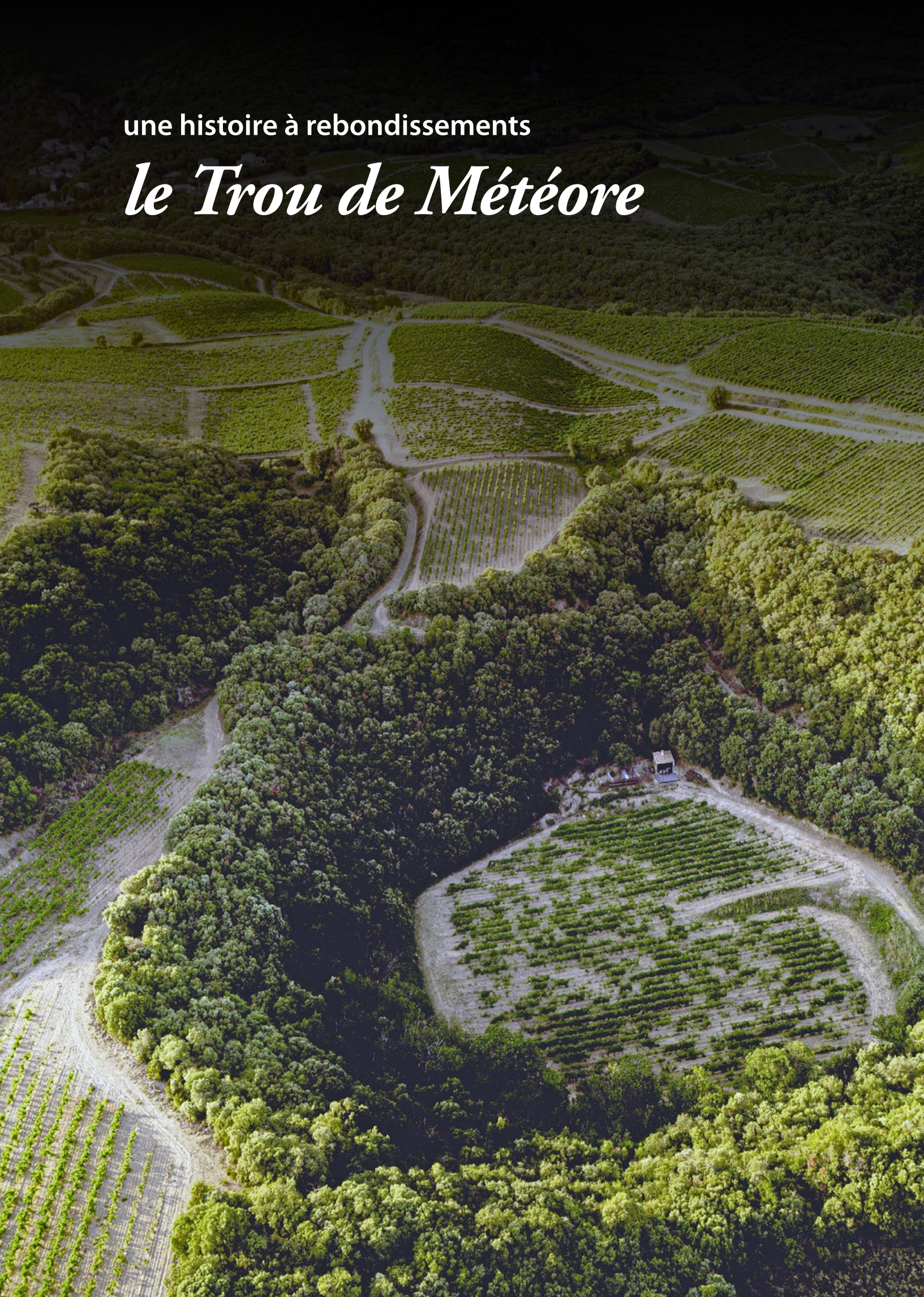


une histoire à rebondissements

le Trou de Météore



En vue aérienne, le site, un kilomètre au sud-sud-est du village de Cabrerolles, apparaît comme une parcelle cultivée circulaire auréolée d'une sombre ceinture boisée. Au sol, on découvre une dépression d'un diamètre supérieur de 210 mètres en moyenne, profonde de 30. Le fond plat est tapissé d'une vigne de syrah, les flancs abrupts d'un bois de Chênes verts. S'agit-il d'une doline, forme caractéristique de l'érosion des calcaires en milieu karstique? Faut-il y voir une origine volcanique? Doit-on plutôt s'orienter vers un cratère météoritique comme l'affiche fièrement le nom du proche domaine viticole? La question a longtemps fait débat.

Un siècle de rebondissements

En 1947, Bernard Gèze, alors en pleine préparation d'une monumentale thèse de géologie sur la Montagne Noire¹, donne la première description sommaire des « dolines du Clot de Cabrerolles et de la Gare de Faugères »². S'il ne prend pas parti quant à leur genèse, il estime que « ni la corrosion, ni l'érosion suivant les formules classiques ne semblent expliquer leur présence ».

Après un examen de ces curieuses formes, en vues aériennes stéréoscopiques et au sol, le géographe et géologue André Cailleux lui suggère l'hypothèse d'une origine météorique et les deux chercheurs la soutiennent alors conjointement dans

une note à l'Académie des Sciences publiée en avril 1950³. La forme tronconique régulière de la dépression du Clot (de l'occitan *clot*, « creux ») et la désorganisation de deux petits ravins quaternaires semble bien pouvoir résulter de la chute, géologiquement récente (moins de 10 000 ans), d'une masse métallique considérable, d'origine extra-terrestre.

Si, dans ces terrains de schistes et de grès d'âge Viséen (340 millions d'années), il est difficile d'avancer une origine karstique, les géologues soulignent au contraire l'existence « d'une anomalie magnétique atteignant en déclinaison une dizaine de degrés » et des similitudes de formes avec le Meteor Crater. Le Clot allait-il occuper la troisième place du podium des cratères d'impact, après celui du désert de l'Arizona (1 200 m de diamètre) et celui de Wolfe Creek, au nord

Le Trou de Météore

Coordonnées

43° 32' 10" N, 3° 07' 49" E

Altitude 252 m

Diamètre 220 m

Profondeur 30 m

Parcelles cadastrales

Le Clot, G 242-245 (6 620 m²)

Page précédente

Le Trou de Météore

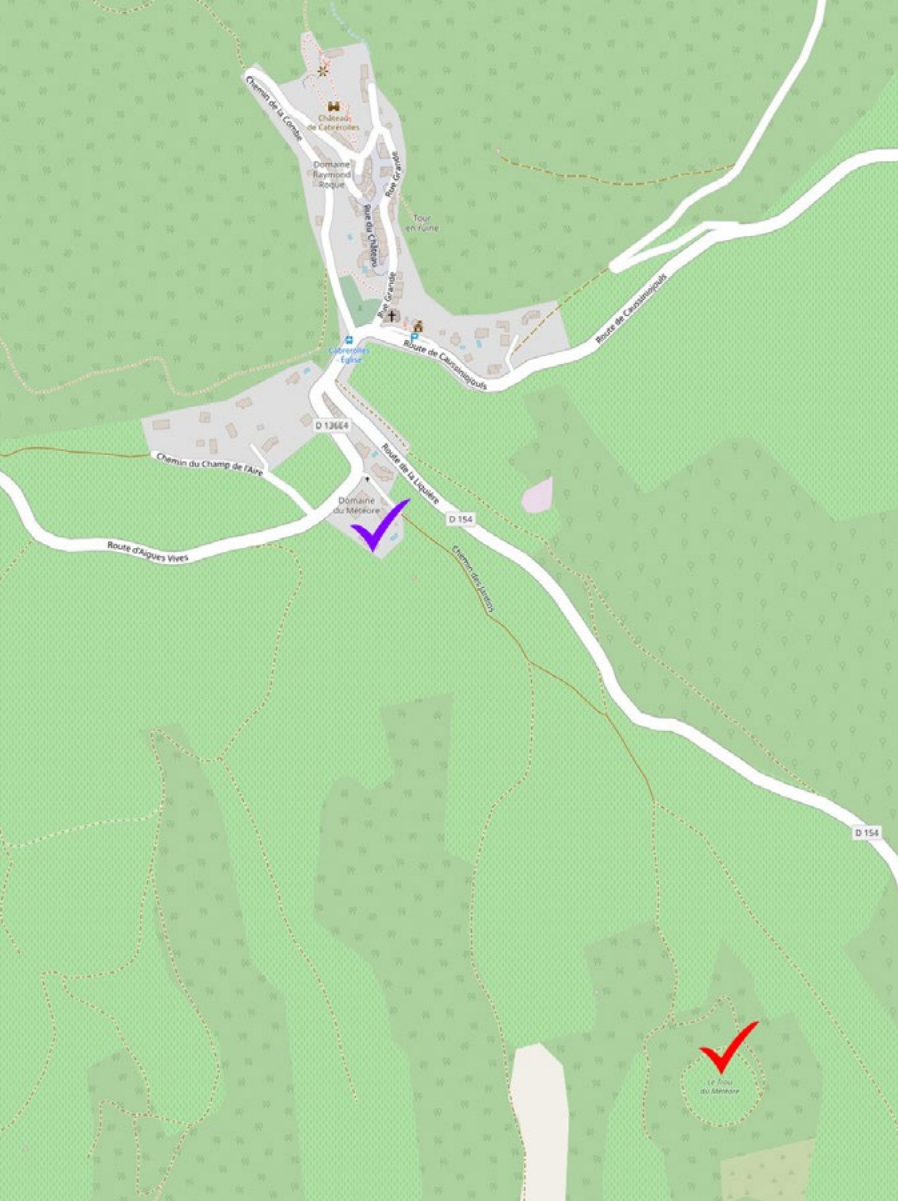
(photo par drone Hubert Lauwerier)

Ci-dessous

Vue aérienne du site

(© <https://earth.google.com/web/>)





Au sud-sud-est de Cabrerolles et du Domaine du Météore (✓) : le Trou de Météore (✓)

(© www.openstreetmap.fr)

les terrains, et jusqu'à la surface parfois. Un an plus tard, pourtant, l'astronome danois Carl Luptau Janssen, directeur de l'observatoire Urania de Copenhague, se rend sur le site et, au vu des similarités avec certains cratères de la Lune, conclut : « Personne dans la région n'avait le moindre soupçon sur l'origine de ces trous (Cabrerolles et Faugères) et tout le monde fut très étonné d'apprendre que Le Clot était une merveille de la nature [...] Je n'ai aucun doute sur l'origine météoritique du cratère [...], le quatrième en taille après le cratère Chubb⁵, celui d'Arizona et le Wolfe Creek. Sur un point, il dépasse même les autres : son environnement immédiat est des plus attractifs. Au nord se dresse la Montagne Noire dont les pentes s'étagent vers la plaine littorale ; au sud, le ruban bleu vif de la mer Méditerranée ferme à l'horizon les fertiles terres côtières. Au-dessus de ce paysage charmant, le bleu profond du ciel méridional. Nous quittons les lieux à regret⁶ ».

de l'Australie (850 m) ?

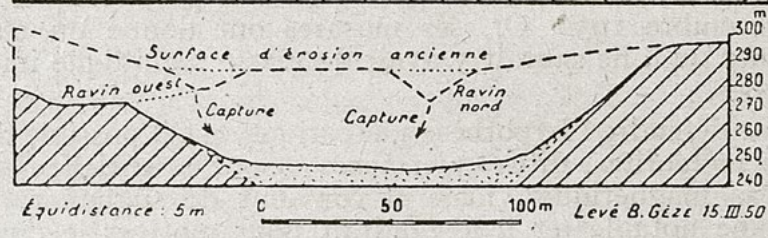
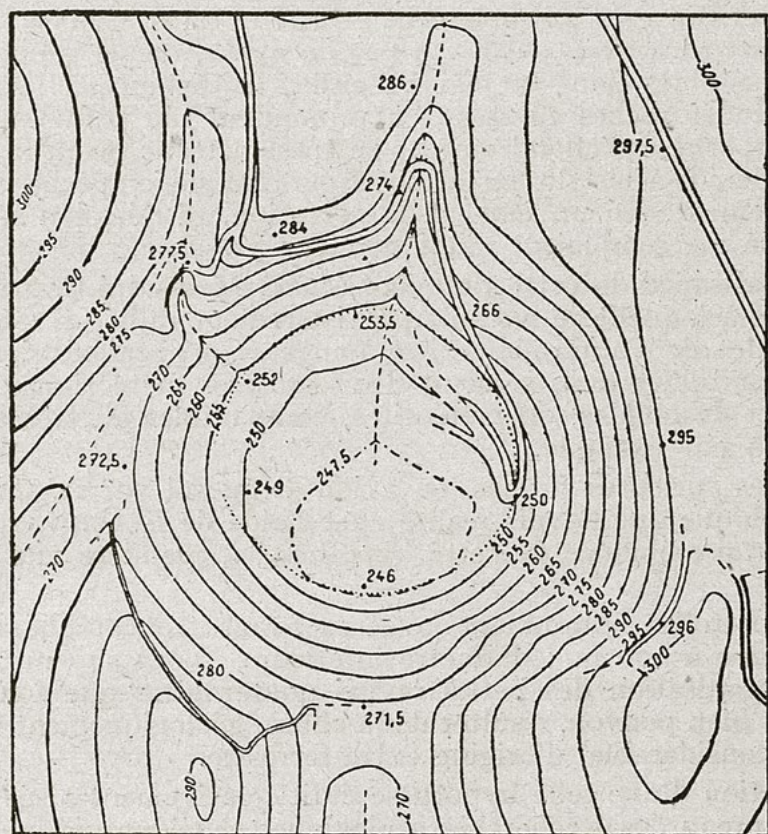
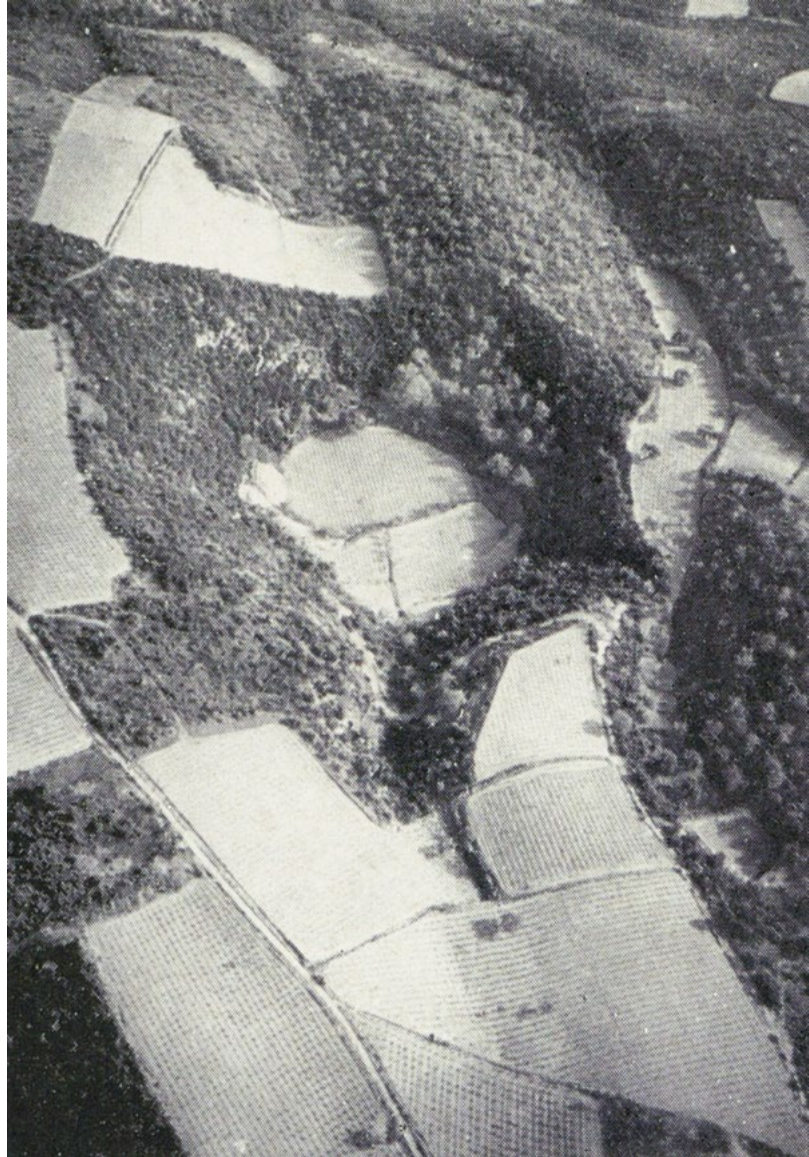
En décembre 1950, les mesures réalisées par R. Bollo, géophysicien au Bureau de Recherches géologiques et minières invalide l'hypothèse d'une masse métallique dans le Clot de Cabrerolles. « En définitive, écrit B. Gèze en avril 1951, je crois actuellement que l'hypothèse météoritique doit être rejetée et qu'il convient de revenir à l'hypothèse karstique⁴ ». C'est qu'entre-temps, conduits sur le terrain, les professeurs belges Pierre de Béthune et René Marlière voient une similitude avec les « puits naturels », avens d'effondrements qu'ils connaissent bien dans les terrains carbonifères de leur pays et le bassin houiller du nord de la France. De tels effondrements en profondeur pourraient se transmettre vers le haut sur plusieurs centaines de mètres, à travers tous

L'hypothèse de l'origine météoritique du Clot reste fragile. En 1964, le célèbre astronome canadien Carlyle Smith Beals la met fortement en doute, se basant sur l'absence de ces « attitudes inhabituelles et caractéristiques des sédiments communément associés à un cratère d'impact », celle du bord surélevé observé sur les cratères récents (ici bien inférieur aux 15 mètres prévus par la théorie), et sur de nouvelles observations magnétiques⁷. « Il paraît donc que ce n'est qu'en cas de découverte d'un élément positif nouveau et absolument sans équivoque que nous serions justifiés de continuer à considérer le Clot comme un cratère de météorite. Des considérations similaires s'appliquent aux quatre autres

cratères examinés. Aucune preuve positive n'a été apportée pour relier ces structures à l'impact d'une météorite. On peut donc se demander s'il est justifié de garder aussi comme hypothèse de travail l'idée que le groupe de cratères de la région de Cabrerolles-Faugères a été formé par un essaim de météorites. »

Vingt ans plus tard entrent en scène les Américains Quinn R. Passey et H. Jay Melosh. Dans un article paru en juin 1980 dans la revue *Icarus*, ils retiennent l'idée que les cratères de Faugères et Cabrerolles puissent résulter d'un météoroïde fragmenté dont la trajectoire aurait été du nord-est au sud-ouest⁸. L'année suivante, trois chercheurs montpelliérains, Marie-Véronique Brun, Johanne Lortie et Guy Rigal, décident de reprendre l'étude de la dépression du Clot à l'aide d'un magnétomètre à protons, appareillage plus performant que ceux utilisés lors des mesures antérieures. Une anomalie est bien mise en évidence dans la partie sud de la dépression qui « semble confirmer son origine météoritique, et rendre improbable sa formation par des phénomènes karstiques ou volcaniques⁹ ». Le doute persiste pourtant et Pierre Vincent, professeur à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand écrit en janvier 2005: « en attendant d'improbables données nouvelles, ce mystérieux cratère reste classé en cratère d'impact possible¹⁰ ».

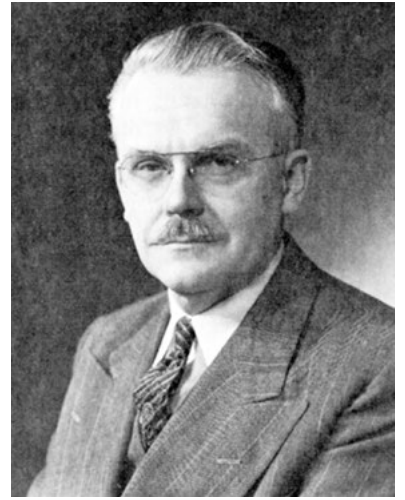
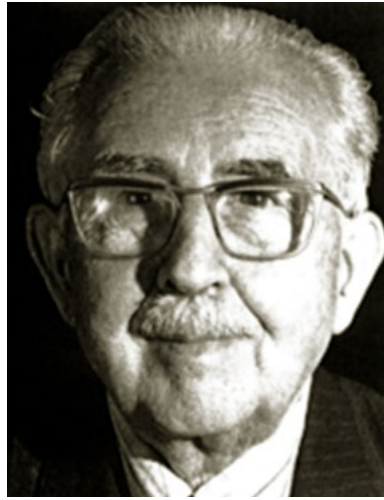
Les données nouvelles, pourtant, sont à portée... d'une bouteille de vin du « Domaine du Météore ».



De haut en bas

Vue aérienne, prise du nord en 1951, de la doline du Clot de Cabrerolles
(Photo Ray-Delvert, dans Gèze 1951, pl. II)

Cartographie du site
(Dans Gèze 1950, p. 1535)



*De haut en bas
et de gauche à droite*

*Bernard Gèze,
André Cailleux, C. Smith Beals,
Carl Luplau Janssen,
H. Jay Melosh, Pierre Vincent*

(www.geosoc.fr, <http://acdsweb.free.fr>,
<https://astro-canada.ca/>, © Creative
Commons, www.amacad.org, www.geosoc.fr)

Un domaine sous les étoiles

Établi à plus de 300 mètres d'altitude sur le versant sud de la Montagne Noire, le Domaine du Météore¹¹ cultive, sous les étoiles filantes, le goût des beaux vins. Protégées de la rudesse des vents dominants et réchauffées par la douceur des brises marines, les vignes se nourrissent de soleil sur un terroir de schiste bleus et bruns, à cheval sur les appellations Faugères et Saint-Chinian. Elles y donnent des vins biologiques d'une belle minéralité imprégnés des arômes de la garrigue environnante. Propriété de Paul Jenkins et Paul Jarman, deux médecins londoniens amateurs de vin, le domaine est dirigé par le bordelais Simon Frech, familier des vignobles de Nouvelle-Zélande et d'Argentine. Tout comme les anciens propriétaires, Geneviève et Guy Libes, les nouveaux maîtres des lieux ont su mettre à profit l'hypothèse météorique pour commercialiser des cuvées aux accents extraterrestres : Le Cratère, Le Météore,

Léonides, Lyrides, Perséides...



Aux mains de l'université Johann Wolfgang Goethe

En 2021, alors en vacances à Marseillan-Plage, le géologue et cosmochimiste allemand Frank Brenker, de l'université Goethe de Franfort, déguste un vin du « Domaine du Météore » et s'interroge sur cette appellation. Dans la garrigue de Cabrerolles, guidés par Simon Frech, le professeur et son épouse Andrea prélèvent plusieurs échantillons choisis arbitrairement pour des études ultérieures en laboratoire. Les premiers résultats, encourageants, appellent une étude minéralogique et géophysique plus poussée. L'année suivante, accompagné par son collègue Andreas Junge, spécialisé dans les études géophysiques du sol, et une équipe d'étudiants de leur université, F. Brenker revient à Cabrerolles. Trois points soutiendront leur conclusion présentée lors de la Conférence de science planétaire et lunaire, au Texas, début mars 2023 : la présence d'une anomalie magnétique, celle de microsphérules magnétiques et la mise en évidence d'effets de choc dans des grains de quartz¹².

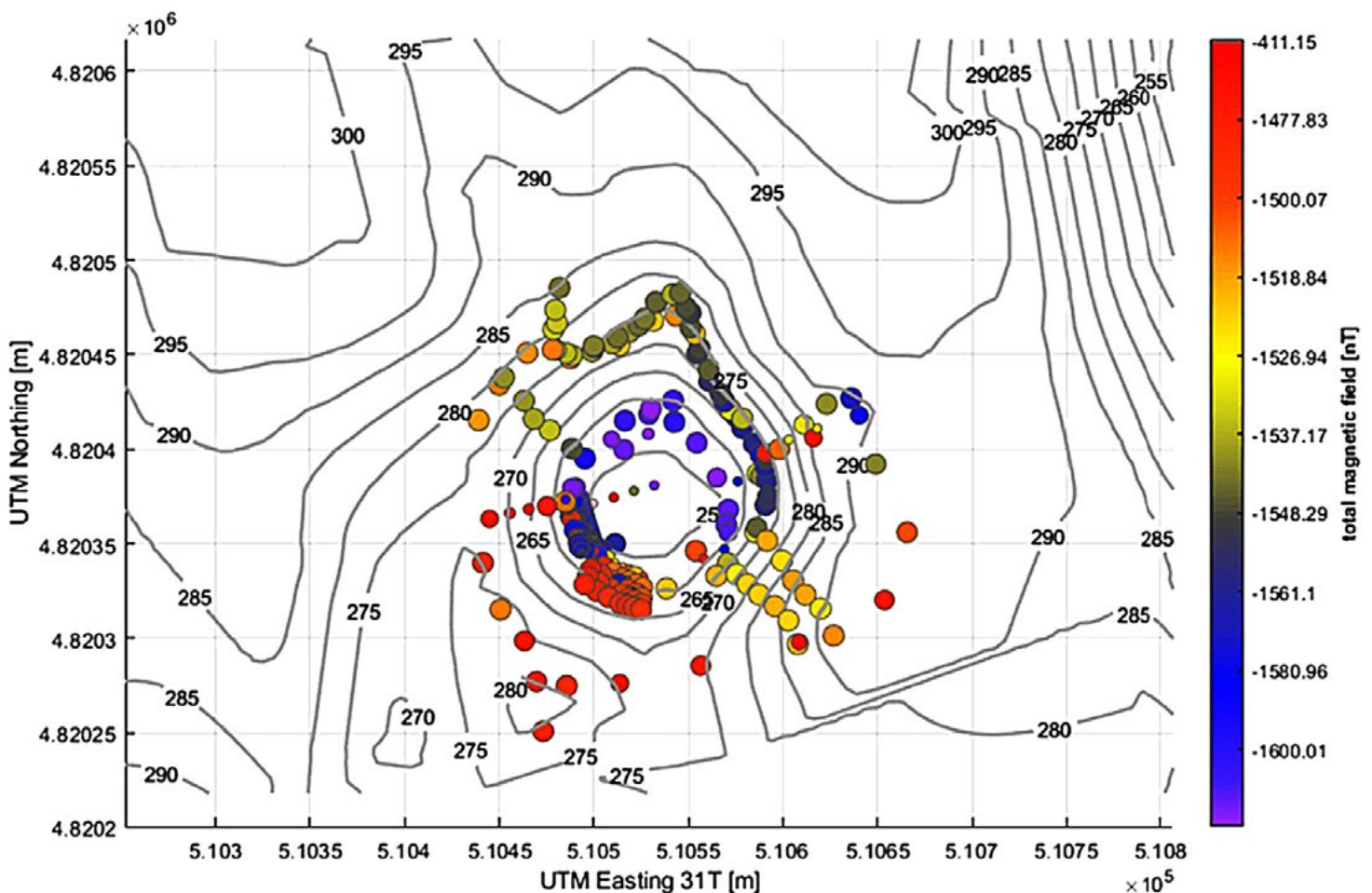


Frank Brenker et Andreas Junge

(© www.puk.uni-frankfurt.de)

Intensité du champ magnétique mesurée dans et autour du cratère de Cabrerolles, corrigée des variations journalières. Une nette réduction apparaît vers le fond du cratère. fiabilité.

(© F.E. Brenker et al.)



Anomalie magnétique

L'intensité du champ magnétique terrestre en un point donné est formée de trois composantes différentes. Le champ principal, formé au sein du noyau terrestre, est assez constant sur de longues périodes de centaines d'années. Une seconde composante, formée dans l'atmosphère terrestre à partir de l'interaction avec le vent solaire, est très variable, même au cours d'une seule journée. La troisième composante résulte de la présence de minéraux magnétiques et paramagnétiques, comme les oxydes de fer.

Alors qu'il est peu probable qu'une doline fasse varier l'intensité du champ magnétique, un impact peut modifier de manière significative cette troisième composante. De nombreuses petites structures d'impact, d'un diamètre inférieur à 300 m de diamètre, présentent ainsi un faible champ magnétique par rapport à la zone environnante.

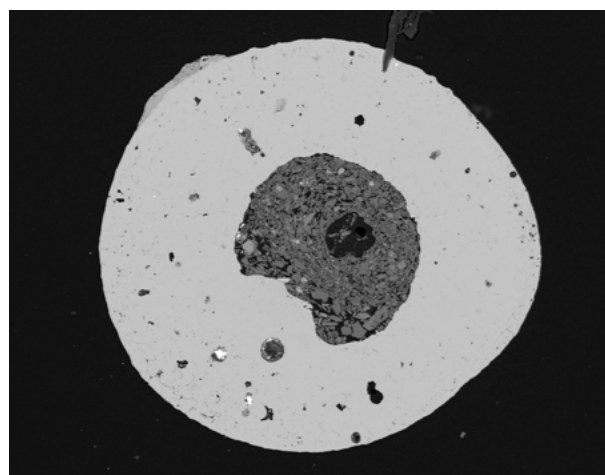
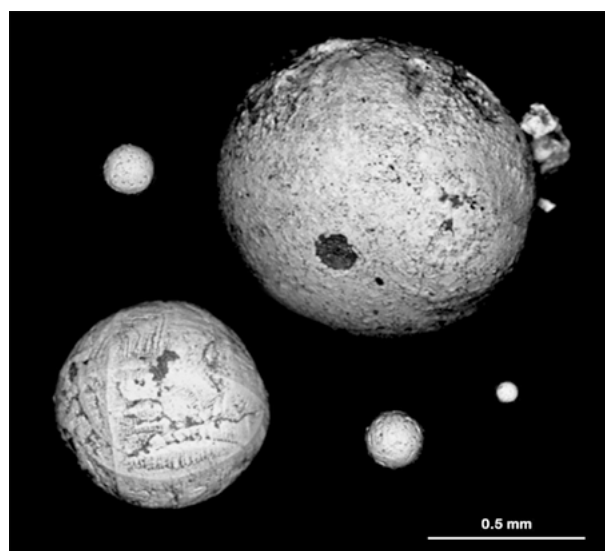
Réalisée en avril 2022, l'étude détaillée de l'intensité du champ magnétique du cratère de Cabrerolles, tenant compte des variations temporelles, montre une diminution de faible extension plus près du centre de la dépression. Cette seule caractéristique exclut une origine karstique et favorise une origine d'impact d'une météorite de petite taille ayant brisé ou même fait fondre la roche.

Microsphérules

Plusieurs processus peuvent expliquer la présence de minuscules sphérules. Certaines sont anthropiques, d'autres extraterrestres, formées par l'abrasion d'un météorite dans l'atmosphère ou durant l'impact lorsqu'une grande partie de la météorite de fer fond et réagit ensuite avec l'oxygène de l'air. Ces dernières sont typiquement constituées de magnétite (Fe_3O_4) ou d'hématite (Fe_2O_3) contenant des éléments mineurs tels que le silicium, l'aluminium et autres provenant de la roche cible.

Dans le cratère et le vignoble environnant, munie de plaques remplies d'aimant à haute énergie, l'équipe du professeur Brenker a collecté plus d'une centaine de microsphérules magnétiques dont la taille varie de quelques dizaines de micromètres à plus d'un mm. L'enveloppe extérieure de ces sphérules est généralement formée d'une couche d'oxyde de fer avec de rares fragments de fer-métal riche en Nickel. Elles contiennent souvent un noyau interne composé de fragments de quartz, feldspath, mica, oxyde de titane et matière carbonée semblables à ceux des roches environnantes, et des microdiamants, révélés par spectroscopie Raman indiquant une origine de choc.

Sphérules d'oxyde de fer du Trou de Météore. Elles possèdent un noyau composé de minéraux typiques d'un cratère d'impact, ainsi qu'un grand nombre de microdiamants. (© F.E. Brenker et al.)



Effets de choc dans les roches cibles

Une brèche d'impact recueillie au fond du cratère a révélé par microscopie électronique à transmission (TEM) plusieurs caractéristiques de choc dont des failles planes dans les grains de quartz. Elles sont largement acceptées comme indicateur d'un choc d'une pression de plus de 5 ou 10 GPa (100 000 bar), pression qui ne peut être atteinte par aucun processus connu de tectonique des plaques.

Pour Frank Brenker, plus de doute possible : la mise en évidence d'un minimum magnétique à l'intérieur du cratère, la découverte de sphérules d'impact et la présence de fractures et déformations planaires dans le quartz d'une brèche témoignent de l'impact d'un météore riche en fer et en nickel, probablement au cours des dix mille dernières années. Il s'agit du deuxième cratère d'origine météoritique formellement identifié en France, après l'astroblème de Rochechouart-Chassenon, en Nouvelle-Aquitaine, révélé en 1967.

Guilhem Beugnon

novembre 2023

Notes

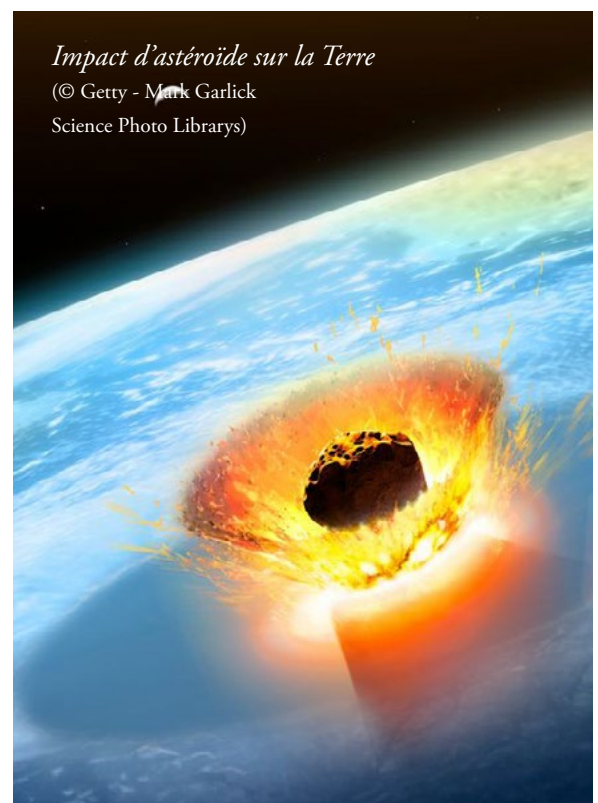
1. Bernard Gèze, « Étude géologique de la Montagne Noire et des Cévennes méridionales », *Mémoires de la Société géologique de France*, NS, no 62, 215 p.
2. Bernard Gèze, « Sur les dolines des formations grésoschisteuses de la Montagne Noire (Hérault) », *Bulletin de la Société languedocienne de géographie*, 2^e série, vol. 18, 1947, p. 90-96.
3. Bernard Gèze et André Cailleux, « Existence probable de cratères météoritiques à Cabrerolles et à Faugères (Hérault) », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, vol. 230, 24 avril 1950, p. 1534-1536.
4. Bernard Gèze, « Sur la genèse des cavités souterraines et des dolines dans les roches non karstiques », *Annales de spéléologie*, 3^e série, vol. VI/2-3, avril 1951, p. 63-66, pl. II.
5. Aujourd'hui connu sous le nom de cratère des Pingualuit, d'un diamètre de 3,44 km, identifié dans les années 1950 dans le nord du Québec.
6. Carl Luplau Janssen, « The meteor craters in Hérault, France », *Journal of the Royal Astronomical Society of*

Canada, vol. 45, octobre 1951, p. 190-198. L'hypothèse est reprise en 1952 par l'astronome et universitaire américaine Dorrit Hoffleit, « More meteor craters », *Sky and Telescope*, vol. 11/6, 1952, p. 134.

7. Carlyle Smith Beals, « A Re-Examination of the Craters in the Faugeres-Cabrerolles Region of Southern France », *Meteoritics*, vol. 2, n° 2, février 1964, p. 85-91.
8. Quinn R. Passey, H. Jay Melosh, « Effects of Atmospheric Breakup on Crater Field Formation », *Icarus*, vol. 42(2), juin 1980, p. 213-214.
9. Marie-Véronique Brun, Johanne Lortie et Guy Rigal, « Étude géophysique (magnétisme) de la dépression du Clot de Cabrerolles, Languedoc, France », *Comptes rendu de l'académie des sciences*, vol. 293, no 14, 1981, p. 975-978.
10. Pierre Vincent, « L'impactisme en France », *Bulletin de la Section de Volcanologie de la Société géologique de France*, vol. 60, janvier 2005, p. 18-19.
11. <https://domainedumeteore.fr>
12. Frank E. Brenker et Andreas Junge, « Impact origin of the "Domaine du Meteor"-crater, France : Compelling mineralogical and geophysical evidence for an unrecognized destructive event in the heart of Europe », *54th Lunar and Planetary Science Conference*, #1910, 2023.
13. http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html

Remerciements

Prof. Frank Brenker (Université Goethe de de Francfort-sur-le-Main), Paul Jenkins, Paul Jarman, Simon Frech et Corinne Woodlandt (Domaine du Météore).



Un nombre incalculable de météorites ont heurté la terre dans le passé et modelé l'histoire de notre planète. Il est aujourd'hui admis qu'ils ont apporté avec eux une grande partie de son eau et sont peut-être à l'origine de l'extinction des dinosaures.

Les cratères météoritiques qui ont échappé à l'érosion et aux mouvements tectoniques sont rares. La *Earth Impact Database*¹³ initiée en 1965 par l'Observatoire fédéral d'Ottawa sous la direction de Carlyle S. Beal n'en relève que 190 dont trois seulement en Europe occidentale : Rochechouart, en Aquitaine, le Nördlinger Ries entre le Jura souabe et le Jura franconien, et le Steinheim Basin près de Heidenheim (Allemagne). À quand la mise à jour de la base de données avec l'ajout du Trou de Météore ?

*Météorite tombé
dans le Michigan
le 16 janvier 2018*

(© www.numerama.com)



À la découverte de Cabrerolles

Une cinquantaine d'écoliers descendent du bus sur la place de la mairie de Cabrerolles, face à l'église paroissiale. Le village a rarement connu aussi joyeuse animation.

Aussitôt, la première classe se dirige plein sud, au cœur d'un vignoble réputé à cheval entre les appellations Faugères et Saint-Chinian. Ici, les rangées de ceps épousent harmonieusement les courbes de niveau.

Mais l'intérêt premier n'est pas esthétique : ces plantations en rangs isohypses favorisent l'infiltration de l'eau et contribuent surtout à réduire les problèmes dus au ruissellement, notamment le ravinement. Au détour d'un sentier qui s'enfonce dans un bois de Chênes verts, voici le Trou de Météore : vaste dépression que tapisse en son fond une belle vigne de syrah. Son origine météorologique est aujourd'hui admise par la communauté scientifique.

Pendant ce temps, munie d'un plan du village et d'une planche illustrée, une demi-classe est partie arpenter les ruelles pentues de Cabrerolles. Qui, le premier, retrouvera tous les indices capturés par le photographe ?

L'autre demi-classe s'est dirigée vers le site castral qui domine le village. Ils l'abordent par la poterne ouest qui servait de péage durant le Moyen Âge. Avant de pénétrer dans l'enceinte, les enfants observent des marques de tâcherons, inscriptions lapidaires qui tiennent lieu de signatures gravées dans la paroi rocheuse. Se dresse bientôt devant eux le clocher du XIII^e siècle de la chapelle Notre-Dame



Grappe de syrah

Dessin de Jules Troncy dans *Ampélographie : traité général de viticulture*, 1901-1910

Vignobles de Cabrerolles

Photo Benoit Dorel



de La Roque. À l'aide du panneau d'interprétation, les enfants doivent retrouver la date d'édification du bâtiment et la positionner sur une frise chronologique. Munis d'un plan du site castral, ils auront aussi à retrouver la citerne qui permettait d'alimenter en eau potable les habitants du château. Ils y observent sur les parois intérieures des restes d'enduits à la chaux hydraulique. La visite se termine par la partie la plus ancienne du site castral : le vieux donjon dont la construction précède celle, progressive, de l'enceinte filant au nord vers la chapelle castrale. Sur les douze coups de midi, tous les enfants se rejoindront sur la place du village pour un pique-nique guilleret avant de repartir, l'après-midi, à la rencontre de Cabrerolles.

Muriel Aleu

Centre de ressources de Vailhan
cr.vailhan@ac-montpellier.fr

