



LES PROJETS DE RETOUR D'ÉCHANTILLONS MARTIENS

Une mission Mars Sample-Return (MSR) est une mission spatiale proposée pour collecter des échantillons de roches et de poussières de Mars, puis les renvoyer sur Terre.

Le retour d'échantillons est par principe un type d'exploration très intéressant et décisif, car l'analyse est libérée des contraintes de temps, de budget et d'espace pour les capteurs d'engins spatiaux.

Ce type de mission est mis en tête des priorités de l'exploration du Système solaire par les scientifiques depuis plus d'une trentaine d'années.

Le retour des échantillons de Mars serait bénéfique pour la communauté scientifique internationale en permettant une analyse plus approfondie des échantillons que ne pourrait le faire des instruments minutieusement transférés sur Mars. De plus, la présence des échantillons soigneusement sélectionnés sur place pour leur intérêt potentiels tout en disposant du contexte géologique permettrait d'utiliser sur Terre du matériel scientifique sur ceux-ci, et de les analyser au fur et à mesure des progrès des outils d'investigation. Ce, voire des années et des décennies après la mission de retour des échantillons comme c'est le cas des 382 kg d'échantillons lunaires d'Apollo de nos jours.

Mais ce type de mission spatiale a peiné à se concrétiser du fait de son coût (10 milliards US\$ selon certaines estimations), des défis techniques qu'il soulève (fusée martienne, rendez-vous orbital sans intervention humaine) et des risques d'échec élevés.

Dès 1980 et au fil du temps, plusieurs missions conceptuelles ont ainsi été étudiées avec différentes hypothèses, mais aucune n'avait dépassé la phase d'étude. La principale caractéristique en était un rendez-vous à la surface de Mars entre un véhicule réalisant la collecte des échantillons et un autre récupérant ceux-ci et les rapportant sur Terre.

En 2000, la NASA et le CNES ont envisagé une mission MARS PREMIER ; c'était aussi une volonté politique. Mais elle n'a pas abouti car la technique n'était pas mature, son coût était trop important, et les délais impossible à tenir.

En 2006, le Mars Exploration Program Analysis Group de la NASA avait identifié 55 futures recherches scientifiques importantes liées à l'exploration de Mars.

En 2008, les membres du MEPAG ont conclu qu'environ la moitié des sujets « pouvaient être traités à un degré ou à un autre par

MSR », faisant de celle-ci « la mission unique qui ferait le plus de progrès vers l'ensemble » des recherches. De plus, il a été constaté qu'une fraction importante des études ne pouvait pas être poursuivie de manière significative sans retour d'échantillons.

Début 2011, le Planetary Science Decadal Survey du National Research Council (NRC), qui a défini les priorités de planification des missions pour la période 2013-2022 à la demande de la NASA et de la National Science Foundation (NSF), a déclaré une mission MSR « sa mission phare prioritaire plus élevée pour cette période ». En particulier, il avait approuvé le projet de mission Mars Astrobiology Explorer-Cacher (MAX-C) sous une forme "descendante" (moins ambitieuse), bien que ce plan de mission ait été officiellement annulé en avril 2011.

En 2011, Louis Friedman, directeur exécutif de la Planetary Society, mentionnait qu'une mission de retour d'échantillons de Mars était souvent décrite par la communauté scientifique planétaire comme l'une des missions spatiales robotiques les plus importantes, en raison de son fort retour sur investissement scientifique attendu et de sa capacité à prouver la technologie nécessaire à une mission humaine sur Mars, d'une toute autre ampleur ne serait ce qu'avec le tonnage à déposer sur la planète rouge.

En effet ce type de mission nécessite de faire une première mise en œuvre d'un aller-retour entre la Terre et Mars, opération particulièrement complexe mais premier pas vers l'Homme sur Mars.

Cependant pendant cette période, la précision très médiocre des atterrissages avait conduit à l'abandon de tous ces concepts MSR. A la fin de la décennie précédente et avec l'amélioration de cette contrainte un nouveau scénario vit le jour.

Finalement en 2008, les derniers concepts pour une mission MSR étaient :

- A : une proposition russe avortée :

Une mission vers Phobos qui s'était traduite par la sonde Mars-Grunt lancée par une fusée Zenit le 8 novembre 2011 depuis le cosmodrome de Baïkonour et placée sur orbite basse. Elle prévoyait de ramener sur Terre en août 2014, jusqu'à 200 g de terre de Phobos et comportait ainsi un atterrisseur. C'était la première mission interplanétaire dirigée par la Russie depuis l'échec de

Mars 96. Mais les manœuvres suivantes ne se sont pas déroulées comme prévu. La première des deux manœuvres de l'étage Frégat destinées à placer sur sa trajectoire la sonde vers la planète rouge n'a pu être déclenchée. La sonde resta sur une orbite 207 × 347 km. Puis à la suite du freinage atmosphérique, la rentrée a eu lieu le 15 janvier 2012.

- B : une proposition chinoise retardée et encore en développement à ce jour :

la Chine envisageait une mission de retour d'échantillons sur Mars d'ici 2030. Le plan à partir de 2017 était de lancer un grand vaisseau spatial capable d'effectuer toutes les phases de la mission, y compris la collecte d'échantillons, l'ascension depuis Mars, le rendez-vous sur orbite martienne et un vol de retour vers la Terre. Une telle mission nécessiterait la fusée super-lourde Long March 9 en développement. Les technologies nécessaires devaient être testées lors de la mission HX-1 (Tianwen-1).

Un autre plan annoncé en 2019 consistait à utiliser la mission 2020 HX-1 pour mettre en attente en cache sur Mars les échantillons en vue de leur récupération en 2030.

Ces échantillons seraient récupérés par un atterrisseur de collecte d'échantillons avec un véhicule d'ascension de Mars lancés en novembre 2028 par une Long March 3B. Mis en orbite martienne ils seraient récupérés à l'aide d'un orbiteur de retour vers la Terre lancé avec une Long March 5 également en novembre 2028 ; le retour sur Terre étant envisagé pour septembre 2031.



Projet(s) de grande(s) entreprise(s) de l'année 2030 : Retour d'échantillons de Mars et d'astéroïdes

Traduction des idéogrammes :

« Le retour des échantillons de Mars est principalement basé sur la mise en œuvre de processus complexes. Analyse de la surface, prélèvement d'échantillon, décollage de la surface, mise en orbite et rendez-vous pour un transfert des échantillons, retour vers la Terre. Ce qui deviendra peut-être le premier retour d'échantillons de Mars au monde. »

Technologies clés

Technologie d'équipement intelligent d'échantillonnage à la surface de Mars

Technologie de décollage de la surface de Mars

Technologie de rendez-vous et de transfert du conteneur d'échantillons en orbite

Technologie de désorbitation assistée de l'atmosphère de Mars (retour vers la Terre)

Technologie de détection et de protection de la contamination microbienne pour le retour d'échantillons de Mars

A ce jour seule la mission Tianwen-1 a été lancée le 23 juillet 2020. Cette première mission martienne très complexe - avec un orbiteur, un atterrisseur et un astromobile de 200 kg - servira à démontrer un certain nombre de technologies nécessaires à ce retour d'échantillons sur Terre à partir d'un atterrissage vers mai 2021, suivant une mise en orbite en février 2021.



Tianwen-1 : l'atterrisseur avec l'astromobile.



Les instruments de l'astromobile. (docsCAST)

Le calendrier des missions MSR chinoises prévues sera sans doute décalé. En particulier la Long March 9 est déjà en retard de qualification.

Alors que sa mise en service se fera à l'horizon 2030, la première mission importante de la fusée Long March 9 sera d'envoyer sur Mars le matériel nécessaire pour rapporter des échantillons avec une charge possible de 144 t en orbite terrestre (LEO), une fraction arrivant vers Mars : 44 t.

- C : la proposition NASA-ESA, qui s'est concrétisée le 30 juillet 2020 avec le lancement de Mars 2020 Perseverance :

dans la continuité du programme Mars Science Laboratory en cours de développement, en 2009, la NASA prévoyait de développer le rover MAX-C (Mars Astrobiology Explorer-Cacher), chargé de collecter des échantillons du sol et planifiait une

deuxième phase non financée pour leur récupération. Il devait ramener environ 500 grammes d'échantillons martiens sur Terre. Le scénario de mission prévoyait alors trois lancements distincts. La distance maximale que devait être capable de franchir le rover MAX-C était d'environ 20 km (aller-retour). Il disposait d'une année terrestre pour effectuer ce périple.

En 2010 il était prévu de fusionner le projet de rover avec celui du projet Exomars de l'ESA. Mais en 2012 Le projet fut suspendu à la suite d'arbitrages budgétaires effectués par l'agence spatiale américaine.

À la suite du bon déroulement de la mission du rover Curiosity (Mars Science Laboratory), qui atterrit sur le sol martien fin 2012, la NASA, au cours des années suivantes, mena des études pour affiner les étapes suivantes. Elle décida de développer une deuxième mission permettant de capitaliser sur les développements déjà effectués. La mission Mars 2020, qui a été lancée par la NASA le 30 juillet 2020, devait ainsi collecter des échantillons de sol et les stocker dans le but de leur retour sur Terre après s'être posé en principe le 18 février 2021 dans le site Jezero.

Doté d'instruments permettant d'analyser la géologie de son site d'atterrissage soigneusement sélectionné, il doit extraire une quarantaine de carottes du sol et constituer un dépôt qu'une mission suivante sera chargée de ramener sur Terre. Mars 2020 constitue donc la première étape du projet de retour d'environ 500 grammes d'échantillons martiens sur Terre. Courant 2020 la récupération de ces échantillons, qui doit se dérouler entre 2026 et 2031, entre dans une phase d'étude avancée au sein de la NASA avec une participation importante de l'ESA. En octobre 2020 la NASA et l'ESA ont signé un partenariat pour cette mission MSR. Un budget est prévu pour poursuivre les travaux dans les deux agences spatiales.

L'architecture de la mission dans sa formulation actuelle implique ainsi que :

-A/ L'astromobile Perseverance, lors de son périple martien, prélèvera des échantillons de sol intéressants (43 dont 4 témoins « à blanc ») pour environ 500 g ; ils seront conditionnés en cache dans des tubes de 5 cm de long et 1 cm de diamètre contenant environ 15 g de matière. Puis ils seront laissés à la surface de Mars en principe à 3 endroits pour récupération avec les missions suivantes.



Perseverance : le rover faisant des prélèvements.

-B/ Une mission Sample Retrieval Lander (SRL). SR, dirigé par la NASA, doit être lancé en 2026 et comprendra une plate-forme d'atterrissage équipée de panneaux solaires avec :

- un bras robotique européen de transfert d'échantillons (STA) ;

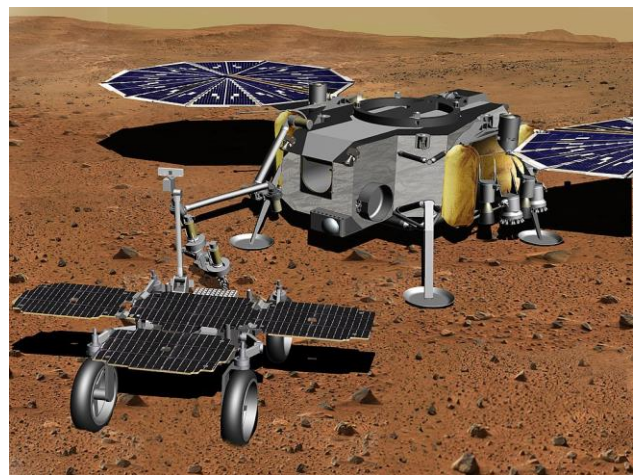
- un Sample Fetch Rover (SFR), petit rover européen « chercheur-collecteur » des échantillons, sa masse sera de 150 kg environ. Il fera 200 m par jour en moyenne et 20 km aller-retour. Il possèdera 4 roues ;

- et un Mars Ascent Vehicle (MAV), véhicule d'ascension à propergol solide (300kg), à deux étages qui enverrait les échantillons en orbite martienne dans un module conteneur Orbiting Sample (OS) de la taille d'un ballon de basket-ball.

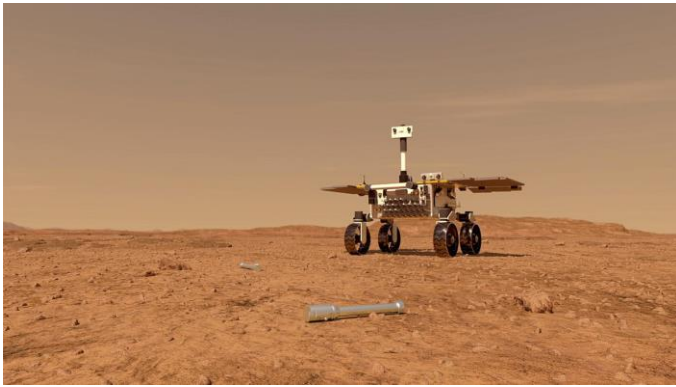
Ce lanceur sera stocké dans une coque qui devra maintenir sa température dans une fourchette réduite afin de lui permettre de séjourner un an à la surface. Ses deux étages seront stabilisés 3 axes et mus par des propulseurs monoergol. Le lanceur haut de 2,5 mètres devra placer le conteneur sur une orbite de 500 x 100km ;



Mission SRL : atterrissage de SRL.

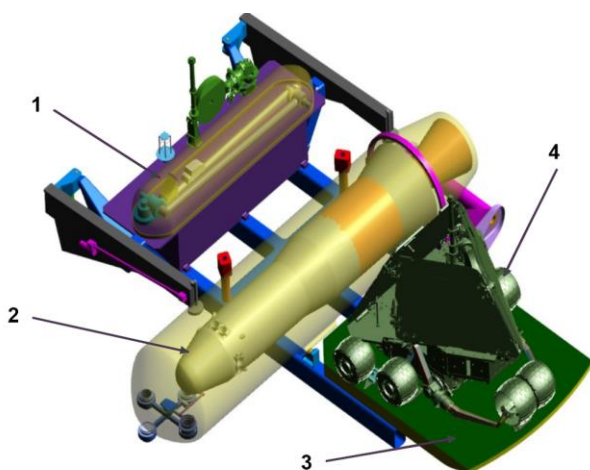
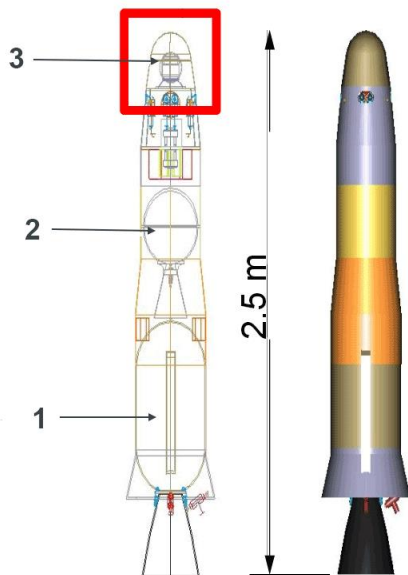


Le petit rover SFR quittant SRL.



SFR rencontrant un échantillon.

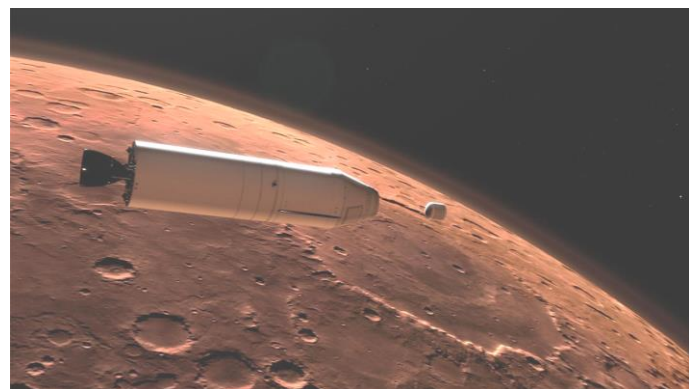
SRL pénétrera directement dans l'atmosphère martienne à son arrivée. Elle s'insérera sur une orbite martienne elliptique haute en octobre 2027 puis utilisera sa propulsion ionique pour réduire progressivement l'altitude de son apogée à 100 km. L'insertion sur l'orbite basse visée sera effective en juillet 2028. Puis elle se posera avec une très grande précision (20 mètres) non loin d'un des dépôts des échantillons de sol martien durant l'été 2028.



Structures du MAV.



Lancement du MAV.



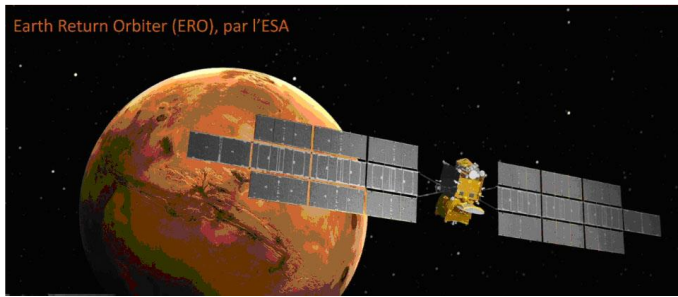
Le MAV place le conteneur en orbite.

-C/ Une mission **Earth Return Orbiter (ERO)**. ERO, mission européenne de l'ESA, sera lancée par une Ariane 6, vers août 2026, peu après la mission SRL. Le vaisseau spatial de 6 tonnes et 6 m de haut ERO sera doté de panneaux solaires de 144 m avec une portée de plus de 40 m - parmi les plus grands jamais construits.

C'est un orbiteur lancé pour une autre mission rendez-vous en orbite martienne avec les échantillons, ce avec la fusée MAV remontant depuis la surface de Mars.



ERO capturant le conteneur.



ERO en orbite martienne.

ERO est aussi conçu pour servir de relais à l'ensemble des engins déposés sur le sol martien participant à la récupération des échantillons de sol : Mars 2020, SRL, SFR, MAV. ERO récupérera la capsule OS qui sera scellée dans le système de capture, de confinement et de retour (Capture, Containment and Return System, CCRS) d'origine NASA.

Puis celle-ci sera transférée à l'intérieur du module de rentrée sur Terre, module Earth Entry Vehicle (EEV) hautement sécurisé.

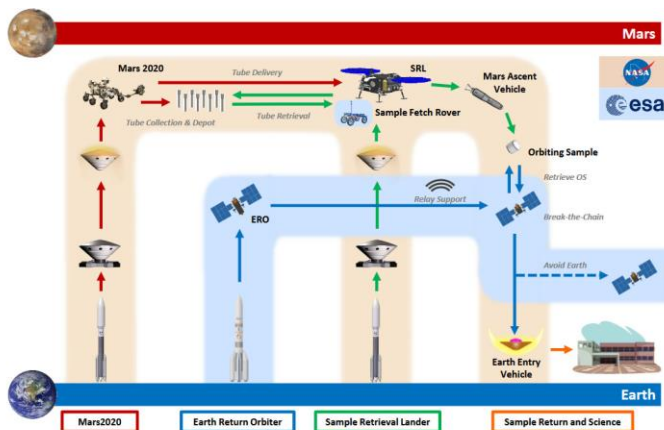


Schéma de la mission MSR NASA-ESA.

L'ensemble de la campagne de récupération des échantillons au sol aura duré un an (août 2028 - août 2029). Pour le rendez-vous orbital MAV / ERO, les deux engins disposeront de quatre mois pour réussir cette opération (d'août à novembre 2029).

En décembre 2029, ERO s'éloignera progressivement de l'orbite basse de Mars à l'aide de sa propulsion ionique en suivant une trajectoire en spirale comme il se doit avec ce type de propulsion.

En juillet 2030 ERO échappera à l'attraction de Mars et entamera son retour vers la Terre.

En septembre 2031, la sonde spatiale survolera la Terre : au passage elle larguera la capsule (EEV) contenant les échantillons qui viendront se poser dans l'Utah.

À l'approche de la Terre, ERO relâchera le système d'entrée terrestre sur une trajectoire de retour vers le sol. Après avoir atterri dans le désert de l'Utah, en relative douceur, les échantillons seront transférés vers une installation de réception et de

conservation des échantillons du type P4 comme le Lunar Receiving Laboratory ou LRL, installation de la NASA située à Houston, abritant les 382 kg d'échantillons lunaires. En 1979 il devint le Lunar Sample Laboratory Facility ou LSLF.

Une fois les tubes à échantillons ouverts, des mesures initiales seront prises pour générer un catalogue détaillé, permettant ainsi de cibler des parties spécifiques des échantillons pour des investigations scientifiques spécialisées.

Il est à noter que le CNES a fait la demande d'une installation européenne de ce type. Ce serait une reconnaissance pour la participation européenne et en particulier pour les quelques 150 scientifiques français. Le coût estimé en est de 300 millions d'euros.

Les cinq objectifs principaux de la mission MSR sont :

- Etude de l'histoire de Mars : évolution et habitabilité ;
- Recherches de traces de vie : biosignatures (éléments chimiques liés au vivant) ;
- Géochronologie martienne : datations des sols ;
- Analyse des dangers pour l'exploration humaine ;
- Etude des ressources utilisables in-situ (dioxyde de carbone, glace etc...)

Il nous apparaît que cette mission est très complexe et avec des risques certains en particulier avec tous les rendez-vous prévus et inévitables. Par ailleurs il faudra de bonnes conditions météo : SRL doit éviter l'hiver martien et la saison des tempêtes de poussière, et, la densité de l'atmosphère de Mars doit être la plus élevée possible afin de maximiser la masse déposée sur le sol de la Planète rouge.

Souhaitons-lui bonne chance.

-D/ Une mission Nippo-Française, initiée par la JAXA avec participation du CNES, risquerait de prendre de vitesse la NASA : en effet après une annonce le 8 juin 2015, la JAXA a confirmé en 2017 qu'elle rapporterait en 2029 des échantillons de Phobos, une des deux lunes de la Planète rouge ! C'est la mission Martian Moons eXploration (MMX).

Cette mission est financée et les équipes d'industriels et de scientifiques sont au travail pour un lancement dans la fenêtre de septembre 2024, et un retour sur Terre des échantillons en septembre 2029.

Nous avons détaillé cette mission dans le bulletin n°84 de juillet 2020.

-E/ Retour d'échantillons de Phobos par une nouvelle mission russe

En janvier 2012, des scientifiques et des ingénieurs de l'Institut russe de recherche spatiale (IKI) et de NPO Lavochkin ont appelé à une nouvelle mission de retour d'échantillons appelée Fobos-Grunt-2 pour un lancement en 2020. Après les accords avec l'ESA pour le lancement d'Exomars. L'étude a été arrêtée semble-t-il. Certains instruments initialement développés pour Fobos-Grunt ont été placés dans ExoMars Trace Gas Orbiter.

Roscosmos étudierait également une proposition pour une mission internationale de retour d'échantillons de Mars appelée Mars-Grunt, qui aurait pu avoir lieu d'ici 2026. Cette mission de

retour d'échantillons martiens serait développée à partir des technologies démontrées lors de l'étude de Fobos-Grunt 2.

Enfin le 2 août 2014, l'Académie russe des sciences a déclaré que la mission Phobos-Grunt pourrait être redémarrée pour un lancement vers 2024. En août 2015, le groupe de travail ESA-Roscosmos sur la coopération post-ExoMars, a achevé une étude conjointe pour une éventuelle future mission de retour d'échantillons de Phobos, des discussions préliminaires ont eu lieu, et en mai 2015, l'Académie des sciences de Russie a soumis une proposition de budget.

Mi 2018 La NPO Lavotchkine mentionnait le programme Expeditia-M qui comprenait la sonde Phobos-Grunt-2 (Boomerang) initialement prévue pour 2024 et la sonde Mars-Grunt pour l'après-2025. Ce serait des sondes de 5 t au départ d'une orbite terrestre suite aux lancements de fusées Angara 5

A ce jour, il n'est pas aisé de faire un point technique sur ces différents projets. Cependant il y a une forte probabilité de glissement des dates de lancements à cause de manque de budgets au final.

-F/ Mission récoltes des échantillons de Mars tombés sur Terre (en particulier aux pôles)

Une autre source d'échantillons de Mars consiste en ce que l'on pense être des météorites martiennes, qui sont des roches éjectées de Mars par des impacts de petits astéroïdes et qui se sont dirigées vers la Terre.

En avril 2019, 266 météorites ont été identifiées comme martiennes, sur plus de 61 000 météorites connues. On pense que ces météorites proviennent de Mars parce qu'elles ont des compositions élémentaires et isotopiques qui sont similaires aux roches et aux gaz atmosphériques analysés par un vaisseau spatial sur Mars.



Météorite de Chassigny. (MNHN)

En France les météorites sont étudiées, entre autre, au Muséum d'Histoire Naturelle, depuis octobre 1815 - Chute de la Météorite de Chassigny (Haute Marne) de 4 kg. Actuellement le Laboratoire de l'Institut de Minéralogie Physique des Matériaux Cosmochimie du MNHN les étudie en relation avec les autres laboratoires français ou mondiaux.

Il y a trois types principaux de météorites martiennes, les Shergottites, Nakhilites et Chassignites (formant le groupe SNC) du nom des lieux des trois premières découvertes. D'autres n'appartiennent pas à ce groupe.

Les collections françaises en comportent 89 exemplaires.

Ainsi la décennie martienne qui a commencé va être très orientée « retour d'échantillons » et préparation de « l'opération Homme sur Mars ».

Dans l'attente de ce Saint Graal de l'exploration martienne, n'oublions pas cependant les neuf missions qui sont en cours dont, en particulier, Mars Global Surveyor depuis près de 15 années et Mars Express depuis 2003.

Yves Monier

Sources principales :

Wikipedia : Mars Sample Return

Site officiel Mepag /Nasa : <http://mepag.jpl.nasa.gov>

Copyright CAST (Chine) , JPL-NASA, MNHN (météorite)

Prochainement, nous évoquerons la participation AIRBUS, avec SFR et ERO, et les contraintes de protection planétaire.

