

# Pressure solution: nouvelles possibilités pour le karst

Silvana Magni<sup>1</sup> [Was not present at the congress](#)

**Résumé:** La genèse du karst est fortement influencée par la déformation tectonique de la zone dans laquelle il se développe. Cette relation a été testée à plusieurs reprises dans divers contextes géologiques en Italie, où plusieurs études rapportent déjà ce phénomène avec des zones de failles, anticlinaux, synclinaux ou des joints. De ces études, il a été déduit que les conduits karstiques se développent préférentiellement dans les zones où il y a possibilité d'écoulement d'eau. Dans ce travail, on a montré que le déclenchement du phénomène karstique se développe préférentiellement le long de structures tectoniques spécifiques. Ce sont des structures tectoniques de compression et cela parce que la compression produit une dissolution généralisée, in situ, de la roche; la dissolution produit en conséquence une augmentation de la perméabilité favorisant la circulation de l'eau. Nous présentons une recherche faite sur cette relation et des propositions pour une nouvelle approche du déclenchement (« inception ») de la karstification.

**Mots-clés:** karst, déformation, stylolites, discontinuités et joints

## Introduction

La spéléogenèse est un phénomène complexe qui implique plusieurs facteurs, prédisposants et non prédisposants, qui sont tous étroitement interconnectés entre eux. On peut retenir qu'un des facteurs principaux est la présence d'un réseau de discontinuités parce qu'il permet le déclenchement de la dissolution de la roche (c'est-à-dire le début de la karstification), évidemment associé avec les conditions essentielles pour lesquelles on peut avoir dissolution (caractères chimiques, minéralogiques, mécaniques).

Il n'y a pas de développement de conduits le long de toutes les discontinuités. Une possibilité pour que des conduits se développent, est que le long de telles discontinuités il y ait eu un mouvement relatif (PICCINI, 1999, qui facilite la circulation de l'eau. Mais cette condition n'est pas suffisante à qualifier les discontinuités mécaniques comme voies préférentielles pour la pénétration d'eau dans le sous-sol. Par exemple, dans le cas des failles, la cataclase peut fournir dans les phases initiales de la formation des conduits la perméabilité suffisante (PICCINI, 1999) pour la circulation des eaux. Alors que la calcite, que ces mêmes eaux déposent, tend à les cimenter. De même, parmi les discontinuités, il semble que celles dues à l'extension, de type joints ou diaclases, sont plus sensibles au processus de dissolution (PICCINI, 1999; ERASO, 1986).

Plusieurs études (CUCCHI, 1978, FERRARESE & MENEGHEL, 1992, BINI et al., 1993, FORTI & TOMMASINI, 1964, FORTI et al., 2007, MENICCHETTI & GALDENZI, 1992, PICCINI, 1999, SAURO, 1991, TOGNINI, 1994, VIGNA & CALANDRI, 2001) ont été menées dans différentes régions karstiques

Italiennes sur les relations entre les structures géologiques (failles, plis et joints) et la karstification. Elles ont toutes conduit à la conclusion qu'il existe une forte évidence, insuffisamment prise en considération, que le déclenchement de la karstification se développe préférentiellement le long de discontinuités au caractère d'extension (joints, diaclases, failles normales, etc.).

Aussi dans la région des Pouilles, et en particulier dans les régions où cette étude se concentre, des données de la littérature montrent une relation entre des systèmes de failles et plis mineurs et le développement du karst (PARISE, 2008, SAURO, 1991, 1994, ZEZZA & ZEZZA, 1999) ; elles montrent aussi que ce processus est contrôlé par les principaux systèmes de failles de direction NW-SE ou NE-SW et en moindre mesure E-W. Mais jusqu'à présent il n'y a pas d'études de détail concernant la nature de la discontinuité à la méso-échelle et son influence sur le développement de la karstification. Seul le travail de ZEZZA & ZEZZA (1999) mentionne que, si les failles contrôlent le développement des principales structures morpho-tectoniques de la région (polje et dolines), les principaux conduits karstiques régionaux s'établissent le long des joints et des fractures.

Dans notre étude à l'échelle des affleurements nous avons observé que pas toutes les structures tectoniques sont sensibles à la karstification et aussi qu'elles n'ont pas nécessairement un caractère d'extension. Le but de ce travail est de vérifier la nature des discontinuités mécaniques pour lesquelles on a une évidence de dissolution, et donc aussi leur type, d'extension ou de compression. On va montrer que des mouvements tectoniques associés à des processus de compression, comme les stylolites, peuvent effectivement être le lieu privilégié du développement de la karstification.

<sup>1</sup> *Doctorat en karstologie - Université de Nova Gorica (Slovénie). Via Nino Bixio, 22-70024 Gravina in Puglia (Bari) - Italy, magnisilvana@libero.it*

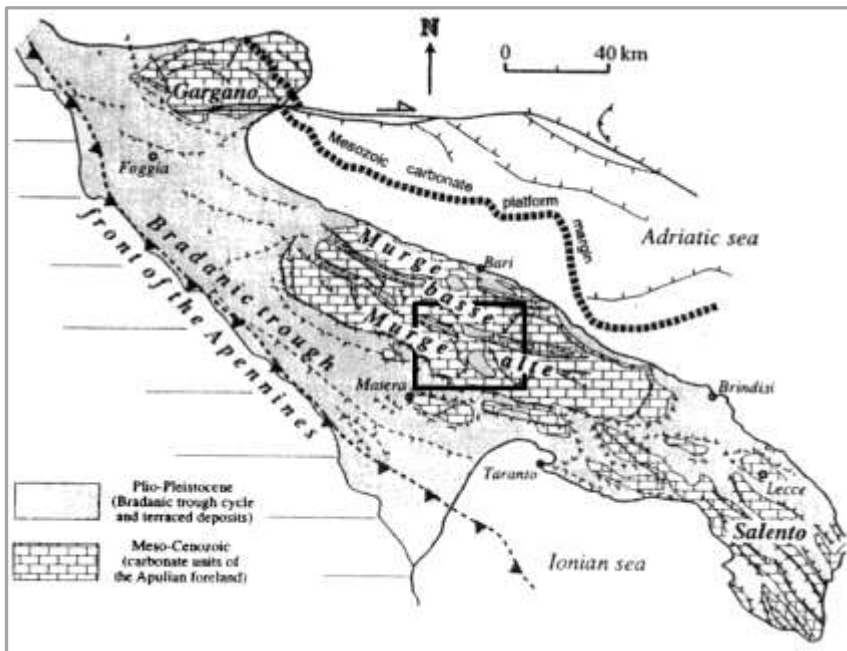


Fig. 1 :  
Emplacement de la zone d'étude dans les Pouilles centrales (par PIERI et al., 1997, modifié).

## Acquisition de données

La zone étudiée se trouve dans la partie centrale de l'avant-pays apulien (Avampaese Apulo), la Murge, où affleure presque exclusivement la formation du Gruppo Calcare della Murge (fig. 1). Elle est constituée principalement des formations du Calcaire de Bari en bas (d'âge crétacé-mésozoïque) sur laquelle repose en transgression la formation du Calcaire d'Altamura (du Crétacé supérieur).

Considérant que la perméabilité et la circulation hydrique dans un massif rocheux sont les facteurs principaux pour le déclenchement de la dissolution et que ces facteurs sont influencés par l'histoire des déformations que le massif a subies, on a identifié quatre zones de faille dans la zone d'étude. Les paramètres de ces zones et leurs caractéristiques morphométriques et tectoniques ont permis la reconstruction de leur mode de perméabilité (CHAINE et al., 1996).

A partir des données bibliographiques, qui montrent que les conduits karstiques se sont développés préférentiellement le long des structures d'extension, il a été décidé d'effectuer un lever structural (méthode scanline) par lequel ont été acquises des données relatives à des structures tectoniques d'extension et de compression (fig.2).

Pour chaque domaine nous avons également mesurées stylolites et joints. Ces données ne sont pas présentées ici, pour des raisons de place, mais les résultats obtenus sont discutés dans le chapitre « Discussion ». En outre, pour chaque zone d'étude on a reconstruit une estimation de la perméabilité (CHAINE et al., 1996) pour une corrélation entre la distribution de la dissolution présente à la station de mesure et les données de l'analyse structurale.

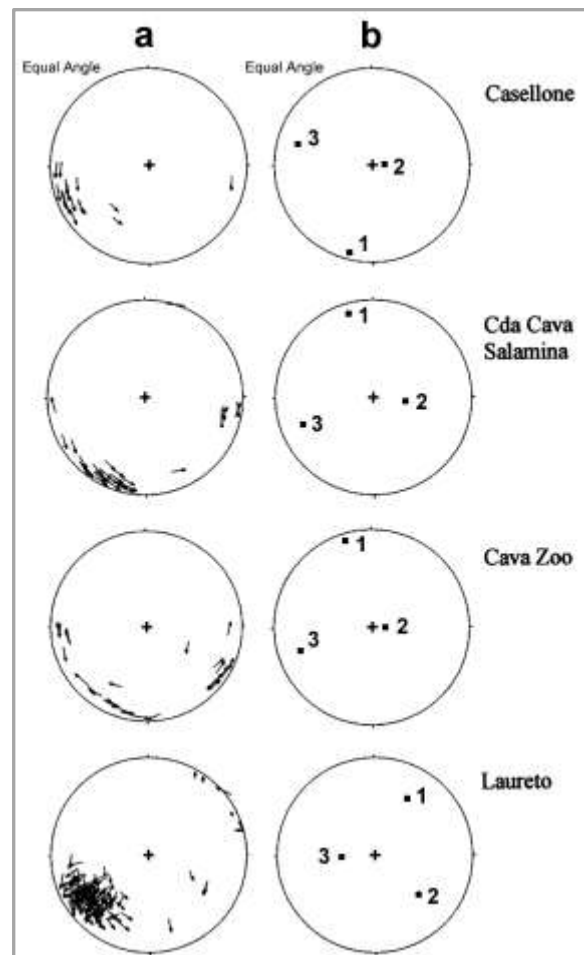


Fig. 2 : a) Déplacement de la paroi des failles;  
b) Vecteurs représentant les axes de l'ellipsoïde de la déformation (« strain »). Dans les trois premières stations les failles ont un décrochement sénestre tandis qu'à Laureto la faille est un décrochement sénestre.

## Discussion

Les données recueillies et les corrélations obtenues nous ont permis non seulement de confirmer ce qui est déjà connu de la littérature, c'est-à-dire que le phénomène karstique se concentre dans les zones sujettes à des déformations, mais aussi d'affirmer que le phénomène se distribue de manière différente en fonction de la structure tectonique.

On a constaté que, les autres conditions étant égales, le processus de dissolution est plus présent le long des stylolites tectoniques (fig. 3). Ceci est en accord avec leur genèse. Les stylolites sont formés par un processus de « *pressure solution* » qui comporte la dissolution du matériel soluble et un enrichissement en matériel insoluble, à granulométrie fine, qui est plus facilement érodable, avec pour conséquence un élargissement du vide. Dans la figure 3 on peut observer qu'il n'y a pas toujours dissolution le long de la fracturation, contrairement à ce qui se passe pour les stylolites.

L'agrandissement du vide détermine à son tour une augmentation de la circulation hydrique qui favorise l'évolution du processus karstique. Dans le terrain on a observé, en des lieux différents, les divers stades reliés au processus de dissolution le long d'un stylolite, du stade initial jusqu'à la formation d'une véritable cavité, même avec des dimensions considérables (fig. 4).

En outre, quoique les indices de la dissolution soient particulièrement prononcés le long des discontinuités, un phénomène semblable a été observé dans des niveaux horizontaux définis. En pratique, lorsque l'eau, qui s'est infiltrée le long des stylolites, rencontre des plans de stratification, elle tend à s'y maintenir, soit en raison de leur composition (un pourcentage de matériel argileux élevé) ou de leur granulométrie (niveau plus micritique) ou à cause d'une conjonction favorable avec une autre discontinuité (stratification). Ces conditions sont favorables à la dissolution. Cependant on observe que le processus de dissolution reprend à nouveau son action le long des plans des stylolites, parce que le phénomène de « *pressure solution* », qui est la base de leur origine, favorise le processus de dissolution.

En ce qui concerne les zones de faille par contre il a été observé que le long de celles-ci le processus agit avec des modalités différentes. Les zones de faille étudiées sont toutes liées à des déformations de type décrochement principalement sénestres et, dans un seul cas avec un fort caractère de faille normale. Pour chaque zone on a reconstruit l'estimation de la perméabilité selon le modèle de CHAINE et al. (1996) (fig. 5), d'où l'on conclut qu'il s'agit de systèmes drainants ou au maximum de systèmes intermédiaires zone drainante / barrière (localité : Laureto).

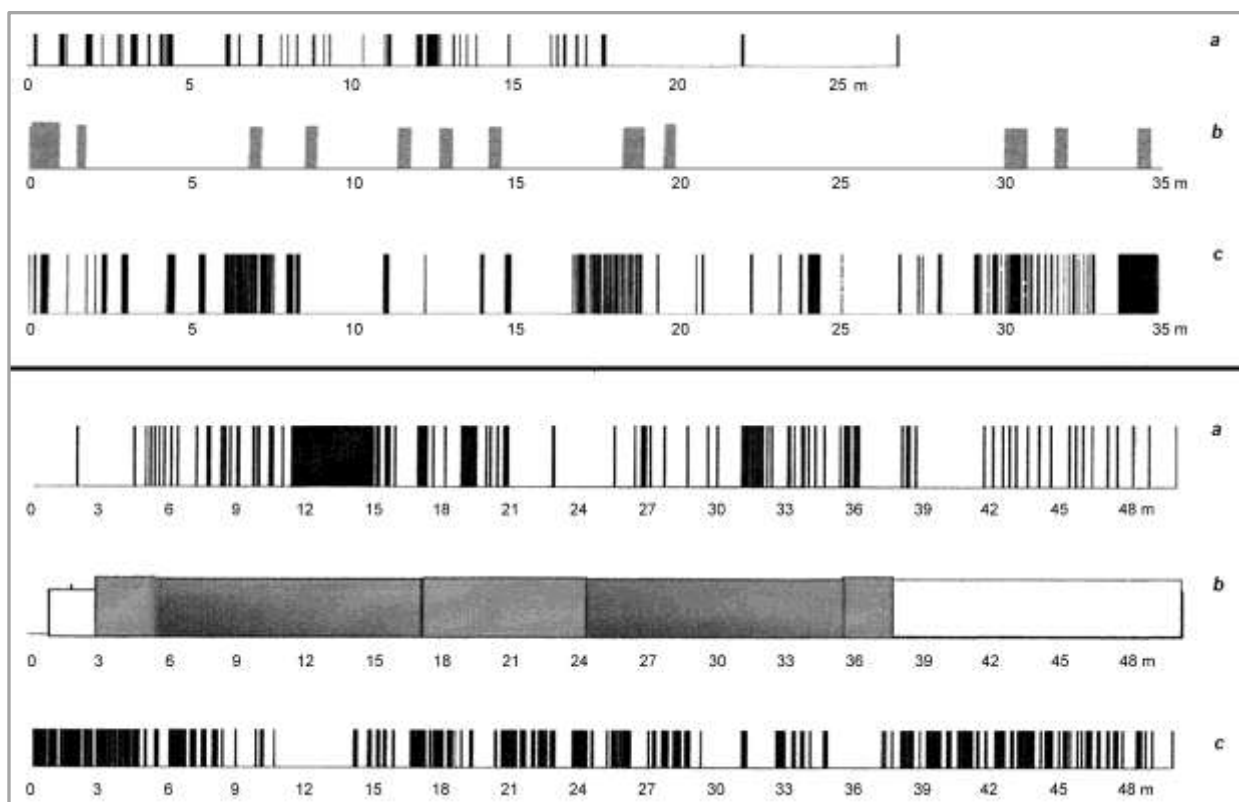


Fig. 3: Distribution de la fracturation à deux emplacements.  
 a) distribution de la fracturation ;  
 b) présence de dissolution par rapport à la fracturation et aux stylolites ;  
 c) distribution des stylolites.

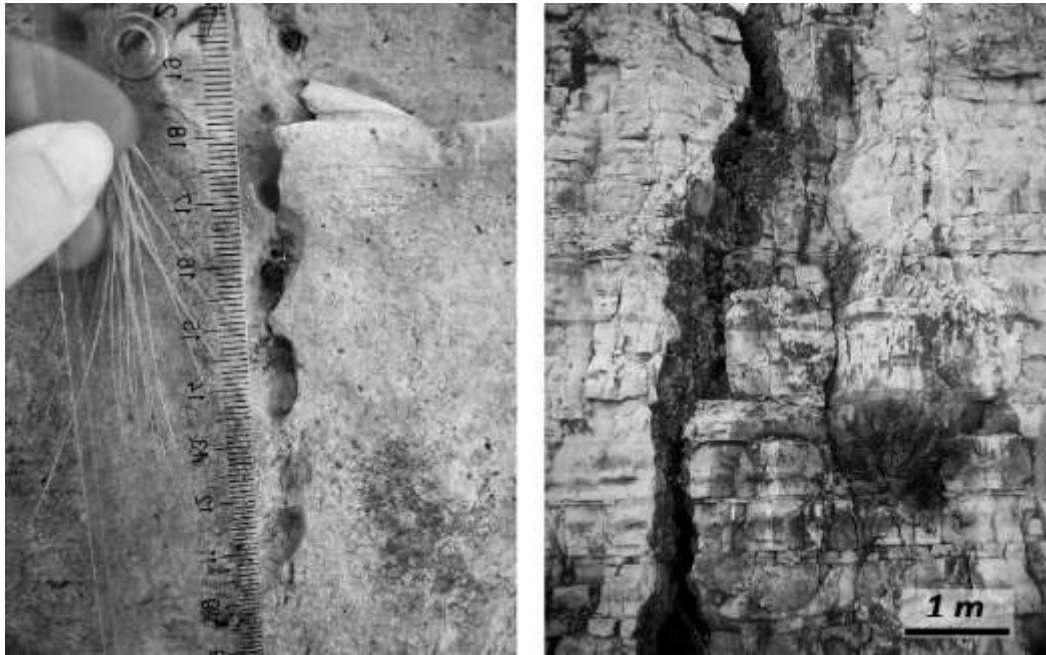


Fig. 4: Evolution le long d'un stylolite. Sur la gauche il y a un stylolite dans la phase initiale, tandis que sur la droite l'ouverture peut être considérée comme une vraie cavité.

Considérant que les zones de failles ont un caractère drainant (CHAINE et al., 1996), on devrait observer (en référence à la littérature) que la dissolution est plus concentrée le long de ces failles. Or la dissolution a été observée principalement le long des stylolites et non pas le long des plans de failles. Dans l'unique zone (Laureto) de faille avec un haute caractère normale (or directe) qui par la reconstruction de la perméabilité présentait un caractère intermédiaire zone drainante/barrière (fig. 5), une large diffusion de la dissolution a été observée, aussi bien le long des plans de failles que le long des stylolites. Si d'un côté on s'attendait à un tel résultat en considérant la nature de la zone de faille (extension), de l'autre côté la reconstruction de la perméabilité selon CHAINE et al.

(1996) ne permettait pas de supposer une telle distribution du phénomène, bien plus fréquent qu'en des zones de failles plus drainantes.

Cette situation peut s'expliquer par le fait que les zones de failles d'extension ont une forte propension à la circulation de l'eau seulement dans les phases initiales de leur formation, tandis qu'avec le temps, la présence d'une ample épaisseur de cataclastite tend à les colmater et devient un obstacle pour la circulation. Dans la zone de Laureto en particulier, l'abondance de karstification dans la zone de faille (zone drainante / barrière selon Chaîne) peut être expliquée par une concomitance de facteurs favorables qui ont agi en des temps différents.

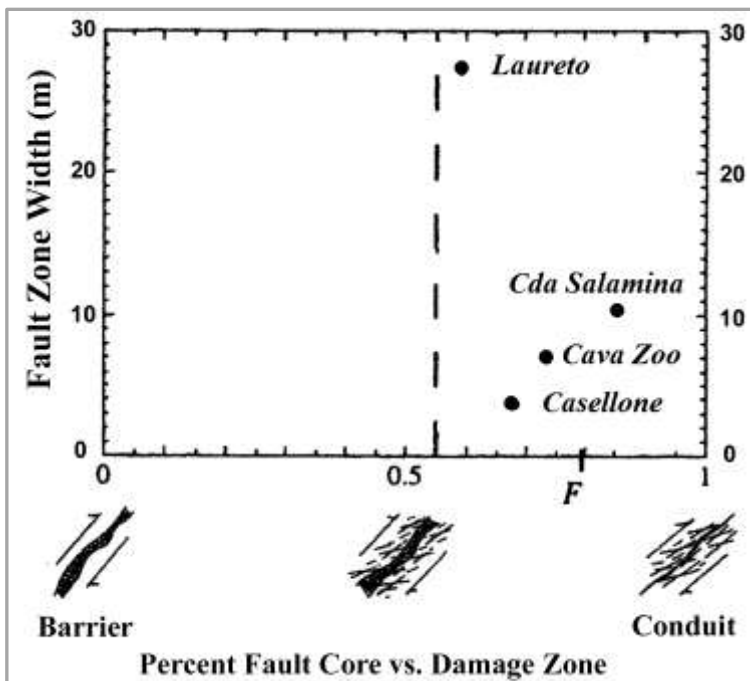


Fig. 5:

Reconstruction du modèle de perméabilité dans les quatre zones étudiées, selon la reconstruction de CHAINE (1996) : trois des quatre domaines étudiés se comportent comme zone drainante et une zone (faille normale) se comporte comme barrière.



Fig. 6: La dissolution n'est concentrée long des niveaux stratigraphiques que temporairement, car elle est favorisée par les stilolites.

Dans un premier temps, la dissolution s'est établie le long de la zone de faille (zone d'extension), qui a agi comme zone drainante, puis le long des stylolites tectoniques contemporains à la faille même. Ensuite a pris place une phase dans laquelle la zone de faille a agi comme barrière suite à la cimentation de la cataclasite. Mais dans cette phase le processus a continué à agir principalement le long des stylolites tectoniques en justifiant de cette façon une haute karstification. Ceci correspond à l'analyse de la reconstruction de la perméabilité (CHAINE et al., 1996), qui montre un stade intermédiaire entre zone drainante et barrière.

En conclusion, par l'étude des caractères des quatre zones de faille et de la distribution du karst, on déduit que dans une zone avec un système de failles d'extension (normale) ou de décrochement, comme dans notre cas), on n'a pas une aussi large diffusion de la dissolution que lorsque nous sommes en présence d'une abondance de stylolites. La dissolution s'établit de préférence long des stylolites, parce que le phénomène de « pressure solution » agit de manière localisée et non dispersée comme le long des failles qui permettent un plus rapide enrichissement en matière fine. On a relevé en outre que, quand il y a deux systèmes de stylolites, seul le plus fréquent

présentait les plus importants indices de dissolution. Cette situation correspond seulement à une probabilité et n'est pas liée à des conditions structurales (s'agissant toujours de stylolites). Elle est liée au fait que la plus grande fréquence des stylolites augmente la probabilité que le flux hydrique s'installe le long des éléments en question plutôt que le long des stylolites moins représentés. Le long d'un stylolite tectonique se déclenche le processus de dissolution qui conduit à un élargissement des discontinuités et augmentera la probabilité que l'eau s'infilte le long de ces éléments. Le long des joints par contre on n'a pas observé le phénomène de dissolution, quoiqu'on n'exclue pas que le long de ceux-ci ce processus puisse agir, car il existe une discontinuité le long de laquelle on peut avoir circulation d'eau.

## Conclusions

De cette étude, la première au moins pour la région des Pouilles, nous pouvons affirmer que la dissolution est distribuée préférentiellement le long des stylolites en vertu du phénomène de la « pressure solution » qu'ils génèrent. Cette préférence s'observe même en présence de niveaux de stratification plus ou moins argileux où le processus se déroule seulement temporairement mais, par la suite, reprend le long du plan des stylolites où il trouve les meilleures conditions pour son évolution. En outre, il a été constaté que, même lorsque les zones de failles ont un caractère d'extension et se comportent comme des zones drainantes (CHAINE et al., 1996), la dissolution karstique – contrairement à ce que l'on pense – n'est pas particulièrement prononcée s'il n'y a pas de stylolites tectoniques.

Ceci parce que le long des failles, la « pressure solution » n'agit pas ou pour le moins n'agit pas de manière prononcée comme dans les stylolites. Par conséquent, dans les zones de failles il a été constaté que le processus de dissolution est moins intense et sans doute plus lent qu'en relation avec les stylolites. La conclusion de notre étude est que les stylolites peuvent être considérés comme le lieu préférentiel pour la dissolution karstique.

Les joints, par contre, ne semblent pas montrer une bonne aptitude à la propagation des conduits mais cela n'exclut pas que le processus peut également se produire le long de ceux-ci.

Ce travail se veut être une enquête préliminaire mais non pas exhaustive sur le sujet. D'autres vérifications et l'acquisition de données sont en cours. En particulier, grâce à une autre analyse structurale et microstructurale on fera la comparaison entre le développement des plus grandes cavités présentes dans la zone et la présence de dissolution le long des structures que nous avons identifiées.

## Références

- BINI A., RIGAMONTI I., UGGERI A. (1993): Evidenza di tettonica recente nell'area Monte Campo dei Fiori-Lago di Varese; il Quaternario 6(1), 3-14.
- CHAIANE J., EVANS J., FORESTER C. (1996): Fault zone architecture and permeability structure – Geology Vol. 24, n. 11, 1025-1028.
- CUCCHI F., FORTI F. (1988): La stazione di misura della dissoluzione superficiale a Borgo Grotta Gigante (Carso Triestino, Italia). Att. e Mem. Comm. Grotte “ E: Boegan”, Vol. 27, 87-93.
- CUCCHI F., ZINI L. (2007): Le acque del carso classico. Mem. Ist. It. Spel., Vol. 19(2).
- CUCCHI F. (1978): Indagini strutturali su alcune cavità del Montello Nordorientale. Mondo sotterraneo.2 (1), 11-17.
- ERASO A. (1986): Propuesta de un nuevo metodo de producion de la direction principales de drenaje en el karst. Especial Monografico – Jumar 1-115.
- FERRARESE F., MENEGHEL M. (1992): Aspetti dell'influenza strutturale sulla morfogenesi carsica del Montello (Treviso). Atti e Memorie Commissione Grotte Eugenio Boegan, Vol 4, 45-59.
- FORTI F., TOMMASINI T. (1964): Il carso del Monte Spaccato. Atti e Mem. Comm. Grotte “E. Boegan”, Vol. 4, Trieste, 29-77.
- FORTI P., PICCINI L., SAURO U., DE WAELE J. (2007): Il processo carsico. Società Speleologica Italiana, Progetto PPT 2007.
- MENICHETTI M. (1989): Evoluzione spaziale e temporale del sistema carsico del Monte Cucco nell'Appennino Umbro-Marchigiano. Atti XV Congress. Naz. Spel.-1987, 731-762.
- MENICHETTI M., GALDENZI S. (1992): Il carsismo della Gola di Frasassi. Mem. Ist. It. Spel., Vol. 4(2), 65-92.
- PIERI P., FESTA V., TROPEANO M., (1997): quaternary tectonic activity of the murge area( apulian foreland, southern italy). Annali di geofisica, vol. XL, 1395-1405.
- PARISE M. (2008): Elementi di Geomorfologia Carsica della Puglia. Atti del 45 Corso CNSS-SSI di III livello di Geomorfologia Carsica, 92-118.
- PICCINI L. (1999): Geomorfologia e Speleogenesi carsica. Quaderno didattico della Società Speleologica Italiana n° 1, p. 40.
- SAURO U. (1991): Morfologia carsica. In: Castiglioni G.B. “Geomorfologia”, UTET, 436.
- SAURO U. (1994): Il carsismo marino della costa. In Le Grotte di Polignano. Federazione Speleologica Pugliese.
- TOGNINI P. (1994): Analisi strutturale della Valle del Nosè in relazione alla carsificazione profonda. Tesi di laurea anno 1993-1994. Relatore: Prof. A.Bini; Correlatore Dott. G.B. Siletto.
- Vigna B., Calandri G. (2001): Gli acquiferi carbonatici. Quaderni didattici della Società Speleologica Italiana. Erga Edizioni Genova, pp 48.
- ZEZZA F., ZEZZA T. (1999): Il carsismo in Puglia. Adda Editore, Bari, 1-253.