Stage national « Équipier scientifique 2000 »

IMPACT MORPHOLOGIQUE DES CRUES DANS LA ZONE D'ENTRÉE DE LA GOULE DE FOUSSOUBIE (Ardèche)

Travaux réalisés par: Michel BERNARD, Gérard CAZES, Alain COUTURAUD, Fabien HOBLEA,Stéphane JAILLET, Pascal MADELEINE, Bastien MICHAU, Delphine MOLAS, Gérard PARLARRIEU, Eric SUZZONI.
Synthèse et présentation: Stéphane JAILLET

Le stage national «équipier scientifique 2000 », organisé par l'Ecole Française de Spéléologie avec le soutien de la commission scientifique fédérale, s'est déroulé la première semaine de juillet autour du système de la goule de Foussoubie en Ardèche. Quatre équipes ont pu travailler sur quatre thèmes (géomorphologie et biospéologie). Nous présentons ici les résultats essentiels des travaux de deux équipes, menés dans la zone d'entrée de la goule entre le passage « de Joly» et les lacs.

Si en étiage un mince filet d'eau parcourt la cavité, en crue, cette perte reçoit les écoulements d'un bassin-versant de surface importante. Aussi, les galeries de gabarit limité sont-elles fréquemment ennoyées. Leurs parois ont enregistré l'impact des crues. Deux objets morphologiques essentiels ont été repérés, les coups de gouges (taille, étagement, répartition...) et les concrétions (types, intacts, corrodées brisées...). Une topographie de l'ensemble du secteur a pu être dressée. Elle sert de support à la cartographie des concrétions et au positionnement des différents secteurs riches en coups de gouges.

Un enregistreur original des hauteurs de crues: les concrétions érodées

Type de concrétions

Les différents types de concrétions recensés dans ce secteur sont: les stalactites non érodées, les stalactites érodées, les stalactites en forme de mamelon non érodées, les stalagmites non érodées, les stalagmites érodées, les gours érodés, les coulées de calcite non érodées, les coulées de calcite érodées, les draperies érodées. On constate donc la coexistence de concrétions érodées et de concrétions intactes.

Les différents types d'érosions remarquées sont chimique et mécanique.

La première affecte de façon préférentielle les concrétionnements type coulée de calcite. Elle s'effectue de façon verticale par ruissellement issu des décrues lors du noyage et dénoyage de la galerie.

La seconde affecte plutôt les concrétions type stalagmite, stalactite, draperies. Elle est caractérisée par le sectionnement à la base de la concrétion. Les parties sectionnées des concrétions n'ont pas été retrouvées, probablement charriées lors des crues. L'érosion mécanique est due au charriage de différents matériaux entraînés lors des mises en charge du réseau. Les différents matériaux sont d'origine diverses : nous avons observé des bois , blocs de roche , sables, gravier, etc..., bloqués dans les fissures, et ce sur toutes les parois de la galerie.

Répartition spatiale des concrétions:

Dans la partie étudiée, nous avons identifié trois types de galerie correspondant à trois morphologies distinctes
- les galeries plus étroites type canyon se développant sur diaclase : type 1;
- les galeries large se développant au profit d'un joint de stratification : type 2;
- les galeries en conduite forcée : type 3.

Nous avons défini quatre zones (A, B, C et D) en partant de l'amont vers l'aval (voir topographies).

Dans la zone A, l'ensemble des concrétions (coulées de calcite et quelques stalactites) est majoritairement érodé du niveau d'eau d'étiage jusqu'au plafond. Seules quelques coulées dans un passage plus large (à 6 m du sol, peu avant les ressauts menant au passage DE JOLY) sont intactes.

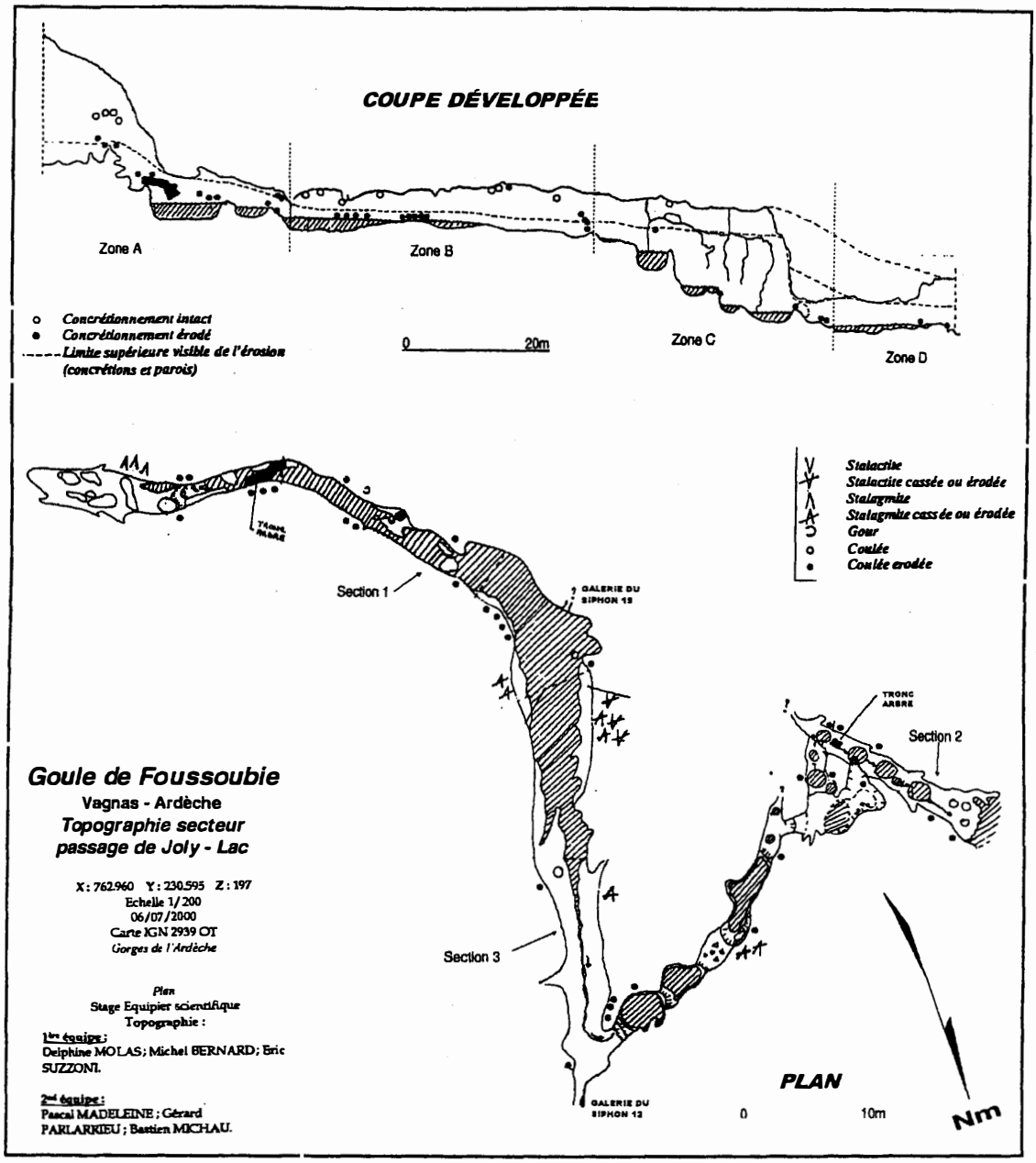


Figure 1 : Topographie (plan et coupe) du secteur d'étude dans la goule de Foussoubie.

Dans la zone B (large de 4 à 6m) toutes les concrétions situées entre le niveau d'étiage et une hauteur de 2 m sont érodées sauf un gour sur une banquette calcaire. Seules les concrétions (stalactites) situées au-dessus du niveau érodé sont intactes.

Au-dessus du premier lac et avant le changement de direction de la galerie, on observe en plafond des stalactites en forme de mamelon (hauteur 10-15cm et de forme arrondie). La formation de ces concrétions est liée au phénomène de crues et décrues importantes (fonctionnement en régime épinoyé).

Dans la zone C (rétrécissement) on observe une absence de concrétionnement. Seules quelques coulées de calcite sont visibles au niveau de la base des puits présentant une érosion verticale caractérisée par ruissellement.

Enfm, la zone D présente la forme typique d'une conduite forcée. Dans cette zone le concrétionnement est absent. A la fm de ce conduit qui débouche sur une diaclase transversale, on observe quelques coulées de calcite érodées.

Interprétation des zones :

Tout au long du cheminement de la cavité étudiée on remarque une limite d'érosion au-dessous de laquelle toute forme de concrétion est absente ou très érodée (coups de gouges, lames...). La hauteur maximum de cette limite varie de 1 à 5 mètres par rapport au niveau d'étiage et suivant le type de galerie. Parfois, cette limite se heurte au plafond (passage DE JOLY), ce qui entraîne une érosion totale des concrétions. Au-dessus de cette limite le concrétionnement est plus rarement cassé, on y trouve de nombreuses stalagmites et coulées intactes. Dans les galeries de type 2, on observe en plafond des stalactites en forme de mamelon (hauteur 10-15cm, de forme très arrondie). Au niveau de la conduite forcée en fin de zone étudiée, nous observons l'absence de concrétion, la section réduite entraînant un débit violent et empêchant toute forme de concrétionnement.

Dans la zone d'étude, nous avons pu déterminer trois morphologies de galerie (canyon, galerie sur joint de strate, conduite forcée). Ces trois morphologies induisent trois horizons d'érosion différents. Dans les galeries type canyon on obtient en crue un niveau d'eau situé aux 3/4 de la hauteur de la galerie. Dans les galeries développées sur joint de strate, on observe en crue un niveau d'eau positionné au 1/4 de la hauteur de la galerie. Dans la conduite forcée on obtient un ennoyage total en période de crue.

Un indicateur des débits de crue: les coups de gouges étagés

Nous avons analysé des données par un relèvement de coups de gouge sur 3 zones bien défmies. Ces zones ont été choisies à des emplacements qui nous paraissaient intéressants, notamment des rétrécissements. Sur chaque zone, nous avons relevé une coupe de la galerie ainsi qu'un plan général du panneau relevé. Le premier site est situé en amont du passage «De Joly », le second en aval du 1er lac et le 3ème entre les deux.

Relevé des coups de gouges:

Nous avons utilisé une règle de 20 cm et un carnet topo pour la prise des notes. Le scribe effectue un schéma et une coupe de la galerie sur laquelle les relèvements vont être effectués. Deux personnes effectuent des relèvements alors que le troisième inscrit les données. Nous avons effectué une série de mesures sur chaque zone défmie ci-dessus. Ces mesures consistaient:
- à définir d'une façon précise la section de chaque site;
- à relever à l'aide d'un réglet, un maximum de longueur de coup de gouge (≅100 individus par section) pour pouvoir faire une étude statistique des coups de gouge.

La précision a été évaluée à 0,5 cm. Pour les stations 2 et 3, différentes zones de la paroi ont été distinguées.

Traitement et analyse des données:

Les informations concernant les relevés sur les zones des coups de gouges ont été entrées sous tableur. Les longueurs ont été traitées en tableau et en courbes de fréquence. Les 409 mesures de longueurs, réparties par zones et par section, nous ont permis de calculer 8 longueurs moyennes. Une synthèse des informations chiffrées nous a permis d'établir des comparaisons avec les zones étudiées sur les graphiques. Celles-ci ont été juxtaposées aux tableaux. La superficie de chaque section a été calculée à partir d'un report sur papier millimétré. Des mesures de température effectuées dans la grotte ayant donné une valeur moyenne pour l'eau de 14 °C, nous avons extrapolé l'abaque reliant longueurs et vitesses pour cette température. A partir de cet abaque, nous avons défmi une vitesse moyenne du courant pour chaque zone de chaque section.

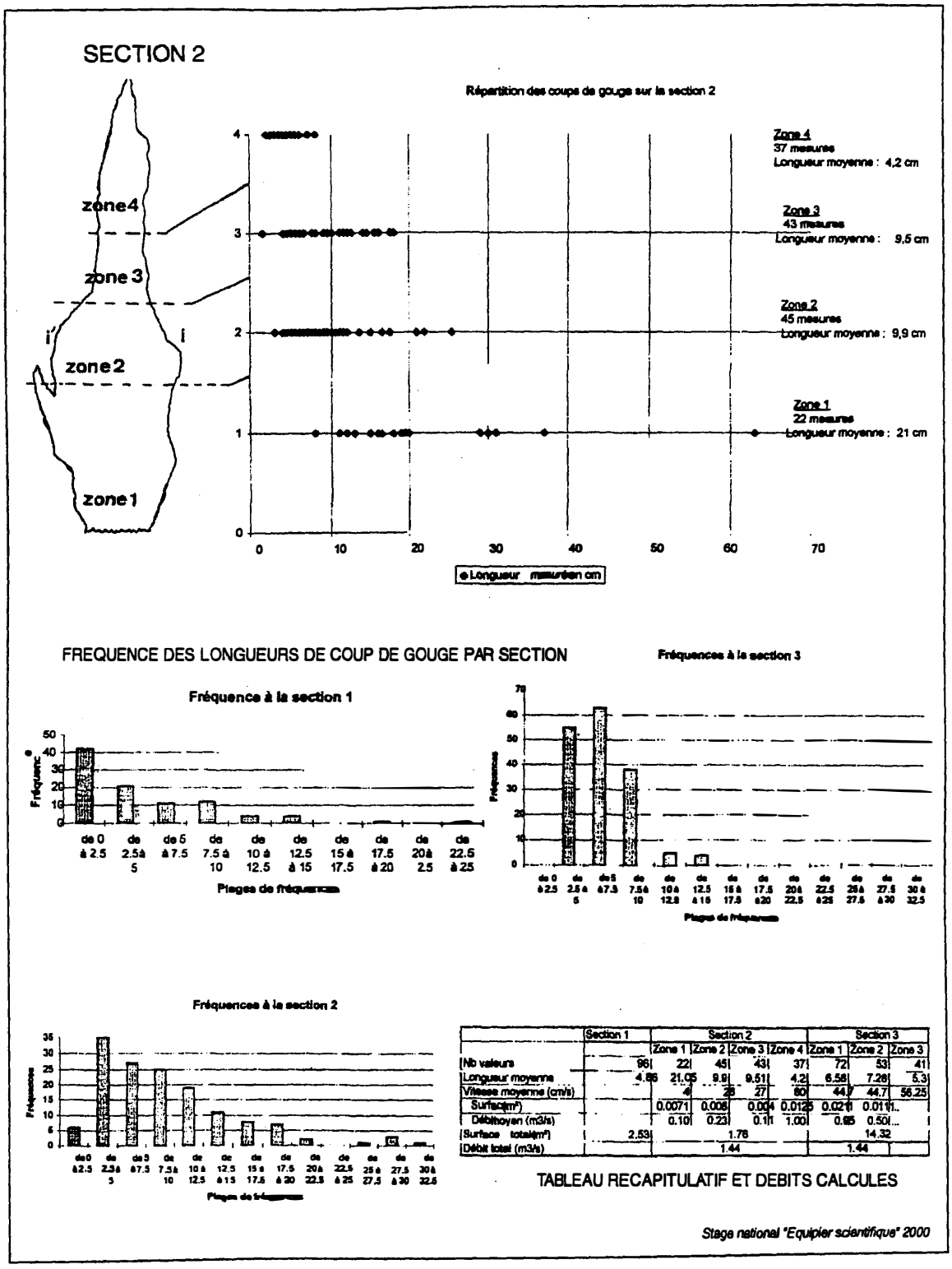


Figure 2: Fréquences de longueur des coups de gouges par section étudiée et détail pour la section 2 présentant des coups de gouges étagés.

Nous avons supposé que tout le débit d'eau passait la section 2 car les coups de gouge se retrouvent jusqu'à la voûte. Nous voulions vérifier si dans les autres zones ce débit maximum correspondait à une hauteur où l'on retrouvait des coups de gouge et uniquement jusqu'à cette hauteur. Dans ce but, le débit au niveau de la section 2 a été calculé grâce à cette formule:

$$D(m^3/s) = V(m/s) \times S(m2)$$

Le report à partir de ce débit a été effectué sur le carroyage correspondant à la section 3. Une hauteur d'écoulement en régime vadose a été calculée. Ceci nous a permis de vérifier si la plupart des coups de gouge se situaient en deçà de cette hauteur.

Dans la section 1, nous avons observé deux types de coups de gouge, que l'on peut distinguer par leurs longueurs. Des petits coups de gouge s'imbriquent dans des coups de gouge de plus grande dimension. On retrouve des coups de gouges de part et d'autre de la galerie.

Dans la section 2, il a été constaté plusieurs tailles de coups de gouge suivant l'emplacement sur la paroi. En effet, 4 zones ont été définies en fonction de la longueur moyenne. La zone du bas est composée de coups de gouge de grande dimension. Plus on s'élève sur la paroi, plus les coups de gouge deviennent petits. Nous n'avons pas observé de phénomène d'imbrication de coup de gouge, contrairement à la section 1. On retrouve des coups de gouge de part et d'autre de la galerie.

La section 3 est intéressante également par ses coups de gouges situés près du sol et rendus très lisibles par le dépôt organique noir sur le bord d'attaque des coups de gouge. Le panneau de relevé est situé sur un plan incliné de faible pente. Au dessus de celui-ci, d'autres coups de gouge apparaissent sur une faible hauteur (comparativement à la hauteur de la galerie). D'autre part, on ne retrouve les coups de gouge que d'un côté de la galerie. En face du panneau analysé, nous avons pu constater la présence de concrétionnement sous forme de coulée.

Analyse chiffrée:

Les huit longueurs moyennes calculées vont de 4,2 à 21,05 cm. La présentation des longueurs sous forme de fréquences par plage de 2,5 cm ne fait pas apparaître, pour une même section, deux fréquences distinctes. On observe une répartition simple. A la section 2, on peut cependant noter deux pics très inégaux: dans la plage 2,5 - *5* [35 valeurs], dans la plage *27,5* - 30 [3 valeurs], ce deuxième pic n'étant pas significatif.

A la section 2, la répartition des longueurs par zone montre que plus on s'éloigne du sol, plus les coups de gouge sont petits. En considérant que la section 2 est totalement ennoyée, on mesure un débit total de 1,5 m^3/s. Cette mesure ne tient compte que de la vitesse mesurée sur les parois, or on sait que la vitesse au milieu d'un conduit est 2 à 3 fois supérieure à celle mesurée près des parois, soit un débit de *1,5* à *5* m^3/s Nous avons ensuite considéré que le débit total mesuré à la section 2 pouvait aussi passer à la section 3. A partir de cette hypothèse, nous avons calculé, par la méthode graphique, la hauteur de l'eau dans cette section pour le débit maximal mesuré à la section 2. Nous avons obtenu la valeur de 1,1 m. Cette hauteur correspond à la limite entre les zones 2 et 3, cette dernière étant une zone où la surface de la paroi devient verticale. Le débit déterminé nous permet de valider l'hypothèse en supposant l'ennoyage de la section n° 2, ce qui détermine une hauteur de répartition des coups de gouge sur la section n° 3.

Conclusion

Ces travaux ont été réalisés en 2 jours 1/2, comprenant deux séances de relevés sous terre, la mise au propre des données en salle et la rédaction des résultats essentiels. Même dans un cadre si limité, les participants du stage «équipier scientifique 2000» ont reconnu des morphologies pariétales liées à l'impact des crues fréquentes que connaît la cavité.

Les travaux réalisés sur les concrétions montrent une certaine répartition spatiale de ces objets et un étagement des formes dans la galerie en fonction des crues. Il a été possible de proposer une limite supérieure de l'érosion correspondant à la limite supérieure de la hauteur d'eau courante. Au-delà, il y a mise en charge. L'étude fine de panneaux riches en coups de gouges a permis de proposer un étagement des vitesses de courant dans la section de la galerie et de calculer des débits correspondants à ces différentes hauteurs d'eau.

Outre l'intérêt scientifique de tels relevés, ces observations sur la hauteur probable des crues du réseau sont une entrée pertinente dans la lecture préventive des paysages souterrains et la pratique d'une spéléologie responsable, garante de notre sécurité.

Bibliographie:

CURL R.L. — 1966 — Scallops and flutes. Cave Research Group Great Britain, Trans. 7, pp. 121 à 160.

CURL R.L. — 1974 — Deducing flow velocity inn cave conduits from scallops The N.S.S Bulletin 36 (2), pp. 1 à5.

ÉCOLE FRANÇAISE DE SPÉLÉOLOGIE — 2000 — Goule de Foussoubie. Rapport du stage national «Equipier scientifique » 2000. A paraître.

LISMONDE B. et LAGMANI A. — 1987 — Les vagues d'érosion. Karstologia n° 10, F.F.S, A.F.K. Paris, pp. 33 à 38.

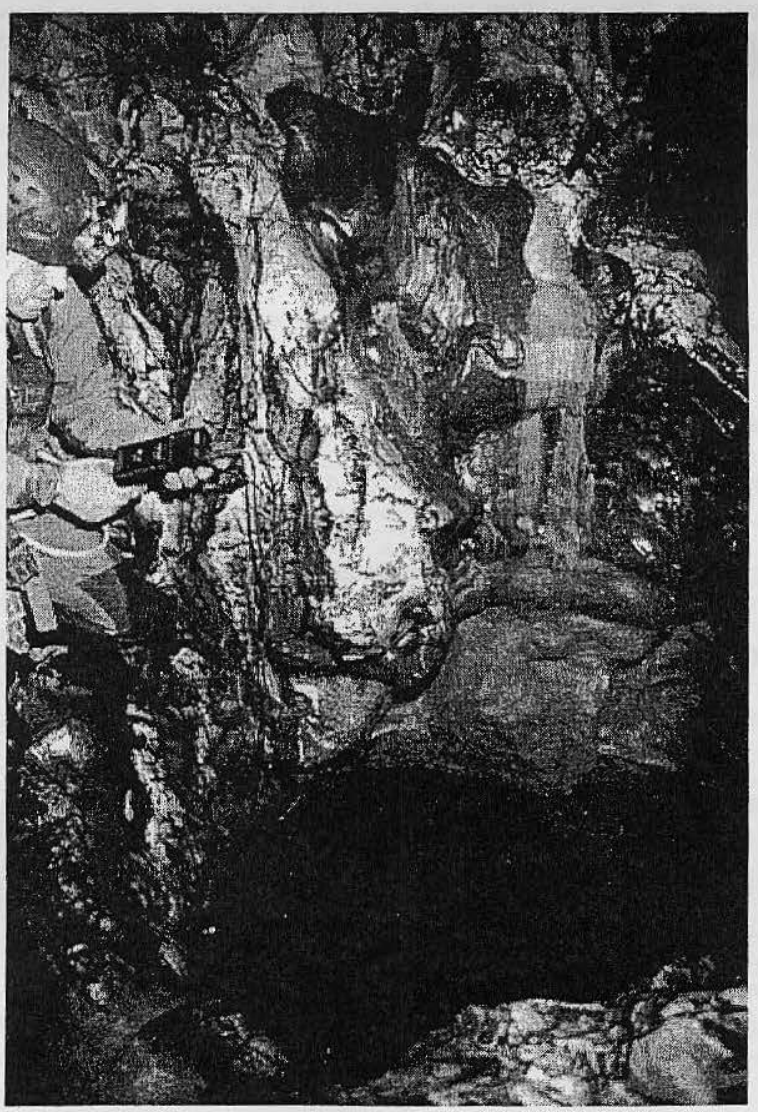
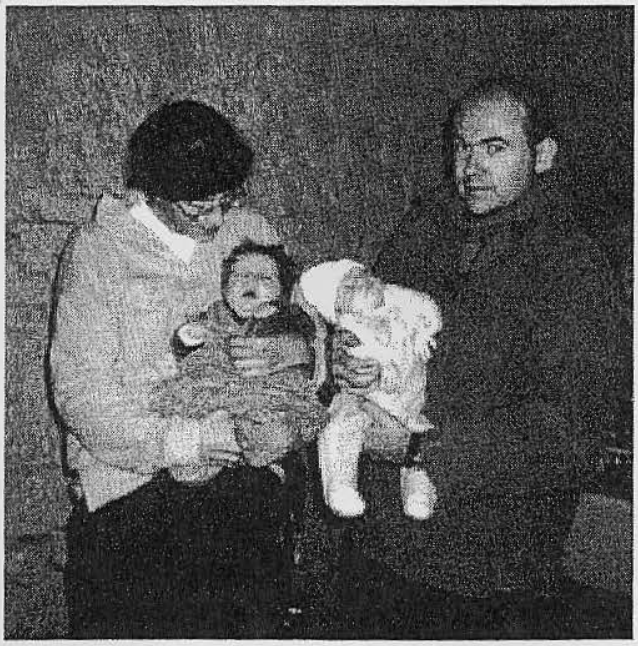


Photo 1 : Mesure de conductivités dans une vasque croupissante de la goule de Foussoubie. Noter au fond le massif stalagmitique corrodé. (cliché S. Jaillet)

Photo 2 : Mesure de la longueur d'un coup de gouge sur un panneau de la goule de Foussoubie. (cliché S. Jaillet)

ET LA RELÈVE EST ASSURÉE !



Célia, fille de Stéphane et Corinne JAILLET

Gaëtan, fils de Christophe DEPIN et d'Anne DUTHEILLET