

Le nouveau site de Pour la Science est en ligne !

www.pourlascience.fr

Avec son nouveau site Internet, *Pour la Science* vous offre plus de contenu, plus de services, plus d'interactivité.

➔ Vous êtes abonné à *Pour la Science* ?

Retrouvez l'intégralité de votre magazine en ligne et téléchargez les articles de votre choix. Réagissez aux articles et posez vos questions à des experts. Découvrez chaque jour des contenus inédits.

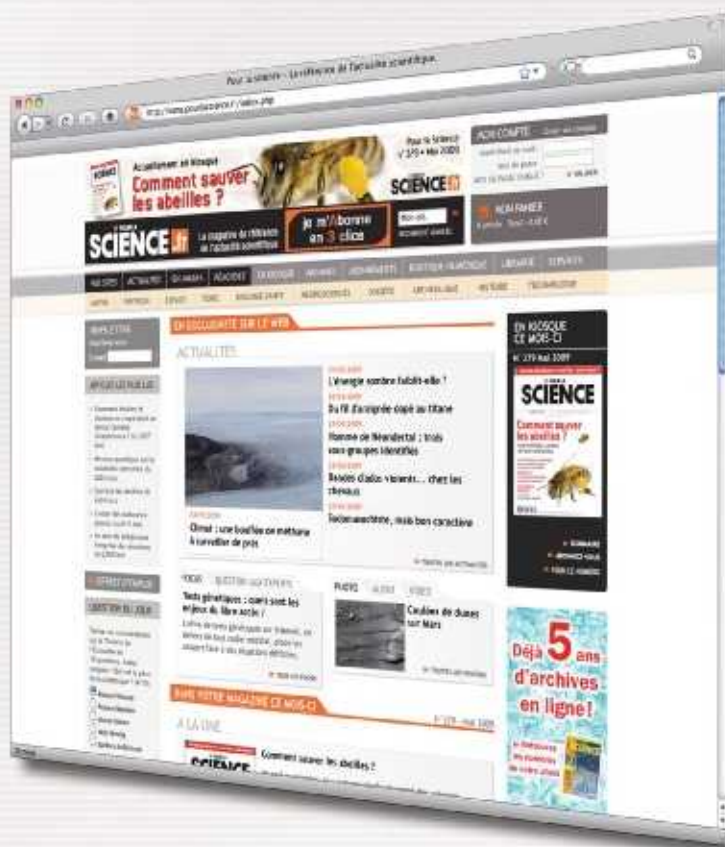
➔ Vous n'êtes pas encore abonné à *Pour la Science* ?

Découvrez chaque jour des actualités scientifiques, des articles originaux, des photos, des vidéos...
Achetez les articles de votre choix.

➔ Abonnez-vous en ligne en trois clics !

L'abonnement « papier » vous donne accès au magazine imprimé et à tous les contenus web.
L'abonnement « web » vous donne accès à votre magazine au format numérique.

➔ Et bientôt l'accès en intégralité aux archives !



À bientôt sur

POUR LA
SCIENCE.fr

Les cratères de météorites

Pierre Vincent

Les cratères d'impacts météoritiques sont produits par des explosions, qui laissent des signatures géologiques et minéralogiques caractéristiques.

En 1995, de retour à N'Djamena, la capitale tchadienne, après une mission au Tibesti, je découvre par hasard une image satellitaire de l'Ennedi. Sur ce plateau gréseux situé au Nord-Est du Tchad, on distingue une structure circulaire d'une quinzaine de kilomètres de diamètre dotée d'un important relief central. Un astroblème ? En d'autres termes, un cratère d'impact météoritique ? L'étude en France de photos aériennes réalisées par l'Institut géographique national et l'armée de l'air confirme l'intérêt d'une mission sur le terrain afin de tester cette hypothèse. Grâce à Alain Beauvilain, un géographe bon connaisseur du Tchad, où il réside alors, elle a lieu l'année suivante. La structure n'est qu'à 35 kilomètres au Nord-Est de la palmeraie de Fada, mais la présence d'une zone minée nous empêche d'y parvenir avant cinq jours. Nous constatons sur place que les roches du relief central

– des brèches – plaident en faveur d'un impact, mais n'en constituent pas une preuve suffisante. Outre d'éventuels restes de météorite – mais ils sont toujours absents dans les grands cratères –, la seule preuve irréfutable de la réalité d'un impact est la présence d'un métamorphisme de choc, c'est-à-dire d'une transformation des minéraux ou des roches due aux pressions et aux températures extrêmes d'un impact.

Pressions extrêmes

Or, de retour à Clermont-Ferrand, nous découvrons que nombre des échantillons rapportés du Tchad contiennent des quartz choqués. On désigne ainsi des cristaux de quartz, qui, sous l'influence de la pression énorme ayant brièvement régné pendant un choc, ont acquis le long de certains plans cristallins de très fines lamelles amorphes (non cristallines).

Depuis, le cratère de Gweni-Fada a été homologué par la base internationale de données des impacts maintenue par le Centre de sciences spatiale et planétaire de l'Université du Nouveau-Brunswick au Canada. Il suffit de taper les mots-clés *Gweni Fada crater* dans le logiciel *Google Earth* pour le contempler.

Du reste, l'importance des images satellitaires dans la découverte de possibles cratères à la surface de la Terre ne cesse de se confirmer. En 2005, Arthur Hickman du Service géologique australien a découvert à l'aide de *Google Earth* une structure ronde à l'Est de l'Australie. Sur le site internet, elle est déjà présentée comme un « probable cratère météoritique nouvellement découvert », et il suffit d'y taper *Hickman crater* pour l'observer. Elle est actuellement en voie d'homologation, après la découverte sur place d'impactites, c'est-à-dire de roches transformées par un impact météoritique...



© Sanford Altano/Corbis

Ces deux cas sont typiques de la prudence, mais aussi de la vitesse avec laquelle progresse l'impactologie, c'est-à-dire l'étude des impacts météoritiques. Dans cette science jeune et faisant appel à de nombreux domaines des sciences de la Terre et de l'Univers, on repère de plus en plus souvent une structure candidate grâce à l'imagerie satellitaire – et à la chance ! –, puis on confirme son éventuelle nature météoritique par une scrupuleuse étude géologique du terrain et par des examens de laboratoire, afin de trouver des preuves minéralogiques irréfutables d'un métamorphisme de choc. Après avoir évoqué la naissance de l'impactologie, nous expliquerons ici le processus physique de la formation d'un cratère d'impact météoritique, et quelles structures et roches reconnaître pour identifier à coup sûr la réalité d'un impact.

L'étude des cratères débute en 1609, quand Galilée, pointant sa lunette sur la

Lune, remarque l'omniprésence de structures circulaires. Par des méthodes ingénieuses, il montre qu'il s'agit de dépressions pourvues ou non de reliefs centraux, dont il parvient même à estimer la hauteur. L'illustre physicien ne propose aucune explication sur l'origine de ces structures, mais il pose un problème, qui reste ensuite un sujet récurrent chez ses successeurs : les cratères sont-ils des vestiges d'impacts ou de volcans ?

L'hypothèse des volcans

Toutefois, au cours des siècles qui suivent les découvertes de Galilée, les géologues tendent à voir un volcan dans tout cratère. On les comprend : les hommes ont souvent vu se former des cratères volcaniques, mais jamais de cratères d'impact...

C'est cette persistance dans l'interprétation des cratères lunaires qui explique

L'ESSENTIEL

✓ Parce que les cratères d'impact étaient pris pour des volcans, l'étude des impacts, l'impactologie, n'a vraiment commencé qu'au XX^e siècle.

✓ L'impact d'une météorite se fait en trois étapes – compression, excavation, modification –, qui expliquent la forme du cratère.

✓ Les caractéristiques des roches d'impact – les impactites – dépendent de la masse et de la vitesse de l'impacteur et de la nature des terrains où il explose.

pour une large part l'étonnant retard qu'a pris l'impactologie. Très tôt, pourtant, des géologues remarquent que contrairement aux cratères de la Lune, les cratères volcaniques terrestres ne se rencontrent que dans certaines régions. Dès lors, pourquoi sont-ils omniprésents sur la Lune? Et pourquoi sont-ils toujours circulaires, rétorquent les partisans de la thèse volcanique? Les impacteurs arrivant *a priori* de l'espace sous tous les angles possibles, ils ne peuvent que laisser des traces elliptiques, comparables à celles des boulets de canon. Longtemps, cet argument passa pour imparable. Depuis, on a appris que pourvu qu'elle ait une masse suffisante (de l'ordre de 100 tonnes), une météorite hypervélocité ne heurte pas le sol comme un boulet, mais y explose comme un obus! C'est pourquoi son arrivée produit un cratère circulaire. Ensuite vinrent les missions *Apollo*, et s'imposa la certitude que les cratères lunaires sont principalement dus à des impacts.

La même polémique s'est longtemps poursuivie à propos des astroblobes terrestres. Le cas historique du *Barringer Meteor Crater* en Arizona l'illustre bien. Ce cratère, qui porte le nom du pionnier de l'impactologie D. Barringer, est une structure cir-

culaire de 1100 mètres de diamètre et de 145 mètres de profondeur, dont les flancs dominent le désert environnant de 45 mètres. Ses couches sont rebroussées vers l'extérieur, voire déversées. À l'extérieur du cratère et jusqu'à environ sept kilomètres, le sol est jonché de milliers de fragments d'une météorite de fer.

Dès 1903, et malgré l'avis contraire des scientifiques, Barringer est convaincu que cette dépression résulte de l'impact d'une météorite métallique de dix millions de tonnes. Un trésor minier, donc. Pendant 20 ans, il fait des forages pour atteindre le corps métallique géant qu'il pensait trouver sous les dépôts du fond. C'est un échec, bien qu'il ait atteint 450 mètres de profondeur, ce qui conforte ceux qui doutent de son interprétation.

Seul contre tous

Toutefois, en 1929, l'astronome F. R. Moulton lui donne raison : il démontre par le calcul que l'impact d'une météorite peut produire une explosion capable de créer un tel cratère. Un détail toutefois désespère Barringer : l'énergie mise en jeu est telle que, selon l'astronome, la matière qui

constitue la météorite a certainement été volatilisée au moment de l'impact. En outre, d'après ses calculs, un corps de 500 000 tonnes se déplaçant à 10 kilomètres par seconde seulement aurait suffi à produire le cratère. Puisque son énergie cinétique croît comme le carré de sa vitesse, s'il avait une vitesse double, une masse quatre fois inférieure aurait suffi... Pour Barringer, c'est une catastrophe. En recherchant la précieuse masse de métal de la météorite, il s'est ruiné et a ruiné ses associés. Quelques jours après avoir pris connaissance des résultats de Moulton, il est emporté par une attaque cardiaque... Sur le plan scientifique, pour autant, c'est un succès. Dans les années qui suivent la mort de Barringer, la plupart des scientifiques admettent qu'il avait raison. Son erreur est d'avoir surestimé le freinage de l'atmosphère, ce qui l'a conduit à surestimer la masse de l'impacteur...

Après la mort de Barringer, les études suscitées par la controverse du *Meteor Crater* se sont poursuivies, mais comme elles étaient dispersées, elles n'ont guère atteint les géologues. Ce n'est qu'en 1989 que Jay Melosh publia un ouvrage, qui, pour la première fois, faisait une synthèse de

METEOR CRATER : PROTOTYPE DU CRATÈRE SIMPLE



Le *Barringer Meteor Crater* est l'un des rares cratères simples bien conservés de la Terre. Il s'est formé, il y a quelque 50 000 ans, lors de l'arrivée d'une météorite ferreuse sur le plateau sédimentaire du Colorado. D'environ 150 000 tonnes, la masse résiduelle de ce corps se déplaçait d'une dizaine de kilomètres par seconde suivant un axe incliné de 80 degrés par rapport au sol lorsqu'elle a heurté un empilement de grès, de calcaire, de dolomite et de sédiments argileux (a). Les ondes de choc produites par la compression de ce corps (b) se sont propagées dans les strates rocheuses (c), qu'elles ont d'abord réduites en un magma ultrachaud, puis rejetées sur les côtés (d) tandis qu'une partie de la masse comprimée par le choc était éjectée



sur les côtés (e). La collision aurait dégagé une énergie équivalente à 150 fois celle de la bombe d'Hiroshima, éjectant 175 millions de tonnes jusqu'à 260 kilomètres, mais pour l'essentiel à quelques kilomètres. En a résulté un cratère en forme de bol de 1100 mètres de diamètre et de plus de 145 mètres de profondeur à partir de bordures dominant le désert d'environ 45 mètres.

Les cratères simples bien conservés sont rarissimes sur la Terre, car l'érosion les fait disparaître vite à l'échelle géologique, mais on les dénombre par milliers sur la Lune et d'autres astres. Premier astroblob identifié comme tel, le *Meteor Crater* est le cratère simple terrestre ayant suscité le plus de travaux scientifiques.

