

OBJECTIF LUNE, OBJECTIF MARS!

Pre Myriam Lemelin

Titulaire de la Chaire de recherche du Canada en télédétection de la géologie nordique et spatiale

Prof. au Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke

Membre du Centre d'applications et de recherche en télédétection (CARTEL)



Dîner-conférence de l'Association des professeures et professeurs retraités de l'Université de Sherbrooke

Club de golf de Sherbrooke, 14 Février 2024

Objectif Lune!



The Intuitive Machines' IM-1 lunar lander being readied to be housed inside a Falcon 9 fairing.

[Image: SpaceX](#)

15 Février 2024 : États-Unis

- La mission américaine “IM-1” (Intuitive Machines) doit être lancée le 15 Février en destination du pôle sud lunaire ($\sim 80^{\circ}\text{S}$).
- La mission inclut l’alunisseur “Nova-C”, 6 instruments scientifiques de la NASA et un télescope commercial.
- Un alunissage réussi en douceur en ferait :
 - le 1er alunissage (américain) privé
 - l’alunissage le plus près du pôle sud

Objectif Lune!

19 Janvier 2024 : Japon

- L'alunisseur japonais "SLIM" (Smart Lander for Investigating Moon) aluni près de l'équateur lunaire (13°S, 25°E).
- La mission démontre les capacités de l'agence spatiale japonaise à alunir de manière "précise".
- L'alunissage en douceur a fait du Japon le 5^e pays à réussir cet exploit.



JAXA's Small Lunar Lander Demonstration Vehicle, SLIM, sits on the lunar surface with its thrusters pointing up. The spacecraft was intended to land in the opposite orientation, after which a small thruster was supposed to tip it onto its side. The image was taken by one of two small rovers the spacecraft deployed. *Image: JAXA/Takara Tomy/Sony Group Corporation/Doshisha University*

Objectif Lune!



La 1ere image de l'alunisseur Vikram prise par le rover Pragyan rover. (Image credit: ISRO)



La 1ere image de la surface lunaire transmise par la mission Chandrayaan-3 après l'alunissage historique du 23 août, 2023. (Credit: ISRO via X) <https://www.space.com/india-chandrayaan-3-first-photos-moon-south-pole>

23 août 2023 : Inde

- La mission indienne Chandrayaan-3 (ISRO) aluni “près” du pôle sud lunaire ($\sim 69^{\circ}\text{S}$, 32°E).
- La mission inclut un alunisseur (Vikram) et un rover (Pragyan) permettant de démontrer les capacités d'alunissage et de déplacement.
- L'alunissage en douceur a fait de l'Inde le 4^e pays à réussir cet exploit.

14 décembre 2013 : Chine

- La mission chinoise Chang'e-3 aluni à une latitude moyenne (44°N, 19°W).
- La mission inclut un alunisseur et un rover (Yutu).
- L'alunissage en douceur a fait de la Chine le 3^e pays à réussir cet exploit.



1st Chang'e-3 Color Panorama

Mosaic Credit: CNSA/Chinanews/Ken Kremer/Marco Di Lorenzo

1958-1976 : États-Unis & URSS

- Les missions américaines (Apollo) et U.R.S.S (Luna) permettent d'étudier la Lune et de ramener sur Terre plus de 382 kg d'échantillons de roche et de sol lunaire.
- Le programme *Apollo Next Generation Sample Analysis Program* (ANGSA) permet maintenant d'ouvrir des échantillons scellés depuis près de 50 ans pour les analyser à l'aide d'outils à la fine pointe de la technologie.



Les scientifiques de NASA Goddard étudient un échantillon d'Apollo 17 préservé gelé depuis près de 50 ans (LPI, 2022).

APOLLO 17 SHORTY CRATER COLOR PANORAMA

Harrison Schmitt works at the LRV at Shorty Crater, while Gene Cernan photographs him, on December 12, 1972. NASA / Tom Dahl

Pourquoi cet engouement international pour la Lune?

Les 27 agences membres du « International Space Exploration Coordination Group » (ISECG)

Le plan de match

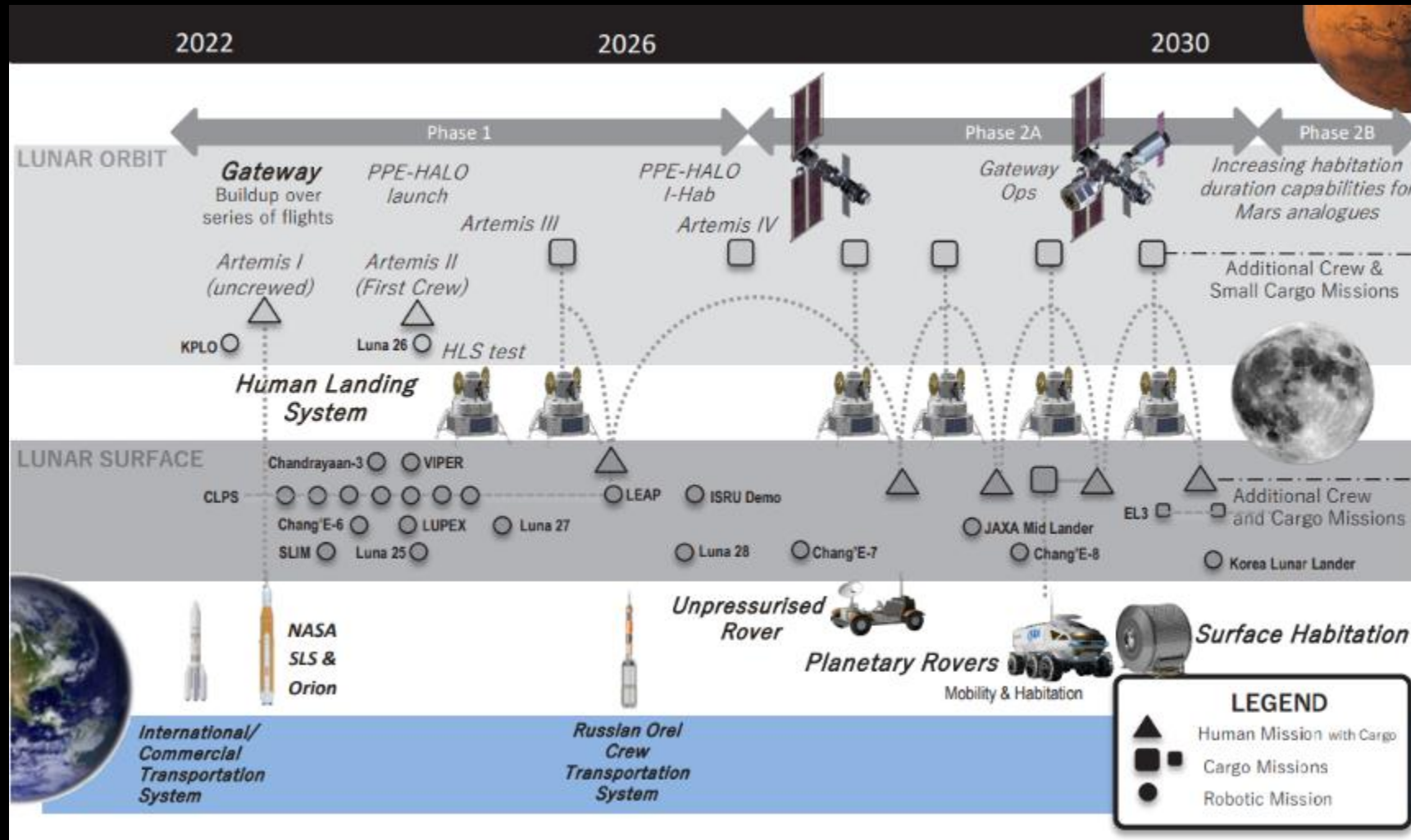


THE
GLOBAL EXPLORATION ROADMAP
SUPPLEMENT
OCTOBER 2022
LUNAR SURFACE EXPLORATION
SCENARIO UPDATE
www.globalspaceexploration.org

15 ISECG
YEAR ANNIVERSARY
International Space Exploration Coordination Group

Pourquoi cet engouement international pour la Lune?

ISECG Lunar Surface Exploration Scenario (2022)



Pourquoi cet engouement international pour la Lune?



Moon to Mars Architecture

We're designing a roadmap for long-term exploration of the lunar surface, our first steps on the Red Planet, and the journey beyond, working with our partners in industry, academia, and the international community.



L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Chaire de recherche en télédétection de la géologie nordique et spatiale (2019-2025)

Télédétection de la géologie, de la glace et des propriétés du sol de la Lune, des astéroïdes et de la planète Mars en soutien aux missions d'exploration spatiale



Groupe de recherche et Jeremy Hansen, mars 2023



T-MARS, île Axel Heiberg, Nunavut, juillet 2023

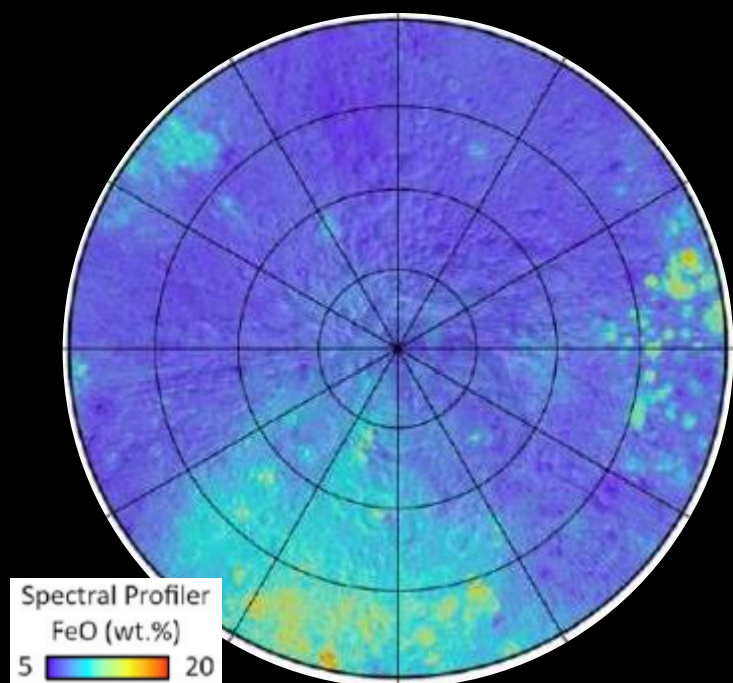


L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Chaire de recherche en télédétection de la géologie nordique et spatiale (2019-2025)

Télédétection de la géologie, de la glace et des propriétés du sol de la Lune, des astéroïdes et de la planète Mars en soutien aux missions d'exploration spatiale

Traitement d'images



Lemelin et al. (2022)

Laboratoire



Terrain analogue





L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Membre scientifique de missions d'exploration spatiale à venir (2025+)

NEARSIDE

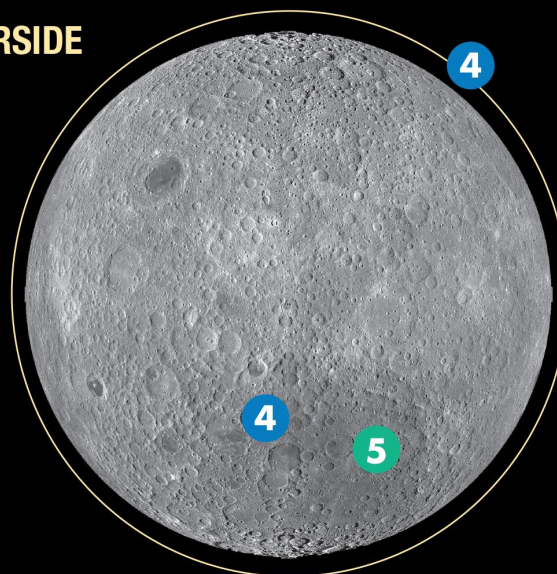


1 Astrobotic Peregrine Mission-1
LANDING SITE: Sinus Viscoositatis
LANDER NAME: Peregrine
CLPS CONTRACT AWARD: TO 2-AB

2 Intuitive Machines IM-3
LANDING SITE: Reiner Gamma
LANDER NAME: NOVA-C
CLPS CONTRACT AWARD: TO CP-11

3 Firefly Blue Ghost Mission 1
LANDING SITE: Mare Crisium
LANDER NAME: Blue Ghost
CLPS CONTRACT AWARD: TO 19D

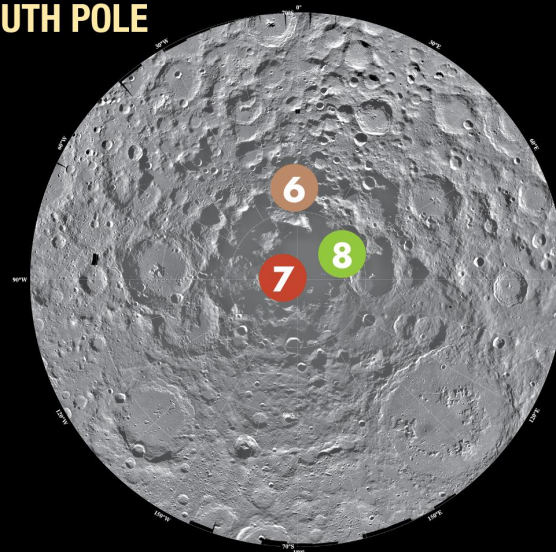
FAR SIDE



4 Firefly Blue Ghost Mission 2
LANDING SITE: Lunar Farside and Orbit
LANDER NAME: Blue Ghost
CLPS CONTRACT AWARD: TO CS-3 and CS-4

5 Team Draper
LANDING SITE: Schrödinger Basin
LANDER NAME: SERIES-2
CLPS CONTRACT AWARD: TO CP-12

SOUTH POLE



6 Intuitive Machines IM-1
LANDING SITE: Malapert A
LANDER NAME: NOVA-C
CLPS CONTRACT AWARD: TO 2-IM

7 Intuitive Machines IM-2
LANDING SITE: Shackleton Connecting Ridge
LANDER NAME: NOVA-C
CLPS CONTRACT AWARD: TO PRIME-1

8 Astrobotic Griffin Mission-1
LANDING SITE: Mons Mouton
LANDER NAME: Griffin
CLPS CONTRACT AWARD: TO 20A (VIPER)

rover lunaire
canadien



L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Membre scientifique de missions d'exploration spatiale à venir (2025+) : Lunar Vertex (APL)



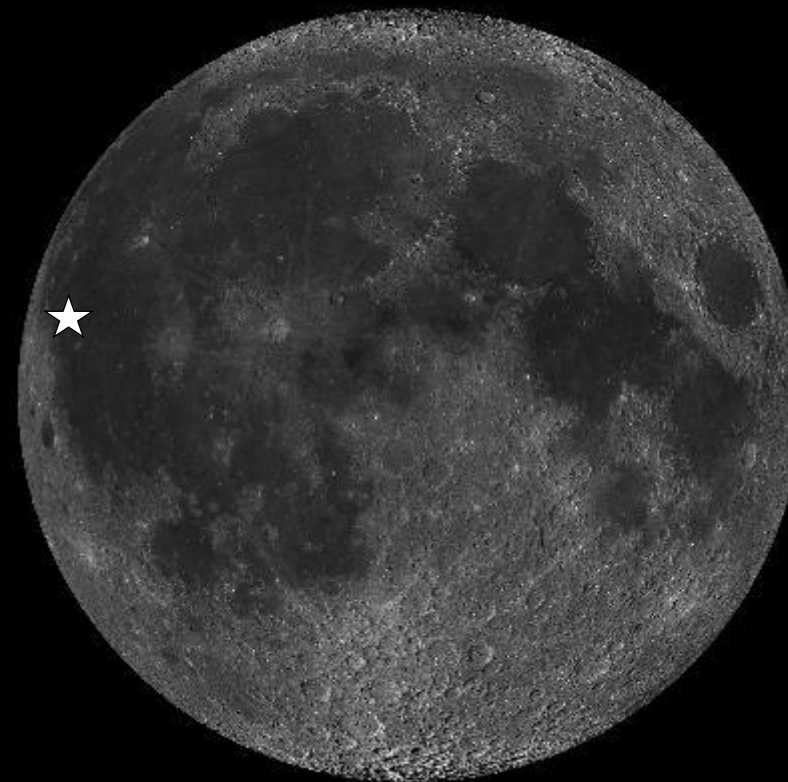
Reiner Gamma
(7.5°N, 59.0°W)

Anomalie magnétique
co-localisée avec un patron
de réflectance en tourbillon
(« lunar swirl »)



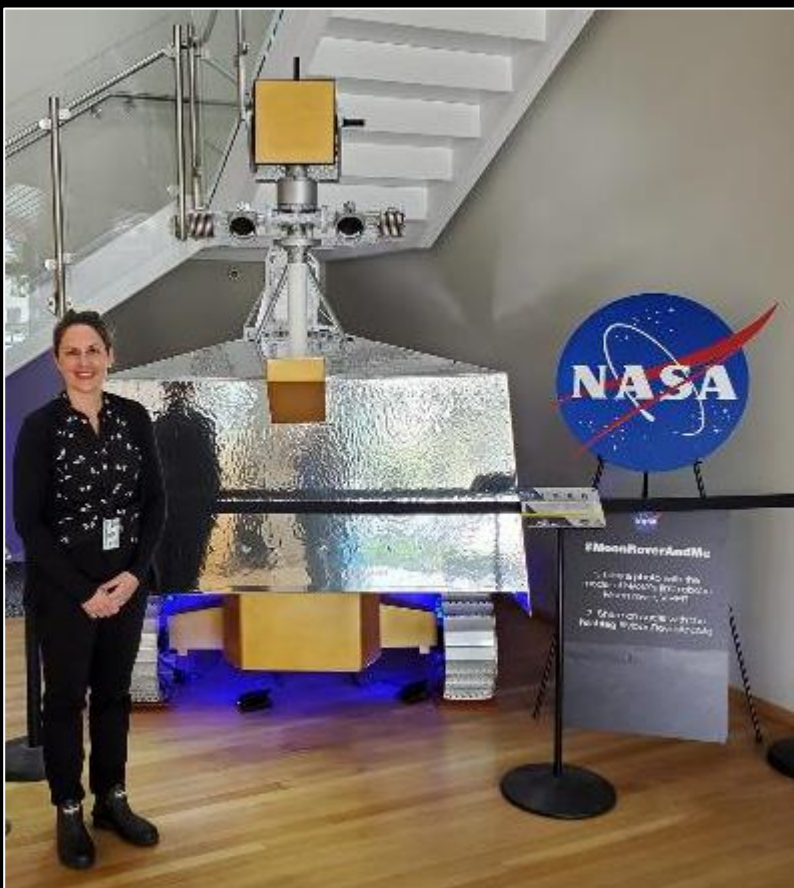
Lunar Vertex rover
(Lunar Outpost)

Magnétomètre (APL)
+
Microscope multispectral
(Canadensys Aerospace)



L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Membre scientifique de missions d'exploration spatiale à venir (2025+) : VIPER (NASA)



VIPER
(NASA)

NSS + NIRVSS + MSolo
+
TRIDENT



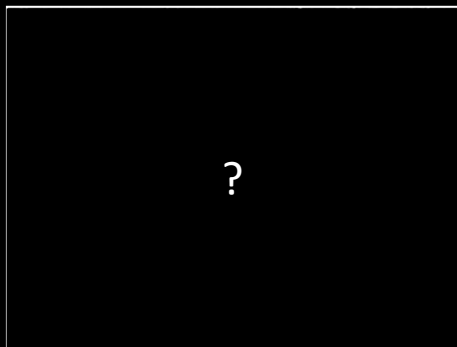
Mons Mouton
(31.6218°N, 85.42088 °W)

Étude du pôle sud en
preparation pour Artemis 3.

Détection de glace
potentielle.

L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Membre scientifique de missions d'exploration spatiale à venir (2025+) : rover canadien (ASC)



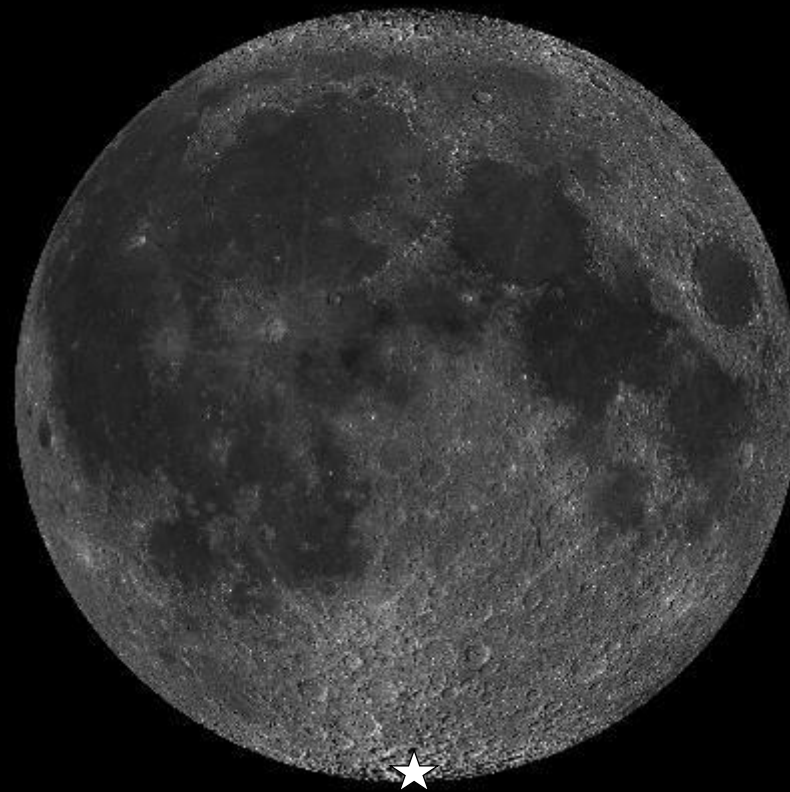
Pôle sud
(TBD)

Étude du pôle sud.
Détection de glace
potentielle.



CLR
(ASC + Canadensys)

LHANS + FROST +
LAFORGE
+
Micro-dosimètre



L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Membre scientifique de missions d'exploration spatiale à venir (2025+) : rover canadien (ASC)



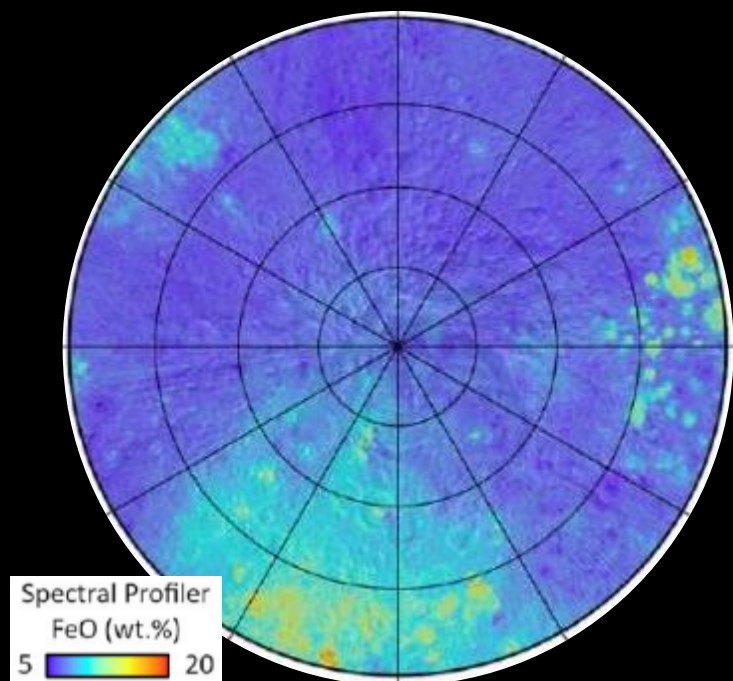


L'UdeS prend part aux efforts d'exploration

Chaire de recherche en télédétection de la géologie nordique et spatiale (2019-2025)

Télédétection de la géologie, de la glace et des propriétés du sol de la Lune, des astéroïdes et de la planète Mars en soutien aux missions d'exploration spatiale

Traitement d'images



Lemelin et al. (2022)

Laboratoire

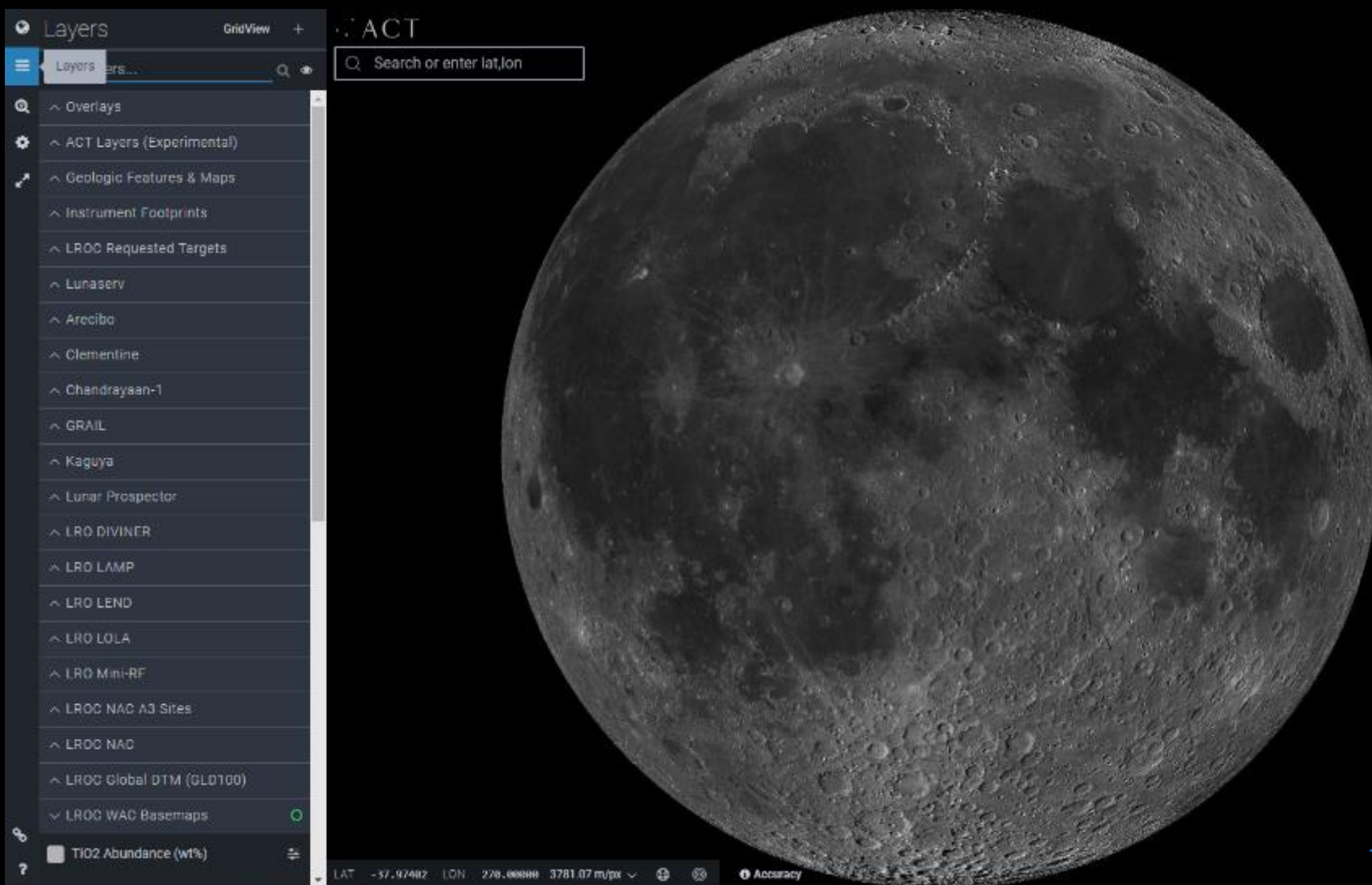


Terrain analogue





Traitement d'images de télédétection

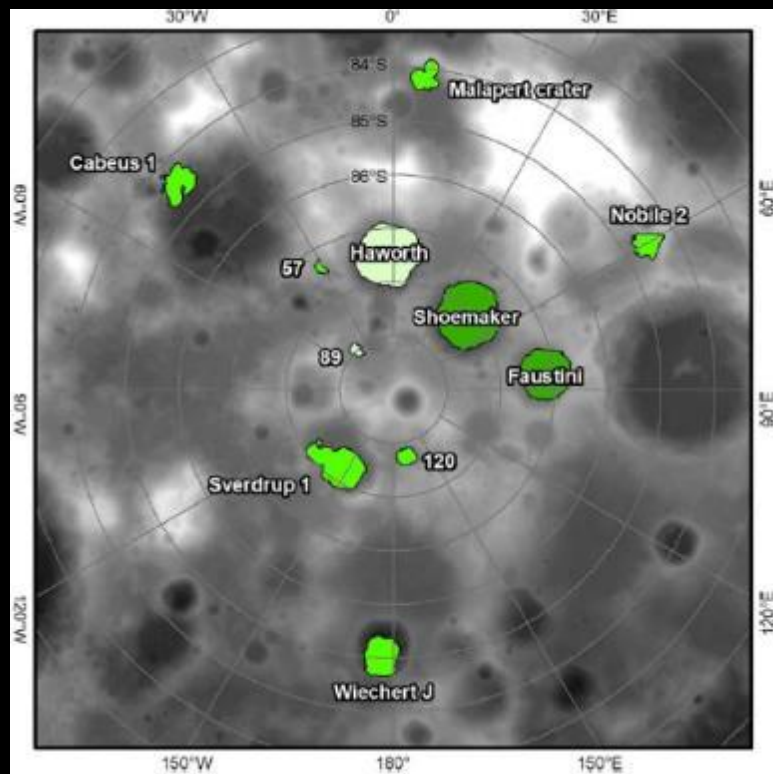


De nombreuses données de télédétection disponibles

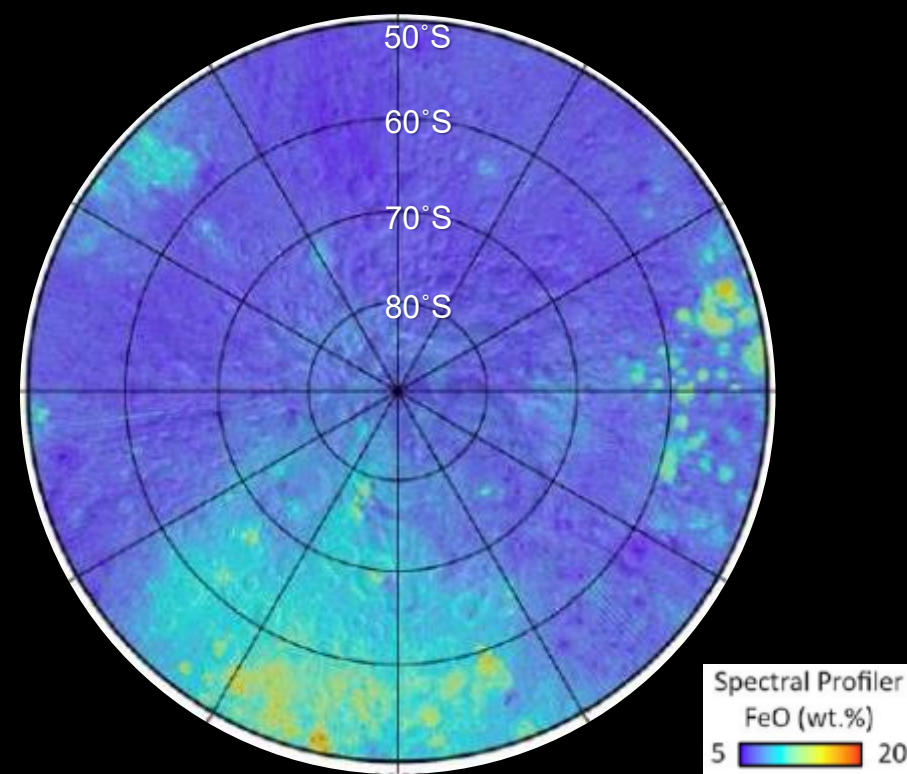
<https://quickmap.lroc.asu.edu>



Traitement d'images de télédétection



11 regions prioritaires pour les missions d'exploration dédiées à la recherche de glace près du pôle sud lunaire (Lemelin et al., 2021)



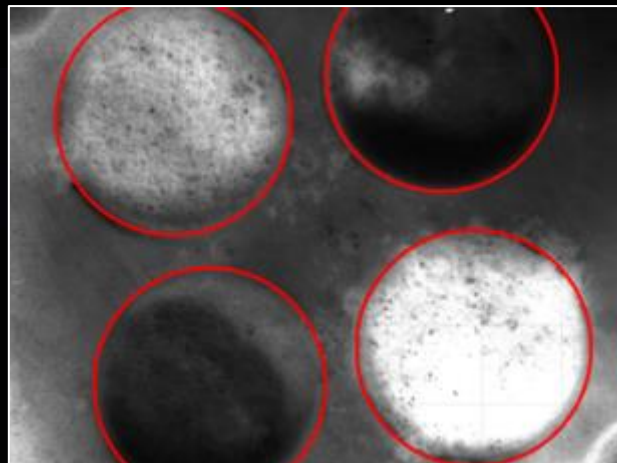
1ere carte à haute resolution spatiale (1 km) du fer pour les regions polaires. (Lemelin et al., 2022)



Laboratoire



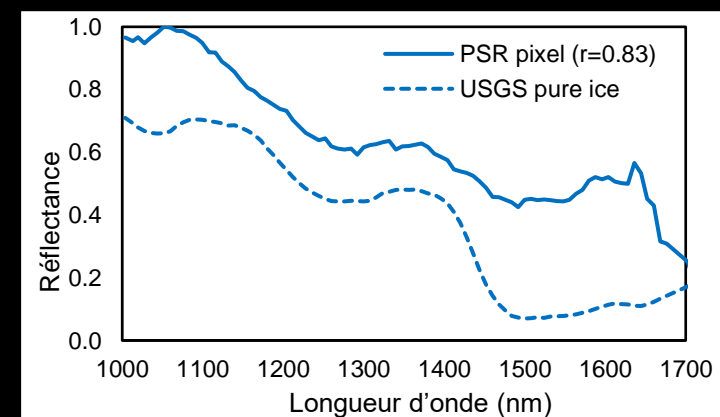
Simulant de régolithe lunaire



Images VIS/UV régolithe + glace



Signature spectrale régolithe + glace



Terrain analogue : Projet T-MARS



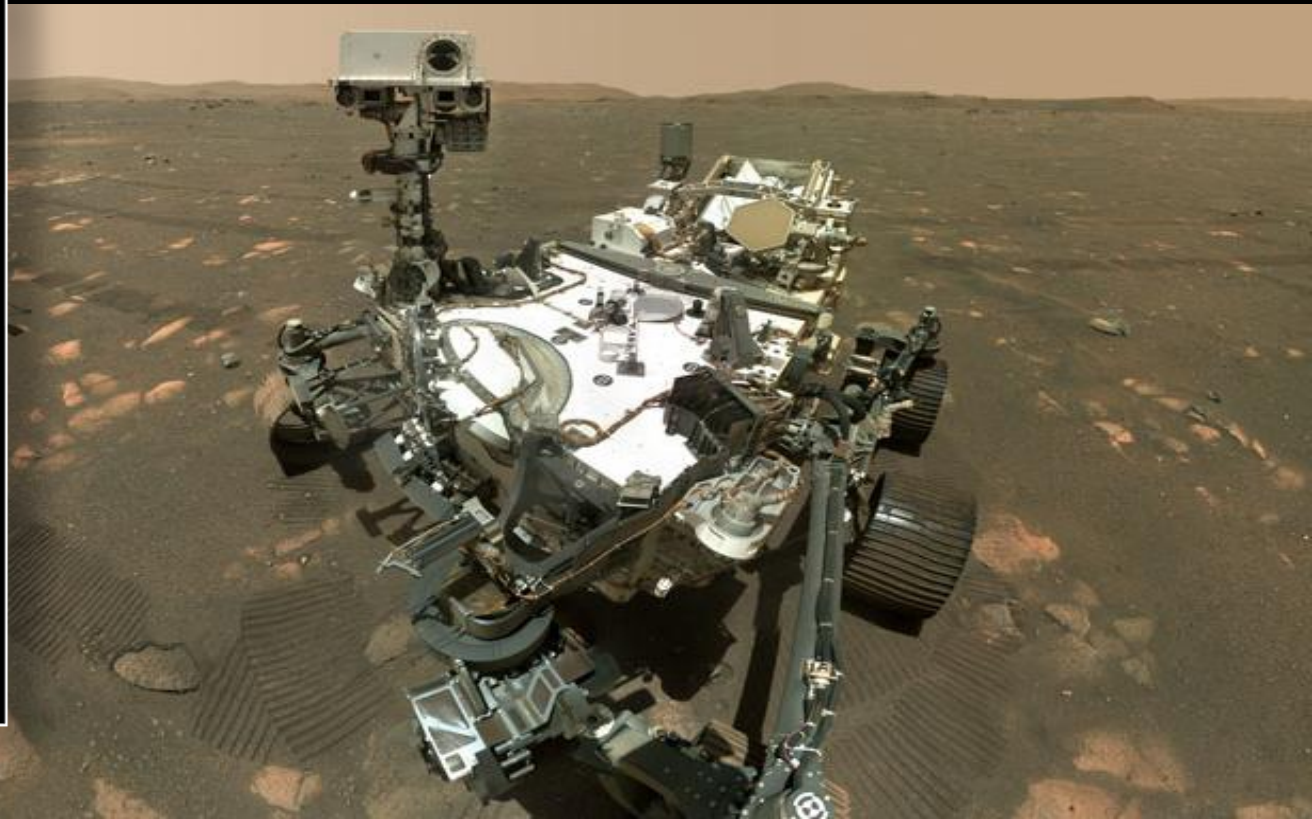
Terrain analogue : Projet T-MARS

Contexte

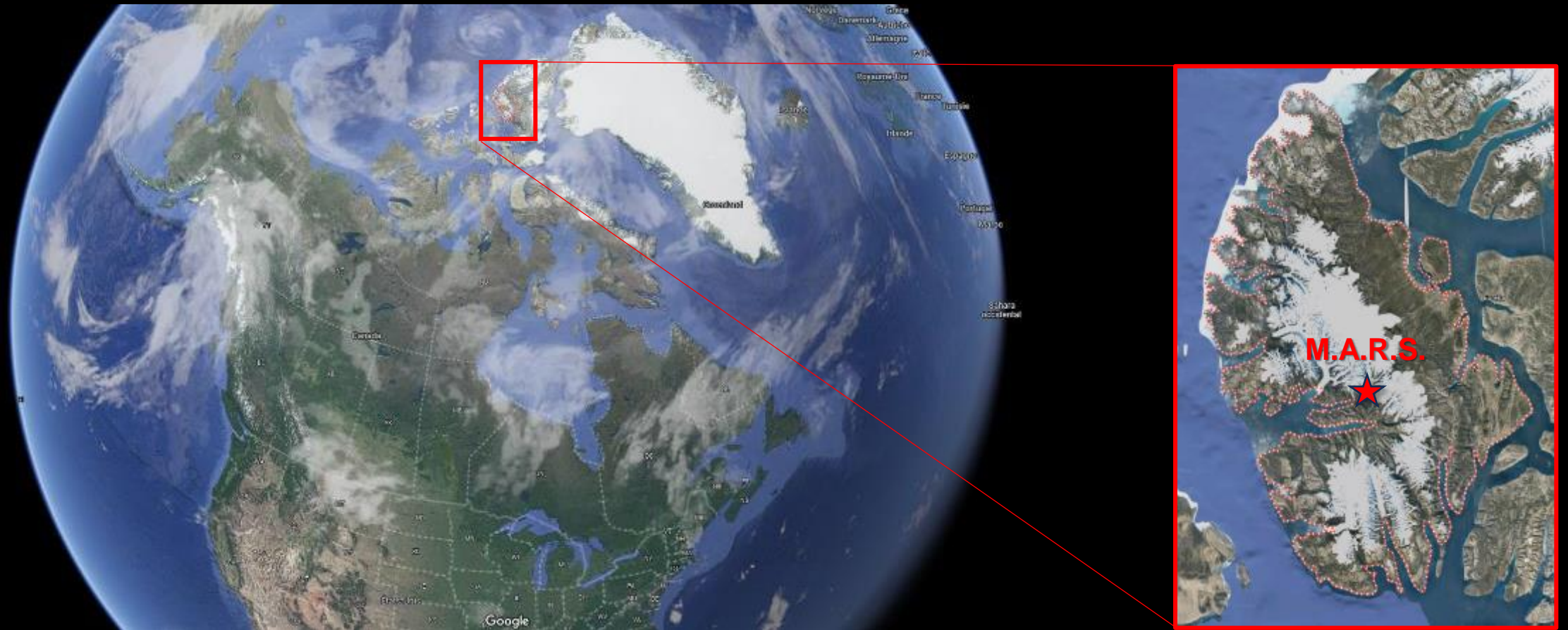
Les chapeaux de fer sont des formations géologiques analogues à des formations que l'on pourrait retrouver sur la planète Mars. Ils se sont formés au contact de l'eau, contiennent du soufre et du fer qui sont des éléments clés ayant permis l'établissement des premières formes de vie sur Terre. Les chapeaux de fer de l'Arctique canadien sont présentement gelés dans le pergélisol, ce qui représente le climat actuel de la planète Mars.

Hypothèse(s)

- Les chapeaux de fer de l'Arctique canadien ont pu abriter des formes de vie primitives potentiellement similaires à celles qui auraient pu se trouver sur Mars
- Les chapeaux de fer préservent des traces de cette vie microbienne



Terrain analogue : Projet T-MARS



Canada

Île Axel Heiberg, Nunavut



Ottawa



Arctic Bay



Iqaluit

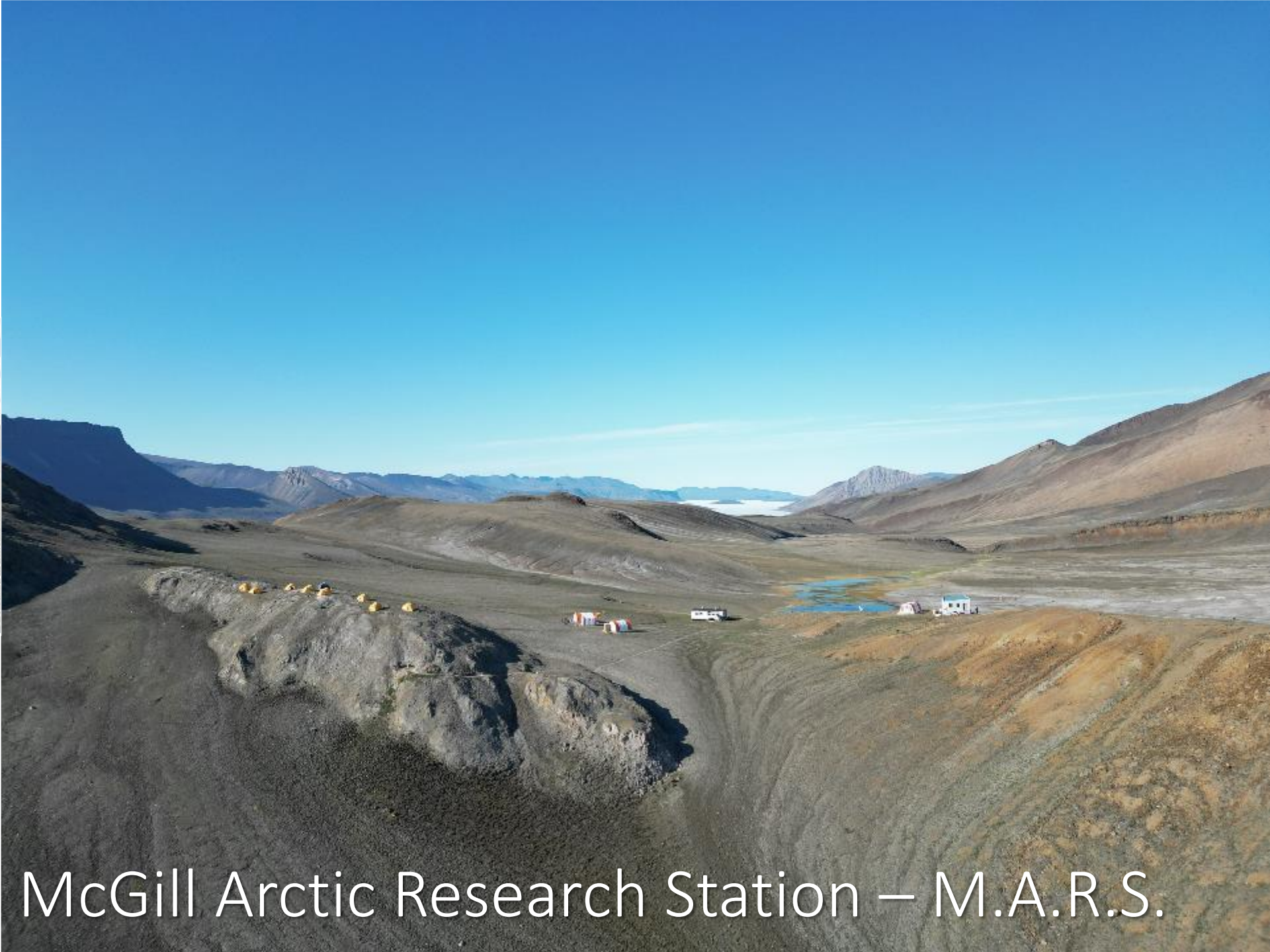


Resolute Bay



Resolute Bay (PCSP)





McGill Arctic Research Station – M.A.R.S.



On est bien installés



Prêts pour la randonnée?



À la recherche des chapeaux de fer



À la recherche des chapeaux de fer





Échantillonnage et télédétection

Vue d'un site d'échantillonnage acquise par drone



Aussi au menu: glaciers







Aussi au menu: la nature dans tous ses états



C'est un départ!



tmars.igeomedia.com





Objectif Lune, objectif Mars!

Un voyage fascinant vers la découverte



Groupe de recherche et Jeremy Hansen, mars 2023



T-MARS, île Axel Heiberg, Nunavut, juillet 2023



Objectif Lune, objectif Mars!

Références et sites webs en lien avec la présentation

Lemelin et al. (2021) Framework for Coordinated Efforts in the Exploration of Volatiles in the South Polar Region of the Moon, The Planetary Science Journal, vol. 2, no 3, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/PSJ/abf3c5>

Lemelin et al. (2022) Compositional Maps of the Lunar Polar Regions Derived from the Kaguya Spectral Profiler and the Lunar Orbiter Laser Altimeter Data, The Planetary Science Journal, vol. 3, no 3, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/PSJ/ac532c/meta>

Le 1^{er} rover canadien sur la Lune : <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/astonomie/exploration-lune/premier-rover-canadien-a-explorer-la-lune.asp>

Lunar Vertex : <https://space.jhuapl.edu/destinations/missions/lunar-vertex>

Mission VIPER : <https://science.nasa.gov/mission/viper/>

Projet T-MARS : <http://tmars.igeomedia.com/>

Quickmap : <https://quickmap.lroc.asu.edu/>

The International Space Exploration Coordination Group : <https://www.globalspaceexploration.org/>