

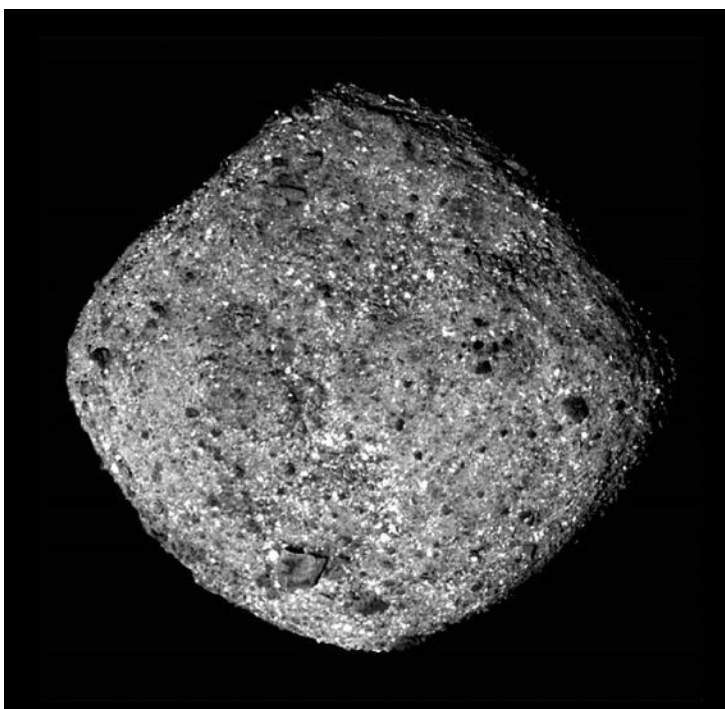
BENNU et OSIRIS-REx

(101955) **Bennu** est un astéroïde découvert en 1999. Son diamètre est d'environ 500 mètres et il décrit son orbite autour du **Soleil** en 1,2 année. Il s'agit d'un astéroïde *géocroiseur* de type **Apollo**, ceux qui croisent périodiquement l'orbite de la **Terre** et représentent un danger potentiel pour notre planète. Selon les données disponibles, il y a une probabilité cumulée d'un sur 2 700 pour que **Bennu** percute notre planète entre 2175 et 2199.



La sonde spatiale **OSIRIS-REx** (pour *Origins-Spectral Interpretation-Resource Identification-Security-Regolith Explorer*) de la **NASA**, lancée le 8 septembre 2016, a réussi à atteindre **Bennu** et à se satelliser autour de lui en 2018. Son but : rapporter sur **Terre**, durant le premier semestre 2023, un échantillon d'au moins 60 grammes du sol de **Bennu** aux fins d'analyse.

Car **Bennu** est un objet très ancien renfermant des minéraux hydratés et de la matière organique, le tout du plus grand intérêt pour tenter de comprendre l'origine et le développement de la vie sur notre planète.



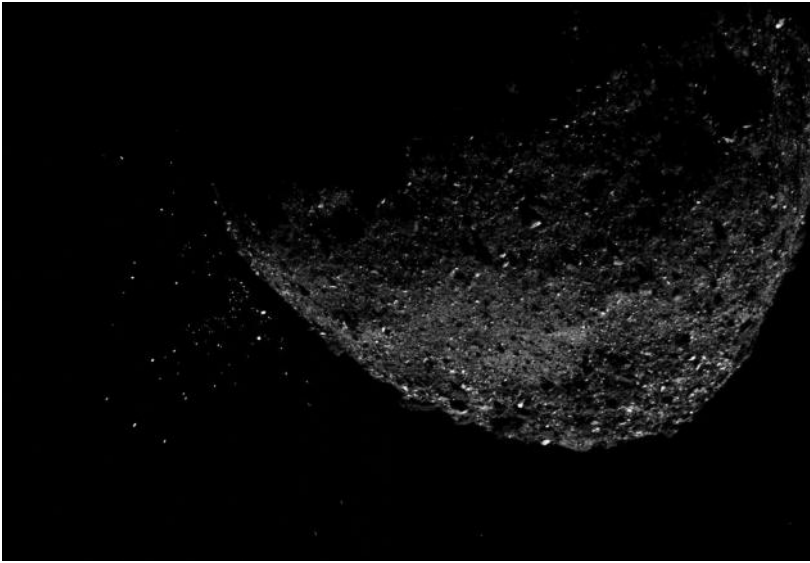
© NASA/Goddard/University of Arizona

Avant de tenter le prélèvement de l'échantillon, **OSIRIS-REx** étudie en détails son astéroïde et nous a déjà transmis de nombreuses données, dont certaines surprenantes :

– alors que les spécialistes tablaient sur une surface à peu près lisse recouverte de particules d'un diamètre de l'ordre du centimètre, la surface de **Bennu** présente une grande diversité. L'albédo, la texture, la taille des particules et la rugosité de la surface ne sont pas celles pour lesquelles la sonde spatiale a été conçue. La stratégie de prélèvement d'échantillons reposait sur l'existence de zones de 50 mètres de diamètre, recouvertes de

Bennu vu par **OSIRIS-REx** lors de l'arrivée de la sonde, début décembre 2018.

*régolithe*¹ avec des grains d'un diamètre de l'ordre de deux centimètres. Mais les images prises par les caméras montrent une surface chaotique avec seulement un petit nombre de zones dégagées de tout relief, dont le diamètre ne dépasse pas 5 à 20 mètres;



– on a constaté l'éjection épisodique de particules (11 événements entre le 11 janvier et le 8 février 2019);

Surprise: des bouffées de particules (bien visibles à gauche sur cette image du 6 janvier 2019), sont périodiquement éjectées par l'astéroïde; ce qui ajoute **Bennu** à la douzaine d'astéroïdes actifs connus à ce jour et confirme que la frontière entre astéroïdes et comètes est loin d'être aussi nette que ce que l'on pensait il y seulement quelques années.

– comme prévu, **Bennu** a la forme d'une toupie (avec un renflement équatorial dû à la grande vitesse de rotation), mais une densité étonnamment faible, celle d'un amas de débris seulement liés par la faible gravité, avec près de 60% de vide;

– les minéraux hydratés (des phyllosilicates) et la magnétite sont abondants, comme dans les rares météorites CM;

– la rotation de **Bennu**, actuellement de quatre heures, est en accélération faible (sa période de rotation se réduit d'une seconde tous les 100 ans) mais constante, sans doute à cause de l'effet **YORP**² (une interaction avec le rayonnement solaire);

– son albédo est très faible puisqu'il ne réfléchit que 4,6% de la lumière reçue du **Soleil**, ce qui le fait ressembler à un tas de poussières d'anthracite.

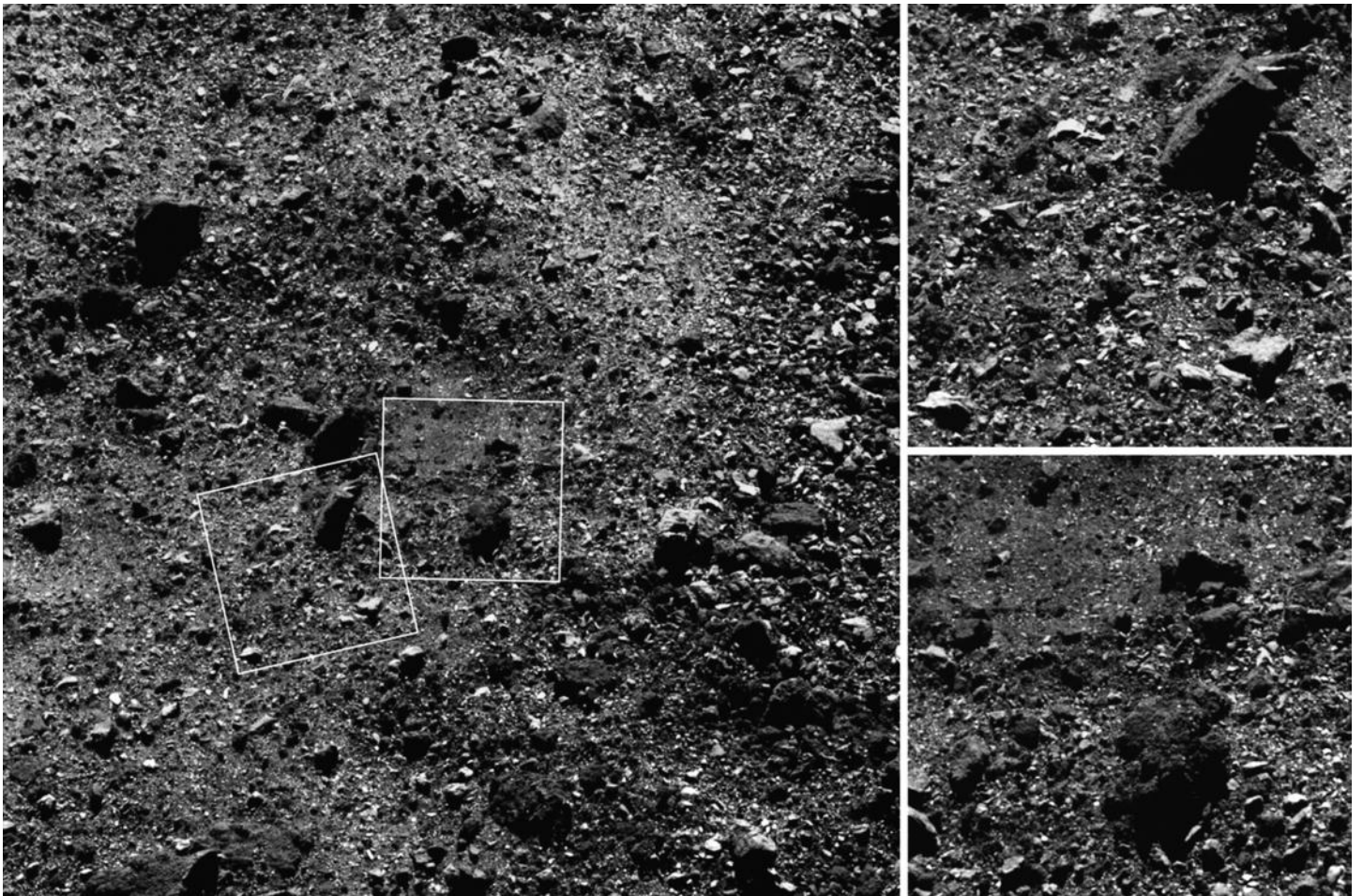
Il faut savoir que *Bénou*, dans la mythologie égyptienne, était l'oiseau représentant l'âme du dieu solaire **Rê** et, durant l'Ancien Empire, il était représenté sous l'apparence d'une bergeronnette printanière couronnée de la coiffure d'**Osiris** ou du disque solaire; sous le Nouvel Empire, il prit l'apparence d'un héron cendré. C'est pourquoi, le 8 août 2019, l'**Union Astronomique Internationale** a décidé de baptiser les principales caractéristiques du relief de **Bennu** de noms d'oiseaux réels ou mythologiques.

Fin août 2019, l'équipe scientifique a sélectionné quatre sites d'atterrissage potentiels présentant un intérêt scientifique (présence de minéraux hydratés et de matériaux riches en carbone,...) et comportant du régolithe et des roches de moins de 2,5 centimètres de diamètre (taille compatible avec le fonctionnement du système de prélèvement TAGSAM). Deux de ces sites se trouvent près de l'équateur, et deux autres sont plus proches des pôles:

– **Kingfisher** (*martin-pêcheur*) est situé près du renflement équatorial et contient des matériaux provenant à la fois des hémisphères nord et sud. C'est un petit cratère relativement jeune, qui doit donc contenir des matériaux qui n'ont pas été altérés par leur exposition à la surface depuis très longtemps. Des quatre sites, c'est celui où la signature spectrale de l'eau est la plus forte;

– **Osprey** (*balbuzard*) situé 32 degrés à l'est de **Kingfisher**, présente la signature spectrale du carbone la plus forte. On y trouve plusieurs types de roches, avec une grande variété d'albédos et de couleurs, ainsi qu'une grande plaque de régolithe sombre qui présente un grand intérêt;

– **Sandpiper** (*chevalier guignette*) est situé à la latitude 47° sud. Les environs sont caractérisés par la présence de rochers et des pentes importantes qui peuvent rendre le prélèvement risqué. L'intérêt du site est lié à l'existence de deux cratères d'impact récents qui ont mis à nu des matériaux provenant du sous-sol faiblement altérés. On y trouve des minéraux hydratés et des matériaux de brillance variée indiquant des sources diversifiées;



Une partie de l'hémisphère nord de **Bennu** photographiée par **OSIRIS-REx** depuis une altitude de 1 800 mètres. L'image de gauche représente une région de 180 mètres de large qui renferme des rochers de taille impressionnante. À droite, les agrandissements des deux régions encadrées, de 31 mètres de côté chacune; en haut, on distingue un gros rocher, de la taille approximative d'une baleine à bosse et, en bas, une région exempte de gros blocs baptisée « *l'étang* ».

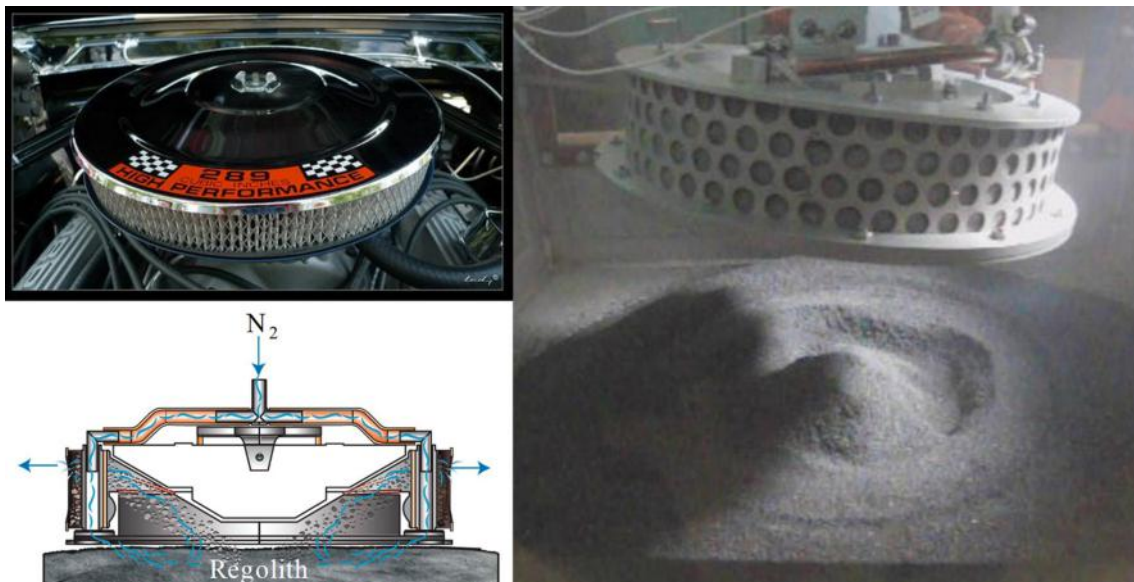
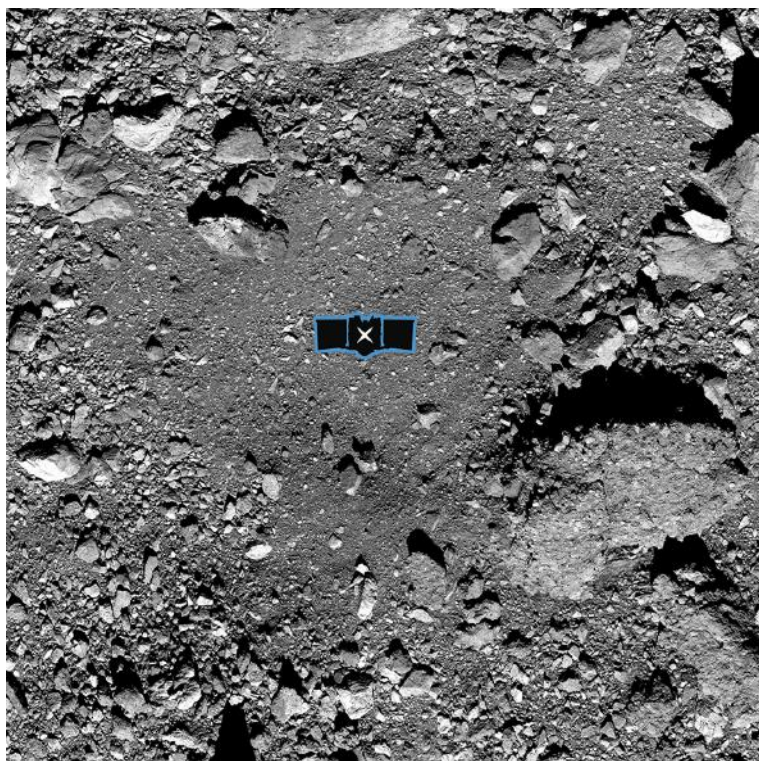


Schéma en coupe et photos du système de prélèvement TAGSAM. Ce système utilise un bras articulé à l'extrémité duquel se situe le système de prélèvement, constitué d'un cylindre plat perforé à sa base. Pour effectuer le prélèvement, la sonde s'approche à faible vitesse à la verticale du site retenu. Au moment du contact avec le sol, qui dure seulement 5 secondes, un ressort situé sur le bras amortit le choc. Une bouffée d'azote est expulsée par des trous perforés sur le pourtour du cylindre pour soulever le régolithe. Celui-ci, chassé par le gaz, se soulève. Il pénètre dans des compartiments qui se sont soulevés sous la poussée des gaz. L'objectif est de prélever au moins 60 grammes, mais le système permet d'en prélever jusqu'à 2 kilogrammes. Une fois le prélèvement réalisé avec succès, la tête de prélèvement est stockée dans la capsule de retour d'échantillon

– **Nightingale** (*rossignol*) est situé à mi-chemin de l'équateur et du pôle nord (latitude 56°) et comprend une grande quantité de matériaux d'une granularité fine, qui en fait un endroit adapté au prélèvement d'un échantillon. Le régolithe présente de grandes variations de couleur qui indiquent qu'il est composé de matériaux très variés.

C'est ce dernier site qui a été choisi en décembre 2019.



Le site baptisé **Nightingale** (*le rossignol*) qui a été sélectionné par la **NASA** pour le prélèvement de l'échantillon de sol, prévu pour le deuxième semestre 2020.

La silhouette d'**OSIRIS-REx** a été superposée sur l'image, à l'échelle au moment du prélèvement.

Deux répétitions de la séquence d'atterrissage vont se dérouler entre janvier et juin 2020. La descente vers le sol ne sera interrompue que lorsque la distance ne sera plus que de 30 mètres. L'objectif de ces répétitions est de vérifier qu'**OSIRIS-REx** peut étendre le bras du système de prélèvement, valider le fonctionnement des communications avec la **Terre** durant la descente et vérifier que le système de contrôle d'attitude parvient à maintenir le système de prélèvement perpendiculaire à la surface.

Le prélèvement lui-même est prévu pour le second semestre 2020. Une fois la masse de l'échantillon mesurée, celui-ci sera stocké dans une capsule.

En mars 2021, **OSIRIS-REx** devrait quitter le voisinage de l'astéroïde. Il modifiera alors sa vitesse de 0,32 km/s à l'aide de sa propulsion pour se placer sur une trajectoire balistique permettant un rendez-vous avec la **Terre** en septembre 2023. Quatre heures avant d'atteindre la planète, la capsule contenant l'échantillon sera larguée. Elle pénétrera dans l'atmosphère terrestre à une vitesse de 12,4 km/s. La capsule sera freinée dans les couches supérieures de l'atmosphère : 99% de son énergie cinétique devrait être dissipée sous la forme de chaleur, portant son bouclier thermique à des températures atteignant plusieurs milliers de degrés. À environ 3 kilomètres du sol, un parachute sera déployé et la capsule devrait effectuer un atterrissage en douceur dans le Polygone de test et d'entraînement de l'**Utah** le 24 septembre 2023.

1. Le *régolithe* est la partie du sol recouvrant la roche-mère, qui peut contenir du matériel meuble, comme de la poussière ou de la terre. Il désigne, sur les planètes sans atmosphère ou les satellites naturels, la couche de poussière produite par l'impact des météorites à la surface.

2. L'effet **Yarkovsky-O'Keefe-Radzievskii-Paddack**, abrégé effet **YORP**, est un phénomène qui explique les modifications de la vitesse de rotation de certains astéroïdes relativement petits. C'est **Ivan Yarkovsky** qui, au XIX^e siècle, remarqua que le rayonnement infrarouge émis par un corps chauffé par le **Soleil** emportait une partie de la quantité de mouvement de ce corps, affectant ainsi son mouvement.