

Observations morphologiques dans l'abîme de Maramoye

(Le Beausset, Var)

Jean-Yves BIGOT

Les 7 Portes, 04400 Barcelonnette, Jean-Yves.BIGOT2@wanadoo.fr

RÉSUMÉ : L'abîme de Maramoye est une cavité à deux étages située à la périphérie du bassin du Beausset et à proximité d'une coulée de basalte vieille de 6 Ma. Les descriptions de coupes de remplissages, d'une part, et de morphologie de galeries, d'autre part, montrent une succession d'événements dont la chronologie relative peut être restituée. La couverture siliceuse, développée par crypto-corrosion, puis l'épisode volcanique et enfin la "période rouge", évoquant des calcaires dégagés de leur couverture siliceuse, représentent les grandes phases déduites à partir des observations effectuées dans la cavité. La morphologie des galeries de l'étage supérieur montre qu'il existe un lien entre les étages inférieur et supérieur mis en relation par un puits-cheminée (fonctionnement *per ascensum*). Les concrétions corrodées et les remplissages partiellement évacués indiquent une remise en eau de l'étage supérieur.

Il n'a pas été possible de mettre en évidence l'antériorité de l'un ou de l'autre des étages de l'abîme de Maramoye. En revanche, les observations suggèrent un rehaussement du niveau de base postérieur à l'épisode basaltique qui complique les reconstitutions paléogéographiques.

MOTS-CLÉS : Spéléo-morphologie des galeries, chronologie relative des remplissages, volcanisme, puits-cheminée, réennoiment, abîme de Maramoye, bassin du Beausset, Var, Provence.

ABSTRACT: MORPHOLOGICAL OBSERVATIONS IN THE MARAMOYE PIT (LE BEAUSSET, VAR). Maramoye pit is a two levels cave around the Beausset Clay, and near to a 6 My old lava flow. On one hand, the description of the deposit's cuts, and of galleries features, on the other hand, show a run of events whose relative chronology can be recreated.

The siliceous topping, developed by the crypto-corrosion, then the volcanic event and at last, the "red event" showing limestones out of their siliceous topping, stand for the great phase inferred from observations in the cave. The upper level galleries morphology shows a connection between lower and upper levels linked by a "puits-cheminée" (running on per ascensum). The corroded speleothems and half evacuated fillings point out a water-flooding of the upper level. It has not been possible to show obviously that one or other levels of Maramoye is formed before the other. In compensation, the observations suggest that the lower level after the basaltic event has been picked up, so that the paleogeographic precing back get complicated.

KEY WORDS: Speleomorphology of galleries, relative chronology of deposits, volcanic events, "puits-cheminée" (running on per ascensum), watering, Maramoye pit, Beausset Clay, Var, Provence.

INTRODUCTION

L'abîme de Maramoye ("Marmouillet" d'après les anciens cadastres) livre accès à des réseaux horizontaux et étagés actuellement perchés dans les collines entre les cotes de 475 m NGF (entrée) et de 335 m (fond), aussi a-t-on pour argument [Blanc & Monteau, 1997] de rattacher sa formation à des périodes très anciennes (Miocène supérieur).

Les observations spéléo-morphologiques effectuées dans l'abîme de Maramoye permettent de proposer une chronologie relative des événements ayant laissé des traces dans la cavité.

À la description des contextes géologique et paléogéographique succé-

dera un inventaire détaillé des remplissages de l'étage inférieur, ainsi que des observations spéléo-morphologiques de l'étage supérieur.

I. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

A. Cadre géographique et géologique (figure 1)

Le massif de Montrieux est une structure monoclinale située à la périphérie du bassin du Beausset ; ce massif présente un pendage marqué vers le SO correspondant au centre du bassin (figure 2). La plupart des phénomènes

karstiques les plus connus (avens) sont localisés dans la partie centrale du massif (plateau de Siou Blanc) sur une bande de calcaire à faciès urgonien. Les formations carbonatées s'étendent depuis le NE, où affleurent les dolomies et calcaires dolo-mitiques du Jurassique, jusqu'au SO où elles sont recouvertes par les formations plus récentes du Crétacé supérieur, comme les calcaires du Turonien dans lesquels sont creusés les réseaux étagés de l'abîme de Maramoye.

La compression pyrénéenne et la distension oligocène ont généré un système de fracturation dont les principales familles de failles et fractures ont été corrélées à l'orientation des réseaux souterrains, l'organisation de ces réseaux est liée aux

impacts tectoniques ayant affecté le bâti initial pyrénéo-provençal [Blanc & Monteau, 1997].

B. Histoire paléogéographique

Des dépôts sous-basaltiques piégés dans des poches karstiques – étudiés par S. Pomel [in Nicod, 1992a] – ont été scellés par la coulée de basalte du rocher de l'Aigle dont les datations s'étalent entre 6,7 et 5,8 Ma [Baubron in A. A., 1979]. Ces observations permettent d'attester une karstification miocène par crypto-corrosion sous couverture siliceuse (fantômission) avant l'épanchement basaltique [Nicod, 1992a, p. 52].

Vers la fin du Miocène, un grand décrochement NE-SO a permis les montées fissurales des basaltes du rocher de l'Aigle dont le point d'émission à l'amont de la coulée est situé à un peu plus d'un kilomètre au sud de l'aven de Maramoye (figure 1). Des dykes sont visibles en différents endroits, notamment près du concasseur de la carrière du rocher de l'Aigle (figure 4) ; ceux du haut de la coulée ont chauffé et rougi des formations siliceuses en place (figure 5), issues de l'altération des calcaires gréseux du Coniacien. Les laminations visibles dans ces formations de couverture de couleur jaunâtre correspondent à la stratification du substrat calcaire : un calcaire gréseux en petits bancs. La *mesa* basaltique a scellé une formation de sables gréseux coniaciens, ces dépôts sous-basaltiques ont pu ensuite être facilement déblayés favorisant l'inversion du relief (figure 6). Les rivières de la Reppe et du Destel (figure 1), dont les cours sont parallèles et orientés N-S, semblent délimiter les contours d'une paléo-vallée dans laquelle se sont épanchées les coulées basaltiques jusqu'à la mer (cap Nègre à Sanary).

À partir du Miocène supérieur, on assiste à un lent soulèvement des massifs de Basse Provence qui se poursuit durablement jusqu'à l'Actuel. En effet, des mesures géodésiques réalisées à partir de la comparaison de 80 années de nivellement ont permis d'avancer les taux d'élévation de 30 mm/ka à 18 mm/ka ans pour le massif de Mourre d'Agnis où la surélévation a été évaluée de + 120 m à + 70 m du Pliocène à l'Actuel [Blanc, 1998, p. 7].

Après avoir décrit les conditions de dépôt du remplissage à graviers basaltiques de la galerie du Métro, des observations spéléo-morphologiques viendront étayer une conclusion plus générale sur la

signification des remplissages et le rôle des conduits de l'aven de Maramoye.

Le réseau de Maramoye est composé d'un étage inférieur et d'un étage supérieur reliés par un conduit vertical. L'étage inférieur contient des graviers de basalte, alors que l'étage supérieur n'en recèle pas. Cependant, des remplissages plus anciens (sans basalte) piégés dans l'étage inférieur montrent que sa formation est antérieure à l'épisode volcanique.

II. LES REMPLISSAGES DE L'ÉTAGE INFÉRIEUR

A. Description de la galerie du Métro

La galerie du Métro est une galerie légèrement descendante qui prend naissance à la base des puits vers -120 pour finir vers -130 m (figures 7 et 8). Les remplissages tendent à réduire les volumes pénétrables de cette galerie au parcours entrecoupé d'étranglements. Les remplissages argileux et les concrétions en gours constituent les principaux obstacles, mais c'est surtout la morphologie de cette galerie faite d'une suite de grandes coupoles coalescentes, sortes de volumes grossièrement sphériques (plan des galeries "en intestin"), qui lui confère des caractéristiques très différentes d'une galerie en tube généralement bien calibrée. Tout au contraire, il s'agit d'une galerie dont la morphologie caractérise les conduits évolués, envahis par les remplissages. En effet, les parois et les plafonds de la galerie du Métro, remodelés au cours de différentes phases de réennoiment, présentent soit des voûtes lissées – en forme de U renversé – dans les endroits les plus bas (photo 1), soit d'étroites fenêtres qui relient les volumes sphériques les uns aux autres dans les parties hautes de la galerie. L'accumulation de dépôts fins dans les parties basses a donc privilégié une corrosion en plafond.

L'observation des coupes de remplissages montre des utilisations et des réaménagements successifs des galeries de l'étage inférieur au cours de périodes très anciennes.

B. Les remplissages

1) Les remplissages antérieurs à l'épisode volcanique

À la base du puits de l'Ours (P 18), la galerie du Clan Eole (figure 9) et la galerie du Métro (figure 10) gardent les

traces indurées d'un ancien remplissage jaunâtre. Ce remplissage, décelable parfois sous la forme de pouppées adhérent à la paroi, montre que la galerie était presque entièrement colmatée par un limon jaune. Les placages ayant résisté à l'érosion subsistent dans les creux pariétaux, ils sont cachetés par des remplissages plus récents de sables et graviers roulés de basalte. Les placages jaunâtres, dont certains présentent des dendrites, ont été protégés par les remplissages à graviers basaltiques, lesquels ont été également évacués au cours de phases ultérieures pour ne subsister qu'en de rares endroits, notamment sous les planchers stalagmitiques et dans les creux des parois.

2) Le remplissage fluvial à graviers basaltiques

La coupe du "plancher crevé" se situe dans la partie terminale de la galerie du Métro (-130) à la cote 345 m NGF (figure 11) ; on y accède par un petit effondrement du plancher stalagmitique. Cette coupe naturelle (figure 12) permet de reconnaître sur une puissance d'environ 3 m une suite de remplissages détritiques et chimiques dans laquelle il est possible de distinguer quatre formations ou séquences représentatives de quatre phases majeures.

La première formation (n° 1) occupe le fond de la galerie, il s'agit d'un remplissage argilo-sableux (photo 2) dans lequel est intercalée une couche sableuse qui contient des graviers roulés de basaltes. La deuxième formation (n° 2) est constituée d'une coulée stalagmitique venant sceller le remplissage fluvial érodé (séquence n° 1). La troisième formation (n° 3) correspond à une brèche ; il s'agit d'un colmatage hétérométrique reprenant des éléments de plancher stalagmitique (séquence n° 2) et des graviers de basalte, le tout enrobé dans une matrice argileuse rouge sans stratification apparente. La formation la plus récente (séquence n° 4) est un concrétionnement caractéristique des fonds de gours et constitué par un épais plancher stalagmitique plat comprenant plusieurs couches de cristaux palissadiques. En effet, l'effondrement du "plancher crevé" se situe dans un point bas, au pied de grandes coulées stalagmitiques qui recouvrent le sol pentu de la galerie (figure 11). Cette zone basse de gours a piégé des sables et graviers anguleux, lavés de leur matrice et intercalés dans les planchers de la séquence supérieure.

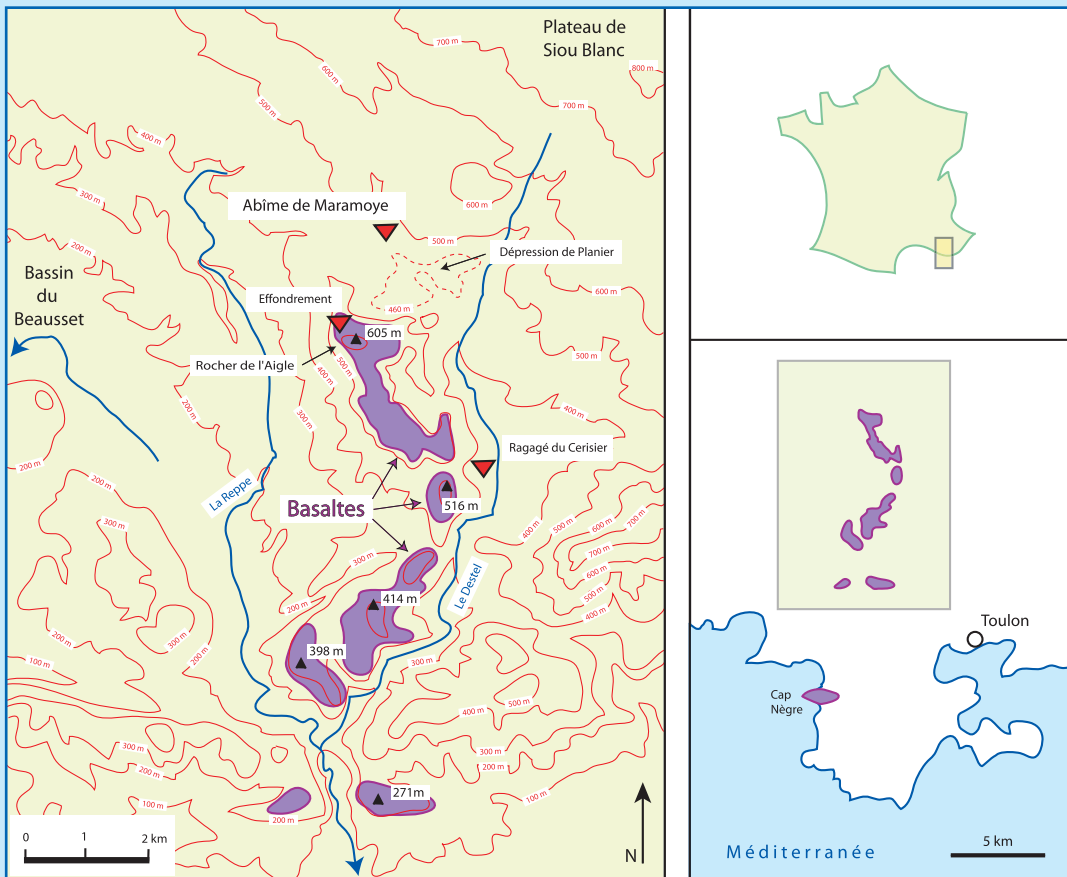


Figure 1 : Situation de l'abîme de Maramoye. Location maps.

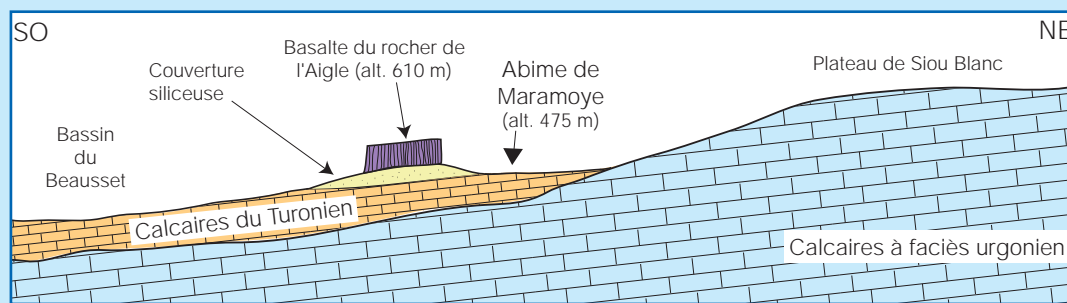


Figure 2 : Coupe schématique et simplifiée de Siou Blanc et du bassin du Beausset. Schematic section of Siou Blanc Massif and Beausset Clay.

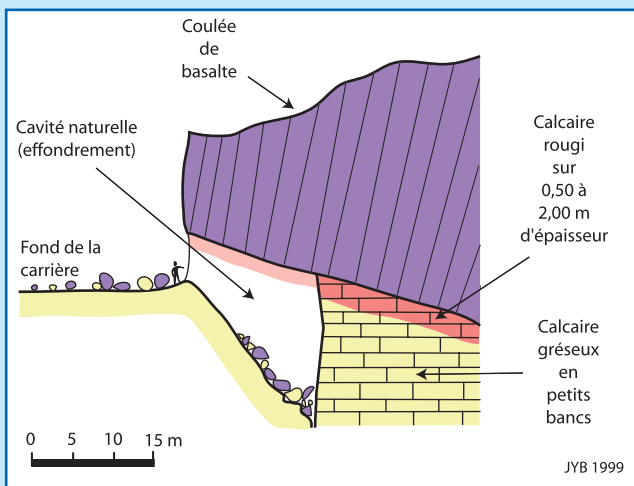
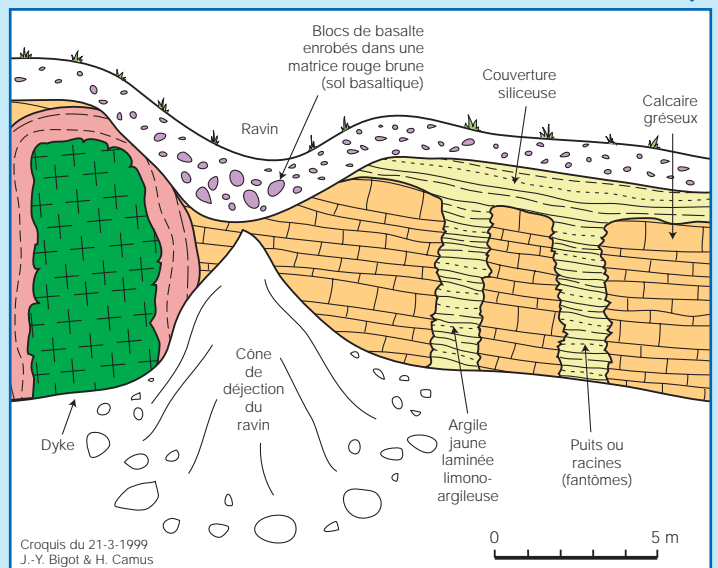


Figure 3 : Effondrement de la carrière du rocher de l'Aigle. La coulée de basalte repose directement sur le calcaire chauffé et rougi sur 50 cm d'épaisseur. Les phénomènes d'effondrement ou de soutirage dans les calcaires laissent apparaître la semelle de la coulée basaltique qui forme le toit d'une cavité. Collapse in the Eagle rock stone quarry. The lava flow lays on the limestone which has been warmed and reded on 50 cm.

Figure 4 : Phénomènes d'intrusion des basaltes dans la couverture siliceuse et de fantômisation des calcaires gréseux. La coupe relevée près du concasseur de la carrière du rocher de l'Aigle permet d'embrasser d'un seul regard à la fois les montées fissurales des basaltes (dykes) et les phénomènes de fantômisation dans les calcaires siliceux du Coniacien. Les puits ou racines qui affectent les calcaires gréseux ne sont pas de véritables cavités, mais de simples phénomènes de crypto-corrosion. En effet, les laminations observées dans ces puits ou fissures sont celles de la stratification du calcaire encaissant.

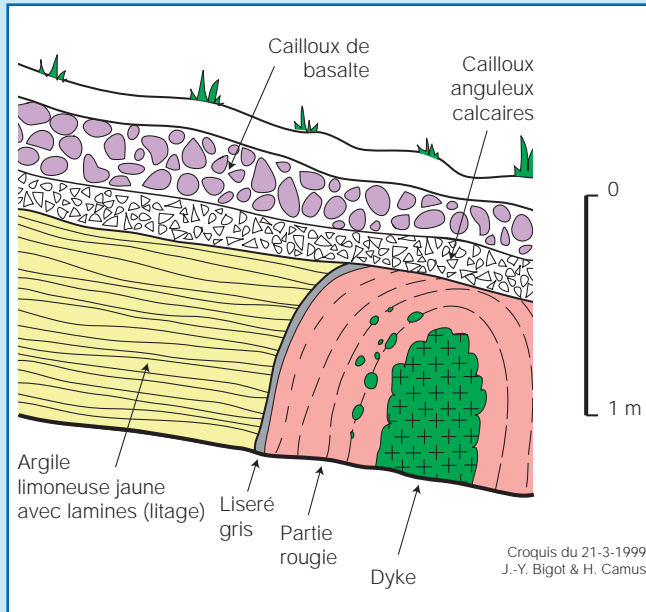
Basaltic intrusion events in the siliceous topping and shadowing of sandy limestones. The pits or roots in sandy limestones aren't real caves, but simple crypto-corrosion.



Croquis du 21-3-1999 J.-Y. Bigot & H. Camus

Figure 5 : Zone de contact entre les intrusions de basalte (dyke) et la couverture siliceuse. Vers le sommet de la piste d'accès qui conduit à la

carrière du rocher de l'Aigle, on peut observer la couverture siliceuse rougie et littéralement cuite sur une épaisseur de 50 cm par l'intrusion de basalte (dyke). Les traces concentriques de chauffe sont soulignées par de petits nodules de basalte et par un liseré gris. Contact zone between basaltic intrusions (dyke) and sandy toping. The red-hot heated and literally overcooked on 50 cm thick by the basalted intrusion (dyke).



Le premier ensemble détritique (séquence n° 1) livre des renseignements sur le fonctionnement de la galerie et mérite une description plus précise.

À la base, une argile beige clair bien litée, dont les couches fines sont plutôt horizontales, est érodée et scellée par une formation qui dépose dans un chenal des sables contenant des graviers de basalte verdâtre, dont la taille ne dépasse pas celle d'une dragée (30 mm max.). Ces graviers, aplatis et bien roulés, sont très altérés, car ils deviennent pulvérulents lorsqu'on les presse sous les doigts. La couleur claire verdâtre de ce remplissage homogène rappelle celle du basalte, tout comme les liserés noirs qui soulignent le contact érosif (photo 2) avec la formation inférieure. Une couche d'argile de couleur rose à rouge (épaisseur : 10 à 15 cm) termine la formation 1.

3) Les événements postérieurs à l'épisode fluvial : concrétionnement et remise en eau de la galerie

Tout au long de l'étage inférieur, du "plancher crevé" à la base du puits de l'Ours (P 18), les sédiments sableux et quelques graviers roulés de basalte (40 mm max.) sont scellés par des planchers stalagmitiques situés à mi-hauteur dans la galerie (figure 10). Leur situation suspendue au-dessus du sol délimite le volume minimal du remplissage à graviers basaltiques dans la galerie et atteste de son déblaiement par des circulations postérieures (figure 13). Après cet épisode de concrétionnement, la plupart des remplissages meubles et mal protégés qui se trouvaient sur le cours principal de la galerie ont été déblayés, laissant des planchers stalagmitiques suspendus et adhérents aux parois. Les volumes libres qui sont définis à la fois par l'encaissant, les remplissages et le concrétionnement, tendent à se réduire.

Le déblaiement des remplissages meubles et la remise en eau de la galerie du Métro, probablement au cours de la "période rouge" (brèche à matrice argileuse rouge), sont attestés, d'une part, par des cloisons sédimentaires en relief (moulages des fentes concrétionnées des polygones de dessiccation), et, d'autre part, par des cupules de corrosion visibles sur certaines concrétions. Ces cupules, de 3 à 5 cm de long, corrodent la partie supérieure d'une voûte initialement recouverte d'une pellicule concrétionnée ; celle-ci correspond au liseré d'un ancien gour

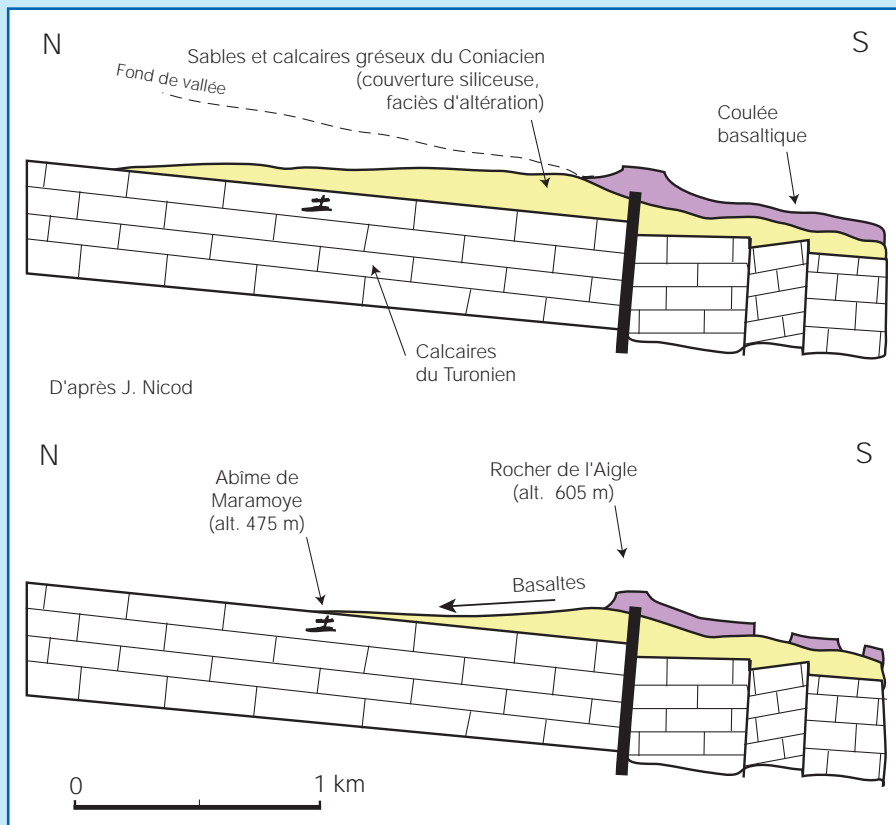


Figure 6 : Coupe schématique illustrant le transit des graviers basaltiques par l'abime de Maramoye [d'après Nicod, 1998, inédit]. 3a : À partir de 6 Ma, les montées fissurales des basaltes alimentent des coulées qui se déversent dans une paléo-vallée en direction du sud. Le point d'émission est le rocher de l'Aigle, situé à environ un kilomètre au sud de Maramoye. 3b : Au Pliocène, l'érosion des sables gréseux coniaciens mine la mesa sommitale et entraîne des sables mélangés à des éléments basaltiques vers les dépressions situées au nord, ces éléments sont ensuite

absorbés et piégés par les réseaux karstiques du niveau NGF 340 m (étage inférieur de Maramoye). Schematic section showing the basaltic gravels transit by Maramoye cave (Nicod, 1998, unpublished). 3a : Since 6 My, the basaltic fissured rising fed the lava flow which empty into a paleo-valley to the south. 3b : In the Pliocene times, the coniacian gritty sands erosion under mine the height mesa, and carry away sands mixed with basaltic elements to north located depressions.

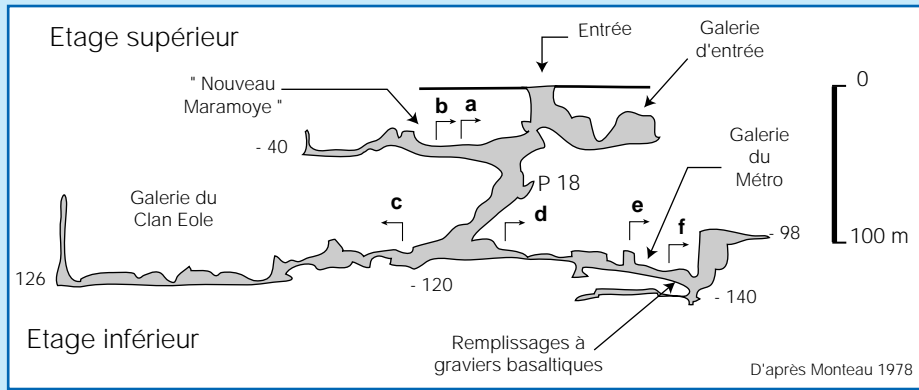
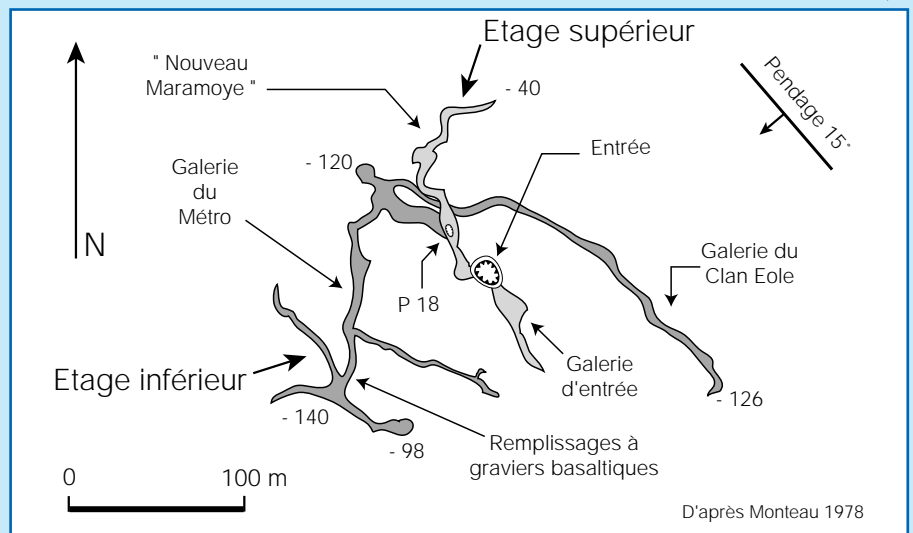


Figure 7 : Coupe simplifiée de l'abîme de Maramoye. Les lettres a, b, c, d, e, f font référence à des sections particulières des galeries. *Maramoye cave simplified section.*

Figure 8 : Plan simplifié de l'abîme de Maramoye. *Maramoye cave simplified plan.*

décrivant un cerne horizontal de calcite partiellement dissout par les cupules (figure 11). Ces formations chimiques de gours et de coulées stalagmitiques parfois corrodées témoignent de l'occlusion quasi-complète de la galerie.

Les cloisons sédimentaires en relief (photo 3), présentes sur les parois de la galerie, renseignent sur les mises en charge anciennes qui ont déposé des argiles rougeâtres sur les parois de la galerie (épaisseur : 5 cm env.) ; lesquelles ont subi ensuite une phase de dessiccation dont les fentes se sont concrétionnées. La remise en eau postérieure a entraîné les argiles, mais laissé en relief le moulage prismatique des fentes adhérent aux parois.



4) La "période rouge" postérieure à l'épisode basaltique

L'observation des remplissages montre que les argiles rouges apparaissent au sommet de la coupe du plancher crevé après le dépôt des remplissages à graviers basaltiques qui sont eux-mêmes post-basaltiques.

La formation de ces argiles rouges et leur dépôt dans le karst sont considérés comme postérieur à 6 Ma. En effet, avant l'épisode basaltique le karst était plus ou moins recouvert par des formations sableuses de couleur jaune résultant de l'altération des calcaires gréseux du Coniacien.

Dans l'étage supérieur, les argiles rouges qui recouvrent des remplissages plus anciens montrent également que la "période rouge" est postérieure à 6 Ma. Les observations dans le ragagé du Cerisier (figure 1) conduisent à la même conclusion.

En effet, dans l'aven du Cerisier (NGF 330 m) une couche d'argile rouge recouvre des galets roulés de basalte très altérés (figure 14). Le dépôt de cette argile laminée s'est mis en place dans un contexte noyé. En effet, il existe des



Photo 1 : Section de la galerie du Métro (étage inférieur). L'épais plancher stalagmitique qui couvre le sol de la galerie (-130) a préservé le remplissage à graviers basaltiques de l'érosion. *Metro gallery section (lower level).*

Figure 9 : Section c c' (voir les différentes sections sur la coupe de la fig. n°6) de la galerie du Clan Éole vers -110 (étage inférieur). Le remplissage de limon jaune (traces de dentrites en placage sur les parois, il est scellé par un remplissage argilo-sableux à graviers basaltiques lui-même recouvert par un plancher stalagmitique fossilisant un chenal.
c c' section of the Clan Eole gallery about -110 m (lower level).

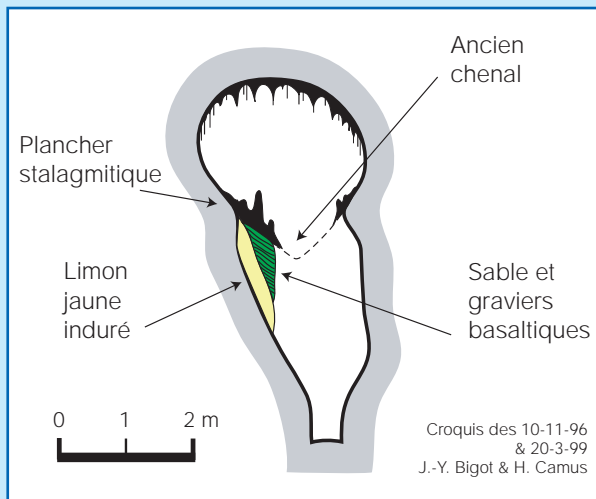
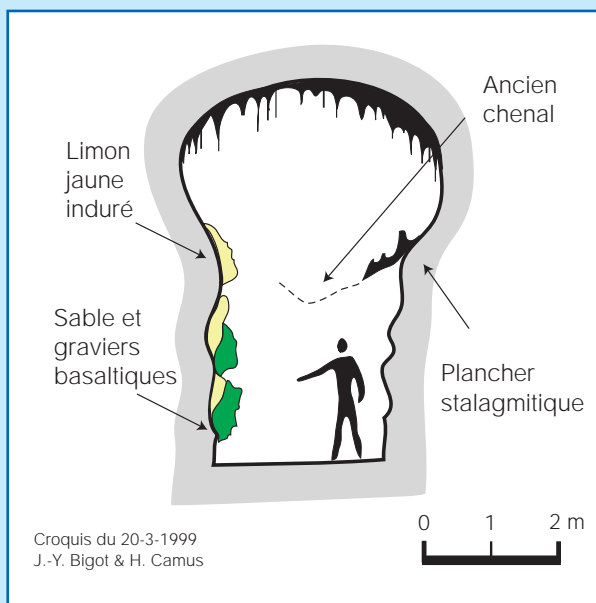


Figure 10 : Section d d' de la galerie du Métro vers -120 (étage inférieur). Les lambeaux indurés de remplissage jaunâtre, conservés sous la forme de boules adhérentes aux parois (poupées) sont scellés par des sables et graviers basaltiques.
Metro gallery section d d' about -120 m (lower level).

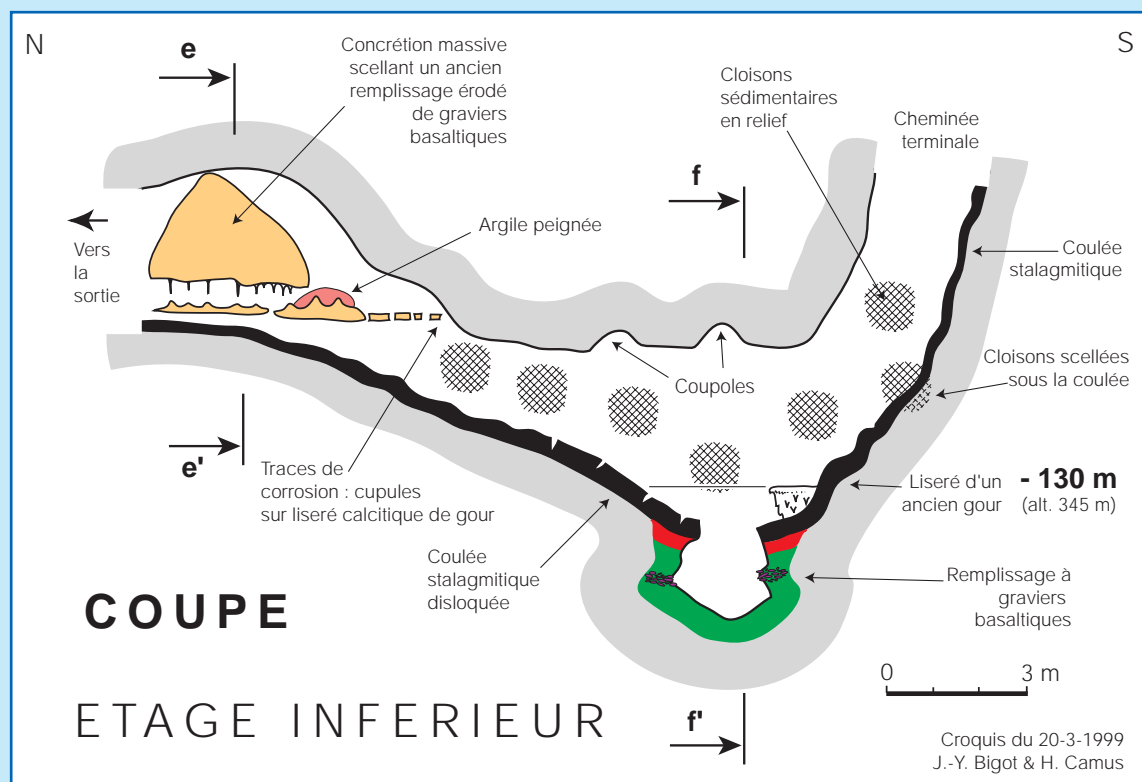


indices morphologiques affectant les voûtes et les parois qui sont étroitement associés au dépôt des argiles rouges.

Le rehaussement durable du niveau de base est nécessaire pour faire passer la cavité du statut de perte, capable d'entraîner des galets de basalte, à celui de drain ennoyé, incapable de transporter autre chose que des matières en suspension (argile rouge). Si le niveau de base n'avait pas été relevé localement, l'argile rouge n'aurait pas présenté de lamines régulières et aurait été mêlée à de plus gros éléments détritiques. Or, la surface du remplissage d'argile rouge se raccorde avec le glacis rocheux et les formes de corrosion de la partie supérieure de la galerie qui évoque plus les "galeries paragenétiques" de Ph. Renault [1967-68] qu'une perte, même saisonnière ou intermittente.

La séquence des argiles rouges pentées et laminées qui succèdent au fonctionnement en perte exprime un rehaussement du niveau de base local postérieur à l'épisode basaltique. Aujourd'hui, le ragagé du Cerisier a recouvert son statut de perte et entraîne de nouveau des galets de basalte qui se distinguent des précédents par leur dureté. En effet, les galets roulés actuels de basalte sont sains, alors que les plus anciens sont très altérés et sans consistance.

Figure 11 : Coupe longitudinale de la galerie du Métro (étage inférieur) vers le "plancher crevé" (-130). Tous les indices attestent de phases multiples d'assèchement et de réennoiment comme la mise en place de sédiments fluviaux contenant des éléments basaltiques dans les parties basses de la galerie. Ces éléments ont été scellés par des massifs stalagmitiques et déblayés ensuite, indicateurs des premiers réaménagements de la galerie.



Les cloisons sédimentaires en relief (fentes concrétionnées des polygones de dessiccation) attestent de la mise en charge ayant laissé des dépôts d'argile sur les parois. Les traces de corrosion sur le liseré calcitique d'un ancien gour prouvent la reprise des écoulements après une période de concrétionnement.

Longitudinal section of the Metro gallery (lower level) towards the "burst floor" (-130).

C. Interprétations des séquences observées

L'ensemble des remplissages argilo-sableux clairs à graviers de basalte (formation n° 1) est assez homogène ; il est assez inhabituel dans les grottes et pourrait correspondre à des altérites issues de sols basaltiques. La fin de la séquence fluviatile est marquée par l'apparition de sédiments fins de couleur rose-rouge dont l'origine pourrait être soit des altérites développées sur les basaltes, soit les premiers sols rouges développés sur les calcaires. Quoiqu'il en soit, le changement de faciès annonce la fin des apports de matériaux basaltiques dans la cavité, les autres remplissages rencontrés sont plus classiques, qu'il s'agisse des planchers stalagmitiques (séquence n° 2) ou des dépôts d'argile rouge sur les parois.

Les réennoissements postérieurs de la galerie du Métro au cours de cette "période rouge" ont recouvert les parois d'une argile rougeâtre (cloisons sédimentaires en relief). Plus tard, l'eau circulant dans un conduit encombré de remplissages a corrodé les anciennes concrétions en gours et évacuée une partie du remplissage au sol. Les phases les plus tardives de mise en charge sont les argiles peignées qui recouvrent des concrétions corrodées (figure 11).

Les planchers (séquence n° 4) marquent une phase d'abandon de la galerie, devenue le siège d'un intense concrétionnement. Vers la fin de la séquence, des circulations ponctuelles, probablement brèves, apportent des petits graviers anguleux et calcaires (L = 5 mm), qui sont piégés dans le fond des gours. Ces matériaux détritiques, dépourvus de matrice argileuse, sont probablement issus de la surface (cheminée terminale) ; ils ont été piégés dans les parties basses de la cavité (gours) dont le sol était alors entièrement recouvert de coulées stalagmitiques. Les coulées et les gours qui tapissent le sol et les parois sont relativement récents, car elles recouvrent en divers endroits les moulages calcitiques (figure 11).

Enfin, la coupe naturelle du "plancher crevé" est due à des soutirages actuels (suintements) en rapport avec des galeries de moindre ampleur située 5 m en dessous.

D'autres observations spéléo-morphologiques méritent d'être discutées avant de proposer une interprétation plus générale.

III. LA MORPHOLOGIE DE L'ÉTAGE SUPÉRIEUR

L'observation des formes et des parois de la cavité ne permet pas de confirmer l'indépendance des deux étages (-40 et -120) qui apparaît pourtant nettement sur les coupes (figure 7). En dehors du critère altitudinal,



Photo 2 : Le remplissage à graviers basaltiques de l'étage inférieur. On distingue en bas les lamines claires subhorizontales érodées par une formation plus sombre aux stratifications franchement obliques. Le contact érosif est souligné par un liséré noir à la base. Ces formations ont été ensuite érodées et mélangées dans l'argile rouge (brèche 3) à l'intérieur de laquelle on aperçoit, en haut à gauche, des morceaux du plancher stalagmitique disloqué. *The basaltic gravels deposits of the lower level.*



Photos 3 : Cloisons sédimentaires en relief de l'étage inférieur. Il s'agit d'un moulage des fentes concrétionnées de polygones d'argile ayant séché sur les parois (clichés Raymond Monteau). *Raised sedimentary partition of the lower level.*

Photo 4 : Base du puits de 18 m, dans l'étage inférieur vers -80 m.

On voit nettement les coups de gouge sur les parois du puits (P 18), une caractéristique qui relève plus des puits-cheminées que des puits-pertes.

Pit bottom (P 18 m), in the lower level about -80 m.



Photo 5 : Entrée de l'abîme de Maramoye

(cliché Raymond Monteau).
Maramoye cave entrance.

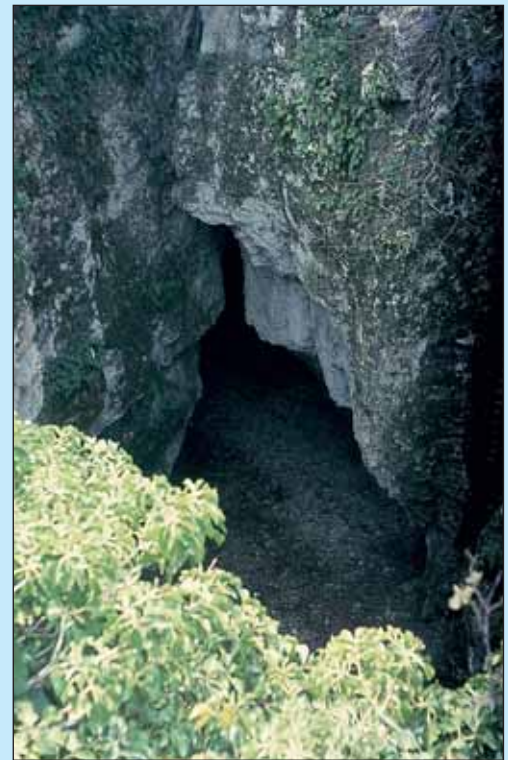


Figure 12 : Coupe de synthèse (section f f') des formes et des dépôts de la galerie du Métro (étage inférieur) au "plancher crevé" (vers -130).

- 1 : dépôt à graviers basaltiques : lamines subhorizontales (argiles beige clair) et lamines obliques (argiles verdâtres, sables et graviers roulés basaltiques).
- 2 : plancher stalagmitique scellant une surface d'érosion.
- 3 : brèche contenant des morceaux de planchers et des graviers de basalte.
- 4 : série de planchers stalagmitiques et fonds de gourds.

Synthesis section (f f') of forms and deposits from the Metro Gallery (lower level) to the "busted floor". 1 : basaltic gravels deposit, 2 : stalagmitic floor, 3 : breach with floor pieces and basaltic gravels, 4 : series of stalagmitic floors.

aucune observation spéléo-morphologique ne permet d'individualiser chronologiquement les deux étages. En effet, l'examen des parois et des plafonds de l'ensemble des galeries montre qu'il n'y a pas de rupture majeure entre les réseaux inférieurs et les galeries de l'étage supérieur (photo 4). Par ailleurs, la présence de remplissages jaunâtres, similaires à ceux de la couverture siliceuse reconnue dans les étages inférieurs (remplissage jaune induré des figures 9 et 10) et supérieur (figure 16) atteste l'ancienneté de ces niveaux dont la formation est antérieure à l'épisode basaltique. Les dernières phases de fonctionnement du réseau supérieur semblent être le réennoiment de l'ensemble des galeries de Maramoye au cours de la "période rouge", postérieure à l'épisode basaltique. Ce réennoiment tardif pourrait

expliquer les formes de corrosion observées en continu dans l'ensemble du réseau comme les parois et les concrétions corrodées.

A. L'aven d'effondrement

Le puits d'entrée de l'abîme de Maramoye (photo 5), comme le reste des réseaux souterrains, ne présente pas les caractéristiques d'un aven d'absorption (gouffre-perte) "creusé de haut en bas". En effet, s'il s'agit bien d'un aven d'effondrement, de taille exceptionnelle pour la région, l'origine de cet effondrement semble due à un prédécoupage favorisé par la présence de cheminées-coupoles, tronquées par la surface d'aplanissement. De nombreuses formes pariétales dues à la corrosion sont encore observables, notamment les cheminées intactes visibles au plafond de la galerie d'entrée qui s'ouvre en contrebas. Il est possible que certaines de ces cheminées aient un rapport avec la dépression de Planier distante d'un kilomètre seulement, sorte de paléo-poljé dont l'étendue atteste de la progression de la karstification au Pliocène [Nicod, 1992a, p. 54]. L'effondrement de l'aven de Maramoye a

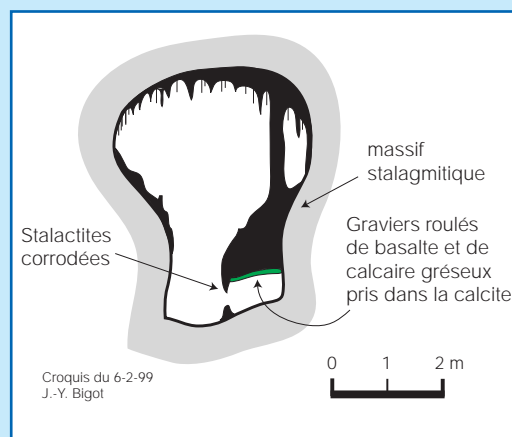
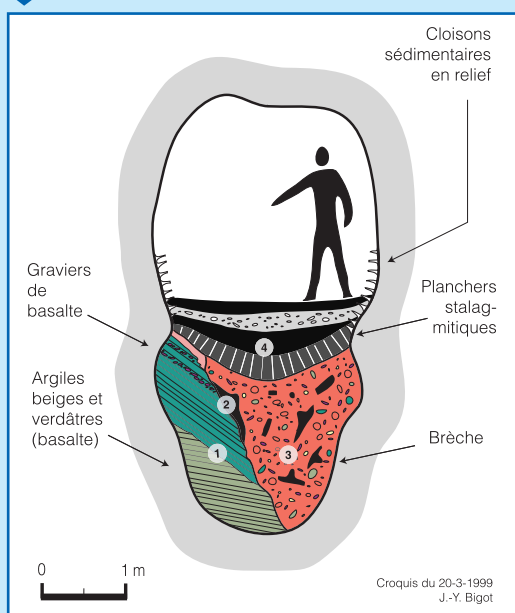


Figure 13 : Section e e' de la galerie du Métro (-115). Les massifs stalagmitiques ont scellé un ancien remplissage entièrement déblayé, mais contenant des graviers de basalte et de calcaire gréseux restés prisonniers de la calcite. *Metro gallery section e e' (-115). The stalagmitic clumps have beded an ancient filling totally removed, but containing basaltic gravels and sandy limestone imprisoned in the calcite.*

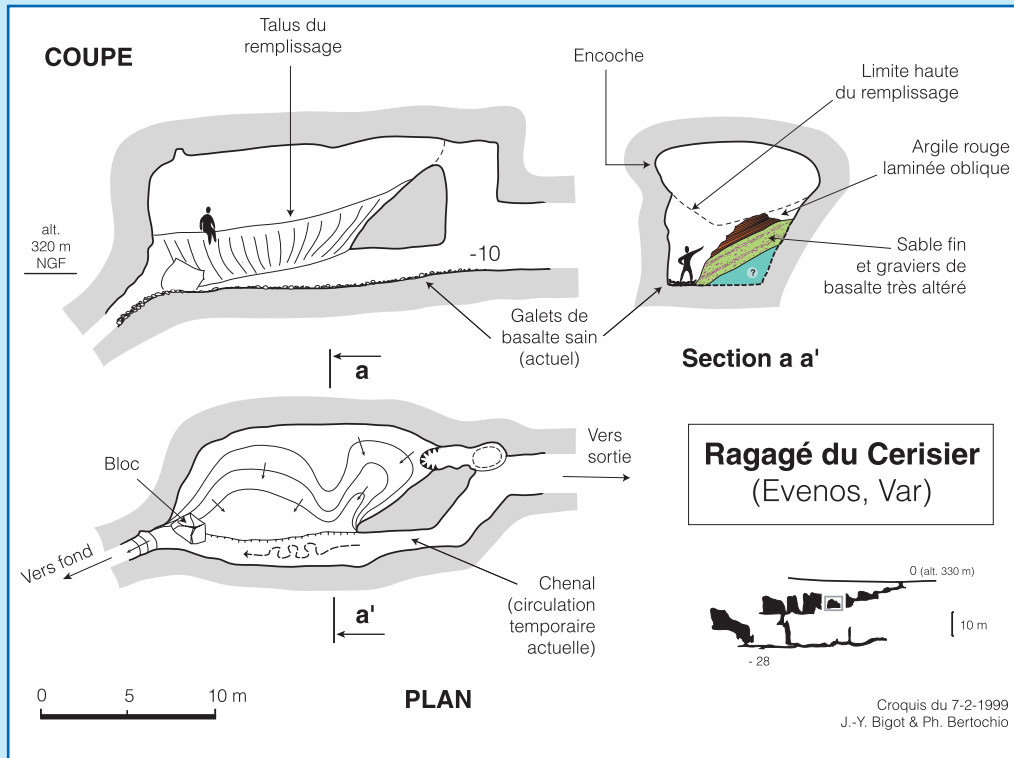


Figure 14 : Les remplissages du ragagé du Cerisier. Aujourd'hui, l'avenue du Cerisier est une perte s'ouvrant au fond des gorges du Destel à l'altitude de 330 m. Mais, au cours de périodes plus anciennes, il a acquis une morphologie spécifique comme les voûtes planes et les pans inclinés latéraux se raccordant à la limite du remplissage d'argile rouge. Les argiles rouges scellent un dépôt de galets de basalte très altérés et montrent que la cavité s'est ennoyée après le piégeage des galets de basalte. *The Cerisier cave fillings up. The red clays bed a very corrupted basaltic pebbles deposit, and show that the cave has been shrouded after the capture of the basaltic pebbles.*

surtout été favorisé par la présence de cheminées très proches de la surface. Cette interprétation morphologique s'accorde avec la mise au jour de la cavité par une surface de regradation post-basaltique [Nicod, 1992b, p. 74].

B. L'étage supérieur

Certaines sections de la galerie supérieure ("Nouveau Maramoye" figure 16) ont pu évoquer les classiques incisions en trou de serrure de galeries en tube, suggérant ainsi un creusement en régime vadose. Aujourd'hui, l'examen des volumes et des remplissages de l'étage supérieur montre qu'en dépit des

apparences, des hypothèses très différentes peuvent être proposées.

L'étage supérieur de Maramoye est une galerie horizontale (-40) dont le remplissage a été partiellement déblayé aux abords du puits de l'Ours (figure 15). Cette partie déblayée de la cavité laisse apparaître un volume relativement important (figures 16 et 17). En effet, la salle Ronde était alors entièrement colmatée, comme l'attestent les lambeaux indurés de graviers visibles dans une large fissure du plafond (figure 15). Ce remplissage de graviers calcaires, roulés et emballés dans une matrice sablo-argileuse rosâtre, évoque des formations torrentielles charriant du matériel issu de la

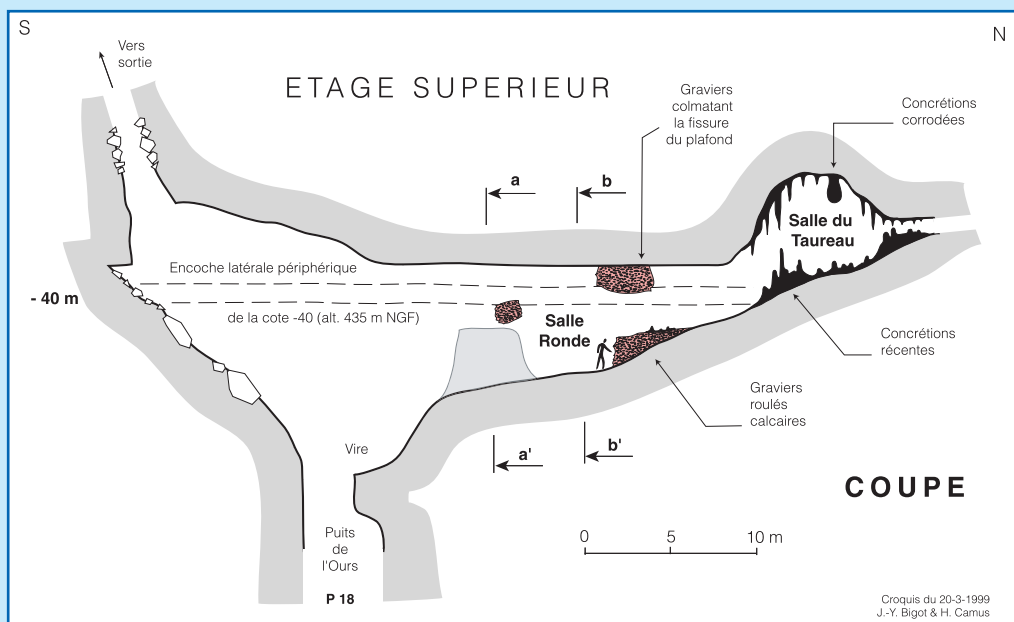


Figure 15 : Coupe longitudinale de l'étage supérieur (-40). Les graviers calcaires colmataient totalement la salle Ronde et probablement l'espace situé au droit du puits (P 18). La remise en eau de la salle est attestée par une couche d'argile rouge recouvrant les lambeaux de graviers roulés. La cavité atteint son plus grand volume à la cote -40, où une encoche périphérique semble marquer un ancien niveau de stagnation d'eau. La salle du Taureau recèle des concrétions corrodées, en plafond et sur les parois, et d'autres, plus récentes, qui ne le sont pas. *Length wise section of the upper level (-40). The limestone gravels have plugged up the whole round piece. The "re-watering" of the room is attested by a red clay layer recovering rolled gravels scraps. At -40, where a peripheral notch seems to mark an old water stagnation level. The Bull room (salle du Taureau) contains corroded speleothems.*

Figure 16 : Section a a' du couloir qui donne accès à la salle Ronde (-40). Les graviers calcaires remaniés reposent sur une argile jaune. L'encoche latérale, moins évidente, se confond avec les flancs de la galerie. Le couloir est le résultat de la corrosion d'une fracture verticale à l'origine du creusement du conduit. *Section a a' of the gully leading to the Round Room (-40). This section shows that the gallery is the result of a level conjunction with an upright fracture.*

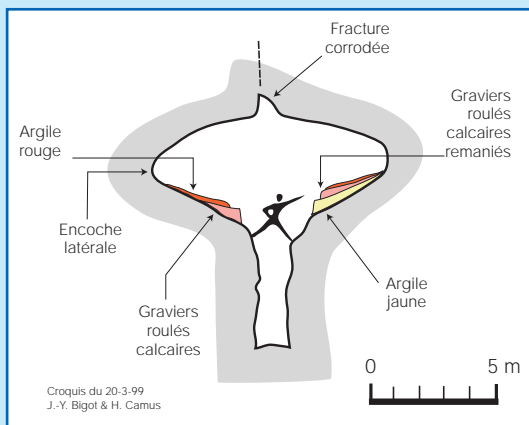


Figure 17 : Section b b' de la salle Ronde (-40). Les lambeaux de graviers roulés sont recouverts par une argile rouge. L'encoche latérale, bien visible dans la partie haute de la salle, est elle aussi couverte d'une pellicule d'argile rouge. *Section b b' in the Round Room (-40). The rolled gravels scraps are over coated by red clay.*

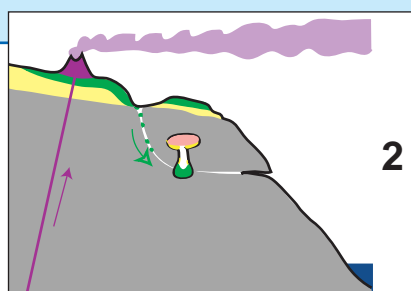
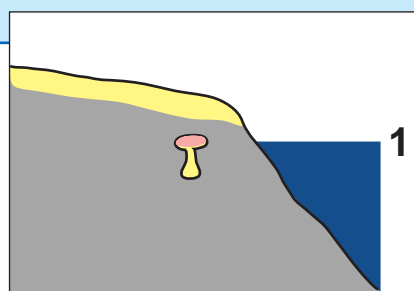
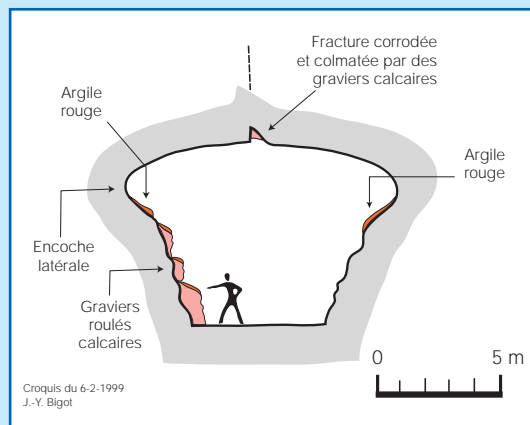


Figure 18 : Reconstitution des principales étapes. Il s'agit d'un schéma explicatif simplifié. Pour faciliter la compréhension, l'abîme de Maramoye a été placé entre le volcan et la mer, alors qu'il est plutôt situé en arrière (cf. fig. n° 1 et 6). Les échelles ne sont pas respectées. Hormis quelques détails, les figures permettent de comprendre la chronologie relative de phases qui ont affecté la cavité et son environnement.

- 1 : Au Miocène, les conditions favorables à une karstification sous couverture sont réunies, une importante formation siliceuse recouvre les calcaires gréseux dissous par la cryptocorrosion. Les réseaux de l'abîme de Maramoye existent déjà, mais tendent à se colmater par des remplissages insolubles issus de la couverture (en jaune).
- 2 : A partir de 6,7 Ma jusqu'à 5,8 Ma, les émissions volcaniques du rocher de l'Aigle s'épanchent dans une paléo-vallée orientée au sud. L'étage inférieur de l'abîme de Maramoye joue le rôle de drain par lequel transitent des matériaux basaltiques (vert). L'origine des écoulements est le rocher de

l'Aigle, nouveau point culminant du secteur soumis à l'érosion. La formation des reliefs volcaniques a mis fin au flux détritifique exclusivement calcaire (graviers roulés roses) au profit d'apports essentiellement basaltiques venant du sud. Les ruisseaux, nés sur les pentes de la mesa basaltique sont engouffrés dans des pertes lorsqu'elles atteignent les calcaires.

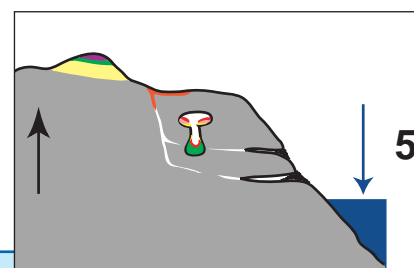
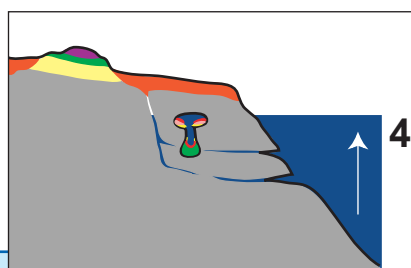
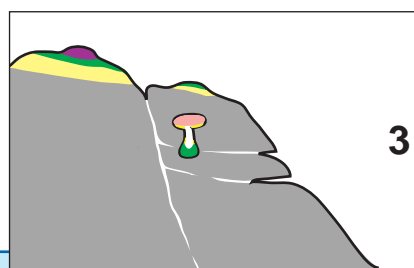
- 3 : La régression messinienne et la baisse du niveau marin en Méditerranée favorisent une érosion de la couverture siliceuse ; les sables et les chicots de calcaires siliceux sont minés par la crypto-corrosion et disparaissent de la surface, sauf dans les secteurs protégés par les coulées basaltiques à l'origine de l'inversion du relief.
- 4 : Avec la transgression Pliocène (5,3 Ma), qui maintient durablement un haut niveau marin, les anciens drains miocènes sont réutilisés. Les sols rouges apparaissent et une partie est entraînée dans le karst. Au cours de cette "période rouge", le niveau de base est relativement haut et les galeries inférieures redeviennent fonctionnelles. Le relèvement du niveau

de base atteint également l'étage supérieur qui se réennoie, corrodant les concrétions. Le vieux remplissage de graviers calcaires (rose) est dissous et vidangé aux abords du puits de l'Ours.

- 5 : La tectonique positive de l'ensemble des massifs côtiers de Provence a fini par percher la cavité désormais hors d'atteinte et définitivement soustraite aux fluctuations des niveaux eustatiques du Pliocène inférieur. Le concrétionnement reprend dans les deux niveaux formant une deuxième génération de stalagmites non altérées qui tend à couvrir le sol des galeries (gours, coulées).

Main stages rebuilding. Simplified explanatory schema to give back the relative chronology of the different events found in the cave.

- 1 : In the Miocene time, an important sandy formation has coated the gritty limestones dissolved by cryptocorrosion.
- 2 : From 6,7 My to 5,8 My, the volcanic emissions coming from Eagle Rock poured out into a south turned paleo-valley.
- 3 : The Messinian regression and the sea-level ebb in Mediterranean sea have favored the sandy coating erosion.
- 4 : With the Pliocene transgression (5,3 My) the old Miocene pipes are reused. The red soils appear (red period) and are trapped in the karst.
- 5 : The cave is fossilised by the positive tectonique of Provençal coasted massifs.



surface. Ces formations piégées indiquent un transport rapide des sédiments jusqu'à leur dépôt dans le karst, mais suggèrent également des versants calcaires fournissant des matériaux d'origine clastique. Hormis les pans inclinés de la galerie (figure 16), couverts d'une couche d'argile jaunâtre (ép. 5 à 10 cm), les lambeaux résiduels du remplissage de graviers calcaires sont en contact direct avec le sol rocheux ou les parois de la galerie (photo 6). La salle Ronde a été déblayée ensuite probablement lors d'un réennoisement temporaire qui a soutiré, corrodé et évacué le remplissage de graviers calcaires, notamment aux abords du puits de l'Ours (P 18). En effet, la couche d'argile rouge déposée sur les lambeaux détritiques et sur les replats rocheux prouve le réennoisement partiel de l'étage supérieur.

Les volumes de l'étage supérieur atteignent en plan leur plus grande dimension à la cote -40, notamment à l'aplomb du puits de l'Ours (P 18), grâce à une encoche horizontale nettement marquée. Cette encoche, de moins d'un mètre de haut, est visible sur tout le pourtour de la salle Ronde et du volume qui domine le puits de 18 m (figure 15).

Les lambeaux résiduels de graviers calcaires montrent que le volume initial pré-existant a été à peine retouché par le réennoisement attesté par la pellicule d'argile rouge (figure 17).

Bien qu'il soit paradoxal de ne pas avoir trouvé le même remplissage de graviers calcaires dans l'étage inférieur, l'absence de basalte dans les remplissages de limons jaunes de l'étage inférieur (figures 9 et 10) et de graviers calcaires de l'étage supérieur permet de proposer un âge antérieur au volcanisme pour la formation de ces deux étages.

Dépourvue de concrétions massives, la salle Ronde contraste avec le reste de la galerie supérieure qui recèle d'importantes coulées et de grandes stalagmites. Parmi ces formations chimiques de l'étage supérieur (galerie d'entrée et "Nouveau Maramoye"), il est facile de distinguer au moins deux générations de concrétions : la première est très corrodée alors que la deuxième ne l'est pas. Les concrétions corrodées ne sont pas profilées, c'est pourquoi il est difficile de se prononcer sur le sens du courant d'eau qui les a réduites. L'une d'elles, une stalactite particulièrement étonnante, est située dans la partie haute de la salle du Taureau ; il s'agit d'une sorte de pendeloque massive,

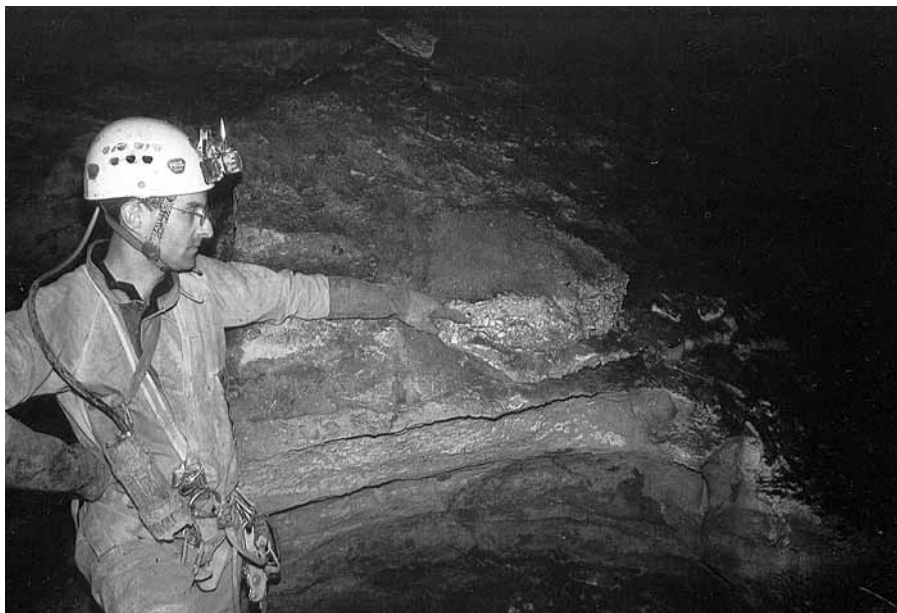


Photo 6 : Les graviers calcaires de l'étage supérieur. Des lambeaux résiduels à graviers calcaires reposent parfois directement sur le sol rocheux de la galerie (-40) ; seule une faible couche d'argile rouge les recouvre attestant du réennoisement de l'étage supérieur. Upper level limestone gravels.

d'un mètre de hauteur, de couleur rouge-miel.

Il est évident que la corrosion des stalactites et stalagmites résulte d'un ennoisement complet de la cavité.

C. Le "puits-cheminée" (P 18 m) raccordant les deux étages

Bien que le "bon sens" et la théorie de l'étagement des réseaux voudraient que l'étage supérieur soit plus ancien que l'étage inférieur, il est impossible ici de

confirmer l'antériorité de l'un ou de l'autre de ces réseaux. Les conduits verticaux qui relient les deux réseaux, appelés à juste titre *puits* par les spéléologues, ne doivent pas masquer une autre réalité karstologique qu'il est difficile de traduire avec des termes uniques comme *puits* ou *cheminée* : le terme le plus fidèle serait peut-être celui de *puits-cheminées* proposé par H. Camus [1998].

Le "puits de raccordement", ou plutôt le puits-cheminée, qui relie les deux étages de Maramoye (de -40 à -120) présente

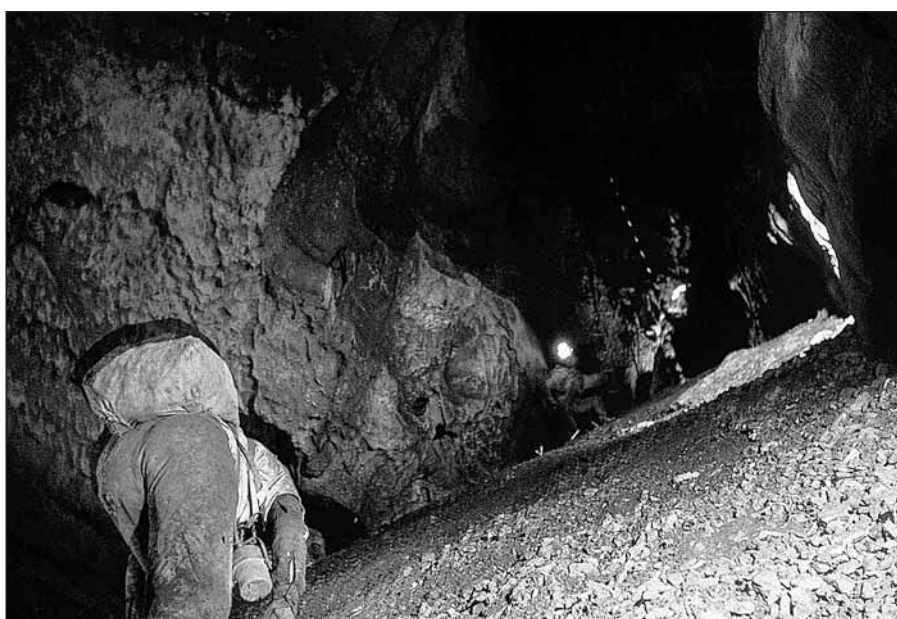


Photo 7 : Un éboulis assez raide, situé à la base du puits de 18 m, conduit à l'étage inférieur (cliché Raymond Monteau). Scree at the bottom of the pit 18 m (lower level).

un aspect lisse et corrodé sur toute sa hauteur, sans qu'un effondrement ou écaillage vienne interrompre la continuité des surfaces et des formes (photo 4). Cette observation suggère un réaménagement de l'étage supérieur (-40), ou du moins un réennoisement de cet étage.

Le conduit vertical (P 18) et la galerie pentue qui relie les deux étages, tout comme le puits d'effondrement de l'entrée, ne seraient donc pas un puits-perte creusé par des circulations transitant de haut en bas, mais un puits-cheminée comme on en connaît maintenant dans l'Hérault [Camus, 1998 et 2003], le Gard ou l'Ardèche [Bigot, 2002].

Toutefois, l'étage supérieur est très ancien, car les remplissages (argile jaunâtre et graviers calcaires) qui le colmataient avant son réennoisement ne contiennent pas d'éléments basaltiques. L'absence de ces éléments, permet de lui attribuer un âge antérieur à 6 millions d'années (Miocène probable). Ces observations et déductions semblent en accord avec un âge fini-miocène de l'étage supérieur (-40) de Maramoye [Nicod, 1992a, p. 53]. La présence de remplissage jaunâtre à l'état de placage induré issu de l'ancienne couverture siliceuse atteste de l'antériorité de l'étage inférieur (figures 9 et 10) et d'une réutilisation après l'épisode basaltique du conduit antérieurement creusé. Dans ces conditions, il est difficile d'affirmer que le puits de raccordement est un puits-perte creusé de haut en bas, alors que l'on sait les réseaux inférieur et supérieur très anciens. La dépression de Planier (figure 1), toute proche, semble beaucoup trop récente pour avoir joué un rôle de premier plan dans la formation des réseaux de Maramoye. L'hypothèse d'un puits-perte qui s'opposerait à celle du puits-cheminée, est difficilement envisageable dans le cas de l'abîme de Maramoye, car toutes les observations montrent des phases multiples de mise en charge ou de réennoisement. Hormis le rôle de perte, à des périodes tardives (après -6 Ma) qu'ont joué les amonts des réseaux inférieurs de Maramoye et par lesquels ont transité des matériaux basaltiques (figure 5), rien, dans les phases déduites de l'observation *in situ*, n'évoque une quelconque verticalisation des réseaux. En effet, les conduits verticaux observés dans certaines cavités ne doivent pas toujours être interprétés comme l'expression d'un creusement vadose en relation directe avec des phases tectoniques ou des régressions marines [Blanc & Monteau, 1997, p. 40], mais

également comme la signature du relèvement local du niveau de base au cours de transgressions marines.

IV. INTERPRÉTATIONS ET CONCLUSIONS

Les utilisations successives du drain de l'étage inférieur, probablement d'âge miocène, par des circulations charriant d'abord des éléments de la couverture siliceuse (sable jaune), puis, après l'épisode volcanique daté de 6 Ma [Baubron, 1984], du matériel basaltique compliquent singulièrement l'histoire de la cavité.

De même, l'encoche pariétale de -40, les concrétions corrodées et les dépôts d'argile rouge de l'étage supérieur prouvent le réennoisement de l'ensemble des réseaux au cours de la "période rouge" postérieure à l'épisode volcanique.

À partir d'une chronologie relative et très simplifiée des dépôts détritiques de l'abîme de Maramoye, il est possible de proposer un schéma d'évolution de la cavité en accord avec la paléogéographie (figure 18).

La recherche d'un niveau de base haut et post-basaltique correspondant, d'une part, aux circulations vadoses dans les galeries inférieures et, d'autre part, au réennoisement de l'étage supérieur semble être une des hypothèses à privilégier. La position perchée de l'encoche de l'étage supérieur qui matérialise un niveau de base (altitude 435 m NGF) atteste d'un niveau post-basaltique ("période rouge") relativement élevé qui confirme le lent soulèvement des massifs provençaux, amorcé dès le Miocène et poursuivi au Pliocène jusqu'à l'Actuel. D'après la chronologie relative proposée, il faut admettre un soulèvement beaucoup plus important des massifs côtiers, de l'ordre de 300 à 400 m.

Ainsi la conjonction entre les hauts niveaux marins du Pliocène inférieur et le soulèvement des massifs côtiers de Provence pourraient expliquer la position perchée et le réennoisement de certaines galeries de l'abîme de Maramoye.

Remerciements

J.-J. Blanc et R. Monteau pour les remarques constructives dont ils ont bien voulu me faire part ; à J. Nicod et à Ph. Audra pour leurs remarques et leurs encouragements. Et aussi à Ph. Bertochio et H. Camus qui m'ont accompagné sur le terrain pour discuter l'argumentation.

BIBLIOGRAPHIE

- A.A., 1979 - Notice de la carte géologique au 1/250 000.
- BAUBRON J.-C., 1984 - Volcanisme du Sud-Est de la France. in Synthèse géologique du Sud-Est de la France. Ch. 8, *Mém. B.R.G.M.*, 125, pp. 514-519.
- BIGOT J.-Y., 1999 - Remplissages et morphologie des conduits de l'abîme de Maramoye (Le Beausset, Var). *Actes de la 9^e Rencontre d'Octobre*, Cahors, 16-17 oct. 1999, n° 9, pp. 7-13.
- BIGOT J.-Y., 2002 - Conduits ascendants dans les gorges de l'Ardèche : les avens Cordier, Rochas et de Noël. *Actes de la 12^e Rencontre d'Octobre*, La Bachelierie, 5-6 oct. 2002, n° 12, pp. 15-19.
- BLANC J.-J. et NICOD J., 1991 - Les surfaces karstiques du plateau de Montrieux (Var). Etude quantitative de la fracturation. *Karstologia*, n° 16, pp. 17-28.
- BLANC J.-J., 1995 - Etapes et facteurs de la spéléogénèse dans le Sud-Est de la France. *Karstologia*, n° 26, pp. 13-26.
- BLANC J.-J. et MONTEAU R., 1997 - Interprétation morphométrique et spéléogénèse : exemples de réseaux karstiques de Basse-Provence (directions de galeries, modèle et maillage structural). *Karstologia*, n° 30, pp. 25-40.
- BLANC J.-J., 1998 - Morphogénèse, évolution géodynamique des surfaces karstifiées, "reliques" du Tertiaire : l'exemple de Mourre d'Agnis (Var, France). Interprétation morphométrique et spéléogénèse : exemples de réseaux karstiques de Basse-Provence (directions de galeries, modèle et maillage structural). *Colloque "Géomorphologie quantitative et paléogéomorphologie dans les karsts du domaine méditerranéen"* (Massif de la Sainte-Baume, 1^{er}-3 oct. 1997) *Etudes de Géographie Physique. Travaux 1998*, Suppl. au n° XXVII. CAGEP - URA 903 du CNRS édit., pp. 5-15.
- BLANC J.-J., 2001 - Histoire géologique et enregistrement karstique. Exemple du massif de Siou Blanc et de ses abords (Var). *Karstologia*, n° 37, pp. 11-22.
- CAMUS H., 1998 - Observations sur la genèse et l'évolution des puits-cheminées : l'exemple singulier du réseau du Garrel - St Jean de Buèges (Hérault). *Actes de la 8^e Rencontre d'Octobre*, Avignon, 3-4 oct. 1998, n° 8, pp. 12-13.
- CAMUS H., 2003 - Vallées et réseaux karstiques de la bordure carbonatée sud-cévenole. *Thèse de géographie*, Bordeaux III, 675 p. + annexes.
- CLAUZON G., 1997 - Utilisation des marqueurs issus de la crise de salinité pour la restitution de l'évolution géodynamique du Sud-Est français. Livret-guide de l'excursion "manifestations karstiques induites par le creusement messinien : exemples rhodano-duranciens". *Colloque "Géomorphologie quantitative et paléogéomorphologie dans les karsts du domaine méditerranéen"* (Massif de la Sainte-Baume, 1^{er}-3 oct. 1997). CAGEP - URA 903 du CNRS édit., n. p.
- MONTEAU R., 1978 - Le karst des formations turoniennes du Bassin du Beausset (Bouches-du-Rhône, Var). Inventaire des cavités. *Ouarnède*, Bull. du G. S. des Pyrénées, n° sp. 1, Collection scientifique, Livre 1 : 92 p., Livre 2 (inv. des cavités) : 89 p.
- NICOD J., 1967 - *Recherches géomorphologiques en Basse Provence calcaire*. Thèse, Etudes et travaux de Méditerranée, Aix, Ophrys édit., Gap, 557 p.
- NICOD J., 1992A - Recherches sur l'évolution du karst du Massif de Montrieux (Basse Provence). *Z. Geomorphol. N.F., Suppl.-Bd*, 85, pp. 39-57.
- NICOD J., 1992B - Notice de la carte du karst du centre nord-ouest du Massif de Montrieux (Var). *Travaux URA 903 du CNRS*, n° XXI, pp. 71-78.
- RENAULT PH., 1967-1968 - Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Annales de Spéléologie*, t. 22 & 23.