

Lisa ALVES et Marine VOUILLON

Classe de Première scientifique - Lycée Émile Peytavin - Avenue du 11 novembre - 48001 MENDE - Contact : colloque.lyceepeytavin@outlook.fr

Introduction - Problématique

Nous nous sommes intéressées à la formation des marmites dans les grottes, qui sont des formes pariétales ayant l'apparence de cuve creusées par l'eau. Celles-ci sont dans certains cas remplies de galets et autres sédiments qui tourbillonnent. Pour cela, nous avons fait plusieurs sorties dans la grotte de Malaval pour observer ces formes le long de la rivière souterraine de Malaval. Nous avons ensuite réalisé différentes expériences pour chercher à expliquer leur processus de formation.

Notre question de recherche :

Comment se forment les marmites de géants dans les grottes ?

Hypothèses :

Les marmites sont le résultat de la dissolution du calcaire par une eau acide pouvant quelques fois être associée à une érosion mécanique.

La formation des marmites de géants

Le processus de formation des marmites de géants a été étudié à différentes époques :

- Avant 1903 les géologues pensent que les sédiments se trouvant au fond des marmites sont responsables de leur création.

- En 1903 pour Jean Brunhes et Paul Girardin qui reprend ses travaux, les eaux courantes et les tourbillons sont des agents de creusement des marmites. Ce dernier ajoute que « l'outil unique n'est pas le galet mais le sable » comme le pensaient leurs prédécesseurs.

□ marmites = érosion tourbillonnaire mécanique avec l'action des sables, des graviers.

- En 1963, Corbel amène une nouvelle hypothèse, celle de la dissolution du calcaire par une eau acide (pH < 7 et forte teneur en CO₂). Pour lui, leur origine semble cependant bien liée au mouvement circulaire de l'eau, autrement dit aux tourbillons qui se créent dans des eaux torrentielles.

□ marmites = principalement érosion tourbillonnaire chimique

- En 2006, Philippe Audra réalise une synthèse et, comme Brunhes et Corbel avance que les marmites sont liées aux tourbillons associés à une corrosion chimique et quelques fois à une érosion mécanique.

□ marmites = dissolution et courant tourbillonnaire et parfois associé à une érosion mécanique.

Les marmites (dites « de géant ») sont liées aux tourbillons présents généralement au pied des cascades. Le creusement est effectué par la corrosion et parfois, mais pas nécessairement, par l'érosion mécanique des galets entraînés dans le tourbillon (Fig. 8). Les écoulements torrentiels façonnent des formes également connues dans les rivières de surface : les surcreusements, qui sont élaborés par une incision linéaire enfoncée dans un tube (trou de serrure) ou dans une terrasse rocheuse, avec dans ce cas une baisse de débit (Fig. 9). Les méandres torrentiels creusent des niches de paroi dans les rives concaves.



Figure 8 : Marmite sur la rive d'un canyon, le torrent s'écoulant à l'abîme dans un surcreusement (Can-Yava, Philippines) [photo J.-P. Sourrier].

Extrait de :
Les formes pariétales, essai de revue,
Philippe Audra,
2006

La dissolution

L'eau de pluie, en s'infiltrant dans le sol, se charge en dioxyde de carbone. La dissolution du calcaire est possible lorsqu'il y a présence de dioxyde de carbone dissout dans l'eau.

L'équation de la réaction de dissolution du calcaire (carbonate de calcium) s'écrit ainsi :



Expériences témoins



Nous avons expérimenté l'importance de la présence de dioxyde de carbone dans la dissolution d'une roche calcaire. Pour cela, nous avons placé dans deux tubes à essais une pointe de spatule de craie préalablement mise en poudre auquel nous avons ajouté dans l'un de l'eau du robinet et dans l'autre une eau gazeuse riche en CO₂ ici, la Saint-Yorre.

Résultat : nous avons pu observer que l'eau gazeuse dissout les particules de roches de calcaires en très faible quantité alors que l'eau du robinet n'a donné aucun résultat.

Nous avons également expérimenté la dissolution du calcaire par un acide, ici l'acide chlorhydrique.

Pour cela nous avons placé dans un tube à essai de la poudre de craie puis rajouté environ 2mL d'acide chlorhydrique. Il y a eu réaction entre l'acide et la poudre de craie. Nous avons testé le dégagement du dioxyde de carbone lors de cette réaction grâce à de l'eau de chaux. Nous avons également testé la présence d'ions calcium à la fin de la réaction en ajoutant quelques gouttes d'oxalate d'ammonium.



Résultat : Lors de la dissolution du calcaire il y a bien formation de dioxyde de carbone et d'ions calcium. En effet on a pu observer la formation d'un dépôt blanchâtre dans l'eau de chaux, preuve de présence de dioxyde de carbone. On a également mis en évidence les ions calcium grâce au précipité blanc formé lors de la réaction avec l'oxalate d'ammonium.

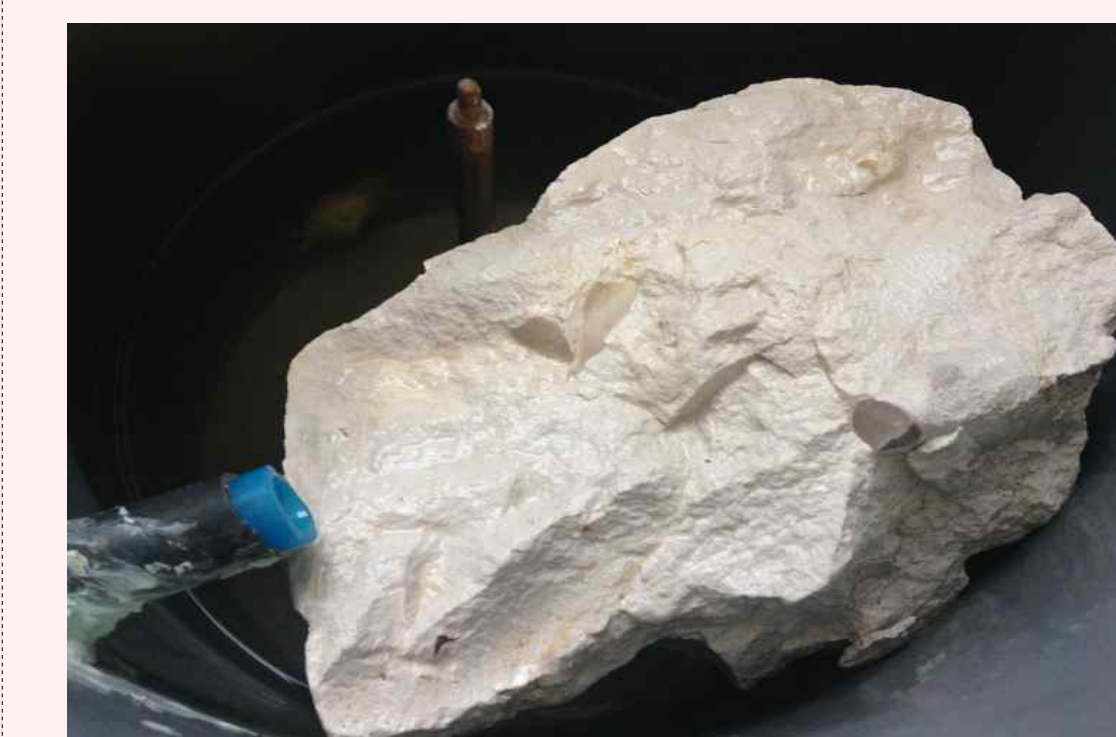
Sortie dans la grotte Malaval

Nous nous sommes rendu à la grotte de Malaval dans le but d'observer des « marmites de géant ». Nous avons pu en mesurer de différents diamètres, allant de 3 cm à plus de 2,5 m. Les plus importantes s'étagent sur différents niveaux, en cascade. On a pu observer dans certaines des marmites, un dépôt de sédiments.



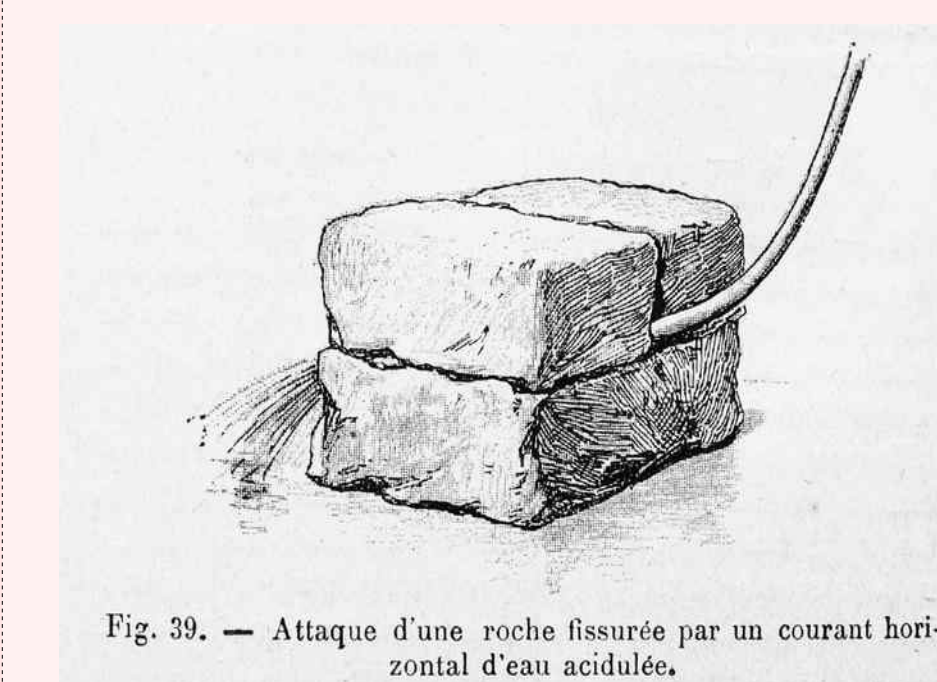
Modèle analogique d'une marmite

Nous avons tenté de recréer une marmite dans un bloc de craie, une roche calcaire. Pour cela nous avons placé le bloc dans une cuve contenant de l'eau du robinet reliée à une pompe permettant de créer une sorte de cascade retombant sur le bloc. Cette expérience a duré 42 jours.

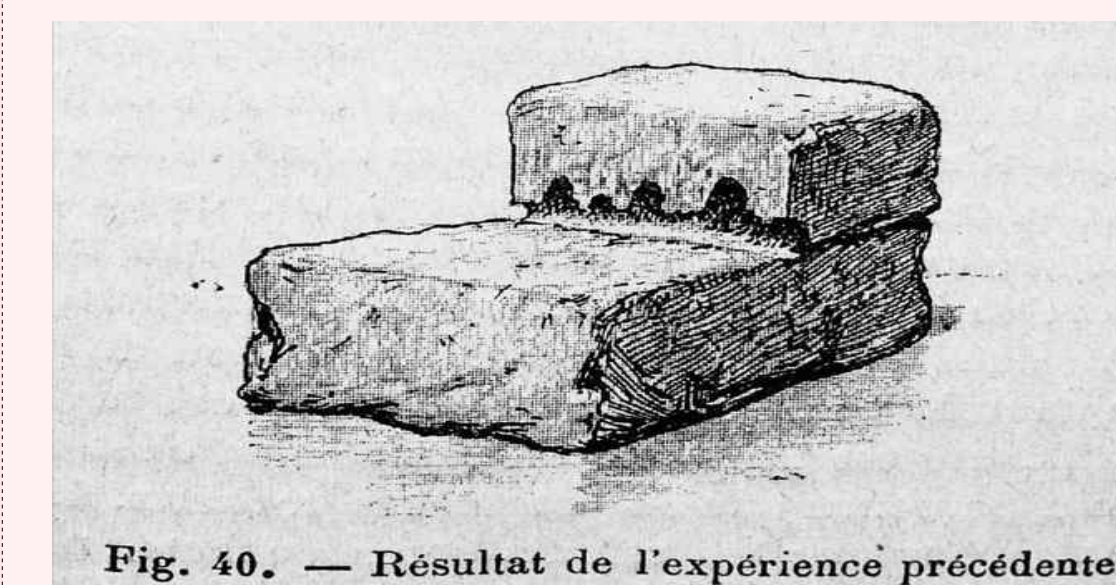


Résultat : Au bout des 42 jours, nous n'avons observé aucun creusement dans les conditions de l'expérience.
□ Le calcaire est très peu soluble à l'eau du robinet (pH=5)

Travaux de Stanislas Meunier



Stanislas Meunier, un géologue de la seconde moitié du XIXe siècle, spécialisé en géologie expérimentale, réalisa des maquettes de la genèse des grottes calcaires avec de « l'eau acidulée », ce paramètre étant sans nul doute celui qu'il nous manquait pour la réussite de la modélisation de notre marmite.



Ces maquettes ont fait partie d'une exposition sur la géologie expérimentale au Muséum national d'Histoire Naturelle au début des années 1900.

Conclusions

En comparant les résultats de notre modèle analogique avec ceux des travaux de Meunier dont nous avons eu connaissance début mars, la dissolution du calcaire n'est possible qu'avec une eau acidulée. Ayant pris connaissance de ces nouvelles informations, un deuxième modèle analogique a été lancé le 14 mars, avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de pH égal à trois.

Cependant, nous n'avons pu tester que l'hypothèse de la dissolution par une eau peu acide dans la formation des marmites.

Afin de tester l'érosion mécanique par les graviers de quartz, il faudrait réaliser des modélisations avec une pompe acceptant les graviers.

De plus, des mesures plus précises des marmites dans la grotte de Malaval permettrait de comparer finement les figures obtenues avec nos futures maquettes en créant des modélisations 3D.

Bibliographie - Remerciements

- CHOPPY Jacques. Pourquoi se creusent les grottes ? *Karstologia mémoires n°16*, 2008
- MEUNIER Stanislas. La Géologie expérimentale. *Felix Alcan éditeur*, 1899
- AUDRA Philippe. Les formes pariétales. Essai de revue. *Actes de la 16e rencontre d'octobre*, 2006
- GIRARDIN Paul. Eaux courantes et tourbillons d'après Mr Jean Brunhes, 1903
- CORBEL Jean. Marmites de géants et microformes karstiques, 1963
- JAILLET Stéphane, Stanislas Meunier (1843-1925) et ses « maquettes de caverne ». Une étude originale de l'altération des calcaires, *Research Gate*, 2015
- Remerciements à Daniel André pour le partage de ses connaissances et l'accès à la grotte Malaval.
- Remerciements aux spéléologues qui nous ont accompagné sous terre, notamment Pierre Lemaître et Laurent Calmels.

TPE, travaux personnels encadrés par les professeurs : Guilhem Diverny (Mathématiques), Hervé Grosroyat (Sciences physiques), Alain Jacquet (SVT) et Pierre Lemaître (Sciences de l'ingénieur).

Ce travail a été réalisé de septembre 2015 à mars 2016 pour l'épreuve anticipée du Baccalauréat de TPE et dans le cadre de la première année du projet d'échanges européens Erasmus+ LIVE ON THE KARST, 2015 - 2018. Il est présenté au 3^{ème} Colloque « Exploration scientifique des karsts européens et tropicaux » à Mende, Jeudi 24 et Vendredi 25 mars 2016.

Merci à nos partenaires :