
Commentaire sur l'article « Géologie du canyon de Cassidaigne (Cassis, Bouches-du-Rhône) » par Aurélie Tassy, Michel Villeneuve, François Fournier et Jean Borgomano, publié dans *Géologie de la France* n° 1 2022.

Par *Eric Gilli*, géologue, professeur au département de géographie de l'université Paris 8.

2, rue de la Liberté. 93523. Saint Denis. CEDEX

Correspondance : e.gilli@wanadoo.fr

Géologie de la France, n° 3, 2022, p. 28-31, 2 fig.

Mots-clés : Canyon sous-marin, Messinien, Miocène, Pliocène, Marge-Ligure, Calanques, Strati-sismique, Plongées scientifiques, Déchets d'alumine.

Keywords: *Off-shore canyon, Messinian, Miocene, Pliocene, Liguria margin, Calanques, seismic-stratigraphy, diving experiments, alumina waste.*

Commentaire

Cette note qui apporte de très intéressantes informations sur la géologie et la paléogéographie du canyon de la Cassidaigne, souffre de plusieurs omissions et imprécisions. Leurs auteurs y affirment que le cadre géologique du canyon et son évolution dans les périodes anciennes n'auraient été que peu abordés par d'autres auteurs et que leur travail est donc destiné à combler ces lacunes. De plus, ils s'attribuent (§ 5, page 3) la paternité d'un modèle dans lequel ce canyon serait une reculée karstique d'âge Messinien liée au système karstique de Port Miou. Ce faisant, ils oublient de citer des travaux anciens, mais aussi plus récents, qui se sont focalisés sur ce canyon, sur la morphologie du plateau continental, sur les émergences karstiques de Cassis et sur leurs relations avec les boues rouges déversées dans le canyon de la Cassidaigne.

Il est utile de rappeler que la rivière souterraine de Port Miou, dont l'eau est saumâtre, est connue depuis l'Antiquité, qu'elle est explorée depuis l'invention du scaphandre autonome et qu'elle a fait l'objet de nombreuses recherches dans les années 70, pour mettre en place un captage expérimental (SRPM, 1978), en essayant de limiter l'intrusion de l'eau de mer par l'entrée de la grotte. Or, malgré la construction d'un barrage souterrain et subaquatique, l'eau est restée saumâtre et l'idée d'une contamination par des évaporites continentales a été avancée (Vernet et Vernet, 1980). Le site est resté dans l'oubli pendant deux décennies, mais les explorations spéléologiques, en plongée, se sont poursuivies et ont permis la découverte de drains (Douchet et Fage, 1993) à une profondeur importante, difficilement explicable par les variations de niveaux de base liées au glacio-eustatisme quaternaire.

L'idée que le canyon de la Cassidaigne soit un relief mis en place au Messinien a alors été proposée (Gilli, 2001). L'hypothèse d'un ancien drain messinien à 250 m de profondeur, permettant aujourd'hui l'intrusion d'eau de mer, depuis le canyon, a ensuite été avancée pour expliquer la contamination des eaux du karst profond (Gilli, 2002).

Ce modèle messinien s'appuyait sur des bases hydrogéologiques, géographiques et spéléologiques, avec les constats suivants :

- un déficit en eau en Provence calcaire versus un excédent à Port Miou ;
- une profondeur anormale des drains karstiques explorés à Port Miou ;
- l'absence d'un réseau hydrographique sur le continent en amont de la Cassidaigne ;
- un modelé karstique sous-marin à 150 m de profondeur au nord-ouest de la Cassidaigne, suggéré par les travaux de J. Collina-Girard (1996) (Fig. 1) ;
- des travaux montrant l'importance de l'épisode messinien pour expliquer les indices karstiques profonds périméditerranéens (Bini, 1994).

Le modèle a été conforté en démontrant que la salinité de Port Miou était purement marine et acquise par une intrusion profonde (Blavoux *et al.*, 2004).

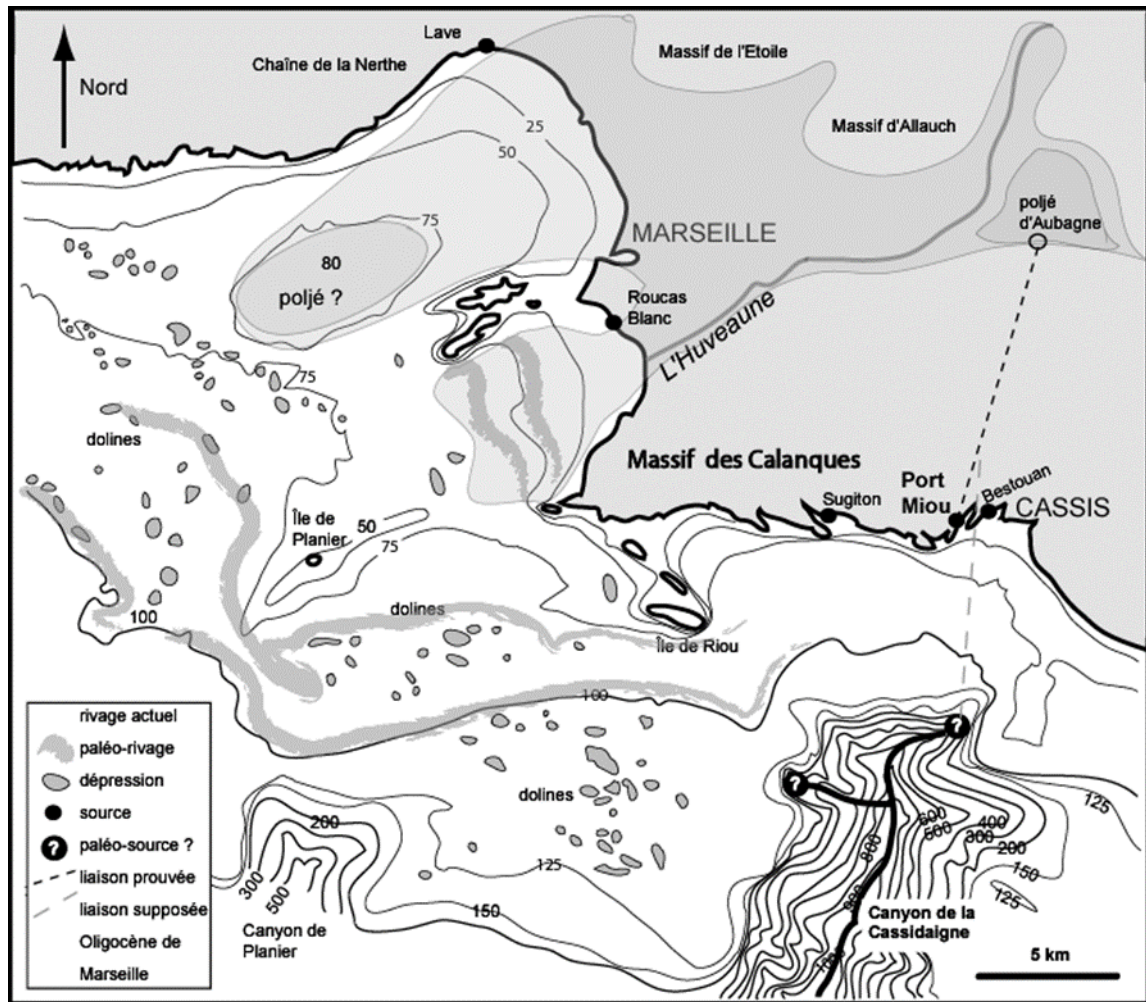


Figure 1 : Croquis géomorphologique de la tête du canyon de la Cassidaigne (Gilli, 2002)

Le canyon de la Cassidaigne, considéré comme une reculée karstique comparable à celle de Fontaine Vaucluse, a été replacé dans un contexte plus général par plusieurs karstologues qui ont précisé les conséquences de l'abaissement de la mer au Messinien sur les aquifères profonds périméditerranéens (Gilli *et al.*, 2003 ; Audra *et al.*, 2004). Ces constatations, qui pouvaient avoir des retombées en hydrogéologie appliquée, ont suscité le financement d'une thèse centrée sur Port Miou (Cavalera, 2007) sous la direction de l'auteur du présent commentaire. Le but de cette thèse était de définir le bassin d'alimentation de Port Miou et d'évaluer la possibilité de mobiliser la ressource, en amont de la zone de mélange. Durant ce travail, les rapports entre le système karstique de Port Miou et le canyon de la Cassidaigne ont largement été développés ; une analyse morphologique du plateau sous-marin entaillé par le canyon a été effectuée et a confirmé le modèle karstique. C'est au cours de ces recherches que, dans les parties amont du réseau karstique, un niveau de boues rouges a été observé et prélevé. Les analyses chimiques du cortège de minéraux lourds ont permis de corréliser ces boues avec celles déversées dans le canyon, par l'usine de traitement de la bauxite (Cavalera *et al.*, 2010). Ce traçage anthropique fortuit a donc renforcé le « modèle spéléologique » dans lequel la salinité des eaux de Port Miou serait liée à la présence d'un conduit messinien reliant les parties profondes du réseau karstique

canyon de la Cassidaigne. Le débit d'eau de mer dans ce drain a été estimé à environ $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gilli, 2011) (Fig. 2). Un mécanisme par turbulences, permettant d'expliquer l'aspiration d'eau de mer avec cet important débit, a ensuite été proposé qui n'a, pour l'instant, pas été infirmé (Gilli, 2015a).

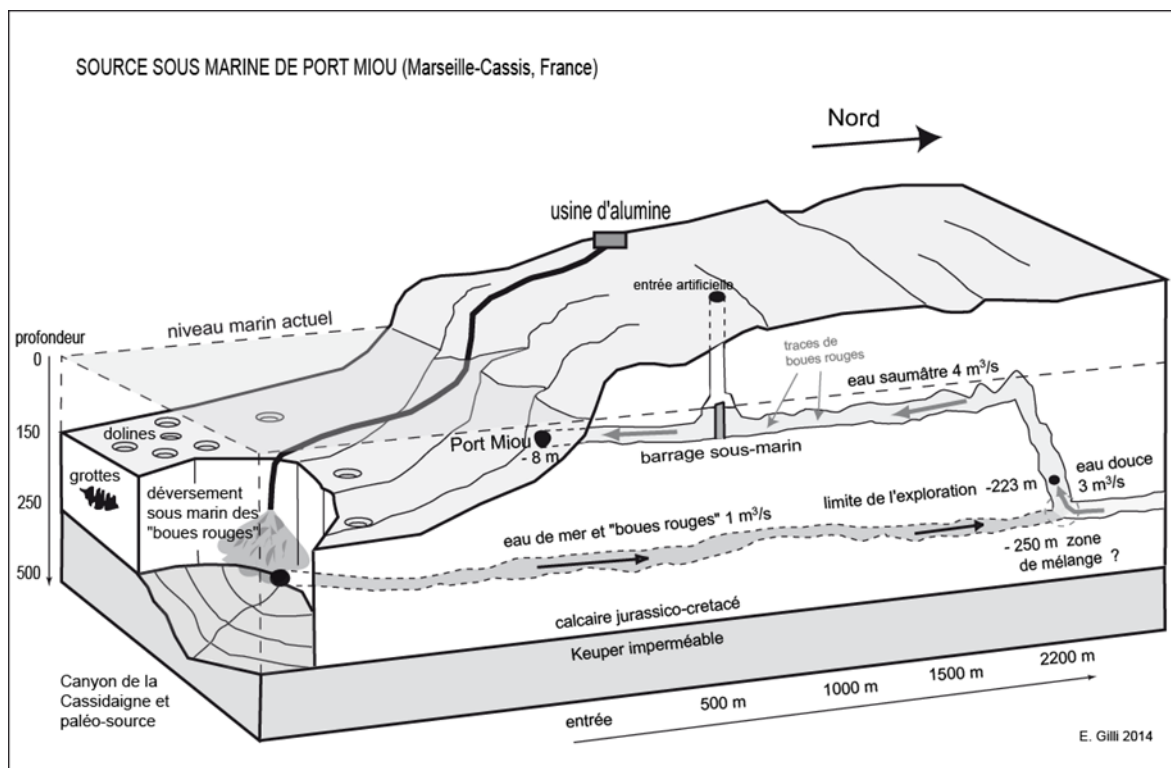


Figure 2 : Modèle « spéléologique » de relation entre le système karstique de Port Miou et le canyon de la Cassidaigne (Gilli, 2011).

Ce modèle a toutefois été mis en opposition avec un autre modèle, où la salinité serait plutôt acquise par imbibition de la matrice calcaire par l'eau de mer autour des drains karstiques (Arfib et al., 2006 ; Fournillon *et al.*, 2011). Le modèle spéléologique impliquait une continuité des calcaires entre les parties connues de la rivière souterraine de Port Miou et le canyon de la Cassidaigne, tandis que le modèle à porosité matricielle pouvait s'expliquer par une intrusion diffuse, de type biseau salé, sur le littoral actuel.

La thèse d'A. Tassy (2012), sur laquelle repose la note commentée ici, a été, pour partie, motivée par le souhait de favoriser le modèle à porosité matricielle en montrant l'absence de continuité des calcaires entre les Calanques et la Cassidaigne. Or, d'une part, sa compilation des données collectées par les campagnes de géologie sous-marine a montré que la tête du canyon était bien dans les calcaires du Crétacé et, d'autre part, le spéléologue scaphandrier X. Meniscus (2017), lors d'une plongée dans les parties profondes de Port Miou, a découvert, à 233 m de profondeur, une galerie se dirigeant vers le canyon. Le plongeur y a traversé une halocline confirmant ainsi une arrivée d'eau de mer par un drain karstique profond et validant ainsi le modèle spéléologique (Gilli, 2020a).

L'étude des systèmes karstiques des Calanques et de la Basse Provence et leur relation avec le canyon messinien de la Cassidaigne est donc une thématique déjà ancienne, avec des travaux largement publiés, chez les karstologues et les hydrogéologues, et synthétisés dans plusieurs ouvrages (Gilli, 2015b, 2020b ; Gilli *et al.*, 2012). Il est donc regrettable que cette transdisciplinarité et cette antériorité n'aient pas été évoquées par les auteurs de la note.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Audra Ph., Bigot J.-Y. Camus H., Clauzon G., Gilli E., Mocochain L.** (2004) - The effect of the Messinian Deep Stage on karst development around the French Mediterranean Sea. *Geodinamica acta*, 17/6, pp. 389-400.
- Bini A.** (1994) - Rapports entre la karstification péri méditerranéenne et la crise de salinité du Messinien : l'exemple du karst lombard, Italie. *Karstologia*, 23, pp. 33-53.
- Blavoux B., Gilli E., Rousset C.** (2004) - Alimentation et origine de la salinité de l'émergence karstique sous-marine de Port Miou (Marseille - Cassis – Bouches du Rhône). *C.R. Geosciences*, 336, pp. 523-533, Elsevier, Paris.
- Cavalera Th.** (2007) - Etude du fonctionnement et du bassin d'alimentation de la source sous-marine de Port Miou (Cassis). Approche multicritère. Thèse, Marseille, 397 p.
- Cavalera Th., Gilli E., Mamindy-Pajany Y., Marmier N.** (2010) - Mechanism of salt contamination of karstic springs related to the Messinian deep stage. The speleological model of Port Miou (France). EGU General Assembly 2009, Vienna, spec. issue. *Geodinamica Acta*, 23 /1-3, pp. 15-28.
- Collina-Girard J.** (1996) - Préhistoire et karst littoral : la grotte Cosquer et les calanques marseillaises. *Karstologia*, 27, pp. 7-40
- Douchet M. et Fage L.H.** (1993) - Port Miou et le Bestouan. *Spéléo*, 12, pp. 3-6.
- Fournillon A., Arfib B., Gilli E., Tassy A., Borgomano J.** (2011) - Modèles conceptuels de fonctionnement d'aquifères carbonatés côtiers méditerranéens à partir de mesures de salinité de surface en mer : aquifères à porosité matricielle versus aquifères karstiques. 9^{ème} Colloque d'Hydrogéologie en Pays Calcaire. Besançon.
- Gilli E.** (2001) - Compilation d'anciennes mesures de débit à Port Miou. Apport à l'hydrogéologie de la Provence. 7^e coll. hydrogeol. en pays calcaire et milieu fissuré. Besançon, 20-22 sept. 200. pp. 157-160
- Gilli E.** (2002) - Etude préalable sur le drainage des karsts littoraux. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. A/Bouches du Rhône et Var ; B/ Corse. 100 p ; 37 fig; 2 pl. <https://doi.org/10.13140/2.1.4776.7042>
- Gilli E.** (2011) - Karstologie. Karsts, grottes et sources. Coll Presup, Dunod édit. Paris, 256 p.
- Gilli E.** (2014) - Les aquifères karstiques littoraux et sous-marins du sud-est de la France. Perspectives et réalités. Revue Soc. Géol. de France, Paris, *Géologues*, 183, pp. 66-67.
- Gilli E.** (2015a) - Deep Speleological Salt Contamination in Mediterranean Karst Aquifers. Perspectives for Water Supply. *Environmental Earth Sciences*, 74, pp. 101-113. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4042-2>
- Gilli E.** (2015b) - Karstology. Karsts, caves and springs. CRC Press, Taylor & Francis Group edit., New York, 244 p.
- Gilli E.** (2020a) - A Messinian Model Explains the Salt Contamination of the Mediterranean Coastal Springs. *Environmental Earth Sciences*, 79-188. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-08928-1>
- Gilli E.** (2020b) - Port Miou and Le Bestouan (Cassis, France). The Largest French Submarine Karst Springs. Coll. Caves and Karst of the World, Springer Nature edit., 67 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50192-1>
- Gilli E., Audra Ph., Camus H., Mocochain L., Clauzon G., Bigot J.-Y.** (2003) - The effect of the Messinian Deep Stage on karst development around the Mediterranean karst. Examples from Southern France. Proc. Int. Conf. on Karst Hydrogeology and Ecosystems Bowling Green, USA, June 3-6, 2003.
- Gilli E, Mangan Ch., Mudry J.** (2012) - Hydrogeology, objectives, methods and applications. Sciences publishers, CRC Press, Taylor & Francis Group edit., New York, 394 p.
- Meniscus X.** (2017) - Encore plus profond à Port Miou: -233. *Spelunca*, 5-146, pp. 27-29.
- SRPM (SYNDICAT DE RECHERCHE DE PORT MIOU)** (1978) - La résurgence d'eau douce sous-marine de Port Miou. *Chantiers de France* n°104.
- Vernet M. & Vernet B.** (1980). Essai de discrimination par méthode isotopique de l'origine des eaux de systèmes karstiques. Application aux karsts continentaux et littoraux de Basse-Provence, Thèse 3e cycle Géologie Aix-Marseille 1, 208 p.
- Tassy A.** (2012) - Karsts côtiers et canyons sous-marins de la marge provençale au Cénozoïque : contrôle géodynamique, eustatique, hydrologique et structural. Thèse de l'Université d'Aix-Marseille, 2012, 414 p.