

RETOUR D'EXPÉRIENCE DE CAROTTAGE AVEC DU MATÉRIEL LÉGER EN EAU PEU PROFONDE À L'AIDE D'UNE AIGUILLE VIBRANTE À BÉTON.

Didier, J¹, Fanget, B², Gallet, R², Jaillet, S², Malet, E², Monvoisin, G³, and Regnier, E⁴

¹Réseau CCF - CHRONO-ENVIRONNEMENT, Univ. Bourgogne Franche Comté

²Réseau CCF et MSK - EDYTEM, Univ. Savoie Mont Blanc

³Réseau MSK -GEOPS, Univ. Paris Saclay

³Réseau CCF - LSCE, Univ. Paris Saclay

bernard.fanget@univ-smb.fr (corresponding author)

Abstract: Le document présente une expérimentation de carottage en eaux peu profondes à l'aide d'une aiguille vibrante à béton. L'étude a été menée dans le lac souterrain des grottes de Choranche, avec une mini-barge spécialement conçue pour le transport du matériel. Différentes configurations ont été testées, révélant que l'utilisation d'un tube en inox de 90 mm avec un poids adapté et une aiguille vibrante fixée proche de la tête était la plus efficace. Cette méthode a permis d'extraire une carotte de 1,8 m en 2 min 15 s. L'expérimentation conclut à l'intérêt de cette approche, bien que des améliorations mécaniques puissent être envisagées.

Keywords: Carottage, sédiments, aiguille vibrante.

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de la première session des journées techniques du réseau de métier des Carotteurs Continental Français CCF (13-16 novembre 2023), nous nous sommes associés avec le réseau de métier Milieux Souterrains et Karst pour tester un nouveau dispositif de carottage dans des conditions complexes. Deux objectifs ont été fixés pour ces journées : (1) l'utilisation de moyens de carottage légers, démontables et transportables permettant l'échantillonnage de sites jusqu'alors inaccessibles ; (2) de tester un mode de carottage par vibration pour des sédiments particulièrement compacts en eaux peu profonde.

Compte tenu de ces objectifs, le site retenu pour réaliser ces essais en tenant compte de nos objectifs a été le lac souterrain des grottes de Choranche dans le Vercors.

2 MATERIELS

Le laboratoire EDYTEM a développé une mini barge de voyage servant au carottage lacustre (Fig 1a). L'ensemble du matériel de carottage peut être transporté dans 6 bagages de 23 kg (conditionnement hors format, Fig 1b, admis en transport aérien). Cette mini barge est composée de deux canoës gonflables conçus spécialement pour cet usage par la société Mekong (Crest – Drôme) et d'une plate-forme en cadres d'aluminium. Cette plate-forme est fixée sur les bateaux et permet d'accueillir deux coffres utilisés aussi comme sièges, un moteur électrique et un mat de carottage pivotant pour faciliter la mise en œuvre du carottier et son extraction. En complément, des matelas servant de fond sont rajoutés dans les bateaux comme réserve de flottaison dans le cas d'avaries. Cette mini barge (dimensions totale 3,6x2,3 m ; surface de travail 2,3x1,2 m ; réserve d'air totale 1530 kg) peut accueillir deux opérateurs et a une force d'extraction de 500 kg limitée par le treuil. Lors de la conception, l'ensemble des contraintes mécaniques a été optimisé par la méthode des éléments finis associée à un plan d'expériences. Les caractéristiques hydrostatiques et hydrodynamiques ont été calculées aussi bien dans le cas d'un usage normal que dans celui d'avaries (cas d'un canoë percé). Des tests en laboratoire et sur le terrain ont permis de vérifier l'ensemble des calculs et des conditions de sécurités.

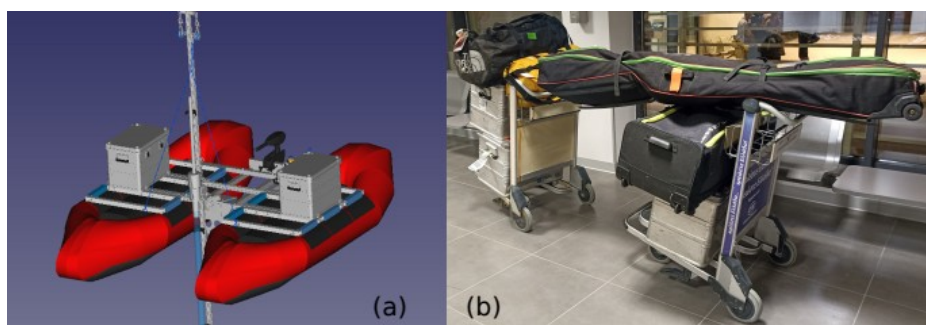
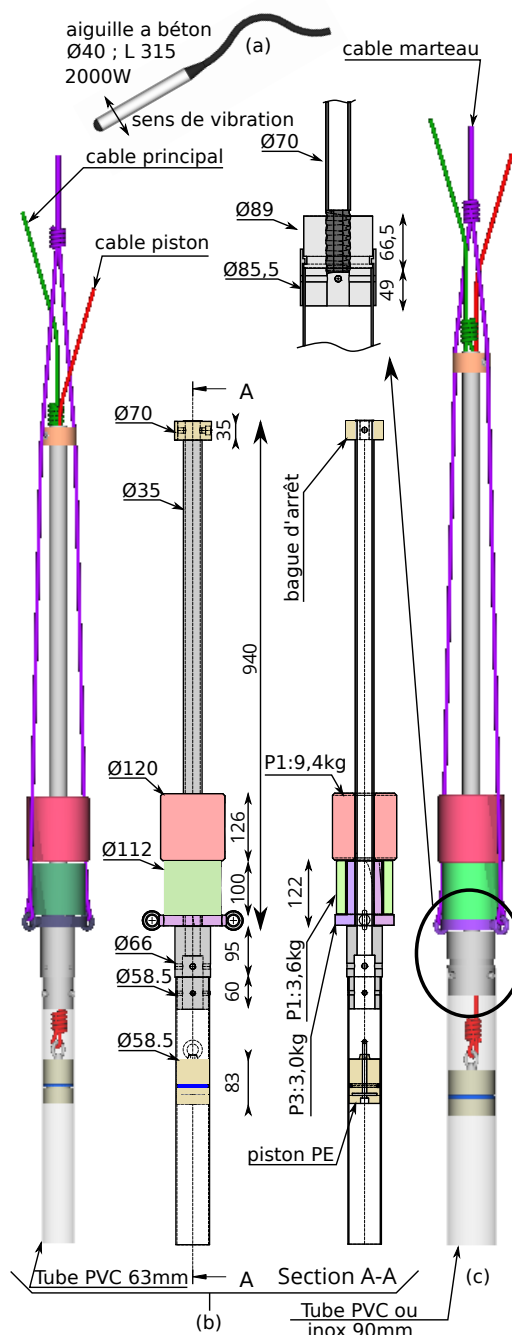


Figure 1. 1a mini barge de carottage en configuration de prélèvement. 1b ensemble du dispositif conditionné pour le voyage en 6 bagages accepté par le transport aérien.



Les bagages ont été optimisés pour transporter une quinzaine de tube PVC de 63 mm de diamètre avec une longueur de 2m ainsi qu'un système de carottier de type nesje développé par EDYTEM modifié accueillir des tubes de 63 mm comprenant deux moutons de frappe d'environ 10 kg. Cet ensemble a déjà permis d'obtenir une carotte sédimentaire en une passe de 8,2 m et de travailler dans des tranches d'eau comprises entre 50 cm et 200 m (record à ce jour).

Sur la figure 2b ; sont présentés le dispositif avec un schéma de montage comprenant les différentes pièces à utiliser ainsi que les systèmes de cordages statiques pour maintenir le carottier, le piston stationnaire et actionner les marteaux. Sur les vues des dessins techniques, les dimensions et les poids sont indiqués à des fins de reproductions éventuelles. Il est à noter que le poids de 3,6 kg est celui utilisé pour la carotte pilote obtenue avec un système UWITEC.

Pour ces journées techniques ; nous avons aussi utilisé un autre système de type nesje modifié pour tube de 90mm (aussi développé par EDYTEM) utilisant les mêmes poids pour les frappes. La figure 2c montre a vue 3D du dispositif. Dans ce cas, une rallonge de carottage classique (norme RD32) vient s'insérer dans la tête du carottier. Des tubes en PVC ou en acier inox peuvent être montés.

Malheureusement, dans le cas des faibles tranches d'eau, le dispositif de carottage s'avère compliqué à utiliser (surtout avec des sédiments dont les propriétés rendent difficile la pénétration des carottes et nécessiterait des développements supplémentaires). Pour cette raison, nous avons testé une technique de carottage par vibration à l'aide d'une aiguille à béton louée (diamètre 40mm, longueur 315 mm, fréquence de vibration 12000 t/min, 2000W, longueur du flexible 3 m Fig 2a). La longueur du flexible impose la limite de profondeur atteignable.

Figure 2. matériel de carottage testé : (a) schéma de la tête de l'aiguille à béton ; (b) carottier de type nesje modifié pour tube de 63mm. Il est à noter que les trois poids sont fendus pour permettre de les mettre ou retirer du carottier (c) carottier de type nesje modifié pour tube de 90mm.

3 SITE DE CAROTTAGE

Les objectifs étaient de démontrer l'utilisation du matériel décrit précédemment dans le lac souterrain des grottes de Choranche dans le Vercors. En effet, le site répondait à plusieurs contraintes qui justifiaient ce choix. C'est d'abord l'existence d'une série sédimentaire identifiée dans ce lac (épaisseur présumée entre 2,5 et 3,5 m), qui avait fait l'objet de plusieurs investigations, notamment dans le cadre de la thèse d'Anne-Sophie Perroux (2005) et de travaux de recherches publiés (Perroux, 2005, 2006 ; Carcaillet et al., 2007 ; Jaillet et al., 2009 ; Lignier et al., 2012). C'est aussi un site qui s'inscrit dans une grotte touristique (Fig. 1) offrant les commodités d'accès, d'éclairages et d'électricité et qui en outre est clos la nuit permettant de laisser le matériel entre deux séances de travail.

Le lac lui-même mesure une trentaine de mètres de longueur pour une quinzaine de largeur. Il reçoit les eaux de la rivière souterraine de Chevaline qui en crue transporte une charge détritique essentiellement carbonatée autochtone. Cela veut dire que l'essentiel des dépôts est composé du démantèlement de calcite produite dans la rivière en amont, complété par quelques éléments fins provenant sans doute des soutirages des couvertures non calcaires sur le plateau des Coulmes. Le lac a été perturbé dans les années 1980 par

les travaux d'aménagement touristique. Il ne subsiste que des dépôts latéraux et notamment une très large banquette en rive gauche. C'est cette banquette qui avait déjà fait l'objet des investigations précédentes et c'est à nouveau celle-ci qui a été retenue pour cette opération de tests (Fig. 3).

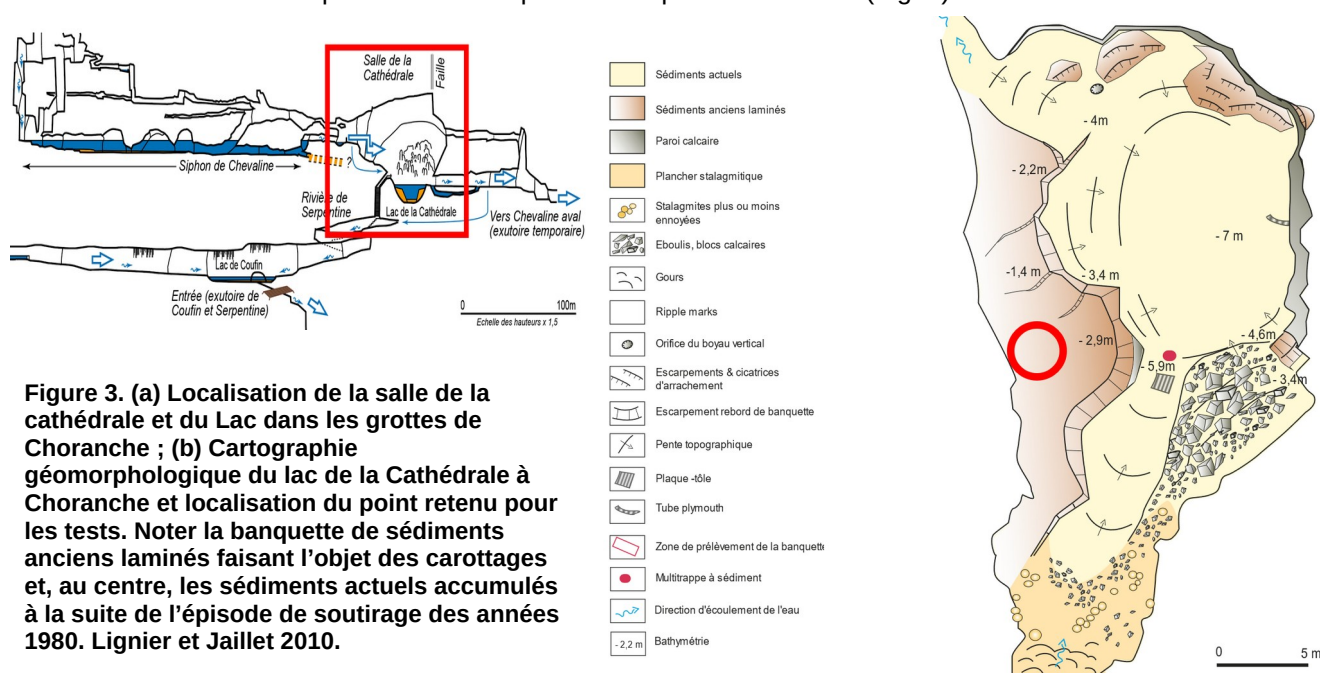


Figure 3. (a) Localisation de la salle de la cathédrale et du Lac dans les grottes de Choranche ; (b) Cartographie géomorphologique du lac de la Cathédrale à Choranche et localisation du point retenu pour les tests. Noter la banquette de sédiments anciens laminés faisant l'objet des carottages et, au centre, les sédiments actuels accumulés à la suite de l'épisode de soutirage des années 1980. Lignier et Jaillet 2010.

Le point de carottage (cercle rouge figure 2b) s'est avéré trop proche de la berge pour pouvoir être opéré avec le mât pivotant de la mini barge. Nous avons été dans l'obligation d'utiliser le tripode UWITEC avec 2 montants sur la berge et un sur la mini barge, ce qui a alourdi les essais.

4 PRINCIPAUX RESULTATS

Nous avons testé onze configurations de ce matériel avec tube PVC de 63 et 90 mm et tube inox de 90mm de diamètre. La figure 4 présente les huit principales obtenues avec des tubes de 90mm. Sur cette figure, les mannequins indiquent que les opérateurs ont participé à la masse du système. La figure 4a montre qu'avec la méthode classique (fonçage par battage au mouton) nous avons pu faire qu'une carotte de 56cm. L'utilisation de tubes PVC sans chemise s'est avérée inefficace du fait de l'absorption de l'énergie de l'aiguille par le tube (Fig. 4b, c et d). Les essais réalisés avec le tube inox de 90 mm se sont avérés beaucoup plus performants excepté lorsque l'aiguille vibrante est fixée sur la tige vissée dans la tête (fig4e - raccord fileté type R32 « rond » pour tête roto-percutante). L'inefficacité est due à la partie filetée qui se débloque instantanément et absorbe la quasi totalité de l'énergie. Des mesures ont permis de montrer qu'un desserrage supérieur à 1 mm (qui intervient presque instantanément au démarrage de l'aiguille vibrante) induit sur le tige un jeu axial de 1mm et un jeu latéral de +/- 0,8°.

Le positionnement de l'aiguille au milieu du tube inox, bien que plus efficace, induit une perte substantielle d'énergie par résonances et/ou interférences due à la réflexion différentielle au deux extrémités du tube (Fig. 4f). La meilleure performance a été l'obtention d'une carotte de 1,8m en 1min et 42 secondes avec un tube inox de 90 mm dans lequel il y a un piston, surmonté d'un poids de 95kg (15 kg poids du nesjer et 80 kg d'un opérateur fig. 4g) et l'aiguille fixé perpendiculairement à l'axe de pénétration. Cette technique nous a permis d'atteindre le bedrock à 3,1m (par l'utilisation complémentaire d'un carottier Niederreiter 63mm de 2m). Toutefois, la position de l'aiguille au sommet du tube évite tout risque de blessures sans perte notable d'efficacité (Fig. 4h) 2min et 15 secondes dans des sédiments non pénétrables avec les méthodes conventionnelles.

5 CONCLUSION

L'ensemble des essais ont permis de démontrer une efficacité de ce système de carottage pour des sédiments difficiles à pénétrer. De plus, la facilité de location des aiguilles vibrantes dans le monde entier n'engendre pas de surcharge lors des voyages en avion. Toutefois, pour une utilisation pérenne de ce système, un développement mécanique peut être envisagé dans le cadre du réseau de métier du Carottage Continental Français.

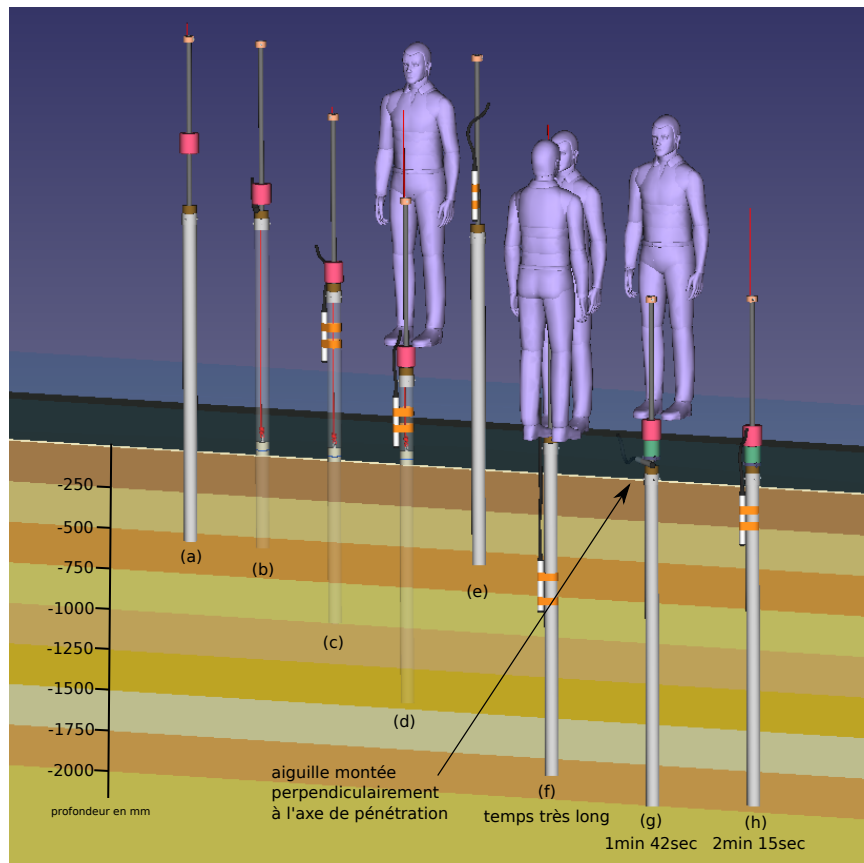


Figure 4. principaux résultats obtenus en fonction des configurations d'essais (a – battage au mouton, b-c-d tube PVC 90mm, e-f-g-h tube inox 90mm).

6 ACKNOWLEDGMENT

Les auteurs remercient infiniment Laurent Garnier, propriétaire des grottes de Choranche de nous avoir autorisé l'accès pour la réalisation de cette mission.

7 REFERENCES

- Carcaillet C., Perroux A.-S., Genries A., Perrette Y. 2007 . Sedimentary charcoal pattern in a karstic underground lake (Vercors massif, Alps, France) implications for paleo-fire history. *The Holocene* 17, 6, 845-850.
- Jaillet S., Lignier V. 2009. Premières observations géomorphologiques et sédimentologiques dans le siphon de chevaline (Grottes de Choranche, Vercors). *Actes des Rencontres d'Octobre. 19ème Rencontres d'Octobre, Spéléo-Club de Paris, St Laurent-en-Royans*, pp. 81–88.
- Lignier V., Jaillet S., Perroux A.-S., Thomas M., Malet E., Deves G., Morel L., Delannoy J.-J. Dynamique sédimentaire et effets de site en zone noyée du karst : l'exemple du siphon de Chevaline (Grottes de Choranche, Vercors, France). In: *Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique*, n°60, 2e semestre 2012. Dynamique sédimentaire dans le siphon de Chevaline. pp. 23-44. DOI : <https://doi.org/10.3406/karst.2012.2727> & www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_2012_num_60_1_2727
- Perroux A.-S. 2005. Les remplissages détritiques endokarstiques. Contribution méthodologique à la lecture des mémoires paléogéographiques et environnementales. Application aux systèmes karstiques de Choranche (Vercors) et d'Ornac (Bas-Vivarais). Thèse de géographie, université de Savoie, 418 p.
- Perroux A.-S. 2006. Intérêt des sédiments détritiques endokarstiques en tant qu'archive naturelle ? Discussion autour des dépôts lacustres souterrains (Grottes de Choranche – Vercors). *Karstologia*, 47, 7-20.