



Marc Douchet

# Port-Miou, la complexe

*Dans FFESSM, il y a SSM pour sports sous-marins, synonyme, pour beaucoup, de compétition. Dans l'environnement, obscur, ténébreux et noyé de la plongée souterraine, oublions-la: elle ferait mauvais ménage avec la sécurité, le spectacle et les médias! Mais le sport ne se réduit pas à la seule compétition, c'est aussi, et avant tout, une activité physique de loisirs. De ce côté, Port-Miou nous gâte, pour ne parler que de l'exploration de juin 1993 (voir Subaqua n° 127)... Pour une, et une seule, plongée en pointe: 1 700 m de développement, 147 m de profondeur, 11 heures d'immersion, 10 heures de palier, 15 plongeurs, 300 m<sup>3</sup> de gaz dont 50 m<sup>3</sup> d'oxygène et 100 m<sup>3</sup> d'hélium, 60 blocs de plongée, au total, près de 4 tonnes de matériel à descendre, plus tard à remonter, sur le barrage 50 m sous la terre... À tel point que certains disent que dans FFESSM il y a aussi SM! Mais depuis 2009, Port-Miou s'est mis en tête de s'arrêter sur le "E" de FFESSM, "E" comme Études... Un reportage de Marc Douchet. Photo d'Hervé Chauvez et Baudouin Lismonde.*

Les spéléonautes de la FFESSM et plus spécialement ceux de la région Provence/Alpes se sont investis dans un regroupement de compétences où chacun met à disposition son savoir ou son savoir-faire pour découvrir tous les mystères du système hydrogéologique de Port-Miou/Bestouan. De ce pôle de compétences est née une association "Cassis Rivières Mystérieuses" dans laquelle se côtoient des scientifiques, des universitaires, des techniciens, des bonnes volontés de tout ordre et bien sûr la quasi-totalité des plongeurs souterrains provençaux.

Le fonctionnement de cette source sous-marine est complexe, entre autre, du fait de la grande taille des conduits et de la proximité de la mer. En effet, la marée impose à la source des conditions de charge variables et le débit qui en découle est lui aussi capricieux. La coexistence d'eau douce et d'eau de mer impose une structure stratifiée des écoulements. De ce fait, des déversements d'eau de mer pénètrent, par moments, profondément dans le conduit, sous la forme d'un biseau salé, et contaminent l'eau douce. Par ailleurs,

une alimentation pérenne d'eau de mer rend saumâtre l'eau douce à une grande distance de la résurgence marine. En effet, des prélèvements effectués dans le puits terminal ont révélé que l'eau était encore saumâtre même à 150 m sous le niveau de la mer.

## Campagnes d'études de 2009 et 2010

Au programme de cette nouvelle campagne, axée plus sur l'étude que sur l'exploration, et oui! 178 m ça complique les choses, les mesures de débit et la localisation précise du parcours de ces rivières aveugles.

### • Le débit

En ce qui concerne les mesures de débit, nous avons décidé de les réaliser à Port-Miou au niveau du barrage immergé. La gageure ici, est de réussir à modéliser un système fiable dans un conduit impossible à calibrer avec précision. Ce n'est d'ailleurs pas la seule difficulté, nous avons une grande galerie qui dépasse parfois les 400 m<sup>2</sup>,

dans laquelle il y a une stratification importante générée par les différentes densités de l'eau douce, ou salée, des courants liés à l'architecture de la rivière et des contre-courants engendrés par les marées. Nous avons mis en place quatre systèmes de mesures totalement différents. Ce qui nous a permis de tarer les méthodes les unes par rapport aux autres.

- **La perte de charge**

La perte de charge est une méthode très simple à mettre en œuvre avec l'intérêt majeur de pouvoir installer une échelle à lecture directe. Pour faire simple il suffit de mesurer la différence de hauteur entre la vasque amont et la vasque aval du barrage. Des capteurs de pression placés en amont et en aval du barrage permettent de remonter par différence à la dénivellation des surfaces libres de part et d'autre du barrage et donc au débit si on connaît la section de passage. Nous avons installé à demeure un dispositif consultable par tous les visiteurs du barrage qui donne la dénivellation entre les bassins amont et aval. Avec le tarage des trois autres méthodes cette dénivellation est directement reliée au débit.

- **La vitesse dans les buses**

Cette méthode semble facile puisque nous mesurons la vitesse de l'eau dans les 4 buses calibrées qui traversent de part en part le barrage. Hélas c'est plus compliqué qu'il n'y paraît. Tout d'abord il faut tenir



© Baudouin Lismonde

L'aménagement autour de la retenue en facilite l'accès.

compte de la perte en charge (le courant n'est pas uniforme dans toute la section de la buse). Et puis, plus compliqué encore, il y a de nombreuses fuites autour du barrage le karst, c'est là une de ses spécificités, n'est pas imperméable.

Ces deux méthodes sont comparables, la mesure de pression convient bien pour les grands débits, alors que la mesure de vitesse convient mieux aux petits débits. Elles sont donc complémentaires.

- **Mesure de la vitesse de déplacement des sédiments**

Un profileur Doppler à ultrasons (ADCP de la Sté Teledyne) a été mis en place durant 35 jours posé au sol au milieu de la galerie. La grande chance de cette campagne est d'avoir coïncidé avec une crue de rareté décennale. Ce fait est très positif car il a permis d'obtenir la courbe de tarage de Port-Miou sur une grande amplitude des débits. Un ombilical permettait l'acquisition des mesures toutes les 10 minutes et de les stocker à l'extérieur. Cette campagne de mesure de vitesse a montré que cet appareil conduisait à l'obtention du débit, pour autant que la section de passage soit déterminée. Malheureusement, nous étions limités par la longueur de câble (coût et fiabilité des données) qui ne nous a pas permis d'installer l'appareil à l'endroit le plus judicieux. Néanmoins la méthode a été validée grâce au tarage du barrage.

- **Mesure par colorant**

À coup sûr, ce fut la plus *fun* et la plus surprenante des expériences de cette campagne. Imaginez un plongeur flottant dans une eau limpide par 20 m de fond qui ouvre une vulgaire bouteille de soda de couleur rouge brun et quasiment instantanément l'environnement vire au vert. L'injection ponctuelle d'un colorant, en l'occurrence de la fluorescéine, de masse déterminée en amont du barrage nous a permis de calculer le débit grâce à la mesure de concentration au niveau du barrage.



© Baudouin Lismonde

Port-Miou ne déroge pas à la règle: son étude impose des manutentions.





Le colorant : une méthode simple, pratique et amusante de mesurer le débit.



Cette méthode suppose qu'un bon mélange ait été réalisé. Les deux mesures qui ont été faites correspondaient à des débits de l'ordre de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ainsi, après les différentes corrections, en particulier les variations dues aux marées, la transcription de tous nos relevés a pu chiffrer avec précision les débits de Port-Miou au niveau du barrage. En plein étiage, ce fleuve côtier garde un débit conséquent puisque toujours supérieur à  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Mais lors de ces colères, il déverse beaucoup plus. Une crue a ainsi été mesurée à  $49 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### La localisation du tracé de la rivière

Le report en surface du tracé des deux rivières est essentiel pour la compréhension du système hydrogéologique. En connaissant le parcours de ce grand fleuve souterrain et en ayant des points très précis, il sera aisé de prospecter en surface pour trouver des pertes et autres gouffres qui nous amèneraient directement sur le collecteur. À défaut des forages pourraient être envisagés :

- pour puiser de l'eau qui pourrait être potable ou pour combattre les incendies des calanques,

- pour créer un puits artificiel qui permettrait aux plongeurs de réduire les temps de plongée afin d'entreprendre de nouvelles investigations au terminus actuel (3000 m, arrêt sur trémie).

Jusqu'à maintenant la seule technique que nous utilisions était la topographie, de longues séances de plongées où les spéléonautes mesuraient au décimètre les sections, relevaient les profondeurs et les azimuts pour tracer la rivière en plan et en coupe. La combinaison longueur profondeur rend cette topographie longue et fastidieuse, sans compter le degré de précision aléatoire, c'est pourquoi nous avons voulu comparer nos topos classiques avec deux autres méthodes dont le résultat est étonnant de précision. Ces trois opérations nécessiteront une grosse logistique humaine et de nombreuses plongées pour acheminer le matériel, les bouteilles relais et les lignes de décompression et de sécurité. Ces séries de plongées seront réalisées entre novembre et décembre 2004. L'avantage de ce procédé est une précision de l'ordre du mètre, un coût moindre et des plongées moins exposées.

### • La balise

L'opération consiste à déposer une bobine électromagnétique dans des points remarquables de la rivière et à localiser la verticale de ces points en surface avec un récepteur. Au Bestouan nous avons localisé en surface 3 points du tracé de la rivière (700, 1300 et 1600 m) depuis l'émergence en mer. Pour cela nous avons contribué au développement et à la mise au point d'une balise émettrice capable de fonctionner avec les contraintes dues à l'eau saumâtre et à la couche de calcaire au-dessus de la rivière (250 à 300 m).



© Baudouin Lismonde

Les plongeurs souterrains mesurent tout sauf leurs efforts!

## • Le Cobra Tac Navigation

Ce Cobra Tac de la Sté Teledyne est proche du fonctionnement de l'ACDP à ultrasons. Cet appareil, sans être une centrale à inertie, est capable de mesurer sa vitesse de déplacement, de relever en permanence sa profondeur et sa direction au moyen d'un



Le Cobra Tac : une console utilisée pour la cartographie.

compas. De plus, il prend en compte son positionnement par rapport à l'horizon et mesure la hauteur entre lui et le bas de la galerie. Il se présente comme une grosse console de jeux avec deux poignées et quelques boutons de réglage. Nous l'avons testé dans Port-Miou, lors de cette tentative nous avons fermé une boucle de 300 m avec une erreur inférieure à 3 m loin de notre imprécision en topographie classique. Les résurgences de Port-Miou et du Bestouan constituent un laboratoire naturel d'études des sources sous-marines. En dehors de l'utilisation possible par l'homme de cette ressource insoupçonnée, elles présentent des intérêts scientifiques considérables où tellement de choses restent à faire. ■



Une balise pour retrouver le point en surface.

## • Participants

Gérard Acquaviva, Bruno Arfib, Thierry Carlin, Hervé Chauvez, Marc Douchet, Maxence Fouilleul, Michel Guis, André Jayne, Baudouin Lismonde, Loïc Michel, Adèle Mirlit, Christian Perret, Louis Potier, Marc Renaud, Éric Rostang, Laurent Tarazonna, Claude Touloumdjian...

## Merci pour leur participation et leur contribution à :

Cassis Rivières Mystérieuses, la Sté Teledyne, Nymphéa Water, l'université de Provence, la mairie de Cassis, Eur Dig...



Une partie des plongeurs spéléos...



## Port-Miou et Bestouan les deux grands fleuves aveugles de la Méditerranée

Les sources d'eau douce sous-marines sont des phénomènes observés un peu partout sur la planète. Celles de Cassis, Port-Miou et Bestouan, dans le massif des Calanques, sont parmi les plus connues, les plus spectaculaires et les plus étudiées. Comme la grotte Cosquer, distante de quelques milles marins, tout laisse à penser que le porche de Port-Miou ait pu servir d'abri à nos lointains ancêtres. Connue de longue date puisque selon la tradition orale, les anciens navigateurs de l'Antiquité venaient là pour s'approvisionner en eau douce en

la puisant à la surface de la mer. Par contre les explorations n'ont commencé qu'après la Deuxième Guerre mondiale. Un conduit de grande taille (plus de 20 m de section) se développe sur plus de 2,3 km vers le nord à des profondeurs variant entre 10 et 40 m sous le niveau de la mer. À cet endroit, le conduit s'enfonce à la verticale et les explorations des plongeurs s'arrêtent à ce jour à la côte -178 m (Xavier Meniscus 2008) sans avoir atteint le fond de ce grand puits. Ces deux branches cassidaines sont les exutoires actifs d'un réseau de galeries noyées, les plus grandes d'Europe, qui témoignent de l'existence d'un karst profond développé au cours des périodes géologiques où le niveau de la mer était à quelque 1 000 m sous son niveau actuel.



Il a fallu mesurer le déplacement des sédiments.