



© P.Crochet

Grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche : une formation atypique illustrant l'impact de la crise de salinité messinienne sur l'endokarst d'ardéchois



Marie Léger – Chloé Valette

H2E-Env

HMEA219 – Projet bibliographique



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



Sommaire

Sommaire	1
Table des figures et des tableaux	1
Introduction	1
Formation d'une grotte	2
Géologie	2
Hydrologie.....	3
Saint-Marcel d'Ardèche une grotte à l'envers.....	4
Etage inférieur	4
Etage intermédiaire et supérieur.....	4
Et après ?.....	5
Conclusion	6

Table des figures et des tableaux

Figure 1 – Vue en coupe d'une grotte – Source : (Ecole Française de Curitiba 2016).....	2
Figure 2 – Cupules de dissolution (gauche) et coups de gouge (droite) dans les galeries de Saint-Marcel d'Ardèche. Source : (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006)	5
Figure 3 – Schéma de synthèse - Représentation de la dynamique en terrasses du drainage karstique et de la formation des puits-cheminées pendant une montée du niveau de base. Source : (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006).....	6

Introduction

Le karst a la capacité d'enregistrer les évolutions hydrologiques à l'échelle régionale (Delannoy et al. 2009). Le karst ardéchois doit sa formation à un épisode géologique particulier il y a 5,95 millions d'années : la crise de salinité messinienne, sans quoi les paysages que l'on connaît actuellement seraient bien différents (Lichtenstein 2012). La grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche témoigne, par sa formation atypique, des différentes variations du niveau de base de l'Ardèche depuis la crise de salinité messinienne (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006). C'est une cavité étagée sur 3 niveaux, chacun d'eux illustrant les périodes clés d'il y a 5,95 millions d'années à nos jours.

L'endokarst ardéchois résulte de la fracturation des calcaires à faciès urgonien qui entraînent, par la suite, l'infiltration de l'eau et la création de chemins perméables permettant des transferts de flux souterrains. Ensuite, le niveau de base dans le karst détermine la pente des drains horizontaux ainsi que la charge hydraulique. Et pour finir, la formation de l'endokarst dépend du gradient topographique c'est à dire de la topographie et du niveau de base d'un cours d'eau, ici l'Ardèche (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006).

Dans la première partie de ce présent rapport, sera évoqué la formation classique d'une grotte classique dite « per descensum ». Ensuite, une présentation du contexte hydrologique et géologique, responsables de la formation de la Grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche, sera faite. Et pour finir, la grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche et ses puits-cheminées reliant les différents étages sont des témoignages des niveaux de bases de l'Ardèche et d'une formation dite « per ascensum ». Ce qui fait d'elle, en plus de sa beauté, une cavité atypique ayant dans ses galeries des enregistrements des paysages extérieurs depuis 5,95 Ma.

Formation d'une grotte

Pour qu'une grotte se forme, une pluviométrie importante ainsi qu'une brusque différence de charge hydraulique est nécessaire. Au cours des temps géologiques, ce phénomène s'est produit à de nombreuses reprises. En effet, un événement tectonique ou sédimentaire peut induire une différence de charge entre le niveau de base de la mer et le niveau des cours d'eau. Dans la plupart des cas observés, le niveau de base diminue et les cours d'eau se voient obligés de creuser leurs lits pour atteindre le nouveau niveau de base. Dans les environnements calcaires, ces creusements se font plus facilement et induisent la création de réseaux karstiques. Le calcaire est une roche qui se dissout facilement au contact de l'eau. Quand l'eau de pluie ou de rivière s'infiltre dans le sol, elle tente d'atteindre la charge hydraulique du niveau de base et creuse la roche. C'est ce creusement descendant, dit « per descensum », qui induit la création de karsts et donc de galeries (Figure 1), que l'on peut appeler "grottes" (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

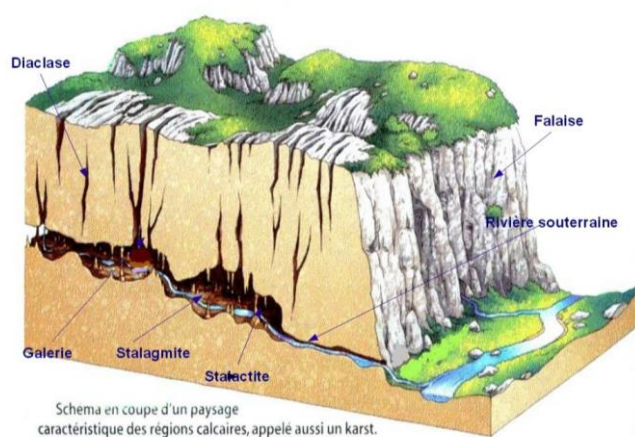


Figure 1 – Vue en coupe d'une grotte – Source : (Ecole Française de Curitiba 2016)

Après avoir incisée la roche verticalement, l'eau se fraye un chemin horizontalement pour rejoindre la charge imposée la plus proche : un cours d'eau ou une mer. Les galeries souterraines alors créées par les fluctuations des niveaux de base suivent l'évolution de ceux-ci (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

Géologie

La Grotte de Saint-Marcel d'Ardèche, sur le plateau de Saint-Remèze, fut creusée dans le Barrémien supérieur, sous-étage du Crétacé inférieur, datant d'il y a 125 millions d'années (Blanc & Chamley 1975). L'affleurement principal est une plateforme carbonatée à faciès Urgonien, épaisse de 200 mètres environ (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006). L'annexe 1 résume l'évolution de la géologie sur ce plateau.

Sa formation est due à un événement particulier qui a bouleversé les paysages ainsi que la géologie du Bassin Méditerranéen. En effet, il y a 5,95 Ma, un mouvement tectonique

pousse le continent africain vers l'Europe et le Déroit de Gibraltar entre l'Espagne et le Maroc se ferme. Les précipitations et les écoulements provenant des fleuves européens et africains ne suffisent plus à maintenir le niveau d'eau dans la mer Méditerranée. En revanche, la demande évaporatoire reste la même et induit une baisse du niveau de la mer. Entre 5,95 et 5,32 Ma, le niveau d'eau descend de 1 500 mètres (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006). Le niveau des cours d'eau tend à atteindre le niveau de base de la mer. Par conséquent, le Rhône et l'Ardèche, de par leurs positions, ont fortement creusé leurs lits pendant le Messinien pour se rapprocher du nouveau niveau de base, créant des canyons. Ces derniers, ainsi que la couche évaporitique composée de carbonates, sulfates et chlorures, sont des preuves de ce phénomène. Dans le Sud de la France, la roche principale est à dominante calcaire et son creusement a conduit à la création de nombreux réseaux karstiques (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006) et grottes. La Grotte de Saint-Marcel d'Ardèche ne s'est pourtant pas creusée à ce moment-là, mais durant le Pliocène. En effet, il y a 5,32 Ma, au début du Pliocène, le Déroit de Gibraltar s'ouvre de nouveau dû à un important épisode d'érosion. Le niveau d'eau dans la mer Méditerranée remonte jusqu'à atteindre le même niveau de base que l'Océan Atlantique. Les réseaux karstiques et canyons créés pendant le Messinien sont alors engloutis par les eaux et remplis de sédiments. Cette différence soudaine et importante de charge hydraulique est à l'origine de la création de nouveaux réseaux karstiques et grottes. En effet, l'eau n'emprunte pas forcément les mêmes chemins pendant la remontée du niveau de base que pendant sa descente. Ces hypothèses sont vérifiées par la comparaison des altitudes des réseaux avec celles du niveau de base de la mer à un moment donné. La Crise Messinienne est donc à l'origine de deux phénomènes de formation de karsts, canyons et grottes : un premier durant la crise elle-même, lors de la descente du niveau de base ; la deuxième juste après, pendant la remontée du niveau de base, a transformé les réseaux en nappes souterraines vaclusiennes (artésiennes) (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006). Le réseau rhodanien est plus creusé que celui de l'Ardèche car il existe une Ardèche souterraine qui a réduit son incision.

Hydrologie

L'Ardèche a une forte influence hydrologique sur la grotte de Saint-Marcel d'Ardèche contrairement au Rhône qui fait seulement partie de son réseau hydrographique (Audra et al. 2007). Ce sont les changements de niveau de base rhônadien qui ont façonné le karst ardéchois, certains lors de la crise de salinité (chute du niveau de base) ou pendant la remise en eau du Pliocène (remontée du niveau de base) (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

L'Ardèche est alimentée par une "Ardèche souterraine" résultant des nombreuses résurgences karstiques présentes tout au long du cours d'eau. (Sources du Bateau, de l'Ecluse, Ranc Pointu,...). Cette Ardèche souterraine alimente également la nappe du Rhône tandis qu'en surface celle-ci alimente le fleuve du même nom.

Lors des orages cévenols, l'Ardèche peut voir son débit multiplié par dix modifiant ainsi les écoulements. Certaines pertes peuvent devenir des émergences compte-tenu du fait de la présence d'un réseau karstique souterrain. L'eau peut également remonter dans les galeries de la grotte lors de crues exceptionnelles comme en 2002 et 2003 (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006).

Saint-Marcel d'Ardèche une grotte à l'envers

La grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche s'étend sur quelques 50 kilomètres de galeries topographiées actuellement. Elle est composée de 5 réseaux, le tout réparti sur 3 étages : l'étage supérieur (170-200 m NGF), l'étage intermédiaire (entre 100 et 130 m NGF) et l'étage inférieur (-10 m NGF) (Collectif 2008). Chaque étage de la grotte s'est formé à un moment clé entre la crise de salinité messinienne et aujourd'hui. Ils possèdent donc, chacun, leurs propres pendages et sens d'écoulement. Ils sont reliés entre eux par 10 connexions verticales : 2 entre le niveau supérieur et intermédiaire, 7 entre le niveau inférieur et intermédiaire et 1 entre le niveau inférieur et supérieur. Ces connexions montrent l'existence de relations hydrologiques entre tous les niveaux.

Ci-dessous est expliquée la formation de chacun des étages de la grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche par ordre chronologique.

Etage inférieur

A son point le plus bas, l'étage inférieur peut atteindre 60 mètres au-dessous du niveau de l'Ardèche actuel pour finalement emprunter des conduits verticaux et ressortir au niveau de celle-ci. C'est un fonctionnement appelé "vaclusien". Sa formation résulte d'un niveau de base plus bas que celui existant actuellement. L'eau s'infiltrant dans le karst ressort au niveau de base de l'Ardèche lors de la crise de salinité (5,95 Ma - 5,32 Ma) (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

L'étage inférieur s'est formé lors de la crise de salinité messinienne quand le niveau de base était au plus bas.

Etage intermédiaire et supérieur

Les galeries de ces deux étages font une quinzaine de mètres de diamètres sur quelques mètres de hauteur. Les coups de gouges sur les parois et plafonds montrent le

sens d'écoulement lorsque l'eau était présente. Les coupes de dissolution et formes en cloches appuient, elles, l'hypothèse que ces zones furent soumises à une alternance entre une zone noyée et dénoyée au grès des mises en charge du réseau karstique.

La disposition de ces morphologies typiques (Figure 2) d'une alternance permet de connaître la position de la surface piézométrique qui correspond à celle du niveau de base de l'Ardèche à cette période. Par conséquent, l'étage intermédiaire correspond au niveau intermédiaire de la mer au Pliocène (5,3 Ma à 4,7 Ma) tandis que l'étage supérieur s'est formé lors de la plus haute position de la mer pendant le Pliocène (2 Ma) (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

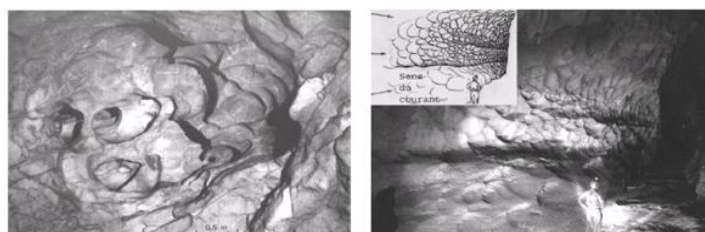


Figure 2 – Cupules de dissolution (gauche) et coups de gouge (droite) dans les galeries de Saint-Marcel d'Ardèche. Source : (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006)

Cependant, il est possible qu'un niveau de base soit similaire à deux périodes géologiques bien différentes. Pour s'affranchir de ce problème, Mocochain (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006) étudie l'organisation et la morphologie des conduits verticaux reliant les étages de la grotte. Ces connexions sont appelées des puits-cheminées. Ces drains verticaux, par leur morphologie et la présence de formes typiques d'un karst noyé (coupes de dissolution en plafond des puits), montrent une formation ascendante.

La présence de ces puits-cheminées dans les différents réseaux de la grotte atteste d'une relation hydrologique entre les différents étages. En effet, lors de la remontée du niveau de base, l'eau du karst s'infiltre dans celui-ci. Cela entraîne un creusement "*par ascensum*" des puits-cheminées et l'eau rejoint ensuite le drain horizontal correspondant au niveau de base de la période. La figure 3 illustre cette idée. Ce fonctionnement hydrologique est dit de type Vauclusien. Mais, contrairement à la Source de la Fontaine de Vaucluse, l'eau ne rejoint pas directement la surface mais bien les galeries horizontales. Celles-ci sont alors érodées par l'eau pour arriver à leurs formes actuelles (Mocochain, Clauzon & Bigot 2006).

Et après ?

Comme tous les cours d'eau, l'Ardèche continue d'inciser son substratum provoquant ainsi une baisse du niveau de base. L'eau abandonne, parallèlement au creusement de l'Ardèche, les étages supérieurs et intermédiaires pour obtenir les paysages souterrains actuels (Collectif 2008).

Conclusion

La Grotte de Saint-Marcel d'Ardèche fut creusée pendant le Pliocène suite à l'événement spectaculaire de la crise de salinité Messinienne. Elle a pour particularité de s'être formée "*per ascensum*", c'est à dire que c'est la remontée du niveau de base qui a induit sa création. De nombreuses explorations de la grotte ont permis de mettre à jour ce phénomène atypique. Ludovic Mocochain a fait cette découverte surprenante en 2006 durant sa thèse (Mocochain 2007). Des tests isotopiques effectués dans la grotte ont confirmé ces hypothèses (Tassy et al. 2013). D'autres grottes similaires existent dans le sud de la France et ailleurs sur la planète. Ce type de formation est encore mal connu et de nombreuses grottes possèdent encore le statut "*per descensum*" à tort.

Les endokarsts ont une fonction géologique intéressante et permettent d'enregistrer toutes sortes d'informations. En effet, les réseaux karstiques d'Ardèche, comme la grotte de Saint-Marcel, ont permis de collecter des données sur les variations du niveau de base régional. Les fluctuations du niveau marin et fluvial durant le Messinien et le Pliocène sont donc "marquées" dans le karst (Delannoy et al. 2009).

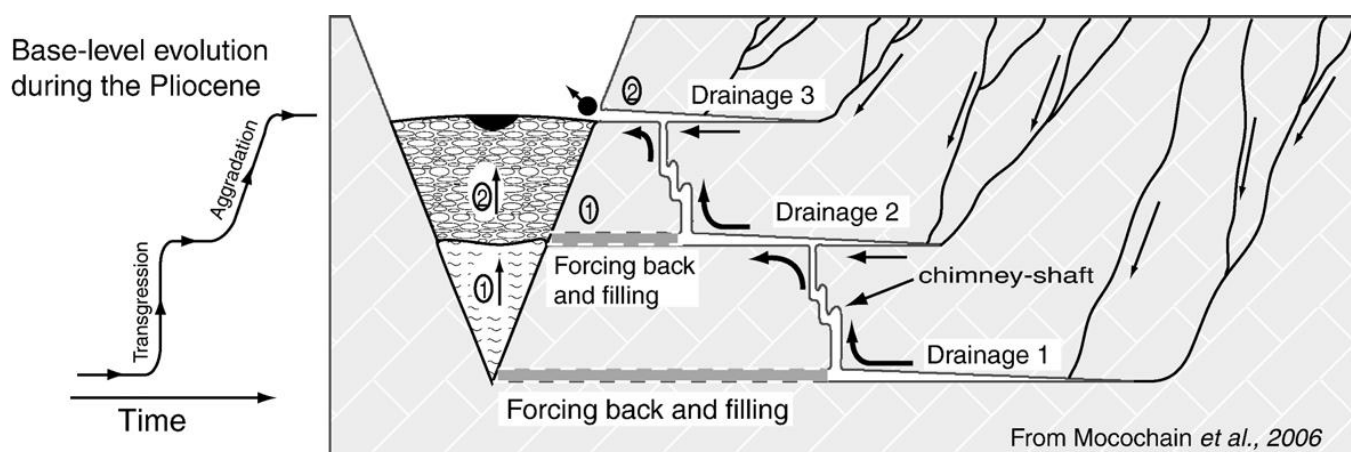


Figure 3 – Schéma de synthèse - Représentation de la dynamique en terrasses du drainage karstique et de la formation des puits-cheminées pendant une montée du niveau de base. Source : (Mocochain, Clauzon, Bigot, et al. 2006)

Bibliographie

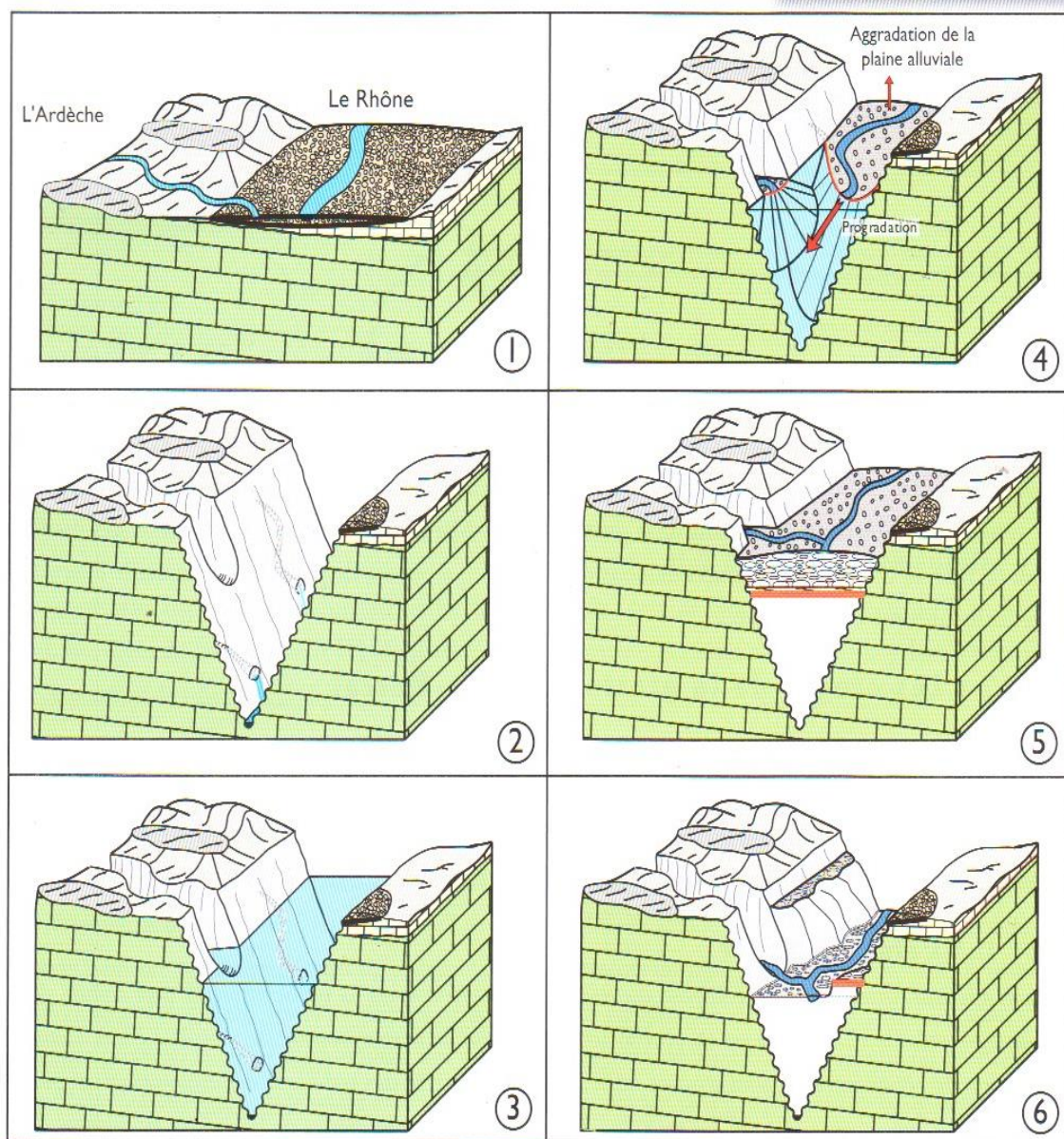
- Audra, P., Faverjon, M. & Mocochain, L., 2007. La grotte de Saint-Marcel d'Ardèche n'est pas un fossile ! *Spelunca*, (107), p.64.
- Blanc, J. & Chamley, H., 1975. Remplissages de réseaux karstiques à la grotte de Saint-Marcel d'Ardèche. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 12(2), p.71-82.
- Collectif, 2008. *La grotte de Saint Marcel d'Ardèche*, CDS07, Philippe Brunet, Bernard Dupré, Marc Faverjon.
- Delannoy, J.-J. et al., 2009. Karst: from palaeogeographic archives to environmental indicators. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 15(2), p.83-94.
- Ecole Française de Curitiba, 2016. *Schéma en coupe d'un paysage caractéristique des régions calcaires, appelé aussi un karst.*, Available at: <http://www.ecolecuritiba.org/spip.php?article683> [Consulté le mars 10, 2016].
- Lichtenstein, L., 2012. Le mystère des grottes de l'Ardèche. *C'est pas sorcier*.
- Mocochain, L., Clauzon, G., Bigot, J.-Y., et al., 2006. Geodynamic evolution of the peri-Mediterranean karst during the Messinian and the Pliocene: evidence from the Ardèche and Rhône Valley systems canyons, Southern France. *Sedimentary Geology*, 188-189, p.219-233.
- Mocochain, L., Bigot, J.-Y., Clauzon, G., et al., 2006. La grotte de Saint-Marcel (Ardèche) : un référentiel pour l'évolution des endokarsts méditerranéens depuis 6 Ma. *Karstologia*, (48), p.33-50.
- Mocochain, L., 2007. *Les manifestations géodynamiques -externes et internes- de la crise de salinité messinienne sur une plateforme carbonatée péri-méditerranéenne : le karst de la Basse Ardèche (Moyenne vallée du Rhône; France)*. Aix Marseille 1.
- Mocochain, L., Clauzon, G. & Bigot, J.-Y., 2006. The Ardèche endokarstic responses to the eustatic variations resulting from the Messinian salinity crisis. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 177(1), p.27-36.
- Tassy, A. et al., 2013. Coupling cosmogenic dating and magnetostratigraphy to constrain the chronological evolution of peri-Mediterranean karsts during the Messinian and the Pliocene: Example of Ardèche Valley, Southern France. *Geomorphology*, 189, p.81-92.

ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe 1 - Blocs diagrammes résumant la formation géologique du bassin ardéchois – Source : (Collectif 2008).....	I
Annexe 2 - Pieuvre	II

Annexe 1 - Blocs diagrammes résumant la formation géologique du bassin ardéchois – Source :
(Collectif 2008)



Annexe 2 - Pieuvre

NOM Prénom (spécialité)	Titre	Quoi ?	Pourquoi ? (causes)	Pour quoi ? (objectifs)
LEGER Marie (H2E), VALETTE Chloé (H2E)	Grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche : une formation atypique illustrant l'impact de la crise de salinité messinienne sur l'endokarst d'ardéchois.	Grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche, réseaux karstiques, endokarst, Ardèche, crise messinienne	Formation atypique de cette grotte, à l'inverse d'une formation "classique" dite <i>per descensum</i>	Comprendre l'impact de la crise messinienne sur la formation des grottes d'Ardèche, quels sont les phénomènes mis en jeu

Comment ?	Où ?	Quand ?	Qui ?	Et alors ?
Diagnostic de la formation de la grotte ; Comparaison avec la formation habituelle d'une grotte	Grotte de Saint-Marcel-d'Ardèche, Bidon - Ardèche (07)	De la crise messinienne (5,95 Ma) à nos jours	Domaines : hydrogéologie, karstologie ; personnes impliquées : Ludovic Mocochain, hydrogéologues, karstologues, spéléologues	Nouveau type de formation d'une grotte : <i>per ascensum</i> - Remise en question scientifique de la formation des grottes dans le monde - Découverte de nouveaux impacts de la crise de salinité messinienne