

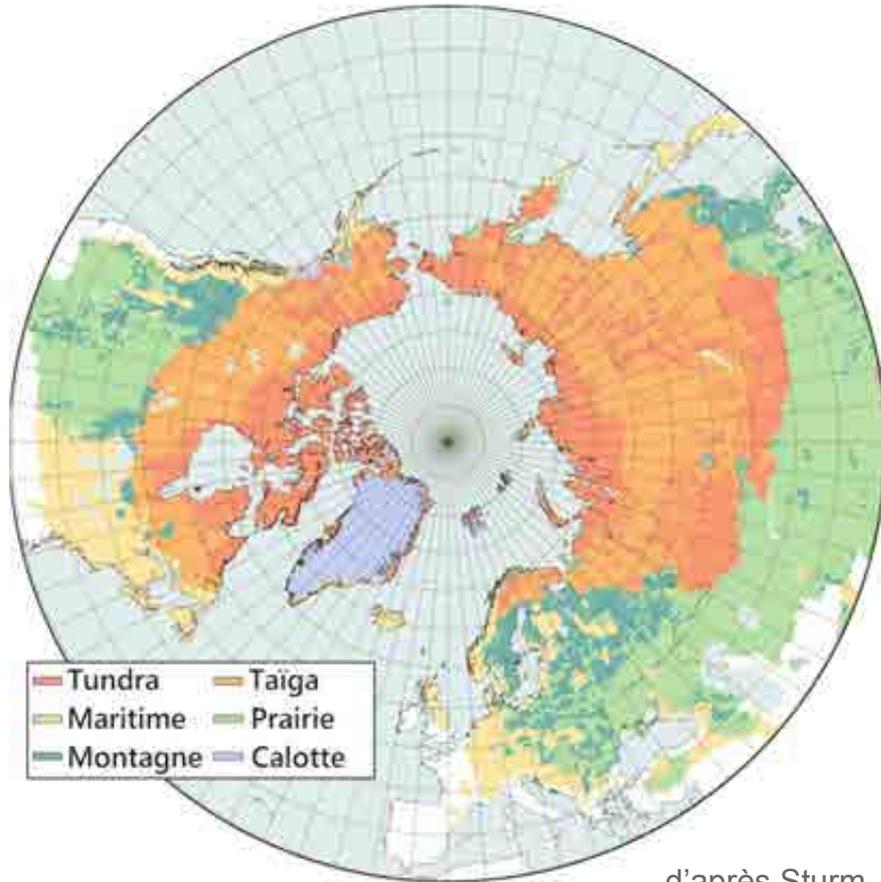
La neige de toundra

Kévin Fourteau
&
Équipe IVORI

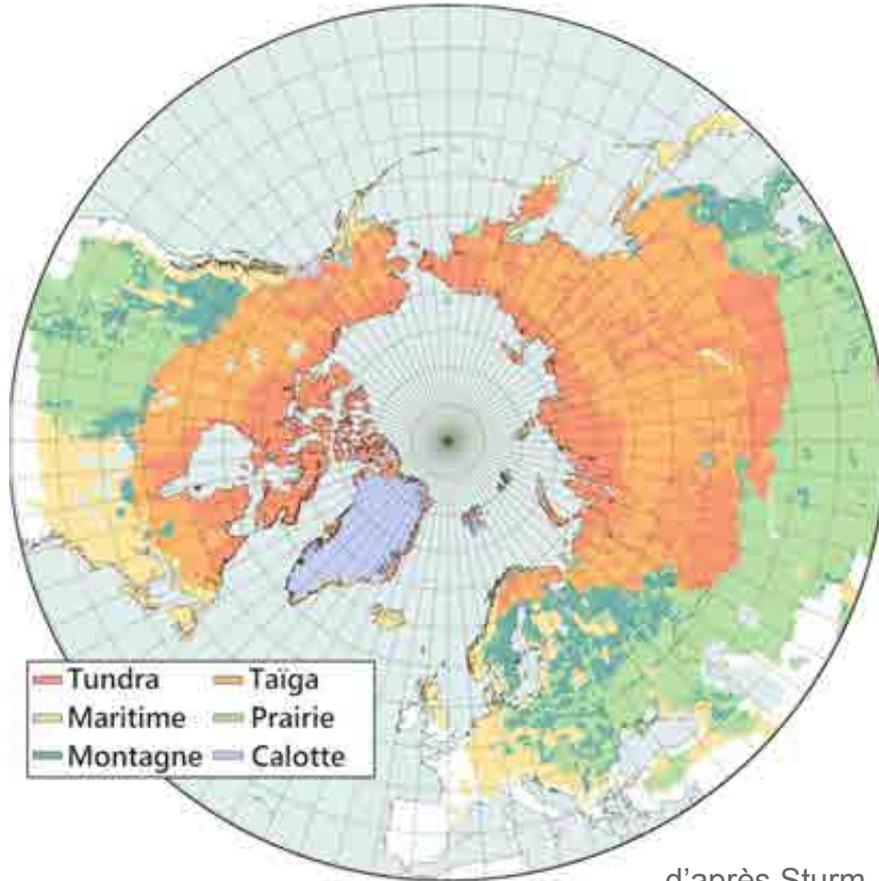
Atelier Neige

Cambridge Bay, IVORI



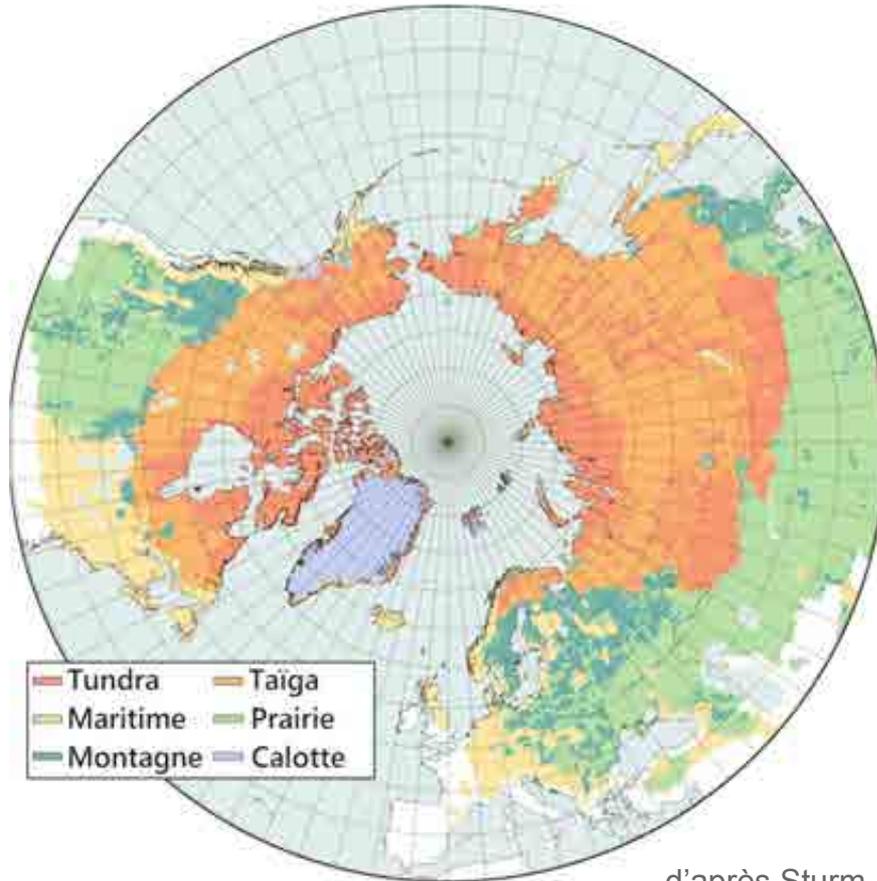


d'après Sturm, 1995



Neige toundra \neq Biome toundra

d'après Sturm, 1995



- Hiver aride
- Hiver froid
- Terrain ouvert et venteux

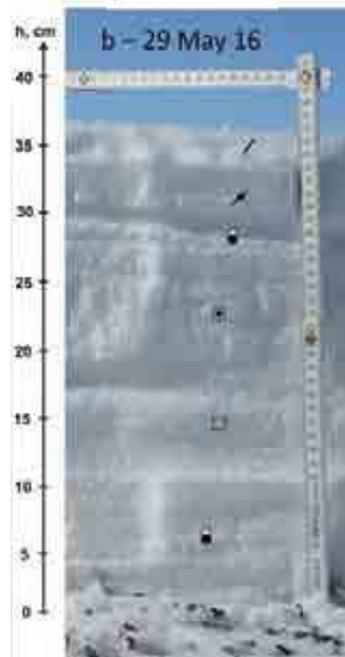
d'après Sturm, 1995

~30cm



Bylot, F. Domine

~35cm



Bylot, F. Domine

~8cm



Cambridge Bay, IVORI

Couche basale = Givre de profondeur



Bylot, F. Domine



Cambridge Bay, IVORI



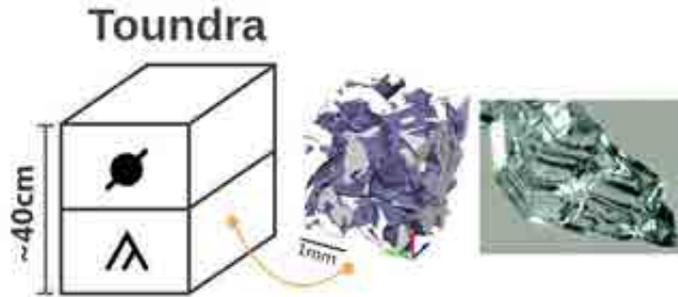
Couche de surface = Wind slab



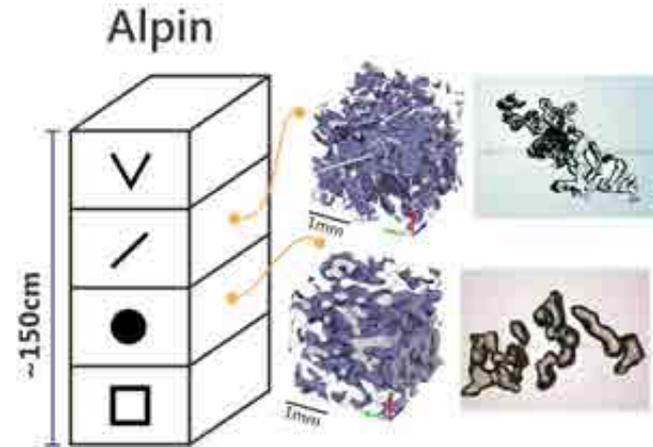
Bylot, F. Domine



Cambridge Bay, IVORI



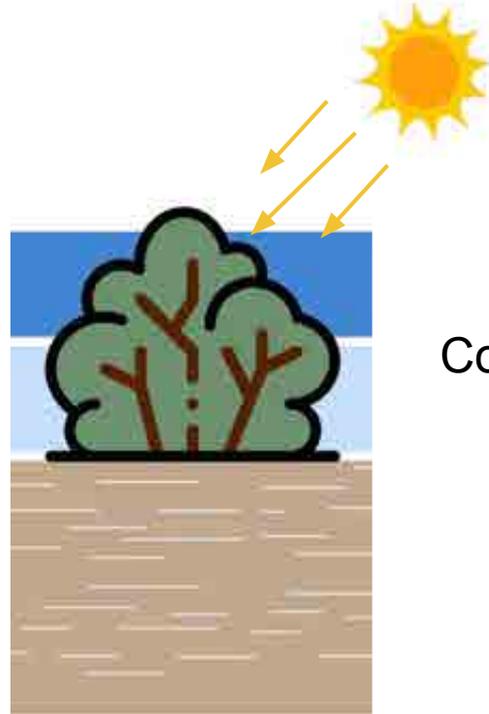
Bi-couches
Strates de dépo peu visibles
Croûtes rares



Multi-couches
Strates liées à la déposition
Croûtes fréquentes

Limitation du tassement

Sturm et al., 2001



Absorption SW

Sturm et al., 2005

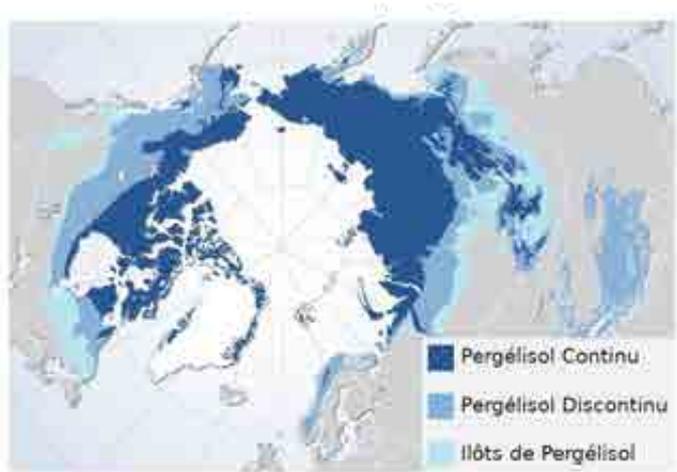
Belke-brea et al., 2021

Conduction par le bois gelé

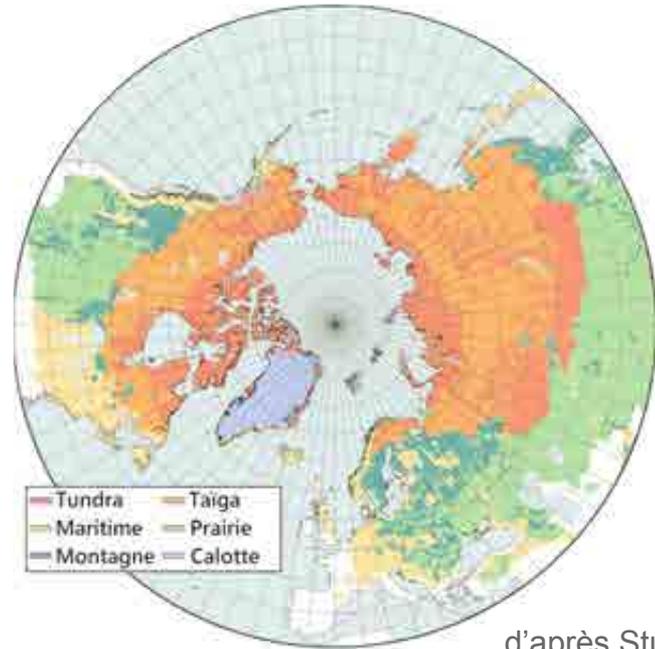
Domine et al., 2022

Arctic Greening

Myers-Smith et al., 2020

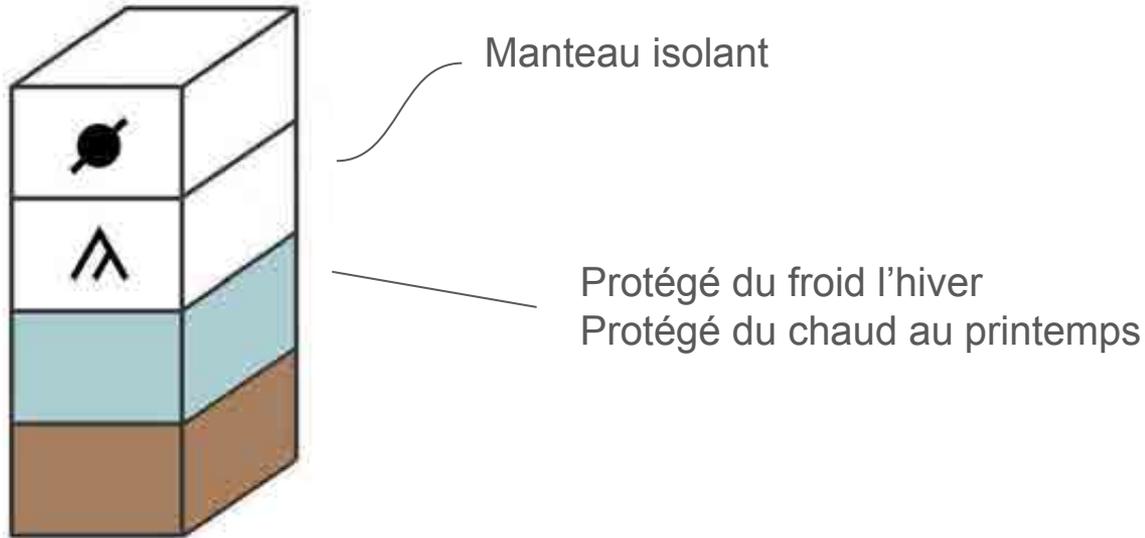


(d'après Hugo Ahlénius, UNEP/GRID-Arendal)



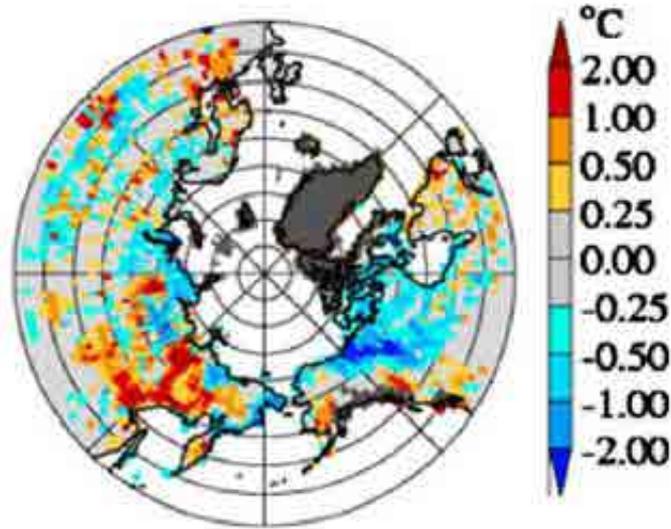
d'après Sturm, 1995

Recouvrement des zones de pergélisol et de toundra

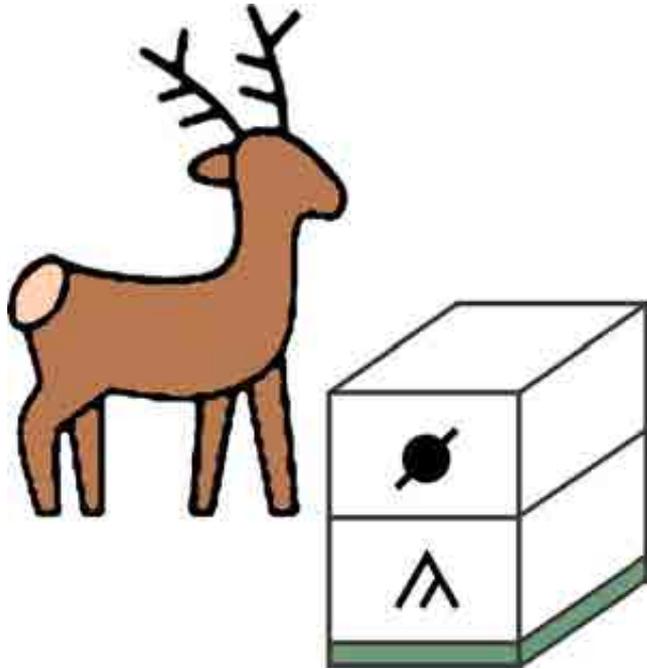


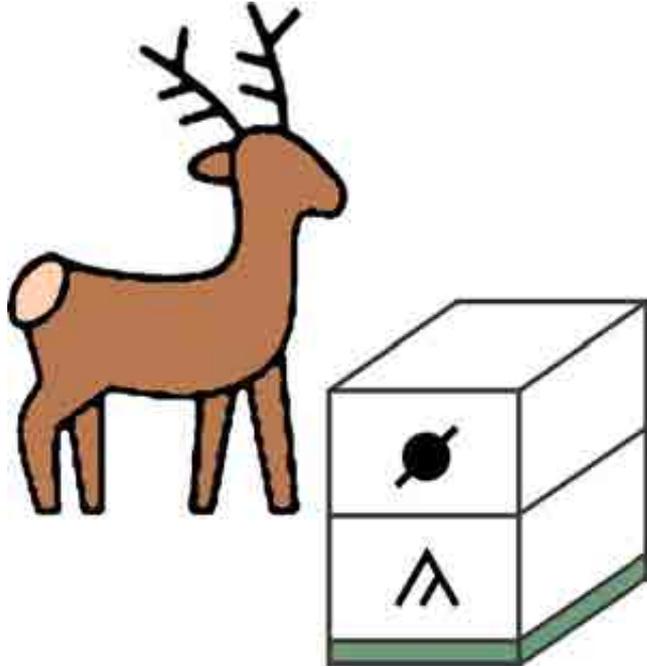
Le manteau de toundra est un paramètre clé pour le pergélisol

Manteaux plus/moins épais \longrightarrow isole plus/moins le sol
Saison plus courte \longrightarrow isole moins le sol en automne/printemps



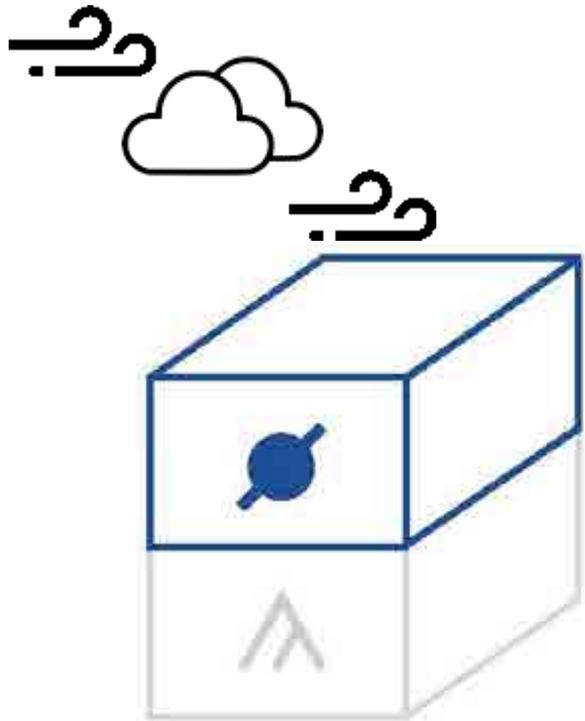
d'après Lawrence and Slater, 2010





Mortalité des troupeaux si:

- Formation de croûtes (pluie/fonte et regel)
25% à 99% de mortalité chez des populations de rènes (Tyler, 2010)
Iron zud en Asie centrale (Batima et al., 2008)
- Manteaux trop épais
White zud en Asie centrale (Batima et al., 2008)

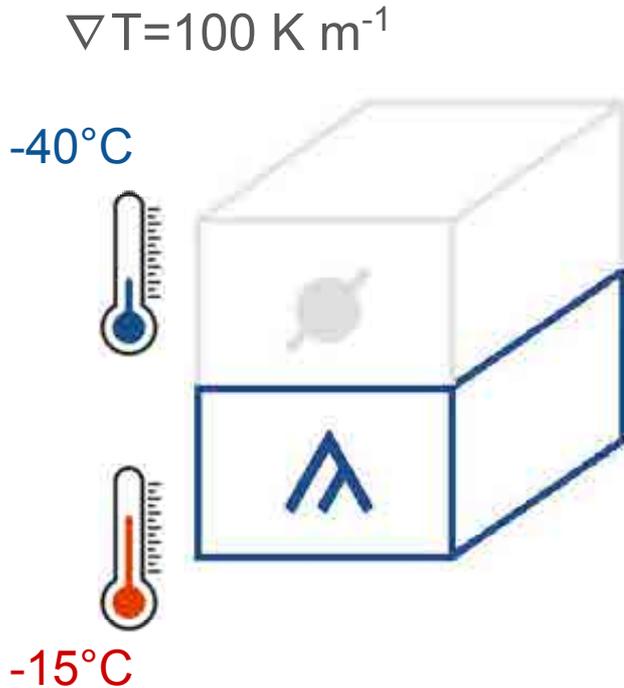


Densification en surface par le vent
 $\sim 350 \text{ kg m}^{-3}$ (jusqu'à 450 kg m^{-3})

Méloche et al., 2022



Cambridge Bay, IVORI



Métamorphisme de gradient

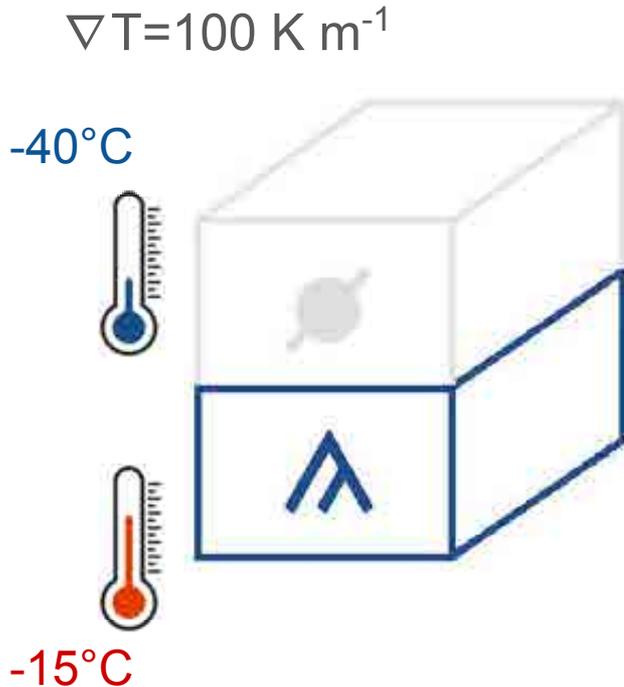
→ Givre de profondeur

Transport de vapeur

→ Dédensification

$\sim 250 \text{ kg m}^{-3}$ (jusqu'à 150 kg m^{-3})

Méloche et al., 2022



Métamorphisme de gradient

→ Givre de profondeur

Transport de vapeur

→ Dédensification

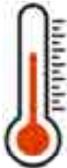
~250 kg m⁻³ (jusqu'à 150 kg m⁻³)

Rôle de la convection ?

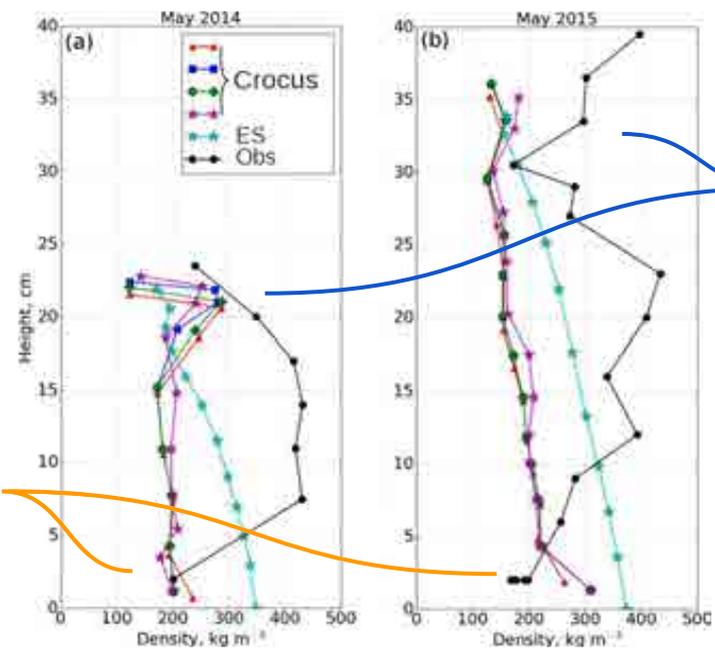
-40°C



-15°C



Cambridge Bay, IVORI

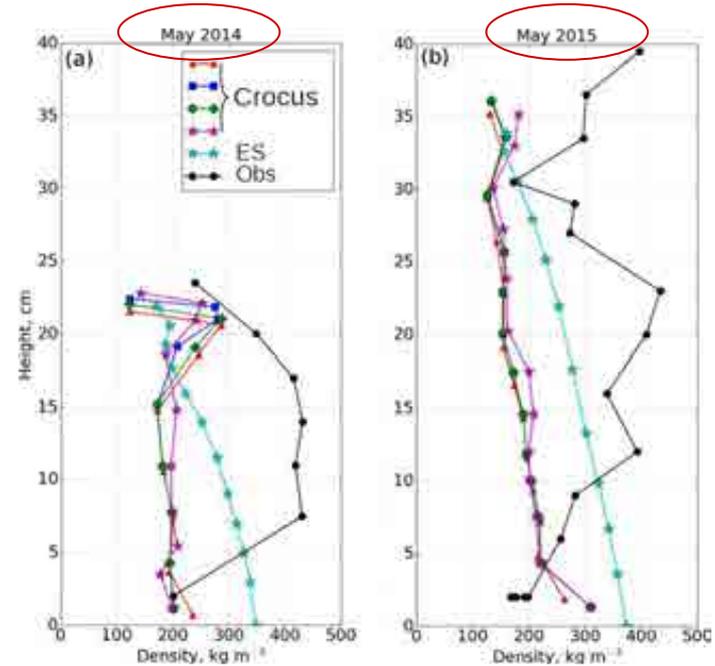


Pas de couche basale dédensifiée

Plaque pas assez dense

Barrere et al., 2017

Mécanismes manquants ou mal représentés

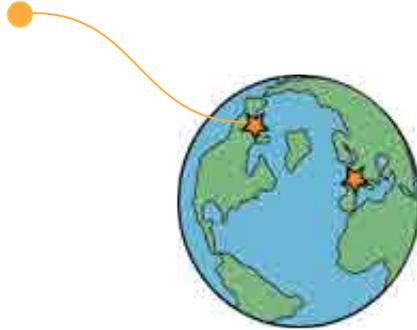


Pas de couche basale
dédensifiée

Plaque pas assez dense

Barrere et al., 2017

Mécanismes manquants ou mal représentés



Cambridge Bay, Nunavut
Oct 2023 à Mai 2024

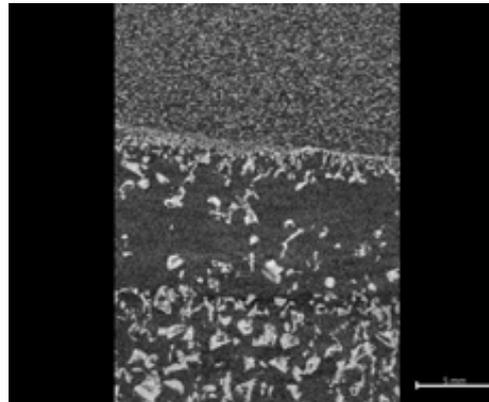
Formation, transformation, et fonte du manteau saisonnier



Mesures Tradis

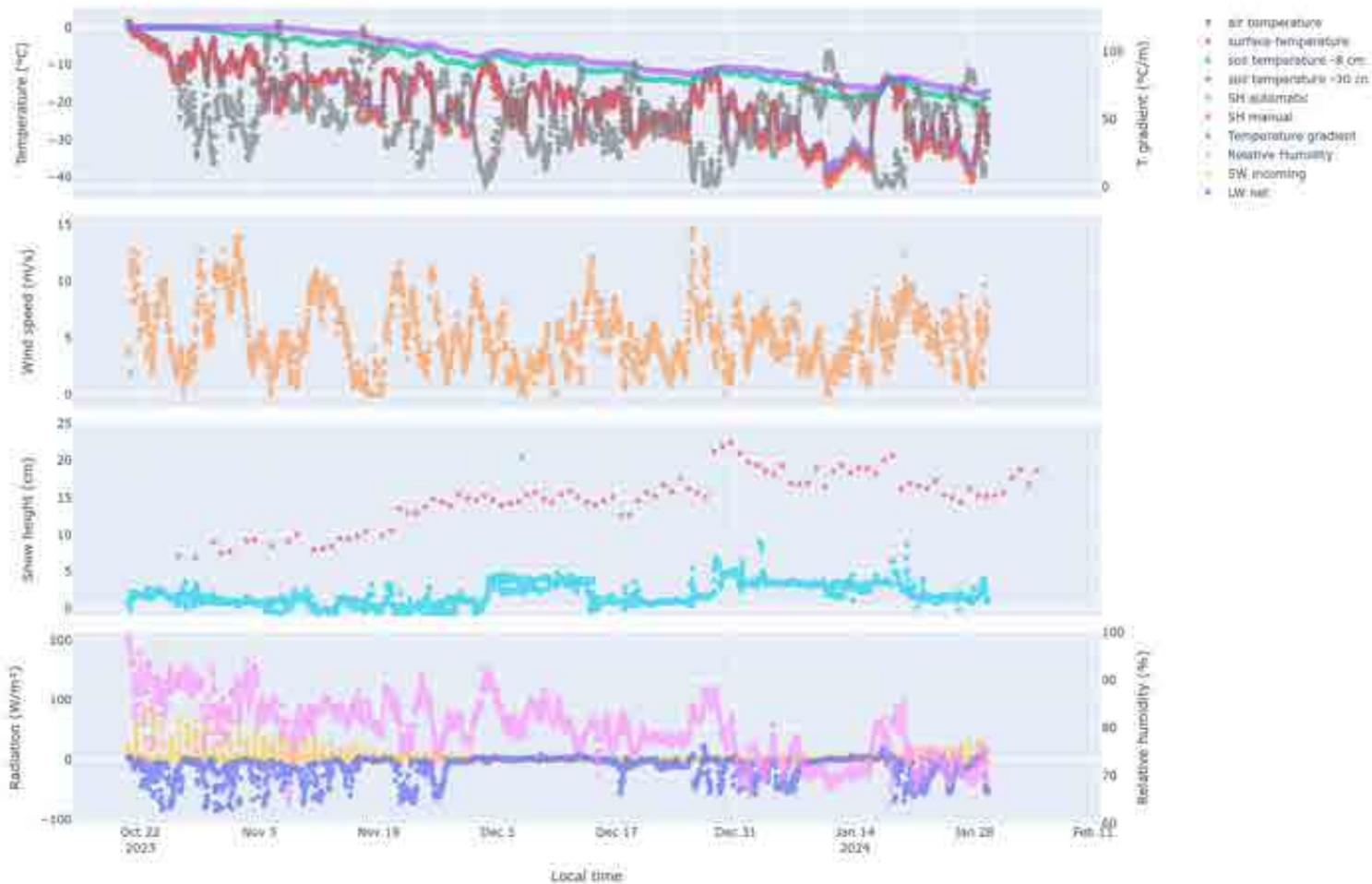


Tomo

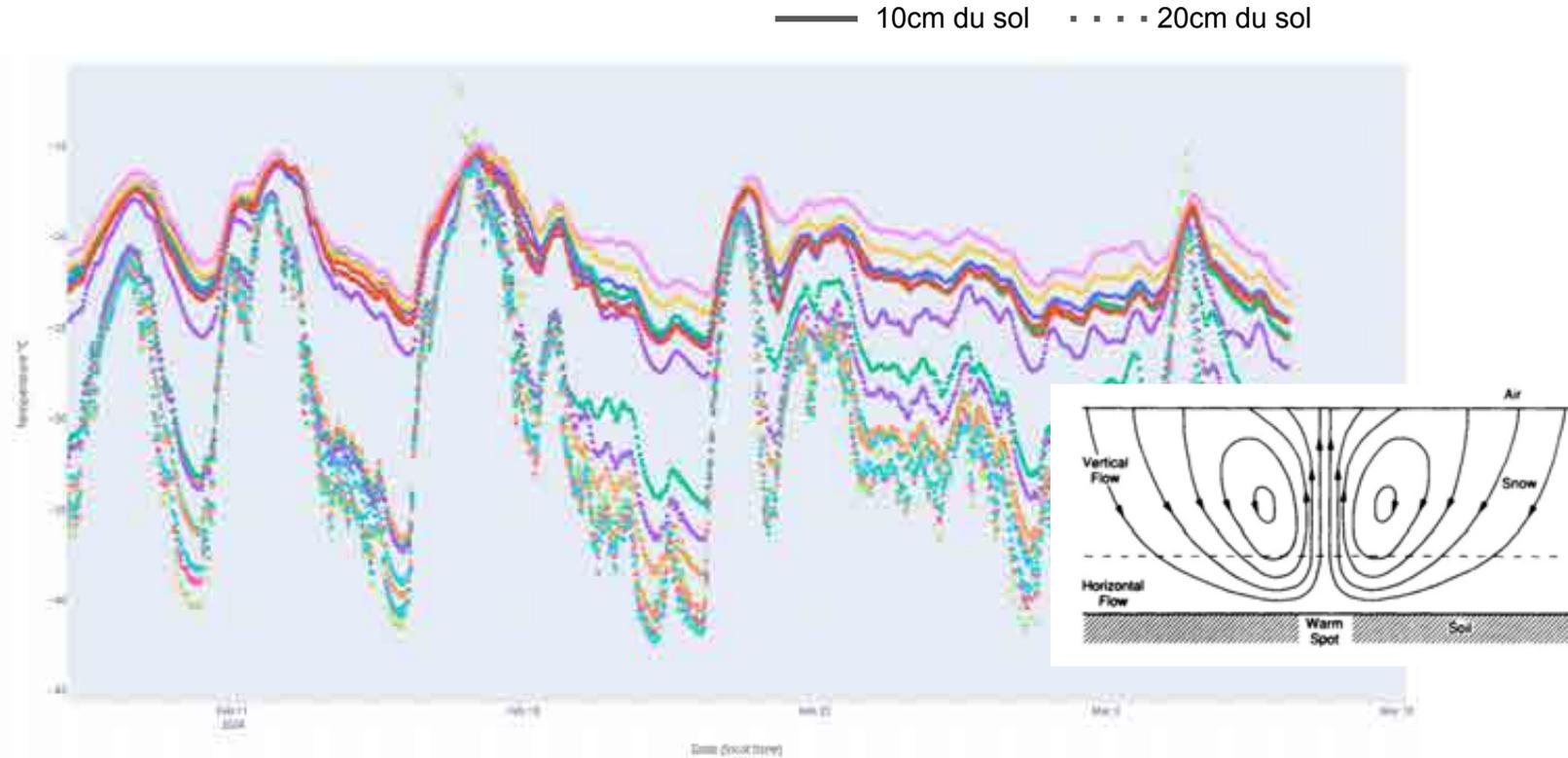


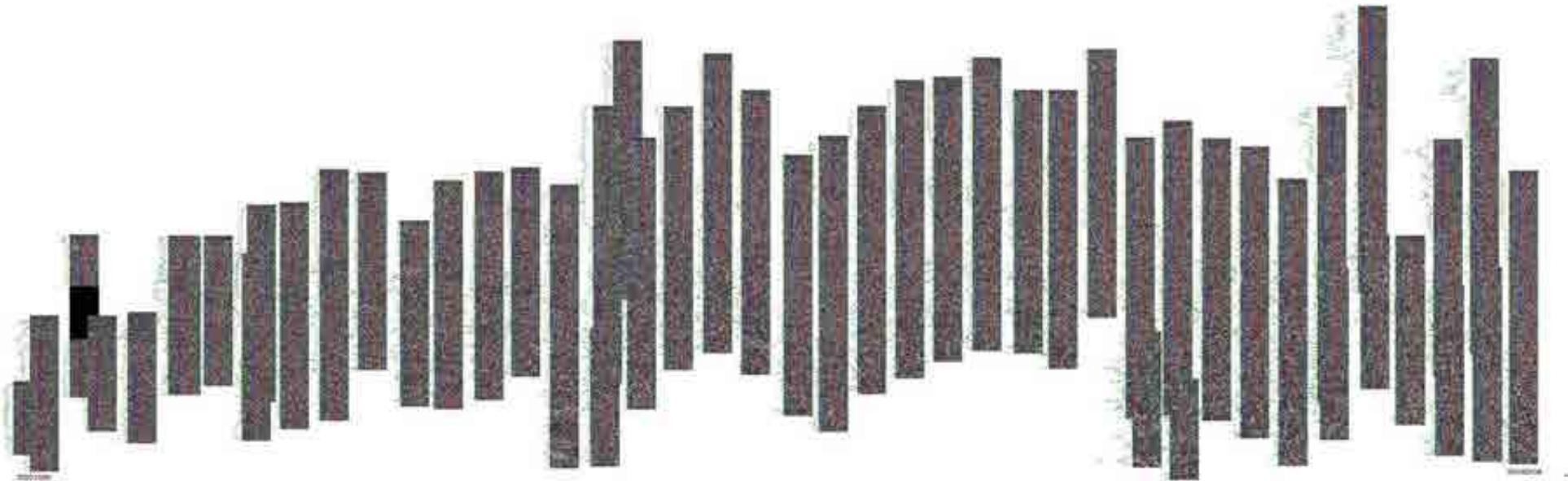
Extras

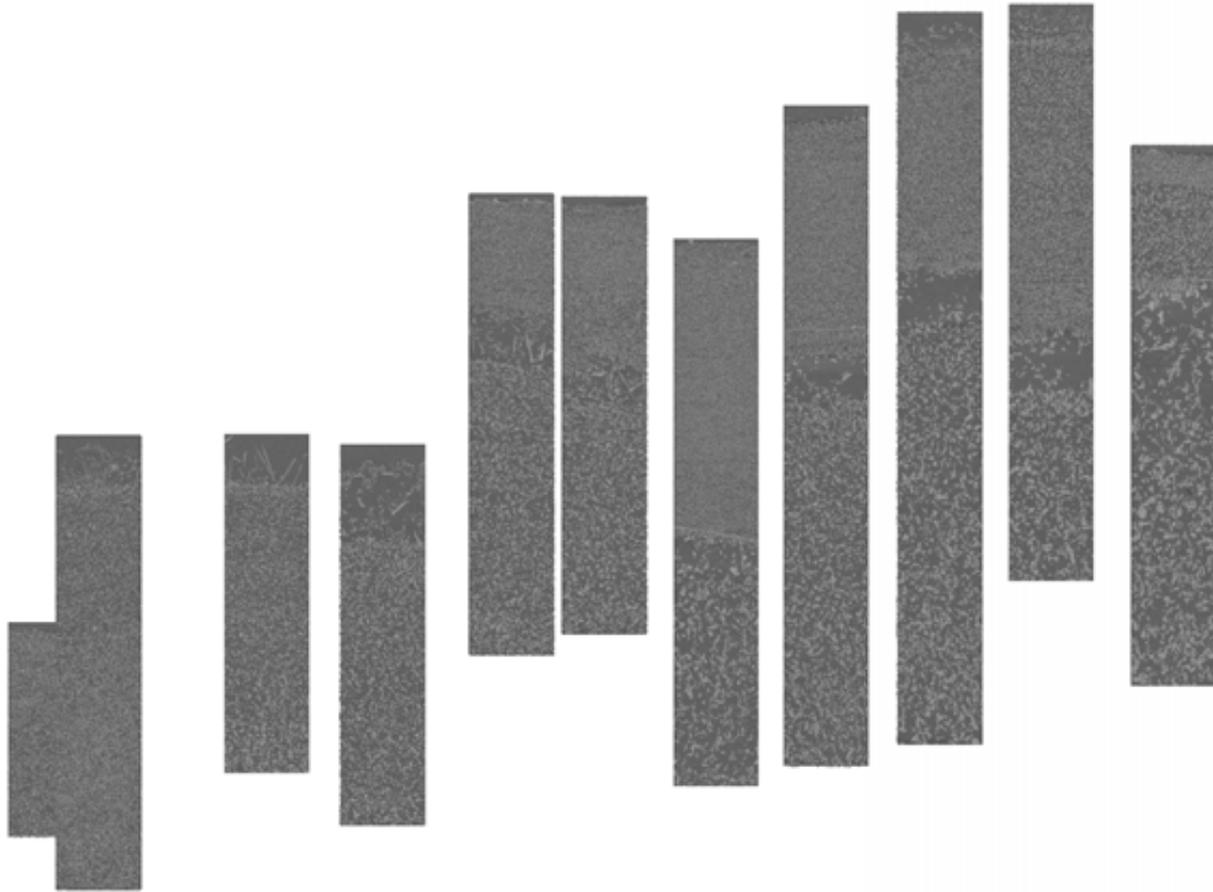




Détection des évènements de convection









Cambridge Bay, IVORI

- 1- Quels processus physiques ? [Attachment / Convection](#)
- 2- Quelles équations/paramétrisation ? [Représentation 1D / Déclenchement](#)
- 3- Quelle implémentation numérique ? [Stabilité / Robustesse](#)

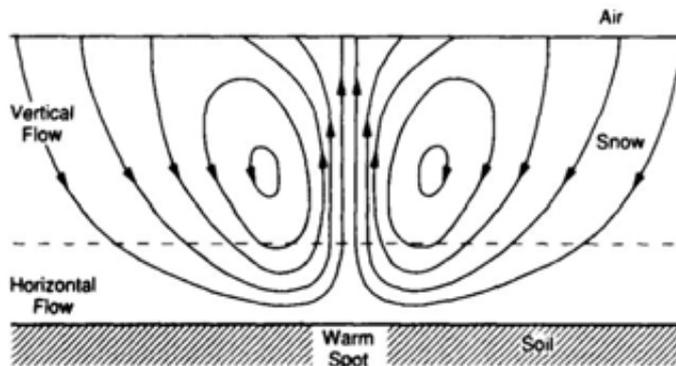
Attachement de la vapeur sur la glace:

- Contrôle le couplage chaleur/vapeur
- Attachement plutôt rapide d'après les obs



Cellules de convection:

- Quel déclenchement ?
- Impact dur à quantifier



Intuition (plus général) et/ou **Upscaling** (e.g. Calonne et al., 2014, plus rigoureux)

$$\partial_t(\phi\rho_v) - \nabla \cdot (D\nabla\rho_v) - \nabla \cdot F_{\text{conv}} = C_{\text{sublim}}$$

Diffusion Convection Sublim/Depo

+ Couplage avec la chaleur

Besoin d'un schéma implicite et couplé

(sinon modèle qui peut exploser à $\Delta t = 15\text{min}$, Brondex et al., 2023)

Merci !

