

Etude du paléo-débit de la grotte des Rampins estimé grâce à la mesure de vagues d'érosion

Co-auteurs : élèves de cinquième 7 du collège Pierre de Coubertin au Luc-en-Provence

Emma Audibert; Marie Behman; Romain Bertand; Colleen Boegly; Lucie Burban; Carla Collange; Kellian Costa; Margaux Criqui; Emeline De Chevron Vilette; Milo Dodet; Lucas Dubost; Antoni Gagno; Adeline Job; Lucas Lamadon; Cyril Lamour; Florent Luminet; Louis Mangerest; Clara Poussibet; Kévin Raffali; Luc Ragnet; Anaïs Rota-Kérivin; Samuel Sakhi; Gaëlla Schann; Enzo Sergi; Fabien Viazzi.



Pique-nique autour d'un feu de camp. Cliché Fabrice Mourau.

Activité de nature, centrée sur l'exploration, l'observation et la documentation, la spéléologie constitue un outil pédagogique innovant et motivant dans le cadre des enseignements dispensés en collège. Le milieu souterrain et sa découverte recourent en effet de nombreux points des programmes dans les différentes disciplines, ce qui permet aux enseignants de réaliser un travail transdisciplinaire avec les élèves et l'installation de partenariats avec les structures spéléologiques.

Cet article présente un projet pluridisciplinaire centré sur la démarche scientifique, réalisé par une classe de cinquième du collège Pierre de Coubertin au Luc-en-Provence en liaison avec des structures spéléologiques, d'éducation à l'environnement et des scientifiques dans la grotte des Rampins à Méounes-Lès-Montrieux dans le département du Var.

Didier CAILHOL
Commission scientifique de la FFS

Depuis la rentrée 2011, les élèves du collège Pierre de Coubertin au Luc-en-Provence peuvent s'inscrire en « classe bilangue à thématique scientifique ». Dans le cadre de ce projet pluridisciplinaire, les enfants participent à une initiation aux sciences et sont impliqués par leurs enseignants dans une démarche d'investigation et de « recherche ». Nous travaillons avec l'approbation de Loïc Mathon, IA-IPR¹ de Sciences de la vie et de la terre (SVT) et de Claude Stromboni, IA-IPR de Sciences physiques et chimiques et en charge du PASIE² pour l'académie de Nice (Pôle académique de soutien à l'innovation et à l'expérimentation). Ils portent un regard attentif sur nos actions et nous conseillent tout en encourageant les innovations pédagogiques. Nous sommes également soutenus par le Conseil général du Var via le dispositif « Classe environnement et territoire » et par les communes du Cannet-des-Maures, de Gonfaron, du Luc-en-Provence et des Mayons.

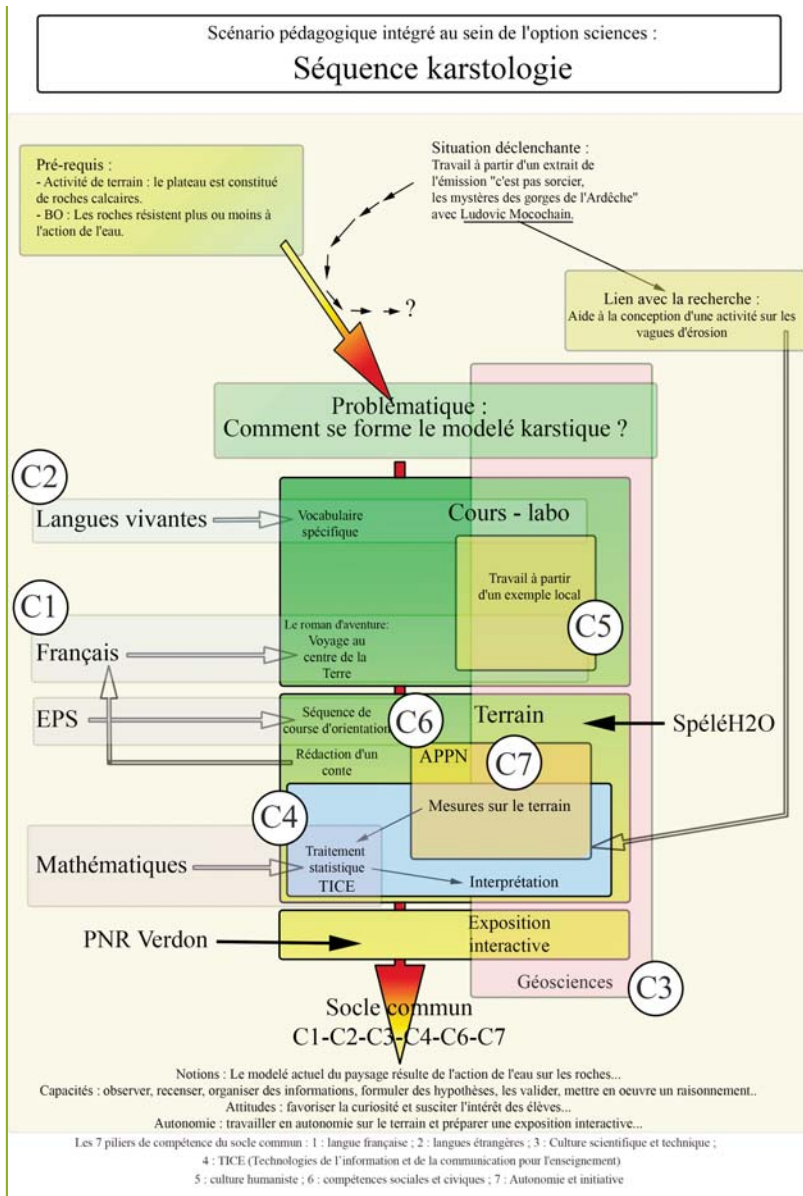
En 2012-2013, les élèves de cinquième ont travaillé sur des problé-

matiques liées aux géosciences et plus particulièrement à la géodynamique externe. Toujours en liaison avec les programmes de collège, nous leur avons proposé une séquence pluridisciplinaire (voir figure 1) sur la thématique des phénomènes karstiques et plus particulièrement certains indices de paléo-écoulements : les fameux « coups de gouge ». Ils sont allés sur le terrain accompagnés par les BE de SpéléH₂O afin d'observer la grotte des Rampins qui est la classique en initiation du département (figure 2). Ludovic Mocochain, chercheur à l'Institut des sciences de la terre de Paris, nous a très aimablement prêté son concours en nous fournissant de la bibliographie et en relisant la production finale des élèves. Il a d'ailleurs émis quelques réserves, bien naturelles, envers leurs conclusions.

Mais en lisant l'article des enfants, ne perdez pas de vue qu'ils en sont les seuls auteurs (27 coauteurs, c'est un record) et que nous ne sommes intervenus que pour organiser leur travail, les aider à la mise en page et

1. Inspecteurs d'académie - inspecteurs pédagogiques régionaux (IA-IPR).

2. PASIE : Pôle académique de soutien à l'innovation et à l'expérimentation pédagogique.



Socle commun
C1-C2-C3-C4-C6-C7

Notions : Le modelé actuel du paysage résulte de l'action de l'eau sur les roches...
Capacités : observer, recenser, organiser des informations, formuler des hypothèses, les valider, mettre en oeuvre un raisonnement...
Attitudes : favoriser la curiosité et susciter l'intérêt des élèves...
Autonomie : travailler en autonomie sur le terrain et préparer une exposition interactive...

Les 7 piliers de compétence du socle commun : 1 : langue française ; 2 : langues étrangères ; 3 : Culture scientifique et technique ;
4 : TICE (Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement) ;
5 : culture humaniste ; 6 : compétences sociales et civiques ; 7 : Autonomie et initiative

Figure 1: Une séquence pédagogique pluridisciplinaire.

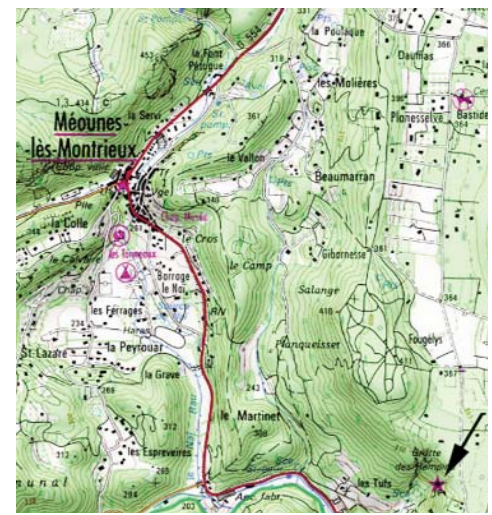


Figure 2: la grotte des Rampins.

à concevoir les schémas. Il s'agit bien d'un article de science. Le mot « science » décrivant avant tout une méthode de travail à la fois rigoureuse, argumentée et amoral, c'est-à-dire en dehors de tout sens moral qui apporterait une subjectivité aux résultats. (Ne pas confondre avec immoral, qui caractérise des actions qui vont à l'encontre de la morale).

Vous ne lirez pas pour autant une publication scientifique, juste le travail d'élèves de cinquième impliqués dans leurs apprentissages, de bons élèves de cinquième...

Fabrice MOURAU
Enseignant en sciences de la vie et de la terre et occasionnellement spéléologue à l'ACV (Aven-club valettois)

Dans les conduits karstiques, on observe très souvent des formes de parois liées à l'écoulement de l'eau : les vagues d'érosion, aussi appelées « coups de gouge ». Vingt-trois élèves de la classe de cinquième 7 sont allés les mesurer sur les parois de la grotte des Rampins. Le plateau de Planesselve est composé de calcaires et de marnes creusés par le Gapeau. Les élèves ont utilisé les vagues d'érosion pour évaluer la vitesse du courant dans une galerie en conduite forcée puis ils ont pu en calculer le paléo-débit. Enfin, ils ont réfléchi sur leurs calculs pour savoir si leurs résultats comportaient des erreurs.

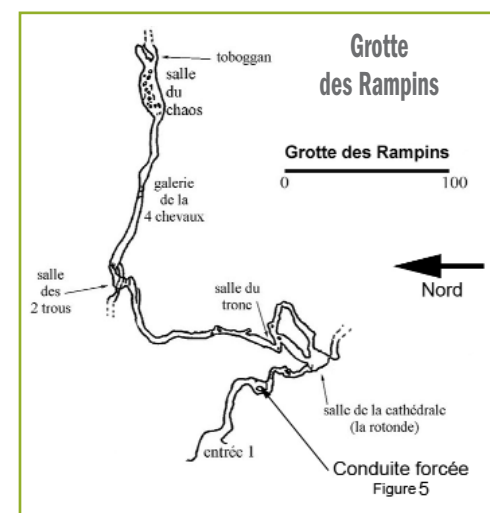
La grotte des Rampins

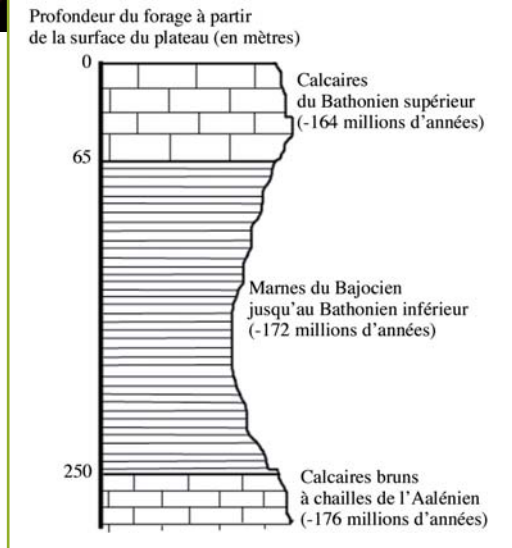
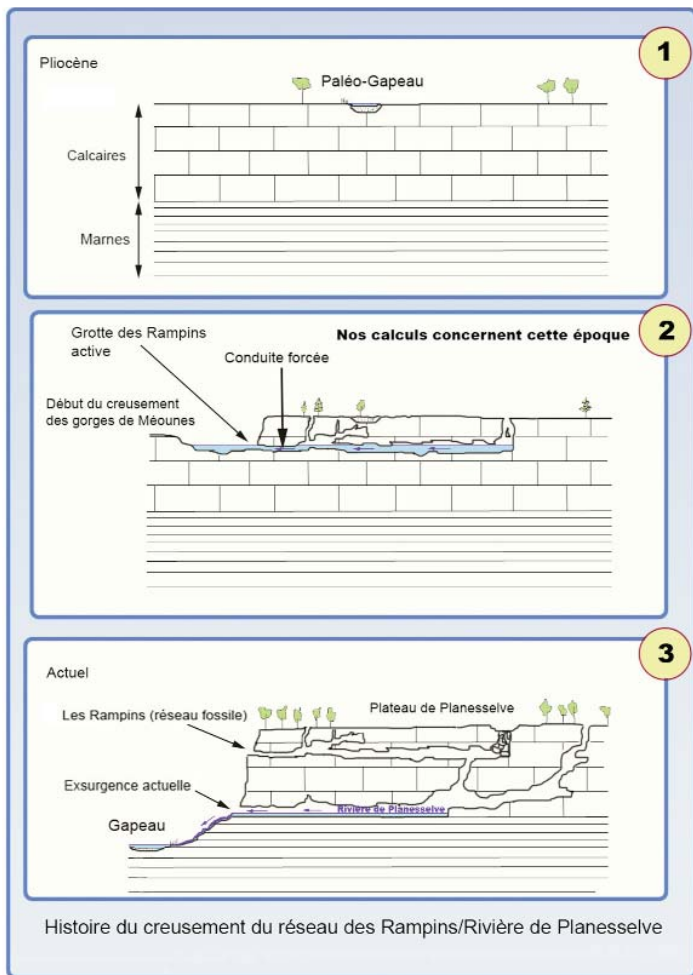
La grotte des Rampins se situe à Méounes-lès-Montrieux dans le département du Var. Elle est située dans le massif de Saint-Clément sur le plateau de Planesselve, lieu-dit les Tufs. Elle est profonde de plus de 22 m. Le développement est de 1 600 m.

Il y a eu une exploration de la grotte le 15 décembre 1950 jusqu'à la salle des Deux Trous puis la découverte d'un boyau suivi d'une exploration jusqu'à la voûte mouillante le 3 janvier 1951. Passé la voûte, l'exploration va jusqu'à la salle des Dunes le 18 novembre 1951. Le

21 octobre 1952, les explorateurs découvrent un laminoir sous la salle des Deux Trous, puis une galerie noyée. Elle permettra une jonction avec l'entrée n°2 de la grotte. Entre 1970 et 1971, le Spéléo-club de Toulon découvre de nouvelles galeries et une entrée supérieure. Laure Yssarni et Hervé Konzet découvrent un nouveau réseau dans la salle de la Cathédrale. Un laminoir désobstrué par Ch. Maurel et J.-P. Lucot dans la salle des Fistuleuses fait la jonction avec la rivière souterraine de Planesselve (œil du Luc).

Le plateau de Planesselve est composé de calcaires d'âge bathonien.





Dans la conduite forcée. Cliché Fabrice Mourau.

Différentes couches de roches du plateau de Planesselve.

La couche de calcaire du bathonien supérieur est d'environ 65 m et son âge d'environ 164 millions d'années. Ce calcaire s'est formé en milieu océanique avec des sédiments d'animaux marins. La grotte des Rampins se situe dans cette couche du Bathonien. Cette couche de calcaire est suivie d'environ 180 m de marnes du Bajocien jusqu'au Bathonien inférieur (-172 Ma). Cette couche de marnes est totalement imperméable donc aucune grotte ne s'est formée dans cette roche.

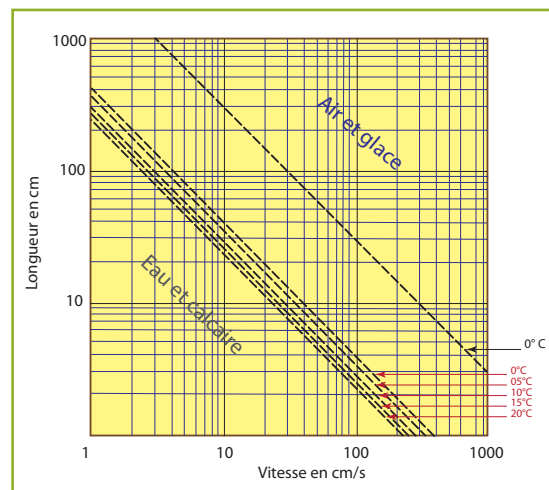
La marne s'est formée en milieu océanique à grande profondeur avec

un courant faible. Actuellement, l'eau traverse les calcaires puis s'arrête aux marnes et ruisselle jusqu'à la sortie.

Les surfaces karstiques du plateau de Planesselve (nord de Toulon) étaient au départ une plaine. Avec le temps, l'érosion d'un cours d'eau, le Gapeau, a creusé un thalweg sur le bord de la plaine (jusqu'à 180 m). La plaine est maintenant en hauteur. Les réseaux fossiles sont creusés dans le calcaire Bathonien peu épais et très fissuré. Ils se sont creusés depuis le Pliocène. Le creusement s'est arrêté au niveau des marnes imperméables.

Matériel et méthode

Nous cherchons à évaluer le paléo-débit dans une partie de la grotte des Rampins. Pour cela, nous évaluerons la vitesse du courant par l'étude des vagues d'érosion. La méthode utilisée pour calculer le paléo-débit est liée au calcul du volume de la galerie $V = \pi R^2 H$. En connaissant la vitesse de l'eau et le résultat du calcul, on peut connaître le débit en m^3/s .



Abaque de Curl pour le calcul de la vitesse de l'eau près de la paroi. (Abaque tiré de l'article de D. Cailhol).



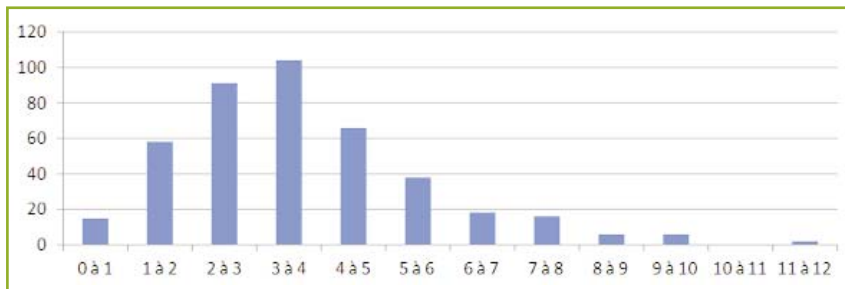
Des cours sous terre avec spéléH₂O. Cliché Fabrice Mourau.

Nous sommes entrés dans la grotte des Rampins. Une fois à l'intérieur, nous avons cherché des vagues d'érosion. Nous étions 23 élèves et nous en avons mesuré de 20 à 25 chacun à l'aide d'un double décimètre. Nous avons fait 420 mesures en tout.

Les vagues d'érosion sont des formes concaves limitées sur les bords par un polygone curviligne de 3 à 6 côtés qui les sépare des vagues adjacentes (B. Lismonde, Les vagues d'érosion. - *Karstologia* n° 10). Elles tapissent parfois la paroi toute entière du plancher au plafond compris.

La longueur des vagues d'érosion dépend de la vitesse du courant. Nous avons mesuré la longueur des coups de gouges et on a calculé la moyenne. Grâce à l'abaque, tiré de l'article de D. Cailhol (Analyse croisée débits / vagues d'érosion du moulin de Vogüe), nous avons évalué la paléo-vitesse du courant. On utilise le diagramme avec comme ordonnée la longueur des vagues d'érosion et on lit la vitesse sur l'axe des abscisses. Nous avons choisi une température de l'eau de 10°C.

Une fois la vitesse obtenue, nous avons considéré que la galerie était à peu près cylindrique avec comme diamètre 1,50 m et comme rayon 0,75 m. En faisant $V = \pi R^2 H$, H correspondant à la distance parcourue par le courant en une seconde.



Nombre de vagues d'érosion mesurées en fonction de leur taille en centimètres.

Résultats

Pour traiter les mesures, nous avons utilisé le logiciel tableur Open office Calc, puis nous lui avons demandé de calculer :

- La moyenne
- La mesure maximale
- La mesure minimale
- La médiane

Pour calculer ces valeurs, nous avons fait ces calculs pour :

- La médiane :
= médiane (C2 : W21) = 3,5
- La moyenne :
= moyenne (C2 : W21) = 3,9
- La mesure minimale :
= Min (C2 : W21) = 0,5
- La mesure maximale :
= Max (C2 : W21) = 12

Avec toutes ces mesures, nous avons fait un graphique en barres qui nous a servi à voir le nombre de valeurs identiques, certaines ayant dépassé 100 et d'autres 50.

Nous avons utilisé l'abaque pour évaluer la vitesse du courant. Elle est d'environ 0,7 m/s. Avec cette donnée nous avons pu calculer le débit dans la conduite forcée de la grotte des Rampins.

Donc, une goutte d'eau dans la galerie en une seconde parcourt la distance de 0,7 m. La galerie a une section plus ou moins ronde et d'environ 1,50 m de diamètre. Le rayon de cette galerie est donc de 0,75 m. Donc, pour calculer le débit, on effectue le calcul suivant : la vitesse du courant X le rayon de la galerie X le rayon de la galerie X Pi.

Comme le volume d'un cylindre est $\pi R^2 H$, (H étant la hauteur du cylindre), nous avons calculé le volume d'eau qui parcourt la grotte : $V = \pi \times 0,75^2 \times 0,7 \approx 1,23 \text{ m}^3$. Ce volume correspond à la quantité d'eau qui passait dans la galerie en

une seconde, c'est le paléo-débit de la grotte des Rampins.

Le paléo-débit est donc $\approx 1,23 \text{ m}^3/\text{seconde}$.

Discussion

Nous avons réalisé ce calcul afin de déterminer la quantité d'eau qui passait dans la grotte des Rampins au moment de son creusement.

Cependant, nos résultats ne sont qu'approximatifs car nous avons mesuré la longueur des vagues d'érosion avec un double décimètre, ce qui n'est pas très précis. Nous avons pris des vagues d'érosion au hasard. Pour avoir une meilleure moyenne, nous aurions dû mesurer plus de vagues d'érosion, il faut beaucoup de mesures pour avoir des valeurs plus précises. Pour approfondir et consolider nos résultats, il faudrait retourner faire des mesures à d'autres endroits de la grotte et surtout en faire beaucoup plus. De plus, la galerie de la conduite forcée n'est pas exactement cylindrique, ce n'est qu'un modèle. Nous ne sommes donc pas sûrs de la précision de notre résultat de $1,23 \text{ m}^3/\text{sec}$. Nous pourrions y retourner et utiliser des instruments plus précis.

Remerciements

pour leur aide et leur accompagnement du projet à l'association spéléH₂O et à Ludovic Mocochain (Université P. et M. Curie, Paris 6 ; Institut des sciences de la terre, Paris).

Bibliographie

- LISMONDE, B. (1987) : Les vagues d'érosion. - *Karstologia* n° 10, p. 33-38.
 BLANC, J.-J. (2001) : Histoire géologique et enregistrement karstique - Exemple du massif du Siou Blanc et de ses abords (Var).- *Karstologia* n°37, p. 11-22.
 BLANC, J.-J. (2010) : Les surfaces karstiques au nord de Toulon. - *Karstologia Mémoire* n°19, article 115.
 CAILHOL, D. (2012) : Analyse croisée débits / vagues d'érosion du moulin de Vogüe (Ardèche).- *Karstologia* n°57, p. 28-32.
 LUCOT J.-P. et al. (2013) : Grotte des Rampins. - Fichier topo du CDS VAR : <http://www.fichier topo.fr>



Mesures effectuées dans la galerie.
Cliché Laurent Gilbert.