

A la recherche de la Vie sur Mars (et de cailloux sur la Lune)



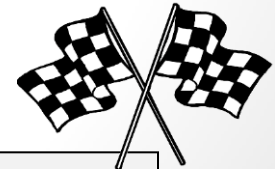
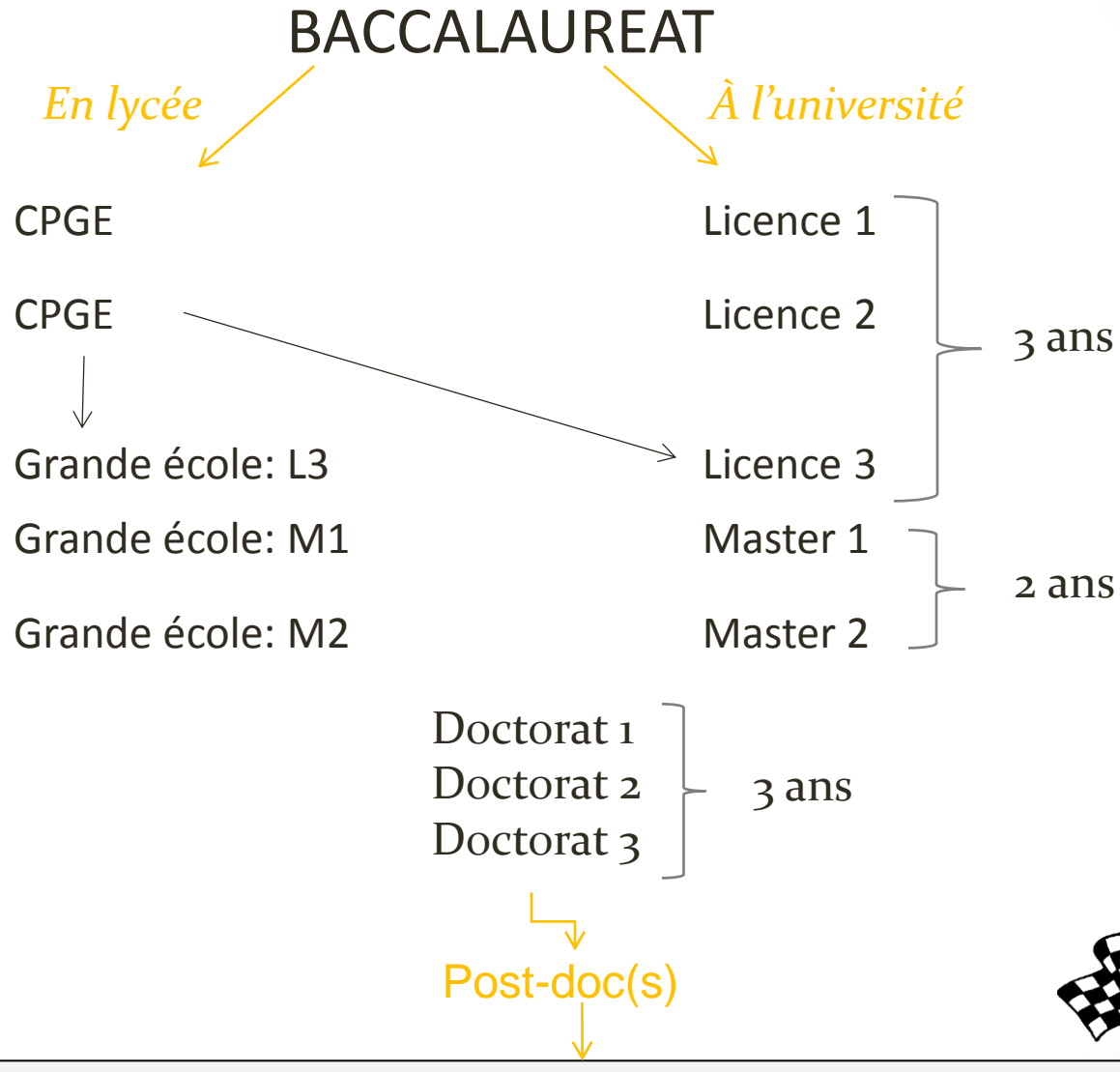
Dr. Jessica Flahaut,
Chercheuse CNRS au CRPG* Nancy
(*Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques)



Comment devient-on chercheur?

- Pour devenir chercheur, il faut obtenir un **diplôme de doctorat (Bac+8)**. Ce diplôme s'obtient au bout de 3 ans, pendant lesquels on prépare une thèse. C'est un vrai apprentissage à la recherche, voir à l'enseignement.
- Il faut d'abord avoir obtenu un diplôme de Master (Bac+5) dans une université ou une grande école.

Les parcours



Maitre de Conférences (= Enseignant-chercheur à l'Université),
Chargé de Recherches (= Chercheur au CNRS)

QUI SUIS-JE ? – MON PARCOURS

Du baccalauréat S au Lycée Henri Loritz, Nancy (2003)....

- **2003-2005** **Classe préparatoires BCPST**, Lycée Poincaré, Nancy
- **2006-2008** **Licence +Master Physique & Chimie de la Terre et des Planètes** ENS Lyon
Master Géophysique appliquée ETH Zurich
- **2008-2011** **Doctorat** ENS Lyon/Brown University, (C. Quantin/P.Allemand/J. Mustard)
- **2012-2013** **Post-doctorat** IAS Orsay
Space Studies Program, International Space University
- **2013-2015** **Post-doctorat (bourse d'excellence VENI)** VU Amsterdam
EXOMARS LSSWG, ISEM and LIS science team
- **2015-2016** **Post-doctorat (bourses CNES et PRESTIGE)** Université Lyon 1
ESA TT-ELPM team, MASE and LUVMI associated scientist

... Au poste de Chargé de Recherche CNRS !

Prix le Monde de la Recherche Universitaire 2012
Prix van Straelen 2012 (SGF)
Prix de la vocation 2013 (3AF)
Prix COSPAR et EMI 2014
Prix Chermette-Mouratille 2016

Et depuis je prépare
activement les missions
ExoMars, Chang'E-4 et
5, Luna-25 et Bepi-
Colombo!



QUI SUIS-JE? – MON MÉTIER

Jessica Flahaut

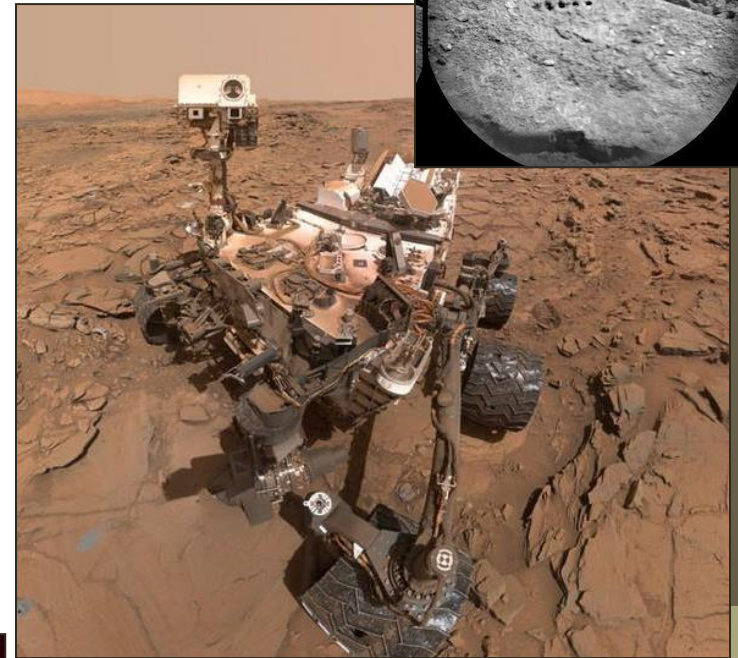
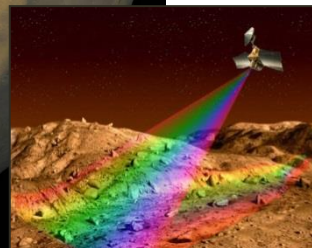
32 ans, Géologue (inter)planétaire

J'étudie la surface de Mars /la Lune à des données de satellites et de robots, afin de mieux comprendre la formation et l'évolution de ces corps.

Mes activités au quotidien: Traiter des images/données sur ordinateurs, analyser des échantillons, participer à des campagnes de terrains, des conférences/réunions, écrire des articles, enseigner...

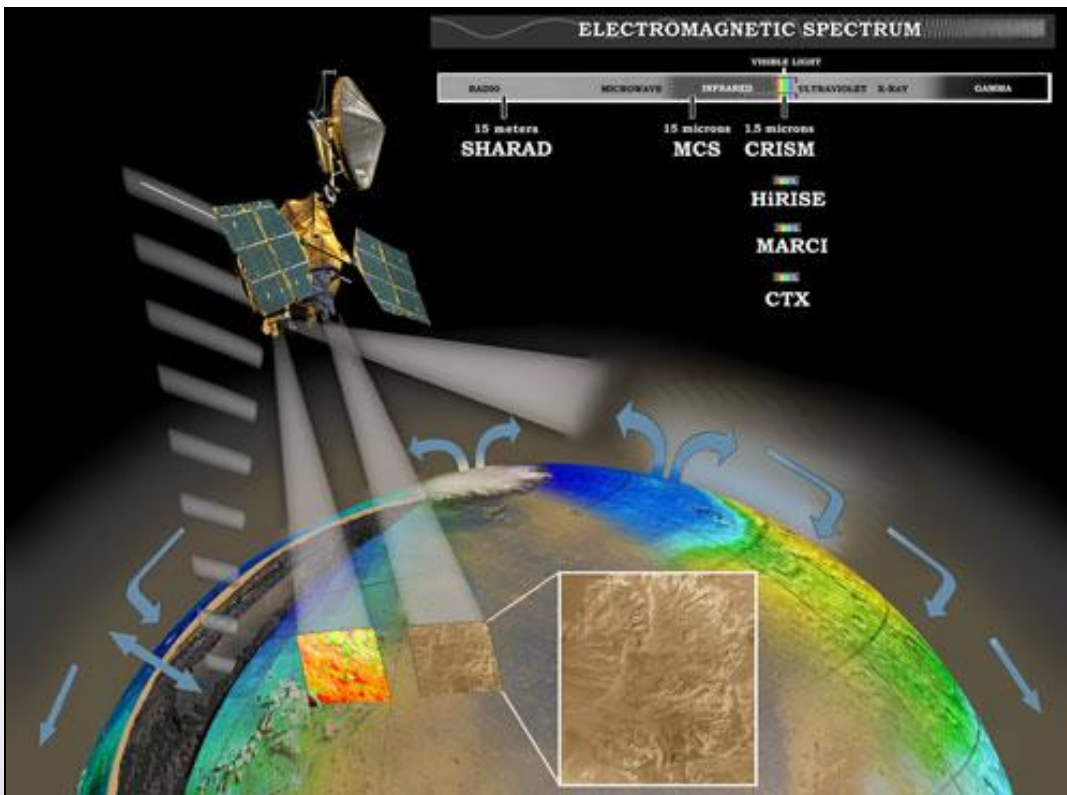
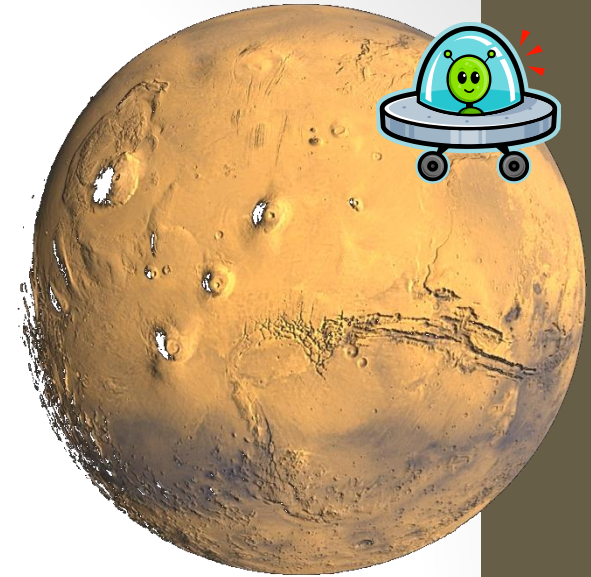


Valles Marineris (these de doctorat, 2008-2011)



Tirs de laser par ChemCam sur Curiosity (MSL)

Mes travaux de recherche portent sur l'histoire géologique de la planète Mars



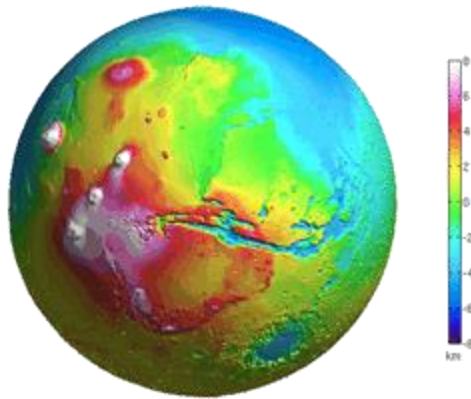
→ Mars est (était ?) – elle habitable et habitée ?

Mars en 5 minutes

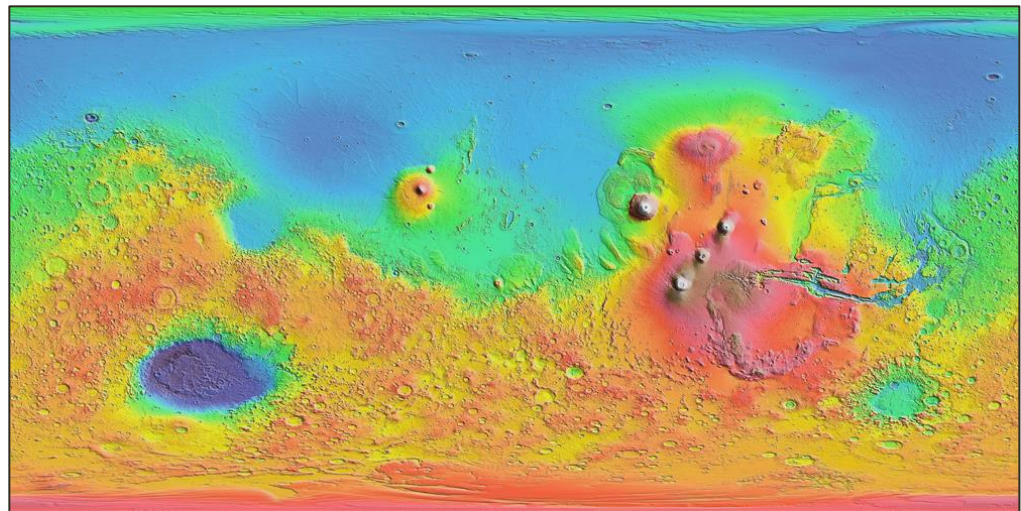
Les vallées asséchées de Warrego



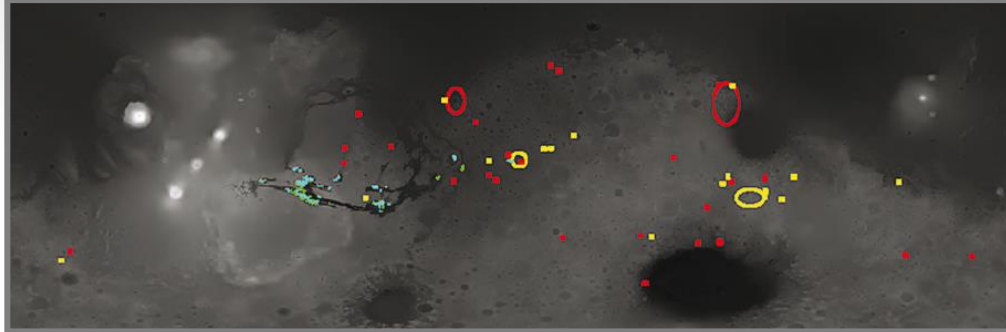
- × 1,5 fois plus loin du soleil que la Terre
 - + 1 an martien = ~2 ans terrestre
 - + température de -140°C à +30°C
- × diamètre 2 fois plus petit
- × 2 petites lunes, Phobos et Deimos
- × 1 atmosphère:
 - + pression 200 fois plus faible qu'à la surface que sur Terre
 - + 96 % de CO₂, très sèche
 - + pas d'eau liquide pure à la surface aujourd'hui
- × De forts reliefs; avec des volcans, des canyons...
- × Des calottes polaires épaisses riches en glace
- × pas de bouclier magnétique
- × pas de tectonique des plaques
- × forte activité volcanique jusqu'à un passé « récent »
- × cycle de l'eau dans un passé lointain, >3,5 milliards d'années



topographie de Mars à partir
des données de
MOLA/MGS/NASA



Détections de minéraux hydratés par OMEGA



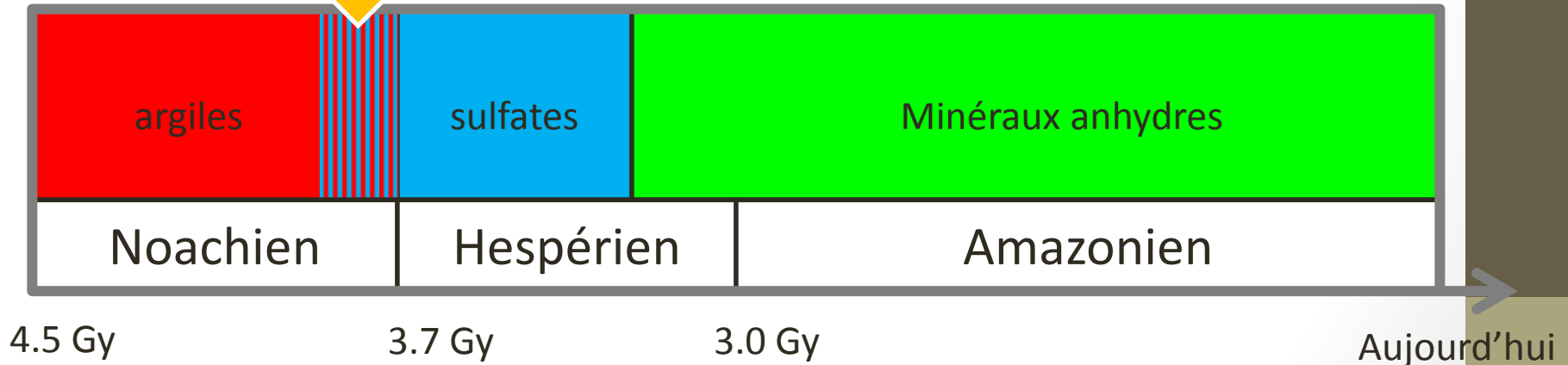
argiles, sulfates, autres

Les observations de surface suggèrent que Mars a probablement subi un changement climatique majeur il y a ~3.5 milliards d'années.

CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL?

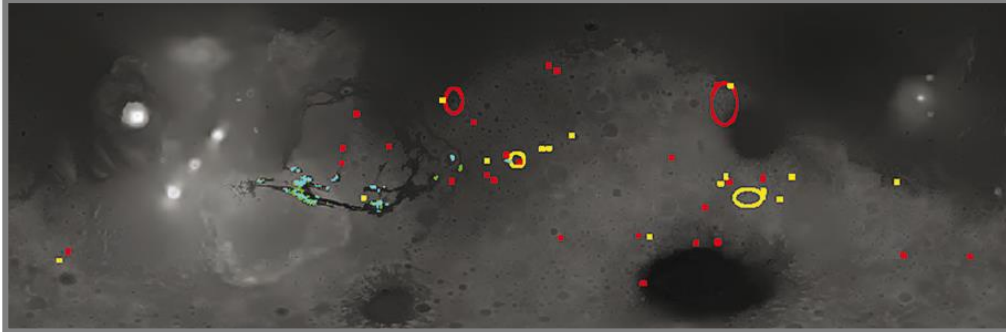


Bibring et al., 2006



→ L'étude des dépôts riches en sulfates, formés à cette période, devrait nous permettre de caractériser cette transition.

Détections de minéraux hydratés par OMEGA

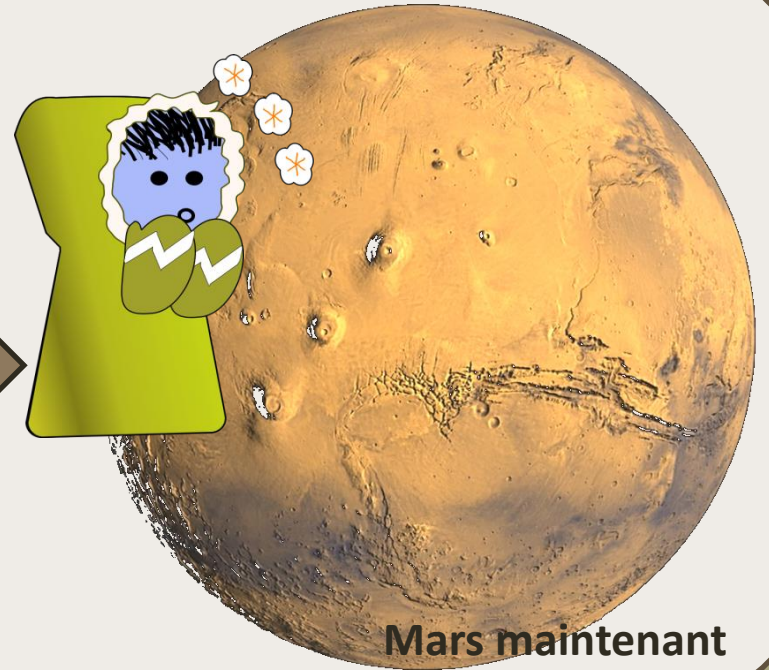
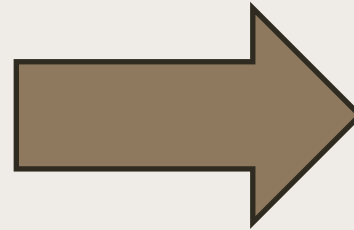
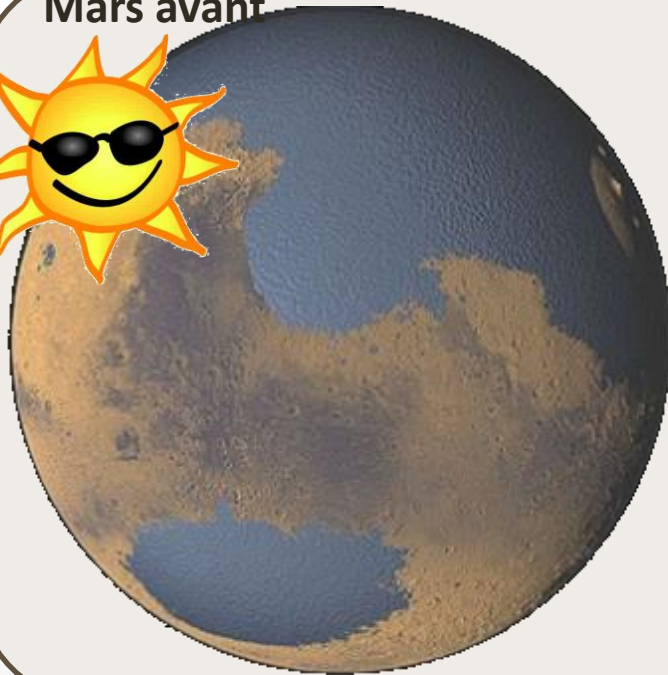


argiles, sulfates, autres

Bibring et al., 2006

Les observations de surface suggèrent que Mars a probablement subi un changement climatique majeur il y a ~3.5 milliards d'années.

Mars avant



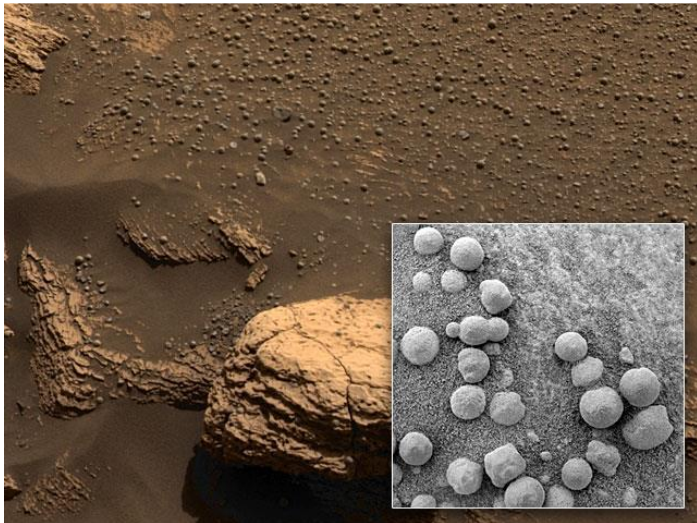
Mars maintenant

→ L'étude des dépôts riches en sulfates, formés à cette période, devrait nous permettre de caractériser cette transition.

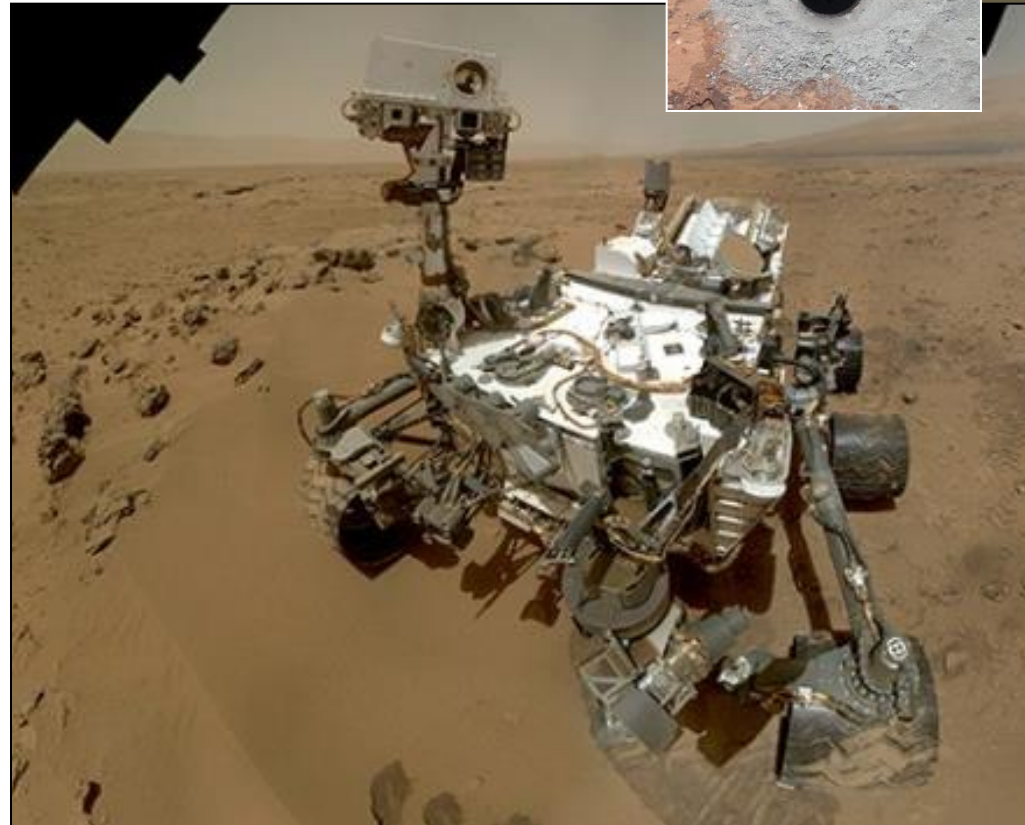
Les robots sont sur le coup!



Curiosity (MSL, 2012) a trouvé des argiles, témoins d'un environnement neutre, favorable au dev. de la vie



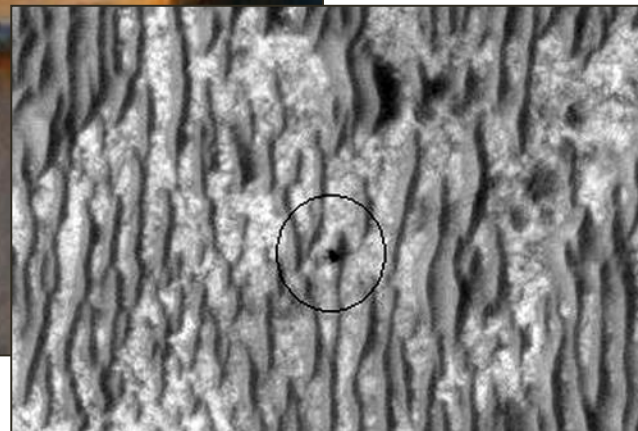
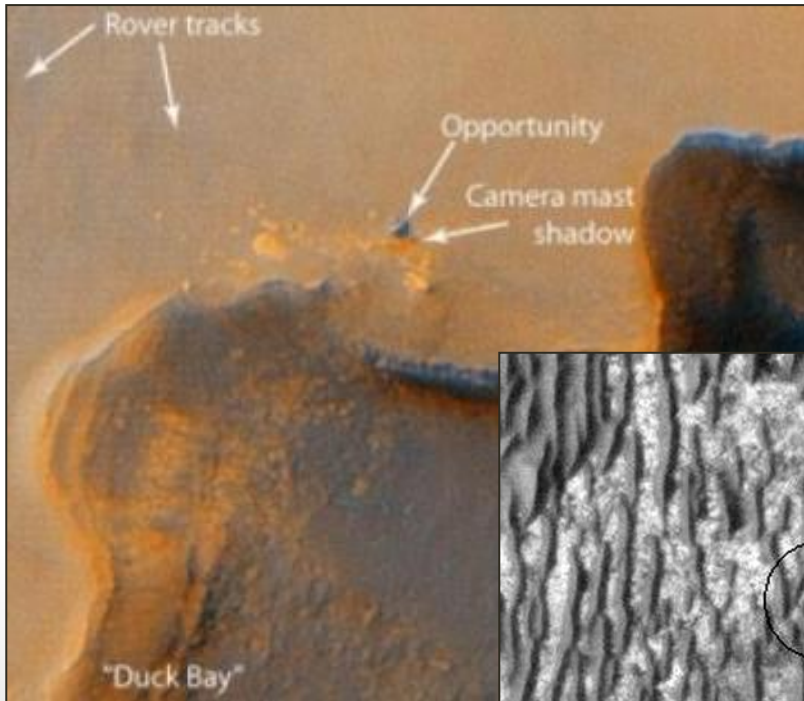
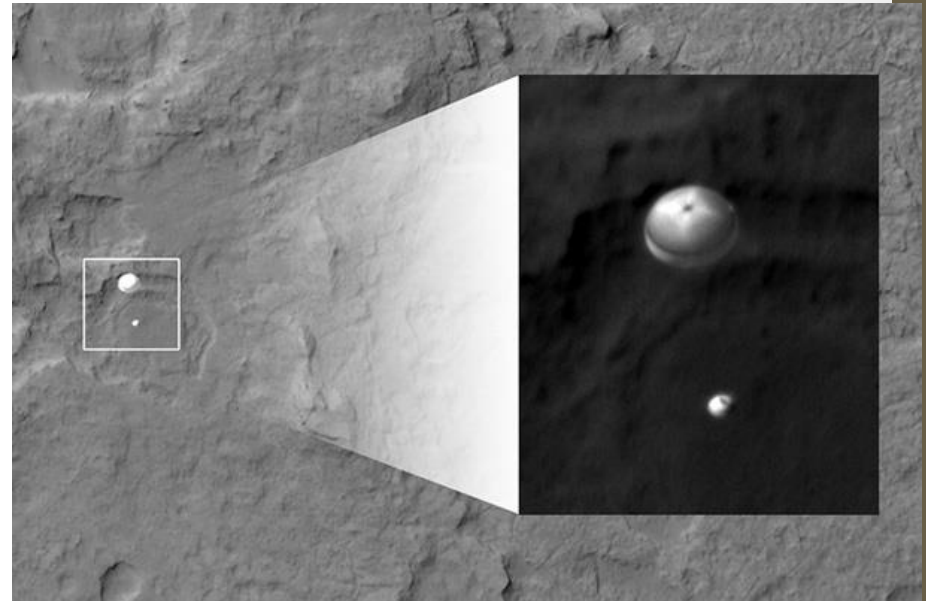
Opportunity (MER, 2004) a roulé 15 ans à la recherche de l'eau (et à travers les sulfates!)



HiRISE, la caméra espionne, aussi!

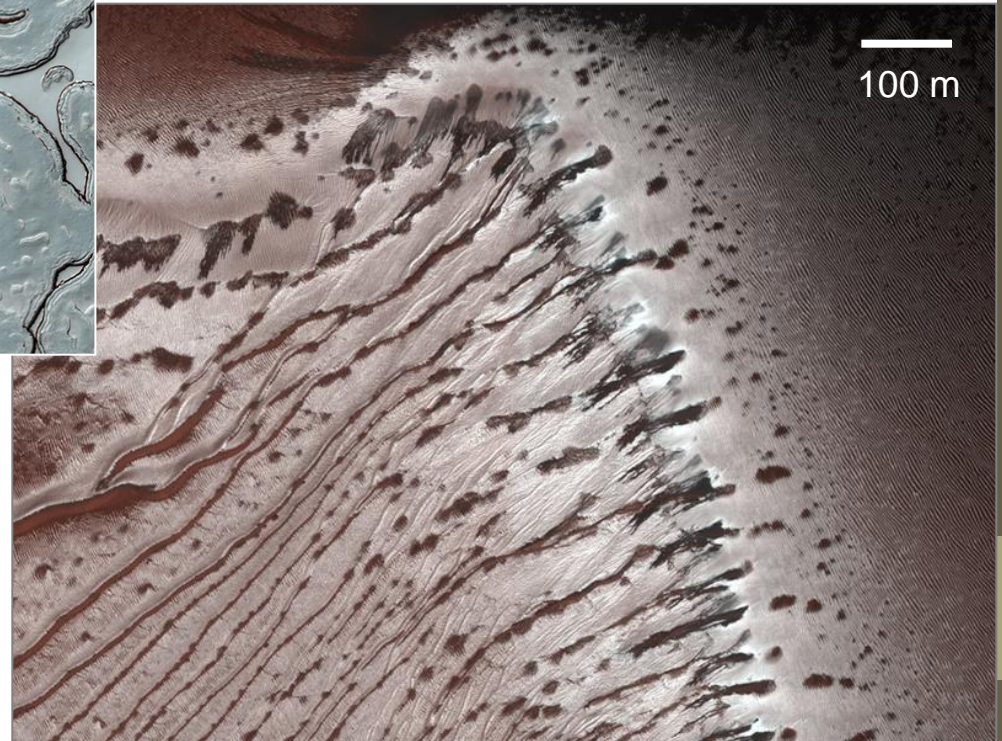
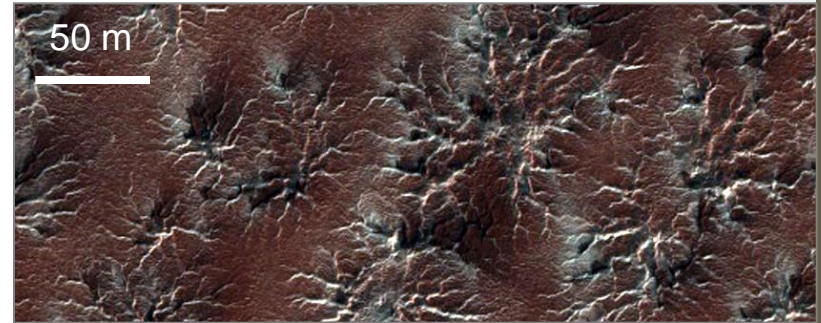
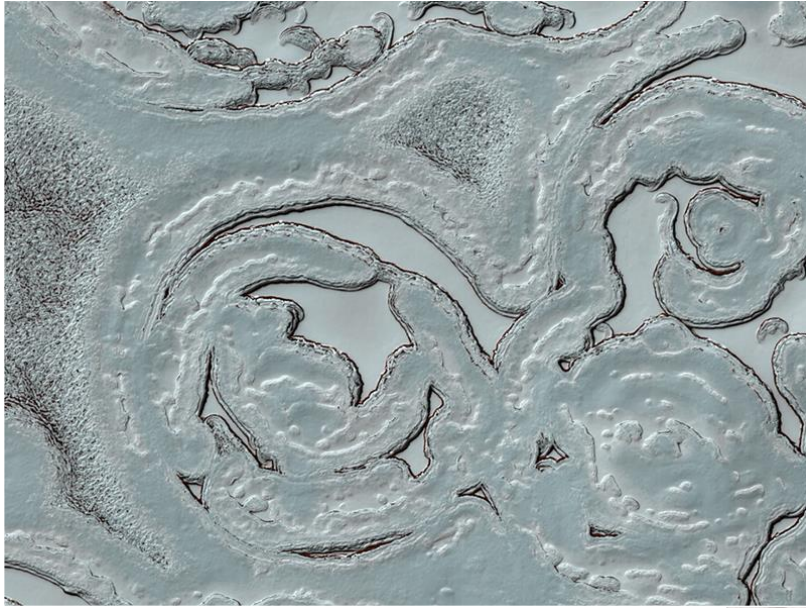


Elle prend des images à 25cm/px à une distance > 300 km!



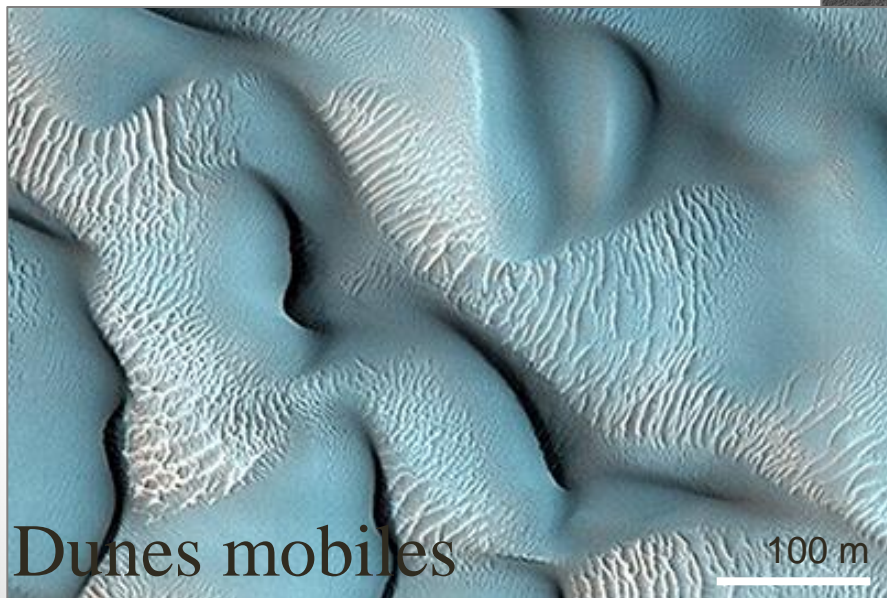
Et peut ainsi surveiller les rovers!!!

HiRISE, la caméra espionne, aussi!



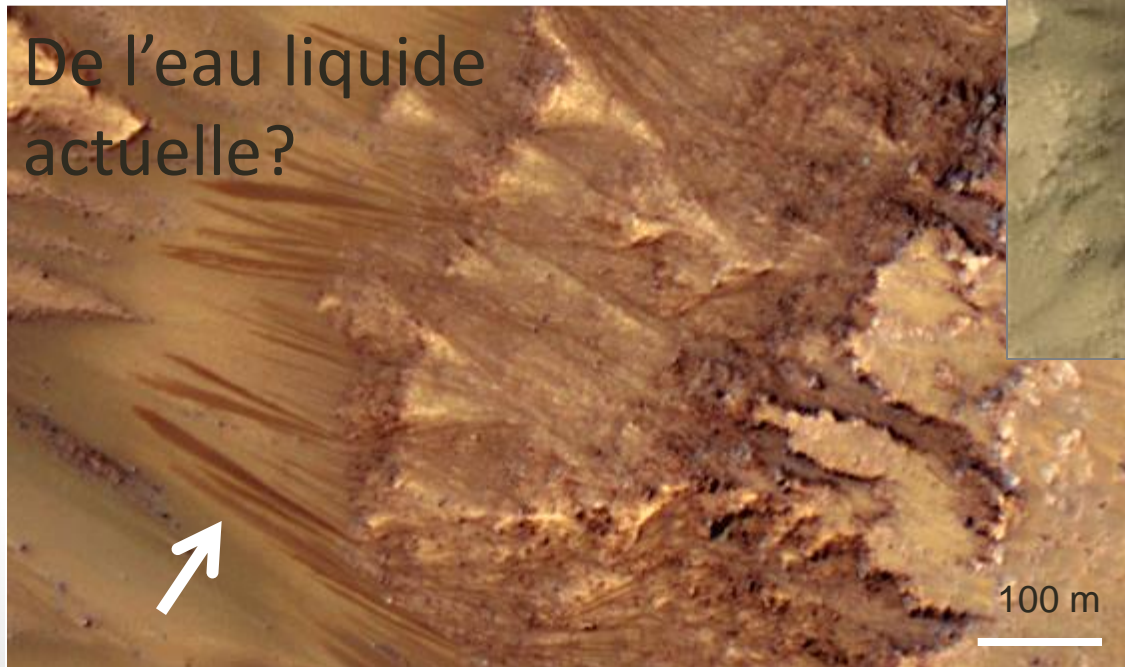
Figures de glace de CO₂

HiRISE, la caméra espionne, aussi!

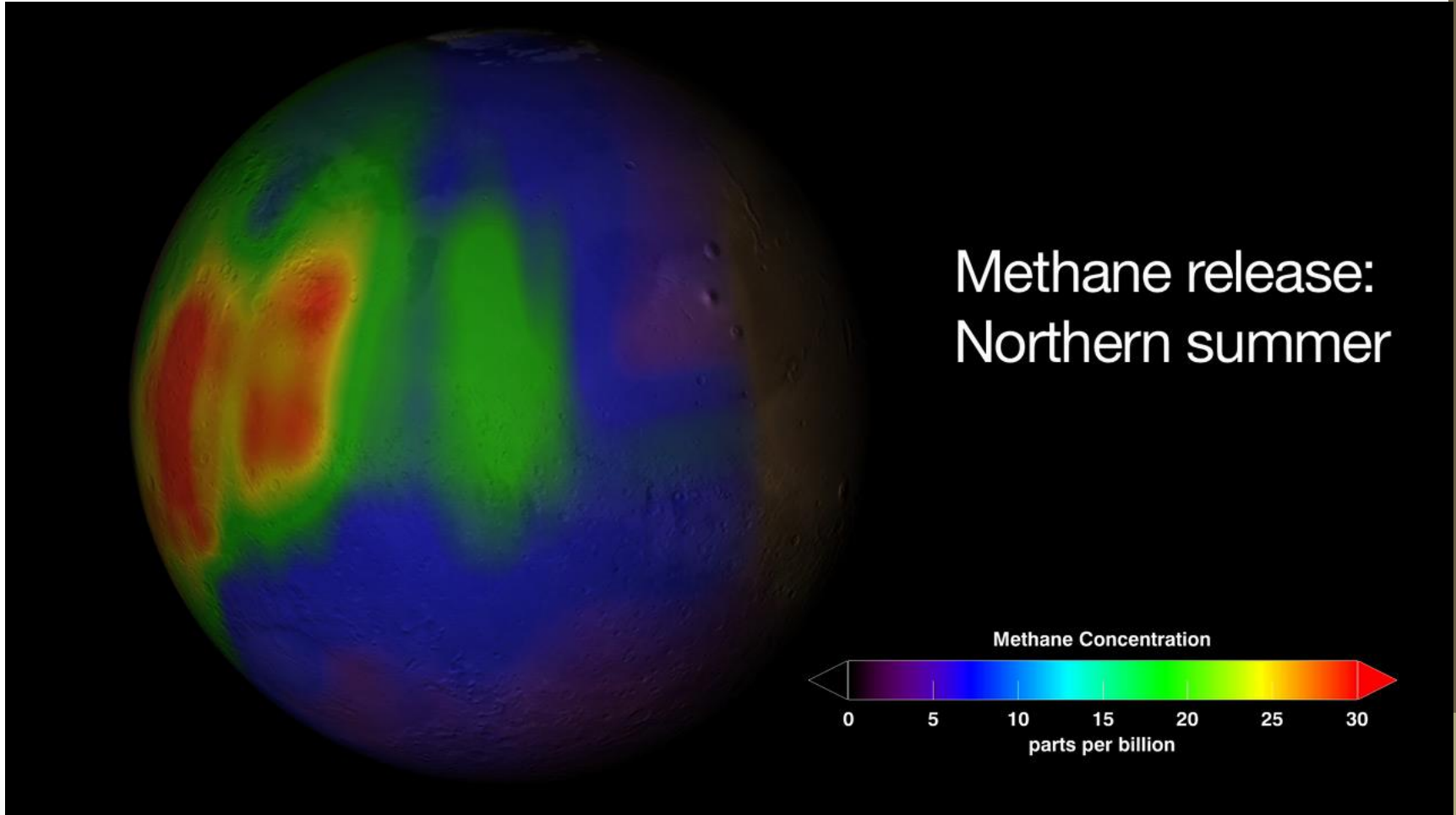


Mars est en
mouvement!

HiRISE, la caméra espionne, aussi!

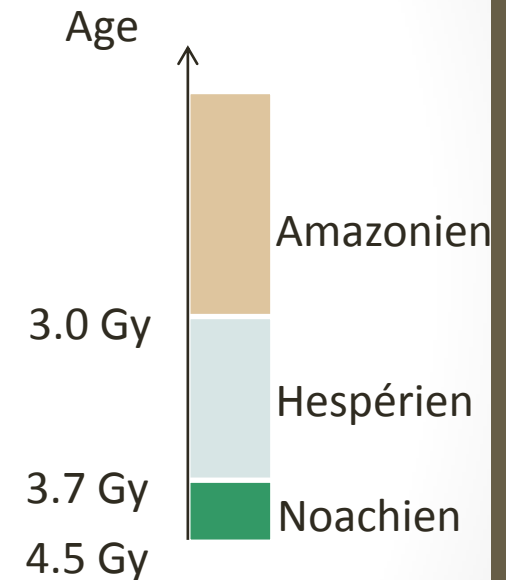
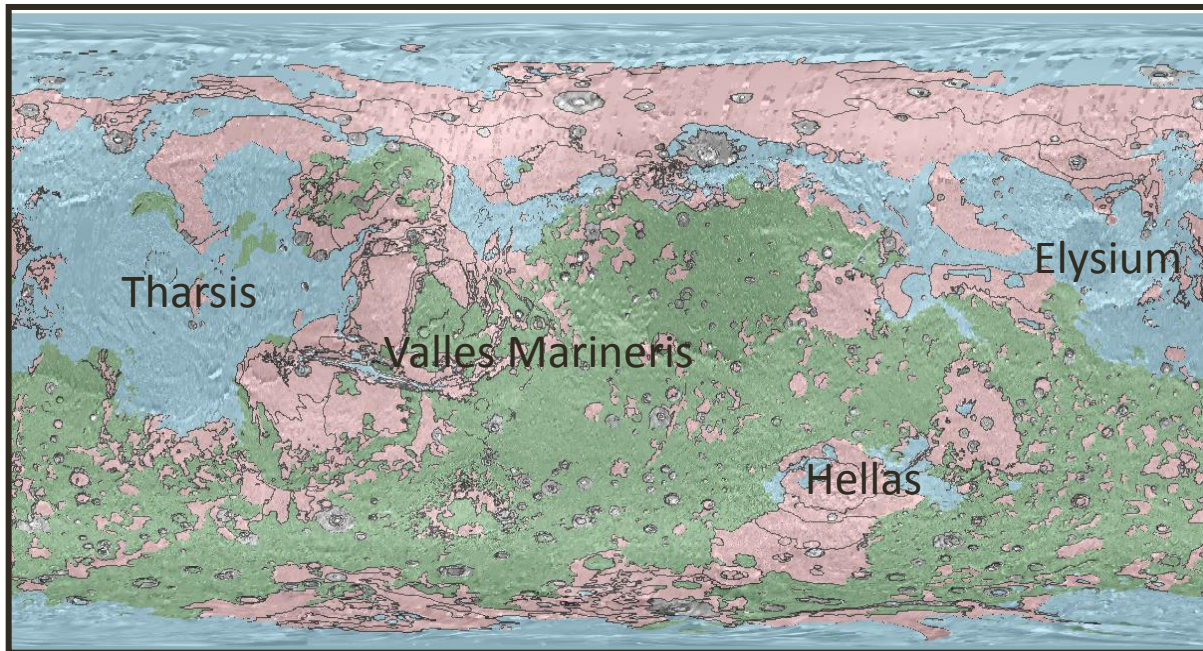


Tant de découvertes en aussi peu de temps!



Et même des décharges de méthane dans l'atmosphère martienne!

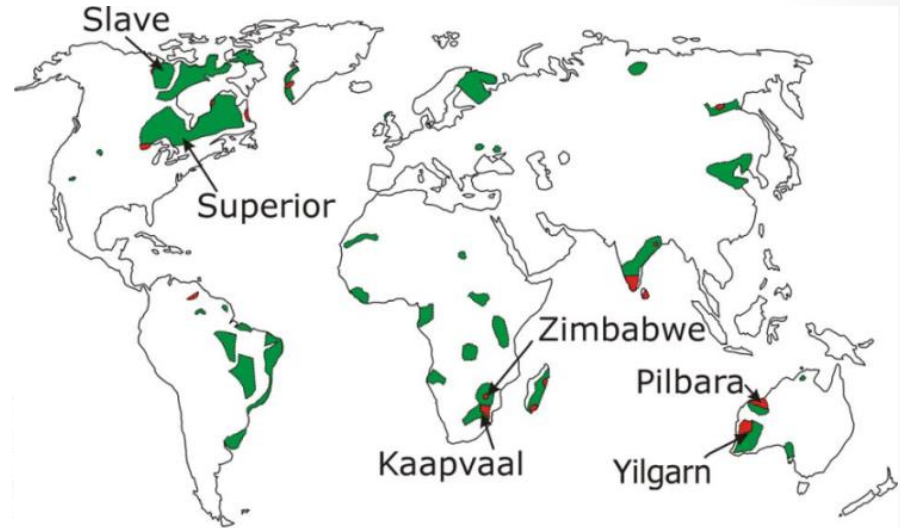
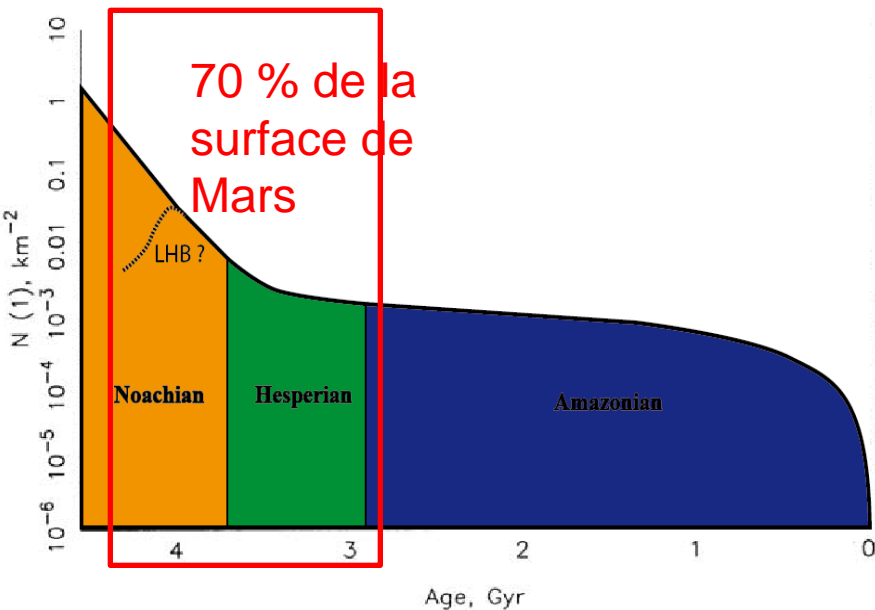
Et tout cela est possible car Mars n'a pas de tectonique des plaques



→ Un enregistrement géologique unique est préservé à sa surface!

Et tout cela est possible car Mars n'a pas de tectonique des plaques

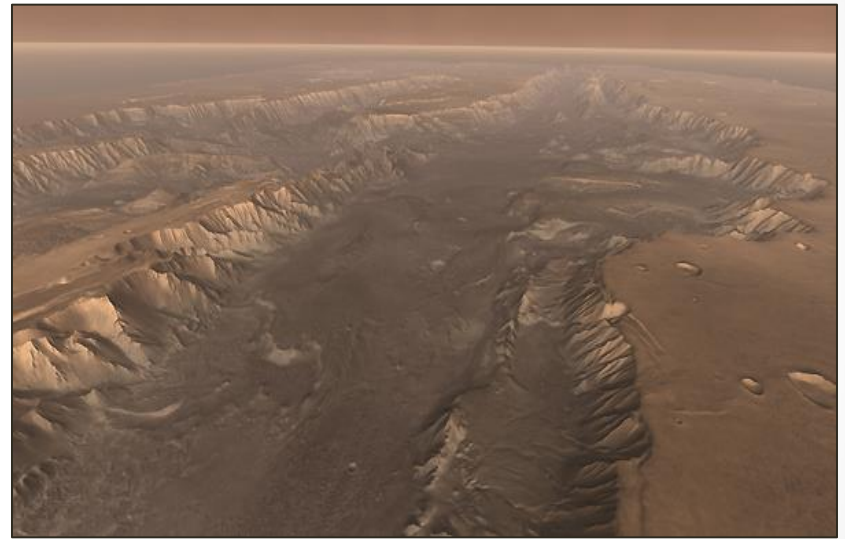
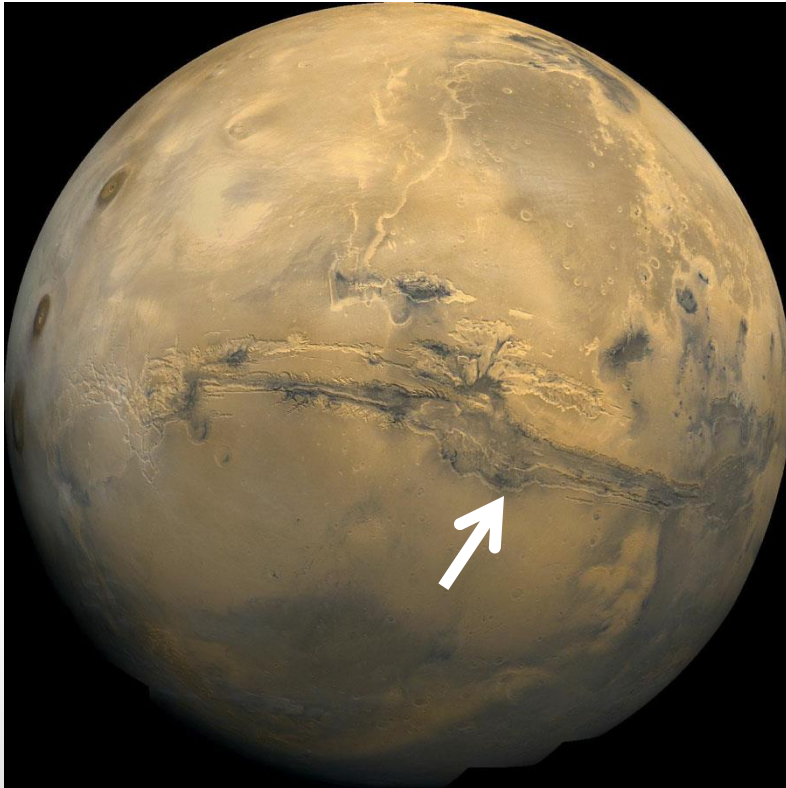
Mars est une
fenêtre sur nos
origines



- Early Archean rocks (>3.0 Ga)
- Late Archean rocks (2.5-3.0 Ga)

>> 1% rocks

Ce qui veut dire que les premières roches martiennes sont quelque part à la surface... peut être au fond de **Valles Marineris**?



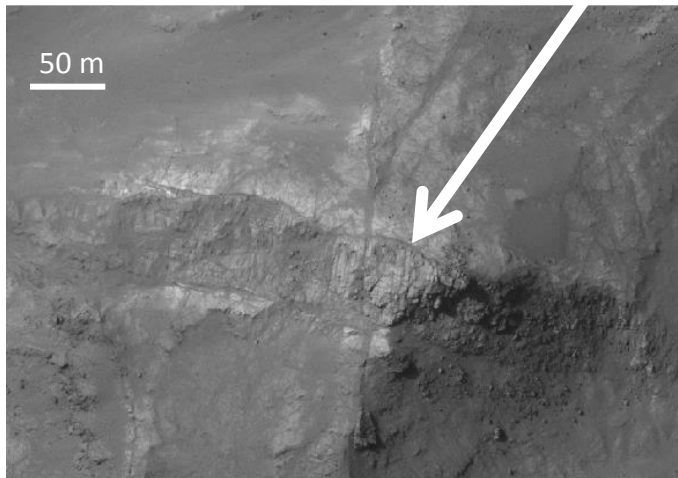
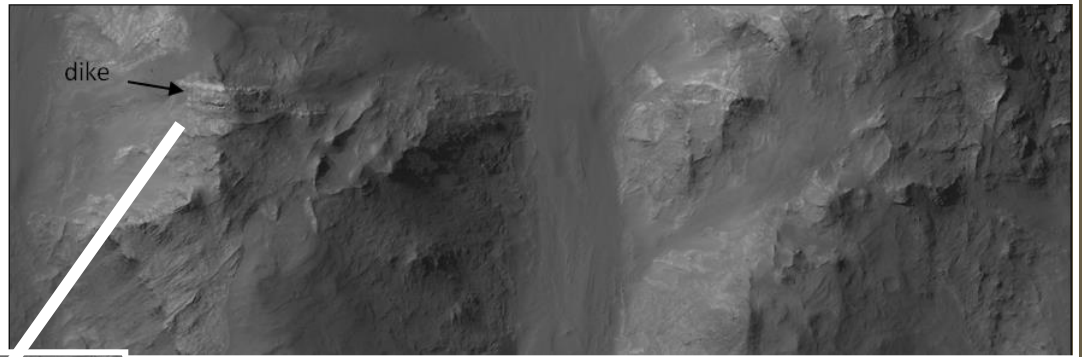
4000 km de long
10 km de profondeur (5x Grand Canyon)

La plus grande faille du système solaire!

Ca tombe bien, c'était le sujet de ma thèse de doctorat!

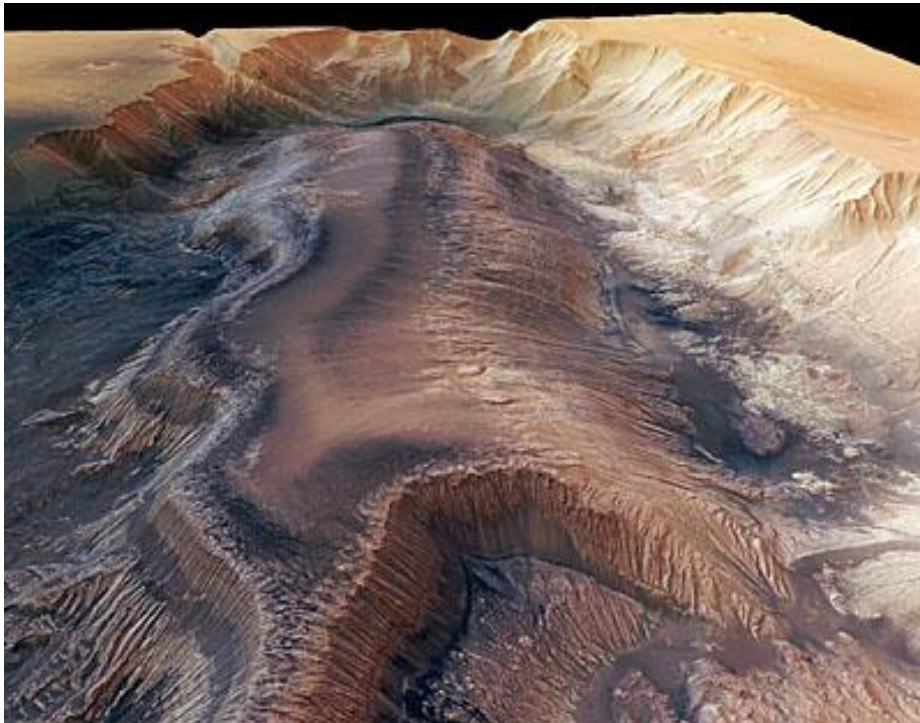
J'ai analysé des centaines d'images du canyon, de ses murs, de ses dépôts....

J'y ai trouvé des dikes



Ca tombe bien, c'était le sujet de ma thèse de doctorat!

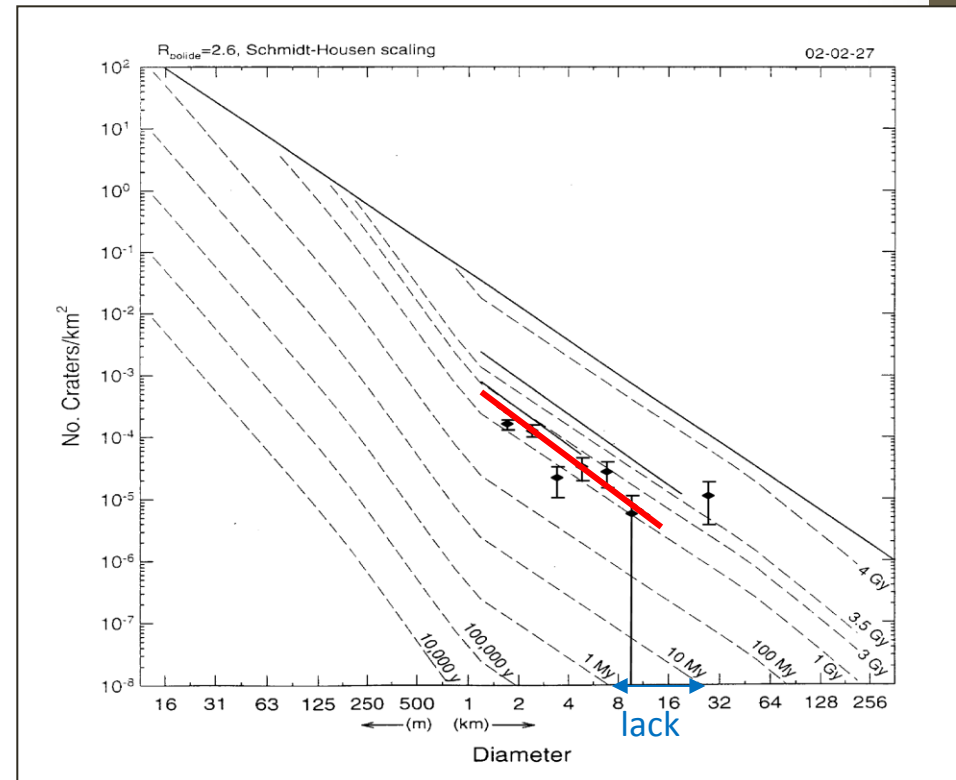
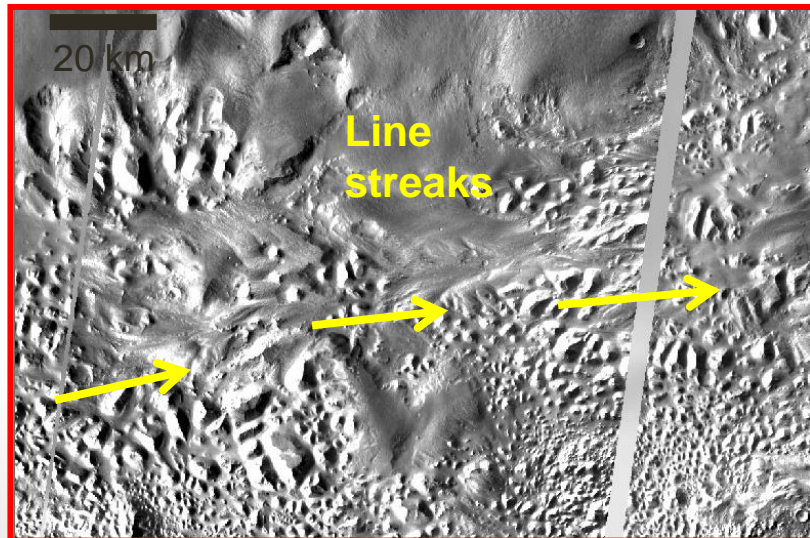
J'ai étudié des dépôts centraux, jeunes, et altérés par l'eau... ils montrent que l'eau coulait encore il y a 2 Ga!!!



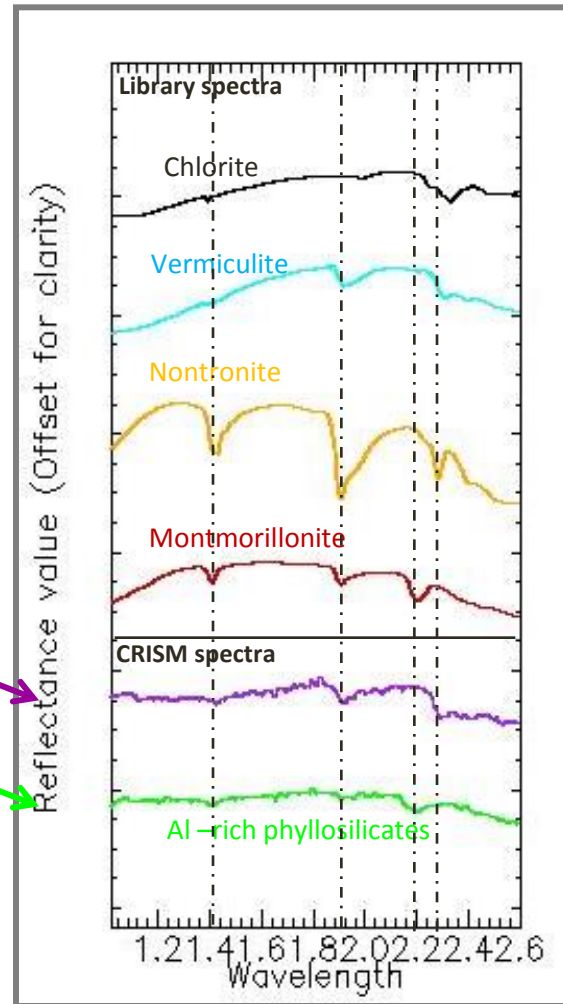
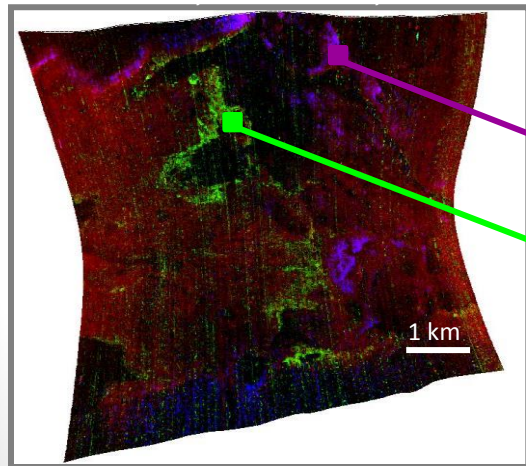
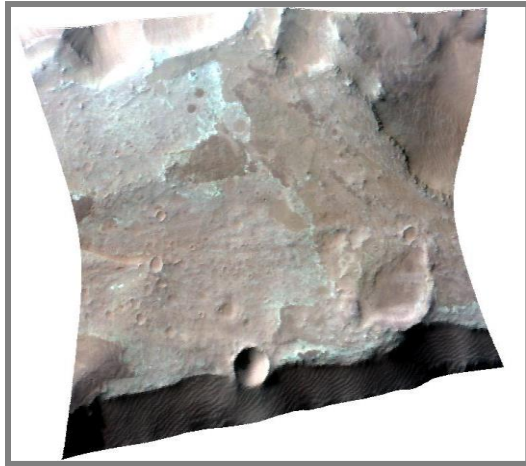
Ca tombe bien, c'était le sujet de ma thèse de doctorat!

J'ai étudié des dépôts centraux, jeunes, et altérés par l'eau... ils montrent que l'eau coulait encore il y a 2 Ga!!!

Comment? Par comptage de cratères !



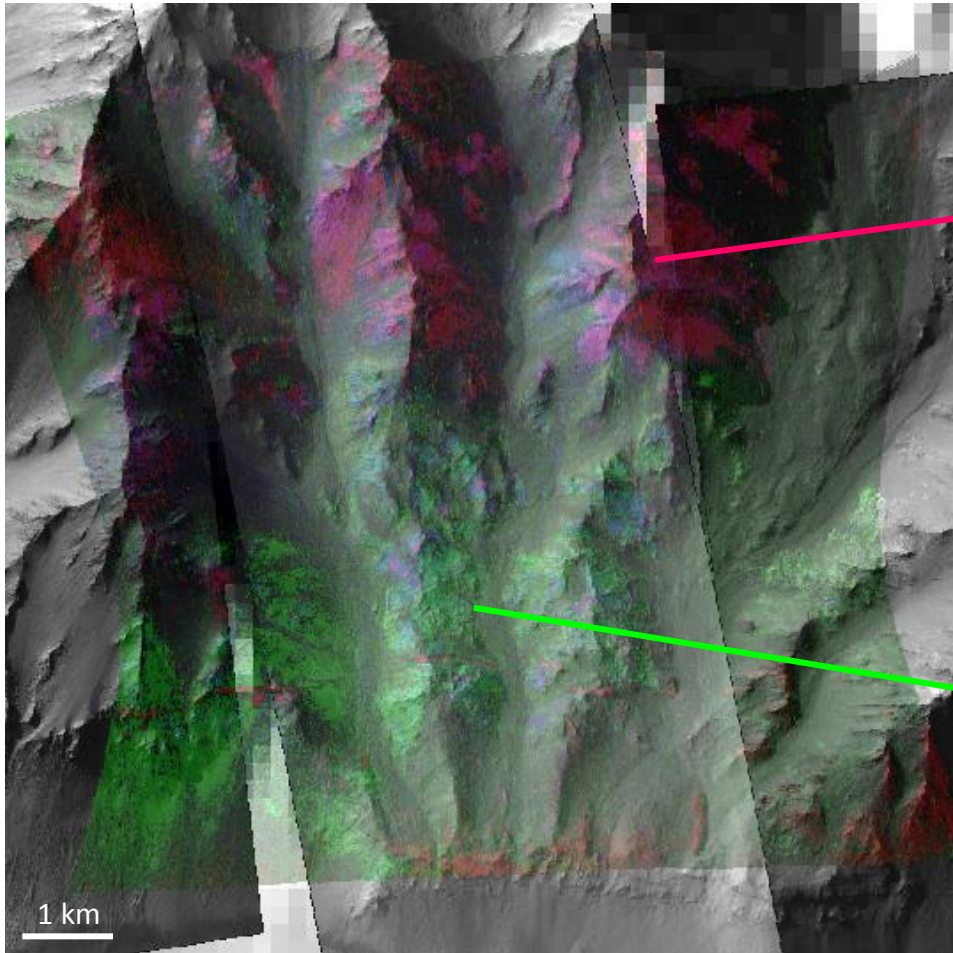
Valles Marineris c'est mon dada!



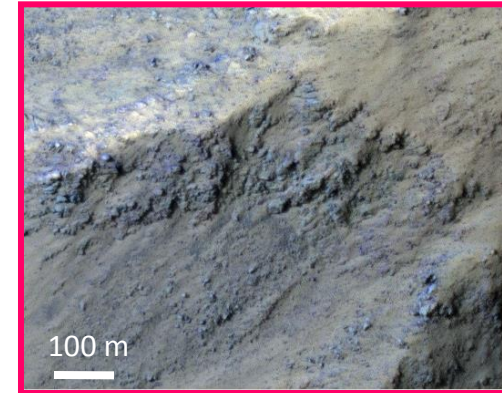
J'ai regardé des tonnes de spectres, qui nous renseigne sur la composition des roches!

Grace à eux, j'ai identifié des argiles, des sulfates (dans les dépôts centraux), et en cherchant la limite entre les 2, j'ai trouvé...

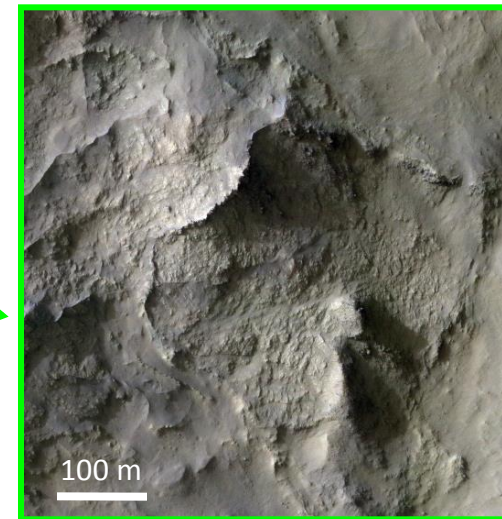
Nos roches anciennes!



Flahaut et al., 2012



argiles



Roche particulière, (80% orthopyroxènes)
formée en profondeur: un témoin de la
formation de Mars?

Et si l'on atterrissait dans Valles Marineris ?

**YOU
ARE
HERE**



Et si l'on atterrissait dans Valles Marineris ?

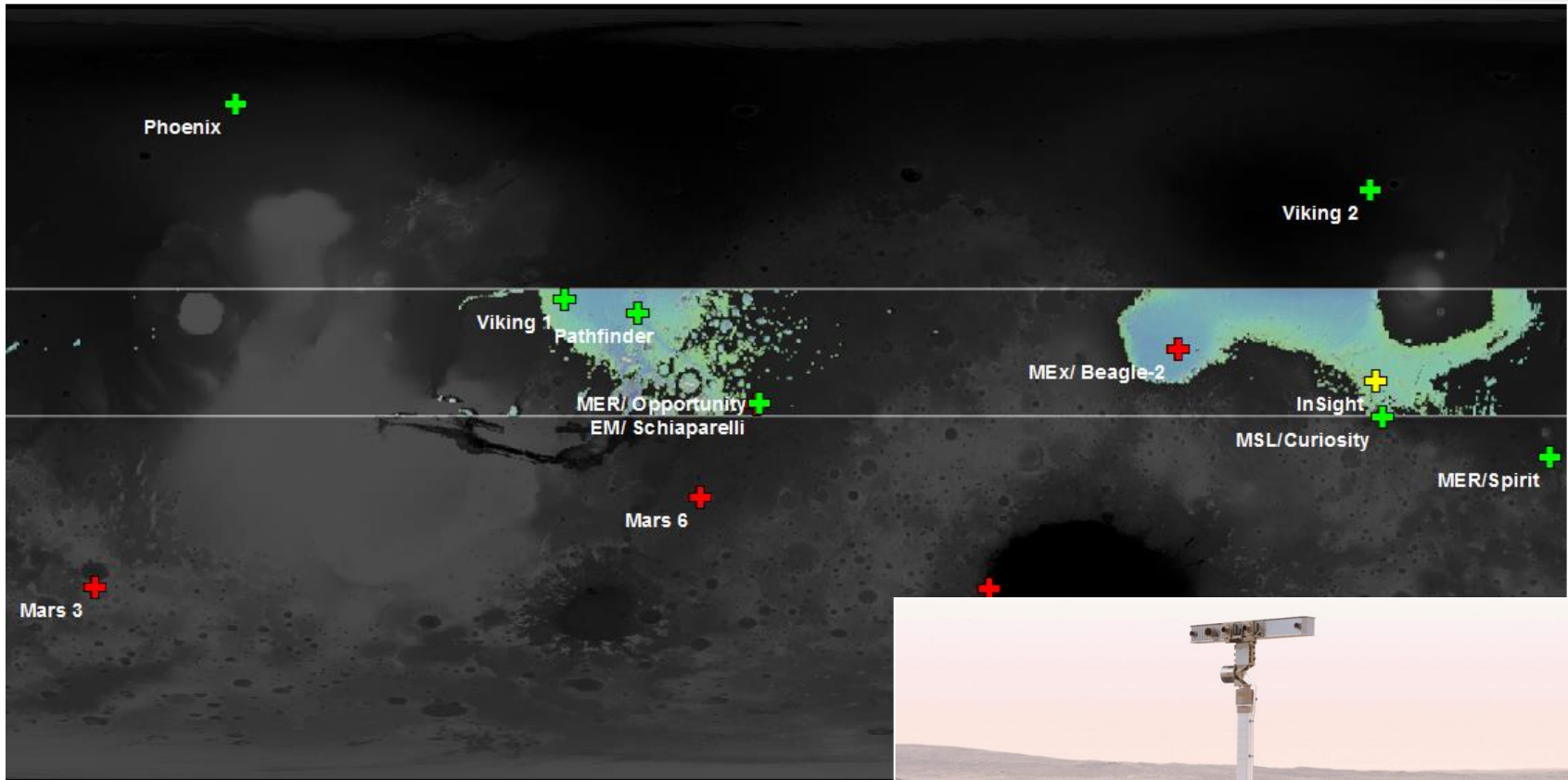
Comment ça pas
possible??????



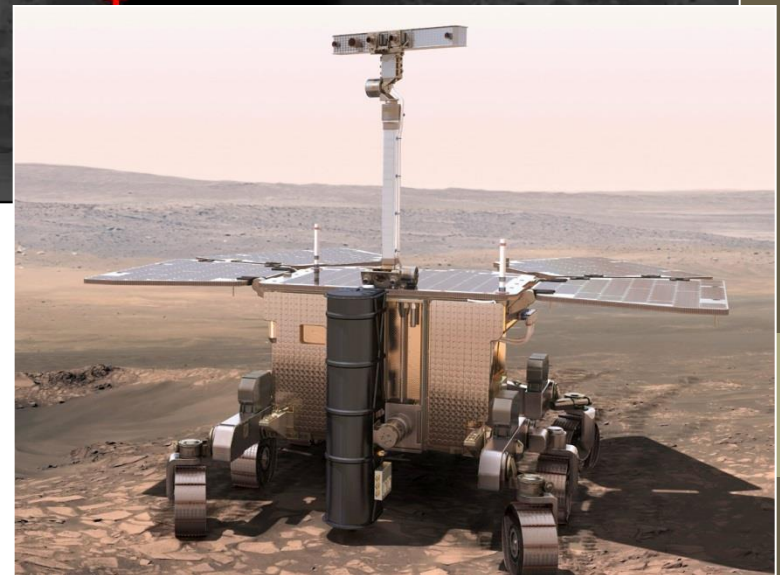
YOU
ARE **NOT**
HERE



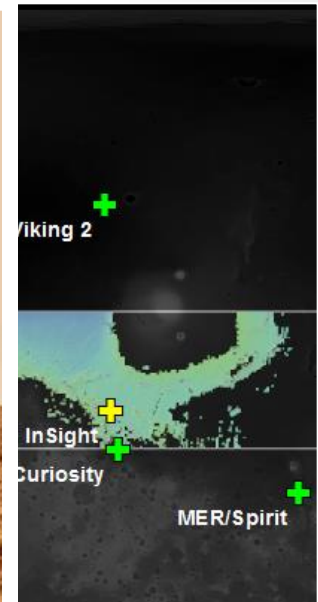
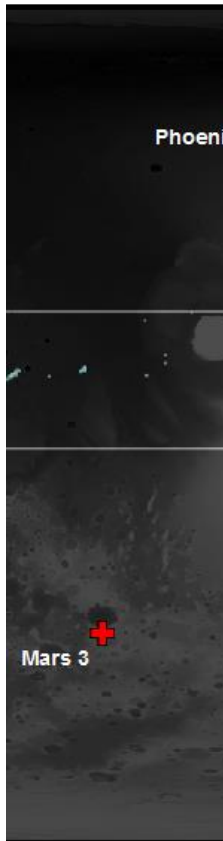
Mars, c'est compliqué...



En noir = zones inaccessibles à notre futur robot ExoMars (2020) pour cause de contraintes techniques!



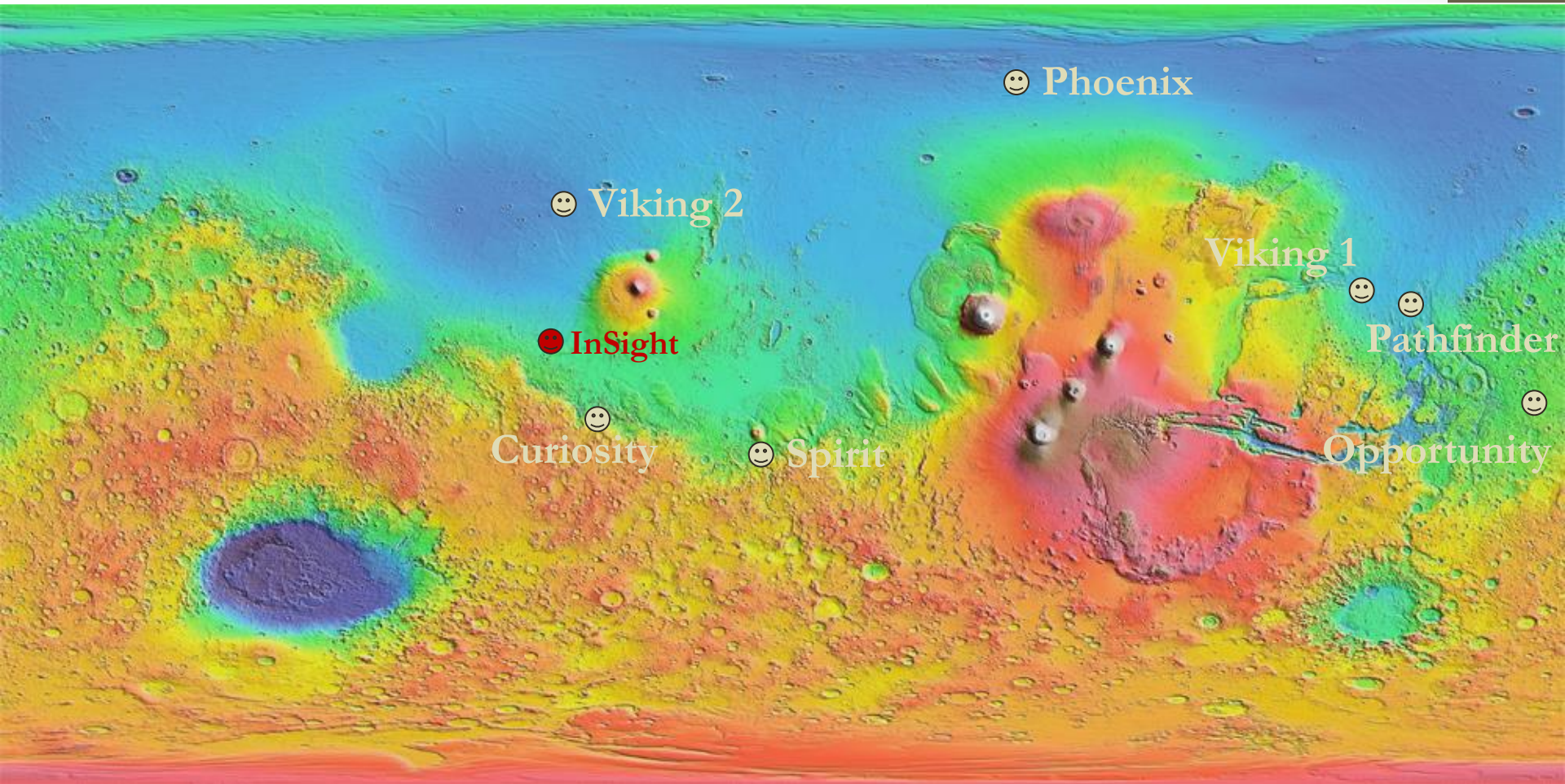
Mars, c'est compliqué...



En noir = zones inaccessibles à notre futur robot ExoMars (2020) pour cause de contraintes techniques!



Où sommes nous allés?



Au fond on ne connait pas tant que ça de Mars...

Objectifs de l'exploration

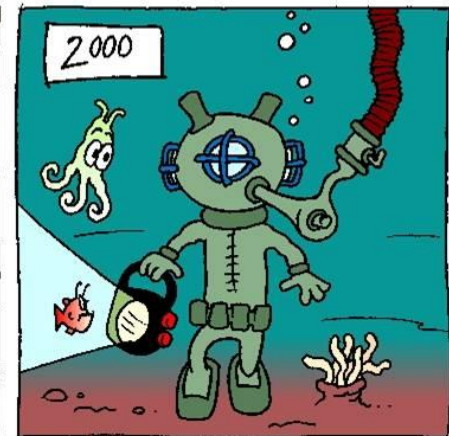
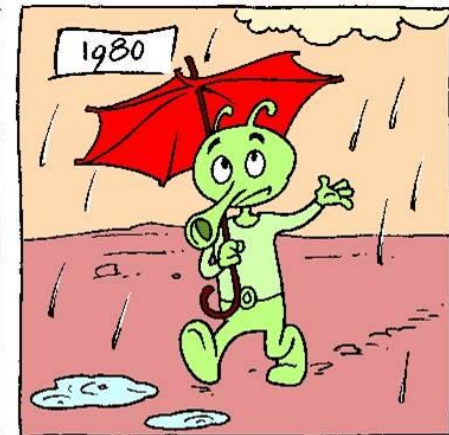
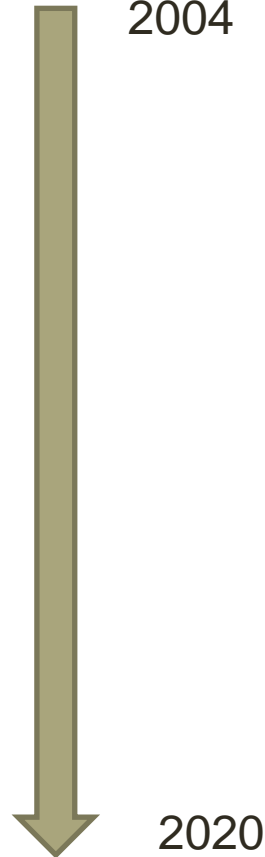
Y-a (avait) -il de l'eau liquide ?

oui

Les conditions étaient-elles "habitables" ?

oui

Y-a-t-il (eu) de la vie ?



Alors c'est quoi la suite ?

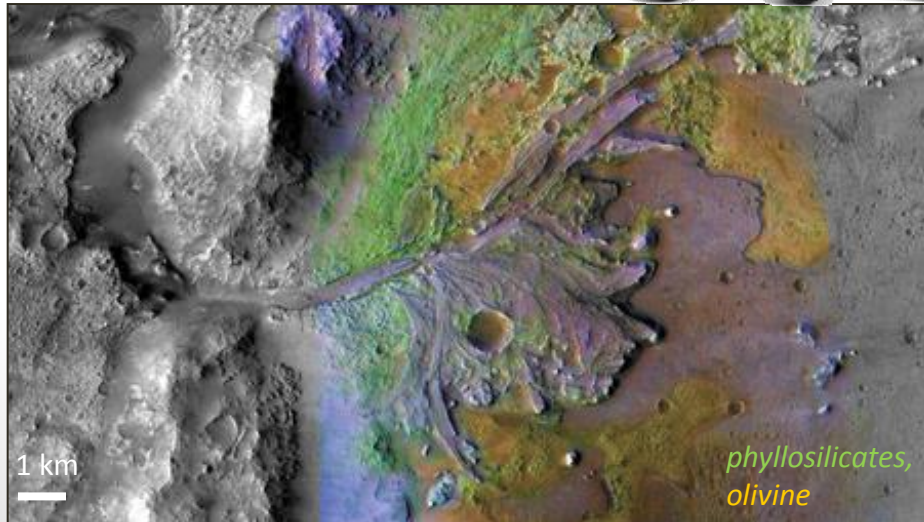
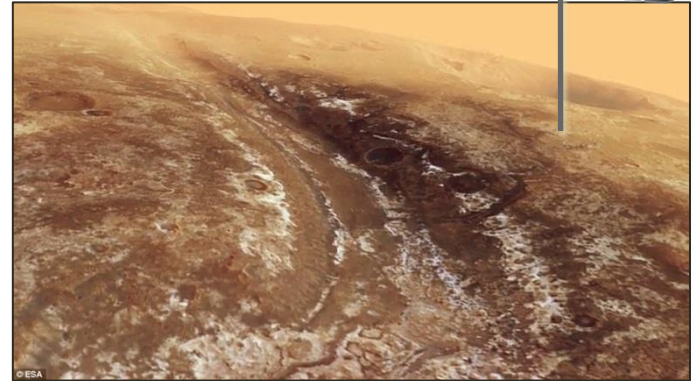


InSight, avec le premier sismomètre martien posé fin 2018 nous prépare de superbes analyses!

Trois robots partent vers Mars en 2020: CNSA (HX-1), NASA (MSL2020) et ESA/Roscomos (ExoMars2020)



Mawrth Vallis



Jezero Crater


-Et puis:

-Le retour d'échantillons (2025?)

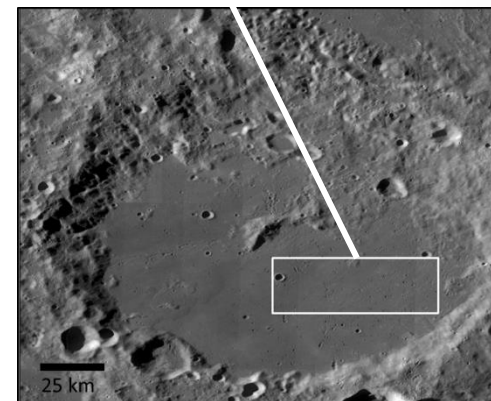
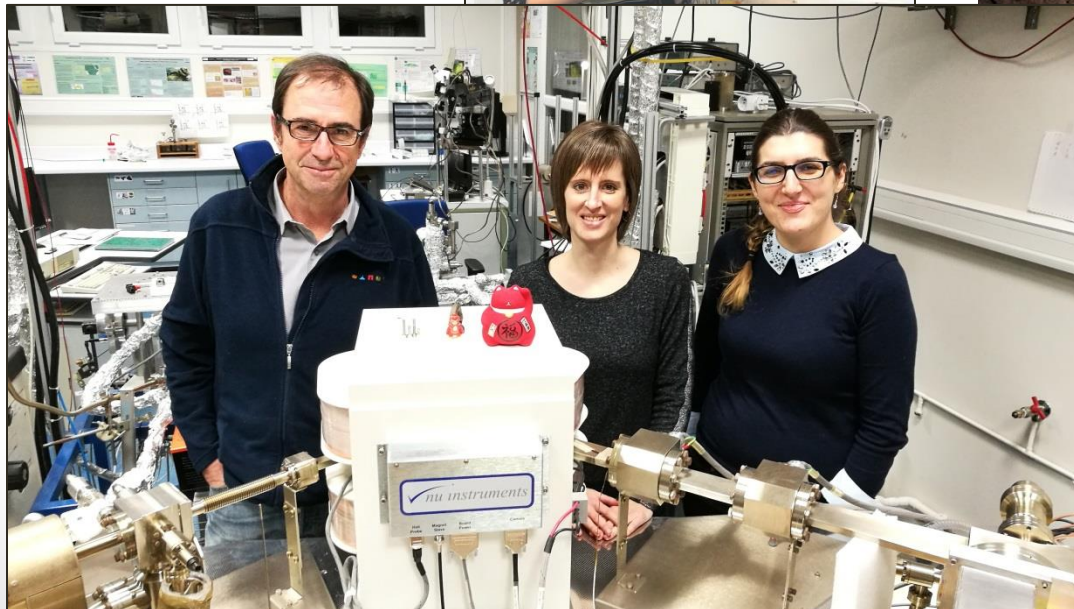
-L'homme sur Mars (>2030?)



Avant de tout comprendre de Mars, il nous
faudra encore:

- de nombreuses missions
- de nouveaux instruments et de nouvelles technologies
- des cailloux :D 
- de nouveaux scientifiques, ingénieurs, astronautes.
- **VOUS???**

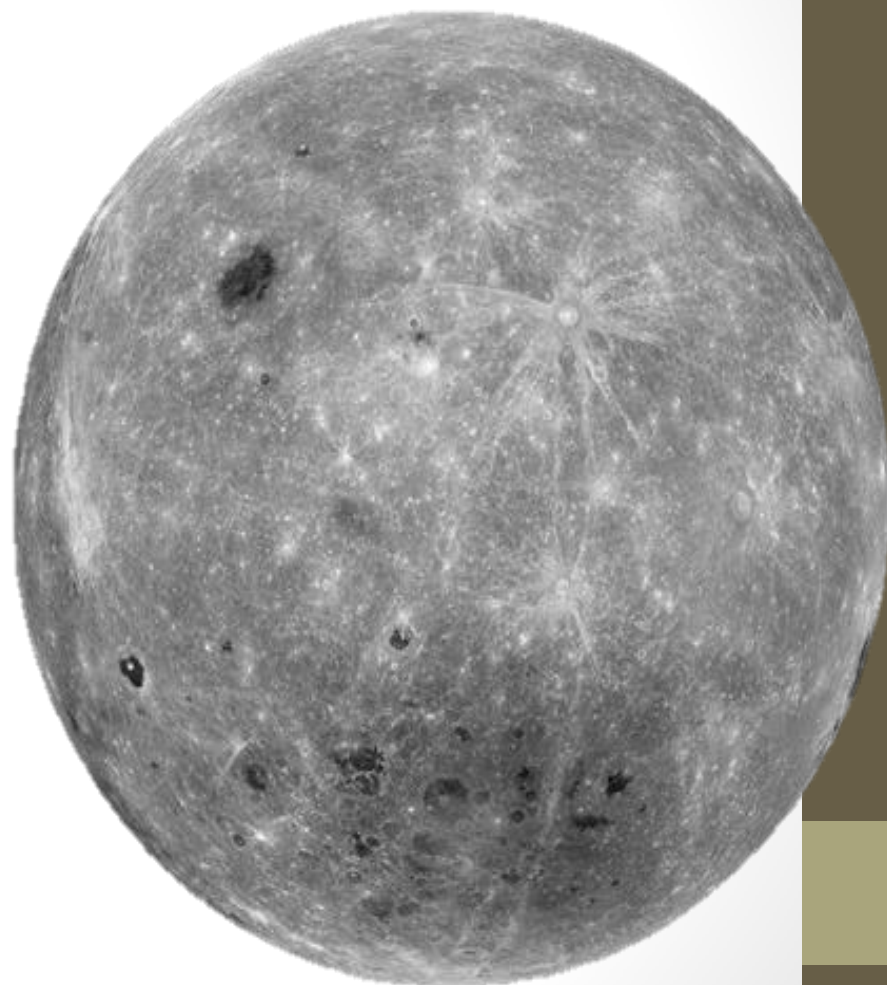
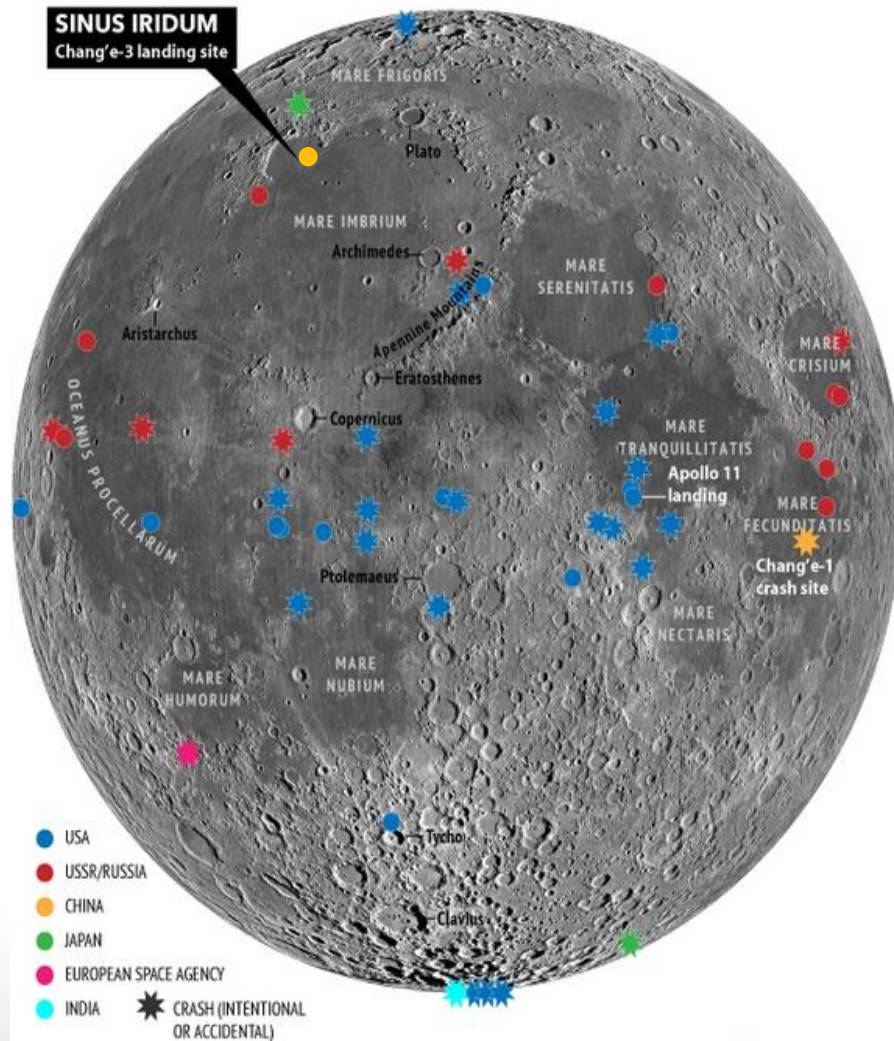
En attendant ExoMars, mon expertise a attiré l'attention des sélénieniens... et des chinois !



Pourquoi un mission sur la face cachée?

LANDINGS AND CRASHES ON THE MOON'S NEAR SIDE

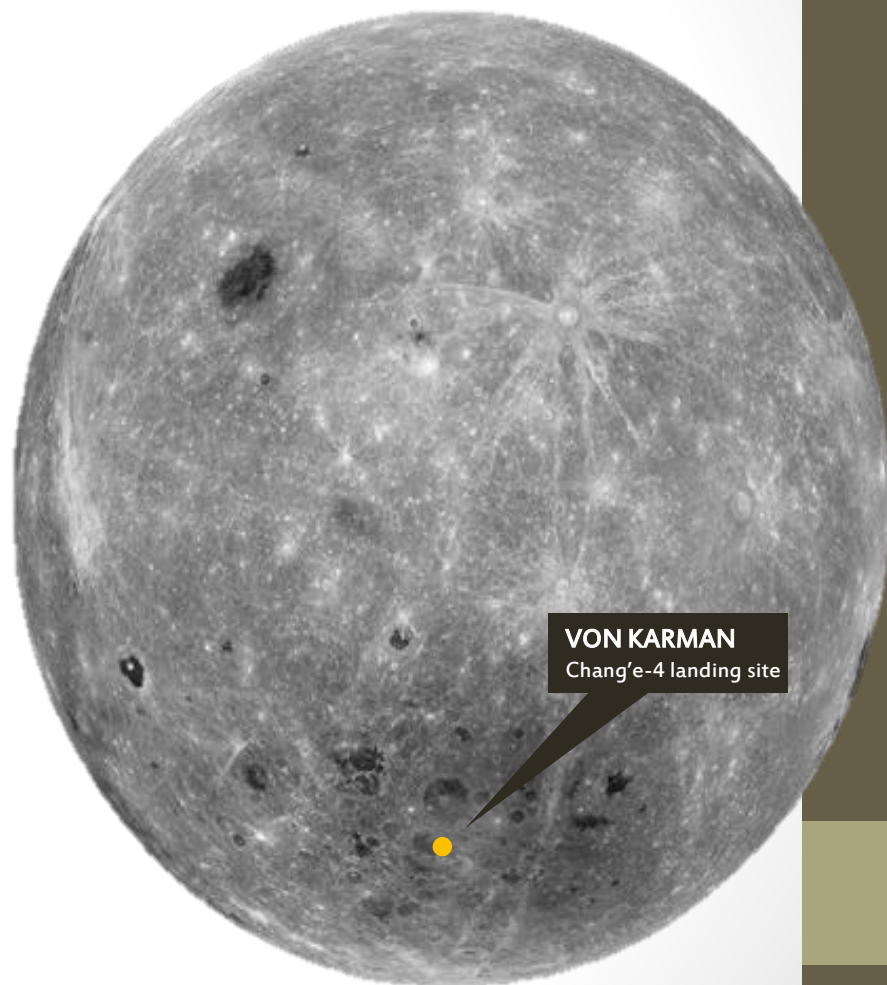
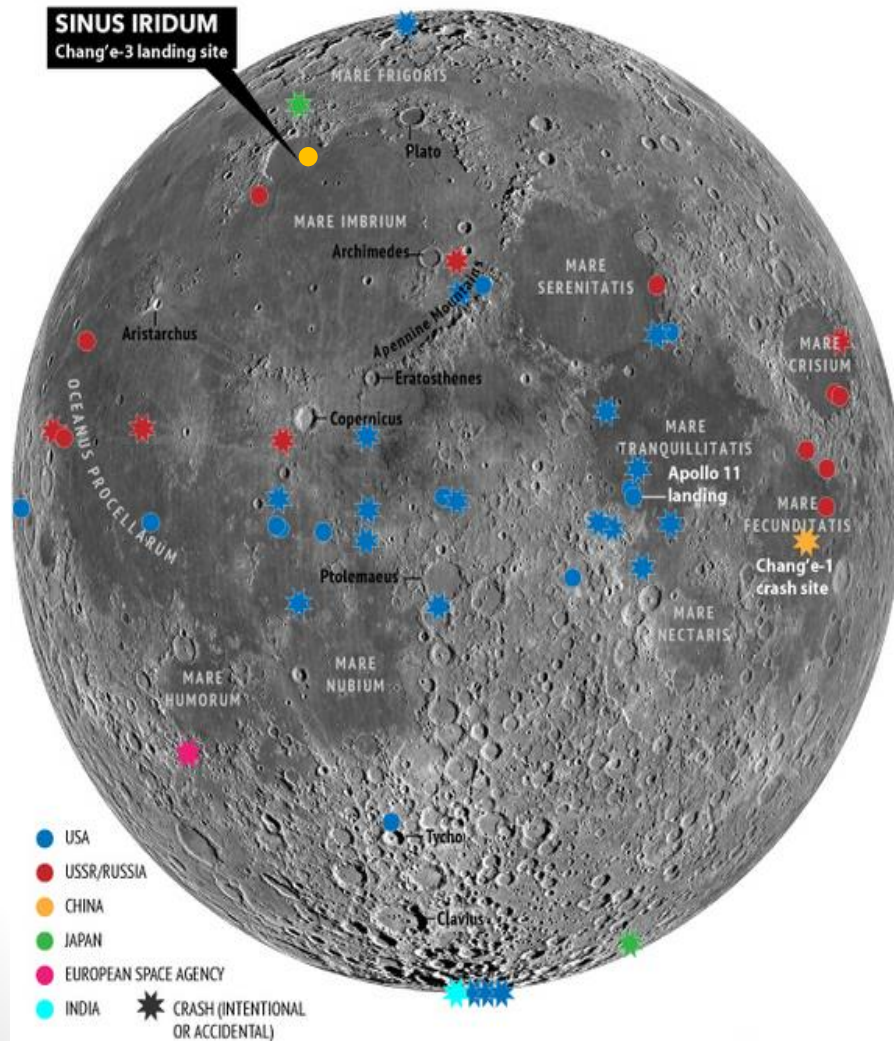
FARSIDE (2019)



Pourquoi un mission sur la face cachée?

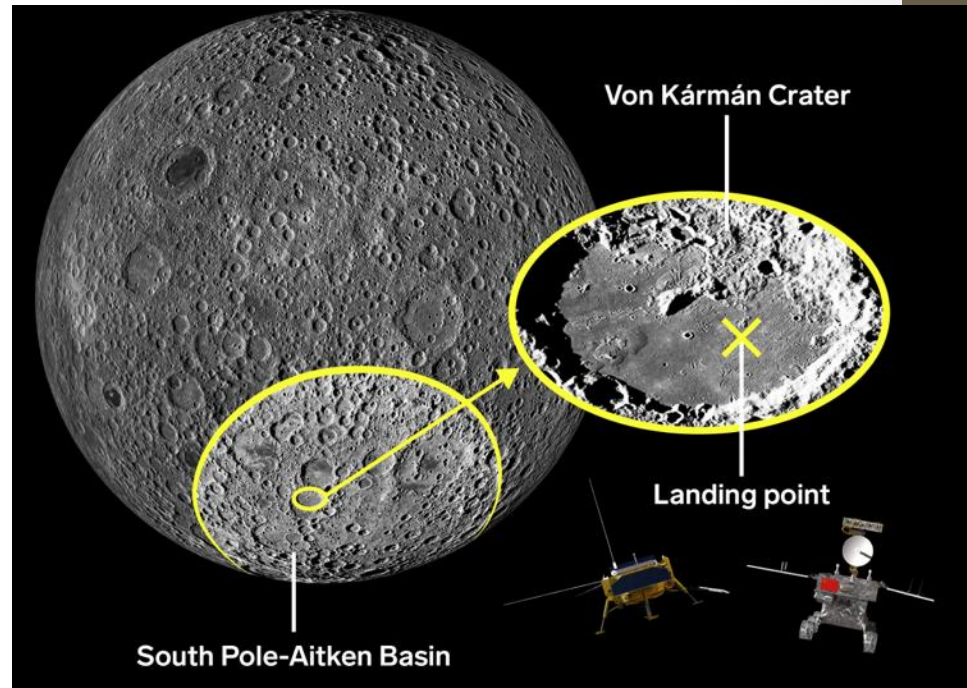
LANDINGS AND CRASHES ON THE MOON'S NEAR SIDE

FARSIDE (2019)



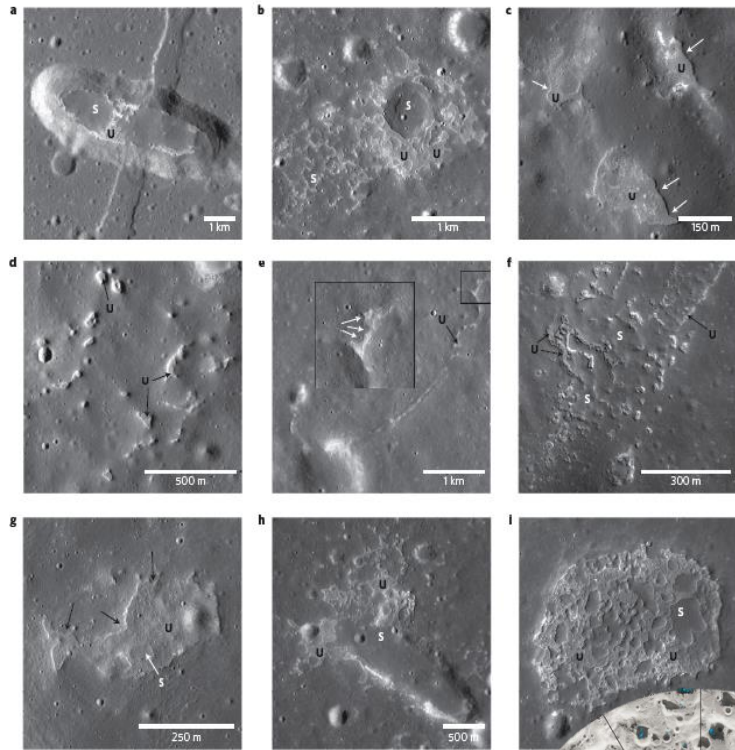
Pourquoi un mission sur la face cachée?

- Elle est différente de la face visible (2x plus épaisse, et beaucoup plus de « Terres »)
- On y est au calme (Pratique pour la radio-astronomie !)
- On y trouve le plus grand et le plus vieux bassin d'impact du système solaire: South Pole Aitken (2500 km de diamètre). Aurait-il par hasard excavé des bouts de manteau ?
- Et puis... comme pour Mars, parce qu'il y a encore énormément d'inconnues sur la Lune!

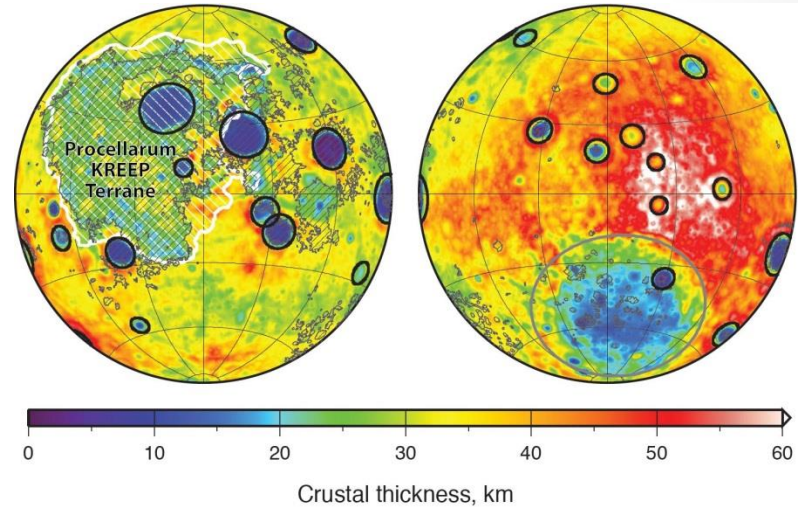
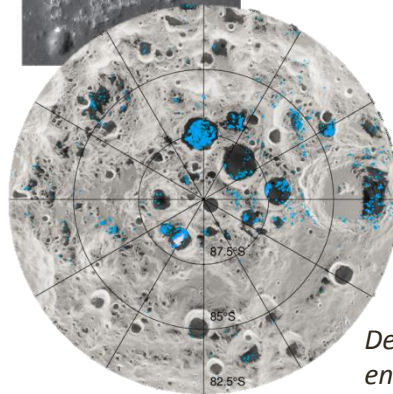


Ce que nous ont apporté les missions

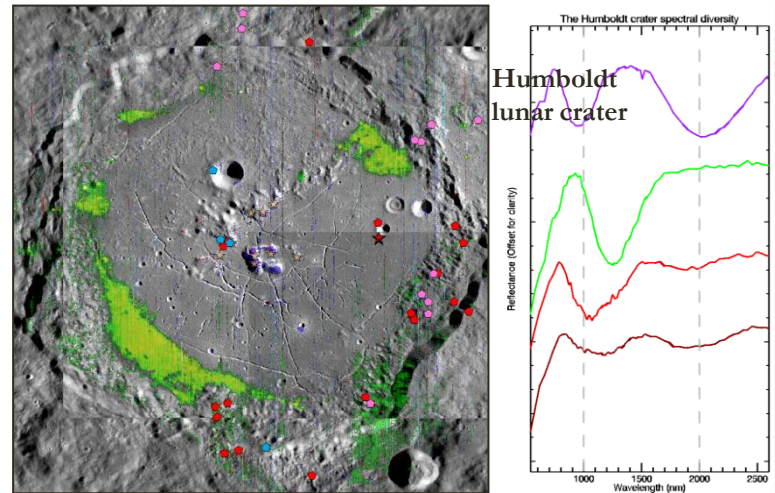
Des terra-octets de données!



Des volcans « mousseux »
et/ou jeunes, découverts en
2015 par LROC



Des données géophysiques qui nous renseignent sur la structure interne



Des données des spectromètres qui montrent la présence de glace d'eau
en surface ! Et souvent, la composition du sol.

Ce que nous ont apporté les missions

Des échantillons!

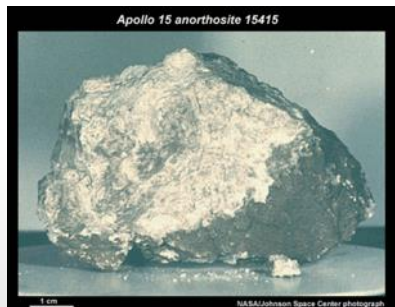
Apollo: 380.05 kg

Luna: 0.326 kg

(+ *Météorites lunaires*: ~140 kg)

→ Ces roches nous ont appris beaucoup de choses sur les processus planétaires en général.

→ On fait encore des découvertes en les analysant aujourd'hui!



NEWS CHANNEL 21
CENTRAL ONTARIO'S NEWS LEADER

HOME NEWS WEATHER VIDEO SPORTS LIFESTYLE COMMUNITY PLAY SHARE

National & World

Earth's oldest rock was found by Apollo 14 astronauts -- on the moon

Researchers believe comet or asteroid hit Earth

By: ASHLEY STRICKLAND, CNW
Posted: Jan 24, 2019 03:18 PM PST
Updated: Jan 25, 2019 03:29 AM PST



14321,46

Felsite clast (.1027)

2 cm

When the Apollo 14 astronauts returned samples from the moon's surface, they probably didn't realize that they were returning Earth with a bit of its early history.



Lune: La plus ancienne roche terrestre a-t-elle été retrouvée sur notre satellite naturel?

ESPACE Ce fragment de rocher de deux grammes, ramassé par les astronautes de la mission Apollo 14 en 1971, serait le plus vieil échantillon terrestre connu à ce jour...

20 Minutes avec agence | Publié le 29/01/19 à 16h19 — Mis à jour le 29/01/19 à 16h19

2 COMMENTAIRES 0 PARTAGE



À LIRE AUSSI

- 01/12/18 | ESPACE
La Nasa choisit 9 entreprises qui l'aideront à retourner sur la Lune
- 21/01/19 | ASTRONOMIE
L'éclipse totale de la Lune a eu lieu dans la nuit de dimanche à lundi
- 15/01/19 | ESPACE
La Chine a fait germer une graine de coton sur la Lune

D'ACTU

JANVIER 2019

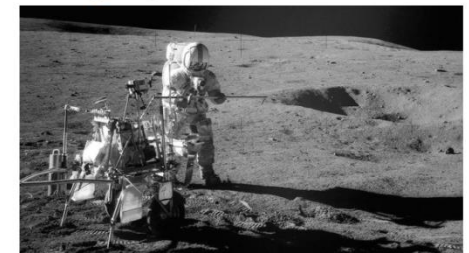
LE FIGARO · fr

Premium Actualité Economie Sport Culture Art de vivre Madame Figaro Live

Actualité > Sciences & Environnement

La plus vieille roche terrestre a été découverte... sur la Lune

Par Tristan Vey | Mis à jour le 30/01/2019 à 10:52 / Publié le 29/01/2019 à 18:42



Ce que nous ont apporté les missions

Des échantillons!

Apollo: 380.05 kg

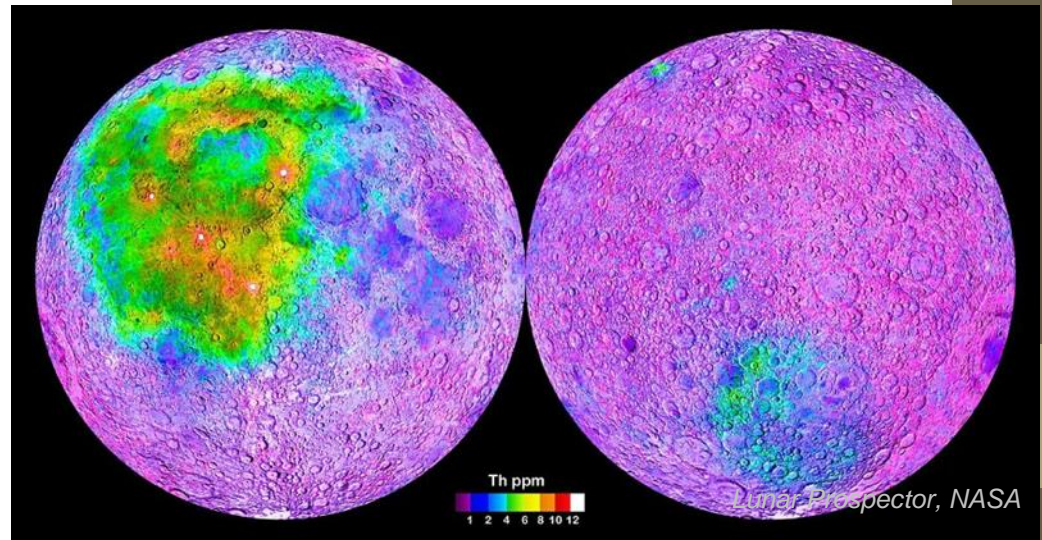
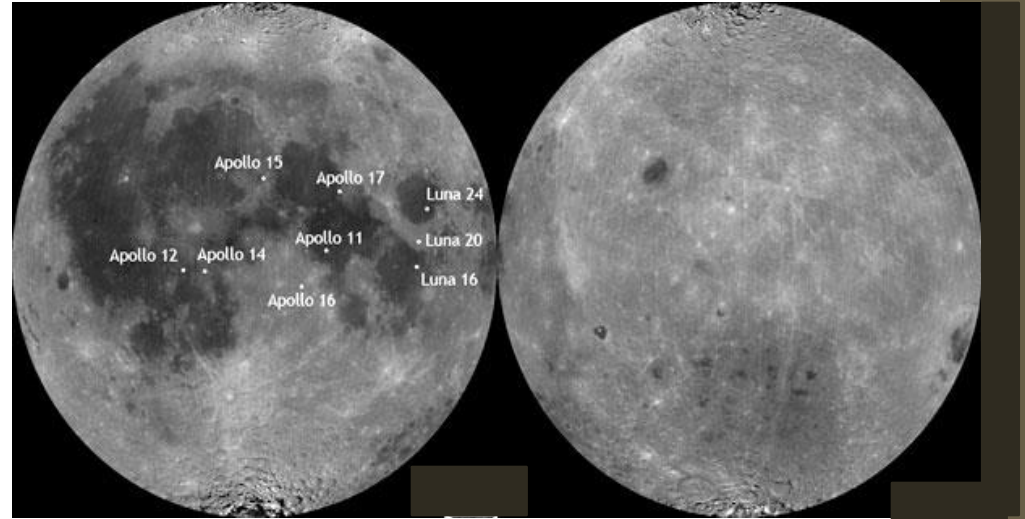
Luna: 0.326 kg

MAIS

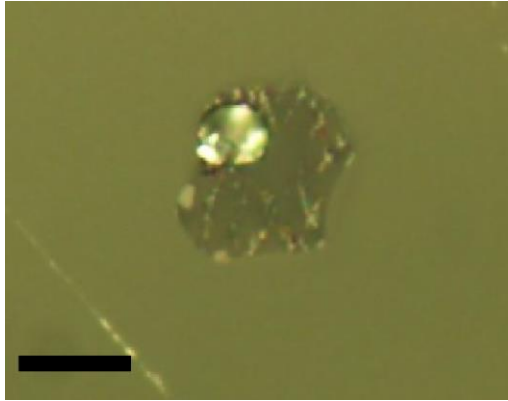
Les échantillons Apollo et Luna viennent tous de la même province, qui est chimiquement anormale → sont-ils vraiment représentatifs?

Et puis ce sont surtout des roches des « mers » lunaires!

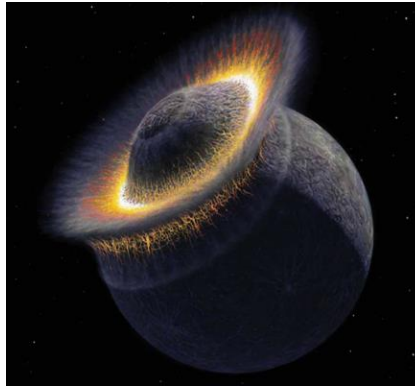
Nous n'avons pas beaucoup exploré de la Lune (seulement 4% max si on relie tous les lieux échantillonnés) !



Tout de même, des découvertes clés

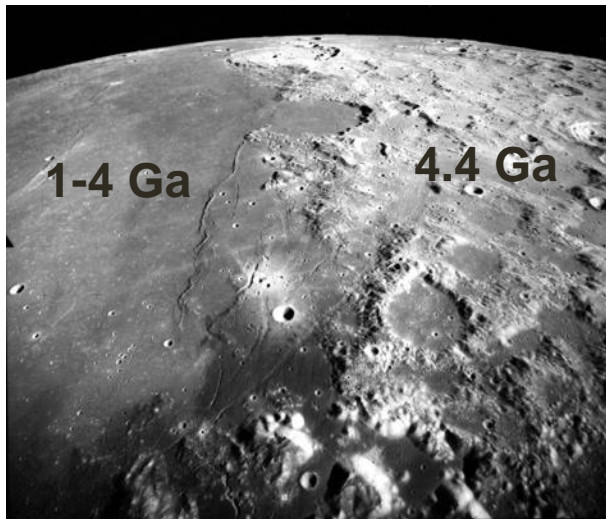
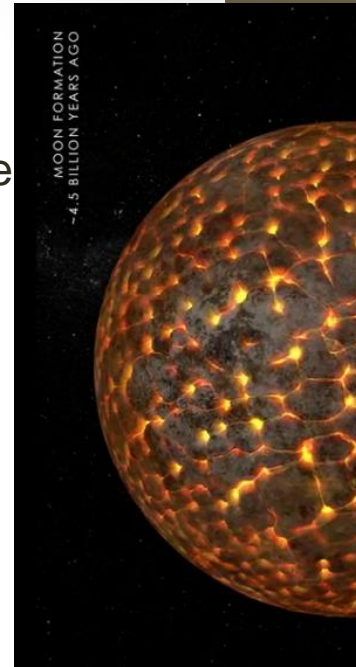


Présence d'eau

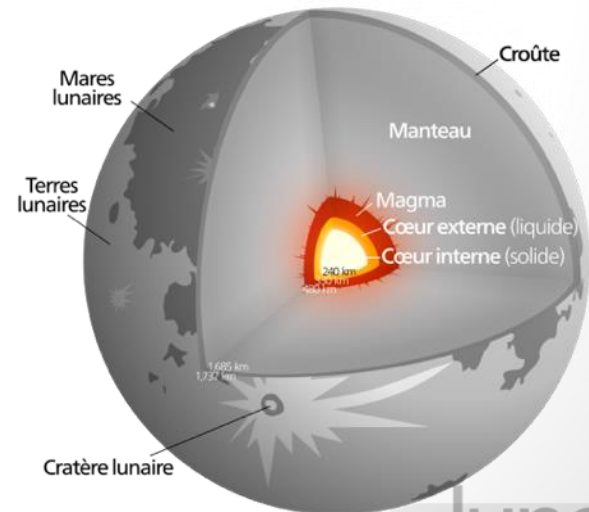


Formation de la Lune suite à un impact géant

Océan magmatique lunaire

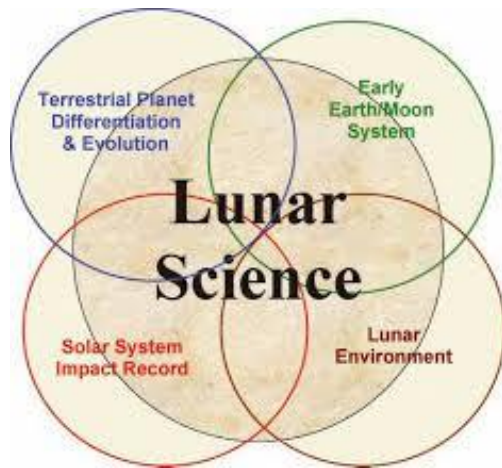


L'âge de la Lune
(et des autres surfaces planétaires)



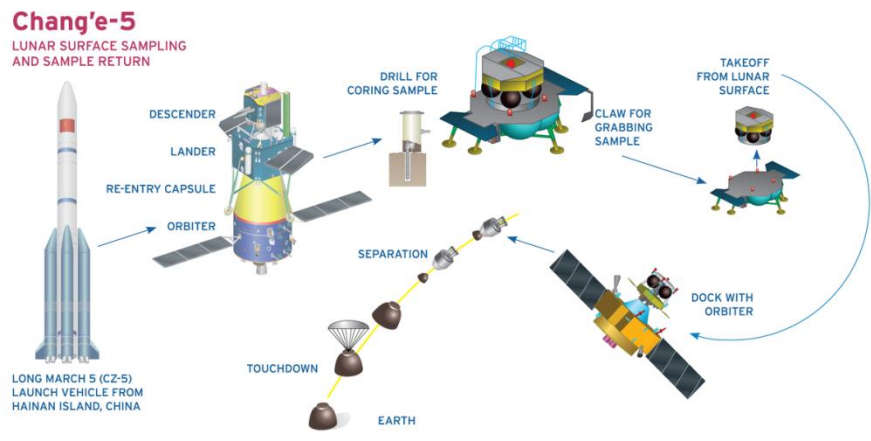
Structure interne de la Lune

La Lune est la Pierre de Rosette des planétologues !



Et elle a encore beaucoup à nous apprendre, 50 ans après le premier pas de l'homme sur la Lune (*anniversaire d'Apollo 11 en juillet 2019!*)

Ca tombe bien, cette année les indiens devraient s'y poser (mission Chandrayaan-2).



Les chinois vont même peut être ramener des échantillons (mission Chang'E-5): les premiers depuis Luna-24 en 1976!

Les russes, américains, européens (+ secteur privé) prévoient tous un retour prochain vers les pôles (glace d'eau) et / ou pour y extraire des ressources !

MANY QUESTIONS – FEW CERTAINTIES
KEEP EXPLORING



and keep dreaming!

