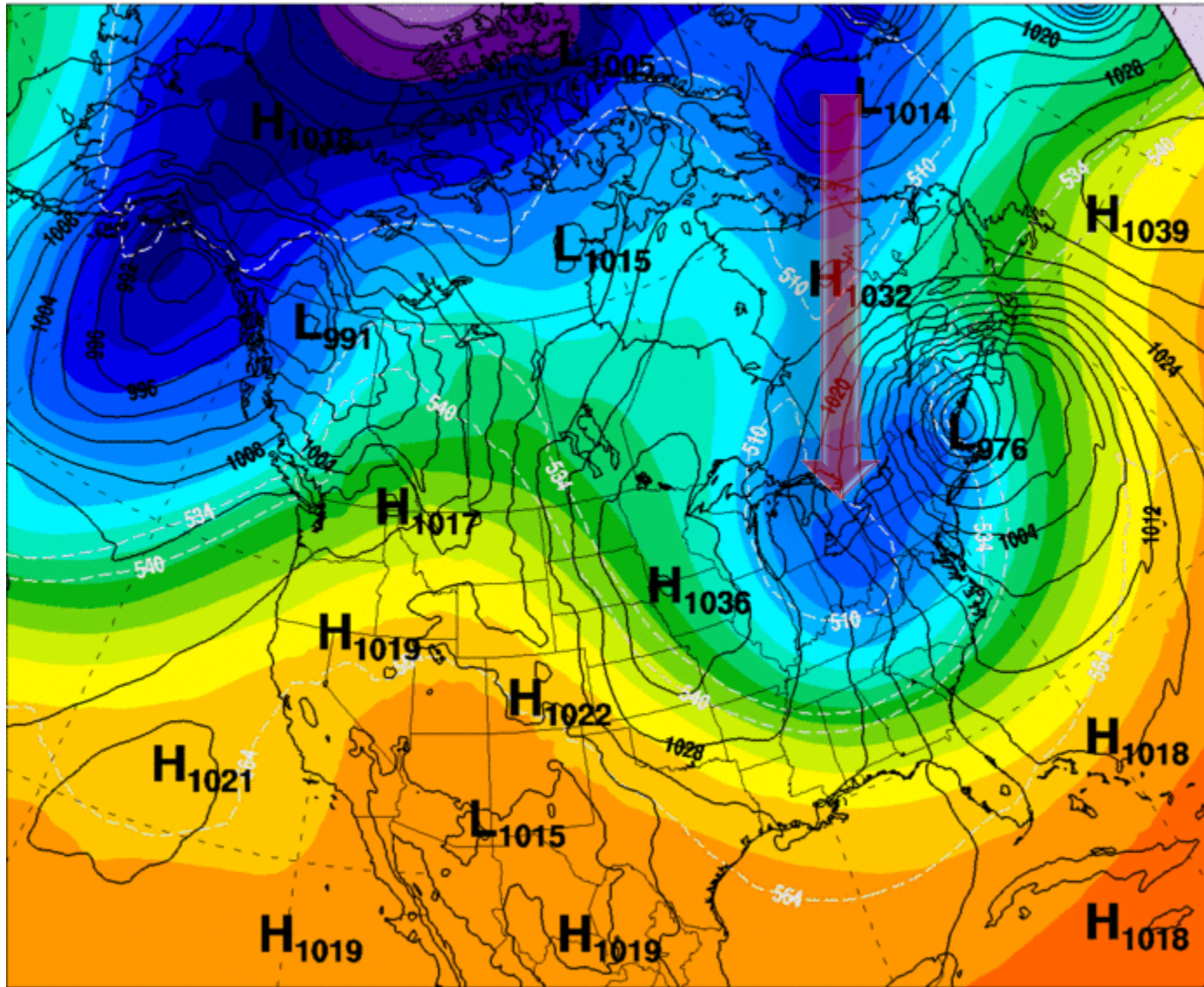
36-h Fcst Valid on Sun Nov 14 12:00:00 2021, Initialized on Sat Nov 13 00:00:00 2021
CMC-RDPS data provided by Environment Canada - <https://meteocentre.com/>

Ref.: AMS Glossary



Flux d'eau ~ 50,000 kg/s

— Mean Sea Level Pressure (hPa)
 - - - 1000-500 hPa Thickness (dam)
 - - - 500-hPa Heights (dam)

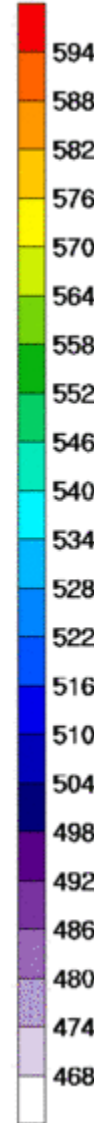


3-h Fcst Valid on Wed Mar 15 03:00:00 2017, Initialized on Wed Mar 15 00:00:00 2017
 CMC-RDPS data provided by Environment Canada - <http://meteocentre.com/>

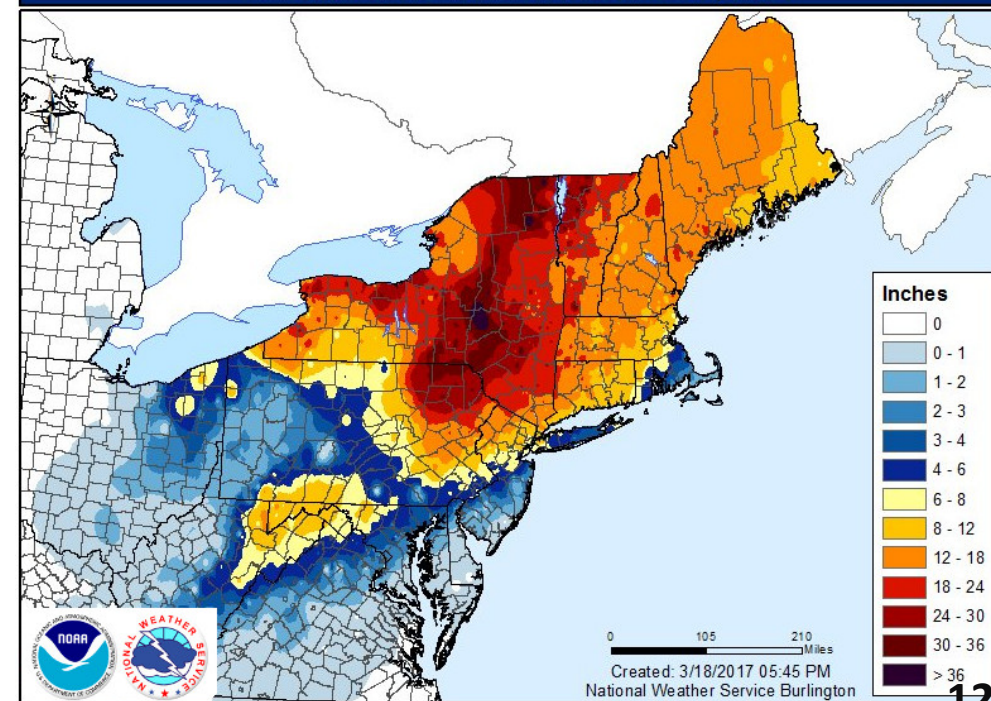
Blizzard à Montréal – 14 mars 2017



<https://www.youtube.com/watch?v=ThYmOZsnJNl>



Total Observed Snowfall March 14th - 16th, 2017

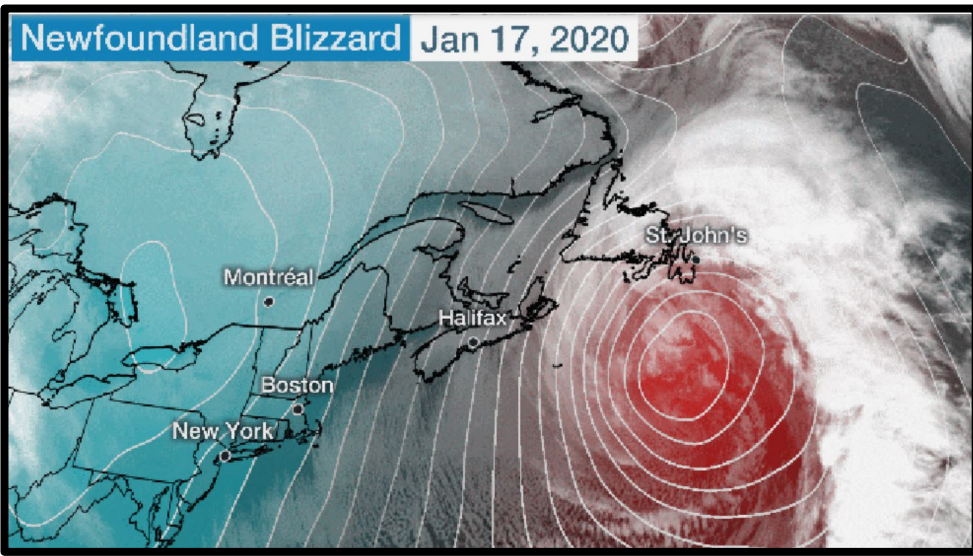
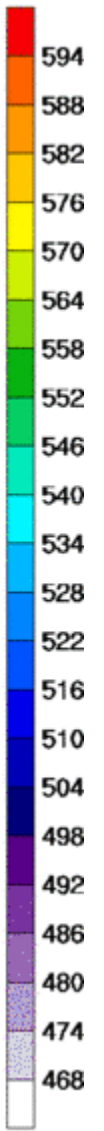
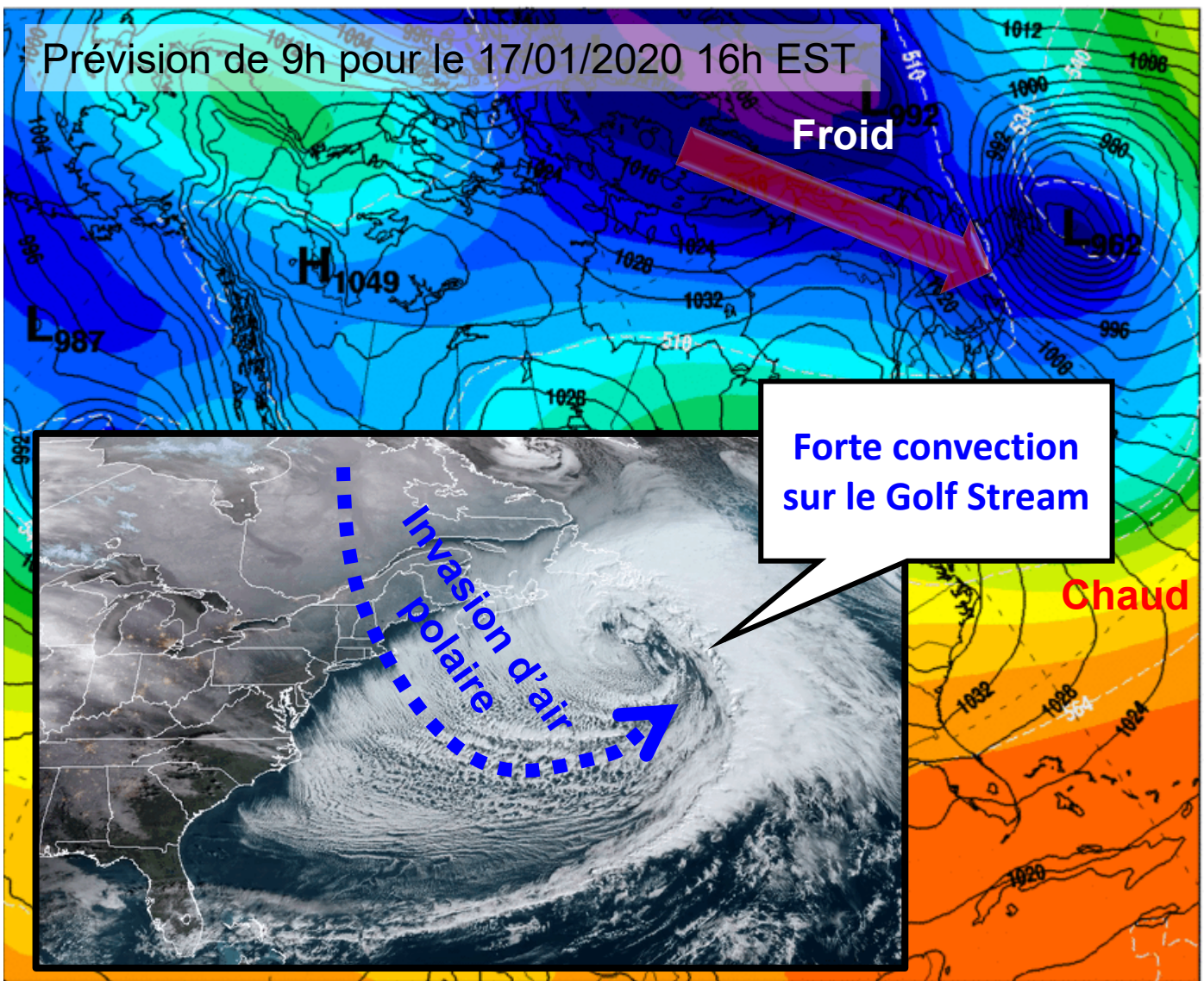


0 105 210 Miles
 Created: 3/18/2017 05:45 PM
 National Weather Service Burlington

— Mean Sea Level Pressure (hPa)
 - - - 1000-500 hPa Thickness (dam)
 - - - 500-hPa Heights (dam)

Tempête record – 17 janvier 2020

Prévision de 9h pour le 17/01/2020 16h EST

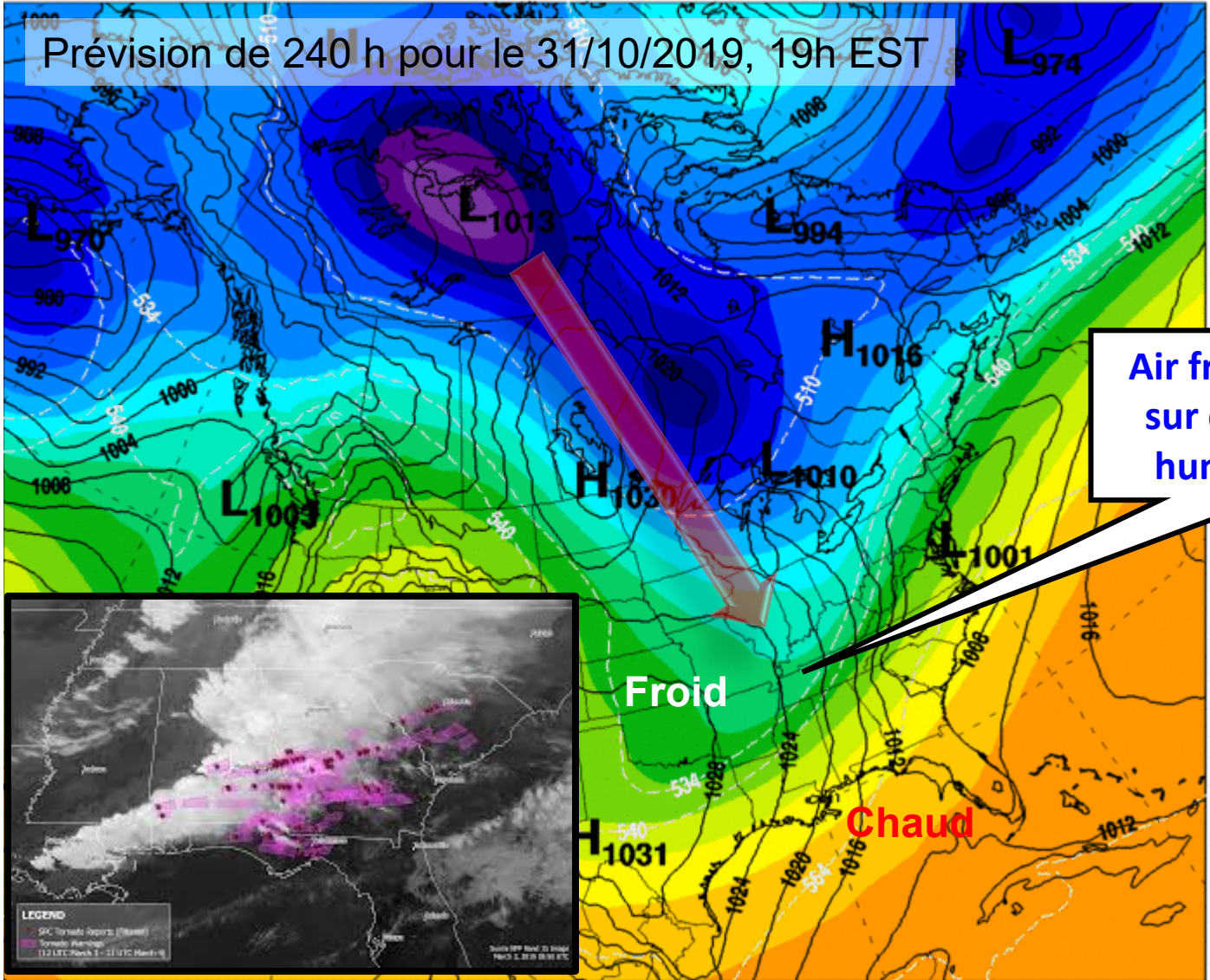


9-h Fcst Valid on Fri Jan 17 21:00:00 2020, Initialized on Fri Jan 17 12:00:00 2020
 CMC-GDPS data provided by Environment Canada - <http://meteocentre.com/>

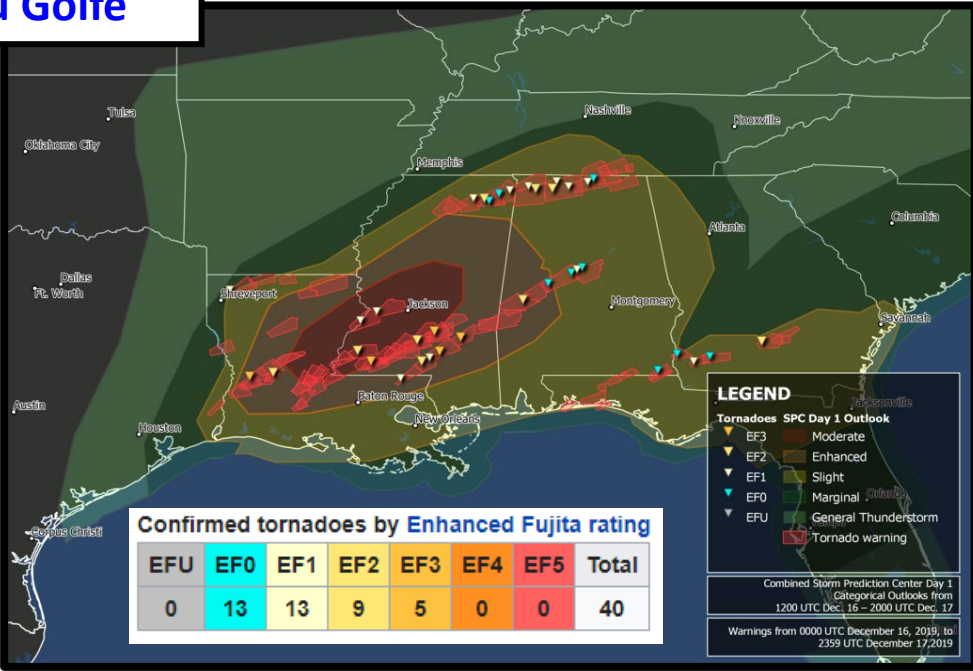
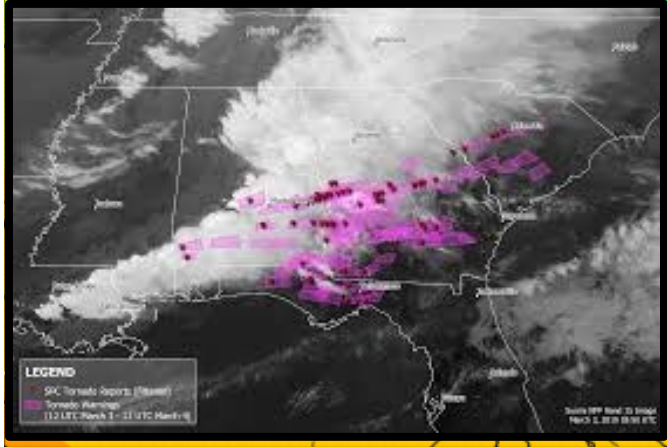
Série de tornades – 17 décembre 2019

— Mean Sea Level Pressure (hPa)
 - - - 1000-500 hPa Thickness (dam)
 - - - 500-hPa Heights (dam)

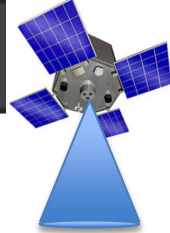
Prévision de 240 h pour le 31/10/2019, 19h EST



Air froid en altitude sur de l'air chaud-humide du Golfe

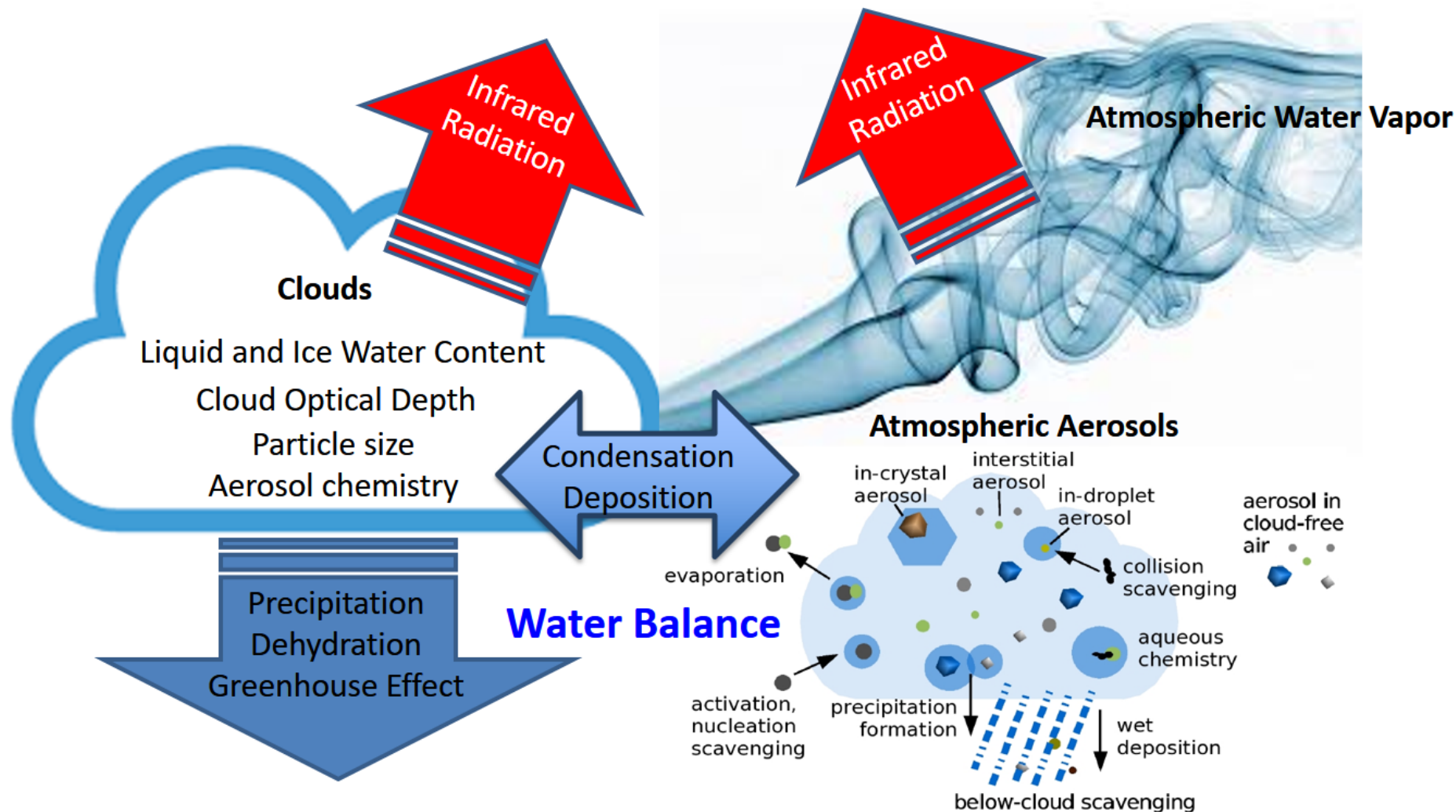


45-h Fcst Valid on Tue Dec 17 21:00:00 2019, Initialized on Mon Dec 16 00:00:00 2019
 CMC-GDPS data provided by Environment Canada - <http://meteocentre.com/>



Observational Capability:

- **Direct observation** of the resolved **spectral radiative response** from significant clouds processes up to $\lambda=100\mu\text{m}$



Direct Effects

LW – Process Forcing

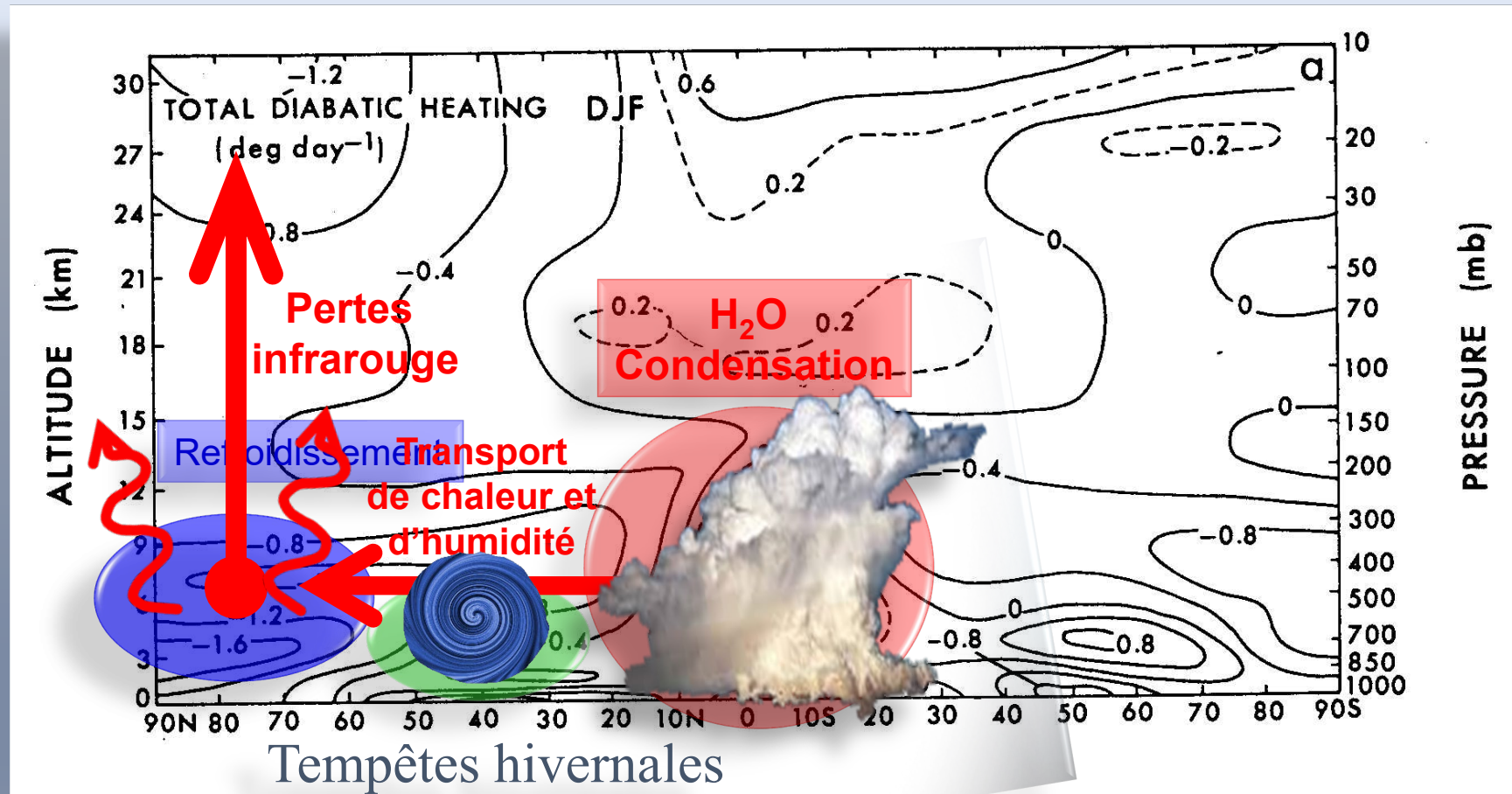
Indirect Effects

(Aerosol composition)

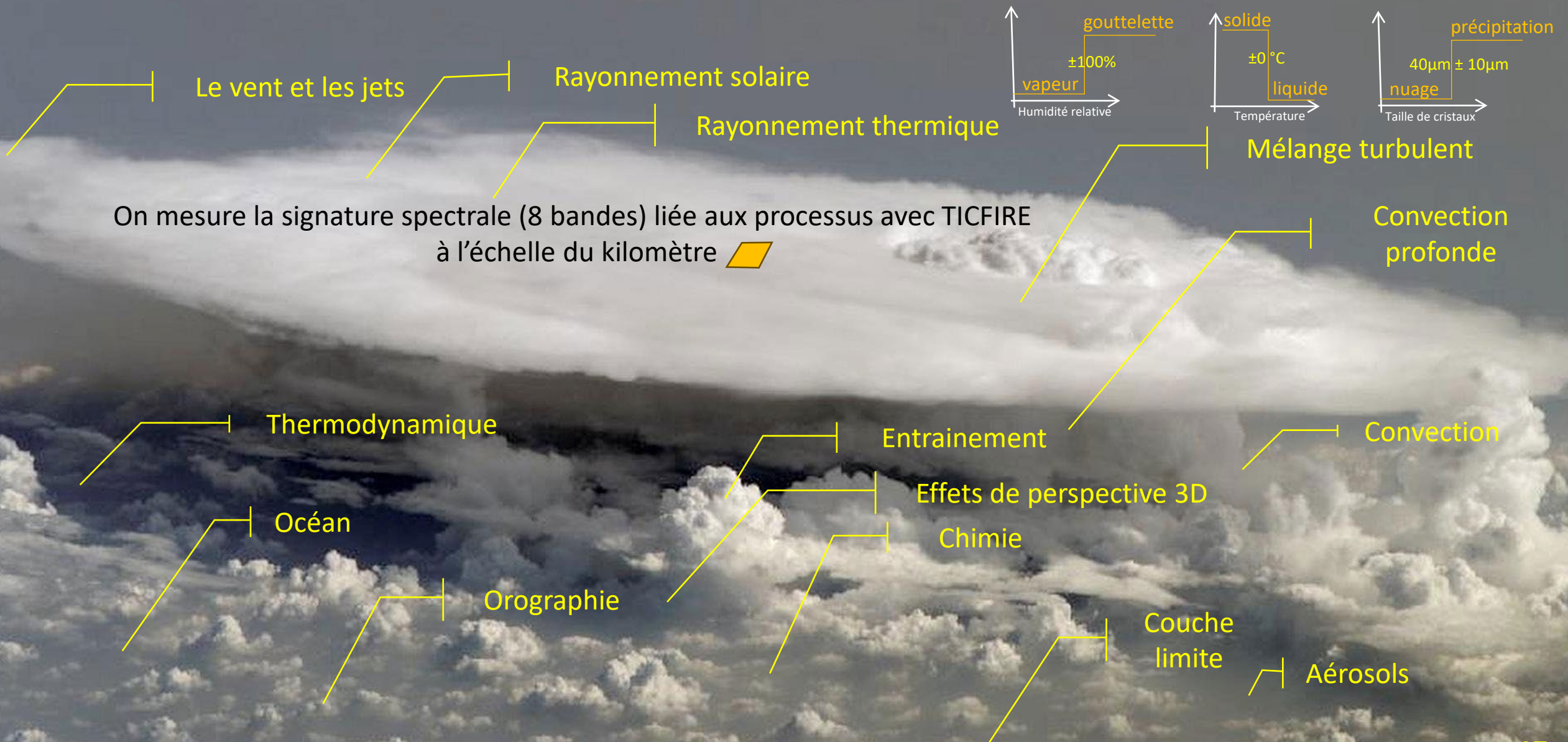
- Ice nucleation
- Ice growth rate
- Ice Sedimentation
- Dehydration
- Cooling Feedback

Génération de tempêtes – l'atmosphère une pompe thermique

- L'excès de chaleur latente à l'équateur et le déficit de rayonnement aux pôles en hivers doivent être équilibrer par les tempêtes à nos latitudes.



- Les effets radiatifs des nuages dépendent **sélectivement** de multiples processus physiques
- La microphysique des nuages est contrôlée par **des effets de seuils** (la condensation, le gel et la précipitation)
- Ces propriétés des nuages offrent des **contraintes fortes** pour vérifier et améliorer les modèles de prévision et du climat.

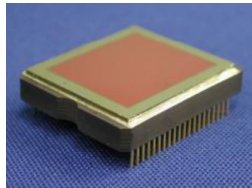


Conception du spectroradiomètre FIRR: Far InfraRed Radiometer depuis 2006

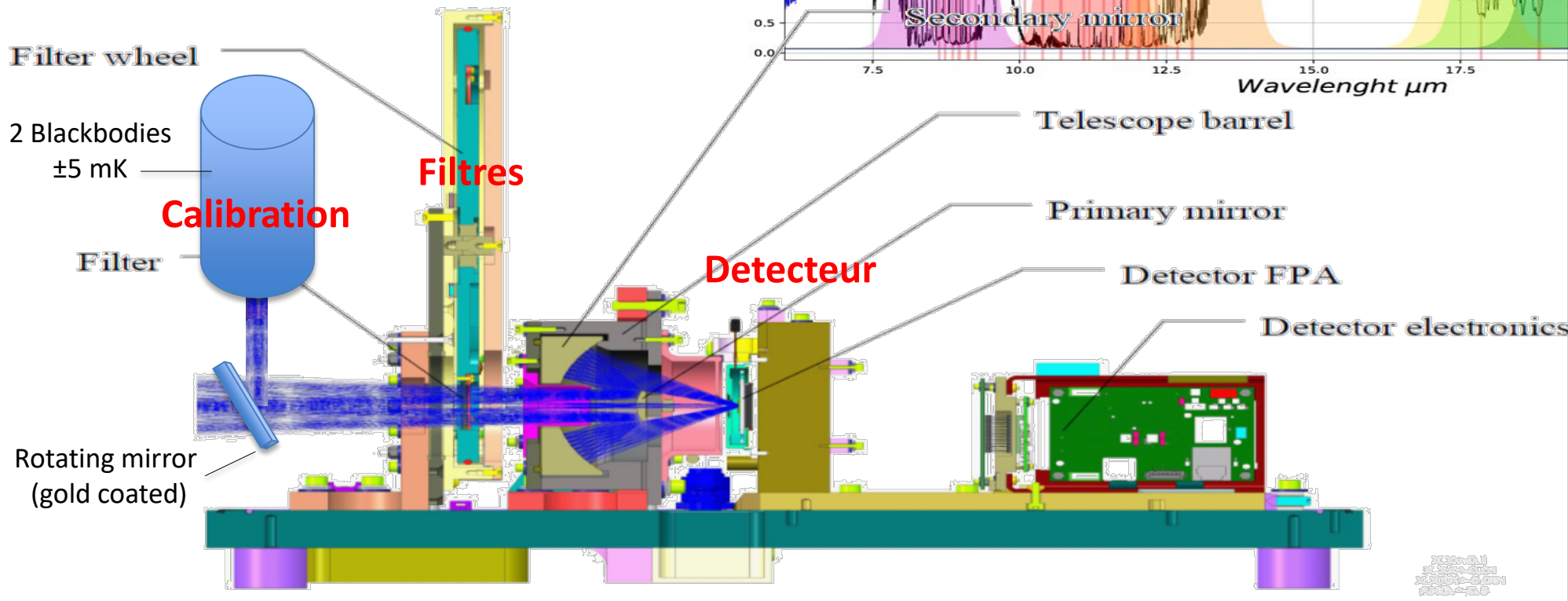
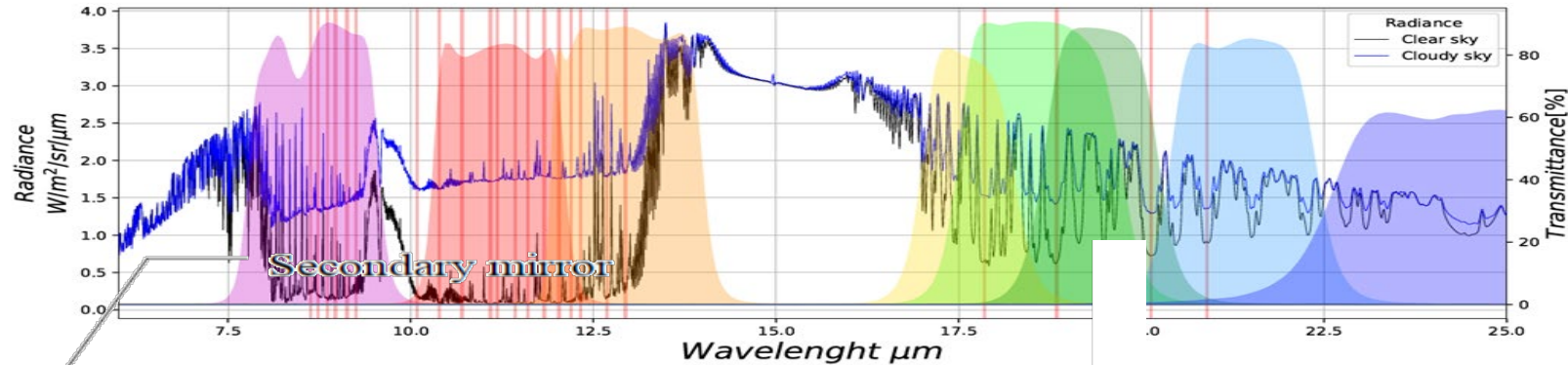


Basé sur les microbolomètres développés à l'INO (*Institut National d'Optique, Québec*)

- Imageur à haute résolution spatiale ($\sim 1\text{-}2\text{ km}$) et à haute précision radiométrique ($\sim 0.02\text{ W/m}^2/\text{sr}$)
- Optique de miroirs à revêtement d'or avec un roue à filtres de 8 canaux ($4 - 73\text{ }\mu\text{m}$) couvrant l'IR lointain encore inobservé de l'espace.
- Calibration précise de corps noirs ($\pm 5\text{ mK}$) et fenêtre en diamant pour la transmittance IRL.



VO_x uncooled microbolometer ($\pm 20\text{ mW/m}^2/\text{sr}$)



Schematic of FIRR instrument



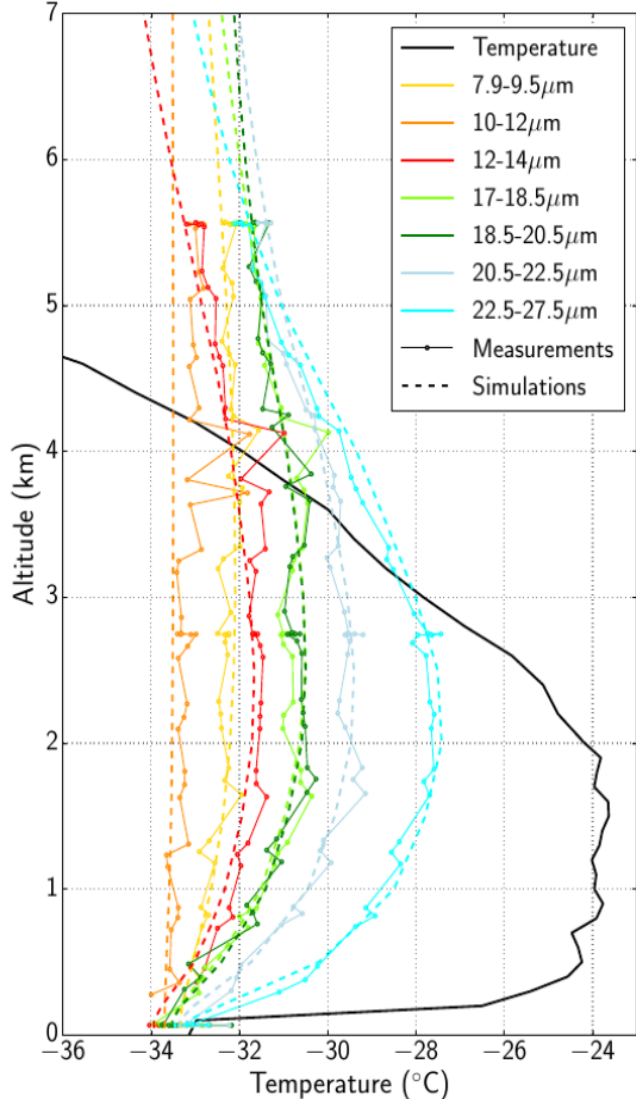
FIRR prototype

Campagne NETCARE – April 2015



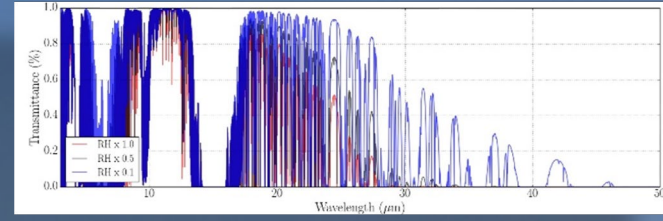
Campagne de validation du FIRR (avril 2015)

Fermeture IR expérimentale



Thermodynamique : T, RH,
Microphysique (particules de nuages)

- distribution de tailles
- forme des cristaux
- concentration



Modèle de transfert radiatif

- 1) Propriétés de diffusion des cristaux
- 2) Profils atmosphériques

Validation des algorithmes
d'inversion



Mesures de rayonnement

Fermeture?

Validation
du modèle de rayonnement

Campagne stratosphérique 2024
ER-2 NASA @ 21 km d'altitude



ESCCER : Prototype FIRR – Campagne NETCARE
Arctique ~80°N (avril 2015)
Sur Polar 5 & 6 de l'Institut Alfred Wegener

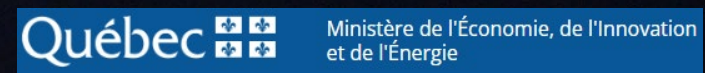


AOS – Atmosphere Observing System

- Une mission majeure (>2000 M\$)
- Canada – USA – France – Japon
- 3 instruments canadiens : TICFIRE, ALI et SHOW
- Processus climatiques : Nuages, aérosol, eau, précip.
- Consortium 14 universités
- Incluant UQAM, USask, UofT, McGill, Sherbrooke
- Partenariat industriel : INO, ABB, LR Tech, Honeywell
- Partenariat institutionnel : ECCC, ASC, CNRC, FQRNT, CRSNG
- Budget Canadien >200 M\$
- * FCI 24 M\$ ~ 5 M\$



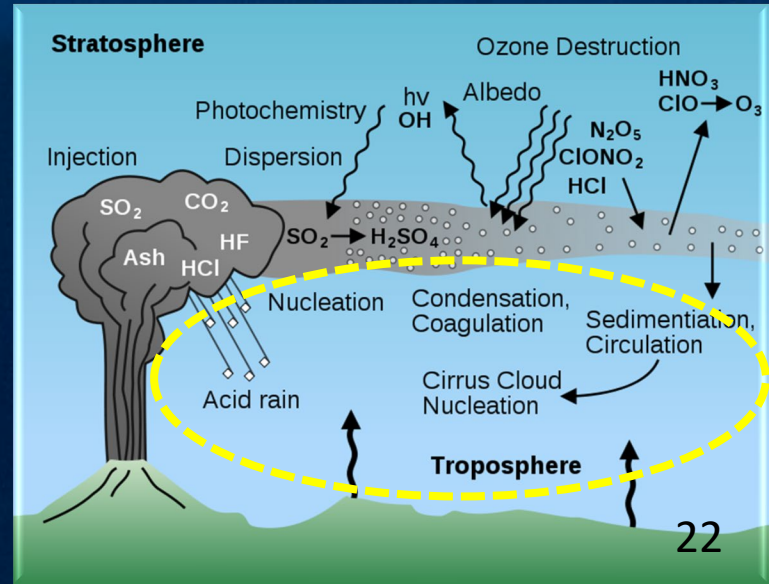
Horizon : 2029 – 2035+



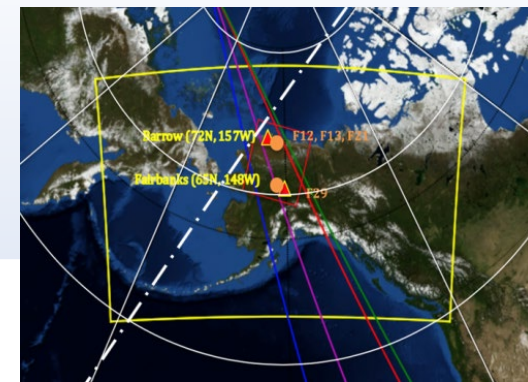
* (application, demande en attente d'évaluation)

Eureka, NU, 80°N
Lab.: PEARL, OPAL
et SAFIR

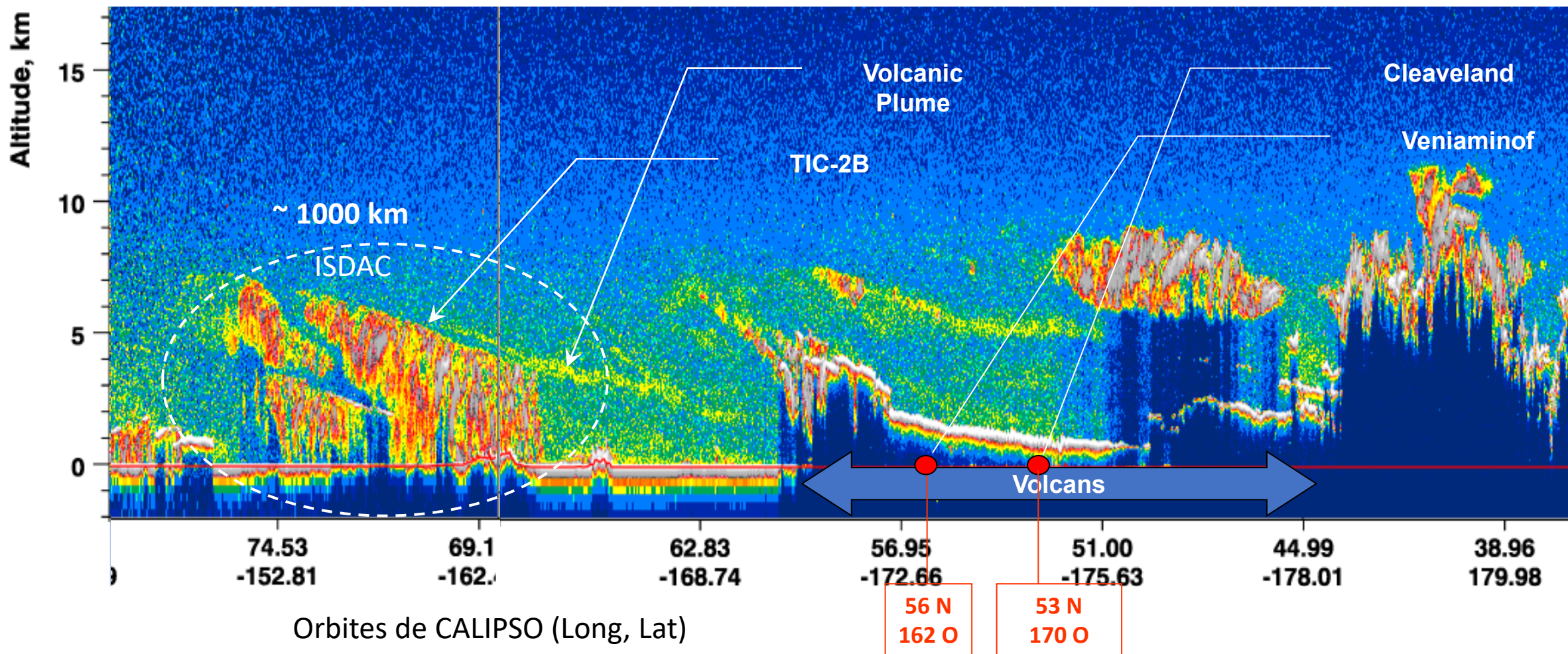




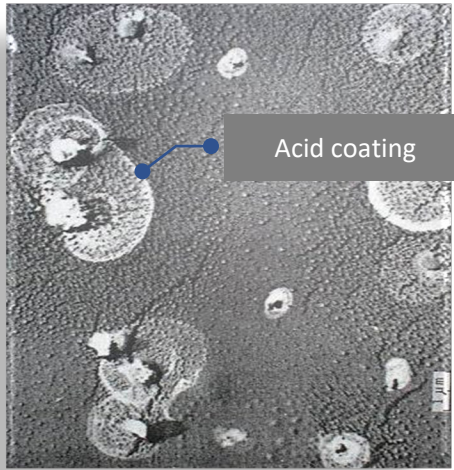
Évidences d'interactions aerosols-nuages et des précipitations à grande échelle



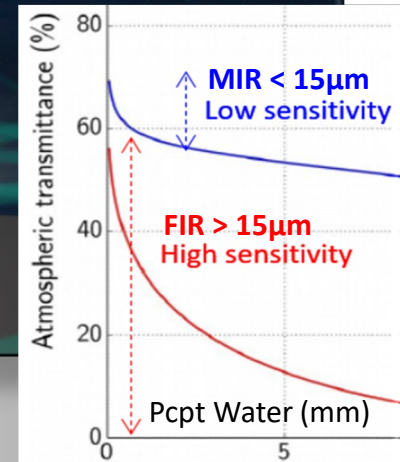
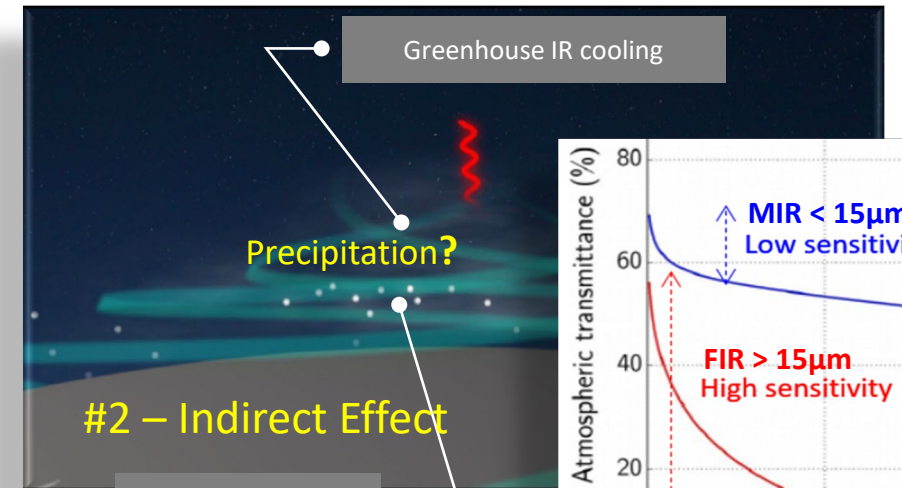
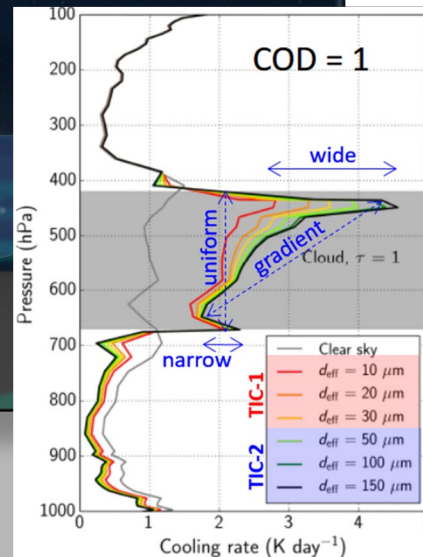
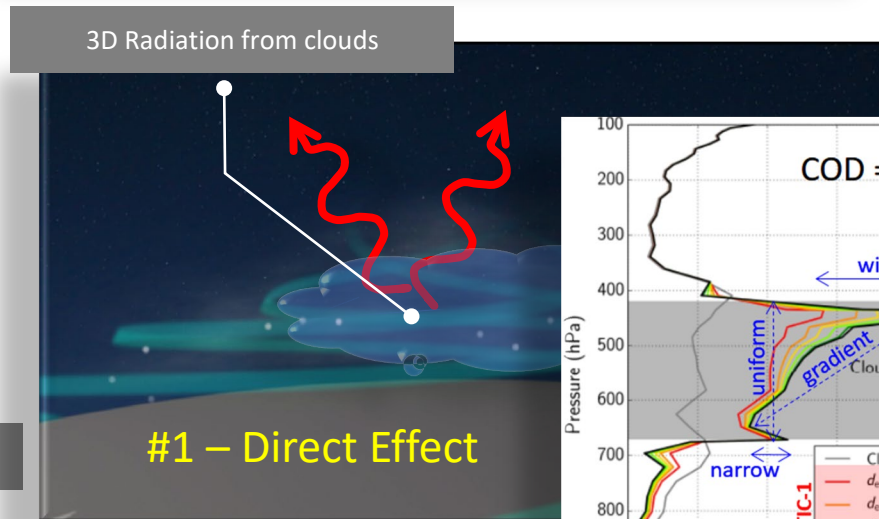
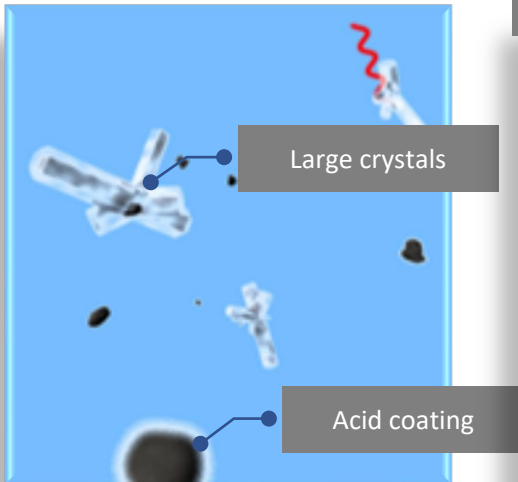
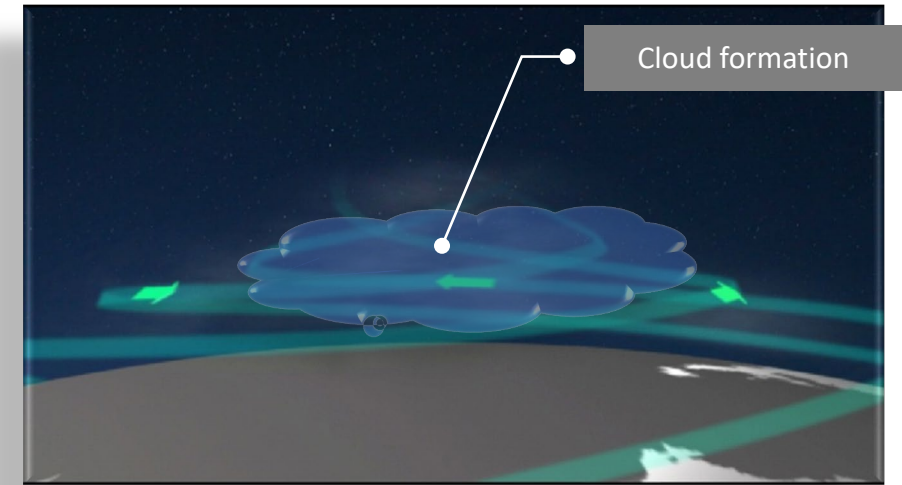
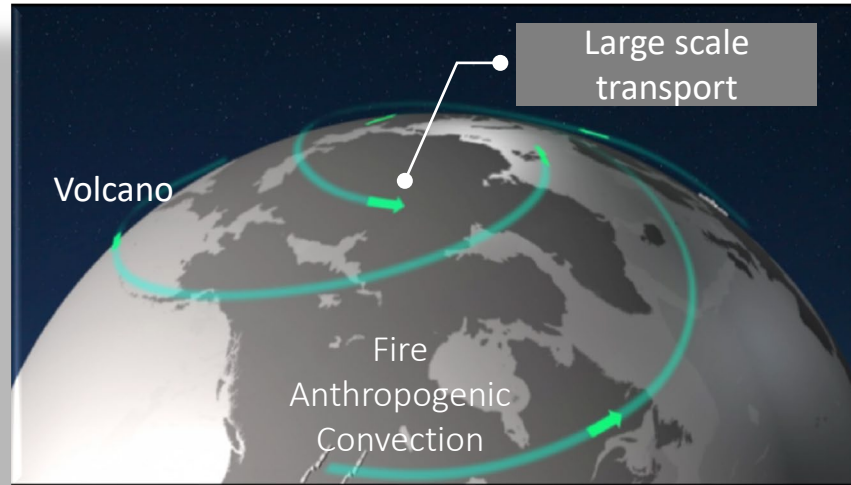
- De CALIPSO Durant la campagne ISDAC US-Canada d'avril 2008



Processus de déshydratation – effet de serre



(Bigg, 1980)



Plus de 200 M \$ pour un projet impliquant l'UQAM, l'ASC et la NASA

La mission vise à améliorer les prévisions des phénomènes météorologiques extrêmes et la surveillance des catastrophes.

RECHERCHE INTERNATIONAL SCIENCES PROFESSEURS

f t in ...



L'instrument TICFIRE/NUAGIR, conçu à l'UQAM, fait partie du projet Avenir et de la mission AOS de la NASA. Image: Projet Avenir

Climat: le Canada participera à une mission d'observation de la Nasa

Publié le 18 oct. 2022



François-Philippe Champagne (Source: Twitter du ministre)

- Le ministre fédéral de l'Innovation, des Sciences et de l'Industrie François-Philippe Champagne a annoncé que le Canada équipera un satellite canadien et un satellite américain qui participeront à une mission d'observation de l'atmosphère de l'agence spatiale américaine.
- Cette mission d'observation par satellites doit permettre de surveiller des catastrophes, de mettre au point des modèles climatiques et de mieux prévoir les phénomènes météorologiques extrêmes.

Objectifs scientifiques de la mission AOS

Contributions de TICFIRE à la mission internationale de la NASA

- 1 Rétroactions des nuages bas
- 2 Effets des nuages hauts
- 3 Les orages convectives
- 4 nuages froids et précipitations
- 5 Les aérosols et la qualité de l'air
- 6 Processus de pollution (aérosols)
- 7 Les effets directs des aérosols sur le climat
- 8 Les effets indirects sur les nuages

+

L'effet des nuages sur le refroidissement infrarouge

Vapeur d'eau

7 8

1

5

6

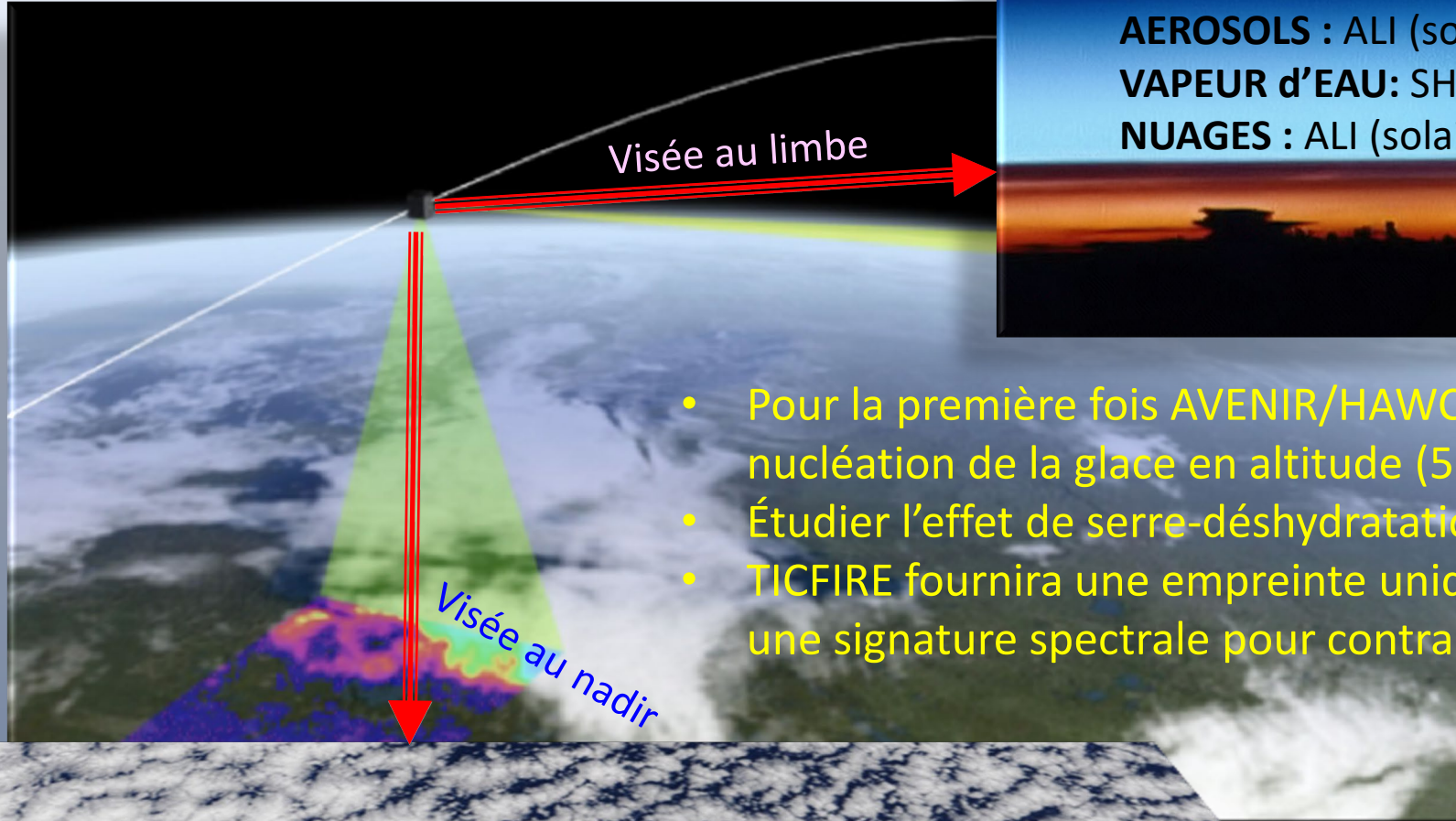
3

4

6

Contribution de TICFIRE à la mission Canadienne AVENIR/HAWC

Combinant limbe & nadir pour une vision 3D




AEROSOLS : ALI (solaire)
VAPEUR d'EAU: SHOW (solaire)
NUAGES : ALI (solaire) et TICFIRE (imageure)

- Pour la première fois AVENIR/HAWC va sonder la nucléation de la glace en altitude (5-20 km)
- Étudier l'effet de serre-déshydratation sur le climat
- TICFIRE fournira une empreinte unique, une signature spectrale pour contraindre les modèles.

CLOUD MICROPHYSICS: TICFIRE (MIR & FIR)

Résumé

- Les aléas météorologiques, incluant les inondations, les rivières atmosphériques, les tempêtes ou les tornades, dépendent fortement de la génération d'énergie via l'air froid polaire.
- Cette énergie est générée principalement par les émissions IR et IR lointain (FIR).
- Pour la première fois TICFIRE/NuagIR pourra mesurer précisément la contribution des ondes longues ($\sim 60\%$ des émissions $> 17 \mu\text{m}$).
- TICFIRE/NuagIR se joint à la mission AOS (NASA) et AVENIR/HAWC (ASC) pour de nouvelles observations de pointes (lidar, radar, polarimètres, radiomètre, etc.)
- Une mission de 4 satellites sur 2 orbites et une bonne couverture canadienne.
- Un consortium de 14 universités collabore pour avancer la recherche.
- Quelles sont les produits utiles pour le CentrEau? Les collaborations? Le futur?

A polar bear is sitting on a piece of ice, looking directly at the camera with its mouth wide open. Above its head is a light blue thought bubble containing the text "Merci d'y penser!".

Merci d'y
penser!



Merci!

Photo: Michael H. Davies

Résumé

- Les aléas météorologiques, incluant les inondations, les rivières atmosphériques, les tempêtes ou les tornades, dépendent fortement de la génération d'énergie via l'air froid polaire.
- Cette énergie est générée principalement par les émissions IR et IR lointain (FIR).
- Pour la première fois TICFIRE/NuagIR pourra mesurer précisément la contribution des ondes longues ($\sim 60\%$ des émissions $> 17 \mu\text{m}$).
- TICFIRE/NuagIR se joint à la mission AOS (NASA) et AVENIR/HAWC (ASC) pour de nouvelles observations de pointes (lidar, radar, polarimètres, radiomètre, etc.)
- Une mission de 4 satellites sur 2 orbites et une bonne couverture canadienne.
- Un consortium de 14 universités collabore pour avancer la recherche.
- Quelles sont les produits utiles pour le CentrEau? Les collaborations? Le futur?