

Le paysage martien

*Activités autour du rover Perseverance et
de la géologie martienne*

Fiche pédagogique d'animation

Planète Sciences Occitanie 2021

Version : 1
Date : 20 octobre 2021
Rédactrice : Isabelle M. Santos



Age : 11-14	Durée :	Nombre minimum : 5
Encadrement : Enseignant		Nombre maximum : 30
Notions abordées : — eau et érosion — le système solaire —	Pré-requis public : — — —	Pré-requis enseignant : — — —
Résumé : Autour du rover Perseverance, étudier la géologie de Mars, faire de la planétologie comparée, comprendre comment on sait qu'il y a eu de l'eau dans le passé sur Mars.		
Objectifs techniques : — Comprendre l'intérêt de l'étude des cratères. — Reconnaître et décrire quelques formations géologiques. —		
Format : Ateliers et démonstrations	Formation associée à cette animation : N/A	

Table des matières

1	Introduction	3
2	Activités	5
2.1	Introduction	5
2.2	Les cratères	5
2.3	Suivre l'eau	9
2.4	Dessiner Mars	10
2.5	Choix du prochain lieu à explorer	12
3	Matériel	13
4	Ressources documentaires	14
4.1	Livres	14
4.2	Magazines	14
4.3	Sites internet	14
5	Crédit images	14

1 Introduction

Perseverance

Perseverance est un rover (ou *astromobile*) envoyé par la NASA en juillet 2020 et qui a atterri sur Mars en février 2021 dans le cratère Jezero. Les objectifs de la mission Perseverance sont :

1. Déterminer si la vie a existé sur Mars. Les missions précédentes, telles que Curiosity, ont établi que Mars a pu être habitable dans le passé. Même si Mars est aujourd'hui inhospitalière, on sait grâce à 50 années d'exploration martienne que la planète rouge a connu dans le passé des conditions bien plus favorables à l'apparition de la vie.
Avec Perseverance, on cherche des traces de vie bactériologique passée.
2. Caractériser le climat martien tel qu'il est aujourd'hui et tel qu'il était dans le passé.
3. Étudier la géologie martienne et révéler les processus qui ont créé et modifié la croûte martienne au fil du temps.
4. Préparer l'exploration habitée, en étudiant comment utiliser les ressources naturelles sur place et comment mieux protéger de futurs explorateurs humains.

Perséverance va aussi préparer une mission de retour d'échantillons de la surface martienne. En effet, même si Perseverance est un laboratoire mobile bardé d'instruments, il y a des expériences que l'on peut mener sur Terre mais que l'on ne peut pas envoyer dans l'espace, parce qu'elles sont trop complexes ou qu'elles demandent des instruments trop grands et lourds.

Ainsi, Perseverance va préparer des capsules contenant des échantillons du sol martien. Une deuxième mission envoyée dans quelques années ira récupérer ces capsules pour les ramener sur Terre.

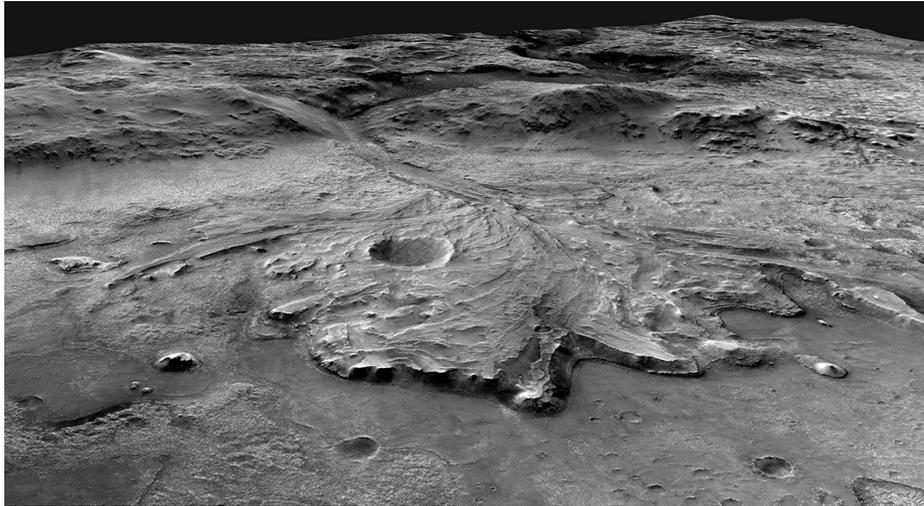
Perseverance est accompagné par un hélicoptère du nom d'Ingenuity. C'est le premier hélicoptère à avoir volé sur une planète autre que la Terre. Ingenuity permet notamment de faire du repérage pour savoir par où faire passer Perseverance. Par exemple, en juillet 2021, Ingenuity a survolé la région du Seitáh sud et a constaté que c'était une région avec des affleurements géologiques qui pouvaient être intéressants, et que le trajet pour y aller n'était pas trop escarpé pour Perseverance. En septembre, Perseverance a donc commencé à explorer le Seitáh sud.



Le cratère Jezero

Il y a trois milliards d'années, l'eau coulait à la surface de Mars et on pouvait y trouver des lacs et des fleuves. Jezero a été choisi comme site d'atterrissage car ce cratère abritait un lac dans le passé. Il y a même une rivière qui se jetait dans le lac en formant un delta, semblable au delta du Rhône. Des sédiments se sont déposés au fond du lac et ont formé des roches sédimentaires que l'on peut aujourd'hui analyser. C'est donc un endroit idéal pour étudier l'histoire de l'eau à la surface de Mars.

En outre, on pense que les deltas sont des lieux propices à l'émergence de la vie et concentrent la matière organique lorsqu'il y en a. On a donc de plus grandes chances de trouver des traces de vie passée dans le cratère Jezero, si à une époque il y avait des organismes vivants sur Mars.



Mais lorsque l'on voit une forme de delta, une fois que toute l'eau est évaporée, on ne sait pas *a priori* si l'eau s'est accumulée lors de fortes pluies épisodiques et s'est rapidement évaporée ou si l'eau était présente à la surface pendant des milliers d'années. Or on veut savoir si l'eau était présente pendant assez longtemps pour laisser une chance à la vie de se développer. Par exemple, dans les déserts sur Terre, on peut trouver des cônes alluviaux qui se forment après la pluie. Au bout de seulement quelques jours, l'eau s'est complètement évaporée et laisse derrière elle ce qui ressemble à un delta.

Dans le cas du cratère Jezero, on sait que l'eau était présente en grande quantité pendant longtemps, puisqu'il y a aussi un canal de sortie par lequel l'eau s'évacuait du cratère. L'eau a donc été présente dans ce cratère en assez grande quantité pour déborder du cratère, et pendant assez longtemps pour creuser ce canal de sortie.



Mais étudier la surface de Mars nous permet aussi d'en apprendre sur tout le système solaire. À la surface de Mars, on trouve des roches vieilles de plusieurs milliards d'années. C'est bien plus vieux que toutes les roches à la surface de la Terre, puisque la surface de la Terre est recyclée par la tectonique des plaques. Il y a donc des traces des débuts du système solaire qui sont présentes sur Mars que l'on ne peut pas trouver sur Terre.

De plus, dans les deltas, on trouve des roches qui ont été charriées par la rivière et qui peuvent venir de loin. Étudier les roches dans un delta permet donc d'étudier une plus grande diversité de roches sans avoir besoin de voyager loin.

2 Activités

Les activités suivantes peuvent être effectuées indépendamment les unes des autres selon la volonté du ou des enseignant·e·s.

2.1 Introduction

Recueillir les idées que peuvent avoir les élèves sur Mars, voir s'ils suivent l'actualité (Perseverance, Zhurong, Tianwen, Curiosity, Maven, Insight,...). Rappeler que Mars est la quatrième planète du système solaire, la dernière planète tellurique (qui a un sol sur lequel on peut marcher, comme la Terre).

Recueillir les idées que peuvent avoir les élèves sur l'utilisé de l'exploration martienne (comprendre comment se forment les planètes et le système solaire, trouver les conditions nécessaires à l'apparition de la vie, étudier des roches beaucoup plus ancienne que celles qu'on peut trouver sur Terre, améliorer notre compréhension de la géologie en étudiant un autre exemple de planète, préparer d'éventuelles missions futures habitées...)

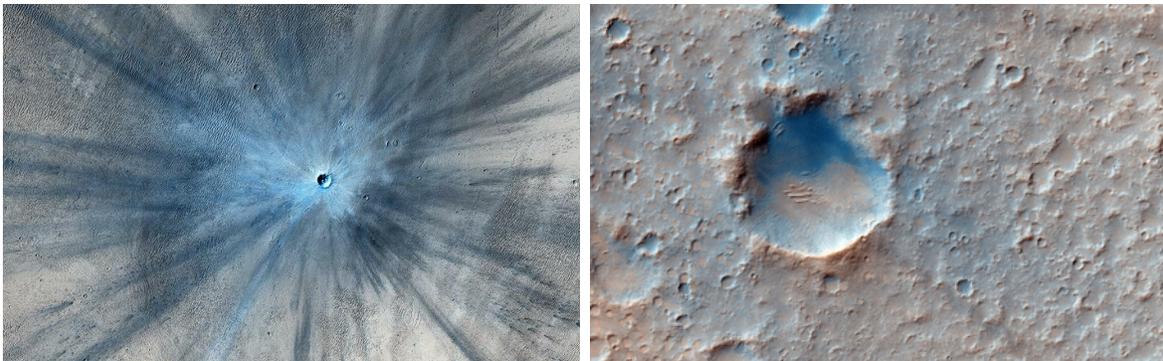
On peut à cet effet utiliser un tableau dans lequel on indique les choses que les élèves savent sur ces sujets et les choses que les élèves voudraient savoir.

2.2 Les cratères

Un cratère d'impact est une cuvette produite par la chute d'une météorite. Un cratère peut aussi se former au sommet d'un volcan, ou bien suite à une explosion. Dans cette activité, nous ne considérons que les cratères d'impact.

Les cratères simples ont une forme de bol, mais dans le cas d'un impact suffisamment violent (c'est-à-dire avec un météoroïde plus grand), le sol va se fluidiser et se comporter pendant un bref instant comme un liquide sur lequel on fait tomber un cailloux. C'est ainsi que certains cratères peuvent avoir un pic central, voir même un anneau central.

Lorsqu'un cratère se forme, la matière en surface se trouve éjectée et des roches qui étaient sous la surface sont excavées. L'exploration à l'intérieur et autour des cratères permet donc d'étudier les roches sous la surface sans avoir besoin de creuser. En outre, la distribution des cratères permet de dater les surfaces et les événements géologiques.



Les images ci-dessus montrent deux cratères martiens, l'un récent (à gauche) et l'autre ancien (à droite).

Dans cette activité, il s'agit de comprendre l'intérêt pour un rover d'explorer les roches à l'intérieur et autour d'un cratère.

Fabrication d'une surface cratérisée

- Couvrez le sol de journaux et posez un récipient large au centre.
- Déposez une couche uniforme d'au moins 3 cm de farine dans le bac sans la tasser. Recouvrez uniformément la farine de cacao en poudre. Ce récipient simule la surface martienne. La différence de couleur entre la farine et le cacao permettra de bien voir les différentes couches de matière dans le bac. Si on souhaite pouvoir distinguer plus que deux couches dans le sol martien simulé, on peut aussi teindre du sable avec de la craie de couleur.
- Les élèves peuvent chacun leur tour laisser tomber des billes dans le récipient. Il faut faire tomber les billes les unes après les autres sans les lancer, en retirant délicatement la bille du bac à chaque fois. Ils peuvent les faire tomber de différentes hauteurs et à différents endroits du récipient. Parfois, de nouveaux cratères peuvent aussi recouvrir des cratères plus anciens. Les élèves simulent ainsi le bombardement météoritique qu'a connu Mars dans le passé.

Dans ce modèle de la surface martienne, les billes sont beaucoup plus dures que la farine et le cacao sur lequel elles tombent. Les billes ne sont donc pas détruites par l'impact. Lorsqu'une météorite heurte une planète, la météorite se retrouve pulvérisée. Ceci explique que dans cette simulation l'on retire la bille du récipient entre deux chutes de billes. En outre, si les billes roulent dans la farine et le cacao, elles peuvent endommager les cratères que l'on vient d'y former.

Après avoir fait tomber seulement une bille dans le bac de farine et de cacao, retirez la bille sans faire bouger la farine et le cacao et observez l'état de la surface. Faites décrire la surface avant et après par les élèves.

- Il y a un creux dans la farine là où la bille est tombée.
- Avant il n'y avait que du cacao en surface, maintenant la couche de farine a été révélée.
- Il y a des projections de farine qui peuvent se retrouver au dessus de la couche de cacao. Ces projections s'appellent des éjectas.
- La surface était uniforme, il peut maintenant y avoir des régions où la couche de farine et de cacao est plus ou moins épaisse.

C'est un cratère qui s'est formé, comme ceux qui se forment sur une planète, sur un astéroïde ou sur un satellite lorsqu'une météorite tombe dessus.



Une fois que plusieurs cratères ont été formés, demandez à nouveau aux élèves de décrire la surface.

— Comment varie la forme et la taille des cratères en fonction de la hauteur (c'est-à-dire de la vitesse de l'impact) depuis laquelle on lâche une bille et en fonction de la masse de la bille ? Attention dans ce cas à ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois afin de permettre la comparaison.

— Certains cratères plus anciens ont pu être endommagés par des cratères plus récents.

Pour cette activité, on peut faire le lien avec le programme de physique et parler d'énergie cinétique et d'énergie potentielle. Dans ce cas, demandez aux élèves pourquoi il y a des cratères de tailles différentes sur Mars. Les élèves peuvent se répartir en groupes pour tester plusieurs hypothèses possibles. Parmi les hypothèses qui peuvent être testées, il y a

— Plus la météorite est grosse, plus le cratère est grand

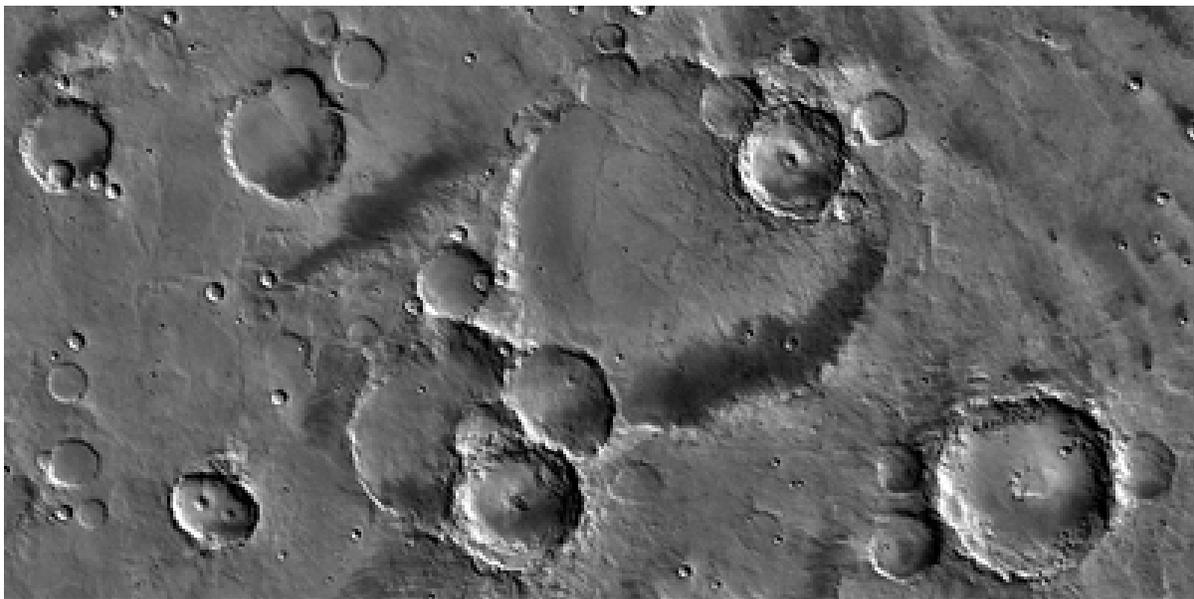
— Plus la météorite est lourde, plus le cratère est grand

— Plus la météorite est rapide, plus le cratère est grand

— etc...

L'âge des surfaces

Cette activité permet aussi d'illustrer comment fonctionne la datation des surfaces planétaires. Lorsqu'un événement géologique renouvelle la surface (par exemple le volcanisme qui était très présent sur Mars jusqu'à il y a quelques dizaines de millions d'années), tous les cratères d'impacts sont effacés. Une région à la surface d'une planète qui vient de connaître un tel événement n'aura aucun cratère d'impact de météorite et son âge sera de 0 millions d'années. Puis au fil du temps, il y aura de plus en plus de cratères, pourvu qu'aucun nouvel événement géologique ne vienne les effacer. En connaissant la nombre de météorites qui tombent chaque million d'années, on peut déduire l'âge de la surface avec une règle de trois. Ainsi, une région avec beaucoup de cratères est très ancienne.



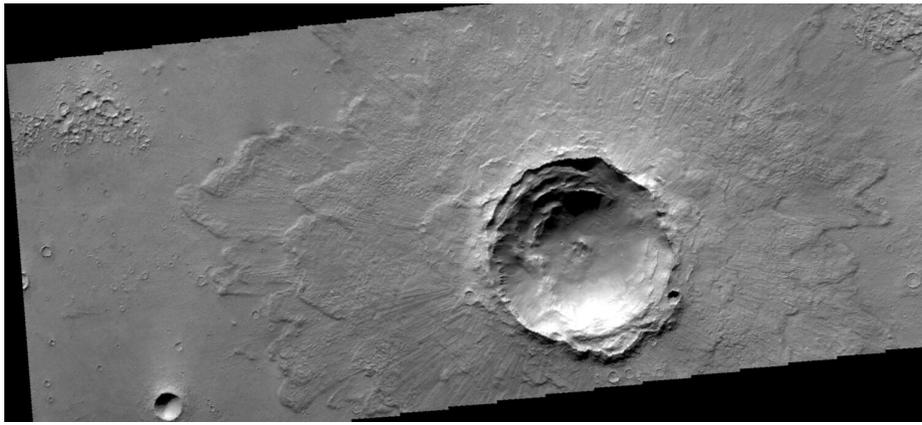
L'hémisphère sud martien est en moyenne beaucoup plus cratérisé que l'hémisphère nord. Les planétologues en déduisent que des processus géologiques (érosion, volcanisme,...) ont effacé les cratères dans l'hémisphère nord plus que dans l'hémisphère sud.

Il est intéressant de noter que l'on connaît le nombre de météorites qui sont tombées chaque million d'année grâce aux échantillons que les astronautes ont rapporté de la Lune pendant les missions Apollo.

Il est possible de prendre en photo le bac de farine et de cacao au début, au milieu et à la fin de l'expérience. Demandez aux élèves de classer les photos par ordre chronologique et d'estimer le temps qui s'est écoulé entre le début de l'expérience et le moment où chaque photo a été prise. Demandez aux élèves comment ils sont arrivés à leur conclusion, puis demandez leur comment ils pourraient appliquer ça pour trouver l'âge d'une région à la surface de Mars ou de la Lune.

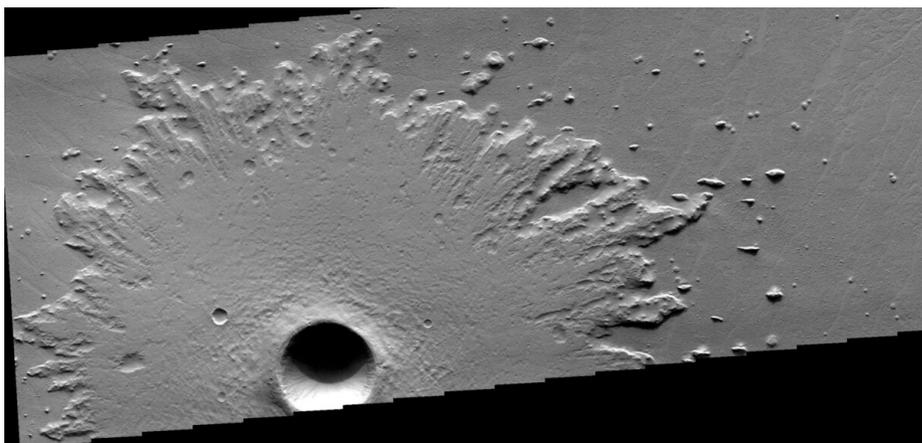
Pour aller plus loin

On peut répéter l'expérience de fabrication de cratères en remplaçant la farine et le cacao par du sable gorgé d'eau. Demandez alors aux élèves de comparer l'aspect des cratères dans les deux cas. On constate ainsi que l'aspect d'un cratère permet de déduire les conditions du sol au moment où le cratère s'est formé.



Il existe sur Mars des cratères qui ont une forme bien particulière que l'on appelle *cratères à rempart*. On ne trouve ces cratères que sur Mars et sur Terre (avec le cratère de Ries). Les planétologues ont compris en étudiant la forme des cratères martiens et en créant des modèles que certaines météorites sont tombées dans de la boue, plutôt que sur un régolithe sec. La forme des nappes d'éjectas autour de certains cratères martiens confirme l'hypothèse selon laquelle il y a eu de grandes quantités d'eau à la surface de Mars dans le passé.

Sur Mars, il existe également une forme de cratère que l'on ne reproduira pas avec cet atelier : les cratères à piédestal. Dans certains cas, les éjectas du cratère forment une couche plus résistante à l'érosion que les alentours. Le vent martien pourra alors racler la roche autour du cratère, donnant l'impression que le cratère a été surélevé.



2.3 Suivre l'eau

Même s'il n'y a pas d'eau liquide stable en surface, cela n'a pas toujours été le cas. On sait que cela n'a pas été le cas dans le passé lointain de Mars, puisque l'on trouve dans les roches la signature de la présence de l'eau. Il s'agit dans cette activité de visualiser certaines traces que l'eau peut laisser sur les roches.

Lorsque l'eau s'évapore ou se diffuse dans la roche, elle laisse derrière elle les minéraux qui étaient en solution. Ces minéraux forment alors des évaporites. Ainsi, lorsque les scientifiques trouvent des évaporites, ils peuvent en déduire que de l'eau était peut-être présente sous forme liquide dans le passé.

Or là où il y a eu de l'eau, il a peut-être pu y avoir des formes de vie. Puisque la recherche de formes de vie est une des missions de Perseverance, il peut être intéressant pour Perseverance et son équipe scientifique de repérer les endroits où l'eau était présente dans le passé pour voir s'il y a aussi des traces qui auraient pu être laissées par une forme de vie passée.

Dans cette activité, les élèves vont être amenés à créer des évaporites avec du matériel de cuisine. Les élèves peuvent travailler par groupes ou individuellement.

Les élèves peuvent préparer plusieurs solutions salines, avec les différents types de sels mis à leur disposition et avec différentes concentrations. Pour chaque sel, la saturation n'est pas atteinte à la même concentration. Il sera donc judicieux d'utiliser différentes concentrations pour chaque sel. Par exemple, préparer 6 solutions avec les concentrations suivantes :

- Sel de table pour 100 ml d'eau
 - 32 g
 - 16 g
 - 8 g
- Bicarbonate de sodium pour 100 ml d'eau
 - 8 g
 - 4 g
 - 2 g

Les élèves doivent déposer une petite quantité (environ 5 ml, ceci peut être fait avec une pipette) de chaque solution saline dans les boîtes de pétri et laisser les solutions sécher. Demandez aux élèves de prédire ce qui arrivera aux solutions lorsqu'elles auront séché. Les élèves peuvent s'aider de dessins dans leurs prédictions.

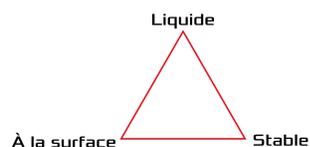
Une fois que les élèves ont déposé 5 ml de chaque solution saline dans sa propre boîte de pétri, pesez les boîtes de pétri et mettez les à sécher. Le processus de séchage peut être accéléré en laissant les boîtes au soleil ou près d'une source chaleur.

Une fois que les solutions ont séché, pesez les boîtes de pétri à nouveau et comparez les masses initiales et les masses finales. Demandez aux élèves de décrire le contenu des boîtes de pétri, d'expliquer ce qui s'est passé et de comparer le résultat à leurs prédictions. Demandez également aux élèves de comparer les évaporites formés par les différentes solutions. Les élèves peuvent à nouveau s'aider de dessins dans leur explication.

Les élèves peuvent s'aider de loupes pour observer les évaporites.

Astuce : les évaporites seront plus faciles à voir si la boîte de pétri est posée sur un fond noir.

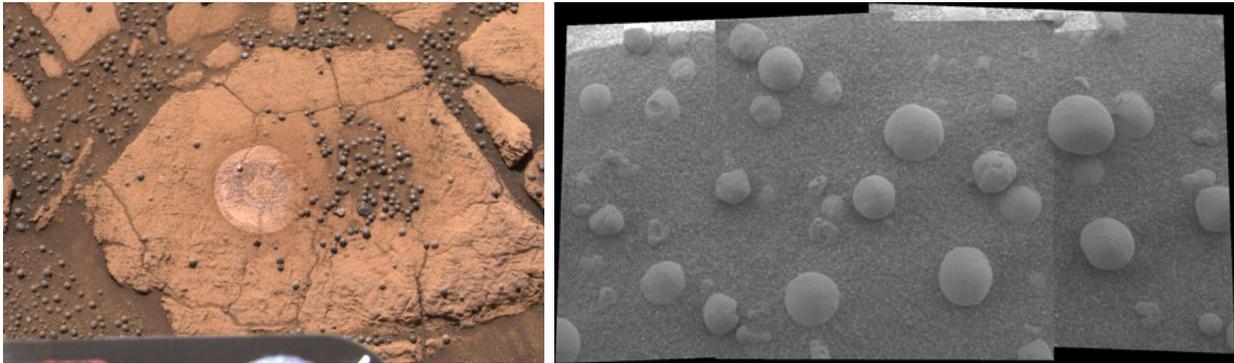
Le dilemme de l'eau martienne



Vous ne pouvez en choisir que deux

Du sel, vraisemblablement laissé par l'évaporation d'eau liquide a été trouvé dans les deux premiers échantillons de roche martienne analysés par Perseverance. À ce sujet, voir <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-perseverance-rover-collects-puzzle-pieces-of-mars-history> (en anglais).

On peut aussi faire le lien entre les évaporites créées par les élèves et les sphérules qui ont été découvertes par Curiosity. Ces sphérules sont parfois appelées des « myrtilles martiennes », car dans les premières images en fausses couleurs transmises par Curiosity, ces petites sphères apparaissaient bleues.



Ces « myrtilles martiennes » ont beaucoup intéressé les planétologues, car elles indiquent qu'il y a eu de l'eau à cet endroit dans le passé et que cette eau s'est soit évaporée, soit infiltrée dans les roches.

2.4 Dessiner Mars

Avant d'envoyer des rovers à la surface, les agences spatiales envoient des sondes en orbite autour de Mars pour prendre des photos de la surface et la cartographier. À partir de ces images, les scientifiques cherchent les meilleurs endroits où se poser pour poser un rover et explorer le terrain.

Il s'agit dans cette activité de décrire et de reconnaître la géologie de Mars, ainsi que de découvrir la grande diversité des paysages martiens. Cette activité peut être menée de façon multidisciplinaire par les enseignants de SVT et d'arts plastiques.

Voici quelques éléments artistiques et leurs équivalents géologiques que l'on peut trouver dans des images de la surface martienne :

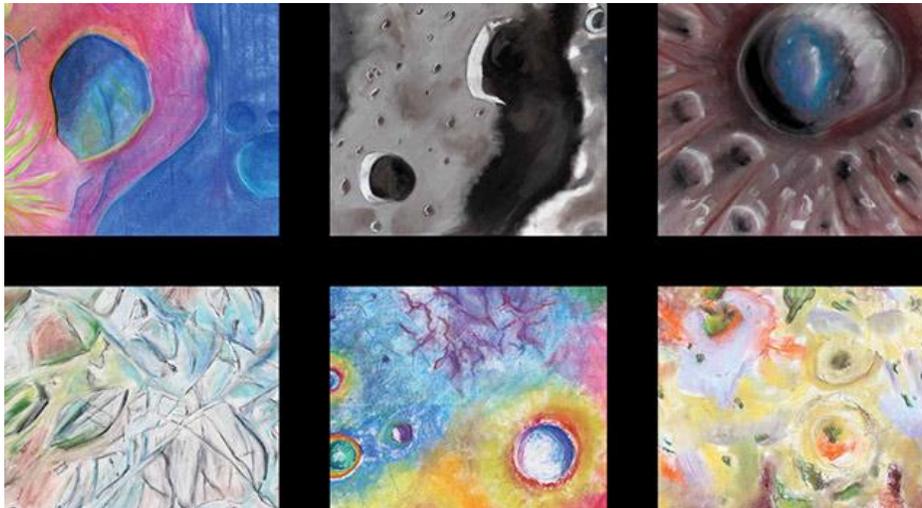
- **Cercles** Dans les images planétaires, les cercles indiquent la présence d'un cratère. Sur Mars, ce sont souvent des cratères d'impact créés par la chute d'une météorite. Il peut aussi y avoir des cratères au sommet des (anciens) volcans. En étudiant précisément sa forme et son contexte, on peut savoir si un cratère est un cratère d'impact ou un cratère volcanique.
- **Lignes droites** Il s'agit souvent de failles créées par la tectonique des plaques. On les trouve sur les planètes telluriques, mais aussi sur les mondes glacés tels que Europe et Encelade. Ces lignes peuvent être associées à des failles, des crêtes, des montagnes et des fissures.
- **Lignes courbes** Les lignes courbes indiquent souvent qu'il y a eu des mécanismes d'érosion, par exemple à cause du vent ou de l'eau. Parmi les lignes courbes, on peut trouver le lit d'une ancienne rivière ou la crête d'une dune.
- **Patatoïdes** Les patatoïdes sont souvent créés par des processus volcaniques et des flux de lave. Un patatoïde peut aussi indiquer la présence passée d'un lac ou d'un océan. Lorsqu'un

cratère est entouré d'un patatoïde cela peut être un volcan, ou bien le cratère laissé par une météorite qui est tombée dans de la boue.

- **Couleurs** La couleur peut donner des indications sur le type de roche observée. En plus de la lumière visible, les planétologues peuvent utiliser d'autres portions du spectre électromagnétique (infrarouge, ultraviolet, rayons gamma, ondes radio,...) pour caractériser la surface d'une planète ou d'une lune.

Les planétologues peuvent aussi utiliser des fausses couleurs pour montrer les parties du spectres électromagnétiques invisibles aux humains, pour exagérer des contrastes, pour montrer des différences impossibles à distinguer à l'œil nu ou pour mettre en valeur tel ou tel élément (par exemple la composition minéralogique, la topographie, les cratères,...) dans les images de la surface.

- **Luminosité** Les scientifiques utilisent plutôt le terme albédo pour désigner la quantité de lumière qu'une surface peut refléter. Cet élément permet de distinguer différentes compositions surfaciques (par exemple la neige reflète plus de lumière que le basalte).
- **Contrastes** Les zones d'ombre et de lumière peuvent mettre en valeur le relief et souligner l'existence de montagnes, de cratères, de canyons,... Galilée a découvert l'existence de montagnes sur la Lune en observant les ombres de ces montagnes au niveau du terminateur ¹.
- **Textures** La texture correspond à la rugosité du terrain.



Déroulement

- Présentez les éléments artistiques et leurs équivalents géologiques aux élèves.
- Proposez des photos prises depuis l'orbite martienne aux élèves. Chaque élève doit choisir une image.
- Demandez aux élèves de réaliser des dessins inspirés des photos de Mars. Les dessins n'ont pas besoin d'être des reproductions exactes des photos. Au contraire, les élèves peuvent utiliser des couleurs pour mettre en valeur des éléments géologiques. Les élèves peuvent aussi choisir de ne représenter qu'une partie de la photo, ou de changer l'orientation de l'image. Encourager les élèves à se concentrer sur des régions dans les images qui les intriguent.
- Demandez aux élèves de décrire ce qui est représenté dans l'image qu'ils ont choisi et de justifier les choix qu'ils ont fait dans leur dessin. Quelques exemples de choix artistiques qui peuvent être faits par les élèves :

1. On appelle ainsi la zone entre le côté jour et le côté nuit d'un corps planétaire.

- représenter chaque type de formation géologique avec une couleur différente
- représenter avec une certaine couleur une région particulièrement brillante
- utiliser un gradient de couleur pour indiquer la topographie de la région
- faire un dessin en noir et blanc pour mettre en valeur le relief
- etc...

Pour aller plus loin

On peut comparer des images satellitaires de la Terre, de la Lune, des autres planètes et planètes naines, ou des lunes de Jupiter et de Saturne avec les images de Mars. Quelles différences peut-on y voir ? Quelles sont les causes de ces différences ?

2.5 Choix du prochain lieu à explorer

La trajectoire du rover Perseverance à la surface martien n'est pas connue avant d'arriver sur Mars. En effet, même si on peut prendre des photos détaillées de la surface martienne depuis l'orbite, on ne voit pas assez de détails pour savoir si une traversée est praticable ou si une roche est plus intéressante à explorer que sa voisine. En outre, Perseverance a des ressources limitées donc il n'est pas possible de tout échantillonner et il faut faire des choix.



Ainsi, chaque jour, les scientifiques reçoivent des images prises par Perseverance et Ingenuity comme celle ci-dessus. À partir de ces images, les scientifiques cherchent les roches les plus intéressantes scientifiquement à échantillonner ou à observer avec la SuperCam. Ils déterminent également le prochain lieu vers lequel envoyer Perseverance et le chemin le plus sûr à emprunter. Dans cette image, les scientifiques ont repéré les pavés (sorte de dalle au sol) qu'ils voulaient potentiellement forer.

Lorsque Perseverance s'est rendue sur place, voici ce que les scientifiques ont pu voir :



Il s'agit dans cet atelier de se mettre dans la peau des scientifiques qui analysent chaque jour les images prises par Perseverance et Ingenuity pour décider du programme d'exploration du lendemain.

Présentez l'image ci-dessus aux élèves qui peuvent être répartis en équipes. Les élèves doivent analyser le paysage et décrire les formations géologiques qui y sont visibles. Puis les élèves doivent sélectionner une site dans cette image qu'ils souhaiteraient explorer de plus près avec le rover. Les élèves doivent motiver leur choix par rapport aux objectifs de Perseverance (voir la section 1).

Les élèves peuvent ensuite comparer le site qu'ils ont choisi à celui choisi par l'équipe de Perseverance, entourée en blanc dans l'image ci-dessous.



On peut montrer aux élèves la vidéo suivante sur la façon dont la NASA procède pour choisir un site d'atterrissage : <https://mars.nasa.gov/resources/22144/mars-in-a-minute-french-comment-choisir-un-site-datterrissage/?site=msl>

3 Matériel

Le tableau suivant résume le matériel nécessaire pour mener les activités décrites dans la section précédente.

Atelier	Outils	Consommables
Introduction	—	—
Les cratères	<ul style="list-style-type: none"> — Un récipient large — Des billes, si possible de différentes tailles 	<ul style="list-style-type: none"> — De la farine — Du cacao en poudre — Du sable
Suivre l'eau	<ul style="list-style-type: none"> — Cuillères — Petits récipients — En option : du tissu ou du papier noir — En option : des loupes — Une balance 	<ul style="list-style-type: none"> — Eau chaude — Sel de table — Bicarbonate de sodium — Sulfate de magnésium (non-indispensable) — Des boîtes de pétri ou des couvercles en plastique — En option : des pipettes

Atelier	Outils	Consommables
Dessiner Mars	—	— Pastels — Papier à dessin — Photos de Mars pour référence imprimées
Choix d'un site d'atterrissage	—	—

4 Ressources documentaires

4.1 Livres

- La planète Mars - Histoire d'un autre monde, François Forget, François Costard, et Philippe Lognonné, 2005, Belin. <https://www.insu.cnrs.fr/fr/la-planete-mars-histoire-dun-autre-monde-nouvelle-edition>

4.2 Magazines

- Ciel & Espace, Hors-Série n°39, avril 2021
- Ciel & Espace, n°574, nNovembre 2020
- L'Astronomie, n° 146, février 2021
- L'Astronomie, n° 148, avril 2021
- L'Astronomie Édition Spéciale, <https://boutique.saf-astronomie.fr/produit/les-editions-speciales-de-lastronomie/>

4.3 Sites internet

- Le site officiel de Perseverance : mars.nasa.gov/mars2020/
- Toutes les images prises par Perseverance : <https://mars.nasa.gov/mars2020/multimedia/raw-images/>
- Où est Perseverance : <https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/where-is-the-rover/>
- En savoir plus sur la mission : mars.nasa.gov/perseverance
- Comment se déroule une journée pour les scientifiques qui récupèrent les données de la ChemCam, à bord du rover Curiosity : <https://lejournel.cnrs.fr/articles/un-jour-avec-lequipe-de-curiosity>

5 Crédit images

1. Perseverance et Ingenuity. NASA/JPL.
2. Delta du cratère Jezero. NASA/JPL. <https://www.nasa.gov/image-feature/traversing-mars-jezero-crater>

3. Vue d'artiste du cratère Jezero lorsqu'il était rempli d'eau. NASA/JPL-Caltech. <https://www.nasa.gov/image-feature/jezero-crater-was-a-lake-in-mars-ancient-past>
4. Un cratère récent sur Mars avec de la matière qui a été éjectée dans toutes les directions (les rayons bleus dans l'image). NASA HiRISE. <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/wallpaper/PIA17932-1920x1200.jpg>
5. Un cratère plus ancien dont les bords ont été érodés. NASA/JPL HiRISE. <https://mars.nasa.gov/resources/8266/mission-2020-a-candidate-landing-site-in-gusev-crater/>
6. Des cratères dans la farine et le cacao. Planète Sciences.
7. Une région fortement cratérisée dans l'hémisphère sud martien. NASA/HiRISE. <https://www.uahirise.org/hiwish/browse>
8. Un cratère rempart. NASA/JPL. <https://www.jpl.nasa.gov/images/rampart-crater>
9. Un cratère à piédestal. NASA/JPL. <https://mars.nasa.gov/resources/25025/pedestal-crater/>
10. Les conditions de l'eau nécessaire à l'habitabilité. Isabelle M. Santos.
11. Les sphérules martiennes. NASA/JPL. <https://apod.nasa.gov/apod/ap040405.html>
12. Zoom sur les sphérules martiennes. NASA/JPL. <https://mars.nasa.gov/mer/gallery/press/opportunity/20040212a.html>
13. Dessins inspirés de la surface martienne. JPL. https://imagecache.jpl.nasa.gov/images/edu/education/images/640x350/planetary_art-640-640x350.jpg
14. Vue panoramique de Mars. NASA. <https://mars.nasa.gov/resources/26059/an-expanse-for-perseverance-to-explore/>
15. Vue rapprochée de la région repérée dans l'image précédente. NASA. <https://mars.nasa.gov/resources/26101/perseverances-office-on-mars/>
16. Mise en valeur de la région d'intérêt pour les scientifiques de Perseverance. NASA. <https://mars.nasa.gov/resources/26059/an-expanse-for-perseverance-to-explore/>