

## 12. Âge du cratère



Comme peut le voir tout visiteur, le cratère est particulièrement bien préservé. Bien que le cratère présente des parois recouvertes par un talus d'éboulis en contrebas ainsi qu'un fond tapissé de sédiments à grain plus fin, il possède encore les bords escarpés d'une structure relativement intacte. C'est la raison pour laquelle il s'est toujours vu attribuer un jeune âge. En effet, Barringer (1905) a avancé un chiffre compris entre 2000 et 3000 ans, à peine plus vieux que les cèdres (genévriers) de 700 ans présents sur la bordure. De même, Tilghman (1905) a fait observer que le cratère semblait dater d'hier et qu'il devait remonter à moins de 10 000 ans, sans doute à moins de 5000 ans.

Néanmoins, il s'est avéré difficile de déterminer l'âge exact de cette dépression. Même avec l'utilisation de techniques modernes, le problème de l'âge demeurait difficile à résoudre. La collision n'a pas engendré d'énormes quantités de matière fondue par l'impact susceptibles d'être analysées à l'aide des systèmes isotopiques (*par exemple*, la méthode de datation  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ ) souvent appliqués à d'autres roches ignées, notamment les matériaux fondus par l'impact. Par ailleurs, la formation trop récente du cratère rend inutile le recours à la plupart de ces systèmes radiométriques parce qu'ils impliquent des demi-vies trop longues. En ce sens, de nombreuses tentatives précoces pour établir l'âge de la cavité reposaient sur des études de l'érosion et de la sédimentation.

Dans un document intitulé « The Age of Meteor Crater », Blackwelder (1932) a analysé l'épaisseur des sédiments lacustres situés à l'intérieur du cratère, la quantité d'alluvions et de débris à grain plus fin présents sur les pentes de la cavité et au fond de celle-ci, les ravins creusés dans les dépôts du cratère, et la formation de figures de dissolution des blocs de calcaire éjectés. En se fondant sur ces critères, il a jugé que cette dépression remonte entre 40 000 et 75 000 ans. Comme décrit plus en détail ci-dessous, il pourrait s'agir d'une estimation extrêmement précise.

À peu près au même moment, Jakosky *et al.* (1932) ont effectué des relevés électriques et magnétiques du cratère. Au cours de cette recherche, outre l'épaisseur des couches lacustres qui reposent sur le fond du cratère, ils ont étudié les résidus de déflation formant des concrétions sur les surfaces des formations de Coconino et de Kaibab qui couvrent le bord du cratère. De même, une attention particulière a été prêtée aux petits bassins remplis de sédiments issus d'éjecta érodés. Ils ont affirmé que les « escarpements d'apparence fraîche » n'ont, en réalité, pas été formés récemment mais au contraire « résultent de siècles d'érosion ». Ils ont également souligné que l'épaisseur de la Formation de Moenkopi enfouie sous les formations de Kaibab et de Coconino

dans les parois du cratère dépasse largement celle de la Formation de Moenkopi présente sur les plaines avoisinantes. Toujours selon eux, il a fallu un certain temps pour éroder jusqu'à 40 pi<sup>1</sup> de Formation de Moenkopi sur les plaines. Nous savons à présent que ce dernier argument ne tient pas parce que la Formation de Moenkopi est épaissie par un flanc inverse d'un pli se trouvant dans les parois du cratère. Par conséquent, l'érosion n'est pas à l'origine de cette divergence. Pourtant, compte tenu de l'ensemble de ces critères, ils ont déduit que l'excavation du cratère remonte à des dizaines de milliers d'années, sans doute environ 50 000 ans.

Shoemaker (1960, 1974) a comparé les alluvions pléistocènes et holocènes qui recouvrent la couronne d'éjecta avec les dépôts situés partout ailleurs sur le plateau du Colorado. S'appuyant sur ces rapprochements, il a évalué (Shoemaker, 1974) l'âge du cratère à « quelques dizaines de milliers d'années, comme l'attestent les plus anciens dépôts sédimentaires du Wisconsinien moyen qui sont observés sur le bord et à l'intérieur de cette dépression. » Il a chiffré ces propos avec des estimations faisant état d'une fourchette de 20 000 à 30 000 ans et d'un âge de 25 000 ans avec une incertitude de 5000 ans (Shoemaker, 1983), ce qui correspond aux valeurs qu'il a utilisées pendant plus d'une décennie. Il est possible que son jugement ait été influencé par le premier âge radiométrique de la matière présente dans le cratère. Ives *et al.* (1964) ont dégagé un âge radiocarbone pour des coquilles issues d'une halde se trouvant à proximité du puits principal du cratère. L'âge déterminé était de 24 000 ans avec une incertitude de 2000 ans. Les coquilles provenaient, semble-t-il, de la partie basale des sédiments lacustres. En posant l'hypothèse que les sédiments lacustres s'étaient déposés aussitôt après la création de la dépression, les chiffres avancés indiquaient l'âge du cratère. Cependant, dans le cas où le lac ne s'était pas formé directement ou les coquilles étaient originaires d'un niveau supérieur dans les sédiments lacustres, cette date ne pourrait correspondre qu'à un âge minimum pour le cratère.

Ces dépôts de coquilles et autres fossiles présents dans les sédiments lacustres fournissent des indices supplémentaires sur l'âge du cratère grâce aux corrélations établies avec les assemblages fossiles trouvés dans d'autres régions et découlant de divers phénomènes climatiques. Toutefois, les résultats sont équivoques (Reger et Batchelder, 1971 ; Forester, 1987) et ne seront pas abordés plus en détail dans ce guide. En outre, une première analyse du pollen issu de la partie inférieure des sédiments lacustres (Davis et Kring, 2002) a révélé un assemblage analogue à ceux observés dans les sédiments de 50 000 ans retrouvés dans le lac *Walker*, près de Flagstaff. Il s'agit toutefois davantage d'une mesure des conditions climatiques que d'un indicateur diagnostique de l'âge.

Les efforts déployés pour évaluer l'âge du cratère ont repris au milieu des années 1980 lorsque

---

<sup>1</sup> N.d.T. : soit environ 12 m.

Sutton (1985) a déterminé, grâce à la thermoluminescence, les âges des roches affectées par le métamorphisme de choc. D'après ses estimations, le cratère remonte à 49 000 ans avec une incertitude de 3000 ans. Des âges semblables ont rapidement été déterminés grâce à des nucléides cosmogéniques qui ont permis d'évaluer le temps d'exposition des rochers présents sur le bord du cratère. Dans des articles parus consécutivement, Phillips *et al.* (1991) et Nishiizumi *et al.* (1991) ont communiqué respectivement des âges de 49 700 ans avec une incertitude de 850 ans, ainsi qu'un âge de 49 200 ans avec une incertitude de 1700 ans. Compte tenu de la remarquable concordance existant entre ces trois études indépendantes, il est largement admis que le cratère date de 49 000 ou 50 000 ans.

Les âges obtenus grâce aux nucléides cosmogéniques sont remis en question en raison des progrès qui ont été accomplis en matière d'estimations des constantes et facteurs d'échelle de production indispensables aux calculs. Le réétalonnage des taux de production constituait un vaste projet de consortium appelé « Cosmic-Ray Produced Nuclide Systematics on Earth » ou « CRONUS » (Borchers *et al.*, 2016). Lorsque cette entreprise était en cours, nous étions de nouveau occupés à étudier les conclusions sur l'âge déterminé grâce l'isotope  $^{36}\text{Cl}$  qui avaient été émises par Phillips *et al.* (1991). Les fissures des spécimens originaux ont été examinées au moyen de techniques modernes. Les valeurs mesurées se rapprochaient fortement des valeurs de départ. Cependant, l'application d'une version préliminaire des taux de production révisés a donné lieu à un âge plus avancé de 56 000 ans avec une incertitude de 2400 ans, ce dont nous avons rendu compte en 2010 à la réunion de la *Meteoritical Society* (Marrero *et al.*, 2010).

Malheureusement, les taux de production finaux établis par le projet CRONUS n'ont pas encore été appliqués aux données sur l'isotope  $^{36}\text{Cl}$ , ni aux mesures des isotopes  $^{10}\text{Be}$  et  $^{26}\text{Al}$  effectuées par Nishiizumi *et al.* (1991). J'ai été informé (Kuni Nishiizumi, communication personnelle, 2017) que l'écart par rapport à l'âge initial de 49 000 ans ne sera pas aussi important pour le système  $^{10}\text{Be}$ - $^{26}\text{Al}$  comme cela semble être le cas pour l'isotope  $^{36}\text{Cl}$ . Par conséquent, à l'heure actuelle, je préconise de maintenir vis-à-vis du public l'âge du cratère à 50 000 ans, mais je tiens à faire remarquer que l'amélioration des techniques géochronologiques pourrait mettre à jour des âges légèrement plus avancés.

Des projets ont été mis sur pied afin de trouver d'autres manières de déterminer un âge. Le premier projet concerne des nids de rats du genre *Neotoma* qui sont dispersés dans les fissures des parois du cratère. Les nids de *Neotoma* ont constitué d'excellentes sources d'informations relatives à l'âge et au climat ailleurs sur le plateau du Colorado. Les échantillons adéquats seront recueillis afin de dater ces dépôts, lesquels donneront des indications supplémentaires sur l'âge minimum du cratère. En outre, des prélèvements de la séquence fossile se trouvant dans les sédiments lacustres

seront de nouveau effectués. Cependant, ce travail est retardé jusqu'à ce que les parois du puits principal et/ou du puits numéro 2 (aussi appelé « puits scientifique ») situé (s) au fond du cratère puissent être stabilisées. Des activités de collecte de fonds sont actuellement menées afin que les puits puissent être reboisés et transformés en centres permanents de recherche et d'enseignement.

Afin de délimiter l'âge du cratère, j'ai envisagé de me servir de l'épaisseur des croûtes carbonatées (caliches) qui sont disposées autour des débris éjectés. Bien que ce procédé ait été appliqué dans le sud-ouest des États-Unis (Amoroso, 2006), les incertitudes quant aux taux de production des caliches sont trop nombreuses pour établir avec plus de précision la date de formation du cratère. À titre d'exemple, j'ai mesuré des couches de caliche d'une épaisseur variant entre 0,3 et 0,5 mm au milieu de galets et de pavés observés dans la couronne d'éjecta (*par exemple*, Cernok et Kring, 2009, voir également la figure 15.6). En appliquant la courbe d'étalonnage d'Amoroso (2006) à la couche de caliche la plus épaisse (0,5 mm), j'obtiens un âge de 54 000 ans avec une incertitude positive de 10 000 ans et une incertitude négative de 8000 ans. Néanmoins, je constate également que deux des points de données utilisées pour le calcul de cette courbe d'étalonnage présentent des âges variant entre 20 000 et 90 000 ans pour les épaisseurs de croûte de 0,5 mm. Une méthode récemment mise au point doit encore être appliquée. Il s'agit d'une technique connexe qui consiste à corréliser les variations des isotopes de carbone et d'oxygène avec la géochronologie U-Th dans des couches de carbonates « pedothems »<sup>2</sup> (*par exemple*, Oerter *et al.*, 2016).

Un travail également en cours vise à établir l'âge des cendres volcaniques qui se sont déposées dans le cratère. Les dépôts de cendres sont tombés dans la cavité lorsqu'un lac la remplissait et après que ce dernier s'est asséché (chapitre 14). Si ces efforts aboutissent, ils permettront d'attribuer un âge minimum au cratère. De même, ils faciliteront l'étalonnage de la chronologie des phénomènes géologiques qui ont contribué à façonner le cratère observé aujourd'hui.

---

<sup>2</sup> N. d. T. : Terme grec composé de *pedon* qui signifie « sol » et de *théma* qui signifie « dépôt » (Oerter *et al.*, 2015), désignant des couches blanches formées par l'accumulation continue de minéraux dans le sol et ressemblant à des anneaux de croissance (Dvorksy, G., 2016).

Source : OERTER ET AL., (2015), *Pedothem carbonates record the aridification of the Atacama Desert*. Retrieved online from [http://www.geology.wisc.edu/~wiscsims/hires2015/pdfs/talks/HiRes2015\\_06021130\\_Oerter.pdf](http://www.geology.wisc.edu/~wiscsims/hires2015/pdfs/talks/HiRes2015_06021130_Oerter.pdf), accessed on 25 June 2018.

Source : DVORKSY, G., (2016), "Rock rings reveal surprising new insights about North America's climate past". Retrieved online from <https://gizmodo.com/rock-rings-reveal-surprising-new-insights-about-north-a-1752556296>, accessed on 25 June 2018.